شهرداری تهران

سازمان مهندسی و عمران شهرداری

طرح پیاده‌سازی سیستم مدیریت پل‌های شهر تهران

مهندسین مشاور طازند

شماره ویرایش	تعداد صفحات	شماره مدرک
۲		87-1312-SB01

عنوان پروژه:

طرح پیاده‌سازی سیستم مدیریت پل‌های شهر تهران

عنوان گزارش

پل تقاطع غیرهمسطح خیابان‌های حافظ- طالقانی

جلد اول- بازرسی و ارزیابی کلی و ارائه پیشنهادهای اصلاحی

توضیحات	تاریخ	تهیه کننده	کنترل کننده	تصویب کننده
ویرایش نهایی	۸۷/۸	ح- بخشی و ا- میرکمالی	پ- زندی	پ- زندی
ویرایش دوم				
ویرایش اول	۸۷/۷	ح- بخشی و ا- میرکمالی	پ- زندی	پ- زندی

فهرست

۱-۱- معرفی ۱
۱-۲- الزامات سیستم مدیریت پل ۲
۱-۲-۱- شناخت کلی پل ۲
۱-۲-۲- بازرسی و آزمون پل ۳
۱-۲-۳- ارزیابی پل ٤
۱-۲-٤- نگهداری پل ۵
۲-۱- موقعیت پل و تاریخچه آن ۸
۲-۲- هندسه پل ۸
۲-۳- مصالح مصرفی و مشخصات فنی پل ۹
۲-٤- وضعیت ترافیکی پل ۱۰
۲-۵- مدارک فنی موجود ۱۱
۳-۱- روسازی عرشه پل ۱۲
۳-۲- درزهای عرشه پل ۱۳
۳-۳- دال تقریب و درزهای انبساط انتهایی پل ۱٦
۳-٤- نرده‌ها ۱۹
۳-۵- رنگ‌آمیزی و پوشش اجزای پل ۲۰
۳-۵-۱- انتخاب سیستم رنگ ۲۰
۳-۵-۲- آماده‌سازی سطح برای رنگ‌آمیزی ۲۳
۳-٦- زهکشی عرشه پل ۲٤
٤-۱- مشخصات عرشه ها ۲۷
٤-۲- سیستم تکیه گاهی عرشه ها ۲۹
٤-۳- بررسی وضعیت عرشه ۲۹
٤-٤- بررسی وضعیت تکیه گاهها ۲۹
٤-۵- ارزیابی سازه‌ای عرشه ۳۲
٤-٦- ارزیابی سازه ای شاه‌تیرها ۳٤
٤-۷- رهیافت‌های جبرانی ضعف های عرشه ۳۵
٤-۸- تغییر شکل ها و لرزش های مجاز عرشه ۳۵
٤-۹- تعویض الاستومرهای تکیه‌گاهی ۳۸

٤-١٠- ارزیابی آزمایشگاهی به منظور تخمین پتانسیل خستگی و پارامترهای رفتاری پل ٣٩
٥-١- مشخصات پایه و سیستم سازه‌ای آنها ٤١
٥-٢- حفاظت پایه‌ها در برابر تصادف ٤٢
٥-٣- وضعیت پایه‌ها ٤٢
٥-٤- ارزیابی سازه‌ای پایه‌ها ٤٣
٥-٥- ارزیابی پای های کناری (کوله ها) ٤٣
٦-١- مقدمه ٤٥
٦-٢- شرح خلاصه عملیات بهسازی ٤٥
٦-٣- حجم و هزینه تعمیرات ٤٦

فهرست جدول‌ها

جدول ٤-١- کنترل شاه تیرها در وضع اولیه ٣٤
جدول ٤-٢- کنترل شاه تیرها پس از ایجاد دیافراگم های عرضی ٣٥
جدول ٥-١- ارزیابی آسیب‌های فونداسیون و پایه‌ها ٤٢

فهرست شکل‌ها

شکل ٣-١- آسیب‌های درزهای پل ١٥
شکل ٣-٢- آسیب‌های درز انبساط انتهایی ١٨
شکل ٣-٣- کروکی اجرای دال تقریب ١٨
شکل ٣-٤- نمونه‌هایی از آسیب موجود در نرده‌ها و فلاشینگ‌ها ٢٠
شکل ٣-٥- زنگ‌زدگی پیچ‌های اتصال سرپایه به پایه ٢٥
شکل ٣-٦- ایجاد شیب عرضی با فیلرگذاری نامناسب ٢٥
شکل ٤-١- مقطع تیپ تیرهای عرشه ٢٨
شکل ٤-٢- نمای یک تیر تیپ و قطعات تشکیل دهندهٔ آن ٢٨
شکل ٤-٣- جزییات تکیه گاهی تیرهای پل ٢٨
شکل ٤-٤- ابعاد و اندازه بالشتک های الاستومری تکیه گاهی ٢٩

شکل ٤-٥- نمونه هایی از آسیب های نئوپرنها ٣١
شکل ٤-٦- بارگذاری نوع اول آیین نامه ١٣٩ ..... ٣٣
شکل ٤-٧- بارگذاری تانک ٣٣
شکل ٤-٨- الف- جانمایی دیافراگم عرضی در یک دهانه پل ٣٦
شکل ٤-٨- ب- جزییات دیافراگم عرضی بین دو شاهتیر ٣٦
شکل ٤-٩- وضعیت ارتعاشی سازه در حالتهای مختلف ٣٧
شکل ٤-١٠- جزییات جرم اضافه شده به دیافراگم ٣٨
شکل ٤-١١- جزییات بالشتک الاستومری جدید ٣٩
شکل٥-١- نمای طولی و عرضی پایه‌های میانی ٤١
شکل ٥-٢- نمای طولی و عرضی پایه محور ٢ و ٣٠ ..... ٤١
شکل ٥-٣- احتمال برخورد وسایل نقلیه با پایه‌ها ٤٢
شکل ٥-٤- آسیب دیدیگی نشیمن تیر در محل کوله ٤٤

فهرست پیوست ها

پیوست ۱) نقشه‌های چون ساخت پل

پیوست ۲) شناسنامه فنی پل

پیوست ۳) گزارش بررسی آسیب‌های روسازی و درزهای عرشه

پیوست ٤) دستورالعمل اصلاح آسیب‌های موضعی روسازی

پیوست ٥) مشخصات فنی و دستورالعمل اجرائی تعمیر و جایگزینی درزگیرهای طولی و عرضی

پیوست ٦) محاسبات، نقشه‌های اجرائی و دستورالعمل اجرای دال تقریب و درزهای انبساط انتهایی

پیوست ۷) محاسبات و نقشه‌های اجرائی و مشخصات فنی تعویض و ترفیع نرده‌های پل

پیوست ۸) برداشت وضعیت موجود نرده‌ها

پیوست ۹) دستورالعمل اصلاح و تعمیر نرده‌ها و فلاشینگ موجود

پیوست ۱۰) مشخصات فنی و دستورالعمل اجرای رنگ بر روی پل‌های فلزی شهر تهران

پیوست ۱۱) مشخصات فنی و دستورالعمل اجرائی آماده‌سازی سطوح فلزی برای اجراء رنگ

پیوست ۱۲) مشخصات فنی و نقشه‌های اجرائی زهکش‌های پل

پیوست ۱۳) برداشت وضعیت موجود تکیه‌گاه‌ها

پیوست ١٤) کنترل کفایت تکیه‌گاه‌های الاستومری موجود و طراحی تکیه‌گاه‌های جایگزین

پیوست ۱٥) برداشت وضعیت موجود اجزای عرشه پل

پیوست ١٦) کنترل سازه‌ای عرشه اورتوتروپیک پل

پیوست ۱۷) طراحی دیافراگم‌های عرضی و اثبات تأثیرگذاری آن‌ها بر کاهش تنش‌ها و تغییر شکل‌های عرشه پل

پیوست ۱۸) بررسی ارتعاشات عرشه پل و راه‌کارهای کاهش آن

پیوست ۱۹) دستورالعمل و طرح اجرائی اضافه‌سازی دیافراگم‌های عرضی و جرم بتنی به عرشه پل

پیوست ۲۰) مشخصات فنی و دستورالعمل تعویض تکیه‌گاه‌های عرشه پل

پیوست ۲۱) ارزیابی محاسباتی پتانسیل خستگی در اجزای حساس عرشه پل

پیوست ۲۲) دستور العمل نصب ادوات آزمایشگاهی بر روی پل به منظور انجام آزمایشات ارزیابی میدانی

پیوست ۲۳) برداشت وضعیت موجود پایه ها و فونداسیون ها

پیوست ۲٤) ارزیابی سازه ای پایه ها و کوله های پل

پیوست ۲۵) محاسبات، مشخصات فنی و نقشه های اجرائی کوله های جدید

پیوست ۲٦) دستورالعمل اجرایی تعویض پیچهای آسیب دیده

فصل اول – کلیات

۱-۱- معرفی

تمام سازه‌ها و ابنیه‌ای که به دست بشر ساخته شده‌اند عمر محدودی دارند. این عمر تابع نوع مصالح، شکل بنا، سیستم سازه‌ای، محیط طبیعی که بناها در آن قرار دارند، نحوه بهره‌برداری و شیوه نگهداری از آنها می‌باشد.

دیر یا زود آثار فرسودگی و زوال در بناها ظاهر می‌گردد و اگر اقدام موثری در جهت کند کردن جریان فرسودگی‌ها به عمل نیاید، عمر مفید بنا به زودی به پایان می‌رسد. بنایی که مفید و قابل استفاده نباشد رها می‌گردد تا در اثر عوامل طبیعی یا انسانی تخریب شود.

پلها سازه‌هایی ویژه هستند که به نحوی کاملاً بی حفاظ در محیط طبیعی یا شهری قرار گرفته‌اند. بهره‌برداری از پلها نیز مستمر و بعضاً کنترل نشده است، لذا عوامل مخرب بیشتر و شدیدتر از سایر بناها پلها را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد و از عمر آنها می‌کاهد.

از سوی دیگر پلها بر خلاف بناها که کاربران مشخص داشته، همین کاربران در نگهداری بنا نیز دخالت دارند معمولاً متولیان مشخصی ندارند تا از بهره‌برداری نادرست از آنها جلوگیری کرده، در صورت نیاز به تعمیر و نگهداری آنها بپردازند.

اهمیت پلها به عنوان گره‌های ارتباطی در شریانهای حمل و نقل جاده‌ای و ریلی و نقش آنها در انتظام و اقتصاد حمل و نقل بر کسی پوشیده نیست. جایگزینی یک پل در شبکه‌های شهری که بافت آن شکل گرفته، بسیار مشکل و گاه غیرعملی می‌باشد. بنابراین کاربرانی که از مزایای پلها بهره‌مند می‌گردند و متولیان حمل و نقل می‌بایست ساز و کار مناسب و موثری را جهت نگهداری از این ابنیه طراحی و اجرا نمایند. به این ساز و کار «سیستم مدیریت پل»[1] اطلاق می‌گردد، و سالهاست که جوامع پیشرفته از آن استفاده می‌نمایند.

در شبکه حمل و نقل جاده‌ای کلانشهر تهران حدود ۲۰۰ پل وجود دارد که از نظر سیستم سازه‌ای، مصالح، ابعاد و اندازه‌ها، کاربری و زمان ساخت از تنوع زیادی برخوردارند. نگهداری این پلها تاکنون به صورت غیرمنظم و عکس‌العملی اغلب در پاسخ اشکالات و خرابی‌های گزارش شده توسط شهروندان انجام می‌پذیرفته است. شهرداری تهران به عنوان متولی اصلی حفظ و نگهداری شبکه حمل و نقل شهری بر آن شده تا از طریق سازمان مهندسی و عمران شهر تهران و بخش تازه تأسیس نگهداری پلها و بزرگراهها در این سازمان، سیستم مدیریت پلهای شهر تهران را جاری نماید. در راستای این تصمیم تعداد ۳۰ پل در مناطق مختلف شهری با مشخصات متنوع که می‌تواند نماینده تمامی پلهای شهر تهران باشند انتخاب شده و برای بررسی و ارائه راهکارهای اصلاحی طی قراردادهایی مشابه به دو شرکت مهندسی مشاور واگذار شده است.

این گزارش برای پل تقاطع خیابان‌های حافظ– طالقانی تهیه شده است و سعی شده است تمام مواردی که در آینده می‌تواند در سیستم مدیریت پلهای شهر تهران مورد استفاده واقع شود همچنین دستورالعمل‌هایی که در رفع نواقص فعلی پلها موثر هستند در آن ارائه شود.

---

[1] . Bridge Management System

۱-۲- الزامات سیستم مدیریت پل

اگرچه پیچیدگی‌های فنی، اداری و ابزاری که جوامع مختلف در سیستم‌های مدیریت پلهای خود به کار می‌گیرند بسیار متفاوت و متنوع است، لیکن اصول و الزامات اساسی آن ساده و ثابت می‌باشد. این اصول کلی و ثابت را می‌توان با عناوین زیر معرفی کرد:

شناخت[1] کلی، که شامل درک رفتار اجزا، اعضا و محدوده‌های حساس و آسیب‌پذیر پل و تأثیر متقابل آنها بر یکدیگر می‌باشد.

بازرسی و آزمون[2]، که بخش‌های حساس و آسیب‌پذیر پل را تحت نظر داشته و گزارش آسیب‌های احتمالی را ثبت و ضبط می‌نماید.

ارزیابی[3] عملکرد، که به معنی تجزیه تحلیل فنی آسیب‌ها و دلایل آنها می‌باشد.

نگهداری[4] پل، به مجموعه‌ای از راه‌کارها اطلاق می‌شود که از طریق اقدامات پیشگیرانه، یا جبرانی آسیب‌ها را به تأخیر می‌اندازد.

در ادامه به تشریح هر یک از اجزای این سیستم می‌پردازیم.

۱-۲-۱- شناخت کلی پل

یک پل برای امکان برقراری آمد و شد وسایل نقلیه یا عابران پیاده از روی یک مانع طبیعی مانند رودخانه یا دره و یا موانع ساخته دست بشر مانند نهرها، راه‌ها یا راه‌آهن‌ها احداث می‌شود. طبعاً ابعاد و اندازه‌های پل باید جوابگوی حجم ترافیک عبوری از فراز یا از زیر آن باشد. بنابراین شناخت پل از نظر عملکرد آن در شبکه حمل و نقل و کفایت آن از نظر ترافیکی از اهمیت زیادی برخوردار است.

همچنین شناخت ساختگاه پل و ویژگی‌های آن از نظر آب و هوا، آلودگی‌های محیطی، شرایط خاک و پی هیدرولوژی و هیدرولیک آب‌گذرها و لرزه‌خیزی برای شناخت کلی پل ضروری است.

آشنایی با سیستم سازه‌ای، خواص مصالح به کار رفته در ساخت پل و شیوه بهره‌برداری از آن، شامل بار و حجم ترافیک عبوری، لازمه هر گونه بررسی و اظهارنظر در مورد پایداری و مقاومت پل می‌باشد.

اجزای فرعی یک پل مانند نرده‌ها، جداول، آبروها، درزهای انبساط، تکیه‌گاه‌ها و ... در عملکرد یک پل بسیار موثرند و شناخت آنها مهم و ضروری است.

در مورد یک پل موجود منبع این شناخت در درجه اول گزارش‌های مطالعاتی، مدارک محاسباتی، نقشه‌های اجرائی گزارش‌های حین اجرا و نقشه‌های چون ساخت هستند. ولی متأسفانه در مورد پلهای شهر تهران این مدارک به صورت کامل و مدون موجود نیستند و می‌بایست از منابع تکمیلی مانند بازدیدها، مصاحبه با مطلعین، نقشه‌های برداشت وضع موجود، و یا دفترچه‌های محاسبات باز تولید شده استفاده کرد.

---

[1]. Identification
[2]. Test and Inspection
[3]. Evaluation
[4]. Maintenance

۱-۲-۲- بازرسی و آزمون پل

اطلاعات جمع‌آوری شده در مرحله شناخت، در طول زمان ممکن است دستخوش تغییر شوند. این تغییرات می‌تواند در ارزیابی و قضاوت در مورد سلامت پل تأثیر تعیین کننده داشته باشد. اغلب تغییرات را زوال و دون‌پایگی[1] مصالح و آسیب‌دیدگی[2] اجزای پل تشکیل می‌دهند ولی ممکن است بعضاً اصلاحات یا تقویت‌هایی نیز بر روی پل انجام شده باشد. این موارد در بازرسی‌های سیستماتیک و از طریق آزمون‌هایی که بر روی پل موجود صورت می‌پذیرد مشخص می‌شوند، این ارزیابی‌ها باید به صورت مستمر و پیگیرانه تا پایان عمر مفید پل ادامه داشته باشند، تا اطمینان حاصل شود تغییر مشخصات پل یا شرایط محیطی آن در بهره‌برداری از آن تأثیر تعیین کننده‌ای ندارند. نتایج بازرسی‌ها و آزمونها باید به نحوی مناسب ثبت و از آنها استفاده شود.

سیاهه‌های وارسی[3] همسان و گزارشهای آزمایش[4] استاندارد، روشهای مناسبی برای ارائه نتایج بازرسی‌ها و آزمونهای پل هستند که باید برای هر پل و اجزای مختلف آن چارچوب کلی آن از قبل تهیه و آماده بهره‌برداری شود. معمولاً بازرسی‌ها و آزمونها در سطوح مختلف با تواتر زمانی متفاوت انجام می‌گردند که شامل موارد زیر می‌باشد.

الف) بازرسی‌های موردی، معمولاً به صورت واکنشی در پاسخ گزارشهای دریافتی از سوی شهروندان، همکاران غیرمتخصص یا پلیس انجام می‌شوند و هدف آن علت‌یابی نواقص و خرابی‌های واضحی است که گزارش شده‌اند. این نواقص معمولاً پایداری پل را به خطر نمی‌اندازند ولی موجب کاهش ایمنی، بروز تصادفات یا افزایش هزینه‌های تعمیر و نگهداری می‌شوند. هیچ برنامه و شیوه گزارش‌دهی مشخصی برای این بازدیدها پیش‌بینی نشده است.

ب) بازرسی‌های کلی، برای حصول اطمینان از وضعیت عمومی پل و وارسی اعضاء و اجزای حساس صورت می‌پذیرد. بازدیدها چشمی هستند و برای دیدن جزئیات گاه از دوربین‌های دو چشمی، نردبان، یا بالابر استفاده می‌گردد. عملیات بازرسی عمدتاً از روی زمین انجام می‌پذیرد و اطلاعات جمع‌آوری شده در چک لیست‌های مخصوصی ثبت می‌گردد.

این چک لیست‌ها معمولاً توسط گروهی از مهندسین طراح و مسئولین اجرائی نگهداری با توجه به شرایط خاص هر پل تهیه شده‌اند، و باید به دقت پر شوند تا در مراحل ارزیابی قابل بهره‌برداری باشند. بازرسی‌های کلی معمولاً در فواصل یکساله تا دو ساله انجام می‌پذیرد و در صورت لزوم با آزمایش‌های ساده‌ای برای تعیین مشخصات مصالح همراه می‌گردند. بازرسی‌های به عمل آمده در این گزارش در این سطح هستند.

ج) بازرسی‌ها و آزمونهای جامع، برای کشف آسیب‌های جدی در مراحل اولیه آنها و بررسی میزان پیشرفت آسیبهای شناسایی شده قبلی به همراه آزمونهای میدانی یا نمونه‌گیری و آزمونهای آزمایشگاهی انجام می‌شوند. جهت بازدید از کلیه اعضای حساس پل نیاز به ابزار خاص دسترسی به زیر پل و مدیریت ترافیک می‌باشد. علاوه بر بازدیدهای چشمی و اندازه‌گیری‌های اولیه آزمایشهای

---

[1] . Degradation
[2] . Damage
[3] . Check Lists
[4] . Test Reports

ساده ولی مهمی نظیر بارگذاری استاتیکی، آزمون ضربه و ثبت ارتعاشات ناشی از آن، ضخامت سنجی، تجمع یون کلر، کربن زدگی، ..... در این مرحله به کار گرفته می‌شود.

فواصل زمانی بازرسی‌ها و آزمونهای جامع معمولاً ۵-۶ سال یکبار می‌باشد. در بازرسی‌های جامع گزارش کار به صورت چک لیست‌ها و گزارشهای بازرسی به نحوی از پیش تعیین شده ارائه می‌گردد. در صورتی که مشخصات مصالح، نقشه‌های اجرائی و مدارک محاسباتی پل در دسترس نباشد بازرسی‌ها و آزمونهای جامع در حصول به نتایج لازم در ارزیابی‌ها نقش تعیین کننده‌تری می‌یابند و باید تا حد امکان کمبودهای اطلاعاتی را جبران نمایند. در این موارد خصوصاً باید به اهمیت نسبی اعضا و اجزای پل در جمع‌آوری اطلاعات تکمیلی توجه ویژه به عمل آید.

د) بازرسی‌ها و آزمون‌های ویژه، برای حصول اطمینان از شرایط یک بخش خاص از پل یا پیگیری یک خرابی یا آسیب که در مراحل قبل تشخیص داده شده یا بررسی مشکل خاصی که در سازه‌های مشابه روی داده است به کار گرفته می‌شود. به طور مثال بعد از خرابی پل خرپایی معین مینیاپوپیس در آمریکا در سال ۲۰۰۸ میلادی به دلیل خستگی اتصالات آن تمام پلهای خرپایی معین که در حدود همان سالها ساخته شده بودند از ناحیه اتصالات مورد بازرسی ویژه قرار گرفتند. یا پس از یک زلزله بزرگ پایه‌ها، تکیه‌گاه‌ها و عناصر نگهدارنده عرشه بر روی پایه مورد ارزیابی ویژه قرار می‌گیرند. در این موارد یک گزارش تفصیلی مکتوب به عنوان نتیجه کار ارائه می‌گردد، که در ارزیابی‌ها و ارائه طرحهای آتی مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

عملیات بازرسی و آزمایش کلید آگاهی مسئولین نگهداری نسبت به وضعیت پلها، و ابراز هر گونه ارزیابی مهندسی به شمار می‌رود. از آنجا که عوامل بروز فرسایش، آسیب و زوال در پی‌ها متفاوت هستند برداشت‌ها باید توسط تیمی از مهندسان با تجربه سازمان‌دهی شود، همچنین نتایج بازرسی باید به شیوه‌ای منظم، دقیق و روشن ثبت شوند و نحوه بایگانی آنها به شکلی باشد که هر زمان به آنها نیاز باشد در دسترس قرار گیرند. با توجه به محدودیت منابع عملاً انجام بازرسی‌های جامع هر پل در فواصل زمانی کوتاه امکان‌پذیر نمی‌باشد. همچنین بازدیدهای جامع نیاز به تهیه وسایل و طراحی آزمایشهای ممیز دارد. بنابراین در سیستم‌های مدیریت پل نسبت به اولویت انواع بازرسی‌ها تصمیم‌گیری به عمل می‌آید. معمولاً روش‌های دقیق‌تر و تبعاً پرهزینه‌تر اولویت اول را تشکیل نمی‌دهند.

شرح خدمات قرارداد و سطح بازرسی اتخاذ شده توسط این مشاور برای پل موضوع این گزارش بازرسی‌های کلی است. سیاهه‌های وارسی تهیه شده برای این منظور در پیوست بخشهای مختلف گزارش شده درج گردیده‌اند.

همچنین برنامه‌ای برای بازرسی‌ها و آزمونهای جامع روسازه پل پیشنهاد شده که توصیه می‌گردد این بازرسی‌ها و آزمونها پس از تدارک امکانات لازم ظرف ۲ سال آینده به انجام برسند و نتایج آن در برنامه‌های نگهداری پل به کار گرفته شوند.

۱-۲-۳- ارزیابی پل

هر گونه فرسودگی، زوال و خرابی در پلها و سازه‌ها، ناشی از یک علت یا مجموعه‌ای از علت‌ها است. این علت‌ها باید دقیقاً شناسایی شده، و در جهت رفع آنها اقدامات موثری به عمل آید.

جزئیات ناقص و نامناسب پل مهم‌ترین علت بروز آسیب‌ها هستند. اشتباه در محاسبات تغییر شرایط بهره‌برداری نسبت به مفروضات طراحی، تغییر آیین‌نامه‌ها، مصالح نامناسب و ضعف یا کوتاهی عوامل اجرائی و نظارتی از سایر علت‌ها به حساب می‌آیند.

دامنه و علت خرابی‌ها معمولاً بر اساس شواهد و اطلاعات جمع‌آوری شده در مرحله بازرسی طی فرآیندی که به آن ارزیابی مهندسی می‌گویند تعیین می‌گردد. ارزیابی‌های مهندسی معمولاً در سطوح مختلفی به شرح زیر به انجام می‌رسد.

ارزیابی‌های سریع، بر اساس تجربیات مهندس ارزیاب و مقایسه با موارد مشابه بدون انجام تحلیل‌های پیچیده بر اساس مشاهده نتایج بازرسی‌ها و ارتباط بین آنها انجام می‌پذیرد. کاربرد این گونه ارزیابی‌ها مسائل و مواردی است که علت موجده آن‌ها واحد یا از بین چند علت به راحتی قابل تشخیص است. رهیافت مناسب نگهداری بر اساس نتایج ارزیابی سریع قابل تعیین است ولی تعیین حدود و اندازه‌های آن نیاز به بررسی بیشتر دارد.

ارزیابی‌های کلی، در مورد مسائل شناخته شده ولی پر دامنه به کار گرفته می‌شود تا با تعیین حدود و اندازه‌های دقیق مسئله از اقدامات ناکافی و اضافی جلوگیری شود. در این ارزیابی‌ها تجربه نقش اصلی را در پی بردن به علت آسیب‌ها دارد ولی برای تعیین ابعاد و پیامدهای آن محاسبات، اندازه‌گیری‌ها و تحلیل‌های ساده‌ای انجام می‌گردد.

ارزیابی‌های تفصیلی، حل مسائل و مشکلات پیچیده و چند وجهی نظیر مسائل ایستایی و پایداری نیاز به مطالعات و تحلیل‌های دقیق‌تر و بررسی‌های همه جانبه‌تری دارند. طبیعتاً انجام ارزیابی‌های تفصیلی نیازمند زمان طولانی‌تری است که گاه برای اتخاذ تدابیر اجرایی دیر به شمار می‌آید.

همچنین به دلیل زمان بیشتری که صرف ارزیابی‌های تفصیلی می‌گردد این ارزیابی‌ها معمولاً پرهزینه هستند. به همین دلایل است که اغلب در ارزیابی پل‌ها به منظور نگهداری مناسب به ارزیابی‌های سریع و کلی اکتفا می‌گردد.

در این گزارش نیز بر اساس شرح خدمات قرارداد ارزیابی‌ها از نوع ارزیابی کلی هستند.

۱-۲-٤- نگهداری پل

هر پل با توجه به نوع، شکل، مصالح و طرح خاص خود نیازمند نوع خاصی از نگهداری می‌باشد. به طور مثال مسائل نگهداری پلهای بتنی قوسی کاملاً متفاوت از پلهای با عرشه فولادی یا تیرهای پیش‌تنیده بتنی هستند.

هدف از نگهداری پلها افزایش عمر بهره‌برداری از آنهاست. اکثر کاربران در بهره‌برداری از پلها معیار ایمنی را بسیار قابل اهمیت می‌دانند لذا در برنامه‌های نگهداری نیز باید به حفظ این شاخصه بیشترین توجه مبذول گردد.

سیاست‌های نگهداری پل‌ها را می‌توان به دو دسته فعال[1] (کنشگرانه) یا منفعالانه[2] (واکنشی) تقسیم‌بندی کرد. امروزه سیاست‌های نگهداری منفعالانه خصوصاً در مورد سازه‌های حساسی مانند پل‌ها قابل قبول نمی‌باشند، زیرا این سیاست اجازه می‌دهد معایب بروز کرده و پیشرفت نمایند و حتی موجب شکایت کاربران شود و بعد دست به اقدام می‌زند. در واقع نگهداری واکنشی نوعی سیستم مدیریت بحران است که ریسک قابل ملاحظه‌ای را بر کاربران پل تحمیل می‌نماید، و از سوی دیگر به علت سلب امکان برنامه‌ریزی و تقسیم منظم کار، هزینه‌های اجرائی نگهداری را بالا می‌برد.

[1]. Active
[2]. Reactive

سیاست‌های نگهداری فعال که لازمه آن برقراری نوعی سیستم مدیریت پل می‌باشد، با جمع‌آوری منظم اطلاعات و تحلیل آنها پل را همیشه تحت نظارت داده و در مواقع مقتضی با اقدامات موثر خود اجازه نمی‌دهد خرابی‌ها پیشرفت کرده، موجب به خطر افتادن ایمنی کاربران شود. اقداماتی که برای نگهداری از پلها به کار می‌روند عبارتند از:

اقدامات پیشگیرانه[1]، که هدف آن جلوگیری از بروز یا پیشرفت آسیب‌ها به وسیله حفاظت یا برقراری محدودیت در مناطق حساس و نقاط ضعف پل می‌باشد. به طور مثال به کارگیری رنگ و لایه‌های پوششی محافظ یکی از اقدامات پیشگیرانه موثر برای کندسازی یا توقف فرآیند خوردگی است، که موجب آسیب‌های متعدد در انواع پلها می‌گردد. یا محدودسازی بار محور یا سرعت وسایل نقلیه عبوری از روی پل و پایش آن با روش‌های محسوس نظیر گاباری یا نامحسوس نظیر دوربین‌های مخفی سیاست موثری برای جلوگیری یا کاهش روند آسیب‌های سازه‌ای است. در علوم پزشکی نیز برای حفظ سلامت و نگهداری مکانیزم پیچیده‌ای نظیر بدن انسان نیز پیشگیری را موثرترین و مهم‌ترین سیاست می‌شناسند. مثلاً برای حفظ سلامت دندانها مسواک زدن مرتب را توصیه می‌نماید.

تعمیر و مرمت[2]، به مجموعه‌ای از اقدامات اجرائی گفته می‌شود که هدف آن جبران و درمان آسیب‌های وارد شده به پل و برگرداندن پل به وضعیت بدون عیب اولیه است. اگرچه تعمیر و مرمت در مراحل اولیه بروز آسیب‌ها سیاستی بسیار موثر و کارآمد است ولی در مورد آسیب‌های پیشرفته تعمیر نمی‌تواند شرایط اولیه را دوباره تأمین نماید. به طور مثال دندان دارای پوسیدگی‌های جزئی را با تراشیدن مناطق پوسیده و پرکردن دوباره آن با موادی سازگار با خواص دندان و دهان از نظر فیزیکی و شیمیایی تعمیر می‌کنند، ولی وقتی پوسیدگی‌ها از حد گذشت دیگر تعمیر راهکاری مناسب تلقی نمی‌گردد.

بهسازی و مقاوم‌سازی[3]، راه نگهداری مناسبی برای پلهایی است که شرایط بهره‌برداری آنها تغییر یافته یا از ابتدا در طراحی یا اجرا دارای معایبی بوده‌اند که خود علت آسیب‌های بعدی گردیده است، و یا تعمیرات مکرر منجر به کاهش کیفیت آنها گردیده‌اند. در بهسازی و مقاوم‌سازی ابتدا به پتانسیل‌های موجود و مخفی اجزای پل توجه می‌شود که از آنها تاکنون استفاده کافی نشده است، بازتوانی اندام‌ها با فیزیوتراپی در پزشکی نیز همین نقش را ایفا می‌کند. سپس سعی می‌گردد با اضافه کردن عناصر و اجزائی کارآمد و متناسب با هندسه و سیستم پل معایب موجود جبران گردند. این کار را می‌توان به پروتز (اندام مصنوعی) در پزشکی تشبیه نمود. طرحهای بهسازی و به خصوص مقاوم‌سازی در مهندسی عمران معمولاً بسیار پر کارتر و پر هزینه‌تر از طرحهای نوسازی هستند.

تخریب و بازسازی[4]، آخرین راهکار برای نگهداری از پلهایی که امکان تعمیر یا بهسازی آنها وجود ندارد یا این اقدامات عملاً بسیار پرهزینه است، تخریب و بازسازی پل یا بخشهایی از آن می‌باشد. عملیات تخریب و بازسازی ممکن است مرحله به مرحله با فواصل زمانی صورت پذیرد تا عملکرد کلی پل دچار توقف کامل نگردد.

در پروژه‌های بازسازی سعی می‌گردد عناصر و المانهایی که قابل حفظ کردن هستند حفظ شوند و عناصر بازسازی شده، اگرچه ممکن است از نظر نوع مصالح و سیستم سازه‌ای کاملاً با آنها همسان نباشند ولی از نظر شکل ظاهری هماهنگ باشند. مثلاً در بازسازی پلهای قوسی سنگی قدیمی از بتن آرمه استفاده فراوان می‌شود ولی نما و ظاهر کار را سنگی طراحی می‌کنند.

---

1. Prohibitive Actions
2. Repair and Retrofit
3. Rehabilitation & Strengthening
4. Demolish and Restoration

مهندسینی که برنامه نگهداری پلها را طراحی می‌کنند باید علاوه بر شناخت کافی و توان تحلیل نقاط ضعف پل با روش‌های پیشگیری، تعمیر و مرمت و بهسازی و مقاوم‌سازی به خصوص روشهای نوین مقاوم‌سازی لرزه‌ای آشنایی داشته باشند و در طرحهای خود از تمام این اطلاعات به نحو موثر و کارآمدی استفاده کنند.

فصل دوم– شناسایی پل

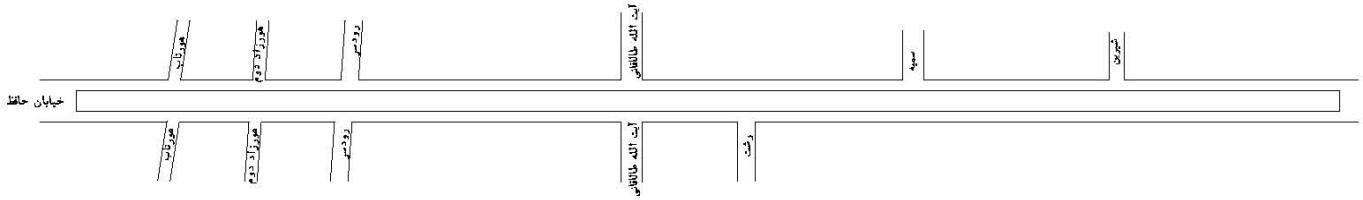
۲-۱- موقعیت پل و تاریخچه آن

پـل تقـاطع غیـر همـسطح خیابـان حـافظ بـا خیابـان طالقـانی یکـی از هـشت پـل فلـزی مـشابهی اسـت[1]. در سـالهای ۱۳۵۰– ۱۳۵۳ در هشت تقاطع غیر همسطح مهم تهران آن روز نصب گردیده و مورد بهره‌برداری قرار گرفته است. امروز ۶ پل از این مجموعه به همان شکل اولیه بهره‌برداری است، یکی جمع‌آوری شده و دیگری با تغییراتی دوباره مـورد اسـتفاده قـرار گرفتـه اسـت. پلهای فوق توسط شرکت نوبلز بلژیک طراحی و قطعات آن در همان کشور ساخته شده و توسط کامیون به ایـران حمـل و در مـدت کوتاهی نصب گردیده‌اند. بزرگترین قطعه پل یک مدول نیمه از عرشه آن می‌باشد که ۱۲ متر طول دارد. تمام قطعات اصلی پل اعـم از عرشه‌ها و پایه‌ها، فولادی هستند و با جوشهای کارخانه‌ای و پیچ و مهره پر مقاومت در کارگاه به یکدیگر متصل شده‌اند.

تنها شالوده‌ها و تکیه‌گاه‌های انتهایی پل از بتن مسلح ساخته شده‌اند. شکل ۲-۱ موقعیت اسـتقرار پـل را در حـد فاصـل خیابـان شیرین تا خیابان هورتاب بر روی خیابان حافظ به نمایش می‌گذارد.

این پلها در زمان احداث جنبه موقت داشته و برای حل مشکلات رو به رشد ترافیک تهران در ۴۰ سال پیش پیشنهاد شده بودند، ولی بعداً با وقوع انقلاب اسلامی راه‌حل‌های دائمی فراموش یا از اولویت خارج شدند.

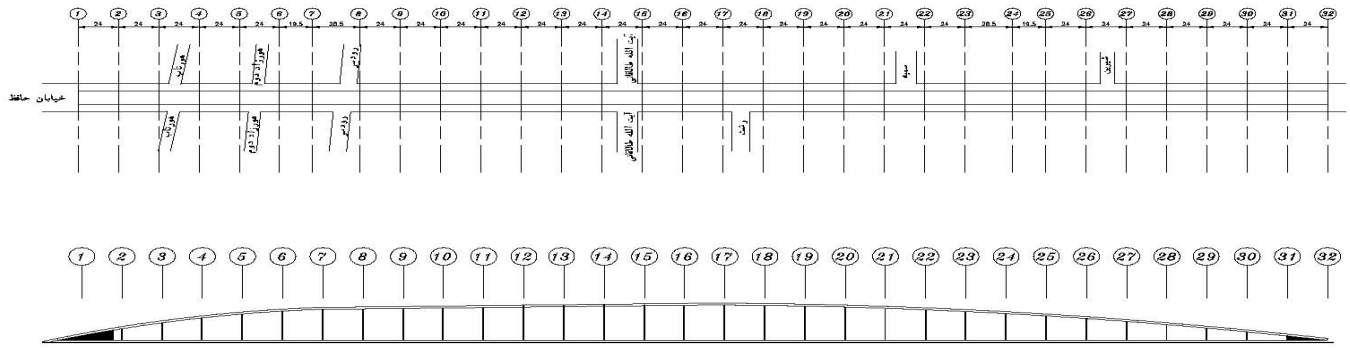
نگهداری این پلها را در سالهای قبل از انقلاب شرکت سازنده، و در سالهای ۱۳۶۰ و ۱۳۷۰ شرکت صنایع فلزی ایـران عهـده‌دار گردید. اخیراً این وظیفه را سازمان مهندسی و عمران شهر تهران از طریق پیمانکار اطمینان سازان جاده بر عهده گرفته است.



پل از نوع ارتفاع گیرنده (Fly-over) بوده که عرشه فولادی آن ۷۶۸ متـر طـول و ۱۰/۵ متـر عـرض دارد. حـداکثر ارتفـاع آزاد زیرگذر آن در محل خیابان طالقانی برابر ۵/۴۳ متر و بر روی پایه‌های انتهایی حدود ۷۵ سانتی‌متر است. بنابراین عرشه پـل از شـیب طولی در حدود ۲/۶ درصد در قسمت‌های شیب‌دار برخوردار می‌باشد. در دو انتهای عرشه فلزی دو شیبراهه (رامپ) با دیوارهای بتنـی وجود دارد که خاک در میان آنها قرار گرفته است. طول هر یک از این رامپ‌ها ۲۴ متر است.

پل دارای ۳۲ پایه و ۳۱ دهانه است که کمترین دهانه آن ۱۹/۵ متر بین محورهـای ۷-۶ و ۲۵-۲۴ و بیـشترین دهانـه آن ۲۸/۵ متر می‌باشد که بین محورهای ۸-۷ و ۲۴-۲۳ است. طول سایر دهانه‌ها ۲۴ متر می‌باشد. پلان و نمای طولی پل در شـکل ۲-۲ بـه نمایش درآمده‌اند.

[1]. سایر پلهای این گروه عبارتند از: پل تقاطع سپاه و انقلاب (پل چوبی)، پل تقاطع حافظ و طالقانی، پل تقاطع حافظ و جمهوری، پل تقاطع سعدی و چراغ برق، پل تقاطع کریمخان و قرنی، پل تقاط جلال آل احمد و چمران و پل تقاطع مدرس و میرداماد.



شکل ۲-۲- پلان و نمای طولی پل

۲-۳- مصالح مصرفی و مشخصات فنی پل

پل مورد نظر یک پل تمام فولادی است که عرشه آن از تیرهای I با بال فوقانی اورتوتروپیک و پایه‌های آن از تک ستونهای جعبه‌ای و سرستون‌های فولادی تشکیل یافته است. ستون‌های ابتدایی پل از نوع پروفیل‌های فولادی می‌باشد.

اجزای مختلف عرشه و پایه در کارخانه به وسیله جوشکاری ساخته شده و در محل به وسیله اتصالات پیچی به یکدیگر متصل گردیده‌اند.

در فواصل درزهای بین قطعات فولادی عرشه از لاستیک‌های درزگیر و در محل تکیه‌گاه‌های عرشه بر روی پایه‌ها از تکیه‌گاه‌های الاستومریک لایه لایه استفاده به عمل آمده است.

روسازی عرشه پلها نوعی اپوکسی مخصوص با ضخامت حدود ۱/۵ سانتی‌متر بوده است که با ماسه‌های سیلیسی با دانه‌بندی خاص مخلوط شده و بر روی سطح فولادی عرشه پخش و به آن چسبیده است. این روکش و درزهای طولی و عرضی پل همچنین تعدادی از تکیه‌گاه‌ها در اثر مرور زمان فرسوده شده و بعضاً با محصولات فاقد مشخصات فنی اولیه تعویض گردیده‌اند.

از مشخصات فنی اولیه پل مدرکی در اختیار این مهندسین مشاور قرار نگرفته است. تنها اطلاعات موجود نقشه‌های چون ساختی هستند که مهندسین مشاور ایمن طرح در سال ۱۳۷۳ به سفارش سازمان مشاور فنی و عمرانی شهر تهران تحت عنوان شناسنامه فنی در ۲۴ برگ شامل یک فهرست و ۲۳ برگ نقشه به شماره‌های 24-2446 تا 48-2446 تهیه شده و به عنوان پیوست شماره ۱ ضمیمه این گزارش می‌باشد این نقشه‌ها در مطالعات و ارزیابی‌های این گزارش مورد استفاده و استناد قرار گرفته‌اند.

در مشخصات کلی پل فلزی که در کنار فهرست نقشه‌های پیوست ۱ آمده است، بر اساس محاسبات و شواهدی فولاد مصرفی در طرح St-52 معرفی شده است.

از آنجا که جهت هر گونه ارزیابی تفصیلی به همراه محاسبات سازه‌ای، اطلاع از نوع و مشخصات فولاد مصرفی یک ضرورت به شمار می‌آید، پیشنهاد می‌گردد حداقل یک نمونه‌گیری از فولاد بخش‌های حساس عرشه و پایه و پیچهای آن به عمل آمده و جهت انجام آزمایشهای کشش و طاقت مصالح برای فولاد و کشش با مهره برای پیچها به آزمایشگاه فرستاده شود[1].

[1]. طبق اطلاعات موثق پل تقاطع سعدی- چراغ برق در سال ۱۳۸۵ دمونتاژ شده و به کارگاه شرکت آذران در شهریار منتقل گردیده است نمونه‌برداری‌های لازم را می‌توان بر روی این پل انجام داد و بعد قطعات آسیب دیده را مرمت نمود.

۲-٤- وضعیت ترافیکی پل

همان طور که در معرفی تاریخچه اشاره شد پل تقاطع غیرهمسطح خیابانهای حافظ و طالقانی در سالهای ابتدایی دهه ۱۳۵۰ برای حل مشکلات ترافیک رو به رشد آن روز تهران به عنوان یک راه حل موقت و سریع به کار گرفته شده است. طبیعی است که این راه حل موقت فاقد مشخصات فنی ترافیکی یک طرح دائمی است، و دارای کاستی‌های متعددی از دیدگاه ترافیکی می‌باشد. مهم‌ترین این کاستی‌ها را می‌توان به ترتیب زیر برشمرد:

الف) طول کم پلهای روگذر انقلاب- حافظ، حافظ- طالقانی و حافظ- جمهوری موجب آن شده تا غالب طول این پلها در رامپ واقع شده و علاوه بر ایجاد مشکلات رانندگی فضای زیر این پلها از فضای مفید شهری حذف گردیده و در شهری که نیاز مبرم به پارکینگ دارد حتی امکان استفاده از این فضاها به عنوان پارکینگ جز در مناطق معدودی وجود ندارد.

ب) عرض کم پلها اجازه عبور ۳ خط ترافیک را فراهم می‌آورد. که برای مسیرهای دو طرفه کافی نیستند. همچنین پل فاقد پیاده رو و توقف‌گاه اضطراری می‌باشد.

با توجه به موارد فوق می‌توان نتیجه گرفت پل مورد نظر جوابگوی مسائل ترافیکی در دراز مدت نخواهد بود و یک راه حل دائمی تلقی نمی‌گردد و دیر یا زود لازم است پل جمع‌آوری شده و به مسائل تقاطع به طور اساسی رسیدگی گردد. لذا در بررسی‌های حاضر از تغییراتی که امکان دمونتاژ و استفاده مجدد از پل را سلب نمایند نظیر ایجاد عرشه بتنی مرکب صرف‌نظر شده است.

برای آینده نیز طرح اولیه‌ای پیشنهاد می‌گردد که بر مبنای آن خیابان حافظ از ابتدای حافظ شمالی (روبروی سازمان مهندسی و عمران شهر تهران) تا پارک شهر به صورت یک مسیر اصلی تندرو یک طرفه به سمت جنوب در ارتفاع بالاتر و مسیرهای کندروی دو سمت آن در ارتفاع پایین‌تر سازمان داده می‌شود. شیب طولی به ابتدا و انتهای مسیر تندرو محدود شده، از فضای زیر این مسیر که در اغلب طول آن ارتفاع مناسبی دارد به منظور پارکینگ استفاده خواهد شد.

در ابتدای مسیر تندرو پارکینگ طبقاتی زیرزمینی بزرگی پیش‌بینی شده که با پارکینگ موجود در گوشه جنوب غربی تقاطع اجازه می‌دهد شهروندان اتومبیل‌های خود را در آن پارک کرده از وسایل نقلیه عمومی تندرو جهت دسترسی به مرکز شهر و محدوده بازار استفاده نمایند. روی پارکینگ زیرزمینی به صورت فضای سبز سازمان‌دهی خواهد شد.

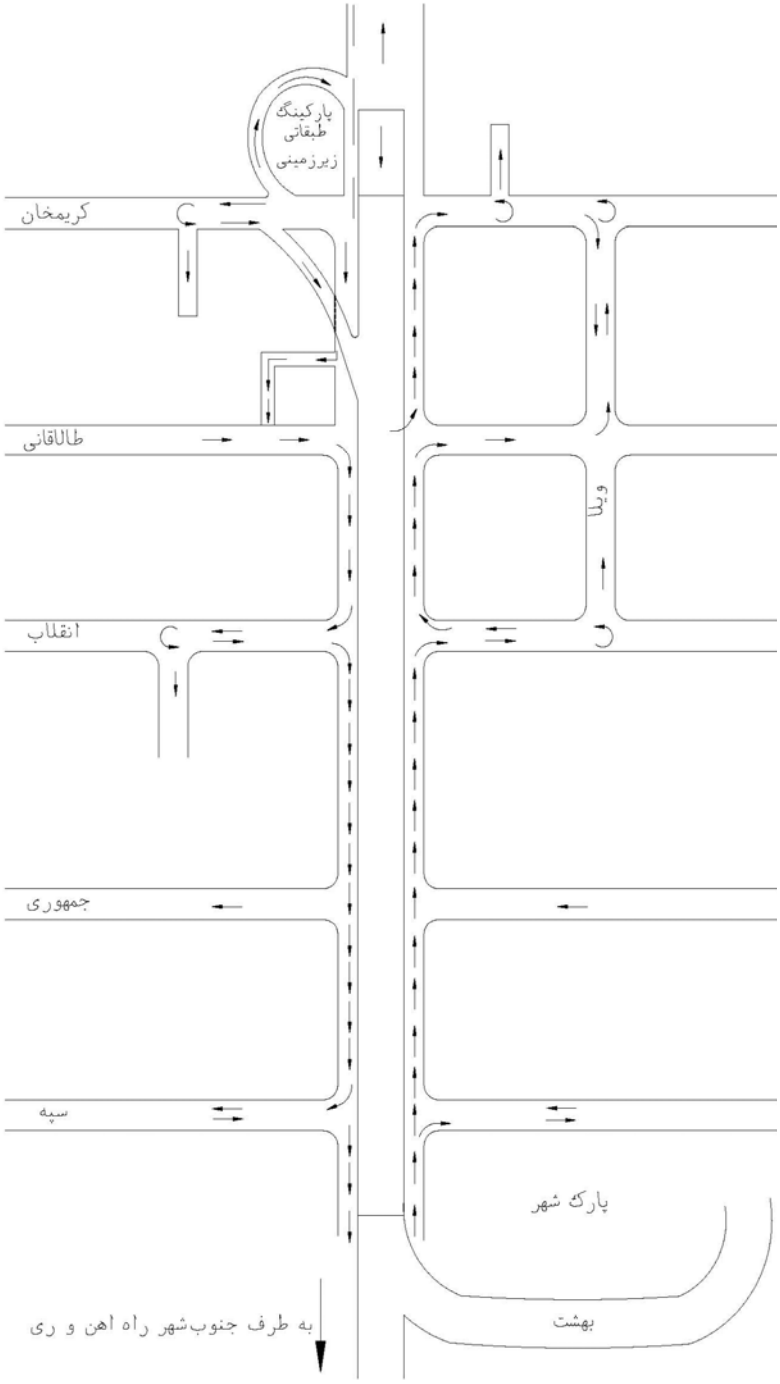
اتوبوس‌های تندرو در محل‌هایی بر روی پل که به عنوان توقفگاه تعریض شده ایستگاه داشته و با پله به خیابانهای تراز پایین‌تر دسترسی دارند. کلیات این طرح در کروکی شکل ۲-۳ به نمایش در آمده است.

طبعاً پیاده‌سازی این طرح به مطالعات مفصل ترافیکی شامل جمع‌آوری آمار و اطلاعات و تحلیل‌های ظرفیت و طراحی مسیرها نیاز دارد.

نکته قابل توجه آن است که برای اجرای مسیر تندرو در طرح پیشنهادی می‌توان از پلهای موجود خیابان حافظ همچنین قطعات پلهای انقلاب- حافظ و کریمخان زند- قرنی و پل چراغ برق انبار شده در کارگاه شرکت آذران استفاده کرد و در صورت عدم کفایت قطعات موجود مطابق طرح‌های حاضر قطعات جدید را ساخت و پایه‌ها را اصلاح نمود.

۲-۵- مدارک فنی موجود

در بررسی‌های به عمل آمده تنها مدرک فنی که در بایگانی کارفرمای محترم در زمینه پل مورد مطالعه وجود دارد نقشه‌های چون ساخت تهیه شده توسط مهندسین مشاور ایمن طرح برای شناسنامه فنی پل در سال ۷۳ می‌باشد.



شکل ۲-۳- کروکی طرح پیشنهادی پلهای خیابان حافظ

فصل سوم– عناصر غیرسازه‌ای

عملکرد عناصر غیرسازه‌ای پل نظیر روسازی، آبرو، نرده و درزهای طولی و عرضی تأثیر زیادی در عملکرد مطلوب پل دارد. در این بخش به بررسی موردی یک یک عناصر فوق می‌پردازیم و نیاز آنها به بهسازی، تعمیر و مرمت و تأثیر آنها بر بهبود عملکرد پل را مورد ارزیابی قرار می‌دهیم.

در بررسی‌های موردی ابتدا سعی می‌گردد مشخصات کلی عناصر غیرسازه‌ای معرفی شود، و نتایج بررسی‌های به عمل آمده ارائه گردد. سپس ارزیابی‌های مهندسی بر روی مجموعه اطلاعات جمع‌آوری شده انجام و در صورت نیاز به بهسازی یا تعمیر و مرمت راهکارهای اجرائی مناسب ارائه می‌شوند.

۳-۱- روسازی عرشه پل

بر اساس طرح اولیه روسازی عرشه پل از نوع خاصی ملات اپوکسی به ضخامت حدود ۸ میلی‌متر تشکیل گردیده بود که در آن رزین اپوکسی با ماسه سیلیسی مخلوط می‌شد. این پوشش در سالهای اولیه بعد از انقلاب از بین رفت و چون شرکت سازنده مشخصات فنی آن را ارائه نداده بود، یا مصالح اصلی وارداتی و گران قیمت ارزیابی می‌شد در سالهای پس از انقلاب از روکش‌های بتن آسفالتی به ضخامت حدود ۳ تا ۵ سانتی‌متر استفاده به عمل آمد که عمر چندانی نداشتند و مشکلات زیادی از نظر بهره‌برداری و افزایش اثر ضربه بارهای زنده و خوردگی عرشه پل‌ها ایجاد نمودند، به علاوه در فاصله بین تجدید روکش‌ها که بعضاً طولانی بودند سطح عرشه بدون روکش باقی می‌ماند و علاوه بر لغزندگی سطح فولاد، سطح عرشه در معرض سایش و خوردگی شدیدتر قرار می‌گرفت.

در اثر عبور مداوم وسایل نقلیه و تغییر شکل‌های عرشه، امکان جدا شدن روسازی از روی سطح فولادی عرشه افزایش می‌یابد. بنابراین همسازی تغییر مکان‌ها و چسبندگی کامل بین سطح عرشه و روسازی از اهمیت زیادی برخوردار است. در دنیا برای پوشش سطح پل‌های اورتوتروپیک از پلیمرهای مصنوعی که علی‌رغم دارا بودن سختی زیاد و مقاومت در برابر سایش، چسبندگی خوبی به سطح فلز دارند و همسازی آنها با تغییر شکل‌های طبیعی پل زیاد است استفاده می‌شود. این مواد با دوام بالای خود در ضخامت‌های کم استفاده می‌شوند و بر وزن مرده پل نمی‌افزایند.

عمر این روکش‌ها رابطه مستقیم با کیفیت مواد اولیه، نحوه اختلاط مواد، نحوه آماده‌سازی سطح و نحوه اجرای روسازی دارد. در صورت انتخاب مواد مناسب و اجرای صحیح عمر کلی روسازی با مرمت‌های دوره‌ای به حدود ۳۰ سال بالغ می‌گردد.

در سالهای اخیر برای روسازی پل‌های دارای عرشه اورتوتروپیک در شهر تهران از نوعی آسفالت اپوکسی به ضخامت حدود ۱/۵ سانتی‌متر استفاده شده است، که مشخصات فنی آن برای این مشاور معلوم نیست لیکن عملکرد آن بر اساس بررسی‌های انجام شده نسبتاً خوب ارزیابی می‌گردد. در پل نصر این روسازی با مواد اولیه ساخت شرکت آلمانی Road Coat توسط شرکت سازان جنوب آبادگر اجرا شده و شرکت اجرا کننده تعهد و ضمانت کرده است تا ۱۰ سال تعمیر و مرمت موضعی روسازی را مجاناً به انجام برساند.[۱]

روکش عرشه پل‌های اورتوتروپیک باید دارای خواص فنی زیر باشد:

- از چسبندگی بالایی به سطح عرشه برخوردار باشد. به طوری که حداقل مقاومت چسبندگی بین سطح عرشه و روسازه در آزمایش Pull-off مطابق ASTM- D4541 حداقل معادل ۲۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع اندازه‌گیری شود.

۱- ترمیم پل نصر، فریبا مترجمی، مجله راه و ساختمان، شماره ۷ ، سال ۱۳۸۶.

- در دمای بالا دوام، قوام و پایایی خوبی داشته باشد، زیرا عرشه‌های فلزی نسبت به سایر انواع عرشه در تابستان‌ها ۱۰ تا ۲۰ درجه گرمتر می‌شوند. در آزمایش استقامت مارشال مطابق استاندارد ASTM- D1559 در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد، پایداری باید حداقل ۵۵۰۰ کیلوگرم باشد.
- در دمای پایین نیز مقاومت و انعطاف‌پذیری مصالح روکش برای اجتناب از ترد شکنی آن ضروری می‌باشد.
- روکش باید عملکرد خوبی در برابر بارگذاری تکراری داشته تا ۲۵ میلیون سیکل بارگذاری دچار ترک‌های خستگی نشود. همچنین روکش باید کاملاً آب‌بند باشد و با اجتناب از ترک‌خوردگی آب‌بند باقی بماند.
- سنگدانه‌های لایه روکش که حدود ۹۰ درصد حجم آن را تشکیل می‌دهد به نسبت سنگدانه‌های بتن آسفالتی از دوام، پایایی، سختی و مقاومت به مراتب بیشتری در برابر سایش برخوردار هستند.

این خصوصیات در محصولات مطابق استاندارد سازندگان معتبر روکش در نظر گرفته شده و تا حد امکان تأمین گردیده است. در هر صورت می‌بایست از طریق گواهی‌های سازندگان، آزمایش‌های مستقل و ارزیابی دقیق عملکرد این روکش‌ها نسبت به انتخاب مصالح مناسب اقدام نمود و از فروشندگان و اجرا کنندگان این روکش‌ها تضمین‌های معتبر کیفیت، و تعهد تعمیر و نگهداری، در صورت آسیب‌های موضعی اخذ کرد.

این مشاور به منظور ارزیابی کیفیت روسازی موجود پل طی بازدیدها و بررسی‌های میدانی مفصل توسط گروه کارشناسی از آسیب‌های روسازی عرشه چک‌لیست‌ها و عکس‌هایی تهیه نموده است که این مدارک در پیوست شماره ۳ این گزارش ثبت گردیده‌اند. با توجه به آنکه از عمر روکش‌های جدید بیش از سه سال نمی‌گذرد عیب‌ها و آسیب‌های موضعی اندکی مانند در آن‌ها مشاهده شده است: جدا شدن و از بین رفتن آسفالت به صورت موضعی خصوصاً در مجاورت درزهای عرضی.

جهت رفع آسیب‌های فوق در پیوست شماره ۴ این گزارش دستورالعملی مبتنی بر زدودن روکش فعلی به صورت موضعی و وصله آن با روکش جدید مطابق با استانداردهای فنی ارائه شده است. مناطقی از عرشه پل که این دستورالعمل در مورد آن‌ها باید به اجرا در آید در کروکی‌های اجرائی جلد دوم این گزارش مشخص گردیده است.

۳-۲- درزهای عرشه پل

عرشه پل پس از ساخت قطعات آن در کارخانه با اتصالات جوشی، و حمل به محل نصب در قطعات ۱۲ متری، بر روی زمین با اتصالات پیچی مونتاژ شده، سپس به کمک جرثقیل هر ۶ قطعه مونتاژ شده با ابعاد ۱/۲۰×۲۴×۱/۷۵ متر(W×L×h) بر روی پایه‌های پل در کنار هم قرار گرفته‌اند تا یک دهانه از عرشه پل به عرض ۱۰/۵ متر را بسازند.

تبعاً بر روی عرشه در طول دهانه‌ها ۵ درز طولی به فاصله ۱۷۵ سانتی‌متر و با باز شدگی حدود ۲ سانتی‌متر و درزهای انتهایی عرضی با فاصله ۲۴ متر و بازشدگی حدود ۵ سانتی‌متر تشکیل گردیده است. این درزها از مواد درزگیر از نوع پرکننده الاستومری پر شده‌اند.

بررسی‌های میدانی به منظور ارزیابی کیفیت درزها و کارآیی لاستیک‌های درزگیر به عمل آمده که چک لیست‌های آن در پیوست شماره ۳ این گزارش درج گردیده است. این بررسی نشان دهنده عیب‌ها و آسیب‌های کلی درزگیرها به شرح زیر می‌باشد:

- خارج شدن لاستیک‌های درزگیرهای طولی از محل خود در اثر جابجایی غیر یکنواخت قطعات عرشه در راستای قائم و آسیب‌دیدگی و پارگی آن‌ها
- خارج شدن درزگیرهای طولی از محل خود در اثر تغییر شکل زیاد تیرها و چرخش تکیه‌گاهی زیاد آن‌ها

- ناترازی درزگیرهای عرضی و مزاحمت آن‌ها برای وسایل نقلیه عبوری و ایجاد ضربه
- آب‌بند نبودن درزها و ایجاد خوردگی و کثیفی در سر پایه‌ها
- باز شدگی متغیر و ناصافی لبه درزها

نمونه‌ای از این معایب و آسیب‌ها در شکل ۳-۱ به نمایش در آمده است.

آب‌بند نبودن درزها و خارج شدن لاستیک درزگیر از محل خود مهمترین عامل خوردگی و زنگ‌زدگی عناصر سازه‌ای از قبیل سر پایه و عناصر تشکیل دهنده تکیه‌گاه‌ها و دیافراگم‌ها به شمار می‌آید. بنابراین برای بالا بردن عمر سازه و کاهش روند خوردگی جایگزین نمودن درز با موارد درزگیر با کیفیت و آب‌بند ضروری می‌باشد.

درزگیرها باید دارای شرایط و خصوصیات زیر باشند:

الف- عبور و مرور وسایل نقلیه از روی آن بدون ایجاد خطر برای وسایل نقلیه به خصوص موتور سواران انجام گردد.

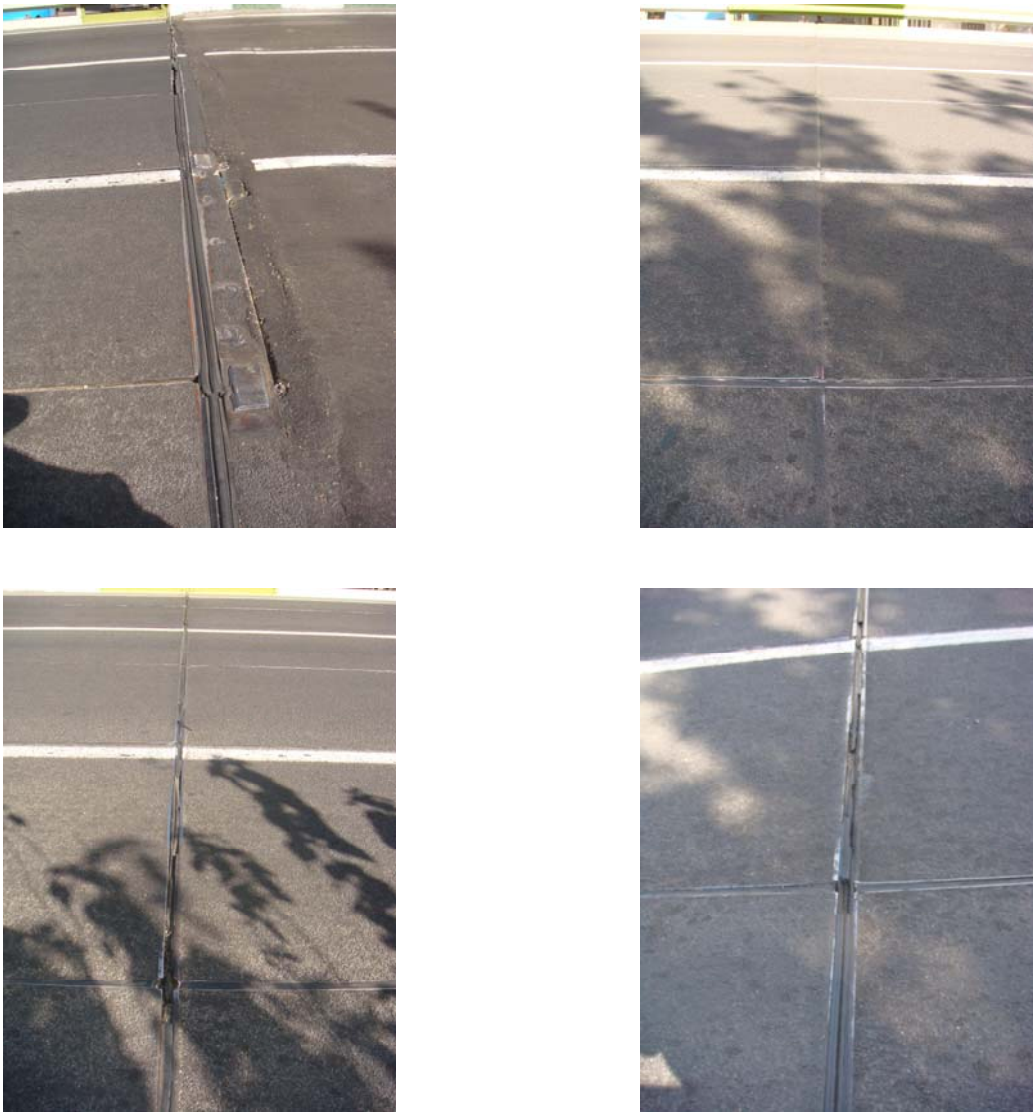
ب- از حرکات ذاتی سازه پل جلوگیری نکند و تراکم‌پذیر باشد.

ج- در هنگام تردد بر روی آن تولید سر و صدا و ضربه نکنند.

د- کاملاً آب‌بند باشد یا تمهیداتی برای جمع‌آوری و هدایت آب‌های سطحی در آنها پیش‌بینی شده باشد.

هـ- در مقابل رنگ، مواد شیمیایی و اشعه‌های ماوراء بنفش و غیره مقاوم بوده و در شرایط مختلف بهره‌برداری و محیطی پایایی داشته باشند.

و- تعمیر، جایگزینی و نگهداری آن‌ها آسان باشد.



شکل ۳-۱- آسیب‌های درزهای پل

معمولاً برای درزهای با شکاف کمتر از ۵ میلی‌متر هیچ نوع درزگیری در نظر گرفته نمی‌شود یا از مواد ماستیکی برای آب‌بند کردن آن‌ها استفاده می‌شود. برای درزهای با بازشدگی ۵ تا ۲۰ میلی‌متر بهترین راه پر کردن آن‌ها با مواد ممتد، انعطاف‌پذیر و یکنواخت می‌باشد. این مواد اغلب از لاستیک متراکم یا طناب‌های کنفی تشکیل می‌شوند که به تنهایی آب‌بند نمی‌باشند و آب از کناره‌های آن‌ها نشت می‌کند. لذا برای آب‌بندی و تثبیت درزگیر در محل خود از مواد چسبنده و آب‌بندی کننده نظیر چسب سلیکون یا ماستیک استفاده به عمل می‌آید.

برای پوشاندن درزهای ۲۰ تا ۵۰ میلی‌متر معمولاً از لاستیک‌های مجوف درزگیر و برای درزهای بزرگتر از پوشش‌های فلزی متحرک به همراه لاستیک استفاده می‌گردد.

از آنجا که این درزها معمولاً حرکتی هستند و آب‌بندی آن‌ها بسیار مشکل است، در زیر پوشاننده درز، یک زهکش V شکل یا U شکل قرار داده می‌شود که آب نشتی از درز را به آبروهای پل منتقل می‌سازند.

در بازدید و برداشت به عمل آمده از پل که نتایج آن در پیوست ۳ آمده مشاهده می‌گردد درزهای طولی که حدود ۲ سانتی‌متر بازشدگی دارند از نوعی فوم یا لاستیک اسفنجی پر شده که به جداره‌های درز چسبندگی نداشته و در اثر اختلاف تغییر شکل در تیرها در زمان بهره‌برداری از محل خود خارج و بعضاً آویزان شده‌اند. از محل این درزها آب‌های سطحی به زیر پل ریزش می‌نمایند. راه حل پیشنهادی این مشاور پس از اعمال اصلاحات سازه‌ای عرشه، مندرج در فصل چهارم که موجب کاهش تغییر شکل‌های مطلق و نسبی عرشه و کاهش لرزش پل خواهد گردید، تعویض و جایگزینی کلیه درزگیرهای طولی است.

درزهای عرضی با باز شدگی حدود ۵۰ میلی‌متر در حال حاضر با لاستیک‌های درزگیر از نوع نامرغوب و غیر استاندارد پر شده‌اند. به دلیل خرابی نئوپرن‌ها، در محل درزها اغلب پله وجود دارد که به همراه بیرون‌زدگی لاستیک درزگیر ضربات متعددی در مسیر وسایل نقلیه عبوری ایجاد می‌کند که کاملاً محسوس و آزار دهنده هستند.

تعویض نئوپرن‌ها و هم تراز کردن لبه درزها به واسطه فیلرگذاری در زیر تیرها تا حد زیادی از ضربه ناشی از ناترازی لبه‌ها می‌کاهد. اصلاحات سازه‌ای عرشه مندرج در فصل ۴ نیز تا حد زیادی چرخش‌های تکیه‌گاهی و خارج شدن لاستیک درزگیر از محل درز را کاهش می‌دهد. ولی راه حل اساسی مورد توصیه این مشاور پس از اقدامات فوق تعویض تمام لاستیک‌های درزگیر عرضی با لاستیک‌های مجوف مطابق استانداردهای معتبر مشابه ASTM می‌باشد.

این درزها جهت عملکرد مطلوب نیاز به زهکش‌های U یا V شکل در زیر لاستیک دارند که در مورد این اجزا در پیوست شماره ۱۲ طرح‌هایی ارائه شده است.

دستورالعمل تعمیر اساسی و جایگزینی درزهای طولی و عرضی عرشه در پیوست شماره ۵ این گزارش درج گردیده است.

۳-۳- دال تقریب و درزهای انبساط انتهایی پل

معمولاً برای جلوگیری از تأثیر نشست خاک پشت کوله‌ها بر ناترازی درز انبساط انتهایی و ورود و خروج بدون ضربه وسایل نقلیه، یک دال تقریب در ابتدا و انتهای پل‌ها در نظر گرفته می‌شود.

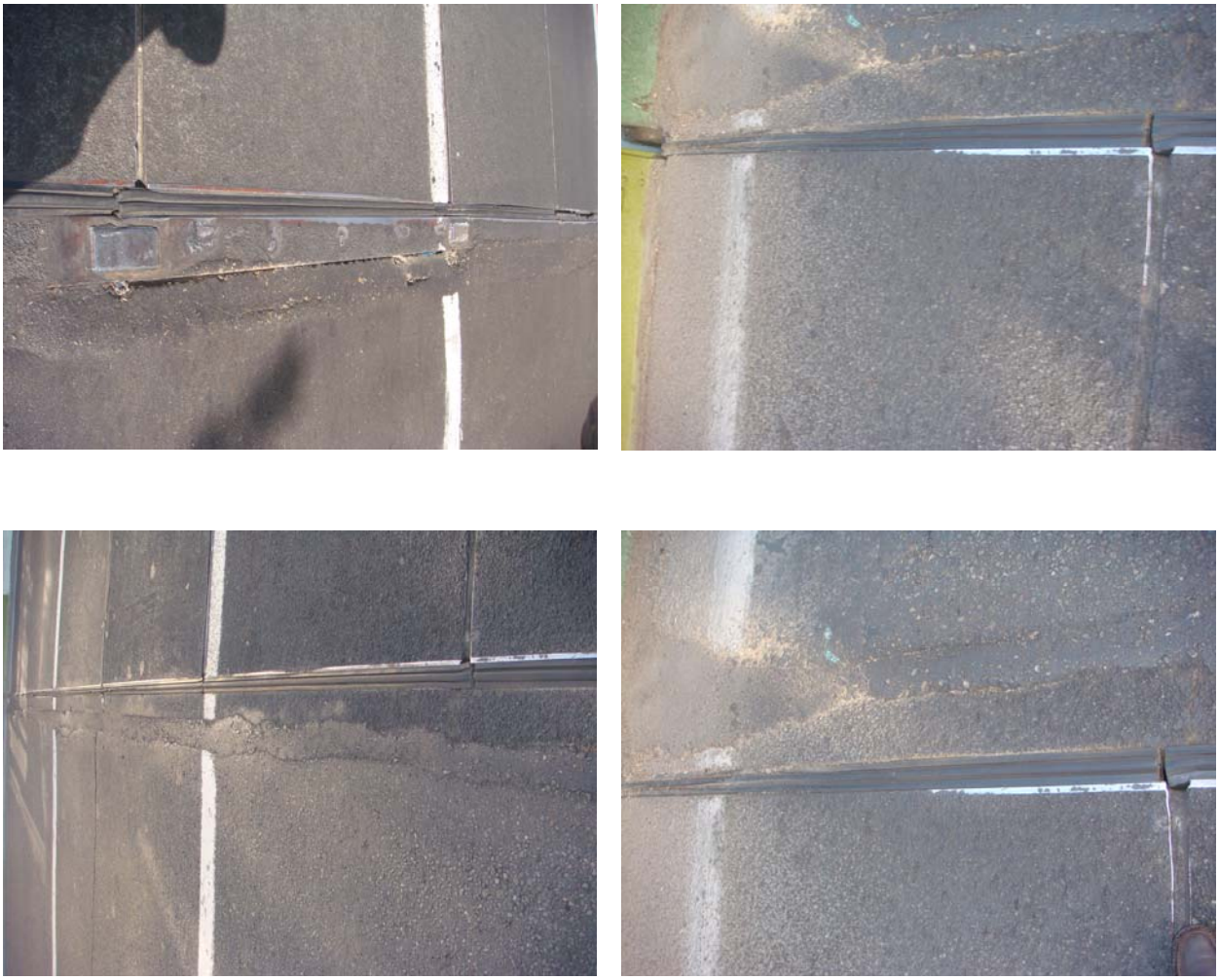
پل مورد مطالعه فاقد دال تقریب بوده این امر موجب شده نشست‌های غیر یکنواخت خاک پشت کوله‌ها باعث به وجود آمدن دست‌انداز در درزهای انتهایی، ضربه شدید و خرد شدن بتن و خارج شدن درزها از شکل مطلوب خود شوند. (شکل ۳-۲)

خارج شدن درزهای انبساط از فرم مطلوب موجب نفوذ آب و خوردگی بیشتر بتن کوله گردیده که چاره‌ای جز تعمیرات اساسی مطابق آنچه بخش ۵، مربوط به جایگزینی کوله‌ها آمده باقی نگذاشته است. برای اصلاح این آسیب چندین بار درزهای انبساط تعویض و عدم یکنواختی نشست‌ها با آسفالت ترمیم و اصلاح گردیده است، که باز پس از مدت کوتاهی آسیب‌ها بروز پیدا کرده‌اند.

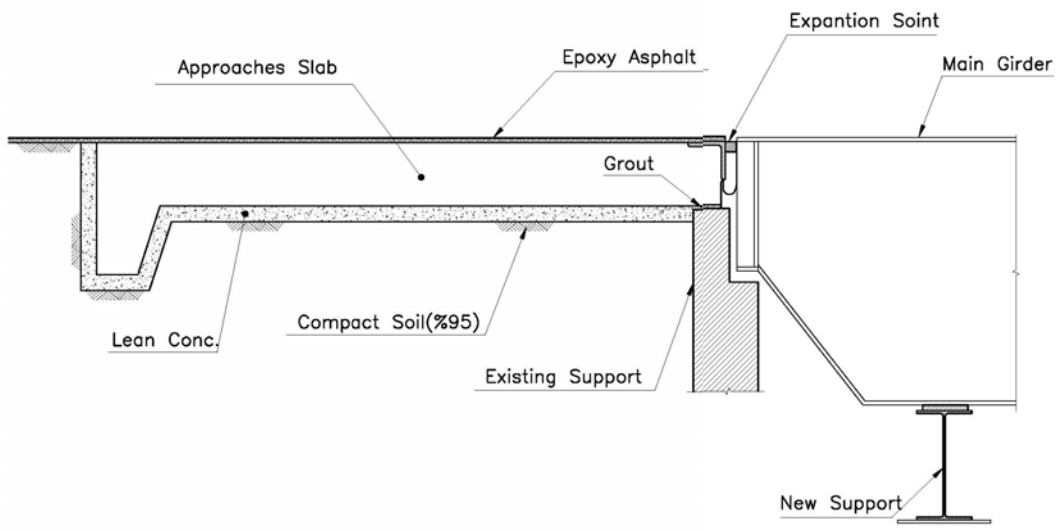
جهت اصلاح اساسی این آسیب‌ها و تعمیر درزهای انبساط به نحوی موثر و مطابق رواداری‌های اجرائی، لازم است دال‌های تقریب پیش‌ساخته به طول حدود ۲/۶۰ متر، عرض ۲ متر و ضخامت ۲۵ سانتی‌متر در دو انتهای پل پیش‌بینی گردد. درزهای انبساط بر روی این دال‌ها پیش‌بینی شده و با نصب صحیح کاملاً تراز و یکنواخت نسبت به انتهای پل سازمان داده خواهند شد. کروکی این سیستم در شکل ۳-۳ به نمایش در آمده است.

نقشه‌های مربوط به دال‌های تقریب و درزهای انبساط که کفایت سازه‌ای و عملکردی آن‌ها را نشان می‌دهد همچنین دستورالعمل کارگذاری و تراز نمودن و تثبیت دال‌های تقریب و تنظیم درزهای انبساط در پیوست ۶ به همراه جزئیات اجرائی به نمایش در آمده است.

نوع لاستیک درزگیر و جزئیات زهکشی درزهای انبساط انتهایی مشابه سایر درزهای عرضی پل می‌باشد که در بخش‌های ۳-۲ و ۳-۶ معرفی گردیده‌اند.



شکل ۳-۲- آسیب‌های درز انبساط انتهایی



شکل ۳-۳- کروکی اجرای دال تقریب

۳-٤- نرده‌ها

به منظور حفاظت از وسایل نقلیه (سواره رو و دوچرخ) و تأمین ایمنی عابران پیاده لازم است اعضاء و قطعات محافظ (جان‌پناه یا نرده) در دو لبه عرشه پل نصب گردند.

در پلهایی که سطح جاده در دو طرف به دو پیاده‌رو با اختلاف ارتفاع حداقل ۲۵ سانتی‌متری ختم می‌شود، نرده‌ای برای حفاظت جان عابران پیاده با حداقل ارتفاع ۱ متر از سطح پیاده‌رو در دو طرف عرشه پل نصب می‌گردد. در پلهای بدون پیاده‌رو و یا در مواردی که اختلاف رقوم سطح پیاده‌رو نسبت به سطح جاده کمتر از ۲۵ سانتی‌متر بوده و احتمال انتقال اتفاقی بخشی از چرخهای وسیله نقلیه به سطح پیاده‌رو وجود داشته باشد. به جای نرده‌های ایمنی، جان‌پناهی مناسب در طرفین عرشه پل تعبیه می‌شود. جان‌پناه‌ها باید از مصالح فولادی ساخته شود.

استاندارد آشتو نرده‌ها یا جان‌پناه‌های پل‌های فاقد پیاده‌رو را به سه دسته نرده جان‌پناه برای وسایل نقلیه دو چرخ، نرده‌های سنگین ترافیکی برای جلوگیری از سقوط و نرده ترکیبی برای بارهای ترافیکی و وسایل نقلیه دو چرخ تقسیم‌بندی می‌کند. حداقل ارتفاع جان‌پناه از سطح تمام شده لبه عرشه جهت عبور وسایل نقلیه سواره بر اساس آئین‌نامه بارگذاری پل‌های راه (نشریه ۱۳۹) و استاندارد آشتو ۷۰ سانتی‌متر می‌باشد. در صورت عبور وسایل نقلیه دوچرخ از روی پل حداقل ارتفاع نرده "۵۴ یا ۱۳۷ سانتی‌متر می‌باشد. از آنجائیکه ارتفاع نرده‌های اولیه پلهای ارتوتروپیک شهر تهران که همه در یک زمان ساخته شده‌اند، کم می‌باشد و بر اثر کوچکترین برخورد یا بی‌دقتی امکان سقوط موتور سواران از روی آن وجود دارد (به طور مثال بر اساس گزارش‌های راهنمایی و رانندگی در سال ۸۳ یک موتور سوار از پل حافظ در اثر تصادف به پایین پل سقوط نمود) لازم است ارتفاع نرده‌ها از ۷۰ سانت به حدود ۱۳۰ سانتی‌متر افزایش یابند. به علاوه از نظر مقاومت نیز نرده‌های موجود به عنوان نرده ترافیکی در برابر بارهای معرفی شده استاندارد آشتو مقاوم نبوده و تعویض پایه‌های موجود ضروری می‌باشد.

با توجه به عبور وسایل نقلیه موتوری و سواره رو از روی پل‌ها ضروری است نرده‌های پل مشخصات توصیه شده برای نرده‌های ترافیکی و نرده‌های عبور وسایل نقلیه دوچرخ را به طور همزمان دارا باشند و این مستلزم تعویض نرده‌های پل با نرده‌های جدید می‌باشد. محاسبات، نقشه‌ها اجرائی و دستورالعمل نصب نرده‌های جدید پل در پیوست شماره ۷ این گزارش درج گردیده است.

برای حفظ شرایط موجود قبل از تعویض کل نرده‌ها لازم است در صورت وجود آسیب‌دیدگی در نرده‌های حاضر این آسیب‌ها رفع گردد تا شاهد بروز حوادث ناگواری نباشیم. به همین منظور برای بررسی وضعیت موجود گاردریلها چک لیست‌هایی بر اساس برداشت‌های میدانی تهیه شده و وضعیت موجود مورد ارزیابی قرار گرفته است که در پیوست شماره ۸ این گزارش درج گردیده است. به طور کل این بررسی‌ها نشان دهنده عیب‌ها و آسیب‌های موضعی در نرده‌ها و فلاشینگ‌های روی پایه‌های موجود پل به شرح زیر می‌باشد:

- تصادف وسایل نقلیه با گاردریل‌ها
- آسیب‌دیدگی پایه‌ها و پیچ‌های آن‌ها
- کج شدگی ورق‌های فلاشینگ و شل شدگی پیچ‌های آن‌ها

نمونه‌هایی از آسیب‌ها در تصاویر شکل ۳-۴ به نمایش درآمده است.

دستورالعمل تعمیر و مرمت اجزای نرده‌های موجود در پیوست شماره ۹ گزارش آمده است.

شکل ۳-٤- نمونه‌هایی از آسیب موجود در نرده‌ها و فلاشینگ‌ها

۳-۵- رنگ‌آمیزی و پوشش اجزای پل

موثرترین روش محافظت از سطوح فلزی در برابر خوردگی در کارهای عمرانی اجرای پوشش رنگی بر روی سطح فلز است. اجرای یک لایه رنگ برای حفاظت اولیه کافی است ولی شرایط محیطی و عوامل گوناگون مانند حرارت، تابش نور خورشید و اشعه‌های مختلف، رطوبت و مواد شیمیایی که هر کدام به نوعی فلز را مورد حمله قرار می‌دهند، و لزوم حفاظت کامل و طولانی در برابر عوامل فوق موجب شده است برای حفاظت از سطوح در برابر خوردگی، سیستم‌های پوششی چند لایه طراحی و به کار برده شوند. برای طراحی یک سیستم حفاظتی ابتدا وضعیت و عوامل خورنده محیط شناسایی و روش‌های مقابله با آن عوامل جداگانه تعریف می‌شود و در طراحی یک سیستم چند لایه پوششی هماهنگ، هر لایه وظایف معینی را عهده‌دار می‌گردد. در نتیجه لایه‌های مختلف علاوه بر حفاظت کامل از سطح مورد رنگ‌آمیزی، یکدیگر را نیز در برابر عوامل خورنده حفاظت می‌نمایند و در مجموع یک سیستم پوششی چند لایه را برای حفاظت از سطوح فلزی در برابر عوامل خورنده تشکیل می‌دهند.

۳-۵-۱- انتخاب سیستم رنگ

انتخاب سیستم پوششی مناسب برای سطح مورد رنگ‌آمیزی با توجه به شرایط محیطی اهمیت زیادی دارد. آماده‌سازی دقیق سطح قبل از رنگ‌آمیزی و استفاده از روش مناسب اجرای رنگ‌آمیزی نیز از اهیمت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد، با مطالعه دقیق و انتخاب صحیح سیستم پوششی و روشهای اجرایی می‌توان در هزینه‌های رنگ‌آمیزی با توجه به عمر سیستم پوششی و زمان طولانی حفاظت از سطح صرفه‌جویی نمود و از هزینه‌های غیر مستقیم و صرف وقت جهت رنگ‌آمیزی مجدد قبل از زمان پیش‌بینی شده نیز جلوگیری کرد.

سیستم‌های رنگ پایه معدنی مثل اکسید سرب به دلیل مضر بودن برای سلامتی در محیط‌های شهری مناسب نمی‌باشد همچنین سیستم‌های رنگ بر پایه مواد پلی‌مری نسبتاً جدید می‌باشند و چسبندگی آن‌ها به سطح فلز نیاز به آماده‌سازی سطح در حد بسیار بالایی دارد که با توجه به وضعیت موجود پل‌ها هزینه و زمان زیادی را می‌طلبد.

بعضی از انواع مختلف پوشش‌های موجود همراه با قابلیت‌ها و نقاط قوت و نقاط ضعف احتمالی سیستم‌ها در زیر معرفی می‌گردد:

رنگ‌های هوا خشک[1]

این دسته بیشتر پوشش‌های سنتی را شامل می‌گردد و به پوشش‌های تغییرپذیر[2] یا رنگ‌های متعارف معروف می‌باشند. نسل جدید این پوشش‌ها رنگ‌های آلکیدی و اپوکسی‌استر هستند. پوشش‌های طبقه‌بندی شده در این گروه به این دلیل تغییرپذیر نامیده می‌شوند که ساختمان شیمیایی آن‌ها در مرحله خشک شدن با جذب اکسیژن از هوا کاملاً تغییر می‌کند. این فرآیند اکسیداسیون، مخصوص این گروه از پوشش‌ها می‌باشد. از جمله ویژگی‌های مهم این رنگها، کاربرد آسان، چسبندگی خوب در شرایط متفاوت آماده‌سازی سطح و تعمیر نگهداری آسان آن می‌باشد. و از ضعف‌های مهم این نوع رنگ‌ها می‌توان به مقاومت کم آن‌ها در برابر مواد شیمیایی و حلال‌های آلی اشاره نمود.

رنگ‌های کائوچو کلره[3]

رنگ‌های کائوچو کلره در گروه رنگ‌های تغییرناپذیر[4] طبقه‌بندی می‌شوند زیرا در مرحله خشک شدن و بعد از آن ساختمان شیمیایی آن‌ها تغییر نمی‌یابد و خشک شدن رنگ فقط به صورت فیزیکی و با از دست دادن حلال انجام می‌شود. سیستم‌های پوششی مبتنی بر کائوچو کلره در مقایسه با سیستم‌های پوششی قبل دارای مقاومت شیمیایی بهتری می‌باشند و در مقابل آب و رطوبت نیز مقاوم هستند و در ضمن چون ساختمان شیمیایی آن‌ها در زمان خشک شدن تغییر نمی‌کند برای کاربرد در لایه میانی قابلیت بسیار عالی داشته، چسبندگی به لایه‌های قبل و بعد خود را به خوبی حفظ می‌نماید. این نوع رنگ‌ها به دلیل نرم شدن در معرض حرارت و عدم مقاومت در مقابل خراش و سایش و آسیب‌های مکانیکی آسیب‌پذیر هستند.

رنگ‌های وینیلی[5]

خصوصیات رنگ‌های وینیلی تقریباً مشابه رنگ‌های کائوچو کلره می‌باشد و فقط در مورد براقیت و مقاومت در برابر اشعه ماوراء بنفش مشخصات بهتری داشته و تغییر رنگ و کاهش براقیت کمتری دارند.

پوشش‌های اپوکسی[6]

---

1 . Air Drying Paints
2 . Convertible Coatings
3 . Chlorinated Rubber Paint
4 . none-convertible coatings
5 . Vinyl Coating System
6 . Epoxy Coating

پوشش‌های معرفی شده در قبل، همه یک جزئی بودند اما پوشش‌های اپوکسی دو جزئی و تغییرپذیر[1] هستند. مکانیزم خشک شدن این پوشش بر اثر واکنش شیمیایی بین ۲ ترکیب مختلف می‌باشد. جزء اول سیستم که اپوکسی است ظرف مدت معینی پس از مخلوط شدن با جزء دوم سیستم که سخت‌کننده است (Hardener) واکنش داده و ترکیب جدیدی را ایجاد می‌نماید که بسیار سخت و در برابر عوامل شیمیایی و مکانیکی بسیار مقاوم می‌باشد. به طور کلی می‌توان گفت انواع مختلف سیستم‌های اپوکسی در برابر مواد شیمیایی و حلال‌ها همچنین در برابر رطوبت و آب بسیار مقاوم هستند. در سیستم‌های حفاظتی بر پایه اپوکسی بهتر است که لایه نهایی را پوشش پلی‌اورتان انتخاب شود تا در بلند مدت لایه پلی اورتان، لایه‌های اپوکسی را از آسیب‌های ناشی از تابش ناشی از اشعه ماوراء بنفش (U.V.) حفاظت کرده و سیستم حفاظتی براقیت و زیبایی خود را نیز در بلند مدت حفظ نماید.

اپوکسی‌های اصلاح شده[2]

پوشش‌های اپوکسی نیز مانند سایر پوشش‌ها برای تقویت یک یا چند جنبه از قابلیت‌ها و توانایی‌های سیستم پوششی، با توجه به شرایط محیطی که در آن به کار برده می‌شوند، با روش‌های مختلف اصلاح می‌شوند. اپوکسی‌های اصلاح شده نیز مانند سیستم‌های اپوکسی معمولی دو جزئی بوده و واکنش شیمیایی بین اجزاء به دمای محیط بستگی دارد.

پوشش‌های پلی یوروتان[3]

پوشش‌های پلی‌یوروتان نیز دو جزئی می‌باشند و با واکنش شیمیایی بین ترکیب A(Polyol) و ترکیب B(Aliphatic Isocyanate) فیلم مقاوم پلی‌پوروتان تشکیل می‌گردد. پوشش‌های پلی‌یوروتان در برابر اشعه ماوراء بنفش مقاوم بوده و دارای براقیت و ثبات رنگ و همچنین مقاومت‌های شیمیایی و مکانیکی بسیار خوب می‌باشند.

با توجه به این قابلیت معمولاً در سیستم‌های حفاظتی به خصوص همراه با پرایمر و لایه میانی اپوکسی یک لایه پلی‌یوروتان به عنوان لایه نهایی به کار برده می‌شود تا در شرایط سخت آب و هوایی سیستم حفاظتی با درخشندگی و زیبایی کامل، برای یک دوره طولانی حفاظت از سطح را به خوبی انجام دهد.

در مورد این پل‌ها بر اساس بررسی‌های به عمل آمده سیستم رنگی متشکل از چهار لایه به شرح زیر جهت اجرا انتخاب گردیده است:

الف- لایه اول و دوم از نوع آستر اپوکسی کرومات روی می‌باشد. این رنگ با واکنش شیمیایی بین اجزاء، فیلم مقاومی را در برابر مواد شیمیایی و رطوبت ایجاد می‌نماید که دارای مقاومت‌های عالی مکانیکی مانند چسبندگی، سختی و انعطاف‌پذیری است. این پوشش به عنوان لایه اول (آستر) در سیستم‌های چند لایه برای حفاظت از سطوح فلزی در برابر عوامل خورنده به کار برده می‌شود.

قبل از اجرای عملیات رنگ‌آمیزی، سطح فلزی باید به خوبی تمیز شده و کلیه آلودگی‌های احتمالی و چربی‌ها از روی سطح برطرف شوند. سپس عملیات زنگ‌زدایی سطح با روش سندبلاست حداقل با درجه $Sa.2\frac{1}{2}$ صورت پذیرد.

---

[1] . Convertible
[2] . Modified Epoxy Coatings
[3] . Poly Urethane Coatings

ضخامت هر یک این لایه‌ها برابر ۴۰ میکرون در نظر گرفته شده است.

ب- لایه سوم شامل رنگ اپوکسی دو جزئی از نوع رنگ پایه رزین اپوکسی- پلی‌آمید می‌باشد که با واکنش شیمیایی بین اجزاء تشکیل دهنده فیلم مقاومی را در برابر مواد شیمیایی و رطوبت ایجاد می‌نماید که دارای مقاومت‌های عالی مکانیکی مانند چسبندگی، سختی و انعطاف‌پذیری است این پوشش به عنوان لایه اول و لایه میانی در سیستم‌های چند لایه پوشش برای حفاظت از سطوح فلزی در برابر عوامل خورنده در زمان تعمیرات (رنگ‌آمیزی مجدد) و همچنین برای سازه‌های فلزی نو به کار برده می‌شود. ضخامت این لایه برابر ۴۰ میکرون در نظر گرفته شده است.

ج- لایه چهارم که رنگ نهایی می‌باشد از نوع پوشش پلی‌یورتان می‌باشد. این پوشش دارای مقاومت‌های مکانیکی و شیمیایی عالی است. این پوشش در برابر تابش اشعه ماوراء بنفش حفاظت بسیار خوبی را در شرایط سخت محیطی از سازه پل و همچنین از لایه‌های رنگ که قبل از آن روی سطح اجرا شده‌اند (لایه اول و دوم) به عمل می‌آورد.

لازم است قبل از اجرای لایه پلی‌یورتان سطح مورد رنگ‌آمیزی کاملاً تمیز و عاری از هر گونه گرد و غبار، رطوبت و چربی باشد. همچنین رعایت فاصله زمانی بین اجرای لایه‌ها ضروری می‌باشد. ضخامت این لایه برابر ۴۰ میکرون می‌باشد.

مشخصات فنی سیستم و روش اجرا و کنترل کیفیت آن در پیوست ۱۰ این گزارش درج گردیده است.

۳-۵-۲- آماده‌سازی سطح برای رنگ‌آمیزی

آماده‌سازی صحیح و کامل سطح قبل از اجرای رنگ‌آمیزی یکی از مراحل مهم و ضروری در عملیات اجرای پوشش‌های حفاظتی است. به طور خلاصه می‌توان گفت اجرای صحیح و کامل عملیات آماده‌سازی سطح برای حصول کیفیت مطلوب در اجرای هر سیستم پوششی بسیار ضروری است.

از بین بردن و تمیز کردن چربی و روغن، گرد و غبار، باقیمانده پوشش‌های قدیمی و سایر آلودگی‌های موجود روی سطح از قبیل اکسیدهای آهن، ... قبل از عملیات رنگ‌آمیزی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. برای اجرای صحیح عملیات رنگ‌آمیزی ابتدا باید تمام عوارض ناشی از خوردگی و اکسیداسیون از سطح فلز زدوده شود. مراحل مختلف آماده‌سازی سطح فلزات به شرح زیر می‌باشد:

چربی‌زدایی

اولین مرحله از عملیات آماده‌سازی سطح، چربی‌زدایی و شستشوی سطح مورد رنگ‌آمیزی است. غالب روش‌های چربی‌زدایی بر پایه شستشو با حلال‌های آلی می‌باشند. در عملیات چربی‌زدایی با استفاده از حلال‌های آلی به طور معمول شستشو حداقل در دو مرحله انجام می‌پذیرد و پس از شستشوی نهایی بهتر است با کشیدن پارچه، سطح فلز را خشک کرده و از باقی ماندن حلال شستشو و خشک شدن تدریجی آن بر سطح فلز جلوگیری نمود.

روش دیگر چربی‌زدایی استفاده از محلول‌های پاک‌کننده[1] همراه با سایش ملایم توسط یک فرچه مناسب است. محلول‌های صنعتی مخصوص که بر پایه مواد قلیایی ملایم می‌باشند نیز به طور وسیع مورد استفاده قرار می‌گیرند. در استفاده از محلول‌های پاک‌کننده و مواد قلیایی باید با اضافه کردن یک مرحله شستشوی کامل قطعه با آب از امکان باقی ماندن مواد پاک‌کننده بر سطح فلز جلوگیری نمود.

روش متداول دیگری که برای از بین بردن چربی‌ها در آماده‌سازی سطح به کار گرفته می‌شود شستشوی سطح با آب جوش و بخار آب می‌باشد.

زنگ‌زدایی

پس از عملیات چربی‌زدایی با اجرای عملیات مختلف مکانیکی باید کلیه آلودگی‌های سطح مانند زنگ، پوشش‌های قدیمی و هر گونه آلودگی و عوارض موجود و ذرات چسبیده به سطح را از بین برده امکان چسبندگی کامل فیلم رنگ به سطح فلز را فراهم نمائیم. برای انجام این کار روش‌های مختلفی وجود دارد که در زیر به تعدادی از این روش‌ها اشاره شده است.

- زنگ‌زدایی سطح با ابزار ساده دستی[2]
- زنگ‌زدایی سطح با ابزار ماشینی[3]
- زنگ‌زدایی سطح با شعله[4]
- زنگ‌زدایی سطح با مواد ساینده و جریان هوا[5]
- زنگ‌زدایی سطح با مواد ساینده و جریان آب[6]

در این پروژه بر اساس شرایط محیطی و سیستم رنگ انتخابی روش‌های زیر برای آماده‌سازی سطوح در نظر گرفته شده است شرح داده شود. در پیوست شماره ۱۱ مشخصات فنی و روش‌های اجرائی هر یک از مراحل آماده‌سازی ارائه شده است.

۳-۶- زهکشی عرشه پل

زهکشی و تخلیه آب‌های سطحی به نحوی مناسب از روی عرشه پل و هدایت این آب‌ها به مناطق و مواضعی که موجب آسیب‌رسانی به اجزای پل نگردند، از دیدگاه بهره‌برداری و نگهداری از پل از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد.

آب‌های سطحی اغلب ناشی از بارندگی یا شستشوی عرشه هستند. نفوذ آب‌های سطحی از طریق درزها یا جاری شدن آن‌ها بر روی عرشه و جمع شدن آن‌ها در کنار پایه‌ها موجب خوردگی و فرسایش در سازه پل‌ها می‌شود. جمع شدن آب در سطح یا کناره راه‌ها یا در انتهای رامپ‌ها نیز اختلال در جریان ترافیک را به دنبال خواهد داشت، یا به تأسیسات مجاور پل آسیب وارد خواهد ساخت.

---

1. Detergent
2. Machine Tools Cleaning
3. Hand Tool Cleaning
4. Flame Cleaning
5. Dry Blast Cleaning
6. Wet Blast Cleaning

حل مسئله آب‌های سطحی و زهکشی پل‌ها مستلزم تخمین مقدار آب از طریق جمع‌آوری اطلاعات و محاسبات هیدرولوژیکی و جمع‌آوری آب‌ها از طریق شیب‌های طولی و عرضی سطح پل و کانال‌های روباز یا لوله‌های جمع‌آوری می‌باشد. محاسبات مربوط به جمع‌آوری آب و تعیین ابعاد کانال‌ها و لوله‌ها به محاسبات هیدرولیکی نیاز دارد. آب جمع‌آوری شده به مسیل‌های طبیعی، کانال‌های فاضلاب سطحی شهری یا چاه‌های جذبی هدایت می‌شود.

پل‌های فلزی همسان در شهر تهران فاقد سیستم زهکشی مناسب هستند، شیب طولی که در اغلب دهانه‌ها جز دهانه‌های مرکزی به چشم می‌خورد نقش قابل ملاحظه در هدایت آب‌های سطحی پل به سمت کوله‌ها دارد ولی ناترازی درزهای انبساط عرضی پل و آب‌بند نبودن این درزها که توسط لاستیک‌های درزگیر بدون چسبندگی به دیواره‌ها پر شده‌اند موجب نفوذ آب‌های جاری شده در جهت شیب طولی به درزها و ریختن آن بر روی سرپایه‌ها می‌گردد. این نفوذ موجب صدمات جدی به سرپایه و پیچهای اتصال آن به پایه‌ها شده و شرایطی را ایجاد کرده که اغلب این قسمت‌ها نیاز به بررسی دقیق به منظور جبران آسیب‌ها دارند. (شکل ۳-۵)

شکل ۳-۵- زنگ‌زدگی پیچ‌های اتصال سرپایه به پایه

پل در طراحی اولیه فاقد شیب عرضی بوده ولی در هنگام نصب با فیلرگذاری نامساوی به نحو نامناسبی شیب عرضی اندکی از وسط به دو طرف در عرشه آن ایجاد شده است. (شکل ۳-۶)

تیر میانی

تیر کناری

شکل ۳-٦- ایجاد شیب عرضی با فیلرگذاری نامناسب

این شیب عرضی موجب ناترازی در درزهای طولی شده که یکی از علل خارج شدن نوارهای درزگیر از آن‌ها به شمار می‌آید. به علاوه با آب‌بند نبودن درزهای طولی عملاً شیب عرضی به طرفین عرشه بی فایده است و تنها موجب عبور آب از روی درزهای متعدد طولی و نفوذ تدریجی آن به مناطق مختلف سازه عرشه می‌گردد.

با توجه به آن که هر گونه اقدام اساسی در مورد زهکشی پل مستلزم انجام هزینه‌های زیاد و تغییر در سیستم جمع‌آوری فعلی شامل شیب‌بندی جدید پل و تعبیه آبروهای لوله‌ای و کاسه‌های آبرو و اتصال این اجزا به سازه پل می‌باشد، این مشاور صلاح و صرفه را در آن می‌داند که از یک سیستم ایده‌آل زهکشی صرف‌نظر شده با شرایط موجود سعی به عمل آید تا آب سطح عرشه کمتر از درزها نفوذ کرده و موجب خرابی و فرسودگی گردد. به این منظور راه‌کارهای زیر قابل پیشنهاد هستند:

الف) ایجاد زهکش طولی در بخش‌های بدون شیب طولی پل

ب) حذف شیب عرضی در قسمت‌هایی از پل که شیب طولی بیش از ۱۵٪ است با کنار گذاشتن فیلرهای نامنظم عرضی پل در هنگام تعویض تکیه‌گاه‌های الاستومریک که ایمنی تکیه‌گاه‌ها و عملکرد درزهای طولی را نیز بهبود می‌بخشد.

ج) آب‌بندی درزهای طولی از طریق پر کردن آن‌ها با درزگیرهای مناسب مطابق پیوست شماره ۵.

د) کاهش حرکت‌های درزهای طولی که موجب خارج شدن درزها از آب‌بندی می‌گردند با تعبیه دیافراگم‌های عرضی که از نظر توزیع نیرو بین تیرهای پل نیز بسیار موثرند.

هـ) پر کردن درزهای انبساط عرضی با لاستیک‌های درزگیر جزم و مقاوم در برابر نفوذ آب‌های سطحی.

و) کاهش چرخش انتهایی تیرهای عرشه در محل درزها که موجب باز و بسته شدن متناوب درزها و نفوذ آب می‌گردد.

ز) تعبیه یک زهکش گالوانیزه U شکل در هر یک از درزهای عرضی به منظور جمع‌آوری آب‌هایی که خواه ناخواه از محل درزهای عرضی به سر پایه‌ها نفوذ می‌نمایند و هدایت آن‌ها به کناره‌های پل و آب‌بندی آن‌ها با ماستیک مناسب.

ح) انتقال آب‌های هدایت شده از طریق شیب طولی به دو انتهای پل به کانال‌های شهری یا چاه‌های جذبی.

دستورالعمل مربوط به پیاده کردن این سیستم زهکشی و نقشه‌های اجرائی مربوطه در پیوست شماره ۱۲ این گزارش ارائه گردیده است.

فصل چهارم– سازه عرشه پل

عرشه های پلهای ارتوتروپیک شهر تهران، از قطعات کاملاً مشابه و همسانی تشکیل یافته، که بصورت سری سازی در کارخانه بلژیکی تولید شده و به ایران حمل و با اتصالات پیچی نصب شده اند. مهم ترین عامل در موفقیت این طرح که در حدود ۴۰ سال پیش در ظرف مدت کوتاهی امکان ساخت ده‌ها هزار متر مربع عرشه را در موقعیت های مختلف در سطح شهر تهران فراهم آورد و به حل مشکلات ترافیک کمک نمود، همسان سازی در طرح و کاستن از پیچیدگی های اجرایی است. این رهیافت می تواند به عنوان یک تجربه با ارزش مدنظر طراحان و مدیران شهری قرار گیرد تا از تنوع های بی هدف و مشکل آفرین تا حد امکان پرهیز نمایند و با محدود ساختن طرحها به چند طرح همسان و سعی در رفع نقاط ضعف آنها امکان انجام کارهای بزرگ را در زمانهای کوتاه فراهم آورند.

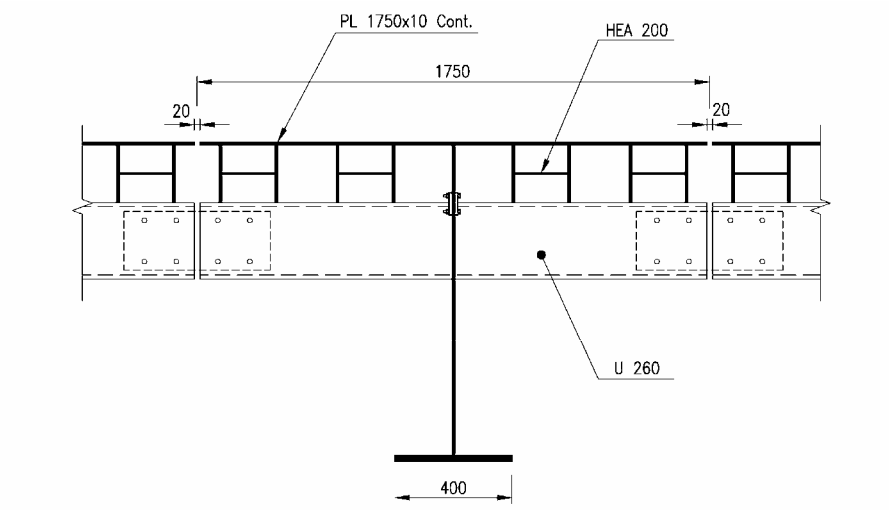
در ادامه این فصل به معرفی عناصر عرشه در طرح، وضعیت فعلی این عناصر که از برداشت های میدانی بدست آمده اند، و ارزیابی آنها تحت شرایط بهره برداری می پردازیم. برای این منظور پل باید تحت بارهای بهره برداری تحلیل شود و سپس بر اساس نتایج بدست آمده می‌توان وضعیت عناصر سازه‌ای را مورد ارزیابی قرار داد. در سازه‌های فولادی آسیب‌دیدگی‌هایی نظیر خوردگی و زنگ‌زدگی فولاد و شکست ناشی از خستگی اعضاء رایج و غالباً مدنظر قرار می گیرند. علاوه بر فرسایش های موضعی مسئله‌ای که اهمیت ارزیابی های سازه‌ای را تشدید می‌کند، موقتی بودن پلهای ارتوتروپیک تهران در زمان اجرا و طراحی آنها بر اساس آئین نامه‌های رایج در حدود ۳۵ سال پیش می‌باشد.

ارزیابی‌ها شامل بازرسی‌های چشمی است که در آن تنها آسیب‌هایی که با چشم غیر مسلح قابل مشاهده بوده است، ثبت شده اند. برای ارزیابی در سطوح بالاتر و همچنین بررسی وجود ترکهای ناشی از خستگی لازم است، آزمایش اولتراسونیک به صورت گسترده ای بر روی پل انجام گردد.

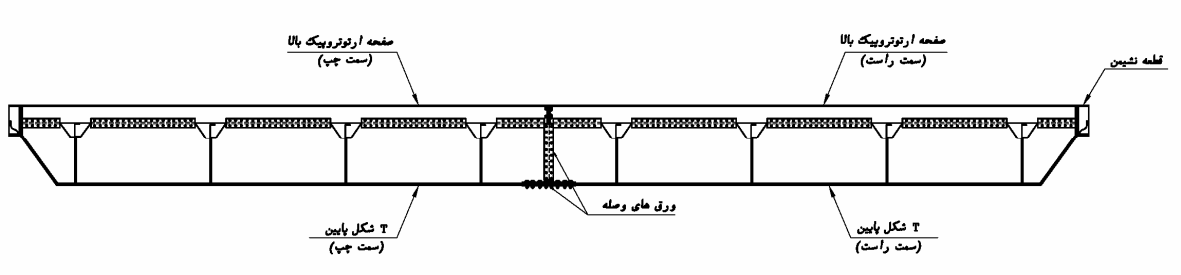
روش‌هایی که در بخش (۴-۱۰) برای ارزیابی مطرح شده است می‌تواند دامنه این کنترل‌ها را به میزان قابل توجهی کاهش دهد.

٤-١- مشخصات عرشه ها

عرشه پل مورد نظر شامل شش تیر I شکل با بال فوقانی عریض و تقویت شده به صورت ارتوتروپیک می‌باشد. این بال با بخشی از جان یکپارچه ساخته شده است. بال زیرین به همراه بخش عمده جان به صورت مقطع T معکوس ساخته شده که با وصله پیچی به هم متصل می‌گردند تا مقطع اصلی اجزای عرشه را تشکیل دهند. عرض بال فوقانی حدود ۱/۷۵ متر است که در مجموع از قرارگیری ۶ تیر در مجاورت یکدیگر عرض کل پل برابر ۱۰/۵ متر می‌شود. در زیر ورق بال تقویت های طولی HEA 200 مطابق شکل ۴-۱ قرار دارد. در زیر تقویت ها در فواصل سه متری و برای متصل نمودن و یکپارچه کردن تیرها یک ناودانیU260 قرار گرفته است که با جوش نفوذی به HEA 200 متصل شده‌اند. تیرهای عرضی در محل درزهای طولی تیرهای ارتوتروپیک با اتصال پیچی بهم بسته شده‌اند. هر تیر عرشه مشتمل بر چهار قطعه ۱۲ متری اصلی است که با اتصالات پیچی به یکدیگر متصل می شوند. این قطعات در شکل ۴-۲ نمایش داده شده اند.



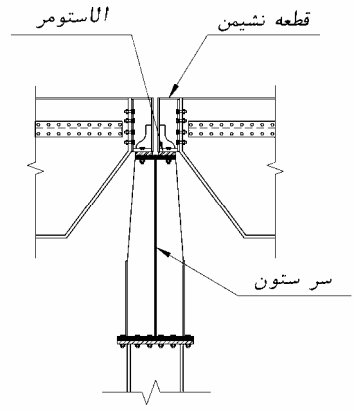
شکل ٤-١- مقطع تیپ تیرهای عرشه



شکل ٤-٢- نمای یک تیر تیپ و قطعات تشکیل دهندهٔ آن

دهانه های پل ۲۴ متر می‌باشند در محل تکیه گاه نیز یک قطعه سپری شکل به انتهای تیر متصل و سپس روی سر ستون قـرار گرفته است. در زیر این قطعه اتصال تکیه‌گاهی یک مطابق شکل ۴-۳ قرار دارد.

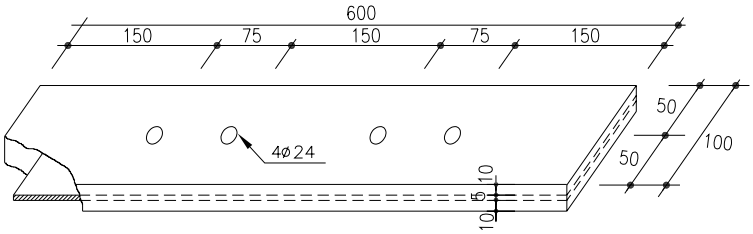
بر اساس شواهد موجود فولاد مصرفی در طرح ST – 52 می باشدو پیچها و مهره های مصرفی H.V.10.9 هستند. صحت این اطلاعات با نمونه برداری و آزمونهای شناسایی در هر پل در چند دهانه باید مورد کنترل قرار گیرد.



شکل ٤-٣- جزییات تکیه گاهی تیرهای پل

٤-٢- سیستم تکیه گاهی عرشه ها

تکیه گاههای عرشه شامل نئوپرنهایی به ابعاد ۱۰×۶۰ سانتی متر مربع با ضخامت ۲/۵ سانتی‌متر شامل ۲ لایه ۱۰ میلیمتری الاستومر و ورق تقویت ۵ میلیمتری مطابق شکل ۴-۴ می باشند. شاهتیرها روی نئوپرن قرار می‌گیرند به با ورقه‌های فیلر تراز می شوند سپس توسط دو پیچ و دو شاخک برشی بر روی سر ستون تثبیت شده و به آن متصل می شوند. اتصال به گونه‌ای ساخته شده تا تکیه‌گاه یک سمت مفصلی و سمت دیگر غلطکی عمل نماید (سوراخ‌های شاخک‌ها و پیچ‌ها در یک سمت لوبیایی هستند). از آنجائیکه به نظر می‌رسد که نئوپرنهای کار گذاشته شده از استاندارد فنی و کیفیت مصالح خوبی برخوردار نمی‌باشند. در بخش ۴-۴ به ارزیابی دقیق‌تر این اجزا می پردازیم.



شکل ٤-٤- ابعاد و اندازه بالشتک های الاستومری تکیه گاهی

٤-٣- بررسی وضعیت عرشه

وضعیت عرشه پل دقیقاً در بازدیدهای میدانی مورد ارزیابی چشمی قرار گرفته و نتایج آن در چک لیست هایی که به همین منظور تهیه شده بودند ثبت گردیده است.

موارد بررسی شده در بازرسی شامل شل شدن و افتادن پیچهای اتصالات ، آسیب‌دیدگی ناشی از تصادف و زنگ‌زدگی و خوردگی اجزای عرشه می‌باشد. در پیوست شماره ۱۳ این گزارش چک لیست های برداشت عرشه ارائه شده است.

از جمله آسیب‌ها و عیبهای رایج مشاهده شده در این پل می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- افتادن تعدادی از پیچهای وصله میانی و تعویض تعدادی از پیچهای پل در تعمیرات قبلی با پیچهای غیر استاندارد.
- به علت آب بند نبودن درزهای طولی و عرضی قطعات در برخی از مناطق اثرات زنگ‌زدگی و خوردگی به چشم می‌خورد و بخصوص ورقه‌های وصله تیرهای عرضی (ناودانی‌ها) و اتصالات انتهایی در برخی موارد پوسیده و به شدت خورده شده اند.

لازم بتذکر است مواردی نظیر ترکهای خستگی که در محل اتصالات یا بریدگی های جان خصوصاً وقتی بال بالا با کشش مواجه می گردد، در این بررسی ها قابل شناسایی نیستند و برای شناسایی آنها باید بررسی ها و آزمون های جداگانه ای تدارک نمود.

٤-٤- بررسی وضعیت تکیه گاهها

شاهتیرها به واسطه الاستومر لایه لایه بر روی سرستونهای فلزی تکیه دارند و برای جلوگیری از افتادن شاهتیر در اثر نیروهای طولی ناشی از شیب طولی، ترمز و نیروی زلزله هر تیر با دو شاخک به همراه ۲ پیچ به سر ستون مقید شده است.

الاستومرهای تکیه گاهی نوعی لاستیک طبیعی یا مصنوعی هستند که برخلاف دیگر لاستیکها خواص آن در طول زمان تا حدود زیاد پایدار می‌ماند و خاصیت عمومی الاستومرها تحمل تغییرشکلهای بزرگ و برگشت پذیر بودن بدون بروز خرابی است.

استفاده از این مواد را در تکیه‌گاههای پلها رواج بخشیده است. در تکیه‌گاههای الاستومری با فشرده شدن و تحت برش قرار گرفتن لایه‌ها، امکان حرکت و چرخش فراهم می‌گردد.

تکیه گاههای الاستومری به دو صورت مسلح و غیر مسلح ساخته می‌شوند. هدف از مسلح ساختن الاستومرها بالا بردن تنش مجاز فشاری و کاهش تغییر شکلهای قائم و فشردگی این تکیه‌گاه‌هاست. مسلح ساختن الاستومرها به وسیله چند ورق فولادی که به موازات سطح تماس تکیه‌گاه هستند و در بین دو لایه الاستومر قرار گرفته، انجام می‌گردد.

با وارد شدن فشار بر تکیه‌گاه، کناره‌های الاستومر بشکه‌ای شده، در راستای اثر بار تکیه‌گاه فشرده می‌شود. با مسلح ساختن الاستومر به وسیله صفحات فولادی که کاملاً به آن چسبیده‌اند از بشکه‌ای شدن کناره‌ها در محل اتصال به صفحه جلوگیری به عمل می‌آید. به این ترتیب تغییر شکل تکیه‌گاه و فشردگی آن کاهش یافته، مقاومت آن افزایش می‌یابد. در هر حال مقداری فشردگی برای تحمل چرخش تکیه گاهی مورد نیاز می باشد.

آنچه باعث تغییر شکل برشی یک تکیه‌گاه الاستومری می‌گردد. وجود نیروهای افقی است. نیروی برشی به وسیله اصطکاک بین سطوح تماس انتقال می‌یابد. اگر فشار وارد بر تکیه‌گاه به مقداری نباشد که نیروی اصطکاک لازم را فعال سازد، در اثر تغییر مکان‌های سازه سطوح تماس بر روی هم می‌لغزند و تغییر شکل برشی رخ نمی‌افتد

خواص مورد انتظار از الاستومر یک تکیه‌گاه را می‌توان به دو گروه تقسیم کرد: گروه اول، خواص فیزیکی مانند اثر پیری، هوازدگی، ازن، اشعه ماوراء بنفش، مقاومت در برابر مواد نفتی و اثر درجه حرارتهای زیاد یا کم می‌باشد. گروه دوم از خواص مکانیکی مانند سختی دورومتر، مقاومت کششی، تغییر شکل نسبی در هنگام گسیختگی و فشردگی در اثر نیروی فشاری تشکیل می‌شود.

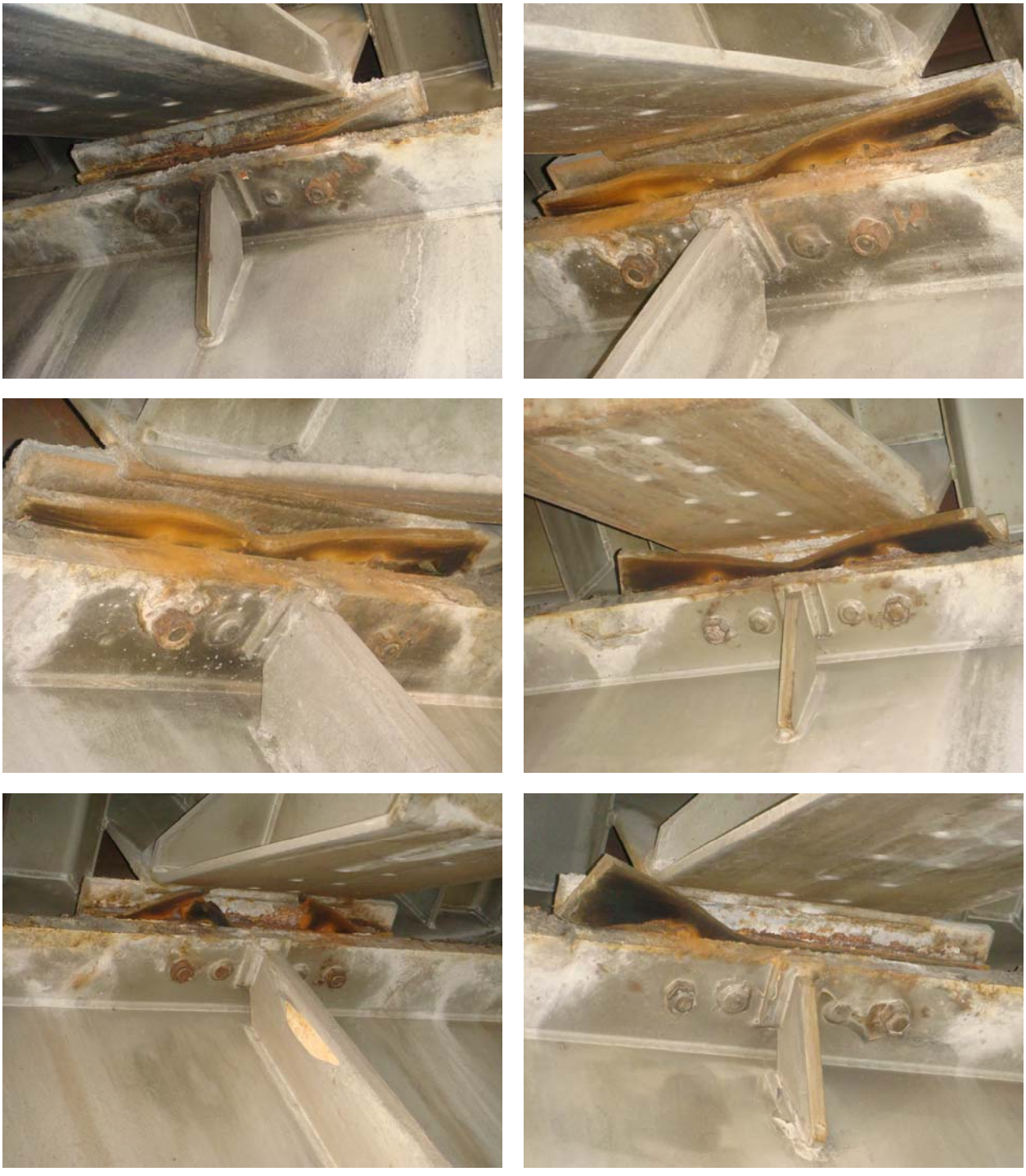
ابعاد تکیه گاه های الاستومر به نحوی انتخاب شده اند که جوابگوی چرخش انتهایی دهانه ساده ۲۴ متر و تغییرمکانهای حرارتی این دهانه باشند. محاسبات مربوطه در پیوست شماره ۱۴ ارایه گردیده است.

برای بررسی میدانی الاستومرهای تکیه‌گاهی شاهتیرها چک لیستی تهیه شده است و نوع آسیب‌های محتمل در هر الاستومر و سیستم مهار آن بر اساس تعداد تیرهای قرارگرفته بر روی یک سر ستون ارائه شده و در صورت مشاهده آسیب پیش‌بینی شده نوع و شدت آن ثبت گردیده است. از جمله آسیب‌دیدگی‌های رخ داده در تکیه گاه ها عبارتند از:

- جابجایی طولی الاستومر
- جابجایی عرضی الاستومر
- له شدن الاستومر تحت فشار
- له شدن الاستومر تحت برش
- رنگ شدن الاستومرها که روی خواص آن تأثیر منفی می‌گذارد
- خرابی شاخک‌های نشیمن
- فیلرگذاری نامناسب

نمونه های از این آسیب در شکل ۴-۵ به نمایش درآمده اند. در میان آسیب های فوق له شدگی تکیه گاه ها در فشار بیشترین دفعات تکرار را به خود اختصاص داده است که معرف خطا در طراحی و انتخاب جزئیات این تکیه‌گاه‌ها می باشد. اصولاً به کارگیری یک ورق فولادی در الاستومرها یک خط آشکار و دلیل لهیدگی‌های مشاهده شده تحت بارهای فشاری می‌باشد. مستندات مربوط به این خطای طراحی در کنترل‌های پیوست ۱۴ ارایه شده است. با عنایت به اینکه پل‌ها بصورت موقت تنها برای بهره‌برداری در دوره ۵

تا ۶ ساله ساخته شده اند حدس زده می‌شود که در طراحی و بکارگیری تکیه‌گاه‌های الاستومریک مصرفی کیفیت و استاندارد مناسبی رعایت نشده و این موضوع باعث افزایش ضریب ضربه و افزایش لرزش‌ها و پایین آمدن عمر خستگی شاهتیرها می‌شود. لذا با توجه به وضعیت بسیار نامناسب و پاره شدن اکثریت تکیه‌گاه‌ها لازم است تکیه‌گاه‌های فوق الذکر با توجه به وضعیت ترافیکی پل براساس معیارهای فنی طراحی و با محصولات استاندارد جایگزین شوند. در بخش ۴-۹ به طور خاص به این بحث پرداخته می‌شود.



شکل ٤-٥- نمونه هایی از آسیب های نئوپرنها

٤-٥- ارزیابی سازه‌ای عرشه

طراحی اولیه پلهای ارتوتروپیک شهر تهران آئین‌نامه بارگذاری و طراحی پلهای آلمان در آن زمان (DIN 1072-1973) مورد استفاده قرار گرفته است. بارگذاری مورد استفاده برای هر خط عبورعبارت است از یک کامیون تیپ به وزن ۳۰۰ کیلو نیوتن بهمراه بار گسترده ۱۵ کیلو نیوتن بر متر طول خط عبور می باشد. بار گسترده بصورت پیوسته یا ناپیوسته و به طولهای لازم که بحرانی‌ترنی اثر را تولید کند، بر روی عرشه قرار داده می‌شود. ضریب ضربه مورد استفاده برابر $\delta = 1.4 - 0.008L$ است که در این رابطه L طول دهانه می‌باشد.

به منظور ارزیابی سازه پلها از آئین‌نامه بارگذاری پلهای ایران نشریه ۱۳۹ تجدید نظر ۱۳۷۹ استفاده می‌گردد. در حال حاضر آئین- نامه فوق حاکم بر طراحی تمام پلهای شهری و بین شهری کشور می‌باشد و پلیس راهنمایی و رانندگی موظف است کنترلهای لازم را برای عدم تجاوز بار وسایل نقلیه نسبت به آئین‌نامه فوق برنامه‌ریزی نماید و پلهای موجود باید برای ارضا و شرایط این استاندارد کنترل و در صورت نیاز مقاوم سازی شوند. در این آئین‌نامه سه نوع بارگذاری ترافیکی برای طراحی و کنترل پلها ضروری در نظر گرفته شده است.

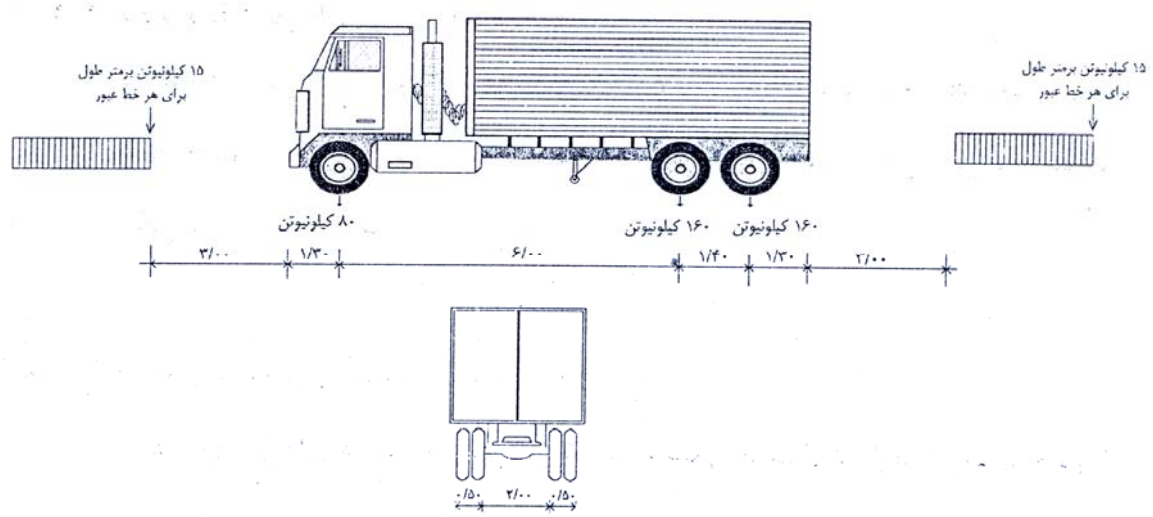
الف) بارهای عادی که معرف اثر محورهای سنگین، اثر قطار کامیونها و وسایل نقلیه معمولی است. این بار برای هر خط عبور به عرض حداقل ۳ متر، مطابق شکل ۴-۶- الف می‌باشد. نحوه استقرار بارها در عرض پل در شکل ۴-۶- ب نمایش داده شده است. ضریب ضربه کامیون تیپ و بار گسترده همراه آن برای دهانه ۲۴ متر مطابق آیین نامه به ترتیب زیر محاسبه می گردد:

$$\delta = 1.3 - 0.005L \rightarrow \delta = 1.3 - 0.005 \times 24 = 1.18$$

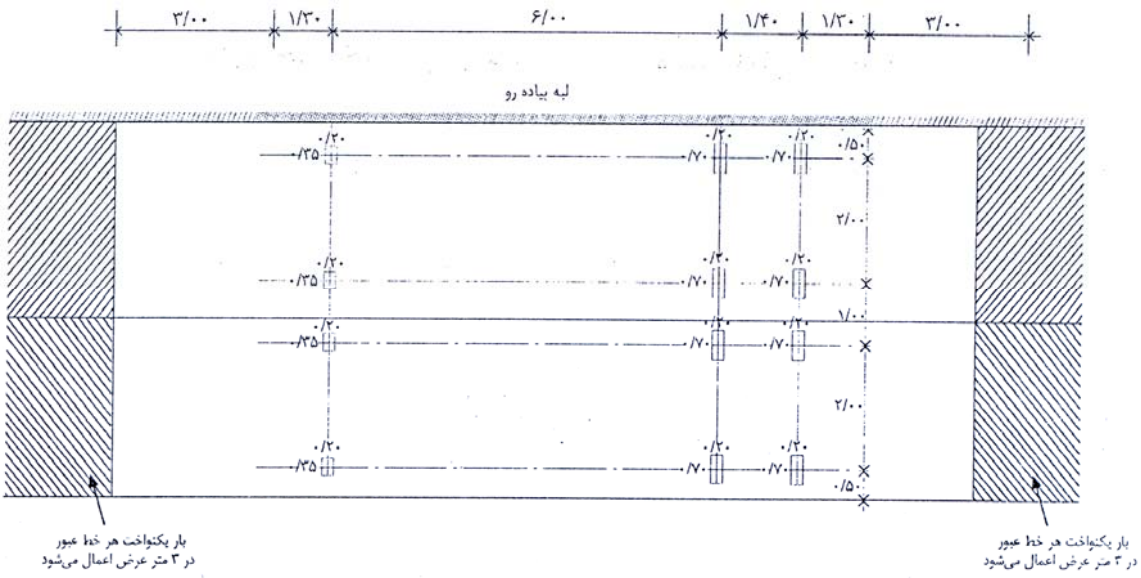
L: طول دهانه پل

ب) بار متمرکز، که بار معادل ۸۰ کیلو نیوتن است که بر روی مربعی به ابعاد ۳۰ سانتی‌متر روی سطح سواره اثر داده می‌شود و موقعیت آن متغیر می‌باشد. این بار برای کنترل های موضعی عرشه مطرح شده است و تأثیری بر عملکرد کلی پل ندارد. لذا در بررسی های حاضر براساس شواهد موجود که آسیبی در سطح عرشه مشاهده نمی گردد از آن صرف نظر می کنیم.

ج) بار فوق‌العاده نظامی که متشکل از یک تانک نظامی به وزن ۷۰ تن که مطابق شکل ۴-۷ به سطح استقرار می‌یابد و یا یک تریلی تانک‌بر تشکیل شده است.با توجه به طول دهانه، تریلی تانک‌بر در این طرح نیاز به کنترل ندارد.

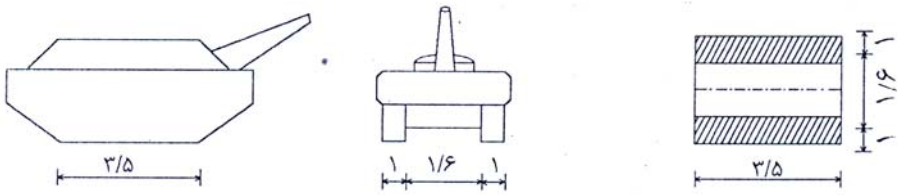


الف) مشخصات کامیون تیپ و بار گسترده معادل



ب) جایگیری کامیون های تیپ و بار گسترده معادل در عرض پل

شکل ٤-٦- بارگذاری نوع اول آیین نامه ۱۳۹



شکل ٤-۷- بارگذاری تانک

٤-٦- ارزیابی سازه ای شاه‌تیرها

شاه تیرهای عرشه به دلیل ضعف‌های تیرهای عرضی و نوع وصله آنها هر یک به تنهایی می‌بایست بارهای سرویس وارد بر سطح عرشه مربوط به خود را تحمل نمایند. این بارها برای هر تیر شامل بارهای مرده معادل ۳۵۰ کیلوگرم بر متر مربع و بارهای زنده معادل بار کامل محورهای یک کامیون تیپ ۴۰ تن با فواصل طولی مندرج در شکل ۴-۶ و ۵۸ در صد بارهای گسترده معادل برای یک خط عبور می باشد. جزییات بارگذاری فوق در پیوست ۱۶ این گزارش محاسبه و ارایه گردیده است. بر روی این بارها ضریب ضربه ۱/۱۸ اعمال می گردد.

در مقایسه به عمل آمده بارگذاری کامیون تیپ در شاه تیرهای عرشه نسبت به بارگذاری های ارتشی تعیین کننده می باشد. پوش های لنگرهای خمشی و نیروهای برشی و تغییر شکلهای بار زنده ناشی از این بارگذاری در پیوست ۱۶ درج گردیده است.

محاسبات کنترلی براساس مشخصات هندسی اولیه پلها که در آن اثرات سایش ها، خوردگی های موضعی و خستگی درنظر گرفته نشده اند، به عمل آمده است. نتایج این محاسبات و مقایسه های انجام شده با مقادیر مجاز آیین نامه آشتو ۱۹۹۶ برای اجزای اصلی در جدول ۴-۱ به نمایش در آمده اند.

جدول ٤-١- کنترل شاه تیرها در وضع اولیه

موضوع کنترل	مقدار محاسبه شده	مقدار مجاز آیین نامه	نتیجه گیری
تنش خمشی در بال فوقانی	1046.8	1980 Kg/cm^2	ظرفیت کافی دارد
تنش خمشی در بال تحتانی	2758.6 Kg/cm^2	1980 Kg/cm^2	۴۰ ٪ اضافه تنش
تنش برشی در جان	1432 Kg/cm^2	1200	۲۰٪ اضافه تنش
تغییر شکل تحت بار زنده	8.5 cm	3.0 cm	۱۸۳٪ فزونی نسبت به مقدار مجاز

در مورد اجزای فرعی نظیر جوش های اتصال بال به جان، اتصال پیچی بخش فوقانی به تحتانی جان، و اتصال وصله پیچی در وسط دهانه نیز در پیوست شماره ۱۶ کنترل شده اند که نتایج رضایت بخشی ارزیابی می گردد. لازم به تذکر است در این محاسبات خستگی و خوردگی درنظر گرفته نشده‌اند، چه بسا یک کنترل دقیق دقیق براساس خستگی نشاندهنده ضعف های بیشتری نسبت به جدول ۴-۱ در مورد بال پایین و برش باشد. این کنترل به صورت مقدماتی در بخش ۱۰-۴ انجام شده و راه‌کارهای اجرائی برای ارزیابی دقیق مسئله خستگی در پیوست ۲۱ ارائه گردیده است.

در هر صورت شاه تیرهای عرشه در وضعیت مطلوب اولیه خود برای بارگذاری نشریه ۱۳۹ هم از نظر مقاومت خمشی و هم از نظر تغییرشکل و لرزش به شدت ضعیف و خطرناک ارزیابی می گردند به نحوی که هر لحظه ممکن است یک ضعف اجرایی یا اثرات ضربه ای بیش از آنچه در آیین نامه پیش بینی شده یا عبور بارهای افزون بر استاندارد از روی پل موجب فرا رفتن از ضرایب اطمینان و خرابی پل گردد.

٤-٧- رهیافت‌های جبرانی ضعف های عرشه

همانطوری که در بخش قبل بیان شد، سیستم سازه‌ای عرشه (شاهتیرها و تیرهای عرضی) بر اساس بارگذاری آئین‌نامه پلهای راه ایران- نشریه۱۳۹ و تنشها و تغییرشکلهای مجاز آشتو ۱۹۹۶ ضعیف ارزیابی شده‌اند و نیاز به بهسازی و تقویت دارند. مسئله مهم دیگر ارتعاش و لرزش بیش از حد این پلهاست که موجب افزایش امکان خستگی در بال کششی شاهتیرهاست. در محل حداکثر لنگر خمشی قطعات شاهتیرها با اتصال پیچی به هم وصله شده‌اند. در بازدیدهای میدانی از سطح زمین آسیبی در این اتصالات مشاهده نشد ولی ارزیابی امکان خستگی در این جزئیات نیاز به مطالعات دقیق‌تر از نزدیک به همراه آزمون‌های غیرمخرب دارد.

برای بهبود وضعیت شاهتیرها و جبران ضعف خمشی و همچنین کاهش خیز و میزان ارتعاشات پل که امکان خستگی را نیز کاهش دهد پیشنهاد می‌گردد که تیرهای عرضی موجود که با اتصالات مفصلی خود تنها نقش مهار عرضی عرشه را دارا می‌باشند مطابق جزئیات ارائه شده در پیوست ۱۹ تبدیل به یک دیافراگم خرپایی شوند تا بتوانند، بارهای ترافیکی عرشه را بین شاهتیرها توزیع عرضی نماید. با ایجاد دیافراگم جدید بارها روی همه شاهتیرها توزیع می‌گردد و موجب کاهش تنش‌ها و تغییرشکلهای پل خواهد گردید. با فرض ایجاد دیافراگم های عرضی با سختی کافی در پیوست شماره ۱۷ عرشه پل به صورت یک شبکه مسطح مدلسازی و بارگذاری شده و پوش تلاشها و تغییر شکلهای به دست آمده اند. در جدول شماره ۴-۲ تأثیر این تدبیر طراحی بر حداکثر تنش های خمشی و برشی و تغییرشکلهای پل به نمایش در آمده است.

جدول ٤-۲- کنترل شاه تیرها پس از ایجاد دیافراگم های عرضی

موضوع کنترل	مقدار محاسبه شده	مقدار مجاز آیین نامه	نتیجه گیری
تنش خمشی در بال فوقانی	748	1980 Kg/cm2	ظرفیت کافی است
تنش خمشی در بال تحتانی	1971 Kg/cm2	1980 Kg/cm2	ظرفیت کافی است
تنش برشی در جان	1013.04 Kg/cm2	1200	ظرفیت کافی است
تغییر شکل تحت بار زنده	5.5 cm	3.0 cm	۸۳٪ فزونی نسبت به مقدار مجاز

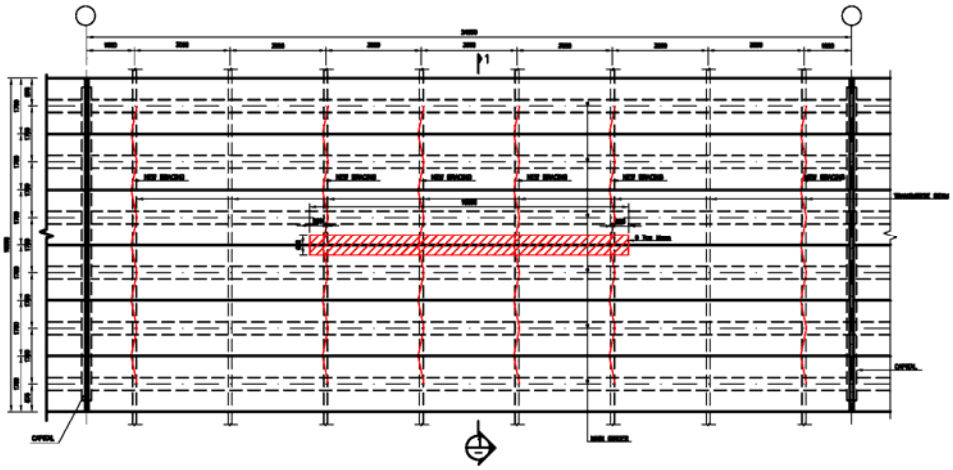
بنابراین ایجاد دیافراگم عرضی در کاهش تنش ها و تغییر شکلها مؤثر بوده ولی تغییرشکلهای پل هنوز از مقدار مجاز آن فراتر می روند. شکل ۴-۸ آرایش دیافراگم های عرضی و اجزای ان را به نقل از پیوست ۱۷ به نمایش می گذارد.

٤-٨- تغییر شکل ها و لرزش های مجاز عرشه

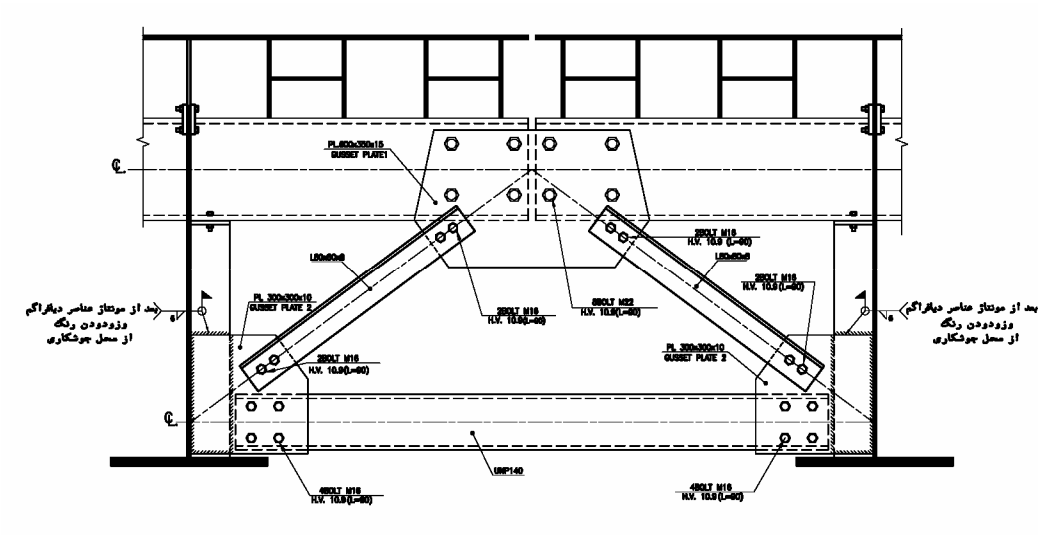
از دهه های گذشته آئین نامه های طراحی پل ضوابطی برای محدود ساختن تغییر مکانهای عرشه تحت بارهای زنده معرفی نموده اند. این ضوابط در آخرین ویرایش های استاندارد پلسازی آمریکا (آشتو) به شرح زیر می باشد.

- حداکثر تغییر شکل مجاز بار زنده برای پلهای خارج شهر و راههای شهری بدون پیاده رو $\frac{۱}{۸۰۰}$ طول دهانه
- حداکثر تغییر شکل مجاز بار زنده برای راههای شهری با پیاده رو $\frac{۱}{۱۰۰۰}$ طول دهانه

وضع محدودیت تغییر شکل به عنوان یک معیار مستقل در طراحی پلها خصوصاً برای پلهای فولادی ساخته شده از فولاد پر مقاومت یک موضوع بحث و اختلاف بوده است[1].



شکل ٤-٨- الف- جانمایی دیافراگم عرضی در یک دهانه پل



شکل ٤-٨- ب- جزییات دیافراگم عرضی بین دو شاهتیر

آنچه مسلم است معیار تغییر شکل معیار مناسبی برای کنترل عملکرد پلها در هنگام بهره برداری نمی باشد و به عنوان جایگزین برای کنترل لرزش پل تحت بار زنده وارد آئین نامه های طراحی گردیده است.

بنا براین آئین نامه آشتو LRFD 2006 بیان می دارد در صورتیکه بر اساس یک روش منطقی از طریق تحلیل یا تجربه اثبات شود لرزشهای پل از حدود آزار دهنده برای کاربران پل تجاوز نمی‌کند امکان کنار گذاشتن معیار تغییر شکل وجود خواهد داشت[1].

[1] . NCHRP Web Document 46، Improved Live Load Deflection Criteria for Steel Bridge ، November 2000.

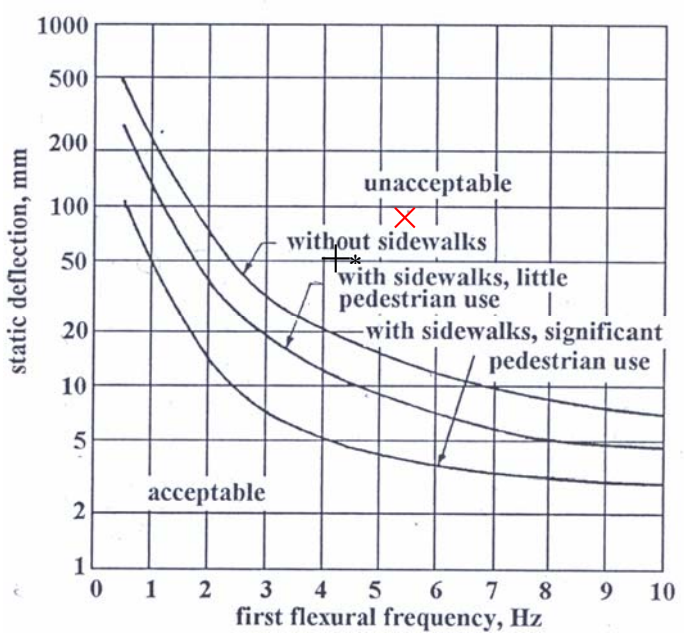
برای اتخاذ یک روش منطقی جهت بررسی لرزش پل و اثرات آن بر کاربران توصیه های طراحی مختلفی ارائه شده ولی روش پیشنهادی آئین نامه اونتاریو (استاندارد کانادا) که مورد تائید آشتو نیز قرار گرفته به عنوان مورد قبول ترین معیار در طراحی پلها توسط طراحان به کارگرفته میشود.

استاندارد کانادا به لرزش پلها به صورت یک مسئله دینامیکی ارتعاشی آزاد می‌نگرد و سعی می نماید با تاثیر گذاری بر پارامترهای موثر در مسئله شامل جرم، سختی و میرایی دامنه ارتعاشات پل را کاهش می‌دهد.

به کارگیری دیافراگم های عرضی توانسته دامنه تغییر مکان را تا حدودی کاهش دهد ولی بر روی خواص دینامیکی عرشه تأثیر نگذاشته است.

افزایش سختی تیرها به معنی تقویت آنها از نظر خمشی می‌باشد و با جواب‌گیری از رهیافت دیافراگم‌های عرضی توجیهی برای تقویت تیرها باقی نمانده است.

تنها پارامترهای قابل تغییر افزایش جرم مرده عرشه، و میرائی تکیه گاهها است. در پیوست شماره ۱۸ راهکارهای کاهش ارتعاشات عرشه پل به تفصیل مورد بررسی قرار گرفته و نشان داده شده است که موثر ترین راه کار اضافه کردن یک وزنه ۶ تنی در وسط دهانه هر پل برای ۶ تیر عرضی است که با دیافراگم به هم دوخته شده اند. میزان افزایش تنشهای ناشی از این بار ثقلی بر محاسبات سازه ای پل بسیار اندک و تاثیر آن بر کاهش لرزش مطابق معیار استاندارد اونتاریو بسیار قابل توجه می باشد. شکل ۴-۹ این تاثیر را به صورت گرافیکی به نمایش می گذارد.



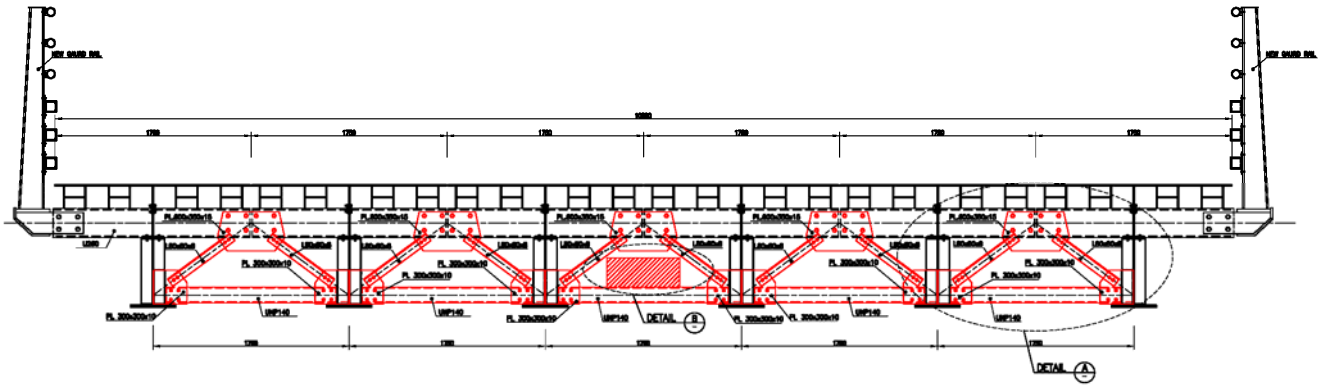
× وضعیت موجود عرشه

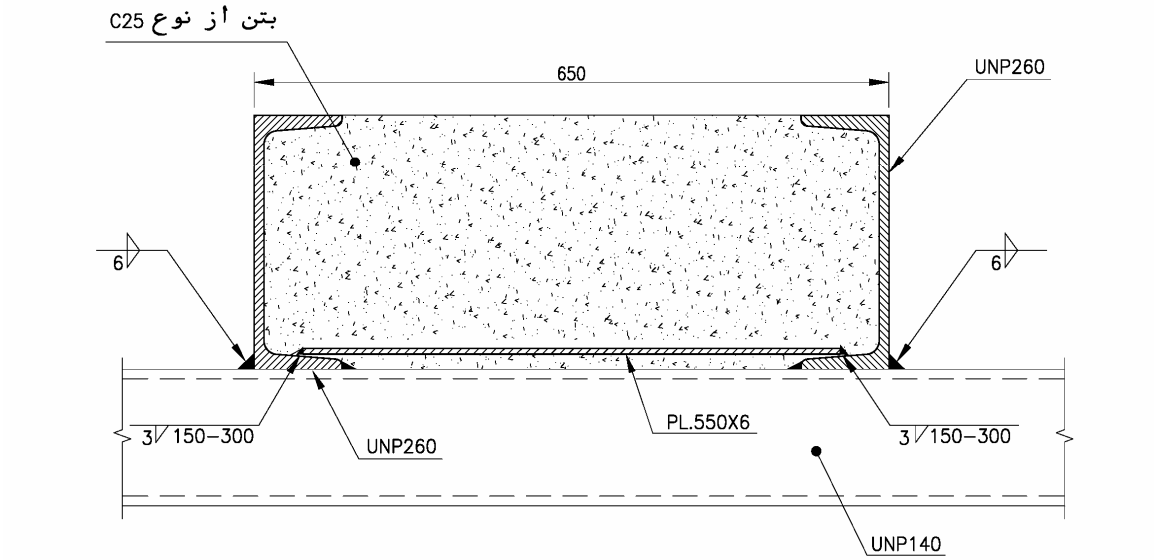
* با اضافه نمودن دیافراگم

+ با اضافه کردن دیافراگم و جرم

شکل ٤-۹- وضعیت ارتعاشی سازه در حالتهای مختلف

شکل ۴-۱۰ کروکی های طراحی اضافه سازی جرم ۶ تنی به هر دهانه از پل را به عنوان راه حل کاهش لرزش های پل به نمایش می گذارد. دستورالعمل اجرای اضافه سازی دیافراگم ها و جرم های اضافی به همراه نقشه های اجرائی و مشخصات فنی آن در پیوست ۱۹ ارائه شده است.

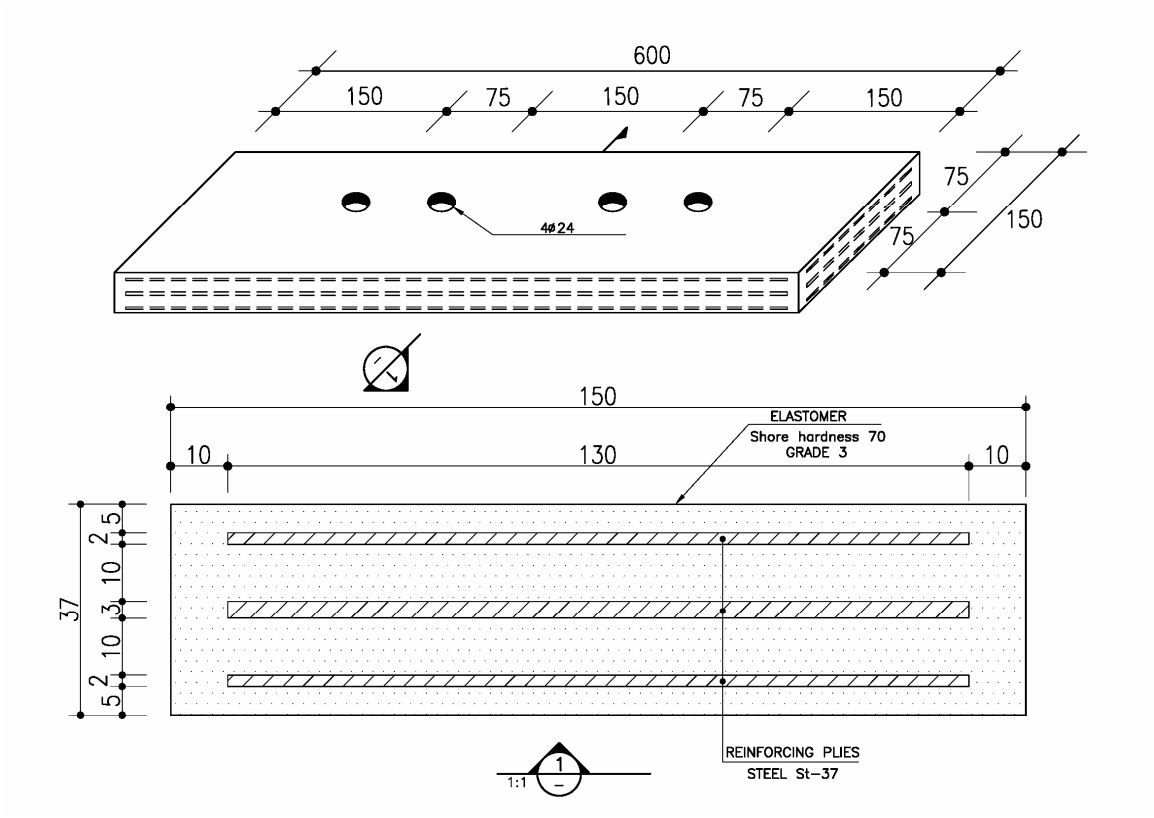




شکل ٤-١٠- جزییات جرم اضافه شده به دیافراگم

٤-٩- تعویض الاستومرهای تکیه‌گاهی

در بخش‌های قبلی در مورد وضعیت نامناسب تکیه‌گاه‌های الاستومری شاهتیرهای پلها بحث گردید و لزوم تعویض آنها بعد از گذشت حدود ۳۰ سال مطرح شد. بر اساس پیوست شماره ۱۴ که اشتباهات طراحی تکیه گاههای موجود، در آن مطرح گردیده است، لازم است یک طراحی جدید با لحاظ مشخصات فنی و دستورات آیین نامه ای برای انواع عوامل مؤثر شامل تغییرات حرارت، ترمز، زلزله و چرخش تکیه گاهی در مورد تکیه گاهها انجام شود. پیوست ۱۴ شرح محاسبات انجام شده برای تعیین مشخصات تکیه گاه های مناسب را ارایه می نماید. مشخصات تکیه گاههای طراحی شده در شکل ۴-۱۱ به نمایش در آمده است. پیوست ۲۰ مشخصات فنی و دستورالعمل تعویض تکیه گاههای عرشه را عرضه می دارد.



شکل ٤-١١- جزییات بالشتک الاستومری جدید

٤-١٠- ارزیابی آزمایشگاهی به منظور تخمین پتانسیل خستگی و پارامترهای رفتاری پل

از جمله مسائل ویژه پلهای فلزی، مسئله خستگی اعضای باربر که در کشش متغیر قرار دارند می‌باشد. تکرار بارگذاری و باربرداری در اعضای سازه‌ای حتی اگر تنش‌ها به مقدار جاری شدن نرسند می‌تواند باعث شکست در مصالح فولادی گردد. به عبارتی از مقاومت یک عضو فولادی تحت اثر نیروهای تکرار شونده کاسته می‌گردد و یک طراح پل می‌بایست این کاهش مقاومت را در طراحی اولیه پل مدنظر قرار دهد و به جای استفاده از تنش‌های مجاز استاتیکی از تنش‌های مجاز خستگی در طرح سازه‌ای عرشه استفاده نماید.

خستگی را اغلب بیماری زمان پیری پل‌ها می‌دانند که در آن سازه، اتصال یا عضو در اثر تکرار بارهایی که به مقدار قابل ملاحظه‌ای از ظرفیت الاستیک آنها کمتر است، دچار شکست می‌گردند. شکست فولاد در اثر خستگی به صورت شکستگی پیش رونده‌ای است که با جابجایی یا لغزش در ساختمان کریستال ماده شروع شده و با پیشروی تدریجی ترک در ماده ادامه پیدا می‌کند. شروع چنین شکستهایی و سرعت گسترش آنها در فولاد سازه‌ای به میزان تنش، نحوه تمرکز تنش‌ها و تعدادی عوامل دیگر بستگی دارد. در ساختمان‌های معمولی غالباً احتیاج به کنترل و طرح اعضا و اتصالات در مقابل خستگی نمی‌باشد زیرا تغییرات و تکرار تنش در چنین ساختمان‌هایی کم بوده و دامنه تغییرات تنش نیز کوچک می‌باشد. وقوع بار باد یا زلزله حداکثر طرح نیز در طول عمر سازه آن قدر زیاد نیست که در مورد آنها محاسبات خستگی انجام گیرد. لیکن در تیرهای حمال جرثقیل و سازه‌هایی که در آنها ماشین‌آلات یا وسایل متحرک نصب می‌گردند و پل‌ها اغلب خستگی کنترل کننده بوده و در طراحی اولیه می‌بایست در نظر گرفته شود. مهمترین عوامل موثر در مقاومت خستگی عبارتند از جنس مصالح، سرعت تکرار بارگذاری، نحوه تغییرات تنش در طول عضو

یا اتصال، تنش‌های پس ماند، اثر ابعاد، هندسه و تاریخچه بارگذاری‌های قبلی بر روی عضو. عاملی که معمولاً بیشترین تمرکز تنش‌ها را ایجاد می‌نماید، هندسه عضو یا اتصال است. اهمیت اثر این عامل با شدت تغییرات در هندسه قسمت مورد نظر تغییر می‌نماید. تغییرات شدید و ناگهانی در هندسه قسمتهای مختلف سازه باعث تمرکز تنش‌ها و پایین آمدن مقاومت خستگی می‌گردد.

وجود هرگونه تبدیل مقطع در ضخامت یا عرض ورق‌های فولادی یا اتصال ورق‌های فولادی به صورت عمود بر ورق اصلی موجبات ایجاد تمرکز تنش را فراهم می‌نماید. از آنجایی که حدود ۳۵ سال از عمر پلهای فلزی تیپ شهر تهران می‌گذرد، انجام یک بررسی همه جانبه و ارزیابی جامع پتانسیل خستگی برای این پل‌ها الزامی به نظر می‌رسد.

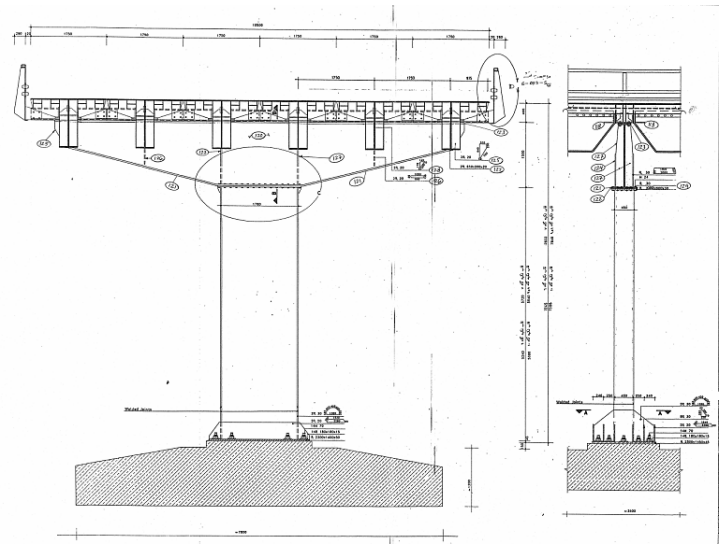
برای این منظور یک سلسله آزمایش و اندازه‌گیری میدانی طراحی شده که شرح آن در پیوست شماره ۲۱ این گزارش ارائه گردیده است. بر اساس ارزیابی‌هایی که بر روی نتایج این آزمایش‌ها انجام می‌پذیرد می‌توان اثرات خستگی را در حال حاضر برآورد نمود و عمر خستگی پل و عمر باقی مانده آن را تخمین زد.

اقدامات بهسازی مندرج در بخش‌های ۴-۷ و ۴-۹ قطعاً بر افزایش عمر خستگی موثر هستند و از طریق آزمایش‌های پیشنهادی میزان این افزایش را نیز می‌توان تخمین زد.

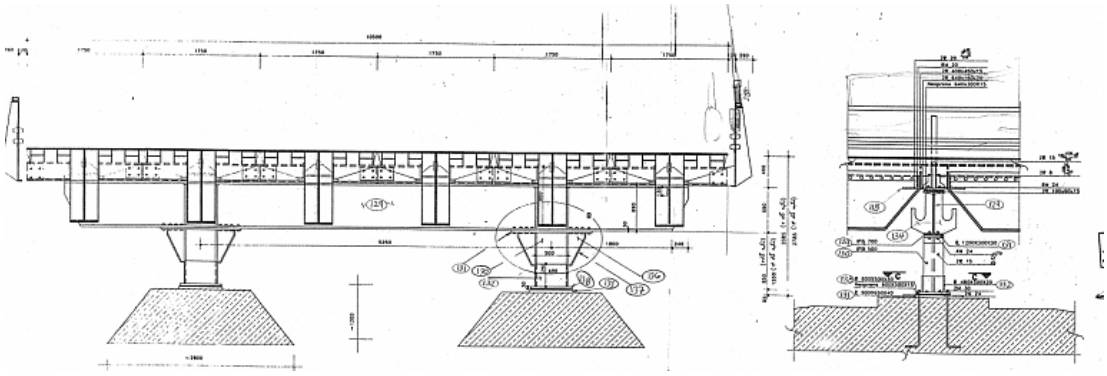
فصل پنجم– ارزیابی سازه پی و پایه‌های پل

۵-۱- مشخصات پایه و سیستم سازه‌ای آنها

پایه‌های پل از نوع فولادی می‌باشند و مقطع استفاده شده در پایه‌ها به صورت جعبه‌ای است. ابعاد این پایه‌ها در راستای طول پل برابر ۴۵ سانتی‌متر و در راستای عرض برابر ۱۷۸ سانتی‌متر می‌باشد. ضخامت ورق‌های استفاده شده در پایه‌ها ۲۰ و ۳۰ میلیمتر می‌باشد. شکل (۵-۱) مقاطع طولی و عرضی پایه را نشان می‌دهد. پایه‌های پل بر روی یک صفحه ستون با ابعاد ۵۰×۱۴۵۰×۲۳۰۰ میلی‌متر قرار گرفته است. اتصال پایه به صفحه ستون از نوع گیردار می‌باشد و سیستم پایداری پایه به صورت طره‌ای عمل می‌کند. اتصال پایه به فونداسیون از طریق 14M70 صورت پذیرفته است. فونداسیون‌های مربوط به پایه‌ها نیز به صورت منفرد با ابعاد ۳/۵×۷/۸۰ متر و با ضخامت متغیر از حدود ۶۰ تا ۱۲۰ سانتی‌متر می‌باشد. لازم به ذکر است پایه‌های محور ۲ و ۱۴ به علت ارتفاع کم از ستون‌ها و تیر IPB500 به شکل قاب پرتال تشکیل شده‌اند که ستون‌ها با فاصله ۵/۲۵ متری از یکدیگر قرار گرفته‌اند. (شکل۵-۲)



شکل۵-۱- نمای طولی و عرضی پایه‌های میانی



شکل ۵-۲- نمای طولی و عرضی پایه محور ۲ و ۳۰

۵-۲- حفاظت پایه‌ها در برابر تصادف

خطر تصادف ماشین‌آلات با پایه‌ها غالباً کم می‌باشد و علت آن وجود یک سکو به ارتفاع حدود ۲۰ سانتی‌متر اطراف پایه‌ها می‌باشد. اما اطراف پایه‌ها و روی سکوها در قسمتهایی از زیر پل به عنوان پارکینگ خودروها مورد استفاده قرار می‌گیرد که هنگام حرکت ماشین‌ها روی سکو احتمال برخورد با پایه‌ها وجود دارد (شکل۵-۳). پایه‌های موجود در طرفین خیابان طالقانی به علت تردد زیاد خودروها و عدم وجود مانع مناسب در معرض شدید خطر تصادف می‌باشند. لذا لازم است تدابیر لازم برای جلوگیری از آسیب ناشی از تصادف در این پایه‌ها اندیشیده شود. میزان آسیب‌پذیری هر یک از پایه‌ها در اثر تصادف در چک لیست‌های مربوطه مشخص گردیده است.

شکل ۵-۳- احتمال برخورد وسایل نقلیه با پایه‌ها

۵-۳- وضعیت پایه‌ها

برای بررسی وضعیت پایه‌ها چک‌لیستی از آسیب‌های مشاهده شده با استفاده از کدگذاری مشخص گردید. سپس متناسب با هر آسیب، کد مربوطه روی پایه مشخص شده است، جدول ۵-۱ نوع آسیب، میزان آسیب و کد مربوطه را نشان می‌دهد. چک‌لیست‌های مربوط به آسیب‌ها و خطراتی که پایه‌ها را تهدید می‌کند در پیوست ۲۳ آمده است.

جدول ۵-۱- ارزیابی آسیب‌های فونداسیون و پایه‌ها

نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب	میزان آسیب	
آسیب‌دیدگی بتن فونداسیون	1	زنگ زدگی پایه‌ها	6	شدید	S
نشست فونداسیون	2	آسیب ناشی از تصادف در پایه‌ها	7	متوسط	M
آسیب‌دیدگی بیس پلیت و جوشهای پای ستون	3	خطر تصادف وسایل نقلیه با پایه	8	کم	F
آسیب‌دیدگی گروت زیر بیس پلیت	4	آسیب‌دیدگی پیچهای اتصال پایه به سر ستون	9		
آسیب‌دیدگی مهره‌ها و بولت‌های پای ستون (زنگ‌زدگی، بی مهره‌گی، شل بودن مهره‌ها)	5	آسیب دیدگی رنگ	10		

به طور کلی در این پل فونداسیون‌ها و بیس‌پلیت‌ها مدفون بوده و قابل بررسی نمی‌باشند. قسمتهای سرپایه نیز بـه علـت اینکـه اخیراً سندبلاست و رنگ‌آمیزی شده‌اند آسیب قابل توجهی ندارند اما اغلب آسیب‌های مربوط به پایه‌ها، آسیب‌دیدگی رنـگ پایـه‌هـا و آسیب‌دیدگی پیچ‌های محل اتصال پایه به سرپایه می‌باشد. محل و میزان هر یک از آسیب‌هـای موجـود در پایـه‌هـا بـه تفکیـک در چک‌لیست‌های مربوطه ارائه گردیده است. به منظور تعمیر و مرمت پایه‌ها خصوصاً پیچ‌های سرپایه دستورالعملی جهت تعویض پیچ‌ها تهیه شده که در پیوست شماره ۲۶ این گزارش آمده است.

۵-٤- ارزیابی سازه‌ای پایه‌ها

همانطوریکه در بخش ارزیابی سازه‌ای عرشه بیان گردید، سازه پل‌های ارتوتروپیک تهران براساس استاندارد DIN1 طراحی شده است و با عنایت به حاکم بودن آئین‌نامه بارگذاری پلها (نشریه ۱۳۹) بر پلهای ایران، بررسی وضعیت سازه‌ای پایه‌هـا تحـت بارهـای ترافیکی و بارهای جانبی نظیر زلزله بر اساس آیین‌نامه فوق کنترل می‌گردد. این کنترل‌ها در پیوست ۲۴ انجام شده و کفایت سازه‌ای پایه‌ها را نشان می‌دهد.

به طور کلی پایه‌های پل ارتوتروپیک به دو دسته پایه میانی و پایه‌های کناری تقسیم‌بندی می‌شوند. پایه‌های میانی از یـک تـک پایه با سرپایه که شاهتیرها بر روی آن تکیه داده تشکیل شده است. پایه‌های انتهایی یا کناری شامل کوله بتنی با دیـوار جـانبی کـه کل دهانه اول پل را مسدود کرده، می‌باشد. در ضمن پایه‌های مجاور کوله دارای سیستم قابی شکل می‌باشند (شکل ۵-۴).

بنابراین با در دست داشتن نقشه‌های چون ساخت، سازه پایه مورد بررسی دقیق‌تر قرار می‌گیرند.

نیروهایی که بر پایه‌های پل اثر می‌کند عبارتند از:

- بار مرده عرشه پل به علاوه پایه
- بار زنده
- اثر ضربه
- نیروی باد (بار باد بر روی وسایل نقلیه، بار باد روی عرشه و بار باد روی پایه)
- نیروهای ناشی از تغییرات درجه حرارت
- نیروهای ناشی از ترمز
- نیروهای ناشی از زلزله

این نیروها در ترکیب بارهای نشریه ۱۳۹ بر پایه‌ها اعمال می‌گردد. ریز محاسبات کنترلی در پیوست ۲۴ آمده است.

۵-۵- ارزیابی پای های کناری (کوله ها)

محل نشیمن تیرها یا کوله ها بدلیل مجاورت در آب های اسیدی، نمک و ضربه حاصل از بارهای ترافیکی و مـرور زمـان دچـار خرابی شده اند. بنا براین اصلاح نشیمن‌ها (کوله ها) اقدام پیشگیرانه و عاجل بنظر می رسد.

بدلیل اینکه پل در مسیر با تردد بسیار زیاد واقع شده است، امکان قطع ترافیک ممکن نمی باشد ضروری است طرح بگونه ای در نظر گرفته شود که امکان اجرای آن در هنگام عبور ترافیک میسر باشد. لذا بر این اساس با ایجاد تکیه‌گاه در فاصله 1.2 متـری لبـه

پل امکان انتقال بارها به تکیه گاه جدید فراهم گردیده است. در شکل ۵-۴ خرابی تکیه گاه محل نشیمن در کوله را نشان داده شده است. در پیوست شماره ۲۵ جزئیات و محاسبات طرح نشیمن جدید به همراه مشخصات فنی ارائه گردیده است.

شکل ۵-٤- آسیب دیدیگی نشیمن تیر در محل کوله

فصل ششم– جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

٦-١- مقدمه

در فصل‌های پیشین این گزارش بر اساس اطلاعات به دست آمده از نقشه‌ها و بازدیدها نیاز پل به تعمیر و مرمت از جهات مختلف مورد بررسی و ارزیابی دقیق قرار گرفت.

برای آن که در برداشت‌های محلی هیچ موضوع با اهمیتی از قلم نیافتد چک‌لیست‌هایی تهیه و کار تکمیل کردن این چک‌لیست‌ها به مهندسان کار آزموده محول گردید.

نتایج برداشت‌ها با استناد به رویه‌های فنی معتبر و استانداردهای پل‌سازی به طور کیفی مورد ارزیابی قرار گرفتند و هر جا لازم بود محاسبات کنترلی به منظور ارزیابی‌های کمی انجام گردید. به جز مشاهدات عینی دقیق، آزمون مخرب یا غیرمخربی بر روی اجزای مشکوک به آسیب‌دیدگی انجام نشده است. لیکن آزمایش‌های متعددی در متن و پیوست‌های گزارش پیش‌بینی یا طراحی شده تا با انجام آن‌ها ارزیابی‌های تکمیلی با اطلاعات بیشتر و در سطوح بالاتر صورت پذیرد. مهم‌ترین این آزمایش‌ها کرنش سنجی است که برای ارزیابی پتانسیل خستگی و اجتناب از خرابی‌های فاجعه آفرین در پیوست ۲۲ پیشنهاد گردیده است.

بر اساس مطالعات انجام شده نیاز پل به تعمیر و مرمت گسترده مشخص گردیده است این تعمیرها و مرمت‌ها هم شامل بخش‌های غیرسازه‌ای نظیر درزها و زهکش‌ها و هم شامل بخش‌های سازه‌ای مثل تیرها و تکیه‌گاه‌ها می‌شوند.

مجموعه دستورالعمل‌ها، مشخصات فنی و نقشه‌ها و کروکی‌های اجرائی مربوط به تعمیر و مرمت پل در پیوست‌های این گزارش معرفی شده و پس از تأیید کارفرمای محترم در جلد دوم این گزارش تحت عنوان «مدارک اجرائی» به همراه برآورد ریالی و برنامه زمانی کار عرضه خواهد گردید، تا به عنوان اسناد منظم به پیمان، مبنای ارائه پیشنهاد مناقصه‌گران و انجام کار پیمانکاران قرار گیرد.

٦-٢- شرح خلاصه عملیات بهسازی

بهسازی آسیب‌های بالقوه یا کشف شده در مطالعات، به تعمیرات و تغییرات نسبتاً گسترده‌ای نیاز دارد. تعمیرات و تغییرات لازم در بخش‌های غیرسازه‌ای پل را می‌توان به شرح زیر فهرست نمود:

- مرمت‌های موضعی روسازی عرشه که در نواحی محدودی دچار آسیب‌دیدگی شده‌اند برای جلوگیری از توسعه این آسیب‌ها به کل روسازی.
- تعویض درزگیرهای طولی و عرضی عرشه که به طور گسترده‌ای آسیب دیده و از آب‌بندی خارج شده‌اند و با ایجاد ضربه و نفوذ آب موجب خسارت به بخش‌های سازه‌ای پل شده‌اند.
- اجرای دال تقریب و جایگزینی درز انبساط انتهایی که شدیداً آسیب دیده و موجب دست‌انداز در ورود و خروج از پل گردیده است.
- تعویض نرده‌های پل که کم مقاومت و کم ارتفاع هستند با نرده‌های مقاوم و استاندارد.
- تعمیر و مرمت نرده‌های فعلی و نرده‌های ترفیع شده به روش غیر اصولی، تا زمان جایگزینی آن‌ها با نرده‌های جدید و استاندارد.

- آماده‌سازی سطح و رنگ‌آمیزی و پوشش مناطقی که نفوذ آب موجب زنگ‌زدگی در سرپایه‌ها و دیافراگم‌ها شده است.
- اجرای رهکش های عرضی در محل پایه ها و زهکش های طولی در قسمتهای بدون شیب پل.

تعمیرات و تغییرات لازم در سازه پل را می‌توان به ترتیب زیر معرفی کرد:

- اجرای دیافراگم‌های عرضی و افزایش نامعینی عرشه به منظور توزیع عرضی بار و کاستن از حساسیت بال پایین در برابر تنش و خستگی همچنین کاهش تغییر شکل‌ها و لرزش پل و جلوگیری از خرابی‌های فاجعه آفرین سازه‌های معین و کمک به آب‌بندی درزها.
- تعویض تکیه‌گاه‌های لاستیکی آسیب دیده با تکیه‌گاه‌های کارآمد که موجب کاهش اثرات ضربه، ناترازی درزها و توزیع مناسب‌تر نیروهای جانبی خواهد گردید.
- اضافه‌سازی وزنه ۶ تنی در وسط هر دهانه در زیر پل به منظور کاهش لرزش‌ها و تغییر شکل‌ها و افزایش عمر خستگی.
- تعویض پیچ‌های آسیب دیده یا غیر استاندارد در عرشه و سرپایه‌ها.
- تعمیر پایه‌ها و کوله‌ها و اجرای کوله جدید برای صرف‌نظر از باربری کوله‌های آسیب دیده موجود و انتقال نقش باربری به کوله‌های جدید.

٦-٣- حجم و هزینه تعمیرات

چنانچه ملاحظه می‌گردد حجم تعمیرات لازم در هر دو بخش سازه‌ای و غیرسازه‌ای زیاد و قابل توجه می‌باشد. عملیات ترمیم و مرمت خصوصاً در محیط‌های شهری بر اساس طبیعت پراکنده، نامشخص و پیچیده خود، وقت‌گیر و پرهزینه هستند. انجام نگرفتن تعمیرات اساسی به صورت منظم نیز موجب شده آسیب‌های ۳۵ ساله بهره‌برداری تجمیع شده، یکباره نیاز به تعمیر مجموعه آن‌ها احساس شود. در صورتی که اگر هر یک از آسیب‌ها در زمان خود مورد توجه قرار می‌گرفت و جهت جبران یا مرمت آن اقدام می‌شد کار تعمیرات اینقدر حجیم و گسترده به نظر نمی‌رسید. در حال حاضر نیز می‌توان با یک الویت سنجی مدبرانه کار تعمیرات را به چند فاز تقسیم‌بندی نمود.

واضح است در صورت به تأخیر انداختن بعضی از تعمیرات حجم کار و هزینه‌های آن موقتاً کاهش می‌یابد لیکن در دراز مدت این روش با سلب امکان استفاده موثر از هماهنگی‌های ترافیکی، همزمانی فعالیت ها و وسایل و امکانات کاری موجب افزایش هزینه‌ها می‌گردد. به علاوه تورم اقتصادی و توسعه آسیب‌ها موجب افزایش هزینه‌ها می‌شوند.

اگرچه تخریب و نوسازی یک بنای شهری به دلایل اجرائی همیشه امکان‌پذیر نمی‌باشد ولی ممکن است این سوأل مطرح شود که آیا تخریب و نوسازی که امکان دستیابی به پلی روزآمد و مدرن را به جای پل قدیمی فراهم می‌سازد به صرفه و صلاح شهر نمی‌باشد؟

پاسخ به این سوال تنها با یک تحلیل دقیق فنی و اقتصادی با در نظر گرفتن محدودیت‌های شهری و هزینه‌های تعمیر و نگهداری آتی قابل ارائه می‌باشد، لیکن معمولاً مخارج تعمیرات اساسی تا ۲۵ درصد قیمت بنا قابل توجیه تلقی می‌گردد و در صورتی که این تعمیرات به ارتقاء کیفیت سازه‌ای یا بهره‌برداری نسبت به سازه اولیه منجر شود هزینه این بهسازی تا سقف ۳۵ یا ۴۰ درصد هزینه‌های نوسازی نیز قابل توجیه است.

در مورد پل‌های فلزی همسان شهر تهران که سازه‌هایی نسبتاً ساده و کم هزینه هستند، اگر امروز تصمیم گرفته شود با سیستم مشابهی سریعاً جایگزین شوند، هزینه‌ای در حدود ۲۰/۰۰۰/۰۰۰ ریال بر مترمربع عرشه قابل تخمین می‌باشد.

بر اساس این تخمین هزینه تعمیرات اساسی به قیمت‌های روز می‌تواند تا ۵/۰۰۰/۰۰۰ ریال برای هر متر مربع عرشه قابل توجیه تلقی گردد و با توجه به افزایش کیفیت که با تعمیرات اساسی در بخش غیرسازه‌ای (بهبود عملکرد نرده‌ها، دال تقریب ...) و در بخش سازه‌ای (توزیع عرضی بارها، کاهش لرزش و تغییر شکل و استفاده از تکیه‌گاه‌های کارآمد) نصیب طرح می‌گردد تا ۸/۰۰۰/۰۰۰ ریال هزینه برای هر متر مربع عرشه نیز قابل توجیه تلقی می‌گردد.

اگرچه برآورد احجام دقیق کار تعمیرات قبل از وارد شدن به عملیات اجرائی ممکن نیست، ولی برآوردهای جلد دوم این گزارش که بر اساس بهترین تخمین‌های ممکن تهیه شده نشان می‌دهند که هزینه انجام تمام تعمیرات و بهسازی‌های مطرح شده در این گزارش در زمینه‌های سازه‌ای و غیرسازه‌ای پل از حدود ۳/۵۰۰/۰۰۰ ریال برای هر مترمربع عرشه تجاوز نخواهد کرد.

این برآورد بر اساس تحلیل بهای کارشناسی با توجه به پراکندگی و کوچکی احجام کار نسبت به عملیات نوسازی و مشکلات کار در محیط شهری انجام شده و بر اساس استعلام قیمت‌های روز از منابع مختلف، تکمیل گردیده است.

تجزیه و تحلیل‌های این گزارش نشان می‌دهد همان‌طور که کارفرمای محترم با قضاوت صحیح و تجربیات گسترده خود در مدیریت شهری به این نتیجه رسیده بودند، تعمیر و مرمت اساسی پل‌های فلزی همسان در شهر تهران از دیدگاه سلامت شهروندان حیاتی، از دیدگاه مدیریت ترافیک شهری ضروری و از دیدگاه اقتصادی تصمیمی کاملاً مناسب و توجیه‌پذیر تلقی می‌گردد. امید است این اقدام گام موثری در نگهداری هوشمندانه سرمایه‌های شهری و ملی باشد.

پیوست ۱
نقشه‌های چون ساخت

• کارفرما:

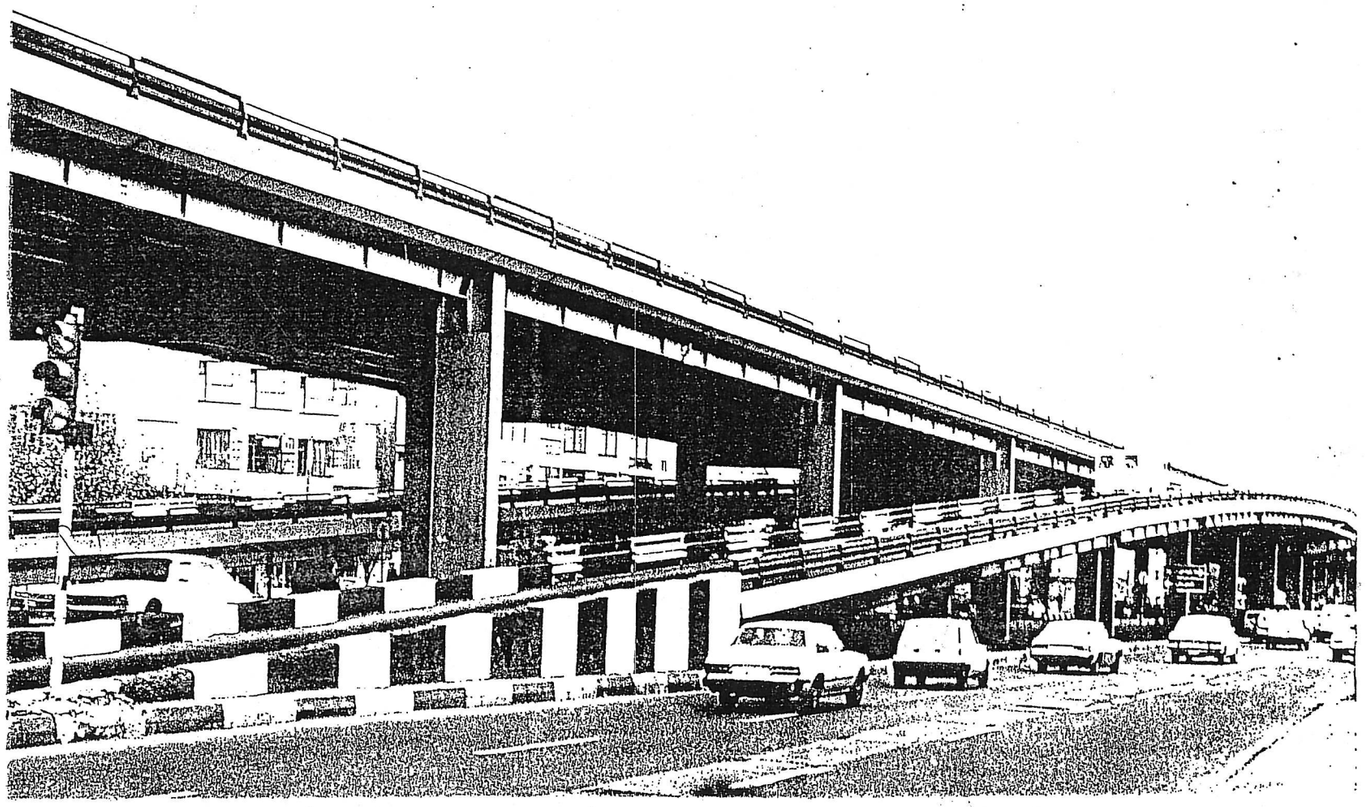
سازمان مشاور فنی و مهندسی شهر تهران

• عنوان پروژه:

طرح تهیه شناسنامه های فنی پلهای هوائی
سواره روی فلزی

• مشاور:

مهندسین مشاور ایمن طرح



پل فلزی سواره روی
حافظ-طالقانی

شرکت سهامی خاص شماره ثبت ۴۹۲۰۶

2446-296-48

پل حافظ - طالقانی

کد پروژه 4700xx1

فهرست نقشه ها :

۱ - پلان و مقطع طولی	S-1
۲ - قاب تکیه گاهی شماره ۱و۲و۳۰و۳۱ (برش عرضی و طولی)	S-2
۳ - قاب تکیه گاهی شماره ۳ (برش عرضی و طولی)	S-3
۴ - قاب تکیه گاهی شماره ۴ (برش عرضی و طولی)	S-4
۵ - قاب تکیه گاهی شماره ۵ (برش عرضی و طولی)	S-5
۶ - قاب تکیه گاهی شماره ۶ (برش عرضی و طولی)	S-6
۷ - قاب تکیه گاهی شماره ۷ (برش عرضی و طولی)	S-7
۸ - قاب تکیه گاهی شماره ۸ (برش عرضی و طولی)	S-8
۹ - قاب تکیه گاهی شماره ۹ (برش عرضی و طولی)	S-9
۱۰ - قاب تکیه گاهی شماره ۱۰ (برش عرضی و طولی)	S-10
۱۱ - قاب تکیه گاهی شماره ۱۱ (برش عرضی و طولی)	S-11
۱۲ - قاب تکیه گاهی شماره ۱۲ (برش عرضی و طولی)	S-12
۱۳ - قاب تکیه گاهی شماره ۱۳ (برش عرضی و طولی)	S-13
۱۴ - قاب تکیه گاهی شماره ۱۴ (برش عرضی و طولی)	S-14
۱۵ - قاب تکیه گاهی شماره ۱۴ (برش عرضی و طولی)	S-15
۱۶ - جزئیات تیپ اتصالات	S-16,S-17
۱۷ - جزئیات تیرهای اصلی طولی	S-18,S-19
۱۸ - برش عرضی تیرهای طولی عرشه	S-20,S-21
۱۹ - پلان معکوس جزئیات قابهای ۸ الی ۱۰	S-22

مشخصات کلی پل فلزی تقاطع حافظ - طالقانی

۱ - طول کل	۷۶۸/۰	متر
۲ - طول کوله ها	۴۸/۰	متر
۳ - طول پل فلزی	۷۲۰/۰	متر
۴ - تعداد دهانه ها	۳۰	عدد
۵ - طول بزرگترین دهانه	۲۸/۵۰	متر
۶ - نوع پایه ها	پایه های تک ستونی کنسولی	
۷ - عرض پل	۱۰/۵۰	متر
۸ - ارتفاع پل از محل تقاطع	۵/۴۳	متر
۹ - تعداد خط عبور	۳ خط	رفت
۱۰ - سطح کل پل	۷۵۶۰/۰	متر مربع
۱۱ - وزن پل	۲۶۷۶۲۴۰	کیلو گرم
۱۲- وزن واحد در هر متر مربع	۳۵۴/۰	کیلو گرم بر متر مربع

۱۳ - بار گذاری پل مطابق آئین تامه Aashto 92 آئین نامهDIN 1072و دستور العمل شماره ۱۱ وزارت راه و ترابری انجام گرفته است.

۱۴ - عرشه پل برای تردد کامیون SLW 30 وHS-20-44 در یک و دو خط عبور محاسبه گردیده و مقاومت آن تامین میباشد.

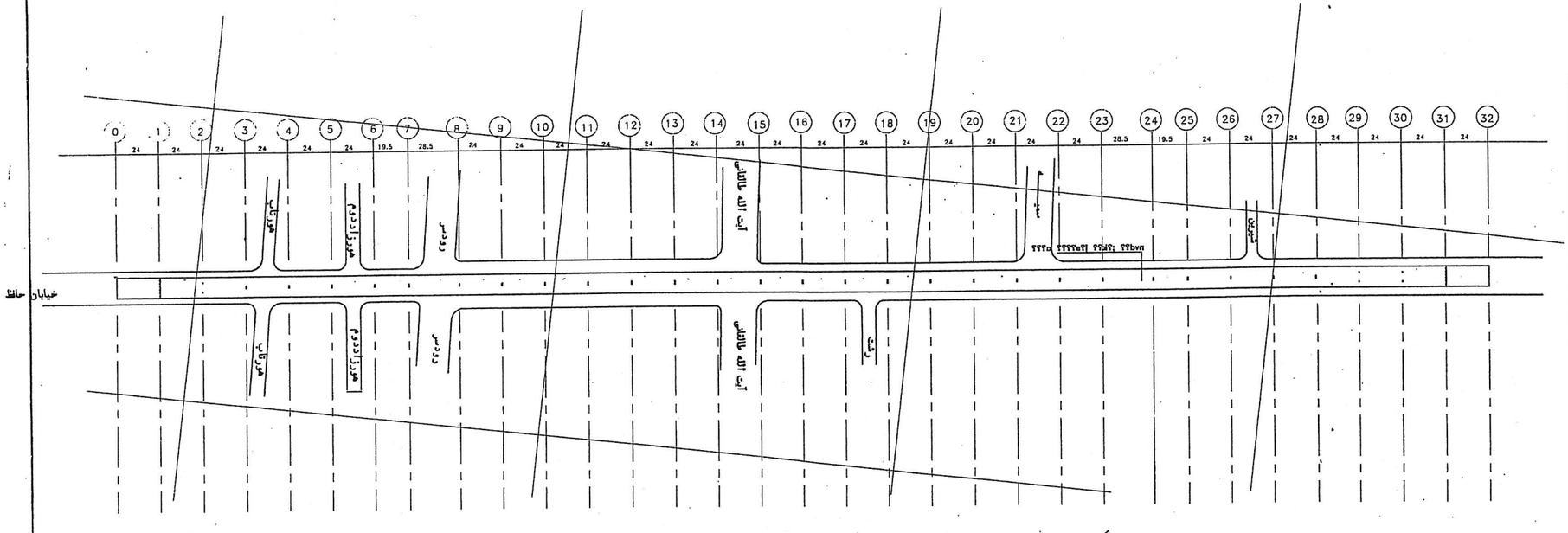
۱۵ - با توجه به محاسبات انجام شده بر اساس بند ۲ - ۱ و تنش های ناشی از آن در اعضا. مختلف استراکچر پل و مقایسه تنش های مزبور با جدول شماره ۳ تنش های مجاز بر اساس DIN 1050 - مبنی بر اینکه تنش های موجود در حد تنش های مجاز فولاد St 52 میباشد ،استنباط می گردد که نوع فولاد مصرفی در پل مذکور از نوع St 52 میباشد که این استنباط نیز در طی آزمایشهای - غیر مخرب بر روی فولاد مصرف شده پل میر داماد - مدرس مورد تائید واقع گردیده است.

۱۶ - مقاومت فشاری بتن در فونداسیونها از نوع B 250 ،۲۵۰ گیلوگرم بر بر سانتیمتر مربع فرض شده است.

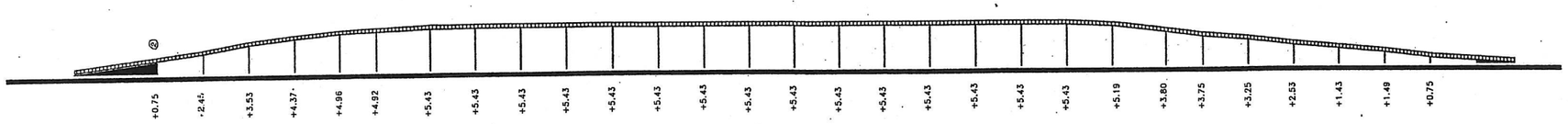
ایمن طرح
مشاوران مهندسین

سازمان مشاور فنی و مهندسی شهرداری تهران

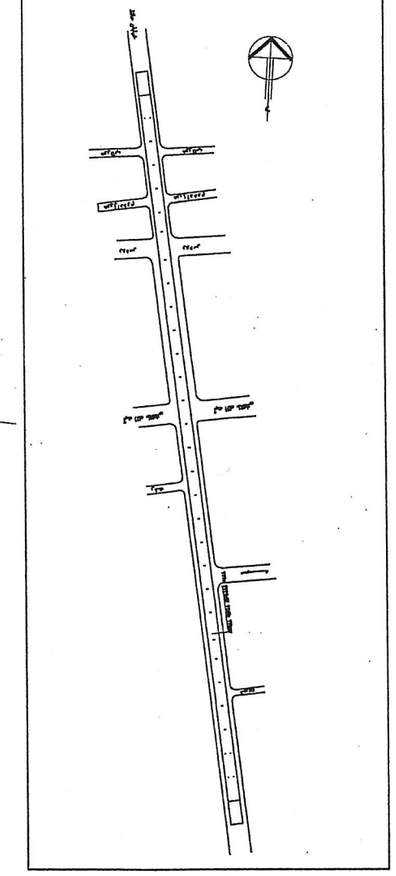
2446-25



پلان موقعیت



بـــــرش طـــولی



توجه:

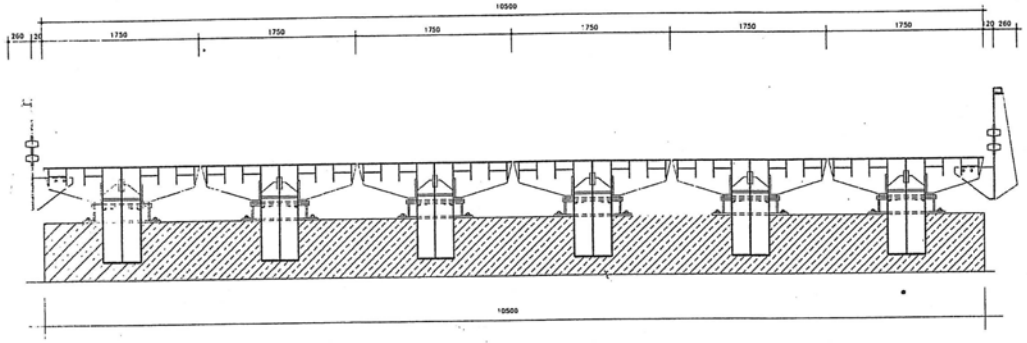
ایمن طرح
شرکت سهامی خاص شماره ثبت ۴۵۲۰۶

سازمان مشاور فنی و مهندسی شهر تهران

شناسنامه فنی برای پلهای فلزی سواره روی
تقاطعهای شهر تهـــــران

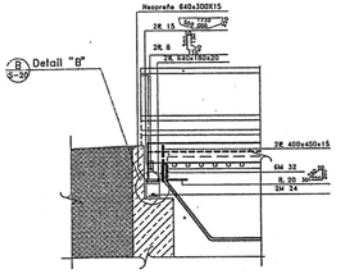
کارفرما	سازمان فنی و مهندسی شهر تهران
مهندسین مشاور	ایمن طرح
عنوان	پل فلزی سواره روی حافظ-طالقانی
	پـلان موقعیت وبرش طـولی
شماره نقشه	S-1
شماره طرح	۲۷۰۰۰۵۲
تاریخ	اسفند ۱۳۷۲
وضعیت	موجود
طراح	م.شیخی
کنترل	م.کاظمی
ترسیم	ساره

2446-26



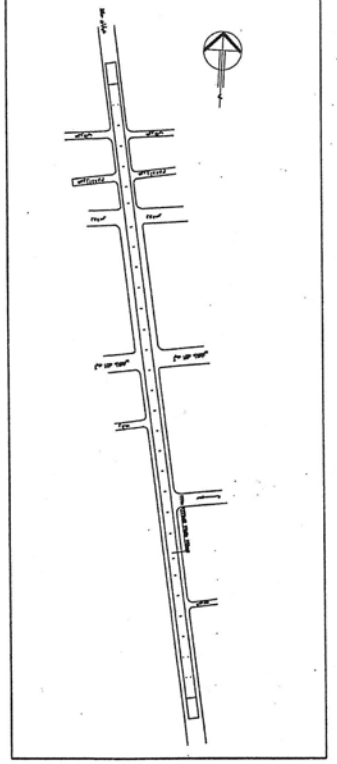
قاب تکیه گاه ۱و۳۱ (برش عرضی)

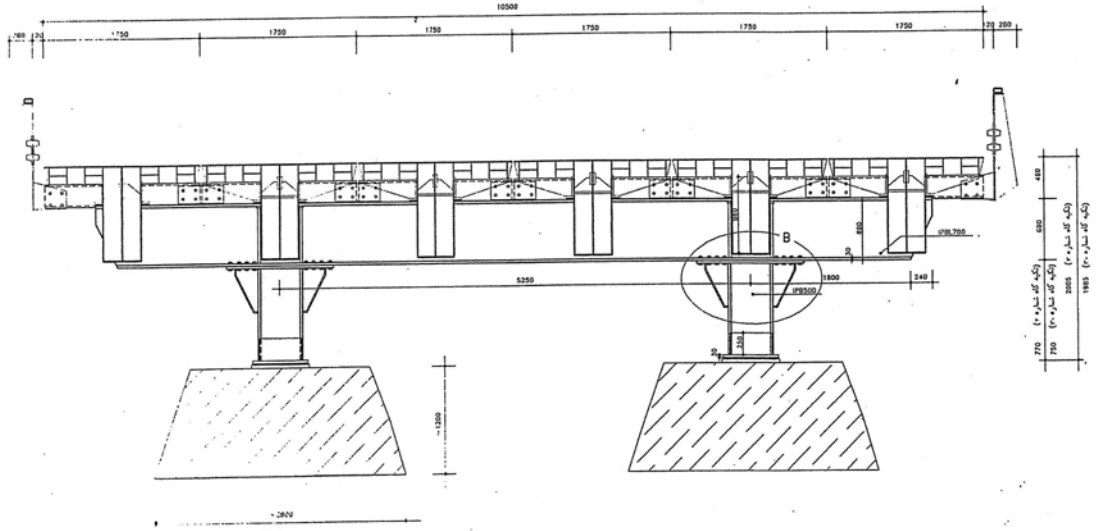
sc. 1:25



قاب تکیه گاه ۱و۳۱ (برش طولی)

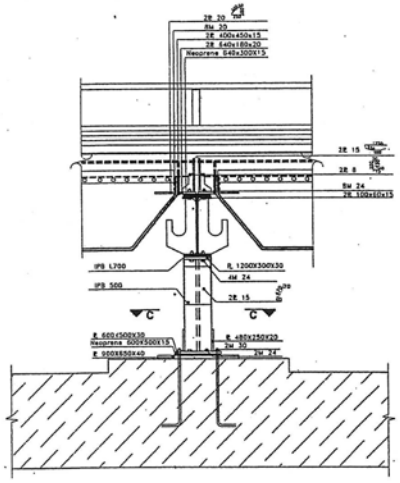
sc. 1:25





قاب تکیه گاهی۲و۳۰ (برش عرضی)

sc. 1:25



قاب تکیه گاهی۲و۳۰ (برش طولی)

sc. 1:25

توجه:

برای مشاهده برش A–A به نقشه S-21 مراجعه شود.

برای مشاهده برش B–B به نقشه S-21 مراجعه شود.

آیین طرح

شرکت مهندسین مشاور آیین طرح

شناسنامه فنی برای پلهای فلزی سواره روی تقاطعهای شهر تهـــران

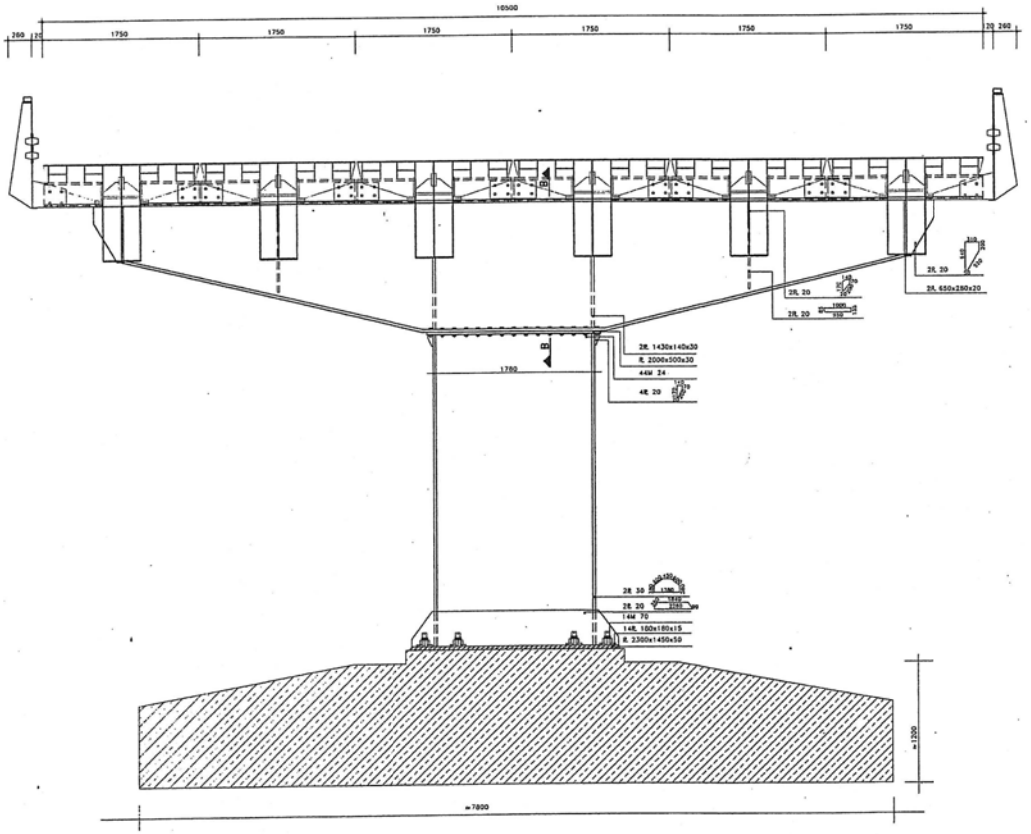
سازمان فنی و مهندسی شهر تهران	
مهندسین مشاور آیین طرح	
آشنده ۱۲۷۲	
سوپروید	
پ.شیبانی	
پ.کاشانی	
سازه	
پل فلزی سواره روی حافظ–شاکانی	
قاب تکیه گاه ۱و۳۱–۲و۳۰ (برش طولی و عرضی)	
S–2	

1:20

mm

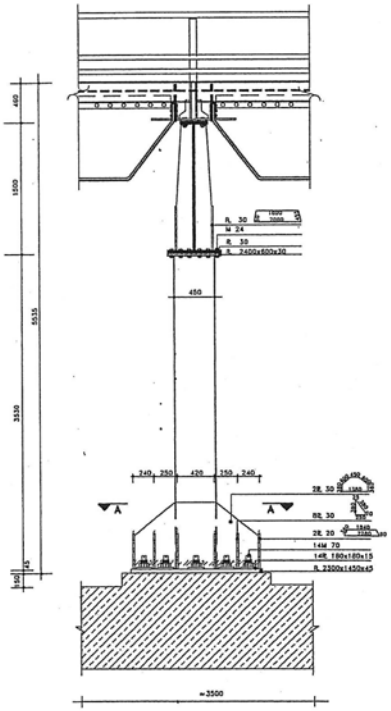
2446-27

قاب تکیه گاه ۲ (زیر عرشی)
sc. 1:25
قاب تکیه گاه ۲ (زیر طولی)
sc. 1:25
توجه:
شناسنامه فنی برای پلهای فلزی سواره روی
تقاطعهای شهر تهران
سازمان فنی و مهندسی شهر تهران
این طرح
S-3
2446-28



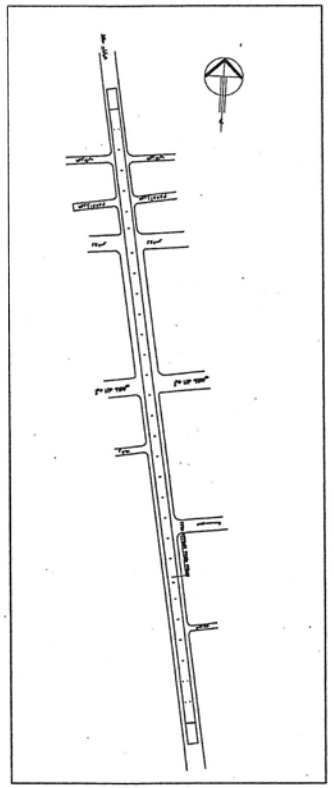
قاب تکیه گاه ۴ (برش عرضی)

sc. 1:25



قاب تکیه گاه ۴ (برش طولی)

sc. 1:25



توجه :

برای مشاهده برش A–A به نقشه S-21 مراجعه شود.

برای مشاهده برش B–B به نقشه S-21 مراجعه شود.

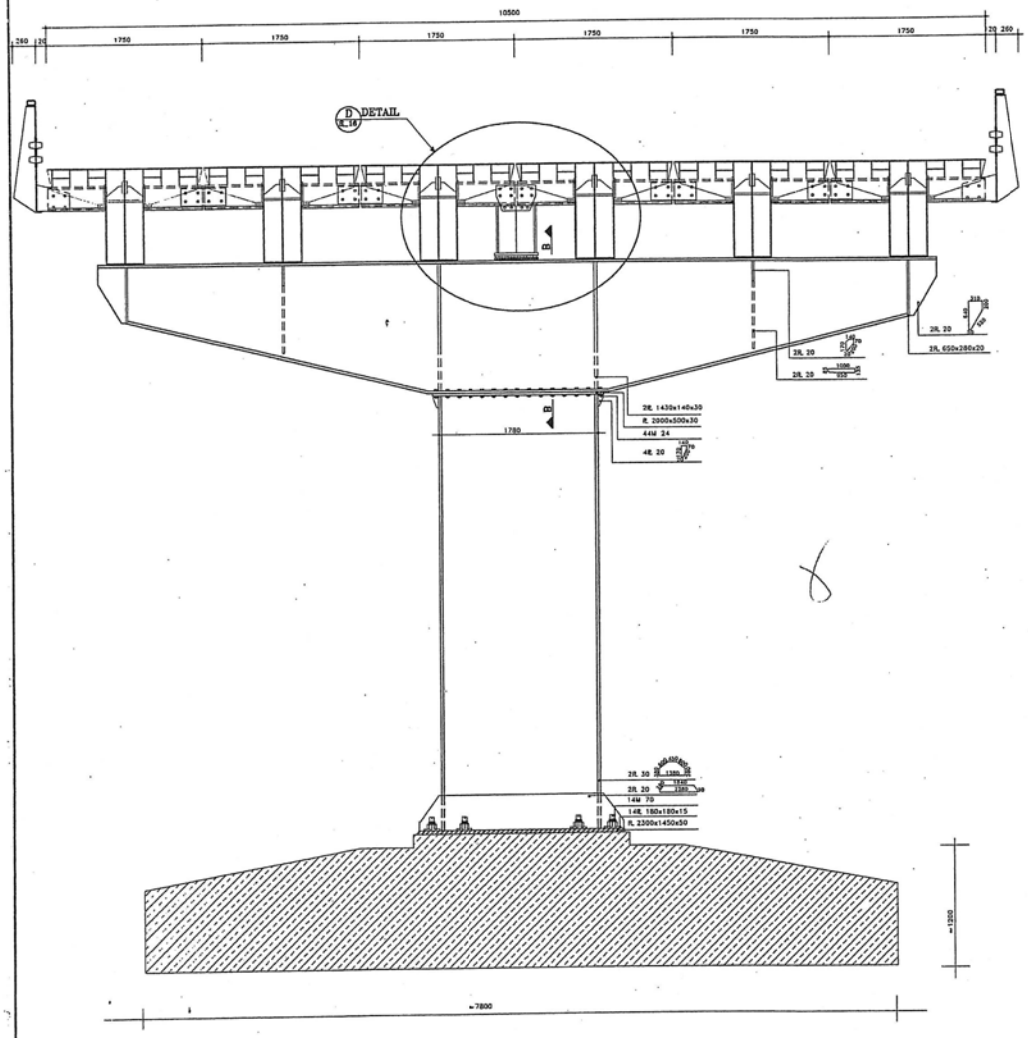
شناسنامه فنی برای پلهای فلزی سواره روی تقاطعهای شهر تهـــران

سازمان فنی و مهندسی شهر تهران	
مهندسین مشاور: آیین طرح	
عنوان نقشه: پل فلزی سواره روی حافظ–شاهگلی	مقیاس: 1/25
عنوان نقشه: قاب تکیه گاه ۴ (برش طولی وعرضی)	
شماره نقشه: S–4	واحد: mm

24916-2.3

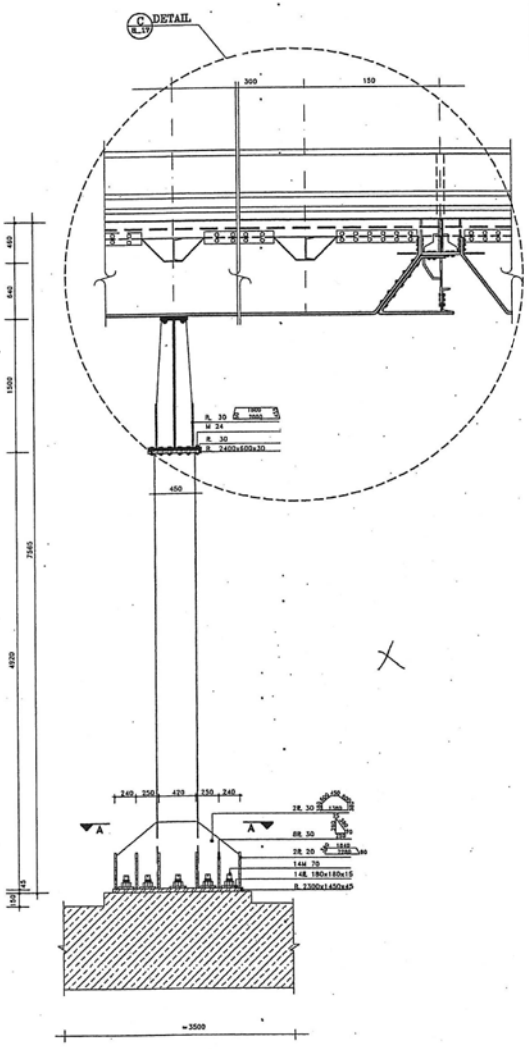
قاب تکیه گاه ۵ (برش عرضی)
قاب تکیه گاه ۵ (برش طولی)
توجه:
شناسنامه فنی برای پلهای فلزی سواره روی
تقاطعهای شهر تهران
سازمان فنی و مهندسی شهر تهران
S-5

قاب تکیه گاه ۶ (برش عرضی)
قاب تکیه گاه ۶ (برش طولی)
توجه:
شناسنامه فنی برای پلهای فلزی سواره روی
تقاطعهای شهر تهران
سازمان فنی و مهندسی شهر تهران
S-6
2446-37



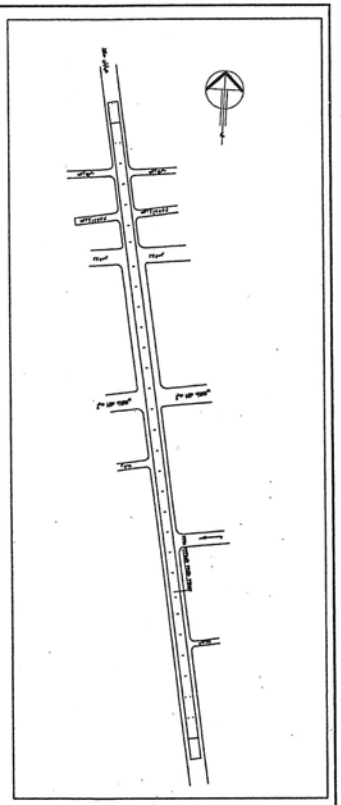
قاب تکیه گاه ۷ (برش عرضی)

sc. 1:25



قاب تکیه گاه ۷ (برش طولی)

sc. 1:25



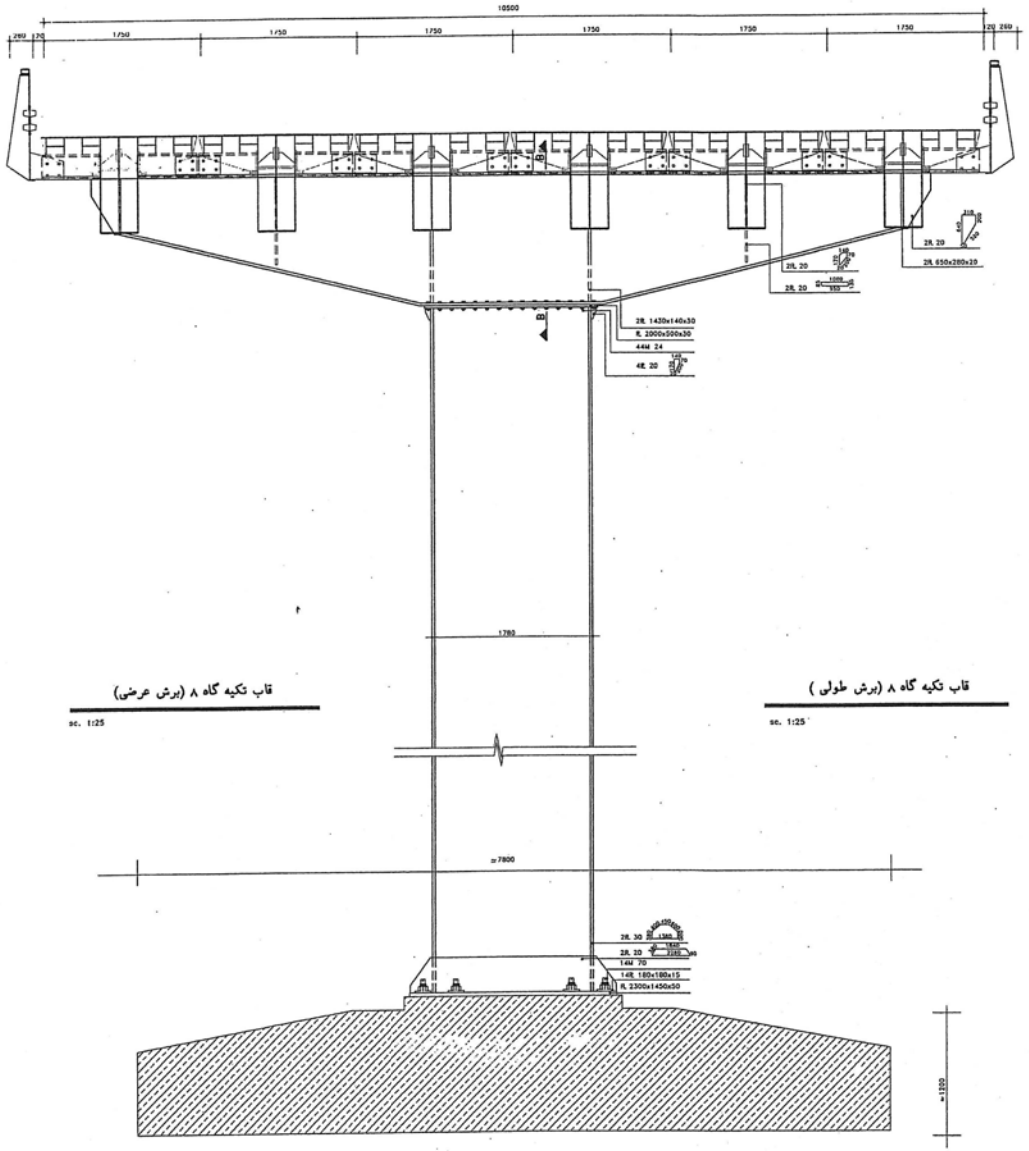
توجه :

برای مشاهده برش A–A به نقشه S-21 مراجعه شود.
برای مشاهده برش B–B به نقشه S-21 مراجعه شود.
برای مشاهده جزئیات D به نقشه S-16 مراجعه شود.
برای مشاهده جزئیات C به نقشه S-17 مراجعه شود.

شناسنامه فنی برای پلهای فلزی سواره روی نقاطعهای شهر تهـــران

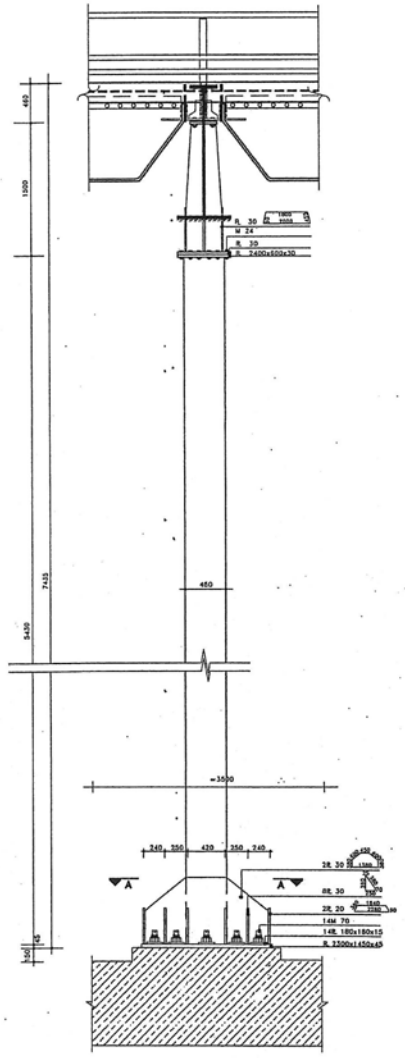
سازمان فنی و مهندسی شهر تهران	
مهندسین مشاور آیین طرح	
پل فلزی سواره روی حافظ–شاهگلی	مقیاس 1:25
قاب تکیه گاه ۷ (برش طولی وعرضی)	نقشه S-7

2446-32



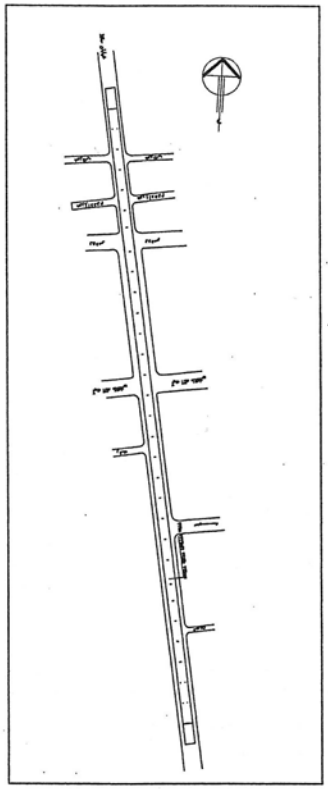
قاب تکیه گاه ۸ (برش عرضی)

sc. 1:25



قاب تکیه گاه ۸ (برش طولی)

sc. 1:25



توجه :

برای مشاهده برش A-A به نقشه S-21 مراجعه شود.

برای مشاهده برش B-B به نقشه S-21 مراجعه شود.

شناسنامه فنی برای پلهای فلزی سواره روی تقاطعهای شهر تهـــران

سازمان فنی و مهندسی شهر تهران

مهندسین مشاور آیین طرح

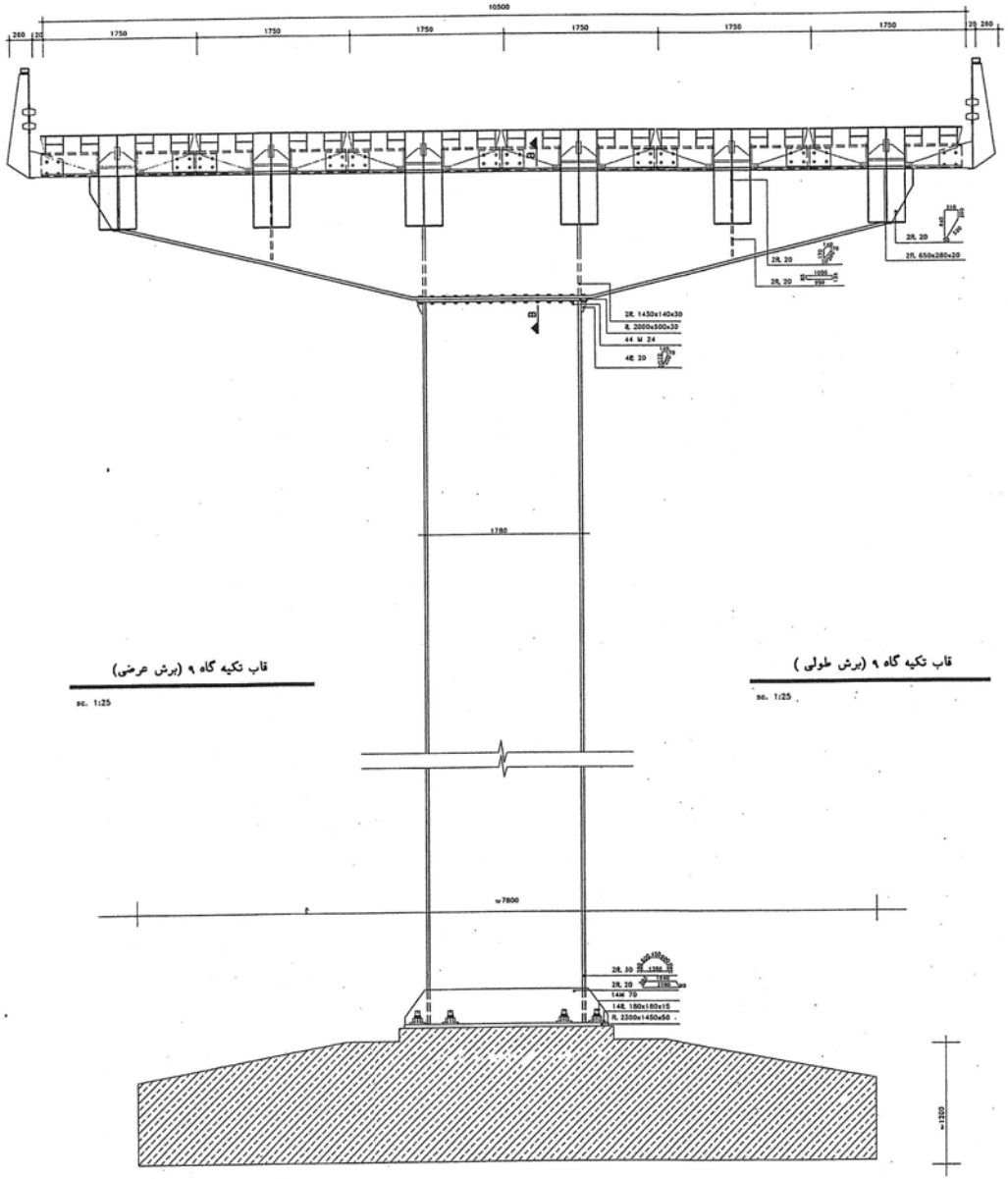
پل فلزی سواره روی حافظ-شاهنشاهی

قاب تکیه گاه ۸ (برش طولی وعرضی)

1:25

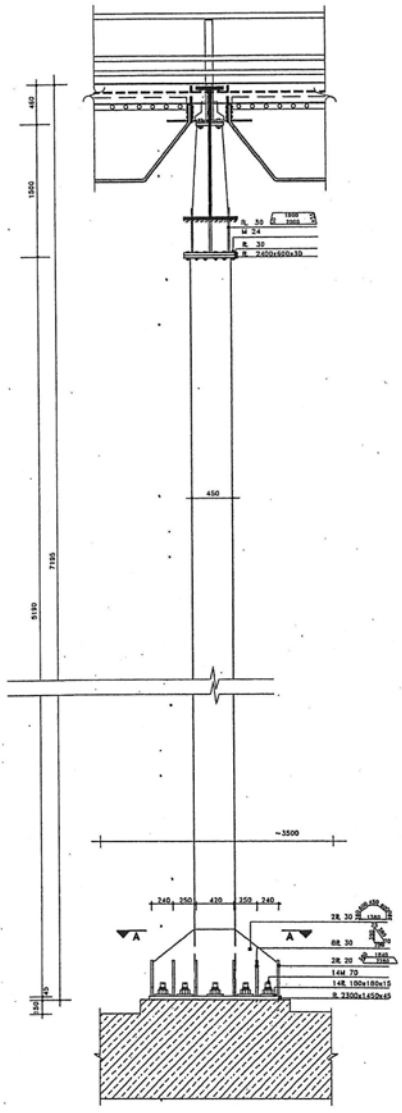
S-8

2946-33



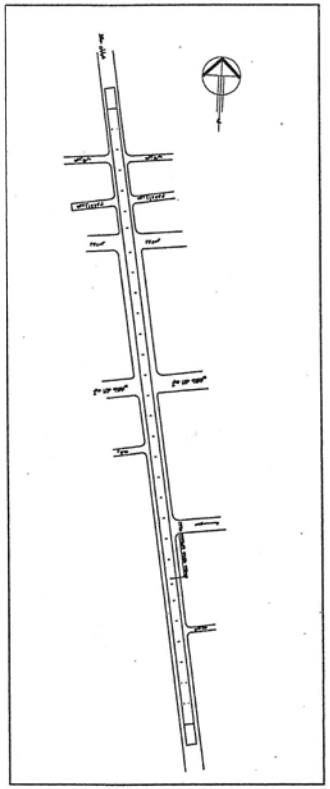
قاب تکیه گاه ۹ (برش عرضی)

sc. 1:25



قاب تکیه گاه ۹ (برش طولی)

sc. 1:25



توجه:

برای مشاهده برش A–A به نقشه S-21 مراجعه شود.

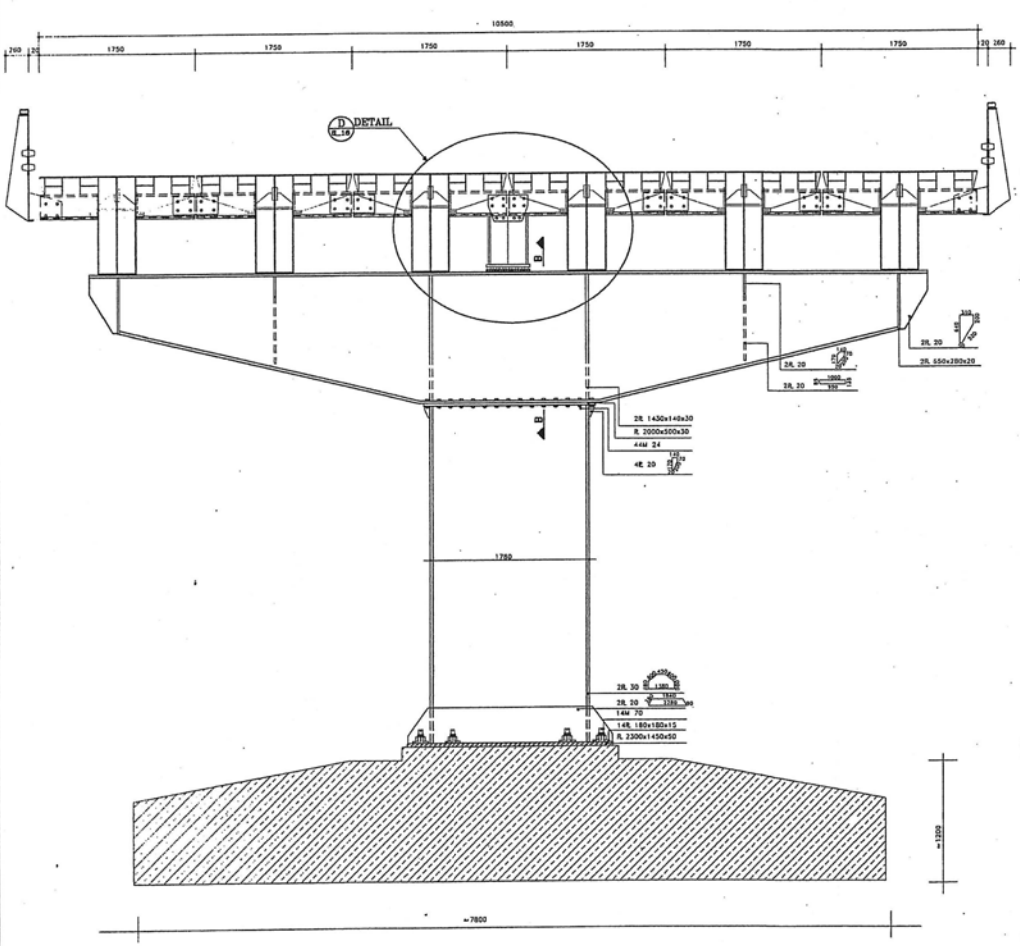
برای مشاهده برش B–B به نقشه S-21 مراجعه شود.

مهندسین مشاور
آیین طرح
طراحی سازه‌های فلزی

شناسنامه فنی برای پلهای فلزی سواره روی نقاطعهای شهر تهـــران

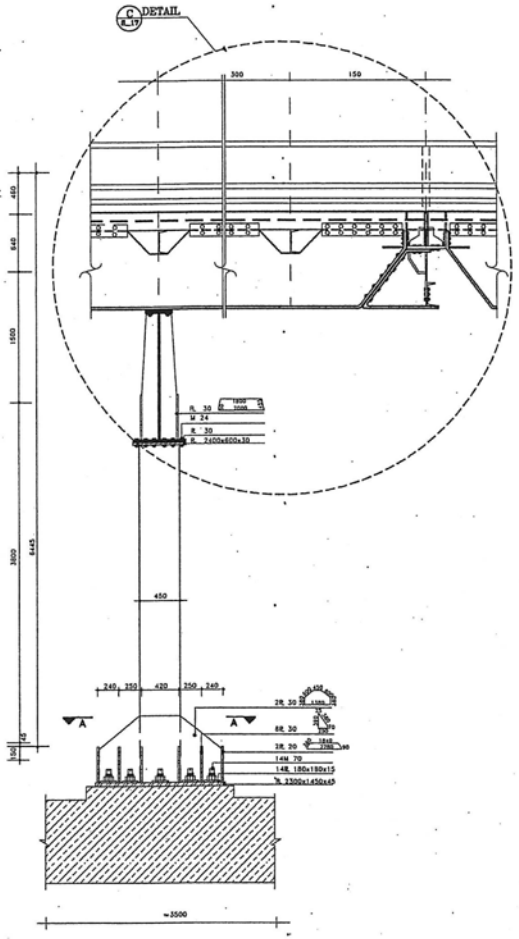
سازمان فنی و مهندسی شهر تهران	
مهندسین مشاور آیین طرح	
عنوان پروژه: پل فلزی سواره روی حافظ–لاکانی	طراح:
عنوان نقشه: قاب تکیه گاه ۹ (برش طولی و عرضی)	مقیاس: 1:25
شماره نقشه: S-9	واحد: mm

2446-34



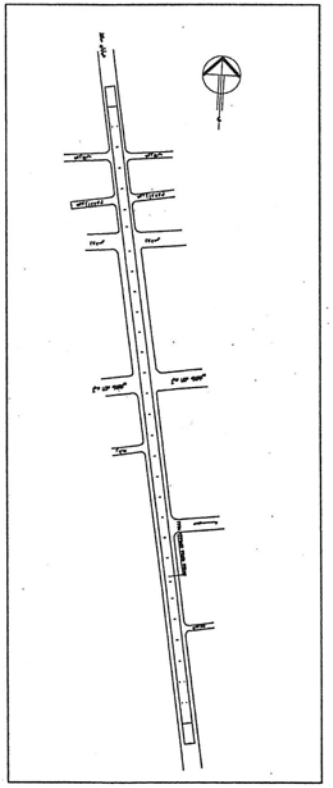
قاب تکیه گاه ۱۰ (برش عرضی)

sc. 1:25



قاب تکیه گاه ۱۰ (برش طولی)

sc. 1:25



توجه:

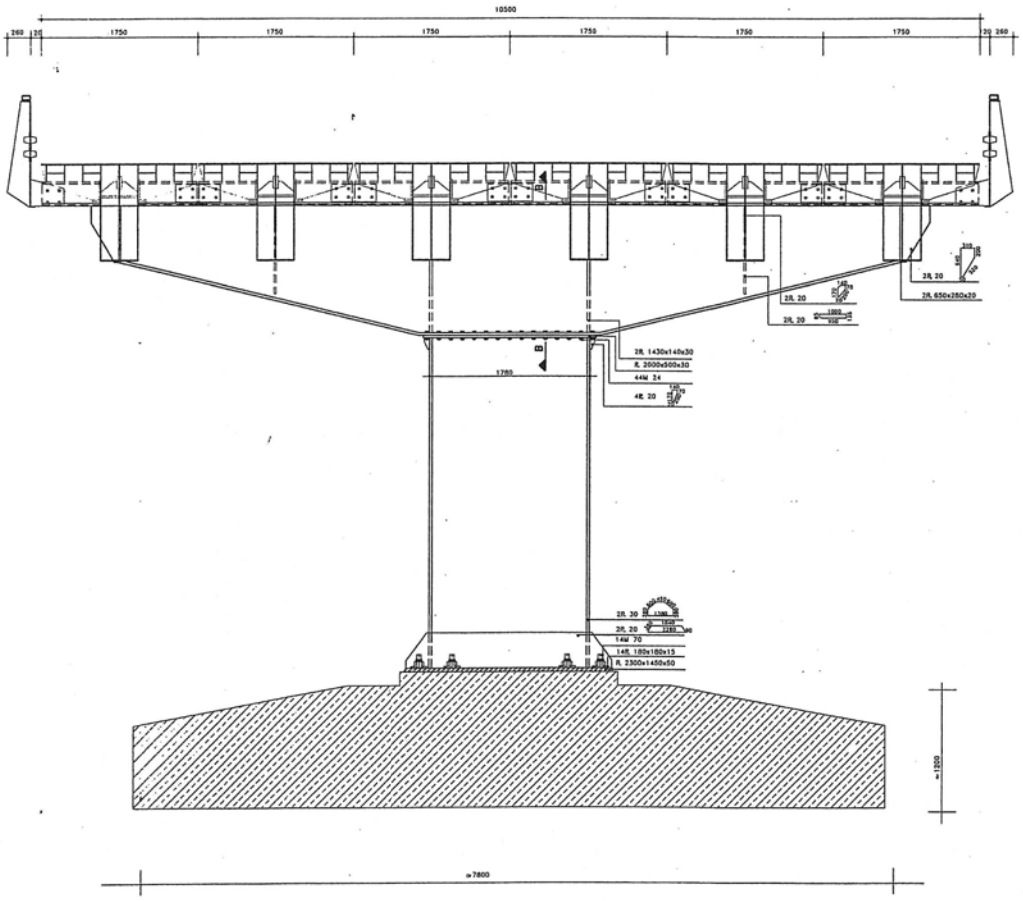
برای مشاهده برش A–A به نقشه S–21 مراجعه شود.
برای مشاهده برش B–B به نقشه S–21 مراجعه شود.
برای مشاهده جزئیات D، نقشه S–16 مراجعه شود.
برای مشاهده جزئیات C، نقشه S–17 مراجعه شود.

مهندسان مشاور
آیین طرح
شناسنامه فنی پلهای فلزی

شناسنامه فنی برای پلهای فلزی سواره روی تقاطعهای شهر تهـــران

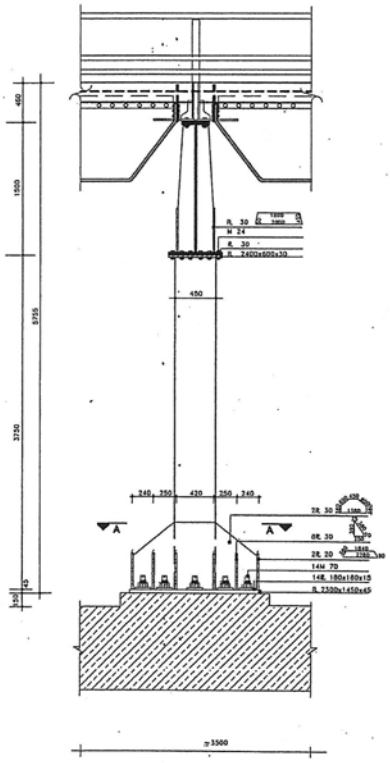
سازمان فنی و مهندسی شهر تهران	
مهندسین مشاور آیین طرح	
پل فلزی سواره روی حافظ–شاکافی	
قاب تکیه گاه ۱۰ (برش طولی و عرضی)	
S–10	
1:25	
mm	

2446-35



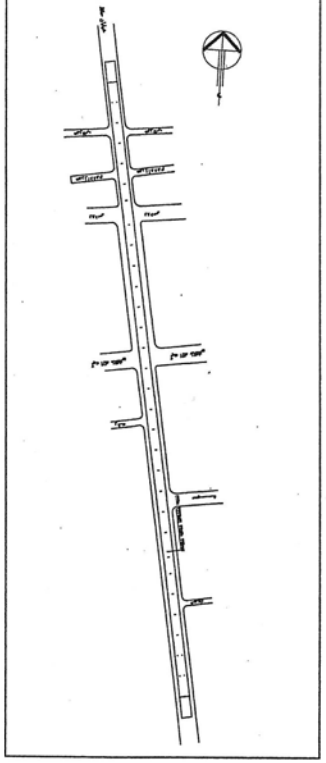
قاب تکیه گاه ۱۱ (برش عرضی)

sc. 1:25



قاب تکیه گاه ۱۱ (برش طولی)

sc. 1:25



توجه :

برای مشاهده برش A–A به نقشه S-21 مراجعه شود.

برای مشاهده برش B–B به نقشه S-21 مراجعه شود.

شناسنامه فنی برای پلهای فلزی سواره روی تقاطعهای شهر تهـــران

سازمان فنی و مهندسی شهر تهران

مهندسین مشاور آیین طرح

پل فلزی سواره روی حافظ–شاکانی

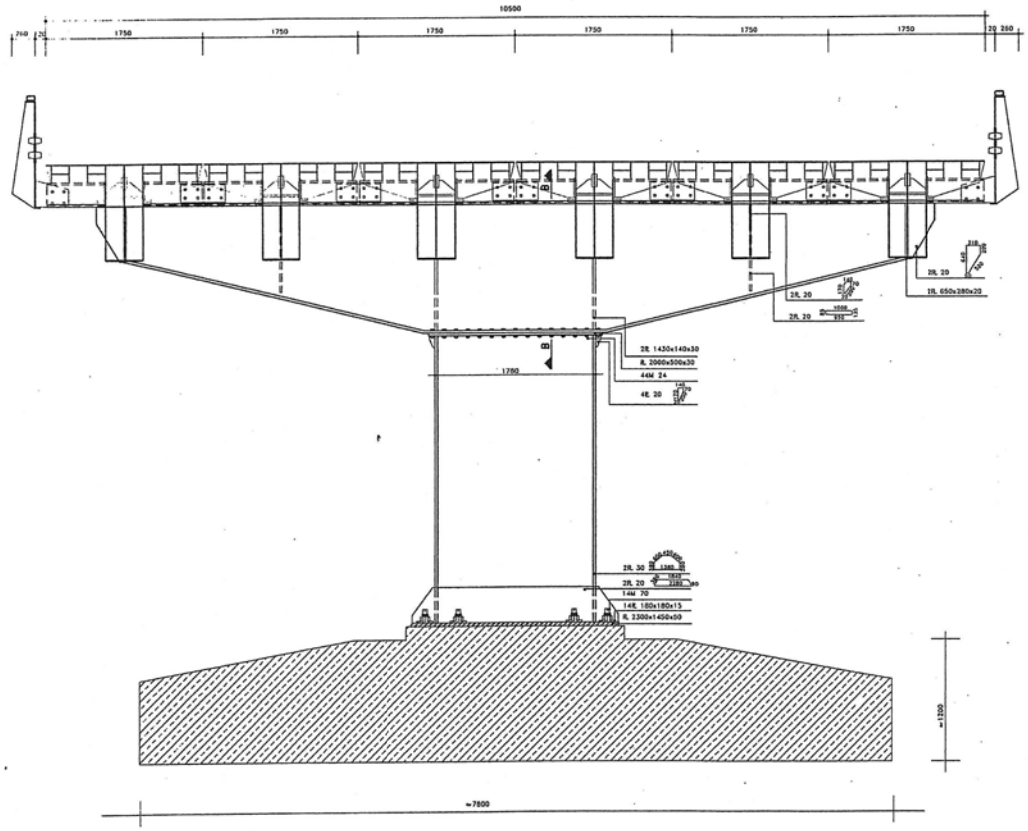
قاب تکیه گاه ۱۱ (برش طولی و عرضی)

S-11

1:25

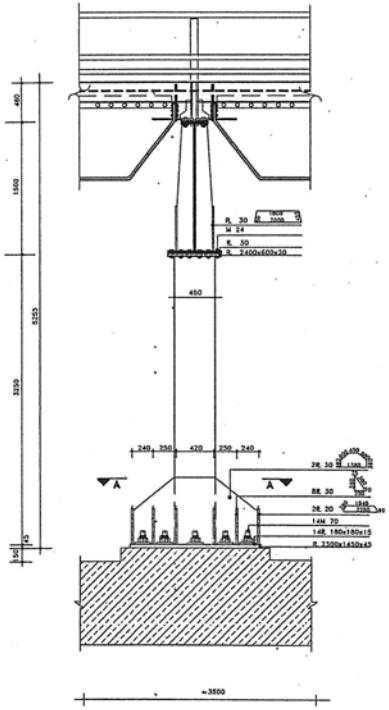
mm

2446-36



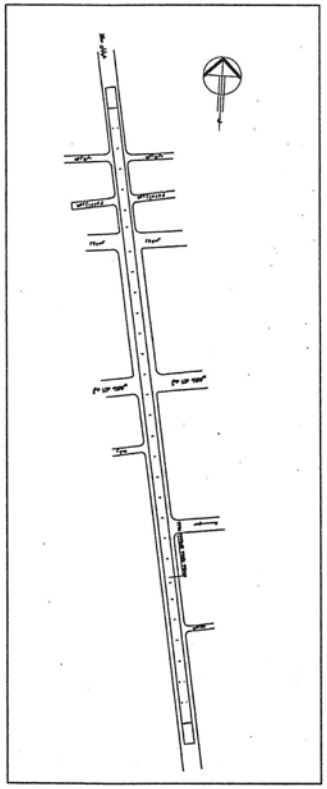
قاب تکیه گاه ۱۲ (پرش عرضی)

Sc. 1:25



قاب تکیه گاه ۱۲ (پرش طولی)

Sc. 1:25



توجه:

برای مشاهده برش A–A به نقشه S–21 مراجعه شود.

برای مشاهده برش B–B به نقشه S–21 مراجعه شود.

شناسنامه فنی برای پلهای فلزی سواره روی تقاطعهای شهر تهـــران

سازمان فنی و مهندسی شهر تهران

مهندسین مشاور: آیین طرح

اسفند ۱۳۷۲

پل فلزی سواره روی حافظ–کاشانی

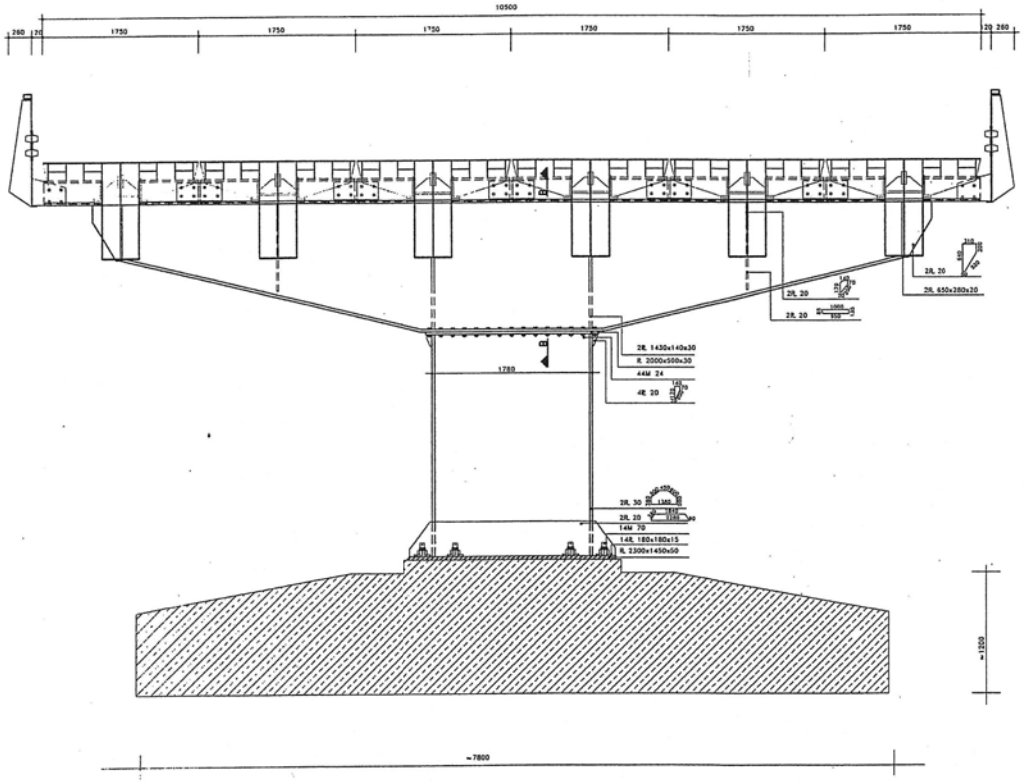
قاب تکیه گاه ۱۲ (پرش طولی وعرضی)

S–12

1:25

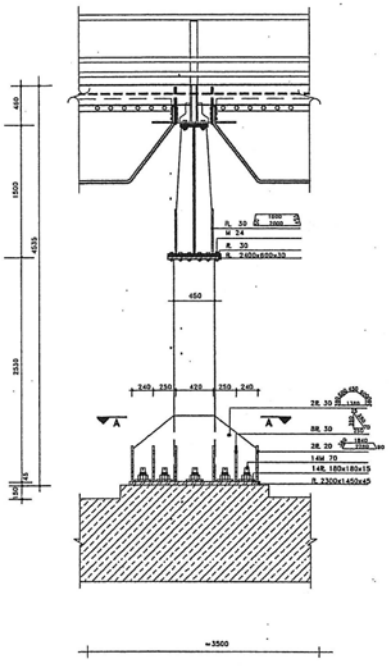
mm

2496-37



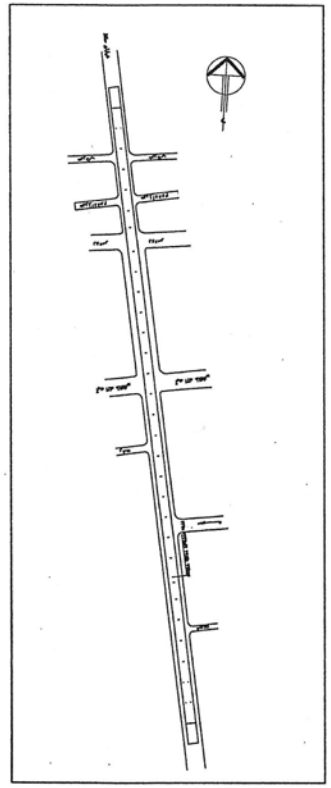
قاب تکیه گاه ۱۳ (برش عرضی)

Sc. 1:25



قاب تکیه گاه ۱۳ (برش طولی)

Sc. 1:25



توجه:

برای مشاهده برش A–A به نقشه S-21 مراجعه شود.

برای مشاهده برش B–B به نقشه S-21 مراجعه شود.

شناسنامه فنی برای پلهای فلزی سواره روی تقاطعهای شهر تهـــران

سازمان فنی و مهندسی شهر تهران

مهندسین مشاور آیین طرح

پل فلزی سواره روی حافظ-شاکانی

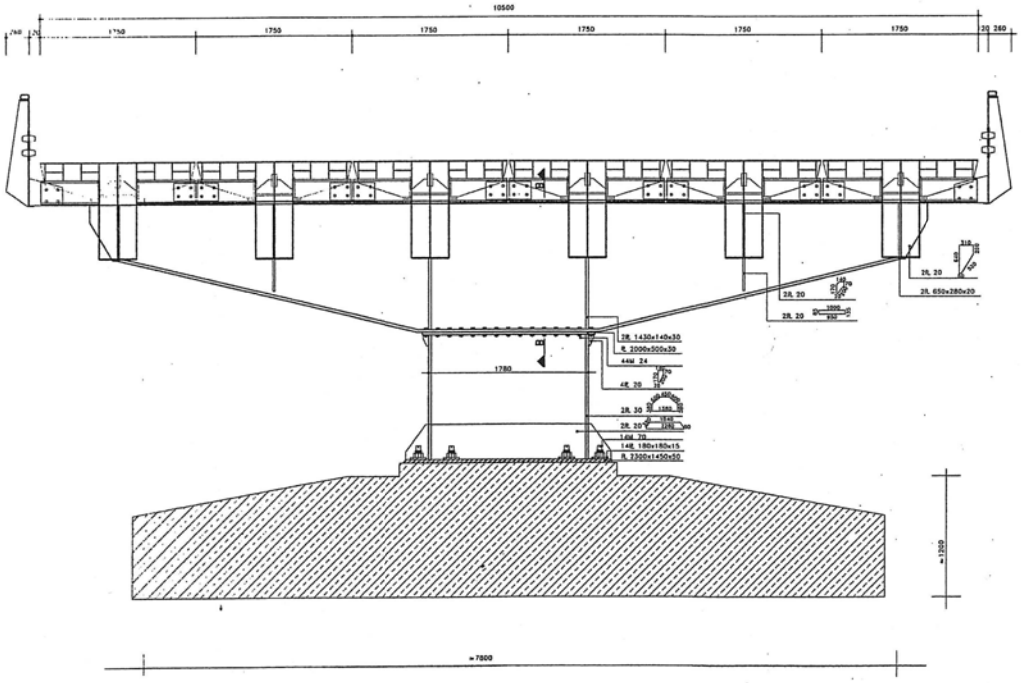
قاب تکیه گاه ۱۳ (برش طولی وعرضی)

مقیاس 1:25

شماره نقشه S-13

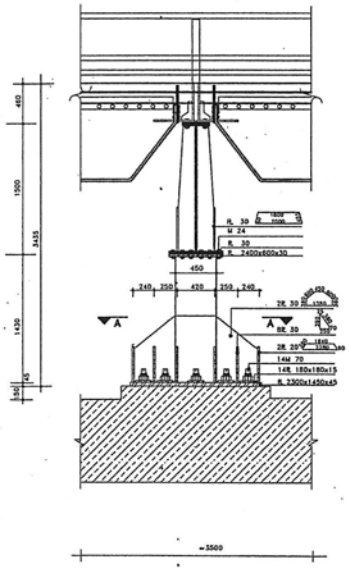
واحد mm

2496-38



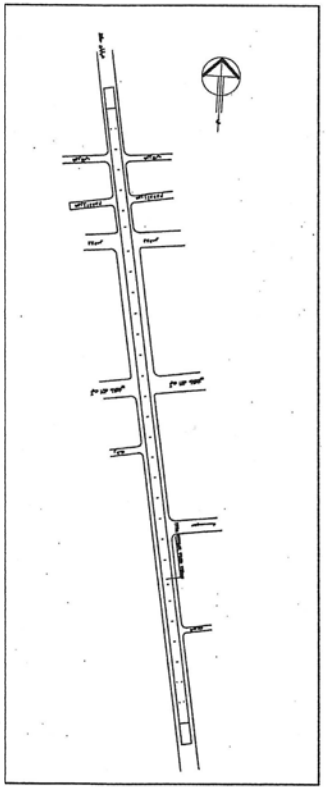
قاب تکیه گاه ۱۴ (برش عرضی)

sc. 1:25



قاب تکیه گاه ۱۴ (برش طولی)

sc. 1:25



توجه:

برای مشاهده برش A–A به نقشه S-21 مراجعه شود.

برای مشاهده برش B–B به نقشه S-21 مراجعه شود.

شناسنامه فنی برای پلهای فلزی سواره روی تقاطعهای شهر تهران

سازمان فنی و مهندسی شهر تهران

مهندسین مشاور آیین طرح

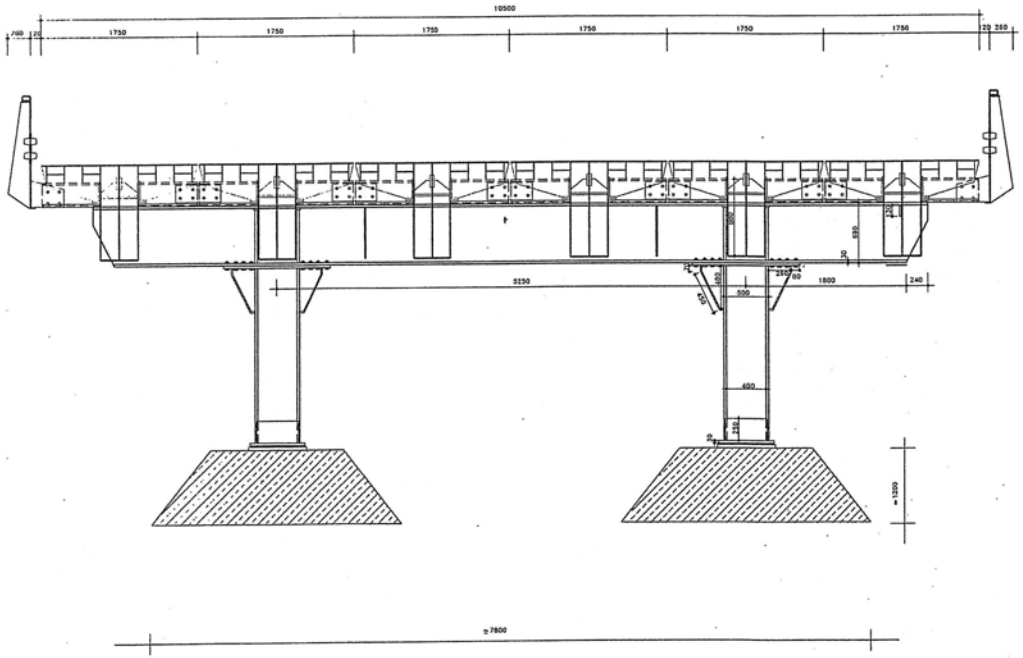
پل فلزی سواره روی حافظ–شاکانی

قاب تکیه گاه ۱۴ (برش طولی و عرضی)

S-14

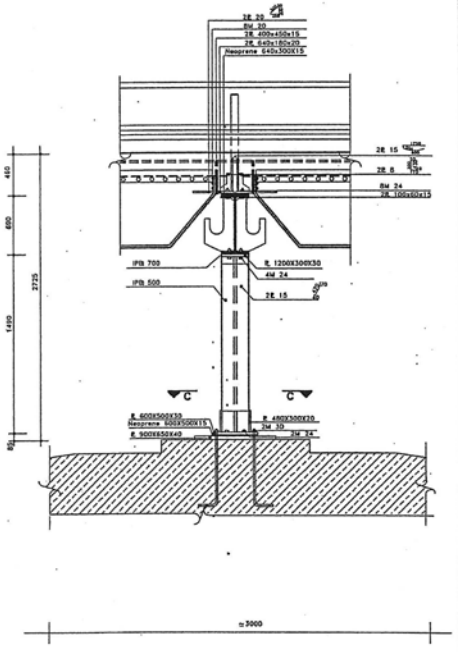
1:25

2446-39



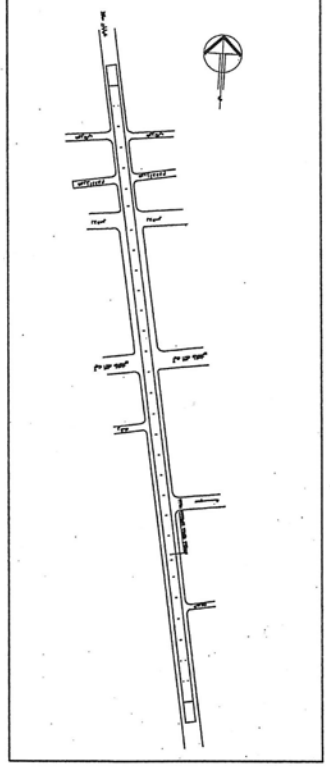
قاب تکیه گاه ۱۵ (برش عرضی)

sc. 1:25



قاب تکیه گاه ۱۵ (برش طولی)

sc. 1:25



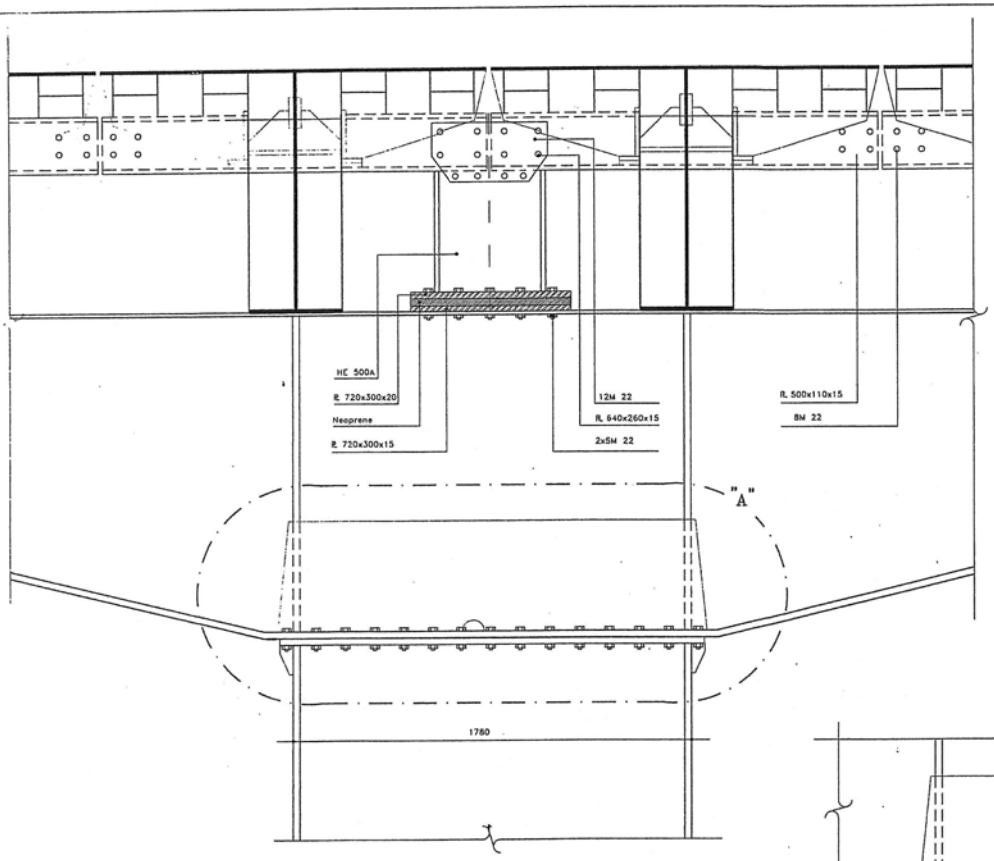
توجه:

برای مشاهده برش C-C به نقشه S-21 مراجعه شود.

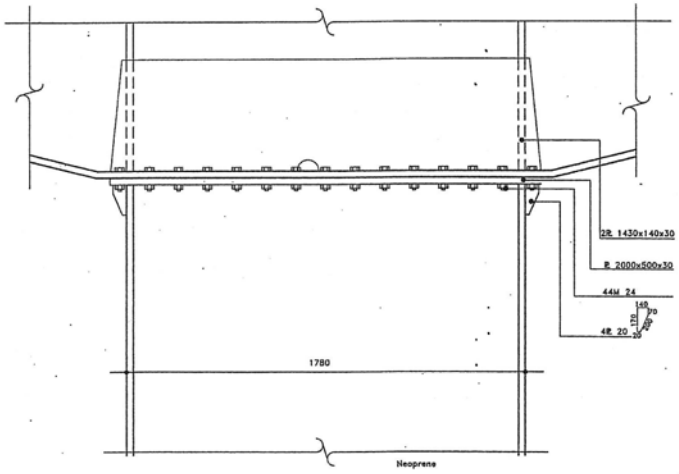
شناسنامه فنی برای پلهای فلزی سواره روی تقاطعهای شهر تهـــــران

سازمان فنی و مهندسی شهر تهران	
مهندسین مشاور آیمن طرح	
عنوان نقشه: پل فلزی سواره روی حافظ-شاکافی	مقیاس: 1:25
شماره نقشه: S-15	قاب تکیه گاه ۱۵ (برش طولی وعرضی)

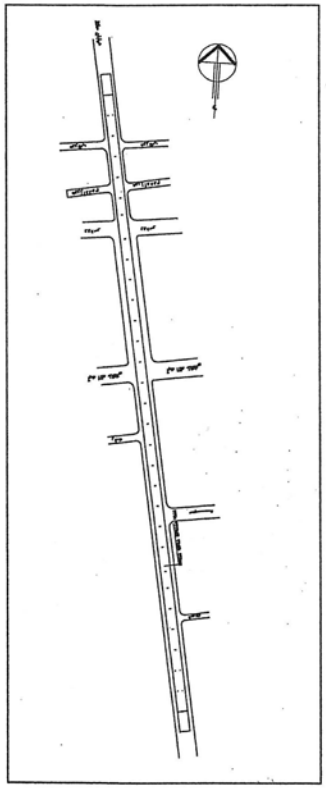
2446-40



D / S-10 DETAIL SC.1:10



DETAIL "A"
SC.1:20

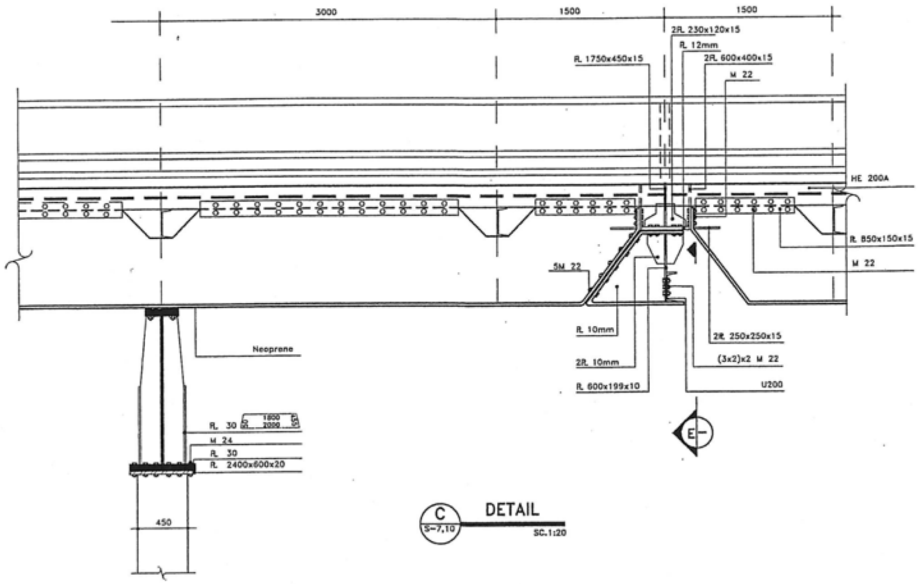


توجه :

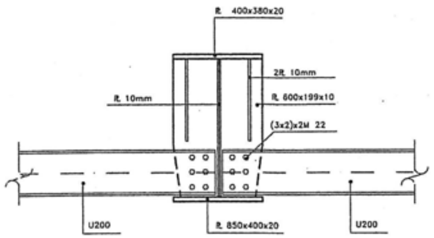
شناسنامه فنی برای پلهای فلزی سواره روی تقاطعهای شهر تهـــران

سازمان فنی و مهندسی شهر تهران	
مهندسین مشاور	آیین طرح
عنوان عمده	پل فلزی سواره روی خیابان شهید...
عنوان فرعی	بررسیات لوله انتقال
شماره نقشه	S-16
مقیاس	mm

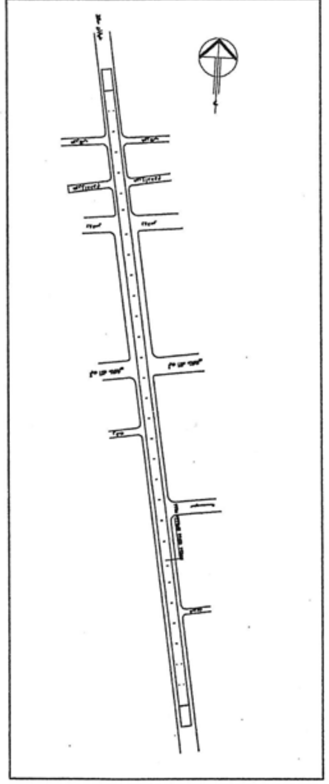
2946-41



C S-7,10 DETAIL SC.1:20



E برش SC.1:10



توجه:

شناسنامه فنی برای پلهای فلزی سواره روی تقاطعهای شهر تهـــــران

سازمان فنی و مهندسی شهر تهران

مهندسین مشاور ایمن طرح

تاریخ: اسفند ۱۳۷۷

طرح: منوچهر

ترسیم: م.شیخی

کنترل: م.کاظمی

عنوان پروژه: پل فلزی سواره روی حافظ-طالقانی

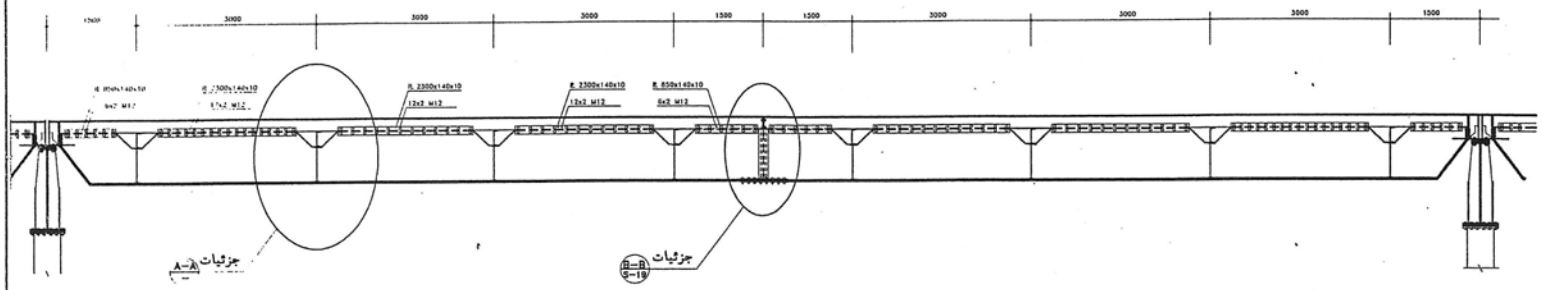
عنوان نقشه: جزئیات تیپ اتصالات

شماره نقشه: S-17

رشته: سازه

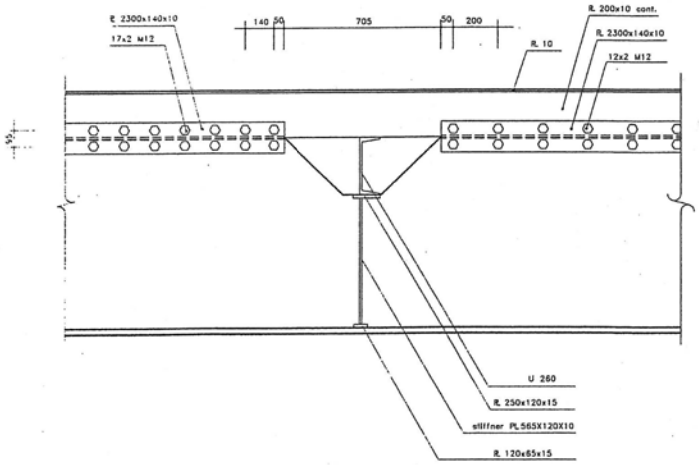
واحد: mm

2446-92



جزئیـــات تـــیرهای اصلی طولی

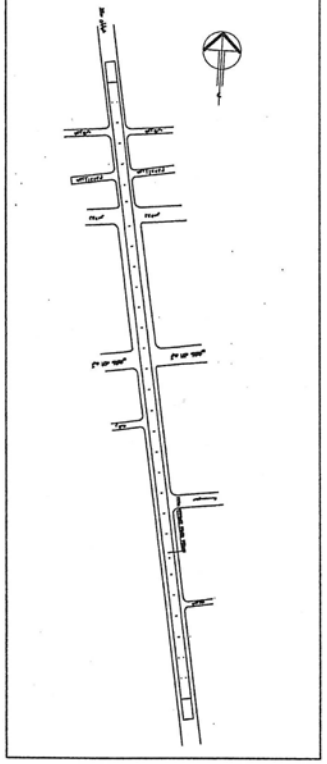
SC.1:30



A—A

جزئیات اتصال تیرهای عرضی به تیرهای اصلی طولی

SC.1:10



توجه:

شناسنامه فنی برای پلهای فلزی سواره روی تقاطعهای شهر تهـــران

سازمان فنی و مهندسی شهر تهران

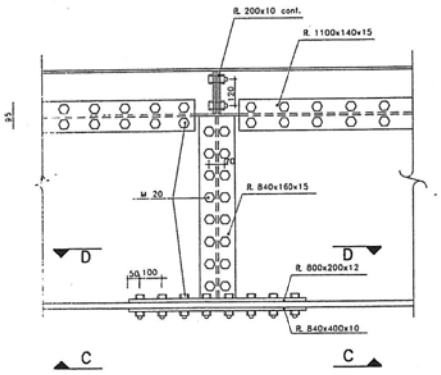
مهندسین مشاور آیین طرح

پل فلزی سواره روی حافظ-شاکانی

جزئیـــات تیـــرهای اصلی طولی

S-18

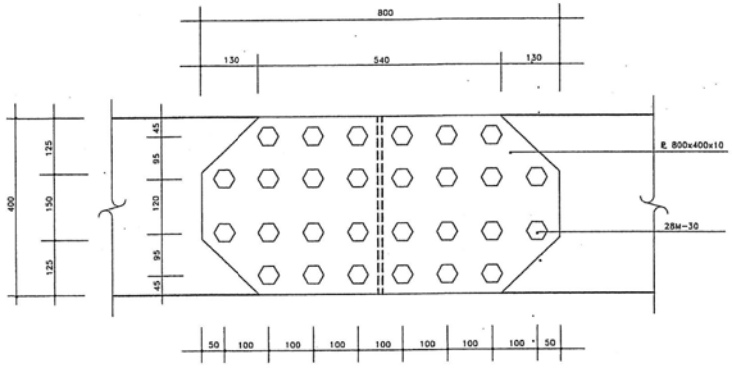
2446-43



جزئیات اتصال میانی تیرهای اصلی طولی

B—B
S—19

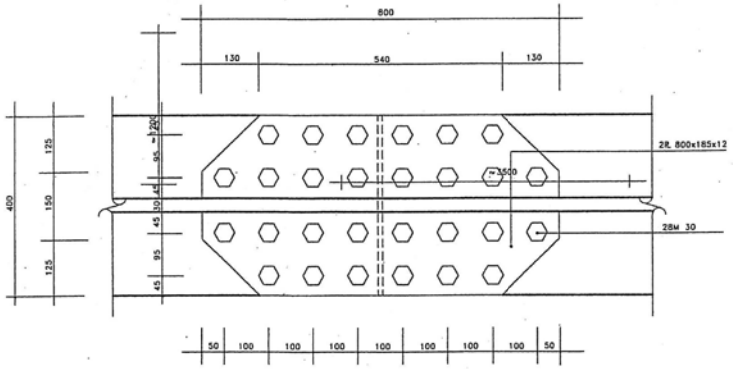
SC.1:10



نمای پایین ورق اتصال تیرهای اصلی طولی

C—C

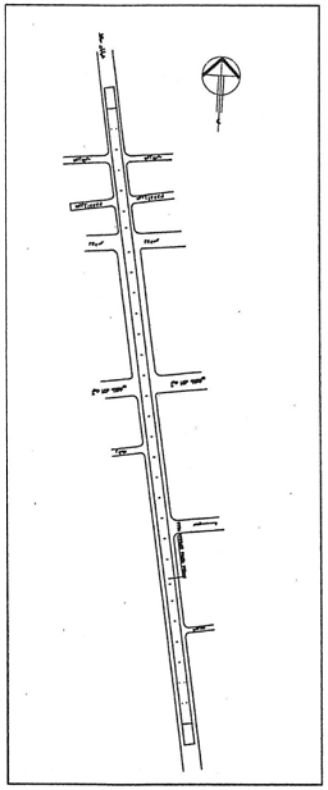
SC 1:5



نمای بالای ورق اتصال تیرهای اصلی طولی

D—D

SC.1:5



توجه :

شناسنامه فنی برای پلهای فلزی سواره روی تقاطعهای شهر تهـــران

سازمان فنی و مهندسی شهر تهران

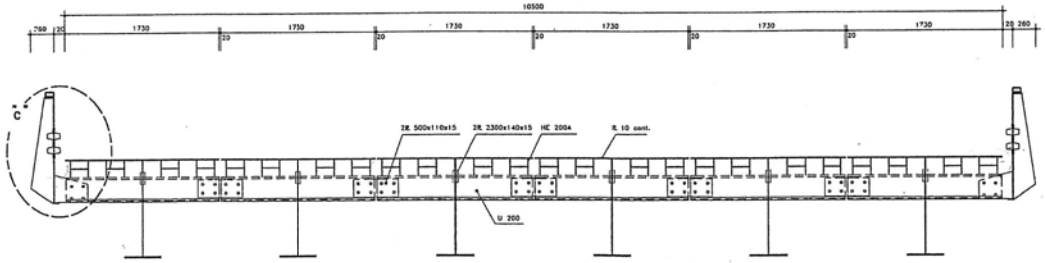
مهندسین مشاور آیین طرح

پل فلزی سواره روی حافظ-طالقانی

پروفیـــل تیـــرهای اصلی طولی

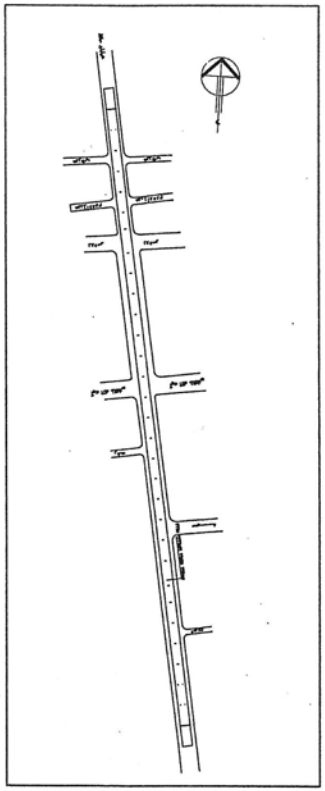
S-19

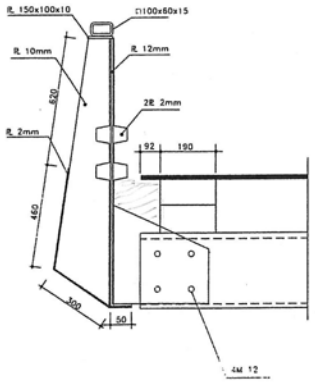
2446-44



برش عرضی تیرهای طـــولی وعرشه

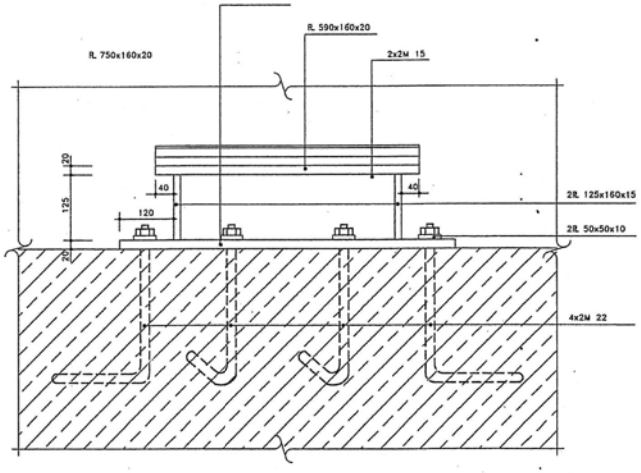
SC.1:25





DETAIL "C"

SC.1:10



B S-2 DETAIL

SC.1:10

توجه :

شناسنامه فنی برای پلهای فلزی سواره روی تقاطعهای شهر تهـــــران

سازمان فنی و مهندسی شهر تهران

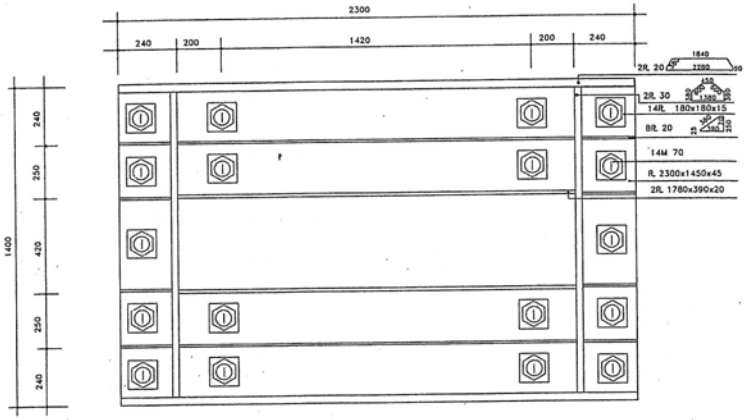
مهندسین مشاور آیین طرح

پل فلزی سواره روی خط۷-خاکفلی

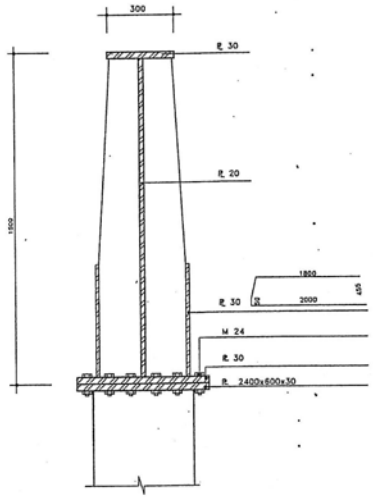
جزئیات برش عرضی پیرهای طـــولی وعرشه

S-20

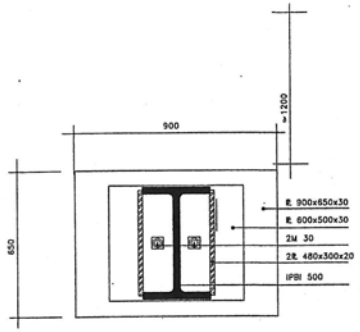
2446-45



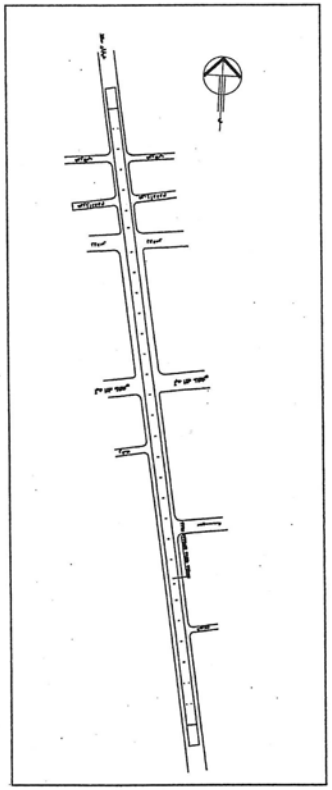
SECTION A–A
SC.1:10



SECTION B–B
SC.1:10



SECTION C–C
SC.1:10



توجه :

شناسنامه فنی برای پلهای فلزی سواره روی
تقاطعهای شهر تهـــــران

سازمان فنی و مهندسی شهر تهران

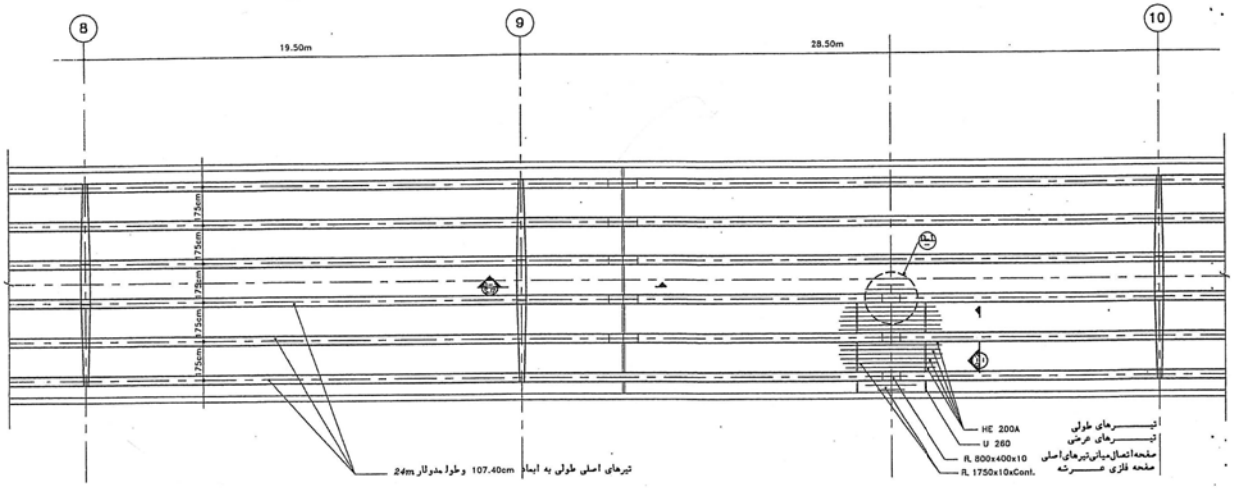
مهندسین مشاور: آیین طرح

پل فلزی سواره روی حافظ-شاکری

جزئیات برش عرضی تیرهای طـــولی و عرشه

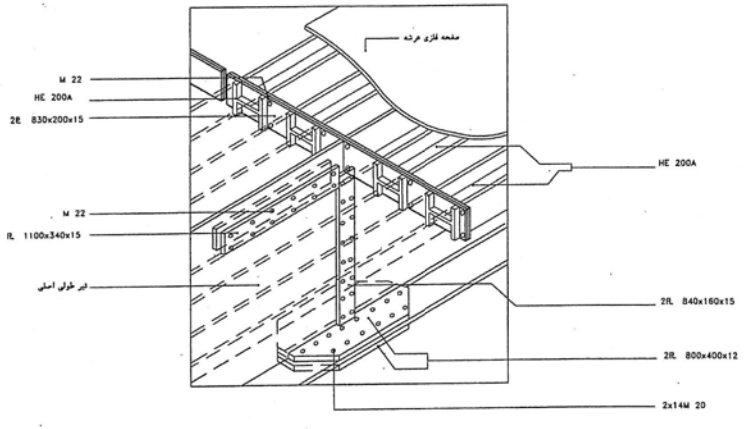
S-21

2446-46



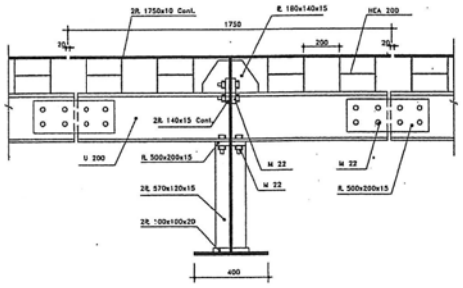
پلان معکوس جزئیـــــــات قابهای 8 الی 10

SC.1:100



جزئیات اتصال میانی تیرهای اصلی

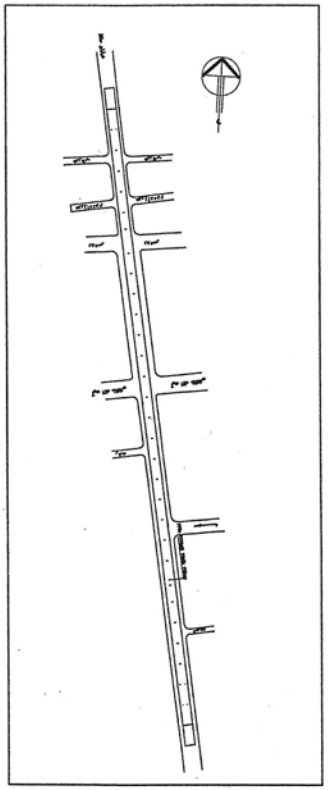
D-1



جزئیـــــات

D-2

SC.1:25



توجه:

شناسنامه فنی برای پلهای فلزی سواره روی نقاطعهای شهر تهـــــران

سازمان فنی و مهندسی شهر تهران

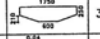
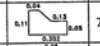
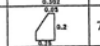
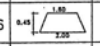
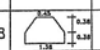
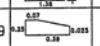
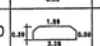
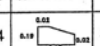
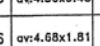
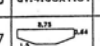
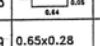
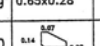
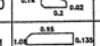
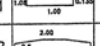
مهندسین مشاور: آیمن طرح

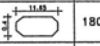
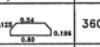
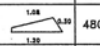
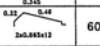
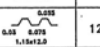
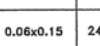
پل فلزی سواره روی حافظ-کاشانی

پلان معکوس جزئیات قابهای 8 الی 10

S-22

2446-97

POS	SHAPE	NO.	AREA m^2	THICKNESS mm								
				2	10	12	15	20	30	35	40	45
5	1.75x1200	360	21		7560							
6		360	0.68				244.8					
7		720	0.0211		9.60							
8		720	0.03					21.6				
9	0.45x0.40	360	0.18				64.8					
10	0.64x0.18	360	0.115					41.4				
11	1.2x0.3	6	0.36						2.16			
12	0.55x0.3	6	0.165				0.99					
13	0.48x0.3	12	0.144					1.728				
14	0.60x0.50	6	0.3						1.8			
15	0.9x0.65	6	0.585								3.51	
16		52	0.855						44.46			
17	2.40x0.6	26	1.44						37.44			
18		52	0.877						45.60			
19		208	.0615						127.92			
20		52	.8232					42.80				
21	0.18x0.18	364	.0324				11.79					
22	2.3x1.45	52	3.332									173.260
23	1.43x0.14	104	.2002						20.82			
24		208	0.024						37.02			
25	av:4.30x0.45	52	1.935						100.62			
26	av:4.68x1.81	52	8.47					440.44				
27		26	10.22					265.72				
28		52	0.142					7.380				
29	0.65x0.28	104	0.182					18.93				
30		52	.0176					0.92				
31		52	.12825					6.67				
32		26	4.17						108.42			
33	0.3x9.21	26	2.763							71.84		
34		360	10		3600							
35	0.25x0.12	1440	0.03				43.2					

POS	SHAPE	NO	AREA m^2	THICKNESS mm								
				2	10	12	15	20	30	35	40	45
					11169.60		365.58	847.59	489.24	71.84	3.51	173.26
36	0.565x0.12	2880	.0678		1944							
37	0.12x0.065	2880	.0078				22.464					
38	0.84x0.16	360	.1344		48.384							
39	1.1x0.14	1440	0.154				221.76					
40	3.3x0.14	2160	0.462				695.52					
41		180	0.216			51.696						
42		360	0.126				45.36					
43	12x0.20	360	2.4		864							
44	1.75x0.2	360	0.35		126							
45		480	.2625		126							
46	0.15x0.1	480	0.015		7.2							
47		480	.08625		41.4							
48		60	20.76	1245.6								
49		120	13.8	1656								
50	0.6x0.14	12	0.084				1.008					
51		12	0.0158				0.1896					
52	0.62x0.14	24	.0868						283			
53	0.06x0.15	24	0.009						2.16			
54		12	.0797				0.96					
55	0.5x0.2	2400	0.1				240					
56	12.52x0.4	360	5.008					1804.32				
57	0.35x0.6	12	0.21					2.52				
58	0.6x0.4	12	0.24					2.88				
59	1x0.4	12	0.4					4.8				
60	0.6x0.6	12	0.36					4.32				
61	0.25x0.15	12	0.0375				8.1					
TOTAL AREA m^2				2901.8	14328.58	51.696	1600.94	2686.43	512.23	71.84	3.51	173.26
UNIT WEIGHIT Kg/m				15.7	78.5	94.2	117.75	157	235.5	274.80	314	353.25
TOTAL WEIGHT Kg				45555.12	124436.53	4869.76	188510.58	418628.51	120630.12	19741.63	1102.14	61204.09
GRAND TOTAL Kg				1984879.63 Kg								

POS	NO	LENGTH	IPB 50	IPBL70	IPBL20	U 260	CH00x60x8
1	6	av:0.98	5.88				
2	3	9.33		27.99			
3	1440	12.00			17280		
4	450	1.74				783	
55	60	24					1440
TOTAL LENGTH			5.88	27.99	17280	783	1440
UNIT WEIGHT			187	204	42.3	37.9	11.78
TOTAL WEIGHT			1099.56	5709.96	730944	29675.7	16963.2
GRAND TOTAL			784392.42 kg				

وزن قطعات ساخته شده از ورق	1984879.63 Kg
وزن قطعات پروفیل	784392.42 Kg
وزن کل پل	2769272.05 Kg

شناسنامه فنی برای پلهای فلزی سواره روی تقاطعهای شهر تهـــران

سازمان فنی و مهندسی شهر تهران

مهندسین مشاورایمن طرح

CONSULTING ENGINEERS

PROJECT TITLE: عنوان پروژه: پل فلزی سواره روی حافظ خاقانی

DRAWING TITLE: جدول مقطعات و پروفیلهای بکار رفته

SCALE: مقیاس

DRAWING NO: شماره نقشه

2446-48

پیوست ۲
شناسنامه فنی پل

الف) اطلاعات عمومی

الف-۱- نام پل روگذر: پل کالج

الف-۲- کد پل SB-02

الف-۳- طبقه‌بندی کلی و موقعیت پل: اصلی- شهر تهران

- راه خارج شهر □ :

- مسیر: .....
- کیلومتر: .....

- راه‌آهن/ مترو □:

- مسیر: .....
- کیلومتر: .....

- شهری ■:

- تقاطع: خیابان انقلاب و خیابان حافظ

- موارد ویژه □:

- نوع کاربری: وسایل نقلیه سبک و سنگین شهری
- محل احداث: .....

الف-٤- کارفرمای ساخت

- وزارت راه □:

- معاونت توسعه راه‌ها (پل‌های جدید و در دست احداث) □
- راه و ترابری استان (پل‌های جدید و در دست احداث، بهسازی، ترمیم و اصلاح پل‌های موجود) □

- راه آهن □:

- شهرداری □:

- معاونت فنی و عمرانی ■
- شهرداری منطقه □ ؛ منطقه: .....

- سایر سازمان‌ها □ ؛ توضیح: .....

الف-۵- تاریخ احداث و بهره‌برداری:

- تاریخ شروع مطالعات: سالهای ۱۹۷۰ میلادی

- تاریخ اتمام مطالعات: سالهای ۱۹۷۰ میلادی

- تاریخ شروع عملیات اجرائی: حدود سال ۱۳۵۰

- **تاریخ تکمیل عملیات اجرائی و شروع بهره‌برداری** (در مورد پل‌های در حال بهره‌برداری)حدود سال ۱۳۵۳ **یا تاریخ قابل تخمین اختتام عملیات اجرایی** (در مورد پل‌های در دست احداث): .....

الف-٦- شرکت مشاور در مراحل مطالعاتی، طراحی و نظارت:

- مرحله مطالعات توجیهی و امکان سنجی: اطلاعی در دست نیست.
- **مرحله اول:** اطلاعی در دست نیست.
- **مرحله دوم:** اطلاعی در دست نیست.
- **مرحله سوم:** اطلاعی در دست نیست.

الف-۷- شرکت پیمانکار: نوبلز بلژیک

الف-۸- مرحله کار در زمان تکمیل شناسنامه:

- - دردست مطالعه □
- - در دست احداث □
- - درحال بهره‌برداری ■
- - در دست بهسازی در حین بهره‌برداری □
- - در دست بهسازی در حال توقف بهره‌برداری □
- - متروکه □

الف-۹- کاربری:

- راه خارج شهر:

- آزاده راه □
- راه اصلی □
- راه فرعی □

- راه‌آهن/ مترو:

- واقع در مسیر با اهمیت زیاد □
- واقع در مسیر با اهمیت متوسط □
- واقع در مسیر با اهمیت کم □

- شهری

- بزرگراه □: شریان حیاتی؟ بلی□ خیر□
- مسیر اصلی ■: شریان حیاتی؟ بلی□ خیر■
- سایر مسیرها □

الف-۱۰- میزان اهمیت پل:

- اهمیت استراتژیک □
- اهمیت در مدیریت بحران پس از وقوع سوانح طبیعی ■
- متعارف □

الف-۱۱- نوع تقاطع یا مانع:

- آیا پل برفراز آبراه یا دره‌ها یا دشتهای سیلابی قرار دارد؟

بلی □:

نامی که رودخانه، درّه رود، آبراه، یا دشت سیلابی به آن موسوم است: .....

خیر□

- آیا پل برفراز دریاچه، دریا، خلیج یا تنگه واقع است؟

بلی □:

نامی که دریاچه، دریا، خلیج یا تنگه به آن موسوم است: .....

خیر □

- آیا پل برفراز مسیر راه قرار دارد؟

بلی ■:

مسیر زیر گذر: .....

خیر □

- آیا پل بر فراز مسیر راه‌آهن زیرگذر قرار دارد؟

بلی □:

مسیر راه‌آهن زیرگذر: .....

خیر □

- آیا پل بر فراز خیابان‌های هم مسیر با مسیر پل یا برفراز ابنیه و تأسیسات شهری غیرخصوصی استقرار دارد؟ بلی■:

نام محله شهر، نام خیابان یا مسیر زیرین (در صورت وجود)، نام
و نوع کاربری تأسیسات و ابنیه زیرین (در صورت موجود بودن):

خیر □

- سایر حالات □: توضیح: .....

الف-۱۲- میزان اهمیت مسیر زیرگذر یا ابنیه و تأسیسات زیرین پل:

- حائز اهمیت استراتژیک □
- حائز اهمیت در مدیریت بحران پس از وقوع سوانح طبیعی ■

- متعارف □

الف-۱۳- عواقب فروریزی پل طی بهره‌برداری متعارف یا تحت تأثیر وقوع سوانح طبیعی، *علاوه بر خسارات متحمل جانی و قطع ارتباط از طریق پل:*

- مسدود شدن مسیر زیرگذر ■
- اعمال خسارت به ابنیه و تأسیسات □
- سد معبر یا اختلال در عبور شناورهای زیرگذر □

اعمال خسارت به پل‌ها، ابنیه و تأسیسات پائین دست □

الف-۱٤- ویژگیهای عمومی ساختگاه پل:

- **از نظر پهنه‌بندی لرزه‌ای** (در صورت عدم وجود نقشه‌های پهنه‌بندی یا ریز پهنه‌بندی لرزه‌ای منطقه، بر اساس اطلاعات موجود در سطوح منطقه، استان و کشور و همچنین طبقه‌بندی آئین‌نامه ۲۸۰۰):

- بر اساس اطلاعات حاصل از مطالعات پهنه‌بندی یا ریز پهنه‌بندی لرزه‌ای منطقه I

توضیح: شهر تهران کلاً در پهنه ۱ آیین‌نامه ۲۸۰۰ قرار دارد. ولی مطالعات ریز پهنه‌بندی موجود شتاب مبنای طرح را ..... توصیه می‌نماید.

- بر اساس طبقه‌بندی تقریبی آئین‌نامه (استاندارد) ۲۸۰۰ ■

خطرپذیری کم□ خطرپذیری متوسط□ خطرپذیری زیاد□ خطرپذیری خیلی زیاد■

- **از دیدگاه احتمال بروز روانگرائی** *(بر اساس اطلاعات موجود)*:

غیر محتمل■ احتمال ناچیز□ خطرپذیری بالقوه□ احتمال زیاد□

- **از دیدگاه احتمال بروز زمین لغزش** *(بر اساس اطلاعات موجود)*:

غیر محتمل■ احتمال ناچیز□ خطرپذیری بالقوه□ احتمال زیاد□

- **خطرپذیری در ارتباط با سیل و طغیان** *(بر اساس اطلاعات موجود)*:

خطرپذیر اندک■ خطرپذیری بالقوه□ خطرپذیری زیاد □

- **خطرپذیری در ارتباط با بادو طوفان** *(بر اساس اطلاعات موجود)*:

خطرپذیر اندک■ خطرپذیری بالقوه□ خطرپذیری زیاد □

- **از دیدگاه احتمال ریزش کوه (سنگ و خاک) بر پل** *(بر اساس اطلاعات موجود)*:

غیر محتمل■ احتمال ناچیز□ خطرپذیری بالقوه□ احتمال زیاد□

- **خطرپذیری تحت تأثیر سایر سوانح و مخاطرات طبیعی** *(بر اساس اطلاعات موجود)*:

توضیح: .....

.....

الف-۱۵- شرایط اقلیمی و آب و هوا:

- **نوع اقلیم:** گرمسیر□ معتدل■ سردسیر□

- **میزان رطوبت:** خشک□ رطوبت نسبی متعادل■ مرطوب□

الف-۱۶- نوع مصالح:

- **نوع مصالح عرشه**
  - **بتن درجا** □:
    - **بتن مسلح** □
    - **بتن پیش‌تنیده** □
  - **بتن پیش ساخته** □:
    - **بتن مسلح** □
    - **بتن پیش‌تنیده**□
    - **مختلط** (از بتن پیش ساخته و درجا) □
  - **فولادی** ■
  - **مختلط** (از فولاد و بتن) □
  - **مصالح بنائی** □
  - **مصالح بنائی توأم با بتن ساده** □
  - **چوبی** □
  - **مصالح کامپوزیت** □
  - **سایر مصالح و ترکیبات مصالح** □ توضیح: .....
- **نوع مصالح پایه‌های میانی:**

بتن مسلح □ **فولادی** ■ **مختلط** (از فولاد و بتن) □ **بتن مسلح با رویه کامپوزیت** □

بتن ساده □ **مصالح بنائی**□ **مصالح بنائی توأم با بتن ساده**□ **چوبی**□

سایر مصالح و ترکیبات مصالح□ توضیح: .....

- **نوع مصالح پایه‌های کناری** (کوله‌ها):

بتن مسلح ■ **بتن ساده** □ **مصالح بنائی** □ **خاک مسلح** با نمای پیش‌ساخته و زیرسری بتن مسلح □

سایر مصالح و ترکیبات مصالح□ توضیح: .....

الف-۱۷- سیستم سازه:

- دهانه‌های ساده (دوسر مفصل) ■
- دهانه‌هاس پیوسته (یکسره) □
- دهانه‌های با عملکرد طره‌ای □
- قوسی کلافدار □
- قوسی بدون کلاف □
- قاب خمشی در جهت طولی □

- قاب خمشی در جهت عرضی □
- ترکه‌ای (کابلی): □
- چنگواره‌ای □
- باد بزنی □
- معلق □

الف-۱۸- ویژگی‌های هندسی عمومی

- پل مستوی □
- پل مورب □
- پل دارای قوس در پلان □
- پل دارای قوس در ارتفاع ■
- پل دارای قوس هم در پلان و هم در ارتفاع □

الف-۱۹- ویژگی‌های تقاطع

- پل روگذر بر فراز مسیر همسطح با تراز زمین محل ■
- پل روگذر همسطح با تراز زمین محل، گذرنده از مسیر زیرگذر یا دره‌های سیلابی □
- سایر حالات □: توضیح: .....

الف-۲۰- مشخصات عمومی پل:

- **سطح کل عرشه پل** (مترمربع): **۳٤۰۲**

- **تعداد مسیرهای عبور:**
- **پل‌های شهری و راه:**
  - تعداد مسیرهای رفت: **یک**■ دو□ سه□ چهار□ > چهار□
  - تعداد مسیرهای برگشت: **یک**■ دو□ سه□ چهار□ > چهار□
- **پل‌های راه‌آهن:**
  - تعداد مسیرهای رفت: **یک**□ دو□ سه یا بیشتر□
- **طول کل پل از کوله تا کوله: ۳۲٤**
- **تعداد دهانه‌ها: ۱٤**
- **طول دهانه‌ها** *(به ترتیب از یک سمت)*: **اولین دهانه غربی ۱۲ متر و سایر دهانه‌ها ۲٤ متر می‌باشد.**
- **کوله‌ها:**
  - **نوع کوله‌ها:** بسته■ باز□
  - **ارتفاع کوله‌ها:** - از تراز فوقانی پی: ..... و ..... متر

- از تراز محوطه‌سازی: ..... و ..... متر

- **پایه‌ها:**
  - **ارتفاع پایه‌ها:**
    - از تراز روی شالوده یا پاستون:
      - ارتفاع حداقل پایه‌های میانی: ۱/۰۵ متر
      - ارتفاع حداکثر: ٦/۰٤ متر
    - از تراز محوطه‌سازی:
      - ارتفاع حداقل پایه‌های میانی: ۰/۸۵ متر
      - ارتفاع حداکثر: ۵/۸٤ متر
- **حداقل ارتفاع آزاد تأمین شده برای زیرگذر** (در مورد پل‌های گذرنده بر فراز آب‌گذرها، ارتفاع آزاد از تراز داغ آب): ..... متر

الف-۲۱- پیشینه ترمیم و بهسازی:

- **آیا پس از آغاز بهره‌برداری، افزون بر عملیات متعارف نگهداری، ترمیم یا بهسازی انجام شده است؟**

بلی □:

نیت از بهسازی و نتایج حاصله (به اختصار):

خیر ■:

الف-۲۲- هدف از تکمیل شناسنامه فنی:

- مستندسازی و جمع‌آوری اطلاعات در بایگانی فنی پل در چارچوب ساختار اطلاعات مدیریت پل‌ها ■
- مستندسازی به منظور ارزیابی میزان کفایت پل در بهره‌برداری متعارف و/یا رتبه‌بندی □
- مستندسازی به منظور تعیین ظرفیت باربری □
- مستندسازی به منظور ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای □
  - سطح اطلاعات مورد نظر:

جامع□ متعارف□ حداقل□

- مستندسازی به منظور ارزیابی آسیب‌پذیری تحت تأثیر سیل و طغیان □
- مستندسازی به منظور ارزیابی آسیب‌پذیری تحت تأثیر عوامل دیگر □
  - عامل یا عوامل مورد نظر: .....

الف-۲۳- مکان و مراجع جمع‌آوری اطلاعات و محل کسب اطلاعات:

- ساختگاه ■
- دفتر کارفرما (یا سازمان مسئول بهره‌برداری و نگهداری) ■

- دفتر مشاور □
- دفتر پیمانکار □
- سایر مراکز اسناد و بایگانی فنی □
- سمت پاسخگو: .....

الف-۲٤- کروکی پل شامل موارد زیر تهیه و ضمیمه گردد:

- نما ■
- پلان ■
- نوع تکیه‌گاهها ■
- ابعاد اصلی ■
- مقاطع ظاهری و در صورت در اختیار بودن یا امکان‌پذیر بودن برداشت، مشخصات ابعاد درونی اعضا □

الف-۲۵- تصاویر گویائی از پل شامل موارد زیر تهیه و ضمیمه شود:

- نماهای از پهلو و روی پل (نشانگر ویژگی‌های هندسی پل، سیستم سازه، توپوگرافی محل، مشخصه‌های رژیم هیدرولیکی، ...) □
- جزئیات حائز اهمیت (نشانگر وضعیت اعضا، اجزا، اتصالات، تکیه‌گاه‌ها، درزهای انبساط، نرده‌های حفاظ و جداول و پیاده‌روها، روسازی، سیستم زهکشی و جمع‌آوری آب‌های سطحی، کیفیت مصالح پل و نارسائی‌های طرح، ساخت و نگهداری، ...) □

الف- ۲٦- گزیده‌ای از نقشه‌ها و مدارک فنی پل، در صورت موجود بودن، ضمیمه شود:

نقشه‌های توپوگرافی□ نقشه‌های وضعیت فیزیکی منطقه و سامانه‌های اطراف□

نقشه‌های گسل‌های شناسائی شده منطقه□ نقشه‌های طرح هندسی□ نقشه‌های طراحی سازه□

نقشه‌های جزئیات اجرائی□ نقشه‌های چون ساخت□ مشخصات فنی□

گزارش آزمایش‌های مکانیک خاک□ گزارش آزمایش‌های مصالح□ مستندات کنترل کیفیت□

نقشه‌ها و مستندات طرح‌های بهسازی□

گزیده سایر نقشه‌ها و مدارک فنی، گزارش‌های سایر آزمایش‌ها□: فهرست: .....

.....

الف-۲۷- خلاصه نکات حائز اهمیت و کلیدی این بخش، در چارچوب اهداف مذکور در فوق:

ب) اسناد و مدارک فنی موجود

ب-۱- گزارشات مطالعات توجیهی و امکان‌سنجی:

موجود است□ به طور ناقص موجود است□ موجود نیست■

ب-۲- گزارشات و نقشه‌های مطالعات مرحله اول:

موجود است□ به طور ناقص موجود است□ موجود نیست■

ب-۳- دفاتر محاسبات فنی مرحله دوم:

موجود است□ به طور ناقص موجود است□ موجود نیست■

ب-٤- نقشه‌های طراحی:

موجود است□ به طور ناقص موجود است□ موجود نیست■

ب-٥- نقشه‌های ساخت و نصب:

موجود است□ به طور ناقص موجود است□ موجود نیست■

ب-٦- نقشه‌های وضعیت اجرا شده (چون ساخت):

موجود است■ به طور ناقص موجود است□ موجود نیست□

ب-۷- مشخصات فنی خاص پروژه و دستورالعملهای اجرایی:

موجود است□ به طور ناقص موجود است□ موجود نیست■

ب-۸- مدارک دستور کارهای کارگاهی در حین عملیات اجرایی:

موجود است□ به طور ناقص موجود است□ موجود نیست■

ب-۹- مدارک مربوط به آزمایشهای کنترل کیفیت در مرحله ساخت:

موجود است□ به طور ناقص موجود است□ موجود نیست■

ب-۱۰- گزارشهای مرتبط با تاریخچه مرمت و بازرسی‌های فنی معمول و ادواری:

موجود است□ به طور ناقص موجود است□ موجود نیست■

ب-۱۱- در مورد پل‌های ارزیابی و/یا بهسازی شده:

- **گزارشهای ارزیابی کیفی:**

موجود است□ به طور ناقص موجود است□ موجود نیست■

- **مدارک و آزمایشها و کند و کاوهای شناسائی:**

موجود است□ به طور ناقص موجود است□ موجود نیست■

- **گزارشهای ارزیابی کمّی:**

موجود است□ به طور ناقص موجود است□ موجود نیست■

- **نقشه‌ها و دستورالعملهای عملیات ترمیم و بهسازی احتمالی:**

موجود است□ به طور ناقص موجود است□ موجود نیست■

ب-۱۲- فهرست گزارشهای موجود:

زمینه مطالعات گزارش شده	در حدّ مطالعات مقدماتی	در حدّ مطالعات تفصیلی
• ترافیک و ترابری □	□	□
• زیست محیطی □	□	□
• زمین شناسی □	□	□
• لرزه زمین ساخت □	□	□
• لرزه‌شناسی و لرزه‌خیزی □	□	□
• زمین‌شناسی مهندسی □	□	□
• توپوگرافی □	□	□
• هیدروگرافی □	□	□
• مورفوگرافی □	□	□
• هیدرولیک □	□	□
• هیدرولوژی □	□	□
• عوامل تابع شرایط اقلیمی□	□	□
• ژئوتکنیک لرزه‌ای □	□	□
• مکانیک خاک □	□	□
• تحلیل خطر □	□	□
• مکان‌یابی □	□	□
• طرح هندسی راه □	□	□
• طراحی مفهومی □	□	□
• شناخت امکانات منطقه‌ای□	□	□
• ارزیابی فنّی و اقتصادی □	□	□
• مطالعات امکان سنجی □	□	□
• مطالعات مرحله اول و انتخاب گزینه برتر □	□	□
• مطالعات مرحله دوم و مشخصات فنی ساخت □	□	□
• آزمایشهای حین ساخت □	□	□

• دستورالعمل بهره‌برداری □	□	□
• دستورالعمل نگهداری □	□	□
• بازرسی‌های فنی و ترمیمات□	□	□
• ارزیابی آسیب‌پذیری □	□	□
• آزمایشهای شناسائی □	□	□
• طرح و دستورالعمل بهسازی□	□	□
• سایر موارد ذیربط: توضیح:		

ب-۱۳- فهرست نقشه‌های موجود:

نقشه‌ها	در حدّ مطالعات مقدماتی	در حدّ مطالعات تفصیلی
• توپوگرافی □	□	□
• هیدروگرافی □	□	□
• نقشه‌های وضعیت فیزیکی منطقه و سامانه‌های اطراف□	□	□
• زمین‌شناسی مهندسی □	□	□
• مورفولوژی □	□	□
• شتاب طیفی □	□	□
• طرح هندسی □	□	□
• رژیم هیدرولیکی و پروفیل‌ها□	□	□
• گزینه‌های مرحله اول □	□	□
• طرح تفصیلی گزینه برتر □	□	□
• جزئیات اجرائی □	□	□
• ساخت و نصب □	□	□
• چون ساخت □	□	□
• طرح بهسازی احتمالی □	□	□
• سایر موارد ذیربط: توضیح:		

ب-۱٤- محل یا محل‌های نگهداری مدارک و مستندات پروژه: .....

.....

پ) مشخصه‌های ترافیکی و ترابری

پ-۱- سرعت مبنای طرح (کیلومتر بر ساعت): .....

پ-۲- میانگین نرخ تردد روزانه مفروض در طراحی:

(با ذکر نوع وسائط نقلیه): .....

.....

پ-۳- میانگین نرخ تردد روزانه در زمان تکمیل شناسنامه:

(با ذکر نوع وسائط نقلیه): .....

.....

پ-٤- پیش‌بینی بیشینه میانگین نرخ تردد روزانه در سال در طول عمر مفید پل در آتیه:

(با ذکر نوع وسائط نقلیه): .....

.....

پ-۵- اهمیت پل از نظر ترافیکی:

استراتژیک□ زیاد■ متوسط□ کم□

پ-٦- اهمیت پل از نظر مدیریت بحران پس از وقوع زلزله:

استراتژیک■ زیاد□ متوسط□ کم□

پ-۷- اهمیت پل از نظر حمل کالاهای اساسی:

استراتژیک□ زیاد□ متوسط□ کم■

پ-۸- نارسائیهای ترافیکی:

- - باریک شدن مسیر در محل پل ■
- - قوس نامطلوب قائم یا افقی منجر به نارسائی ترافیکی □
- - شیب‌های شکسته و نامطلوب از نظر دید و اعمال ضربه وسائط نقلیه به پل □
- - اختلاف تراز در درزهای ورودی و خروجی (درز بین دال دسترسی و عرشه پل) ■
- - نارسائیهای روسازی ناشی از کاستیهای عملکرد درزها، نشست نامتجانس و نارسائیهای سازه‌ای □
- - سایر نارسائیهای روسازی □
- - نارسائیهای جداول و نرده‌های حفاظ از دیدگاه ایمنی ■

پ-۹- خلاصه نکات حائز اهمیت این بخش: .....

پیوست ۳

برداشت وضعیت موجود روسازی و درزهای عرشه

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

چک لیست برداشت سریع وضعیت عناصر غیرسازه‌ای عرشه

شناسه پل: SB-02 **نام پل:** حافظ- انقلاب

وضعیت کلی عناصر غیرسازه‌ای عرشه

نیازمند اصلاحات کلی ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☑

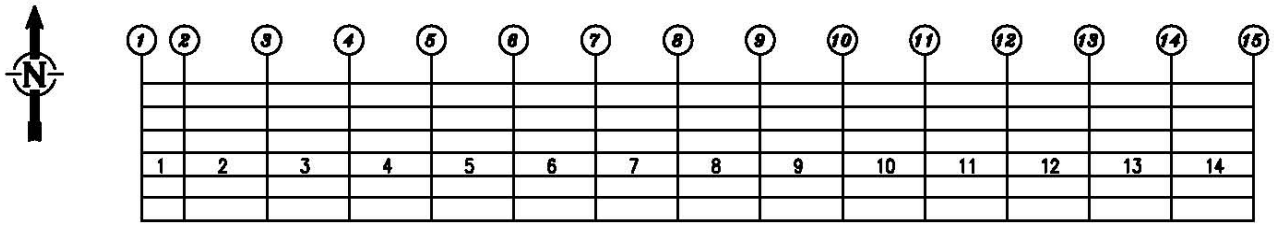
نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐

	1	2
f	1S, 4S, 6S, 7S, 9S, 12S	12M, 11M, 9M, 8M, 2F
e	1S, 4S, 6S, 7S, 9S, 12S	12M, 11M, 9M, 8M, 2F
d	1S, 4S, 6S, 7S, 9S, 12S	12M, 11M, 9M, 8M, 2F
c	1S, 4S, 6S, 7S, 9S, 12S	12M, 11M, 9M, 8M, 2F
b	1S, 4S, 6S, 7S, 9S, 12S	12M, 11M, 9M, 8M, 2F
a	1S, 4S, 6S, 7S, 9S, 12S	

پلان محدوده رو سازی مورد بررسی 1

توضیحات:

- محور ۱ محل نشیمن تیرها بر روی کوله بتنی غربی می‌باشد.



پلان راهنما

نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
آسیب‌دیدگی لبه‌های روکش	1	باز شدگی متغیر درزها	7
پله‌ای شدن تیرها نسبت به یکدیگر	2	خارج شدن درزگیرها از محل خود	8
جدا شدن و از بین رفتن روکش	3	پارگی نوار درزگیرها	9
موج‌دار شدن روکش	4	پر شدن درزها از آسفالت	10
تغییر ضخامت ناگهانی روکش	5	فرسوده شدن و هوازدگی درزگیرها	11
تغییر فرم درزها	6	آب‌بند نبودن درزگیرها	12

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	تاریخ برداشت
ر. باقرلو	تیر و مرداد۸۷

وضعیت روسازی عرشه و درزها- قطعه ۱

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

چک لیست برداشت سریع وضعیت عناصر غیرسازه‌ای عرشه

شناسه پل: **SB-02** **نام پل:** حافظ- انقلاب

وضعیت کلی عناصر غیرسازه‌ای عرشه

نیازمند اصلاحات کلی ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☑

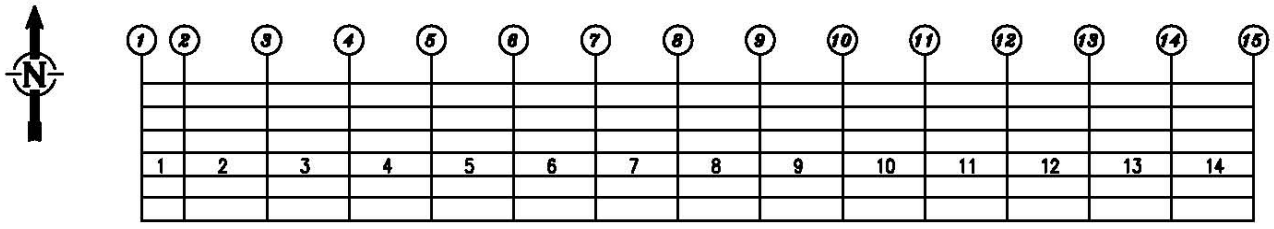
نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐

	2		3
f	2M, 6F, 9F, 12M	5M	2M, 11M, 9M, 8M, 2F
e	2M, 6F, 9F, 12M		2M, 11M, 9M, 8M, 2F
d	2M, 6F, 9F, 12M		2M, 11M, 9M, 8M, 2F
c	2M, 6F, 9F, 12M		2M, 11M, 9M, 8M, 2F
b	2M, 6F, 9F, 12M		2M, 11M, 9M, 8M, 2F
a	2M, 6F, 9F, 12M		

پلان محدوده رو سازی مورد بررسی

2

توضیحات:

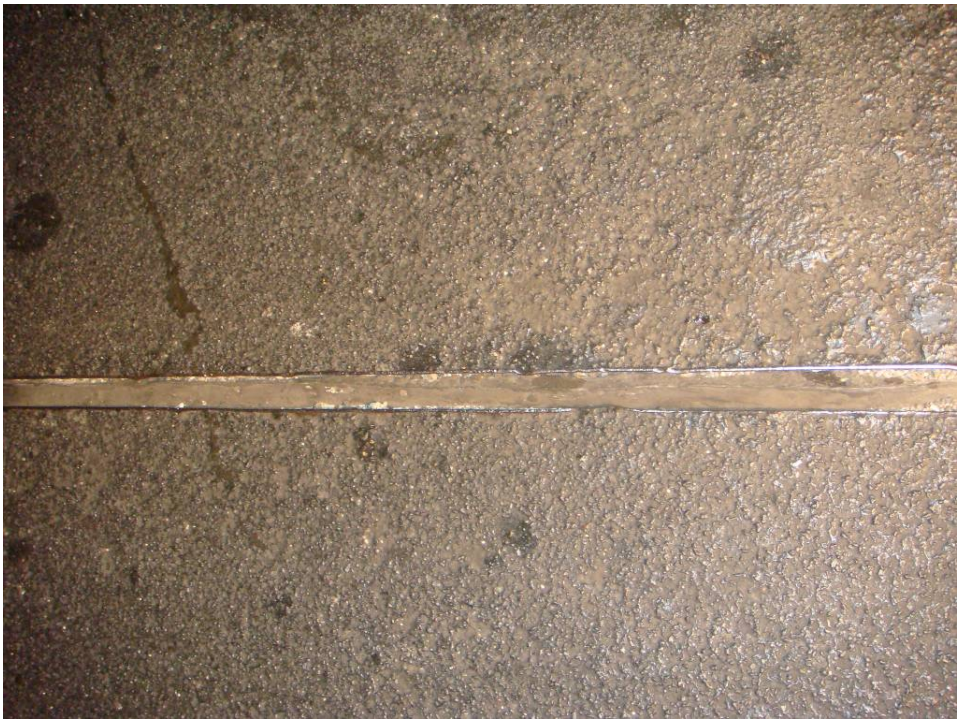


پلان راهنما

نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
آسیب‌دیدگی لبه‌های روکش	1	باز شدگی متغیر درزها	7
پله‌ای شدن تیرها نسبت به یکدیگر	2	خارج شدن درزگیرها از محل خود	8
جدا شدن و از بین رفتن روکش	3	پارگی نوار درزگیرها	9
موج‌دار شدن روکش	4	پر شدن درزها از آسفالت	10
تغییر ضخامت ناگهانی روکش	5	فرسوده شدن و هوازدگی درزگیرها	11
تغییر فرم درزها	6	آب‌بند نبودن درزگیرها	12

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	تاریخ برداشت
ر. باقرلو	تیر و مرداد۸۷



وضعیت روسازی عرشه و درزها- قطعه ۲

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

چک لیست برداشت سریع وضعیت عناصر غیرسازه‌ای عرشه

شناسه پل: **SB-02** **نام پل:** حافظ- انقلاب

وضعیت کلی عناصر غیرسازه‌ای عرشه

نیازمند اصلاحات کلی ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☑

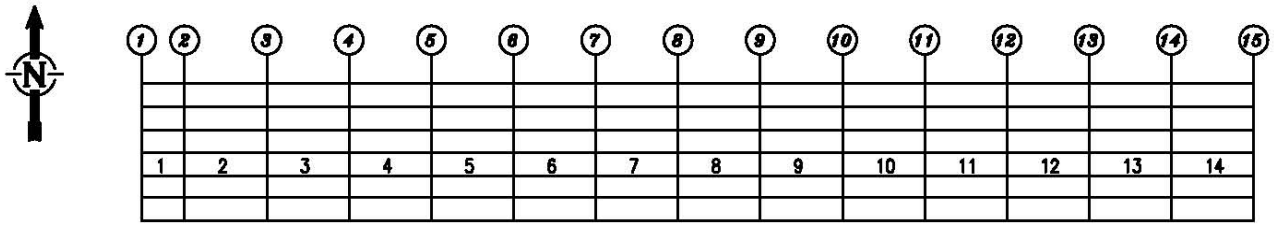
نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐

	3			4
f	1M, 2S, 12S		12M, 11M, 8M, 9M, 2F	
e	1M, 2S, 12S		12M, 11M, 8M, 9M, 2F	
d	1M, 2S, 12S		12M, 11M, 8M, 9M, 2F	8S
c	1M, 2S, 12S	3F	12M, 11M, 8M, 9M, 2F	
b	1M, 2S, 12S		12M, 11M, 8M, 9M, 2F	
a	1M, 2S, 12S			

پلان محدوده رو سازی مورد بررسی

3

توضیحات:

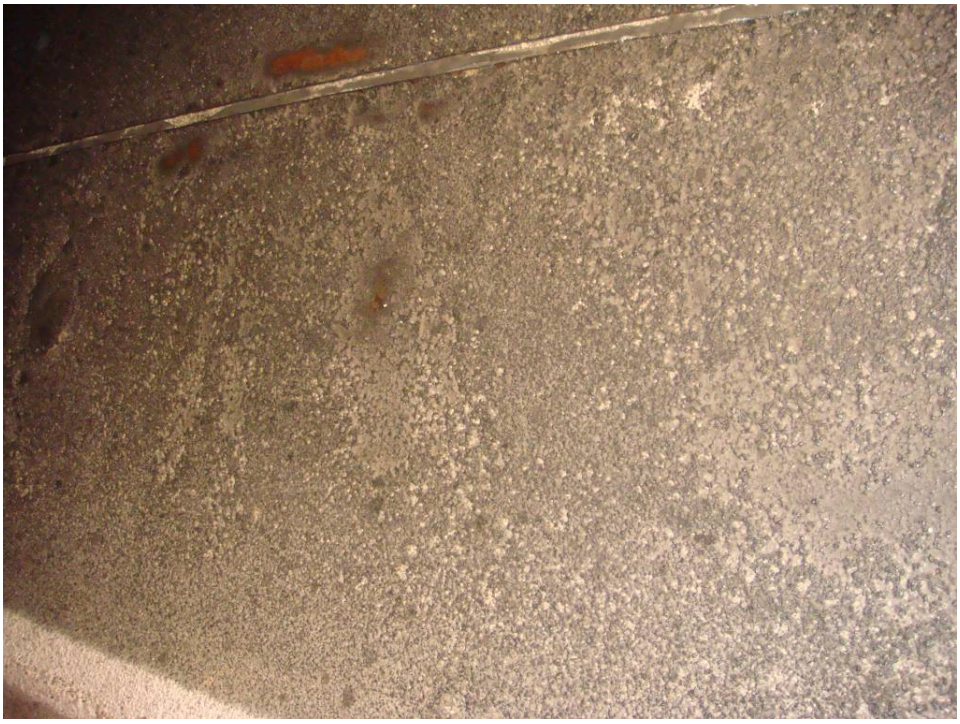


پلان راهنما

نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
آسیب‌دیدگی لبه‌های روکش	1	باز شدگی متغیر درزها	7
پله‌ای شدن تیرها نسبت به یکدیگر	2	خارج شدن درزگیرها از محل خود	8
جدا شدن و از بین رفتن روکش	3	پارگی نوار درزگیرها	9
موج‌دار شدن روکش	4	پر شدن درزها از آسفالت	10
تغییر ضخامت ناگهانی روکش	5	فرسوده شدن و هوازدگی درزگیرها	11
تغییر فرم درزها	6	آب‌بند نبودن درزگیرها	12

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	تاریخ برداشت
ر. باقرلو	تیر و مرداد۸۷



وضعیت روسازی عرشه و درزها- قطعه ۳

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

چک لیست برداشت سریع وضعیت عناصر غیرسازه‌ای عرشه

شناسه پل: **SB-02** **نام پل:** حافظ- انقلاب

وضعیت کلی عناصر غیرسازه‌ای عرشه

نیازمند اصلاحات کلی ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☑

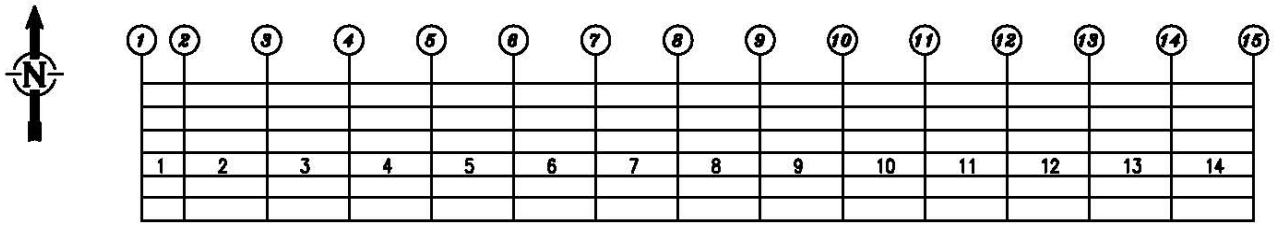
نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐

	4		5
f	2M, 7F, 9M, 12M	12M, 11M, 9M, 8M, 2F	
e	2M, 7F, 9M, 12M	12M, 11M, 9M, 8M, 2F	
d	2M, 7F, 9M, 12M 8S	12M, 11M, 9M, 8M, 2F	
c	2M, 7F, 9M, 12M	12M, 11M, 9M, 8M, 2F 8S	
b	2M, 7F, 9M, 12M	12M, 11M, 9M, 8M, 2F	
a	2M, 7F, 9M, 12M		

پلان محدوده رو سازی مورد بررسی

4

توضیحات:

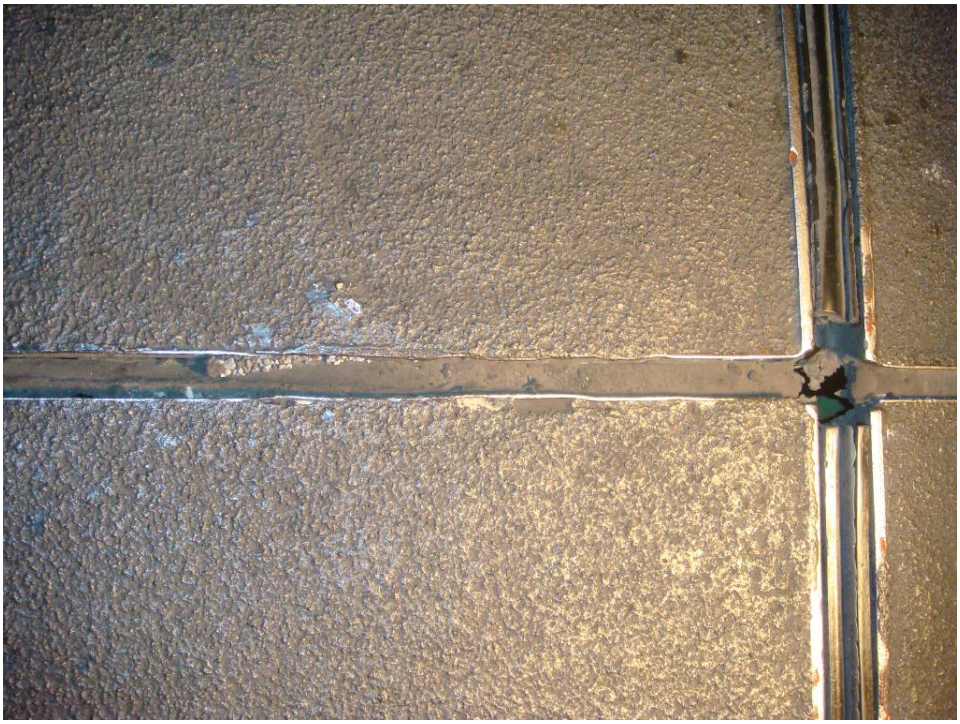


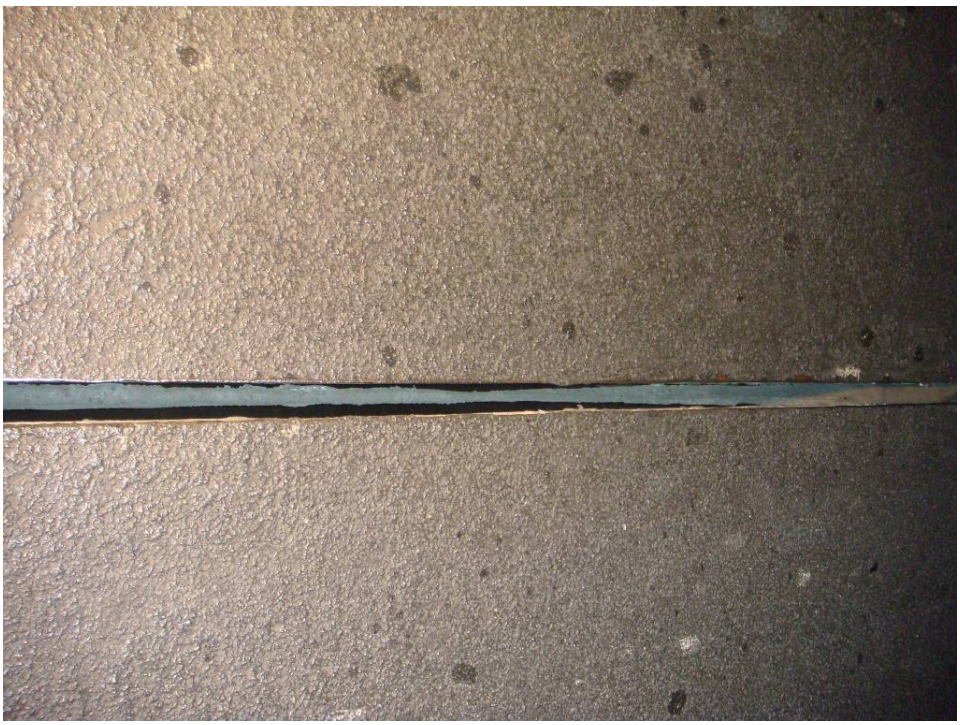
پلان راهنما

نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
آسیب‌دیدگی لبه‌های روکش	1	باز شدگی متغیر درزها	7
پله‌ای شدن تیرها نسبت به یکدیگر	2	خارج شدن درزگیرها از محل خود	8
جدا شدن و از بین رفتن روکش	3	پارگی نوار درزگیرها	9
موج‌دار شدن روکش	4	پر شدن درزها از آسفالت	10
تغییر ضخامت ناگهانی روکش	5	فرسوده شدن و هوازدگی درزگیرها	11
تغییر فرم درزها	6	آب‌بند نبودن درزگیرها	12

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	ر. باقرلو
تاریخ برداشت	تیر و مرداد۸۷





وضعیت روسازی عرشه و درزها- قطعه ٤

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

چک لیست برداشت سریع وضعیت عناصر غیرسازه‌ای عرشه

شناسه پل: **SB-02** **نام پل:** حافظ- انقلاب

وضعیت کلی عناصر غیرسازه‌ای عرشه

نیازمند اصلاحات کلی ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☑

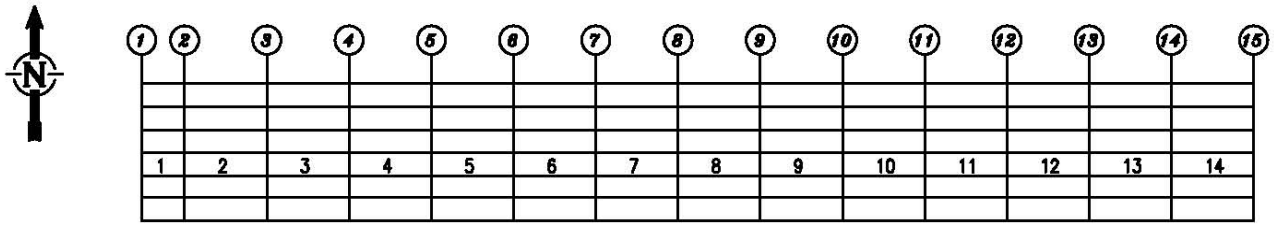
نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐

	5		6
f	2M, 7F, 9M, 12M	12M, 11M, 9M, 8M, 2F	
e	2M, 7F, 9M, 12M	12M, 11M, 9M, 8M, 2F	
d	2M, 7F, 9M, 12M	12M, 11M, 9M, 8M, 2F	
c	2M, 7F, 9M, 12M	12M, 11M, 9M, 8M, 2F	8S
b	2M, 7F, 9M, 12M	12M, 11M, 9M, 8M, 2F	
a	1M, 2M, 7F, 9M, 12M		

پلان محدوده رو سازی مورد بررسی

5

توضیحات:

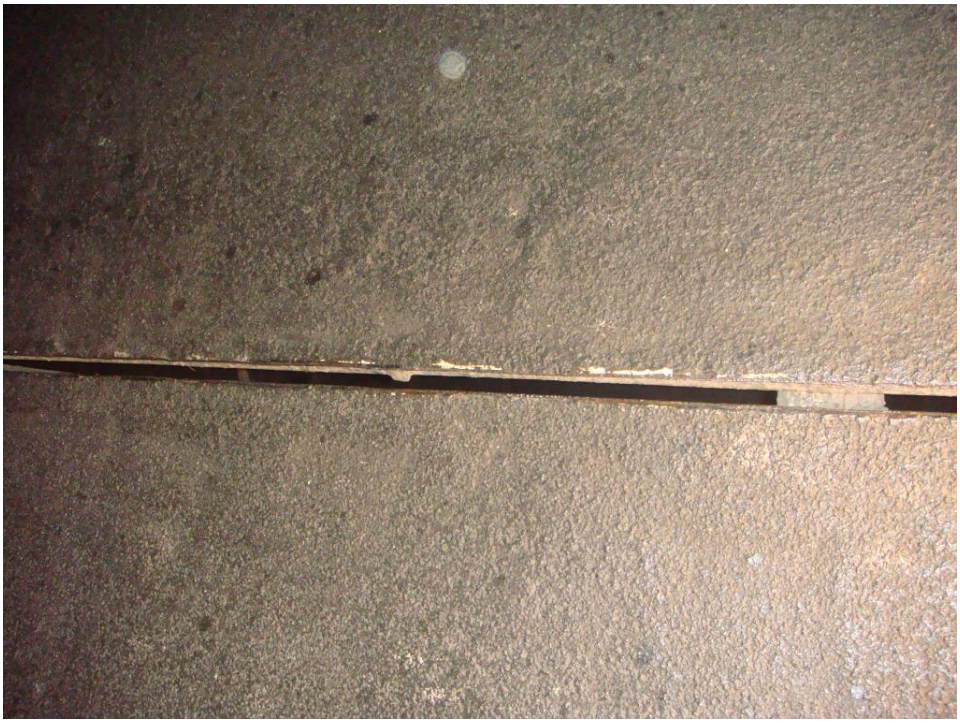


پلان راهنما

نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
آسیب‌دیدگی لبه‌های روکش	1	باز شدگی متغیر درزها	7
پله‌ای شدن تیرها نسبت به یکدیگر	2	خارج شدن درزگیرها از محل خود	8
جدا شدن و از بین رفتن روکش	3	پارگی نوار درزگیرها	9
موج‌دار شدن روکش	4	پر شدن درزها از آسفالت	10
تغییر ضخامت ناگهانی روکش	5	فرسوده شدن و هوازدگی درزگیرها	11
تغییر فرم درزها	6	آب‌بند نبودن درزگیرها	12

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	تاریخ برداشت
ر. باقرلو	تیر و مرداد۸۷



وضعیت روسازی عرشه و درزها- قطعه ۵

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

چک لیست برداشت سریع وضعیت عناصر غیرسازه‌ای عرشه

شناسه پل: **SB-02** **نام پل:** حافظ- انقلاب

وضعیت کلی عناصر غیرسازه‌ای عرشه

نیازمند اصلاحات کلی ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☑

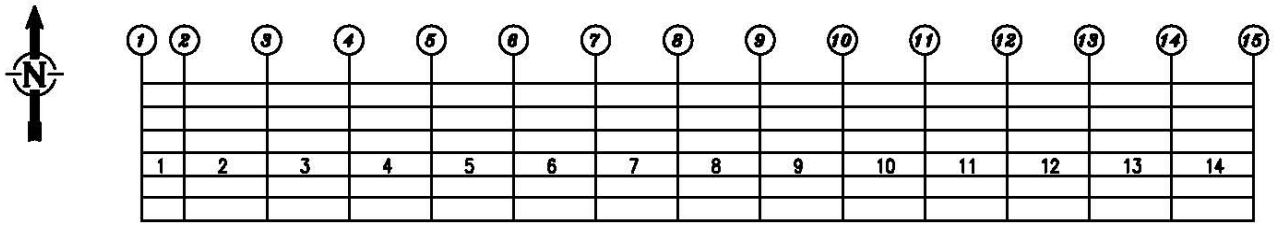
نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐

	6		7
f	2S, 7F, 9M, 12M		12M, 11M, 9M, 8M, 2F
e	2S, 7F, 9M, 12M		12M, 11M, 9M, 8M, 2F
d	2S, 7F, 9M, 12M		12M, 11M, 9M, 8M, 2F
c	2S, 7F, 9M, 12M	8S	12M, 11M, 9M, 8M, 2F
b	2S, 7F, 9M, 12M		12M, 11M, 9M, 8M, 2F
a	2S, 7F, 9M, 12M		

پلان محدوده رو سازی مورد بررسی

6

توضیحات:

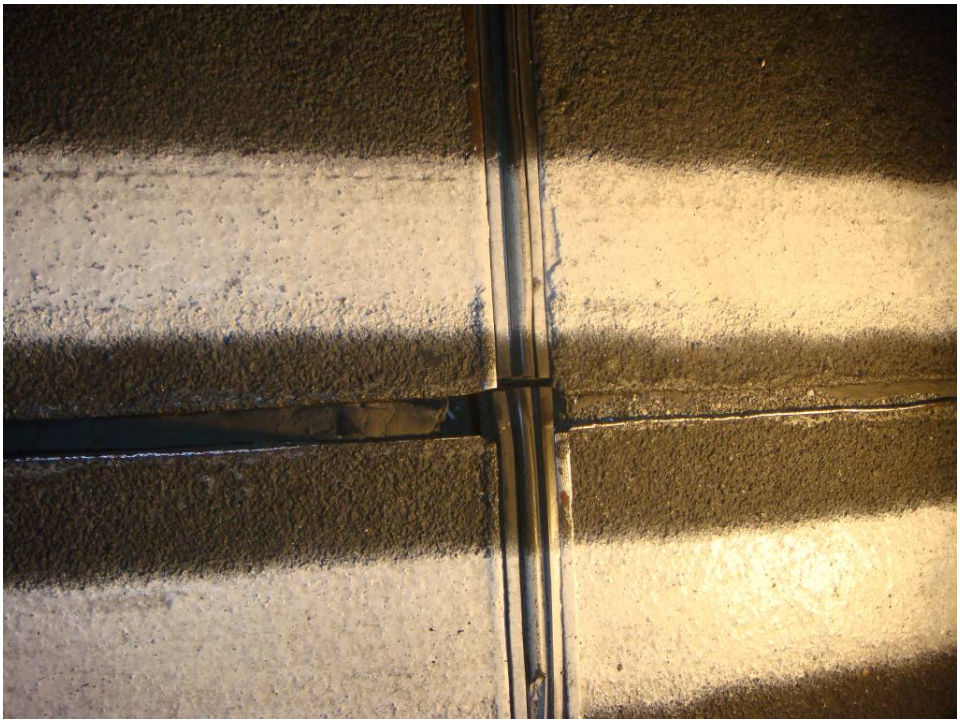


پلان راهنما

نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
آسیب‌دیدگی لبه‌های روکش	1	باز شدگی متغیر درزها	7
پله‌ای شدن تیرها نسبت به یکدیگر	2	خارج شدن درزگیرها از محل خود	8
جدا شدن و از بین رفتن روکش	3	پارگی نوار درزگیرها	9
موج‌دار شدن روکش	4	پر شدن درزها از آسفالت	10
تغییر ضخامت ناگهانی روکش	5	فرسوده شدن و هوازدگی درزگیرها	11
تغییر فرم درزها	6	آب‌بند نبودن درزگیرها	12

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	تاریخ برداشت
ر. باقرلو	تیر و مرداد۸۷



وضعیت روسازی عرشه و درزها- قطعه ٦

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

چک لیست برداشت سریع وضعیت عناصر غیرسازه‌ای عرشه

شناسه پل: **SB-02** **نام پل:** حافظ- انقلاب

وضعیت کلی عناصر غیرسازه‌ای عرشه

نیازمند اصلاحات کلی ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☑

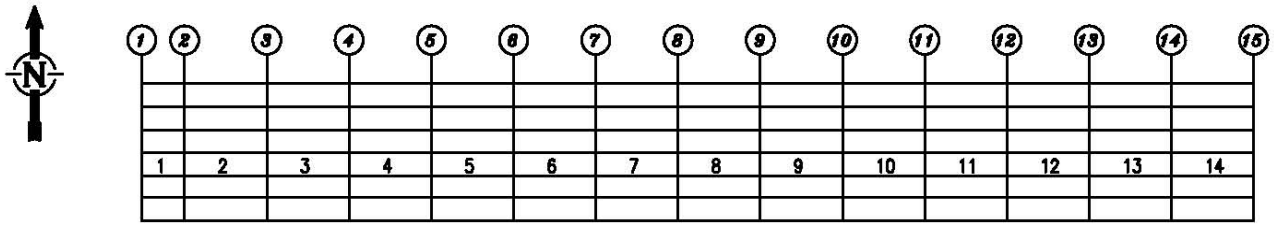
نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐

	7	8
f	2S, 7F, 9M, 12M	12M, 11M, 9M, 8M, 2F
e	2S, 7F, 9M, 12M	12M, 11M, 9M, 8M, 2F
d	2S, 7F, 9M, 12M 8S	12M, 11M, 9M, 8M, 2F
c	2S, 7F, 9M, 12M	12M, 11M, 9M, 8M, 2F 8S
b	9S, 2S, 7F, 9M, 12M	12M, 11M, 9M, 8M, 2F
a	2S, 7F, 9M, 12M	

پلان محدوده رو سازی مورد بررسی

7

توضیحات:

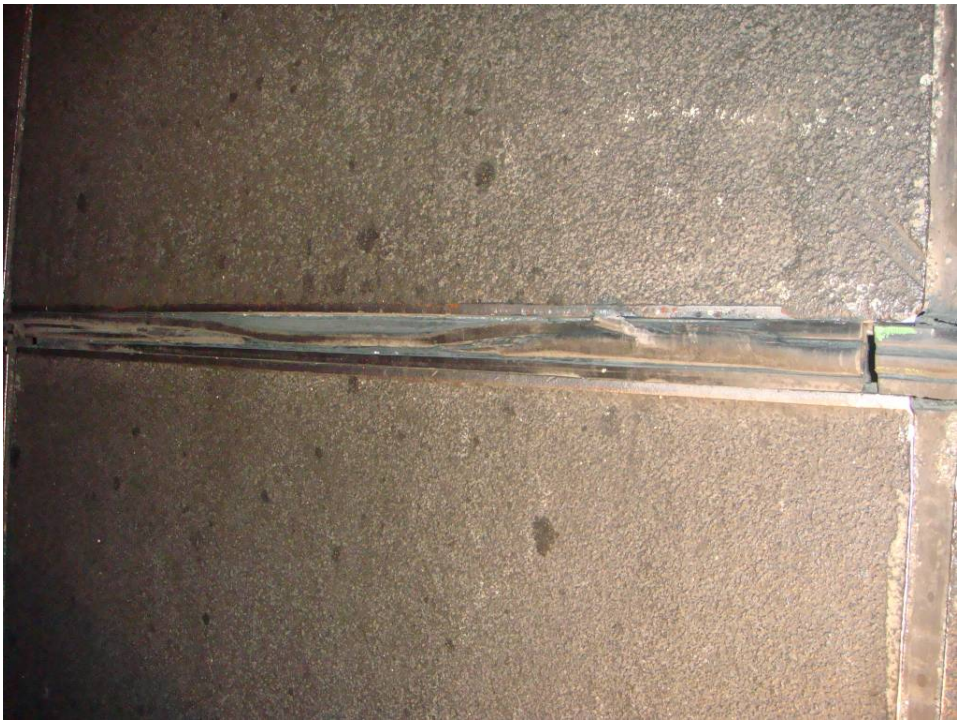


پلان راهنما

نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
آسیب‌دیدگی لبه‌های روکش	1	باز شدگی متغیر درزها	7
پله‌ای شدن تیرها نسبت به یکدیگر	2	خارج شدن درزگیرها از محل خود	8
جدا شدن و از بین رفتن روکش	3	پارگی نوار درزگیرها	9
موج‌دار شدن روکش	4	پر شدن درزها از آسفالت	10
تغییر ضخامت ناگهانی روکش	5	فرسوده شدن و هوازدگی درزگیرها	11
تغییر فرم درزها	6	آب‌بند نبودن درزگیرها	12

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	ر. باقرلو
تاریخ برداشت	تیر و مرداد۸۷



وضعیت روسازی عرشه و درزها- قطعه ۷

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

چک لیست برداشت سریع وضعیت عناصر غیرسازه‌ای عرشه

شناسه پل: **SB-02** **نام پل:** حافظ- انقلاب

وضعیت کلی عناصر غیرسازه‌ای عرشه

نیازمند اصلاحات کلی ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☑

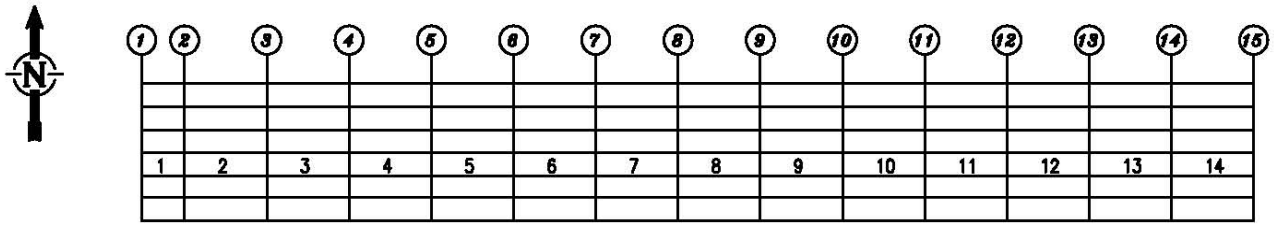
نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐

	8	9
f	2S, 7F, 9F, 12M	12M, 11M, 9M, 8M, 2F
e	2S, 7F, 9F, 12M	12M, 11M, 9M, 8M, 2F
d	2S, 7F, 9F, 12M	12M, 11M, 9M, 8M, 2F
c	2S, 7F, 9F, 12M	12M, 11M, 9M, 8M, 2F
b	2S, 7F, 9F, 12M	12M, 11M, 9M, 8M, 2F 8S
a	2S, 7F, 9F, 12M	

پلان محدوده رو سازی مورد بررسی

8

توضیحات:

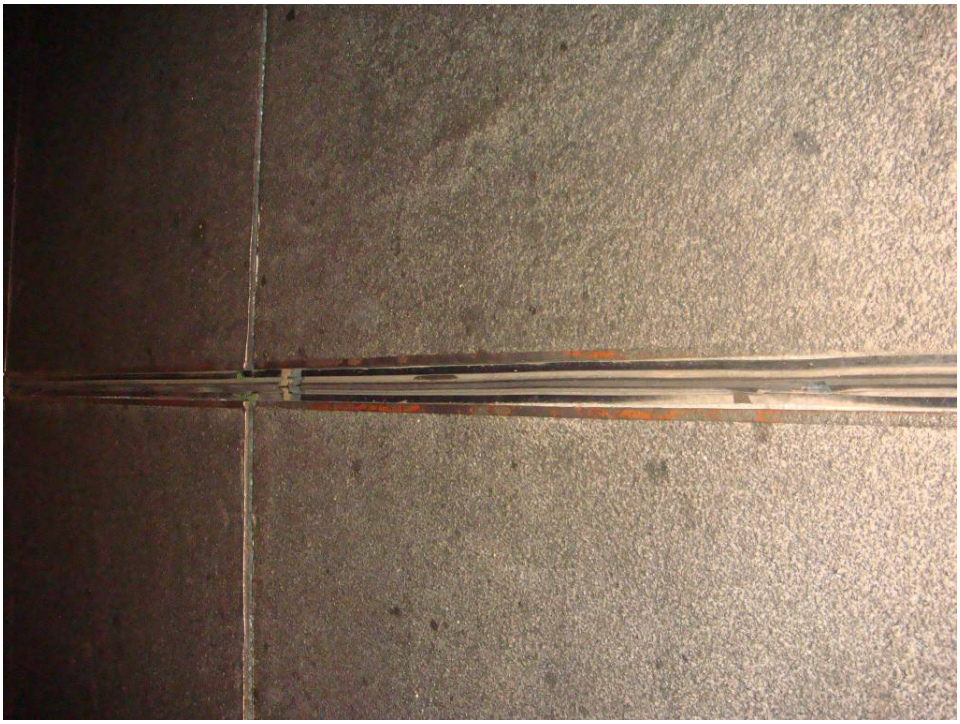


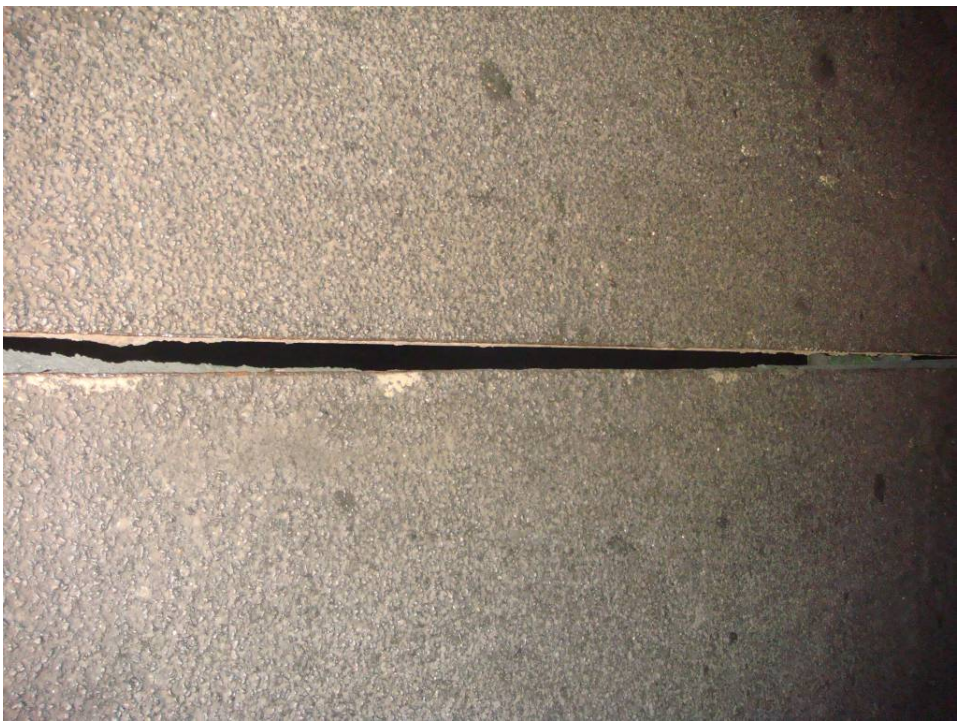
پلان راهنما

نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
آسیب‌دیدگی لبه‌های روکش	1	باز شدگی متغیر درزها	7
پله‌ای شدن تیرها نسبت به یکدیگر	2	خارج شدن درزگیرها از محل خود	8
جدا شدن و از بین رفتن روکش	3	پارگی نوار درزگیرها	9
موج‌دار شدن روکش	4	پر شدن درزها از آسفالت	10
تغییر ضخامت ناگهانی روکش	5	فرسوده شدن و هوازدگی درزگیرها	11
تغییر فرم درزها	6	آب‌بند نبودن درزگیرها	12

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	تاریخ برداشت
ر. باقرلو	تیر و مرداد۸۷





وضعیت روسازی عرشه و درزها- قطعه ۸

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

چک لیست برداشت سریع وضعیت عناصر غیرسازه‌ای عرشه

شناسه پل: SB-02 **نام پل:** حافظ- انقلاب

وضعیت کلی عناصر غیرسازه‌ای عرشه

نیازمند اصلاحات کلی ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☑

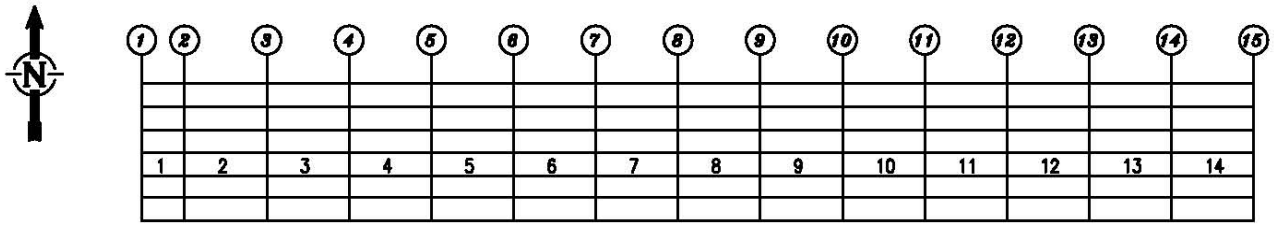
نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐

	9	10
f	2M, 7F, 9F, 12M	12M, 11M, 9M, 8M, 2F
e	2M, 7F, 9F, 12M	12M, 11M, 9M, 8M, 2F
d	2M, 7F, 9F, 12M	12M, 11M, 9M, 8M, 2F
c	2M, 7F, 9F, 12M	12M, 11M, 9M, 8M, 2F, 3S, 3M, 3S
b	2M, 7F, 9F, 12M	12M, 11M, 9M, 8M, 2F
a	9M, 2M, 7F, 9F, 12M	

پلان محدوده رو سازی مورد بررسی

9

توضیحات:

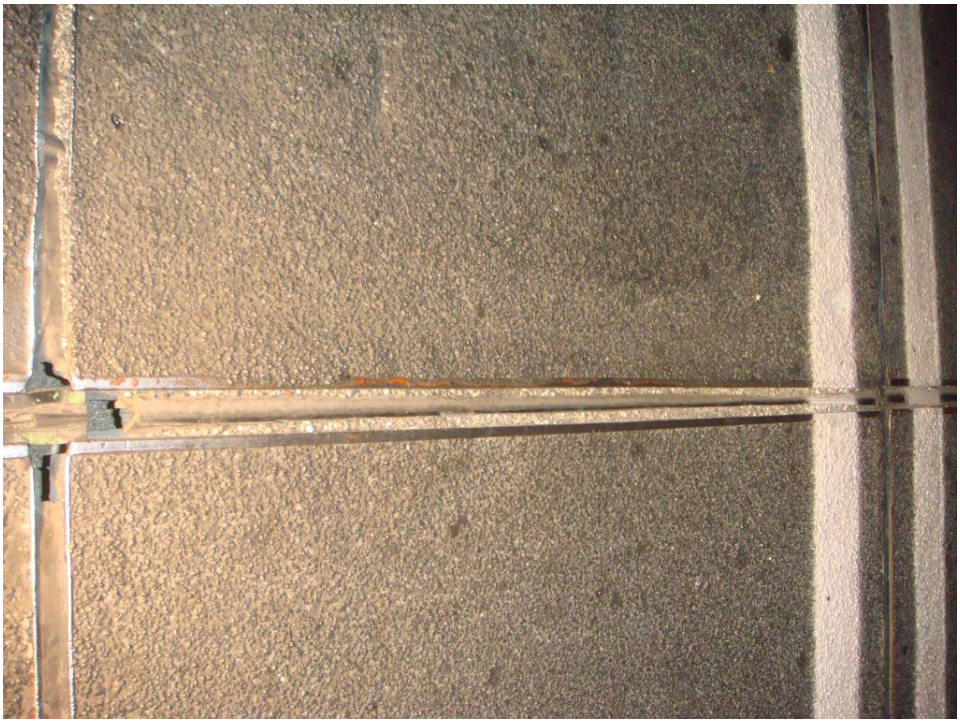


پلان راهنما

نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
آسیب‌دیدگی لبه‌های روکش	1	باز شدگی متغیر درزها	7
پله‌ای شدن تیرها نسبت به یکدیگر	2	خارج شدن درزگیرها از محل خود	8
جدا شدن و از بین رفتن روکش	3	پارگی نوار درزگیرها	9
موج‌دار شدن روکش	4	پر شدن درزها از آسفالت	10
تغییر ضخامت ناگهانی روکش	5	فرسوده شدن و هوازدگی درزگیرها	11
تغییر فرم درزها	6	آب‌بند نبودن درزگیرها	12

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	تاریخ برداشت
ر. باقرلو	تیر و مرداد۸۷



وضعیت روسازی عرشه و درزها- قطعه ۹

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

چک لیست برداشت سریع وضعیت عناصر غیرسازه‌ای عرشه

شناسه پل: SB-02 **نام پل:** حافظ- انقلاب

وضعیت کلی عناصر غیرسازه‌ای عرشه

نیازمند اصلاحات کلی ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☑

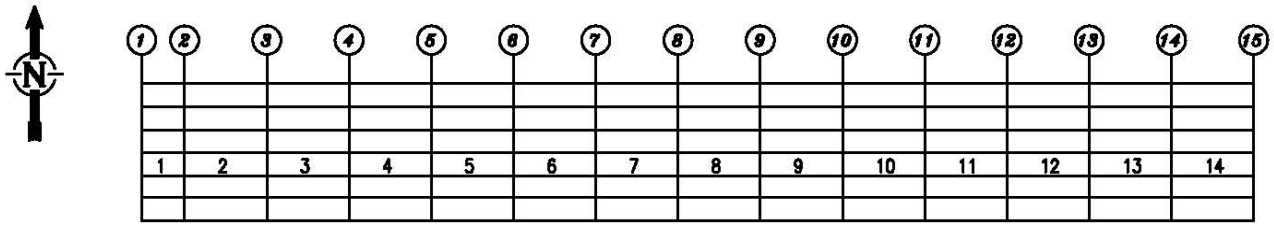
نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐

	10	11
f	9S, 2M, 7F, 9S, 12S	12M, 11M, 9M, 8M, 2F
e	2M, 7F, 9S, 12S	12M, 11M, 9M, 8M, 2F
d	2M, 7F, 9S, 12S	12M, 11M, 9M, 8M, 2F
c	9S, 2M, 7F, 9S, 12S	12M, 11M, 9M, 8M, 2F
b	9S, 2M, 7F, 9S, 12S	12M, 11M, 9M, 8M, 2F
a	9S, 2M, 7F, 9S, 12S	

پلان محدوده رو سازی مورد بررسی

10

توضیحات:

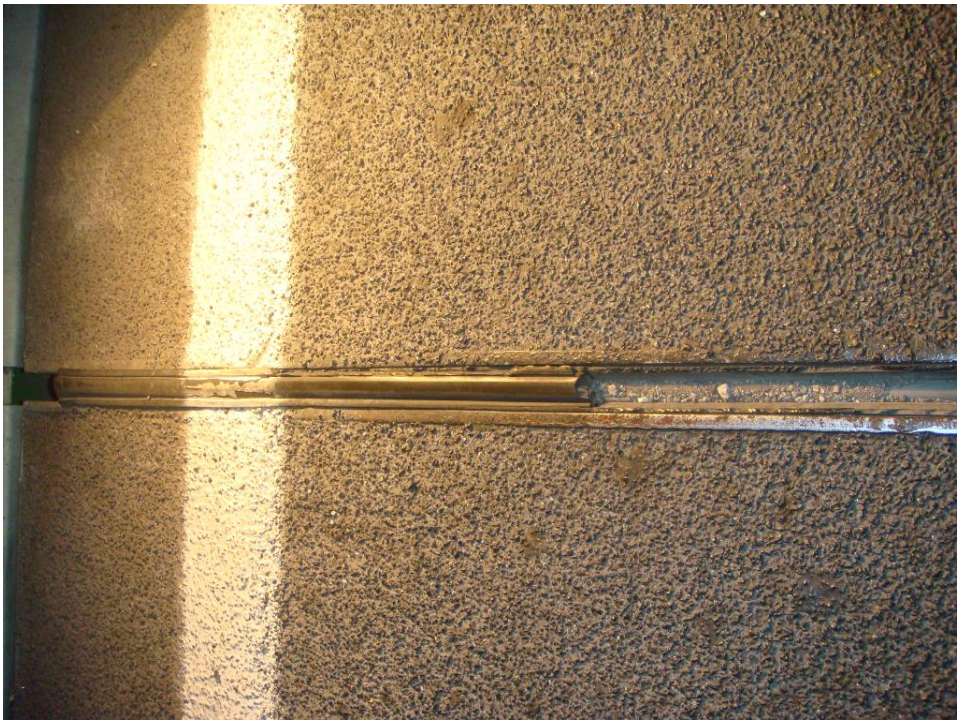


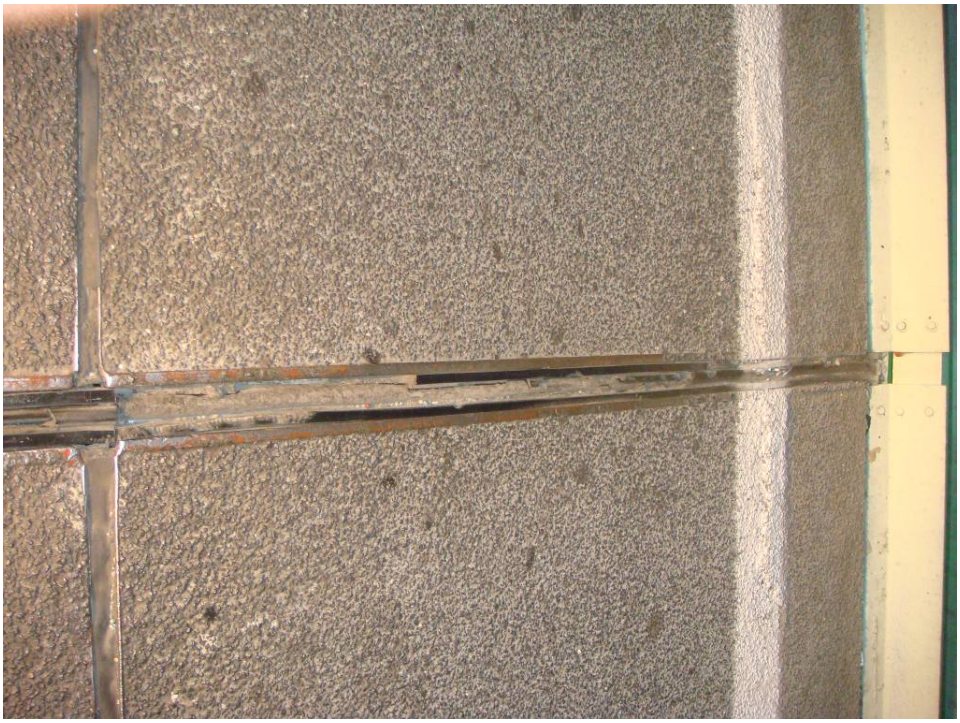
پلان راهنما

نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
آسیب‌دیدگی لبه‌های روکش	1	باز شدگی متغیر درزها	7
پله‌ای شدن تیرها نسبت به یکدیگر	2	خارج شدن درزگیرها از محل خود	8
جدا شدن و از بین رفتن روکش	3	پارگی نوار درزگیرها	9
موج‌دار شدن روکش	4	پر شدن درزها از آسفالت	10
تغییر ضخامت ناگهانی روکش	5	فرسوده شدن و هوازدگی درزگیرها	11
تغییر فرم درزها	6	آب‌بند نبودن درزگیرها	12

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	ر. باقرلو
تاریخ برداشت	تیر و مرداد۸۷





وضعیت روسازی عرشه و درزها- قطعه ۱۰

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

چک لیست برداشت سریع وضعیت عناصر غیرسازه‌ای عرشه

شناسه پل: **SB-02** **نام پل:** حافظ- انقلاب

وضعیت کلی عناصر غیرسازه‌ای عرشه

نیازمند اصلاحات کلی ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☑

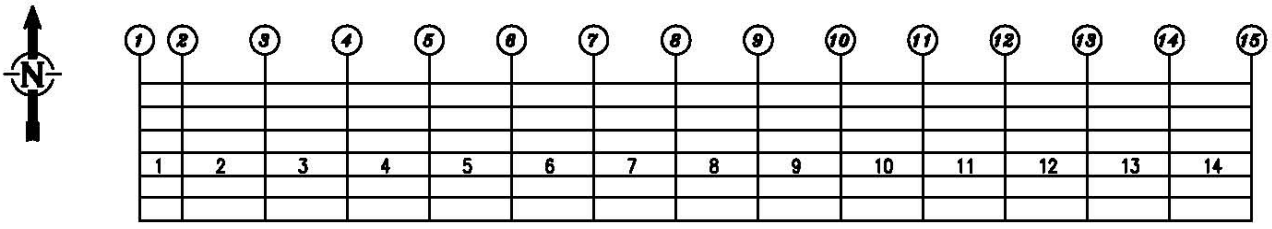
نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐

	11		12
f	2F, 7F, 9S, 12S	12M, 11M, 9M, 8M, 2F	
e	9S, 2F, 7F, 9S, 12S	12M, 11M, 9M, 8M, 2F	
d	9M, 2F, 7F, 9S, 12S	12M, 11M, 9M, 8M, 2F	
c	9S, 2F, 7F, 9S, 12S	12M, 11M, 9M, 8M, 2F	8S
b	9S, 2F, 7F, 9S, 12S	12M, 11M, 9M, 8M, 2F	
a	9S, 2F, 7F, 9S, 12S		

پلان محدوده رو سازی مورد بررسی

11

توضیحات:

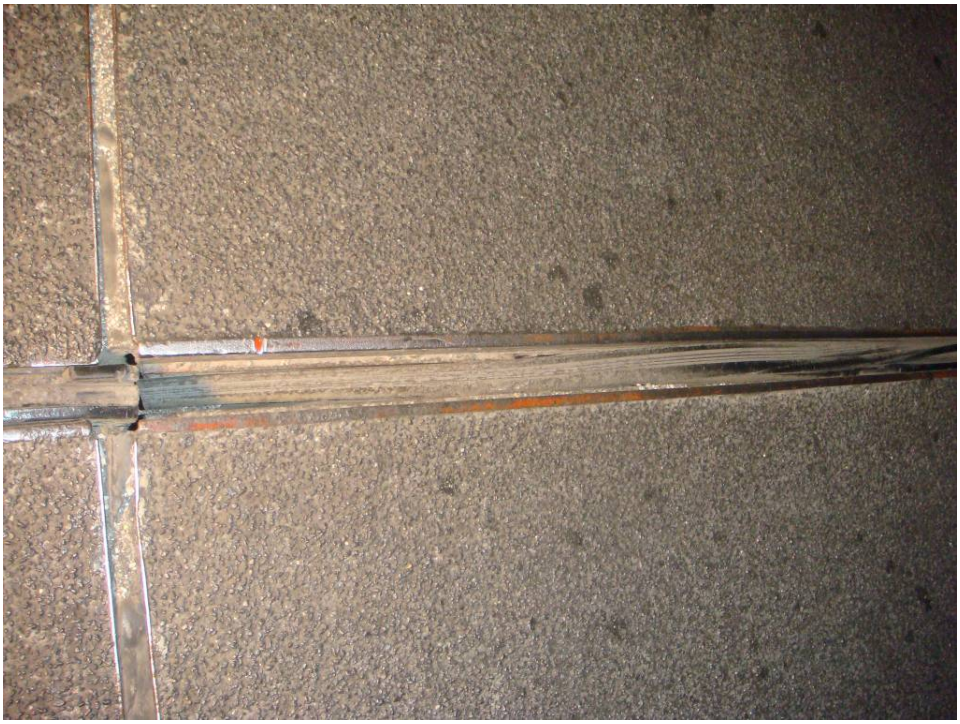


پلان راهنما

نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
آسیب‌دیدگی لبه‌های روکش	1	باز شدگی متغیر درزها	7
پله‌ای شدن تیرها نسبت به یکدیگر	2	خارج شدن درزگیرها از محل خود	8
جدا شدن و از بین رفتن روکش	3	پارگی نوار درزگیرها	9
موج‌دار شدن روکش	4	پر شدن درزها از آسفالت	10
تغییر ضخامت ناگهانی روکش	5	فرسوده شدن و هوازدگی درزگیرها	11
تغییر فرم درزها	6	آب‌بند نبودن درزگیرها	12

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	ر. باقرلو
تاریخ برداشت	تیر و مرداد۸۷



وضعیت روسازی عرشه و درزها- قطعه ۱۱

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

چک لیست برداشت سریع وضعیت عناصر غیرسازه‌ای عرشه

شناسه پل: **SB-02** **نام پل:** حافظ- انقلاب

وضعیت کلی عناصر غیرسازه‌ای عرشه

نیازمند اصلاحات کلی ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☑

نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐

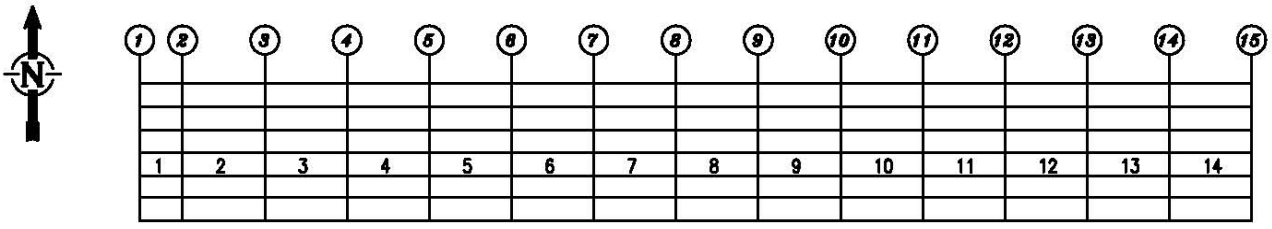
	12	13
f	2F, 7M, 9F, 12M	12M, 11M, 9M, 8M, 2F
e	2F, 7M, 9F, 12M	12M, 11M, 9M, 8M, 2F
d	2F, 7M, 9F, 12M	12M, 11M, 9M, 8M, 2F
c	2F, 7M, 9F, 12M	12M, 11M, 9M, 8M, 2F, 3S, 3F, 3S
b	2F, 7M, 9F, 12M	12M, 11M, 9M, 8M, 2F
a	2F, 7M, 9F, 12M	

پلان محدوده رو سازی مورد بررسی

12

توضیحات:

- در تیر محور F سمت شرقی جمع‌شدگی آسفالت سبب ایجاد برآمدگی چشمگیر شده است.

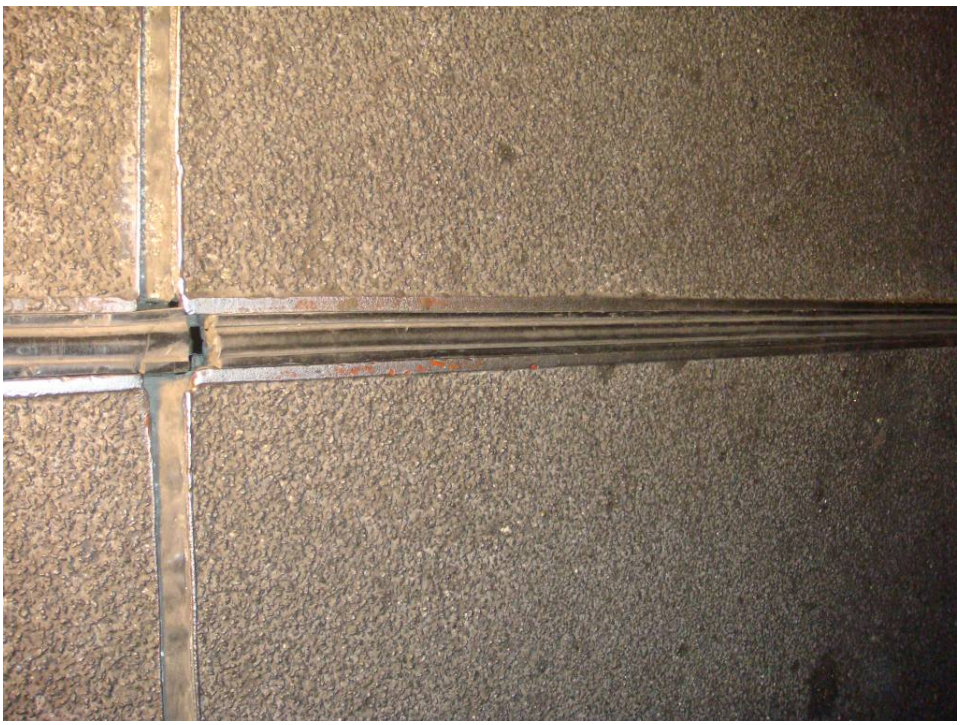


پلان راهنما

نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
آسیب‌دیدگی لبه‌های روکش	1	باز شدگی متغیر درزها	7
پله‌ای شدن تیرها نسبت به یکدیگر	2	خارج شدن درزگیرها از محل خود	8
جدا شدن و از بین رفتن روکش	3	پارگی نوار درزگیرها	9
موج‌دار شدن روکش	4	پر شدن درزها از آسفالت	10
تغییر ضخامت ناگهانی روکش	5	فرسوده شدن و هوازدگی درزگیرها	11
تغییر فرم درزها	6	آب‌بند نبودن درزگیرها	12

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	تاریخ برداشت
ر. باقرلو	تیر و مرداد۸۷



وضعیت روسازی عرشه و درزها- قطعه ۱۲

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

چک لیست برداشت سریع وضعیت عناصر غیرسازه‌ای عرشه

شناسه پل: **SB-02** **نام پل:** حافظ- انقلاب

وضعیت کلی عناصر غیرسازه‌ای عرشه

نیازمند اصلاحات کلی ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☑

نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐

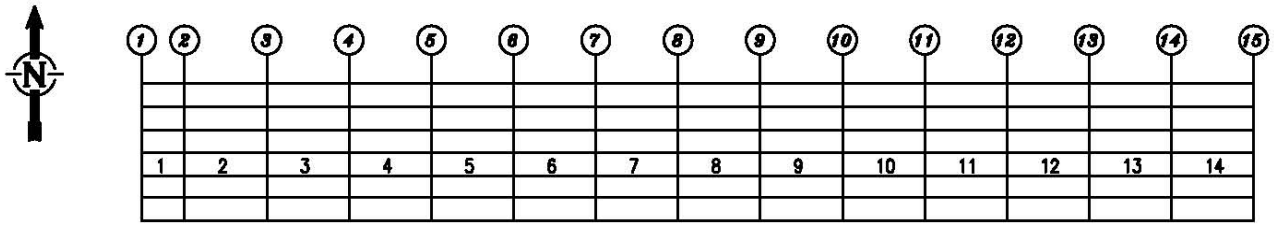
	13		14
f	2F, 7F, 9F, 12M	12M, 11M, 9M, 8M, 2F, 3M	3S 3M 3S
e	2F, 7F, 9F, 12M	12M, 11M, 9M, 8M, 2F	
d	2F, 7F, 9F, 12M	12M, 11M, 9M, 8M, 2F	
c	3S, 2F, 7F, 9F, 12M	12M, 11M, 9M, 8M, 2F	
b	2F, 7F, 9F, 12M	12M, 11M, 9M, 8M, 2F	
a	2F, 7F, 9F, 12M		

پلان محدوده رو سازی مورد بررسی

13

توضیحات:

- در تیر محور F سمت غربی جمع‌شدگی آسفالت سبب ایجاد برآمدگی چشمگیری شده است.

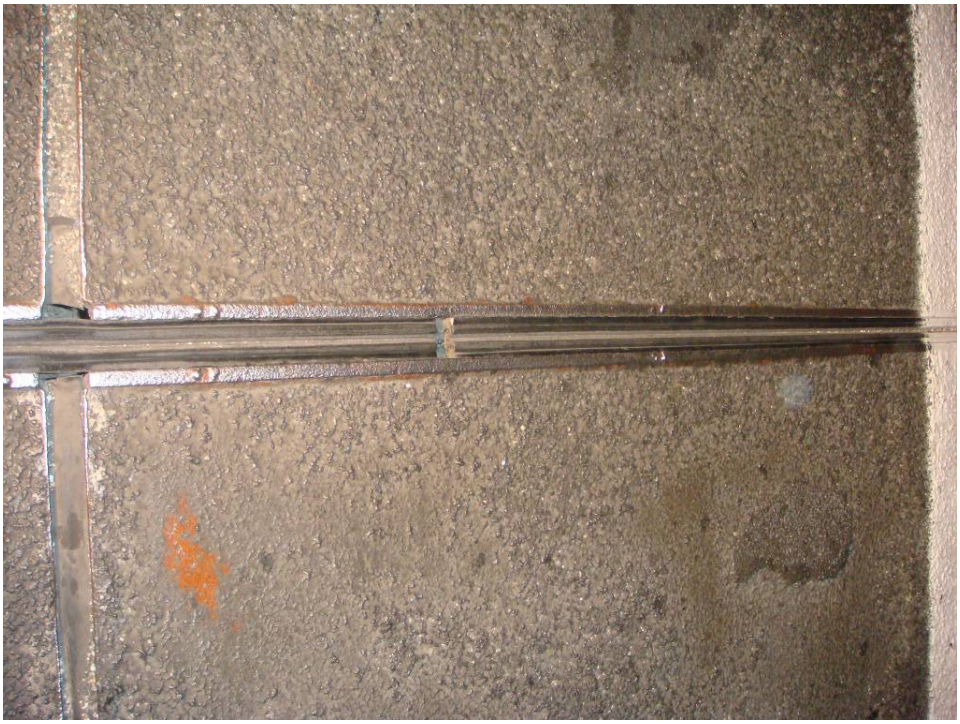


پلان راهنما

نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
آسیب‌دیدگی لبه‌های روکش	1	باز شدگی متغیر درزها	7
پله‌ای شدن تیرها نسبت به یکدیگر	2	خارج شدن درزگیرها از محل خود	8
جدا شدن و از بین رفتن روکش	3	پارگی نوار درزگیرها	9
موج‌دار شدن روکش	4	پر شدن درزها از آسفالت	10
تغییر ضخامت ناگهانی روکش	5	فرسوده شدن و هوازدگی درزگیرها	11
تغییر فرم درزها	6	آب‌بند نبودن درزگیرها	12

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	تاریخ برداشت
ر. باقرلو	تیر و مرداد۸۷



وضعیت روسازی عرشه و درزها- قطعه ۱۳

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

چک لیست برداشت سریع وضعیت عناصر غیرسازه‌ای عرشه

شناسه پل: SB-02 **نام پل:** حافظ- انقلاب

وضعیت کلی عناصر غیرسازه‌ای عرشه

نیازمند اصلاحات کلی ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☑

نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐

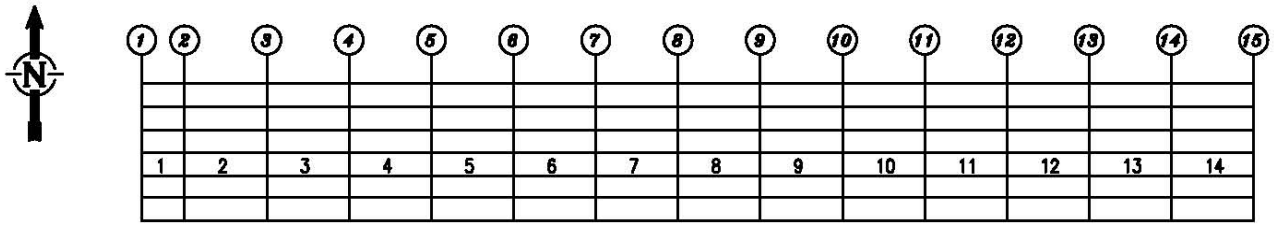
	14		15
f	2F, 7F, 9M, 12M	8S, 12M, 11M, 9M, 8M, 2F, 3S	2S, 7S, 9S, 8S, 12S
e	2F, 7F, 9M, 12M	3S, 12M, 11M, 9M, 8M, 2F	2S, 7S, 9S, 8S, 12S
d	2F, 7F, 9M, 12M	12M, 11M, 9M, 8M, 2F	2S, 7S, 9S, 8S, 12S
c	2F, 7F, 9M, 12M	12M, 11M, 9M, 8M, 2F, 3S	2S, 7S, 9S, 8S, 12S
b	8S, 2F, 7F, 9M, 12M	12M, 11M, 9M, 8M, 2F	2S, 7S, 9S, 8S, 12S
a	2F, 7F, 9M, 12M		2S, 7S, 9S, 8S, 12S

پلان محدوده رو سازی مورد بررسی

14

توضیحات:

- لبه‌های آسفالت در سمت کوله کاملاً از بین رفته‌اند.
- آسیب‌دیدگی درز در محل کوله بسیار زیاد است و نبشی کار گذاشته شده روی کوله بتنی از محل خود کنده شده و افتاده است.



پلان راهنما

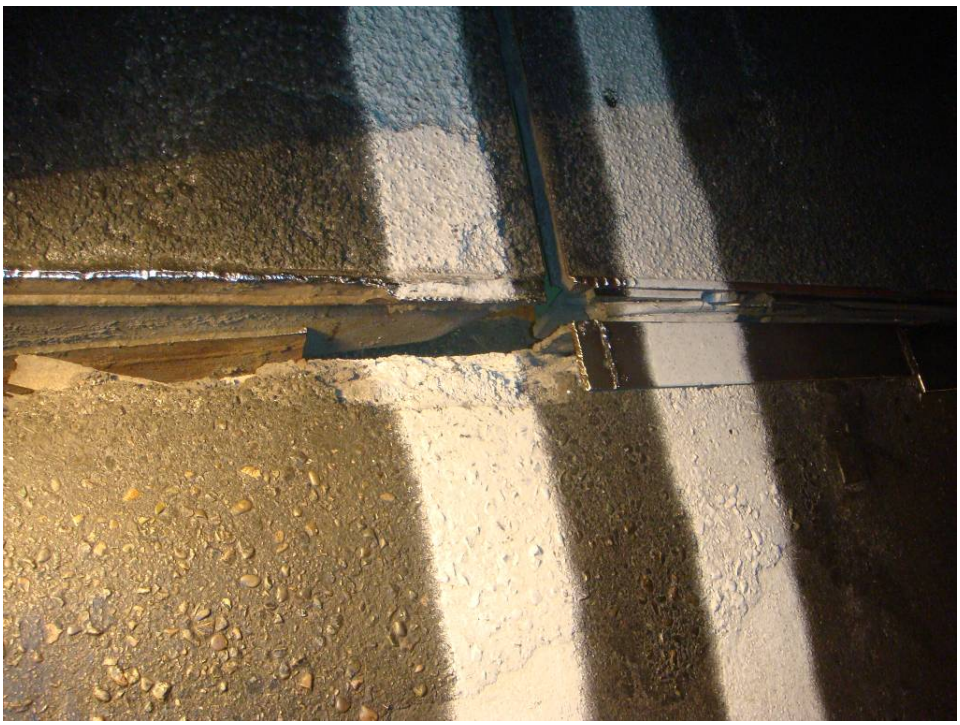
نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
آسیب‌دیدگی لبه‌های روکش	1	باز شدگی متغیر درزها	7
پله‌ای شدن تیرها نسبت به یکدیگر	2	خارج شدن درزگیرها از محل خود	8
جدا شدن و از بین رفتن روکش	3	پارگی نوار درزگیرها	9
موج‌دار شدن روکش	4	پر شدن درزها از آسفالت	10
تغییر ضخامت ناگهانی روکش	5	فرسوده شدن و هوازدگی درزگیرها	11
تغییر فرم درزها	6	آب‌بند نبودن درزگیرها	12

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	تاریخ برداشت
ر. باقرلو	تیر و مرداد۸۷

وضعیت روسازی عرشه و درزها- قطعه ١٤

وضعیت روسازی عرشه و درزها- قطعه ١٤



وضعیت روسازی عرشه و درزها- قطعه ١٤

پیوست ۴
دستورالعمل اصلاح آسیب‌های موضعی روسازی

هدف

این دستورالعمل به منظور اصلاح و روکش موضعی مناطقی از عرشه پل‌های ارتوتروپیک که روسازی آن‌ها از روی سطح عرشه جدا شده است، قابل استفاده می‌باشد. جنس روکش فعلی نوعی آسفالت اپوکسی با ضخامت حدود ۱/۵ سانتی‌متر است. با توجه به اینکه پل‌های مذکور اخیراً روکش شده‌اند و روسازی موجود تا ۱۰ سال گارانتی می‌باشند، عملیات اصلاح روکش نیز به طبع بر عهده پیمانکار اجرای روکش می‌باشد و در صورتی که سایر پیمانکاران عملیات روکش موضعی با آسفالت اپوکسی را بر عهده گیرند، لازم است تجارب کافی در این زمینه دارا باشند.

مصالح

۱- چسب اپوکسی، رزین‌های اپوکسی ماده‌ای دو جزئی است که مشتمل بر ماده اصلی (Base) و سخت کننده (Hardener) است. مشخصات و ویژگی‌های رزین اپوکسی انتخاب شده می‌بایست بر اساس جدول شماره ۱ باشد.

جدول ۱- مشخصات رزین اپوکسی مصرفی در روکش

مشخصه و ویژگی رزین	مقدار مجاز	روش آزمون
ویسکوریته	7-35	ASTM D2393
زمان گیرش اولیه	15-45 min	ASTM C881
مقاومت کششی- ۷ روزه	7.6 – 34.5 Mpa	ASTM D638
درصد ازدیاد طول- ۷ روزه	20-80%	ASTM D638
حداکثر جذب- ۷ روزه	10%S	ASTM D570
سختی شور	58-75	ASTM D2240-86
نفوذ کلرید	100	AASHTO T277
اشعه مادون قرمز	C	AASHTO T237

۲- سنگدانه، سنگدانه‌های مصرفی می‌بایست کمتر از ۰/۲ درصد رطوبت و عاری از گرد و خاک باشند. سنگدانه‌ها باید دارای حداقل سختی ٦ و شامل بوکسیت، سنگ آذرین خرد شده، اکسید آلومینیوم، یا سایر مواد سخت، با دوام، گوشه‌دار و البته مطابق با توصیه سازنده روکش باشند.

دانه‌بندی سنگدانه‌ها مطابق با جدول شماره ۲ می‌باشد. رنگ سنگدانه‌های مصرفی همچنین برای هماهنگی با بتن آسفالتی سیاه انتخاب شود.

جدول شماره ۲- دانه‌بندی مجاز سنگدانه‌های روکش

سایز الک	درصد عبور وزنی
الک نمره ٤- (میلیمتر٤/٧٥)	١٠٠
الک نمره ٨- (میلیمتر ٢/٣٦)	٣٠-٧٥
الک نمره ١٦- (میلیمتر ١/١٨)	٠-٥
الک نمره ٣٠- (میلیمتر ٠/٦)	٠-١

۳- روکش پلیمری، سیستم روکش عرشه باید دارای حداقل مشخصات زیر باشد.

مشخصه روکش	مقدار مجاز	روش آزمون
حداقل مقاومت فشاری- بعد از ٨ ساعت	6.9 MPa	ASTM C579
حداق مقاومت فشاری- بعد از ٤٨ ساعت	34.5 MPa	ASTM C579
سازگاری حرارتی	فاقد تورق	ASTM C884
حداقل مقاومت Pull-off -بعد از ٢٤ ساعت	1.7 MPa	AST 503R, Appendix A

ابزار و تجهیزات

۱- ابزار و تجهیزات آماده‌سازی سطوح

لوازم و تجهیزات مورد نیاز برای آماده‌سازی سطوح شامل موارد زیر است.

- لوازمی برای زدودن باقیمانده روکش موجود (کاردک و سنگ سنباده)
- لوازمی برای زنگ‌زدایی (فرچه سیمی و سنباده برای زنگ‌زدایی)
- لوازمی برای شستشوی و تمیز کردن سطح (اسید فسفریک و مایع حلال برای از بین بردن چربی)
- لوازم تأمین روشنایی برای کار در شب

۲- ابزار اعمال روکش که شامل تجهیزات و ماشین‌آلات زیر می‌شود:

- مخلوط کن برقی برای ترکیب اپوکسی و مخلوط‌سازی سنگدانه‌ها

روش اجرا

ترمیم موضعی روکش عرشه فلزی پل‌های ارتوتروپیک شامل مراحل زیر است:

الف- تعیین محدوده مرمت موضعی روکش، محلهایی که روکش پل کم ضخامت و یا به طور کل از بین رفته مطابق با کروکی‌های مربوطه مشخص شده است. ولی محدوده‌ای که باید اصلاح و مرمت شوند شامل کلیه مناطقی است که ضخامت روکش بیش از ۵۰ درصد کاسته شده است. و باید به تأیید دستگاه نظارت برسد.

ب- آماده‌سازی سطوح، بعد از تعیین محدوده ترمیمی، با استفاده از تجهیزات مناسب، آن منطقه لازم است عاری از هر گونه کثیفی، زنگ‌زدگی، گرد و خاک و غیره گردد. برای زدودن زنگ‌زدگی می‌توان از برس‌های سیمی مکانیکی بهره جست. بعد از نظافت محدوده ترمیمی سطح باید از رطوبت کاملاً پاک شود.

ج- اعمال یک لایه پرایمر اپوکسی، برای چسبندگی بهتر بین فلز با روکش و محافظت از سطح عرشه، ابتدا سطح عرشه با یک لایه پرایمر اپوکسی روکش می‌شود. همانطوری که در بخش مصالح گفته شد، اپوکسی‌ها موادی دو جزئی هستند که باید براساس توصیه سازنده محصول این دو جزء درون ظروف گرد با هم توسط همزن مکانیکی ترکیب شوند. دمای محیط هنگامی که پرایمر اپوکسی بر روی سطح قرار داده می‌شود نباید فراتر از ^{oc}۳۵ و کمتر از ^{oc}۱۳ باشد. دمای پرایمر اپوکسی نیز نباید کمتر از ^{oc}۱۶ باشد.

بعد از ترکیب پرایمر و آماده شدن آن برای اعمال آن بر روی سطح از جمله مواردی که حایز اهمیت می‌باشد زمان ماندگاری ترکیب است که لازم است بنابر توصیه سازنده فقط در این بازه زمانی پرایمر به صورت یکنواخت با استفاده از غلطک‌های دستی روی سطح مورد نظر پخش گردد.

د- پوشش پرایمر با دانه‌های سیلیسی ویژه، برای تأمین اصطکاک لازم و عدم سر خوردن و چسبندگی بهتر لایه اصلی با قشر اول بلافاصله بعد از اعمال یک لایه پرایمر، روی پرایمر اپوکسی ذرات دانه‌بندی شده اکسید آلومینیوم با سختی ۹/۳ ریخته می‌شود. روی این سطح توسط ماله و یا هر وسیله مناسب باید کاملاً صاف و هموار گردد. ضخامت لایه اولیه حداکثر ۵ میلی‌متر می‌باشد.

هـ- پوشش نهایی سطح با لایه اصلی، بعد از گذشت ۲٤ ساعت از اعمال لایه پرایمر به همراه پوشش آن توسط ذرات سیلیسی سخت لایه اصلی که شامل ترکیب سنگدانه‌های دانه‌بندی شده سیاه رنگ با رزین اپوکسی است به ضخامت لازم روی سطح قرار داده شود. همانطوری که اشاره گردید دمای محیط و دمای روکش باید مطابق توصیه سازنده یا بازه دمایی مندرج در این دستورالعمل باشد. ترکیب رزین اپوکسی که شامل دو جزء است باید حتماً مطابق با مشخصات ارائه شده توسط سازنده محصول با هم درون ظرف گرد با همزن مکانیکی ترکیب و

در زمان ماندگاری تماماً مصرف شوند.

رزین اپوکسی با سنگدانه نیز باید توسط همزن مکانیکی درون ظروف گرد و با نسبت‌های توصیه شده سازنده محصول ترکیب و روی سطح قرار داده شود.

کنترل کیفیت

کنترل کیفیت کلیه مراحل اجرا به صورت بازرسی چشمی انجام می‌گردد. البته قبل از عملیات ترمیم و مرمت لازم است پیمانکار محدوده‌ای را به طور نمونه روکش کرده و بعد از بررسی مقاومت چسبندگی (Pull-off) و سایر موارد بیان شده و کسب تأییدات لازم توسط گروه بازرسین، مجاز به انجام عملیات روکش موضعی در سایر سطوح می‌باشد.

مراجع

[1] Bridge deck thin polymer overlay (D T P O)

۲) ترمیم پل نصر، فریبا مترجمی، مجله راه و ساختمان شماره ۷- ۱۳۸٦

[3] Chem Co. system Epoxy Asphalt Frequently Asked Questions.

پیوست ۵

مشخصات فنی و دستورالعمل اجرائی تعمیر و جایگزینی درزگیرهای طولی و عرضی

۱- هدف

این دستورالعمل شامل روش اجرای تعویض و جایگزینی درزگیرهای طولی و عرضی پلهای فلزی ارتوتروپیک تهران به همراه مشخصات فنی درزگیرها است. این عملیات باید پس از اتمام تعویض بالشتک‌های الاستومری انجام پذیرد.

۲- مصالح

- میلگرد ساده 8ϕ از نوع AI به طول ۱۰ سانتی‌متر(ساپورت درز عرضی)
- الکترود E 60-13
- مواد شستشو؛ آب، پودرهای شستشوی و ...
- درزگیر الاستومری

از درزگیرهای مصرفی باید نمونه برداری گردد در صورت انطباق ویژگی‌های آن با خصوصیات مندرج در این دستورالعمل در پروژه قابل استفاده می‌باشد. در ضمن به عنوان نمونه نوعی محصول تجاری را دارد ضمیمه این پیوست شده است.

الف: خصوصیات فیزیکی

جهت احراز مشخصه‌های فیزیکی درزگیر آزمایشات زیر انجام می‌شود که مقادیر مجاز و روش آزمایش آن در جدول شماره ۱ ارائه شده است.

الف-۱ مقاومت کششی

الف-۲ ازدیاد طول نظیر گسیختگی در آزمایش کششی

الف-۳ سختی درو متر

الف-٤ ارزیابی مشخصه‌های فوق در درجه حرارت‌های بالا

الف- ٥ تورم در اثرمجاورت با مواد پایه نفتی

الف- ٦ مقاومت ازنی

الف-۷ دوام و پایایی

ب: خصوصیات حرکتی

مشخصه‌های حرکتی درزگیرها در جدول شماره ۲ آمده است.

جدول۱- آزمایش‌های کنترل کیفیت خصوصیات فیزیکی درزگیرهای الاستومری

Physical Property	Requirement	Test	Method
Tensile Strength	Min. 14 MP_a	Tensile Strength and elongation	ASTM D 412
Elongation at break	Min. 250%	Tensile Strength and elongation	ASTM D 412
Hardness ,Type A	55±5	Harness	ASTM D 2240
Oven aging, 70hours@ 100 Tensile Strength, change Elongation, change Hardness, change	 Max. -30% Max. -40% +10 points	Oven aging	ASTM D 573
Oil Swell, ASTM oil No. 3: Volume Change, 70 hrs.@ 100 [c]	Max. 0.80%	Oil swell	ASTM D 471
Ozone Resistance, 20% strain 300 pphm in air,70hrs.@38 (wipe with solvent to remove surface contaminates)	No crack	Ozone Resistance	ASTM D 1149
Joint sealer recovery under 50% deflection: Recovery after 70 hrs.@ 100 Recovery after 72 hrs.@ -10 Recovery after 22 hrs.@ -29	 Min.85% Min.88% Min.83%	Joint Sealer recovery	GDT 47

جدول۲- مشخصات*درزگیرهای پل تحت فشار و خیز

Nominal Size (mm)	Movement Capacity (mm)	Min. Force 18 N Per 25mm @ Width (mm)	Min. Force 133 N Per 25mm Max. Force 445 N Per 25mm @ Width (mm)
50	20	47	27
63	28	60	32
75	34	73	38
88	40	86	34
100	43	98	54

*روش‌های آزمون این مشخصات طبق استاندارد GDT 70 ارائه گردیده است.

- چسب (جهت چسباندن درزگیرها در محل درز)

چسبی که برای چسباندن درزگیر الاستومری مورد استفاده قرار می‌گیرند باید چسبندگی خوبی با فلز داشته باشد که معمولاً بر پایه پلی یورتان دو جزیی یا مشابه آن می‌باشند. خصوصیات فیزیکی همراه روش‌های آزمون در جدول شماره ۳ ارائه شده است.

جدول۳- خصوصیات فیزیکی چسب درزگیرهای الاستومری

Physical Property	Requirement
Film Strength (ASTM D 412)	8 MP_a
Elongation before breaking (ASTM D 412)	350%
Viscosity	Perform suitably with the installation equipment Remain fluid from- $15^{\circ c}$ *to* $49^{\circ c}$

۳- ابزار

ابزار و تجهیزات مورد نیاز عبارتند از:

- لوازمی برای بیرون آوردن درزهای طولی و عرضی موجود نظیر دیلم، تیغ، کاردک و ...
- لوازم مورد نیاز جهت شستشوی درزها نظیر ظرف پلاستیکی، برس سیمی یا پلاستیکی، پارچه و.
- تجهزات جوشکاری برای نصب ساپورت زیر درزهای عرضی مانند موتور جوش و ماسک جوشکاری و ...
- همزن مکانیکی برای ترکیب چسب دو جزیی.
- ابزاری برای ریختن چسب درون درزها مانند تیغ، کاردک و ...
- ابزاری برای جایگذاری درزگیرها درون درزهای طولی و عرضی مانند سمبه، دیلم، چکش لاستیکی و ...

٤- نحوه اجرا

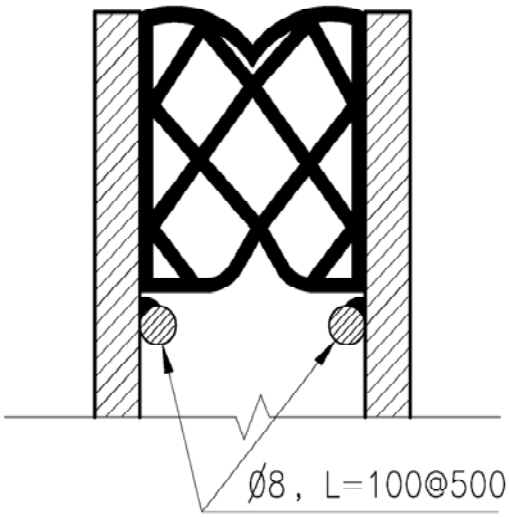
٤-١- درزهای انبساطی عرضی

٤-١-١- بیرون آوردن درزگیرهای موجود

درزگیرهای الاستومری موجود فاقد استانداردهای مطرح شده در این دستورالعمل بوده و باید تعویض شوند. بنابراین کلیه درزگیرها بعد از تعویض تکیه‌گاههای الاستومری، با درزگیرهای مناسب که مورد تائید کارفرما و دستگاه نظارت می‌باشد، جایگزین می‌گردند. درزگیرهای الاستومری موجود با استفاده از دیلم به نوبت از محل خود خارج می‌گردند. طول و مقدار درزهای تخلیه شده در یک شیفت کاری باید با حجم لاستیک درزگیر جایگزین موجود و سرعت نصب درزگیر متناسب باشد چنانکه هیچ درزی بیش از ٢٤ ساعت بدون درزگیر باقی نماند.

٤-١-٢- آماده سازی درز

لازم است برای درزگیرها مهارهای مکانیکی تعبیه گردد تا از محلی که استقرار یافته‌اند، جابجا نشوند. به همین منظور مطابق کروکی شکل شماره ١ میلگردها ساده با نمره ٨ ($\phi 8$) به طول ١٠ سانتی‌متر در هر دو طرف محل درز به انتهایی شاهتیرها با فواصل ٥٠ سانتی‌متر جوش داده می‌شوند. تراز مهارها باید به گونه‌ای انتخاب گردد که تراز روی سطح درزگیر با تراز روی آسفالت یکسان باشد.



شکل ۱- نمایی از مقطع درزگیر

قبل از شروع جوشکاری، می‌بایست سطوح درز با شستشو به کمک آب گرم و مواد پاک کننده کاملاً تمیز شود و هرگونه مواد چرب، آلودگی، سنگریزه، گرد و خاک باید زدوده شود و پس از اتمام شستشو و آب‌کشی با یک پارچه تمیز خشک محل درز پاک گردد.

٤-١-٣- آغشته سازی محل درز و درزگیر الاستومری به چسب

چسب مورد استفاده یک ترکیب دو جزیی است که لازم است درون ظروف مناسب دو جزء تشکیل دهنده شامل ماده اصلی و سخت کننده به نسبت توصیه شده توسط سازنده محصول با یکدیگر با همزن مکانیکی بخوبی ترکیب شوند.

دمای محیط در حین عملیات نصب نباید کمتر از ۵ درجه سانتیگراد و فراتر از ۳۵ درجه سانتیگراد باشد و چسب نیز باید در این دما ترکیب و آماده آغشته‌سازی گردد. همچنین در زمان ماندگاری[1] چسب، کاملاً مصرف شود و باقیمانده آن غیرقابل مصرف می‌باشد.

چسب علاوه بر خاصیت چسبندگی بالا با فلز باعث لغزان کردن سطح درز شده و نصب درزگیرها را که باید با فشار صورت گیرد تسهیل می‌بخشد. به همین منظور ابتدا باید دو جناح سطح درزها با استفاده از لوازم مناسب مانند تیغ، کاردک، قلمو و ... به چسب آغشته شود سپس قبل از جایگذاری درزگیر درون درز، سطوح درزگیر به چسب آغشته گردد.

٤-١-٤- برش درزگیرها

درزگیر باید قبل از نصب به تناسب طول درز با وسایل تیز یا تیغ اره بریده شود.

[1] - Pot Life

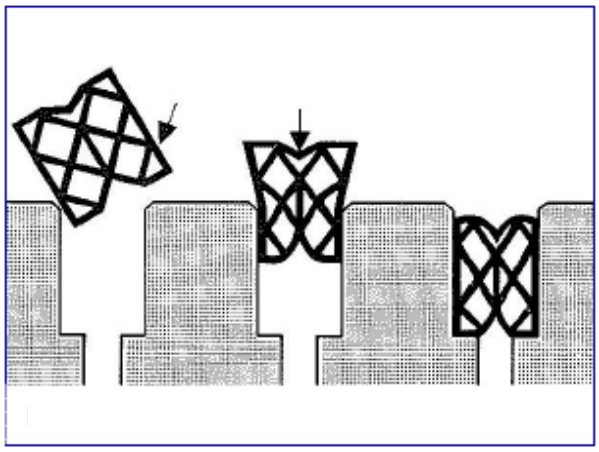
٤-١-٥- جایگذاری درزگیر درون درز

مراحل نصب درزگیر در داخل درز مطابق کروکی شکل ۲ به شرح ذیل می‌باشد:

الف) درزگیر را کمی چرخانده و پهلوی آن را روی یک لبه درز قرار داده و سپس با دیلم و یا ابزار مناسب طرف دیگر را با فشار درون درز قرار می‌دهیم.

ب) با استفاده از سمبه و یا وسیله مناسب دیگر درزگیر را کاملاً درون درز جای می‌دهیم.

ج) با سمبه و یا ابزار مناسب درزگیر را به درستی در موقعیت خود قرار می‌دهیم تا ظاهرش کاملاً یکنواخت و مسطح گردد.



شکل۲- مراحل نصب درزگیر

در هنگام نصب باید توجه گردد که درزگیر الاستومری به هیچ‌وجه در امتداد درز تحت فشار و کشش قرار نگیرد و همچنین بدون تابیدگی و چرخش در محل خود مستقر گردد و لبه درزگیر با لبه آسفالت کاملاً هم‌تراز باشد.

٤-٢- درزهای انبساطی طولی

٤-٢-١- بیرون آوردن درزگیر موجود

درزگیرهای طولی موجود نوعی فوم تک جزئی پلی یورتان می‌باشد که فاقد استانداردهای لازم می‌باشد و باید تعویض شوند. این درزها بعد از تعویض تکیه‌گاههای الاستومری، با درزگیرهای مناسب که مورد تائید کارفرما و دستگاه نظارت می‌باشد، تعویض گردند. بنابراین درزگیرهای الاستومری موجود با استفاده از دیلم از محل خود خارج گردند.

٤-٢-٢- آماده‌سازی درز

محل درز باید کاملاً تمیز گردد و به طور کل باید عاری از هرگونه مواد چرب، آلودگی، سنگریزه، گرد و خاک،

آب و ... گردد و پس از اتمام شستشو با یک پارچه تمیز خشک محل درز پاک گردد.

٤-٢-٣- آغشته سازی محل درز و درزگیر الاستومری به چسب

چسب مورد استفاده یک ترکیب دو جزیی است که در بخش ۲ معرفی شده و لازم است درون ظروف گرد مناسب دو جزء تشکیل دهنده شامل ماده اصلی و سخت کننده به نسبت توصیه شده سازنده محصول با یکدیگر توسط همزن مکانیکی- برقی بخوبی ترکیب شوند. سایر شرایط اجرا مطابق بخش ٤-١-٣ می‌باشد.

٤-٢-٤- برش کاری درزگیر

درزگیر باید قبل از نصب به طول درز بریده شود.

٤-٢-٥- جایگذاری درزگیر درون درز

لاستیک درزگیر به دلیل ابعاد مناسب خود به آسانی داخل درز قرار گرفته اطراف آن مجدداً از چسب اپوکسی پر می‌شود.

٥- کنترل کیفیت

کنترل کیفیت شامل دو مرحله است. اولاً کیفیت ساخت درزگیرها که وابسته به نوع محصول می‌باشد که باید کنترل کیفیت مطابق با بخش مصالح کنترل کیفیت شوند و در صورت تائید محصول از طرف کارفرما و دستگاه نظارت، درزگیر الاستومری مورد استفاده قرار گیرد. مرحله بعد، کنترل نحوه اجرا است که پیمانکار می‌بایست ابتدا یک نمونه از درزگیرها را اجرا نموده و پس از تائید آن توسط دستگاه نظارت همچنین کلیه مراحل کار به صورت بازرسی چشمی صورت می‌پذیرد. لازم به ذکر است که در محل تقاطع درزگیرهای طولی و عرضی حتما باید آببند باشد.

٦- محدودیت‌ها

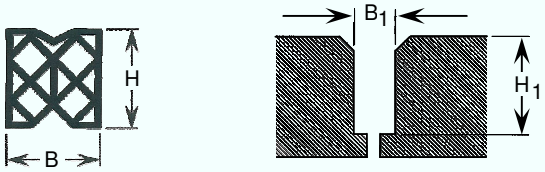
عملیات جایگزینی درزگیرها باید پس از سایر تعمیرات و به عنوان آخرین مرحله از مراحل عملیات تعمیر و نگهداری انجام شود و تا زمان عمل‌آوری چسب‌ها نباید ترددی روی آن صورت پذیرد.

٧- منابع

1) Sealing Roadway and Bridge joints
2) Expansion joints, Mageba,TENSA ® ACME

ضمیمه ۱

Types, dimensions and expansion limits



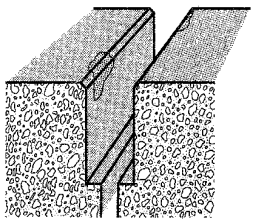
B_1 = Minimum joint gap needed to install the seal (dependent on temperature)

H_1 = Minimum joint depth needed for correct functioning.

Product name	Profile dimensions			Movement capacity	Joint gap		Min. dimensions at installation		Weight
	Width B	Height H	Length L		min.	max.	B_1	H_1	
	[mm]	[mm]	[m]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[kg]
ACME 21-12	36	35	30	12	18	30	21	45	0.5
ACME 25-20	46	37	30	20	20	40	25	50	0.8
ACME 36-22	56	55	20	22	27	49	36	65	1.4
ACME 45-30	68	70	20	30	30	60	45	85	2.4
ACME 55-35	80	87	20	35	35	70	55	100	3.7
ACME 70-45	107	90	12	45	50	95	70	110	4.7
ACME 90-65	135	100	12	65	55	120	90	130	5.7

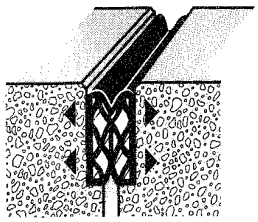
Movements and forces

01



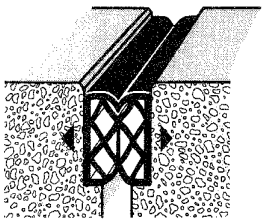
Milled joint in concrete, with broken-away area repaired

02



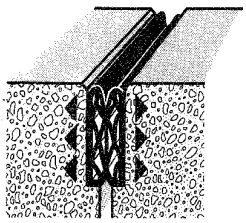
Positioning for moderate ambient temperatures (best time to install)

03



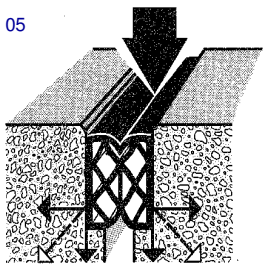
Absorption of horizontal movements: maximum joint opening

04



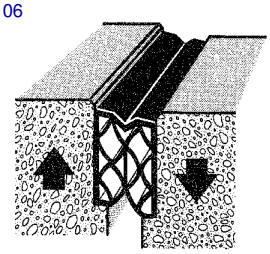
Absorption of horizontal movements: minimum joint opening

05



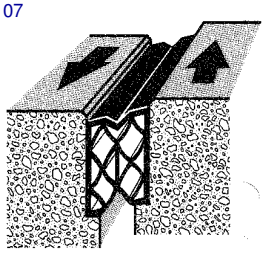
Absorption and distribution of vertical loads

06



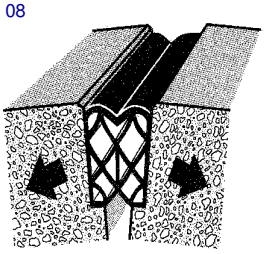
Facilitation of vertical movements

07



Facilitation of horizontal movements (parallel to joint)

08



Facilitation of torsional movements at the joint flanks

پیوست ۶

نقشه‌های اجرائی و دستورالعمل اجرای دال تقریب و درزهای انبساط انتهایی

- هدف

این دستورالعمل به منظور اجرای دال تقریب در دو انتهای پل جهت جلوگیری از تأثیر نشست خاک پشت کوله بر ناترازی درز انبساط انتهایی و ضربه وسایل نقلیه در محل ورود و خروج پل تهیه گردیده است.

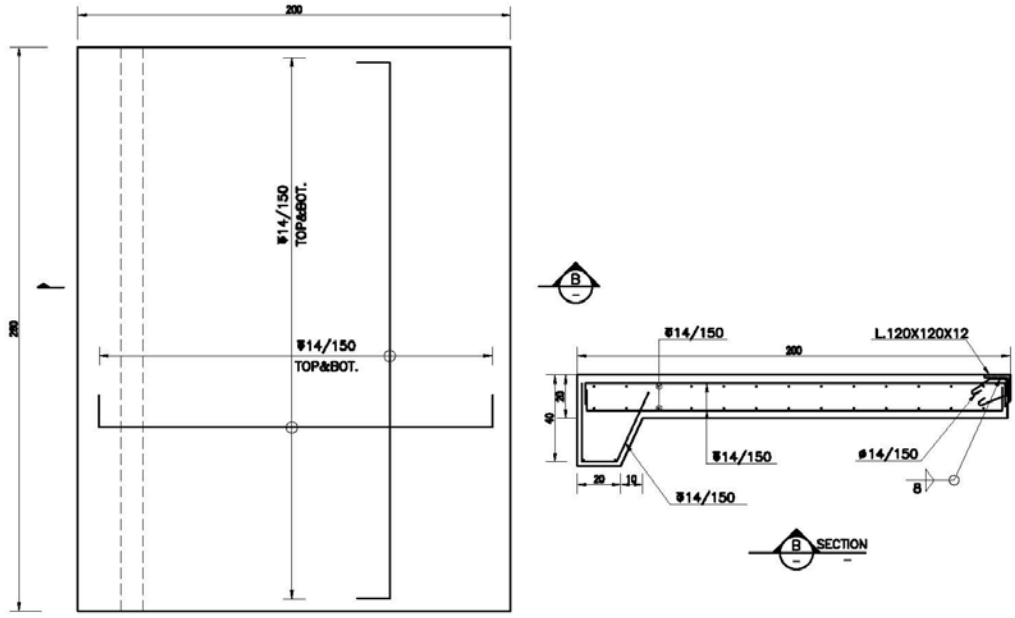
- مصالح

۱- بتن مگر

برای ایجاد یک بستر مناسب جهت نصب دال‌های پیش‌ساخته از بتن مگر استفاده می‌شود که این بتن باید دارای عیار حداقل ۱۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب سیمان پرتلند تیپ ۳ (زودگیر) باشد.

۲- دال بتنی پیش‌ساخته

ابعاد هندسی و مشخصات دال بتنی پیش‌ساخته مطابق شکل ۱ می‌باشد. مقاومت بتن به کار رفته در دال بتنی پیش‌ساخته برابر ۲۵۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع در نظر گرفته شده است. آرماتورهای استفاده شده در دال از نوع AIII با مقاومت جاری شدن حداقل ٤۰۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع می‌باشد.



شکل ۱- ابعاد هندسی و مشخصات دال بتنی پیش‌ساخته

٤- آسفالت اپوکسی

جزئیات و مشخصات فنی این آسفالت در پیوست ٤ ارائه گردیده است.

- ابزار و تجهیزات

ابزار و ماشین‌آلات مورد نیاز برای آماده‌سازی بستر محل دال‌ها و اجرای دال‌های تقریب شامل موارد زیر می‌باشد:

- ماشین‌آلات مورد نیاز برای برداشتن آسفالت و خاک پشت کوله به عمق حدود ۳۰ سانتی‌متر و طول ۲/۲۰ متر در دو انتهای پل
- ماشین‌آلات مورد نیاز برای تسطیح و تراکم خاک
- ماشین‌آلات لازم برای مخلوط کردن آسفالت اپوکسی مطابق مشخصات پیوست ٤
- بتونیر ۱۵۰ لیتری برای ساخت بتن مگر و تخته ماله برای تسطیح آن
- لوازم برای تأمین روشنایی برای کار در شب
- علائم هشدار دهنده ترافیکی برای کار در شب

- روش اجرا

اجرای دال‌های تقریب شامل مراحل زیر است:

۱- انحراف ترافیک به یک سمت پل با علائم هشدار دهنده و کارگران پرچم به دست به نحوی که نیمی از پل قابل بهره‌برداری باشد.

۲- تخلیه خاک پشت کوله به ضخامت ۳۰ سانتی‌متر در نیمی از عرض پل به طول حدود ۲/۵ متر

۳- کوبیدن خاک تا رسیدن به تراکم ۹۵ درصد.

٤- تخریب دیواره کوله به عرض نصف پل و ارتفاع حدود ۳۰ سانتی‌متر با چکش مخصوص با وزن حداکثر۱۳ کیلوگرم و توان حداکثر ۲۰ ژول.

۵- قطع آرماتورها از نزدیکی محل بیرون‌زدگی از بتن (حدود ۲ سانتی‌متر) و ایجاد یک سطح نسبتاً صاف روی دیواره کوله.

٦- اجرای بتن مگر زودگیر بر روی خاک کوبیده شده، جهت تسطیع.

۷- نصب قطعات پیش ساخته بتنی در حالت خمیری بتن مگر و تنظیم درزها با فیلرگذاری.

۸- گروت‌ریزی زیر قطعه پیش‌ساخته در محل کوله و اجرای بتن مگر در پشت قطعه بتنی.

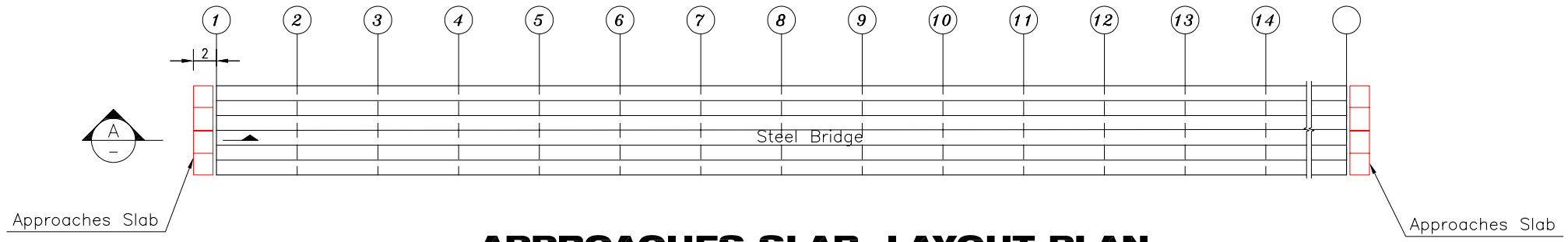
۹- اجرای آسفالت اپوکسی روی قطعه پیش‌ساخته و اجرای لاستیک‌های درزگیر در نیمی از پل.

۱۰- باز کردن پل بر روی ترافیک

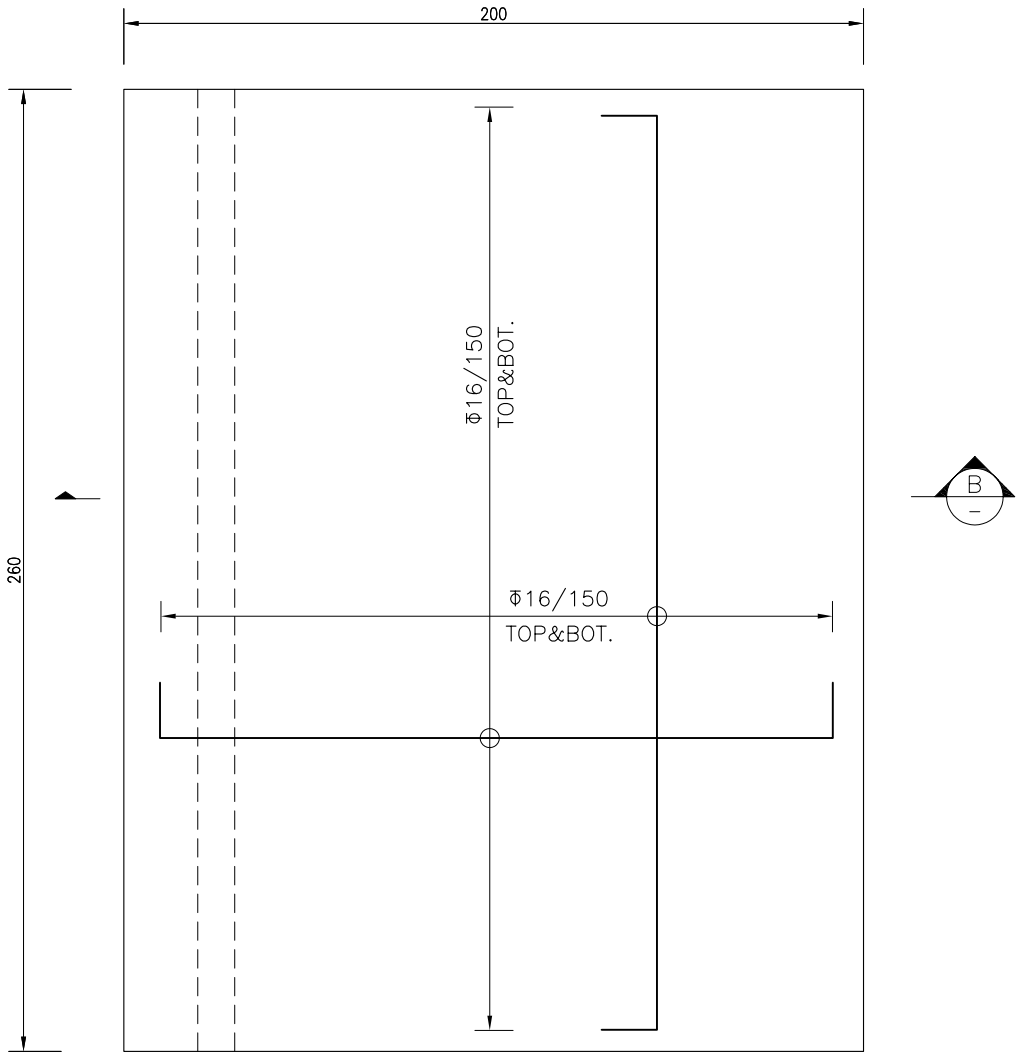
۱۱- نصب زهکش‌ها

- کنترل کیفیت

کنترل کیفیت کلیه مراحل اجرا به صورت بازرسی چشمی توسط دستگاه نظارت انجام می‌گردد.

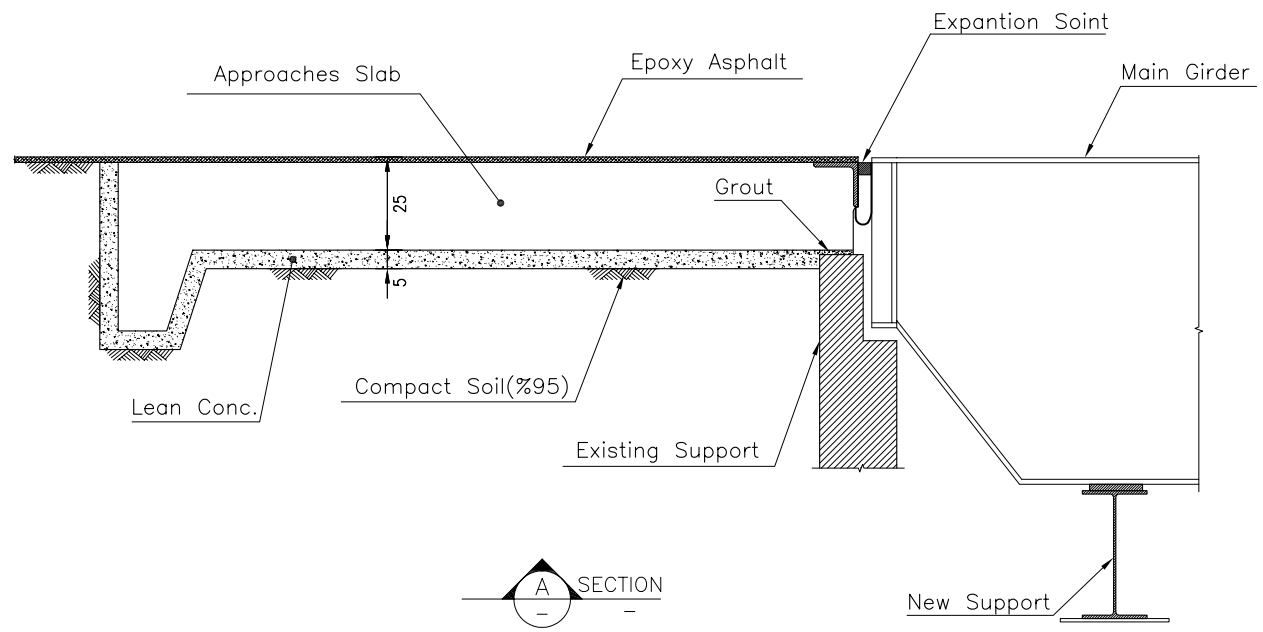


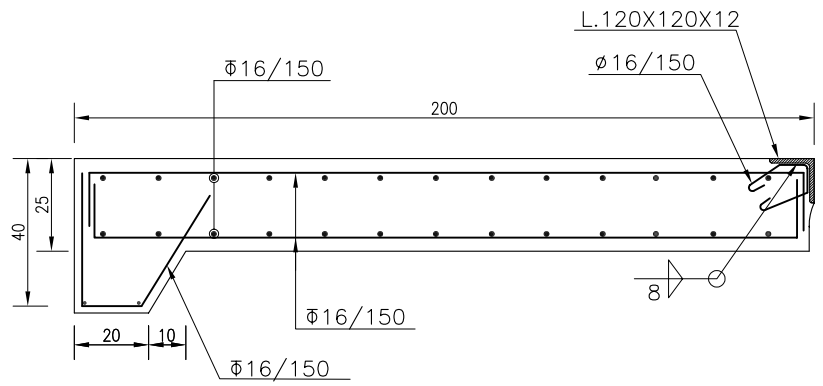
APPROACHES SLAB LAYOUT PLAN



APPROACHES SLAB PLAN

SC:1.20





توضیحات :

۱-اجرای دال تقریب مطابق دستور العمل انجام شود.

۲-دال بتنی در کارگاه ساخته شده و برای نصب به محل پروژه منتقل می شود.

۳-مقاومت ۲۸ روزه نمونه استوانه ای بتن مورد استفاده در ساخت دال بتنی برابر ۲۵۰ کیلو گرم بر سانتی متر مربع در نظر گرفته شده است

۴-آرماتورهای به کار رفته در دال بتنی از نوع AIII بامقاومت حد جاری شدن $FY=4000\ kg/m^2$ در نظر گرفته شده است

۵-بتن مگر دارای عیار حداقل ۱۵۰ کیلو گرم بر متر مکعب سیمان از نوع تیپ ۳ می باشد.

SIGN. :امضاء DATE: تاریخ		SIGN. :امضاء DATE: تاریخ		DES.: شرح :	REV.: تعمیر :
APPROVED : تصویب		CHECKED : کنترل			
TAZAND PROJ. NO.:		CLIENT: کارفرما: سازمان مهندسی و عمران شهر تهران			
TAZAND CONSULTING ENGINEERS					
87/07	ا-میر کمالی	DESIGNED BY: طراح :		PROJECT: پروژه : تعمیر ونگهداری پلهای تهران	
"	م-نظیفی	DRAWN BY: ترسیم :			
"	پ - زندی	CHECKED BY: کنترل :			
"	پ - زندی	APPROVED BY: تصویب :			
FOR APPROVAL		برای تائید: ■		TITLE: عنوان نقشه : APPROACHES SLAB	SCALE: AS.SH.
FOR TENDER		برای مناقصه: □			UNIT:mm./cm.
FOR CONSTRUCTION		برای اجراء: □			SHEET: A3
PROJ. NO.: -		شماره پروژه:		DWG. NO: S-01 شماره نقشه:	REV.: 00
DRAWING FILE NAME:					

پیوست ۷
محاسبات و نقشه‌های اجرائی و مشخصات فنی تعویض و ترفیع نرده‌های پل

۱) مقدمه

به دلیل ارتفاع کم پایه‌های موجود پل‌های ارتوتروپیک و همچنین مقاوم نبودن در برابر بارهای معرفی شده استاندارد آشتو تعویض پایه‌های موجود جهت اصلاح پایه‌ها ضروری می‌باشد.

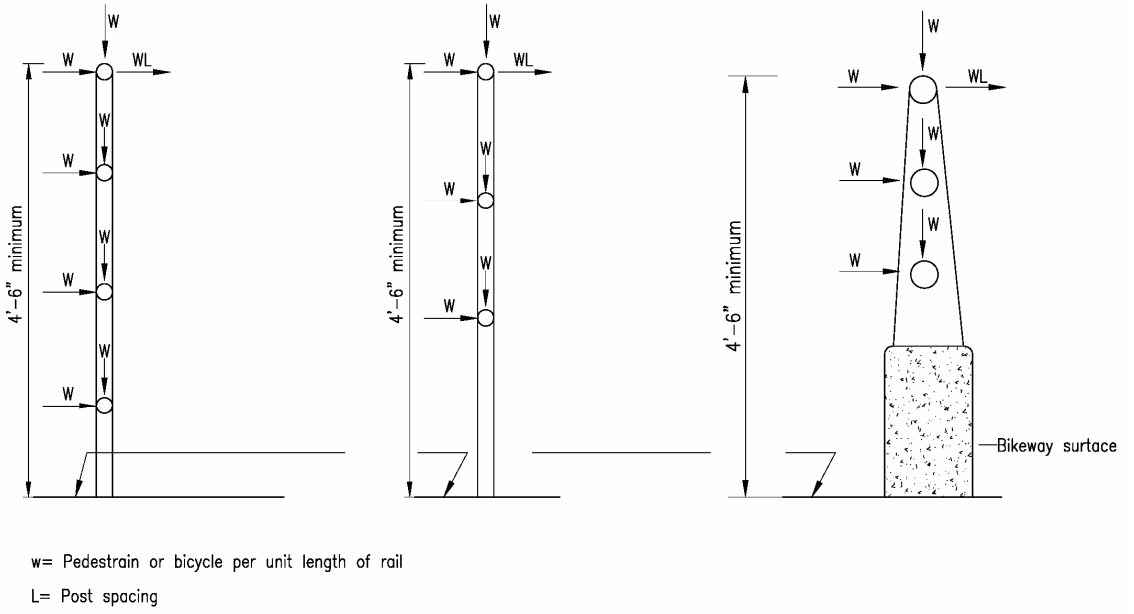
به دلیل عبور وسایل نقلیه موتوری از روی پل ضروری است نرده‌های پل مشخصات توصیه شده برای نرده‌های ترافیکی و نرده‌های عبور وسایل نقلیه موتوری به طور همزمان داشته باشد.

۲) نرده‌های وسایل نقلیه دو چرخ

در شکل ۱ مشخصات نرده‌های وسایل نقلیه دوچرخ نشان داده شده است. حداقل ارتفاع نرده $54''(137cm)$ توصیه شده است. بر این اساس فواصل آزاد ریل در محدوده کف سواره‌رو تا $27''(69cm)$ بالاتر از کف باید به گونه‌ای باشد که امکان عبور گوئی به قطر $6''(15cm)$ از بین نرده‌ها امکان‌پذیر نباشد همچنین فواصل ریل‌ها در محدود $27''(69cm)$ بالاتر از کف عرشه تا $54''(137cm)$ بالاتر باید به گونه‌ای باشد که امکان گوئی به قطر $8''(20cm)$از بین ریل‌ها امکان‌پذیر نباشد.

حداقل بار وارد بر ریل‌ها $50lb/ft(75kg/m)$ می‌باشد که به صورت همزمان به صورت افقی و قائم بر ریل‌ها اثر می‌کند.

پایه‌ها تحت بار wL که در مرکز ثقل بالاترین ریل وارد می‌گردد طراحی می‌شود. که L فاصله پایه‌ها و w شدت بار وارده بر ریل‌ها (75 kg/m) می‌باشد. لنگر ریل‌ها معادل $0.1wL^2$ می‌باشد.



شکل۱) نرده وسایل نقلیه دوچرخ

۳) نرده‌های ترافیکی

حداقل ارتفاع نرده ترافیکی معادل $27''(69cm)$ می‌باشد. در صورتیکه فاصله لبه ریل تا لبه جدول کمتر از $9''(23cm)$ باشد ارتفاع پایه از روی سطح سواره‌رو با احتساب پوشش آینده پل محاسبه می‌گردد. در صورتیکه فاصله فوق‌الذکر بیش از $9''(23cm)$ باشد ارتفاع ریل باید از روی تراز جدول تعیین گردد (امکان قرارگیری چرخ وسایل نقلیه بر روی جدول فراهم می‌گردد).

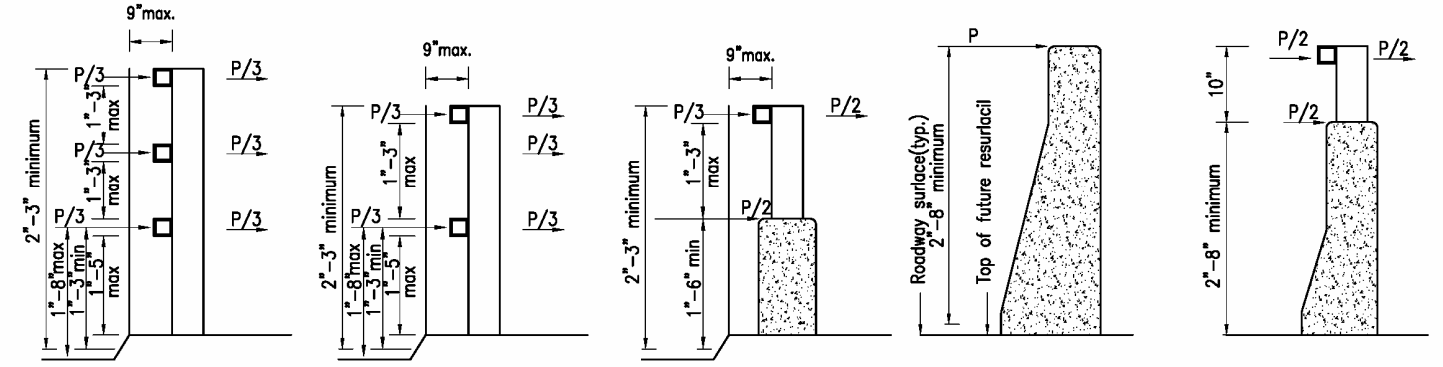
فاصله آزاد بین ریل تحتانی تا تراز پائین پایه نباید بیشتر از $17''(43cm)$ و فاصله آزاد سایر ریل نباید بیشتر از $15''(38cm)$ و حداکثر $20''(51cm)$ بالاتر از سطح سواره‌رو باید قرار گیرد.

بار افقی وارد بر پایه مطابق اشکال معادل P یا C.P می‌باشد.

در صورتیکه ارتفاع ریل از $33''(84cm)$ بیشتر گردد کلیه بارهای جانبی روی ریل‌ها و پایه‌ها باید در ضریب C ضرب شوند. حداکثر بار وارده بر هر یک از اعضا نباید از P بزرگتر انتخاب گردد (P=4.5Ton).

بار طولی وارد بر پایه‌ها معادل نصف بار عرضی و به صورت همزمان می‌باشد که بار طولی حداکثر بر ٤ پایه طولی اثر می‌کند. پایه‌ها باید تحمل $\frac{1}{4}$ بارهای وارده به سمت خارج را وقتی که به سمت داخل اعمال می‌گردد داشته باشد.

ریل‌ها باید تحت لنگر خمشی معادل $P'\frac{L}{6}$ (وسط دهانه و روی پایه‌ها) طراحی گردند. L فاصله پایه‌ها و P' معادل $\frac{P}{3},\frac{P}{2}$ یا P می‌باشد. ریل‌ها همچنین باید در جهت قائم در دو جهت بالا و پائین تحت باری معادل $\frac{1}{4}$ بار عرضی وارد بر ریل‌ها طراحی گردند. در شکل ۲ جزئیات نرده ترافیکی نشان داده شده است.

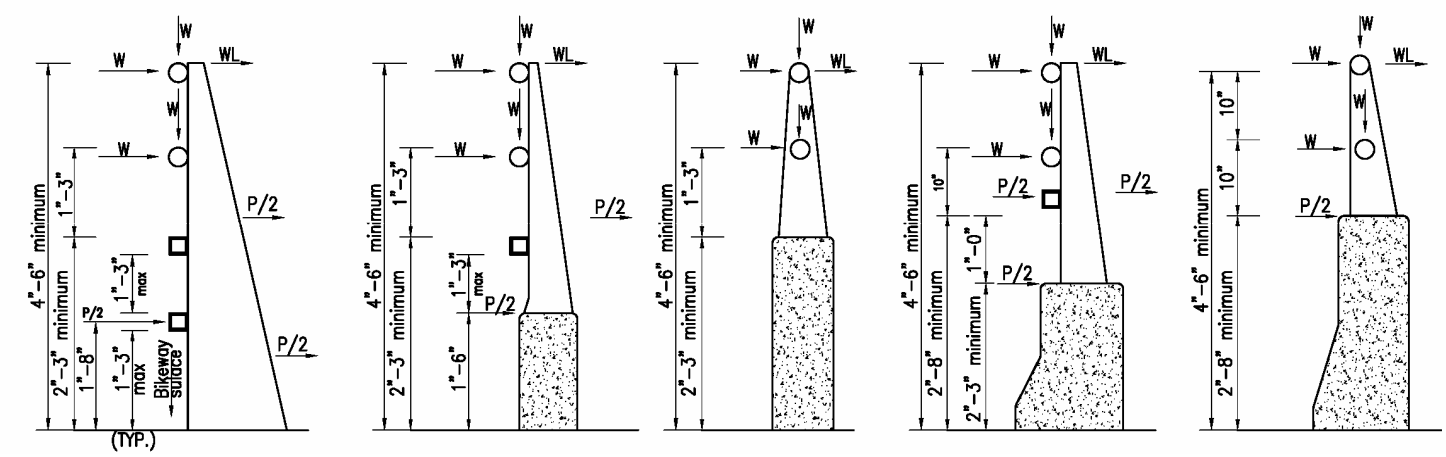


شکل ۲) جزئیات نرده‌های ترافیکی

٤) نرده جهت بارهای ترافیکی و وسایل نقلیه دوچرخ

با توجه به اینکه این نوع نرده باید جوابگوی هر دو سیستم نرده ترافیکی و دوچرخ باید هندسه آن به گونه‌ای انتخاب گردد که مشخصات هر دو نرده را به صورت همزمان داشته باشد بر این اساس فواصل آزاد ریل‌ها باید به گونه‌ای باشد که در محدوده پائین و بالای خط $27''(69cm)$ امکان عبور گوی با قطرهای

$6''(15cm)$ و $8''(20cm)$ امکان‌پذیر نباشد. در شکل ۳ بارهای وارد بر نرده و پایه (سمت چپ و سمت راست هر شکل) نشان داده شده است.



شکل ۳) جزئیات هندسی و بارگذاری نرده ترافیکی و دوچرخ

۵) طرح هندسی نرده جدید

با عنایت به اینکه طرح نرده باید جزئیات هندسی ذکر شده را ارضا نماید جزئیاتی مطابق شکل ٤ نشان داده شده است. این طرح مشخصات هندسی پایه‌ها و ریل‌ها را تأمین می‌نماید که در ادامه به طراحی اجزای آن پرداخته شده است.

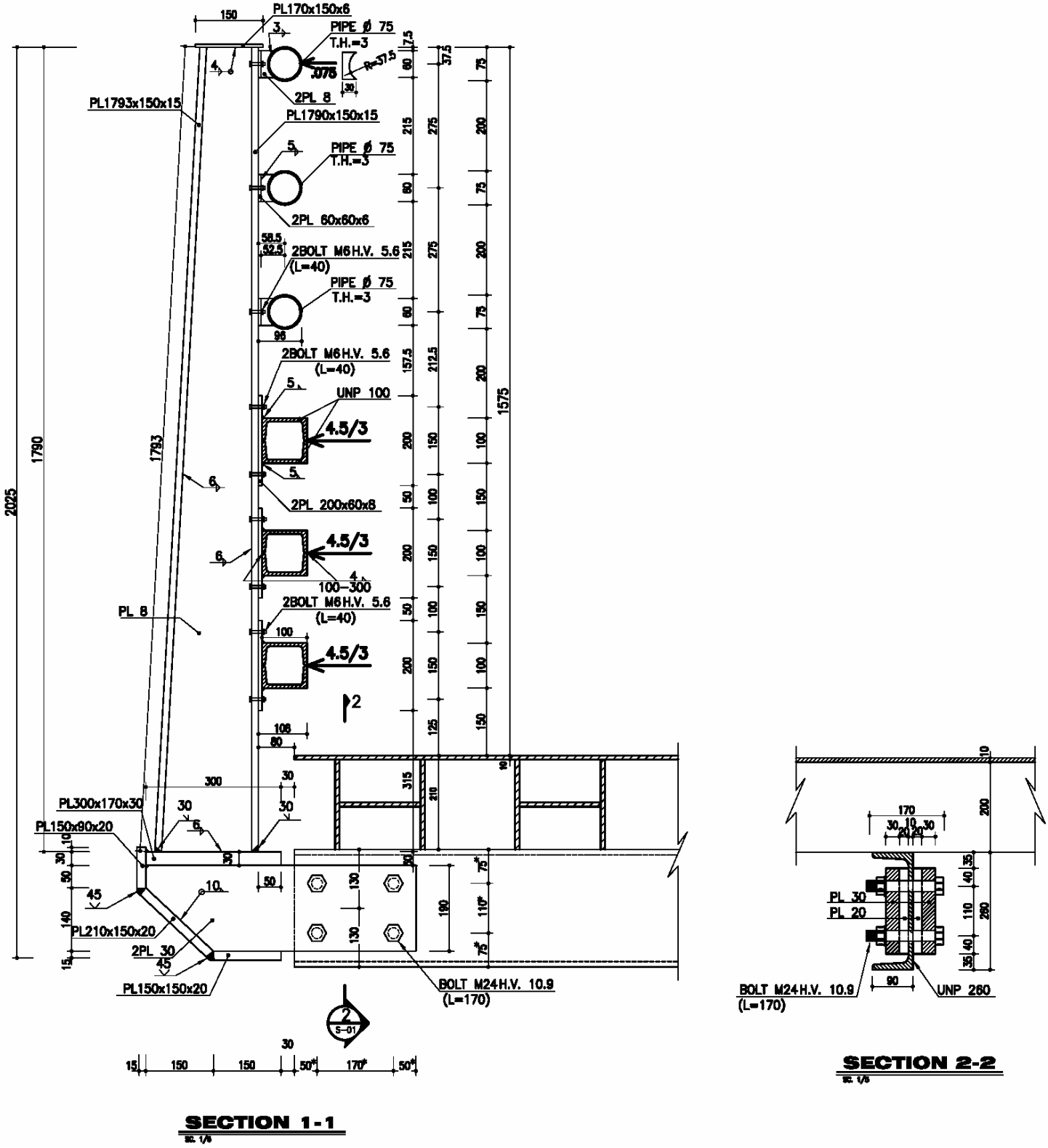
٦) طراحی مقاطع نرده با طرح جدید

فواصل نرده‌های پل‌ها در حال حاضر 3.0^{m} می‌باشد که در طرح جدید نیز جهت استفاده از تکیه‌گاه‌های موجود UNP، فواصل نرده‌ها 3.0 متر انتخاب می‌گردد.

$$C = 1 + \frac{h - 33}{18} = 1.0 \qquad h = 75cm = 30''$$ ارتفاع نرده ترافیکی

٦-۱) طراحی نرده

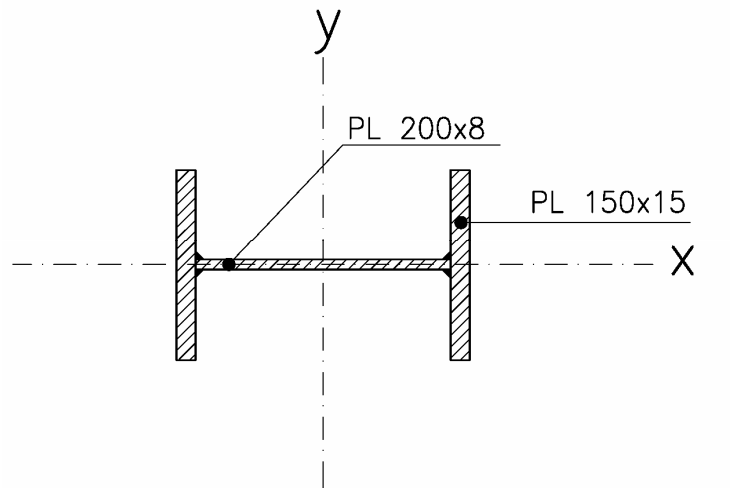
بارگذاری نرده مطابق شکل ٤ می‌باشد. بر این اساس لنگر در پای پایه برابر خواهد بود با:



شکل ٤) جزئیات هندسی طرح جدید نرده‌های پل‌های فلزی

$$M = \overbrace{\frac{4.5}{3}(0.42+0.67+0.92)}^{\text{بار ترافیکی}} + \overbrace{0.075\times 3.0\times 1.75}^{\text{بار دو چرخ}}$$

لنگر عرضی M=3.4T.m لنگر طولی M=3.4/2=1.7T.m



$$I_X = 0.8\times 20^3/12 \quad + 2\times 15\times 1.5\times 10.75^2 = 5867cm^4$$

$$S_X = 2I_X/23 = 2\times 5867/23 = 510cm^3$$

$$I_y = 2\times 1.5\times 15^3/12 = 844cm^4$$

$$S_y = 2\times 844/15 = 112cm^3$$

$$\sigma = \frac{3.4\times 10^5}{510} + \frac{1.7\times 10^5}{112\times 4} = 667+379 = 1045 < 0.55\times 2400 = o.k$$

- کنترل عرضی به ضخامت بال

$$\frac{b}{2t} = \frac{15}{2\times 1.5} = 5 < \frac{1600}{\sqrt{34000}} = 8.7 o.k$$

فاصله مهار جانبی به اینچ $< \dfrac{2400\times b}{\sqrt{F_y}} = \dfrac{2400\times 15/2.54}{\sqrt{34000}} = 77''(196^{cm}) > 179^{cm}\, o.k$

- عرض به ضخامت جان

$$\frac{D}{t} = \frac{20}{1} = 20 < \frac{13000}{\sqrt{34000}} = 70 o.k$$

- کنترل برش در جان

$$f_v = \frac{4.5\times 10^3}{20\times 0.8} = 281 < 0.33\times 2400 = 792 kg/cm^2$$

٦-٢) طراحی ورقهای اتصال به UNP260

مقطع اتصال به UNP 260 از دو ورق به ارتفاع 19cm و ضخامت 3cm تشکیل شده است.

$$M = \frac{4.5}{3}(0.55+0.8+1.05)+.075\times 3\times 1.88$$

$$M = 4.03T.m$$

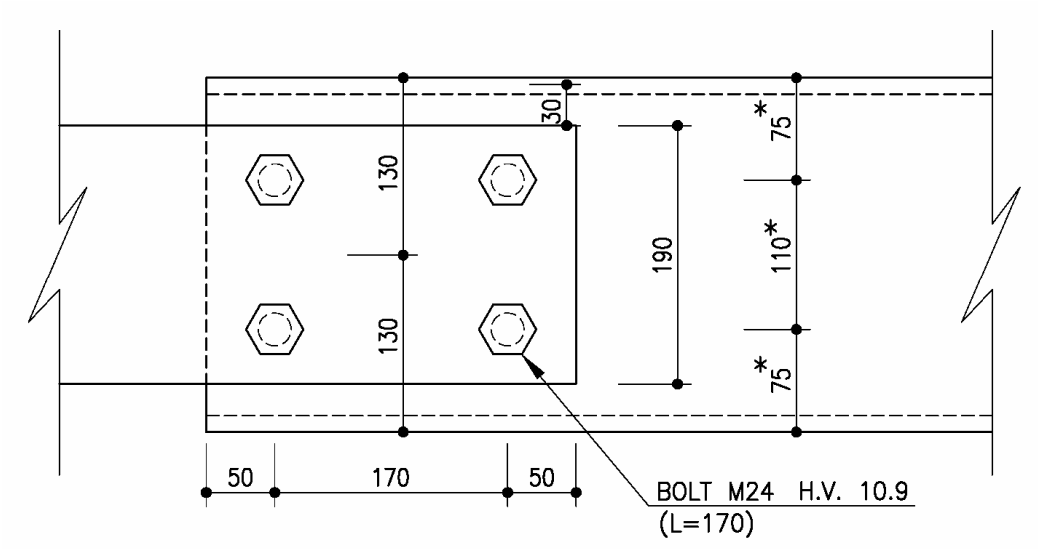
$$T = V = 4.5Ton$$

$$S = 2\times 3\times 19^2/6 = 361cm^3$$

$$\sigma = \frac{M}{S}+\frac{T}{M} = \frac{4.03\times 10^5}{361}+\frac{4.5\times 10^3}{2\times 3\times 19} = 1116+40 = 1156kg/cm^2 < 0.55\times 2400 = 1320kg/cm^2 o.k$$

٦-٣) کنترل پیچ های اتصال به UPN260

درشکل ٥ جزئیات اتصال به UPN260 نشان داده شده است.



شکل ٥) جزئیات اتصال نرده به UPN260

ناشی از کشش $f_x = \frac{4.5\times 10^3}{4} = 1125kg$

ناشی از لنگر خمشی $f_M = \frac{4\times 10^5}{10.1\times 4} = 9901kg$

$f_{MX} = 9901\times 707 = 7000kg$

$f_{MY} = 9901\times 707 = 7000kg$

$f_X = 125+7000 = 8125kg$

$f_y = 7000 = 7000kg$

نیروی وارد بر هر پیچ $f = \sqrt{8125^2+7000^2} = 10724kg$

تنش مجاز برش پیچ $F_V = 0.2F_U = 0.2\times 10000 = 2000kg/cm^2 H.V10.9$

نیروی مجاز پیچ با قطر 24^{mm} (دو برشه) $= 2000\times 2\times \pi\times 2.4^2/4 = 18095kg > 10724kg o.k$

تنش مجاز لهیدگی UPN260 $= F_P = 1.2F_U = 1.2\times 5200 = 6240kg/cm^2 (ST-S2)$

تنش موجود لهیدگی در UPN260 $f_P = \frac{10724}{1\times 2.5} = 4290kg/cm^2 < 6240kg/cm^2$

٦-٤) کنترل فاصله سوراخ از لبه ورق

$$L_e \geq \frac{2P}{F_{U.t}} + \frac{d}{2}$$

$$L_e = \frac{2 \times 10724/2}{3700 \times 3} + \frac{2.5}{2} = 3.97 + 1.25 = 2.22cm < 3.5cm \quad o.k$$

٦-٥) طراحی ریل های ترافیکی

$$F = \frac{P}{3} = 4.5Ton$$

$$M = \frac{P.L}{4} = \frac{1.5 \times 3}{4} = 1.03\ T.m$$

$$S_{req} = \frac{1.13 \times 10^5}{1320} = 85cm^3\ USE\ \text{UPN100}(\text{S} = 2 \times 41 = 82\text{cm}^3 o.k)$$

در جهت قائم $M = \frac{1.13}{4} = 0.28T.M$

$$S_{req} = \frac{0.28 \times 10^5}{1320} = 21cm^3$$

$$I_{y-y} = 2 \times (24.3 + 13.5 \times 3.45^2) = 380\,cm^4$$

$$S_{y-y} = \frac{2 \times 380}{10} = 76 > 21cm^3 o.k$$

بنابراین ۲ عدد ناودانی نمره ۱۰۰ جهت ریل های ترافیکی استفاده می کنیم

٦-٦) ریل های وسایل نقلیه دو چرخ

$$M_{x,y} = \omega \ell^2 / 8 = 0.175 \times 3^2 / 8 = 0.084T.m$$

$$M = \sqrt{2} M_{x,y} = 0.12T.m$$

ار لوله فلزی با قطر خارجی 7.5cm و ضخامت حداقل 3mm استفاده کنیم

$$S = \frac{\pi}{32}(7.5^3 - 6.9^3) = 9.17cm^3$$

$$\sigma = \frac{0.12 \times 10^5}{9.17} = 1308kg/cm^2 < 0.55 \times 2400 = 1320 o.k$$

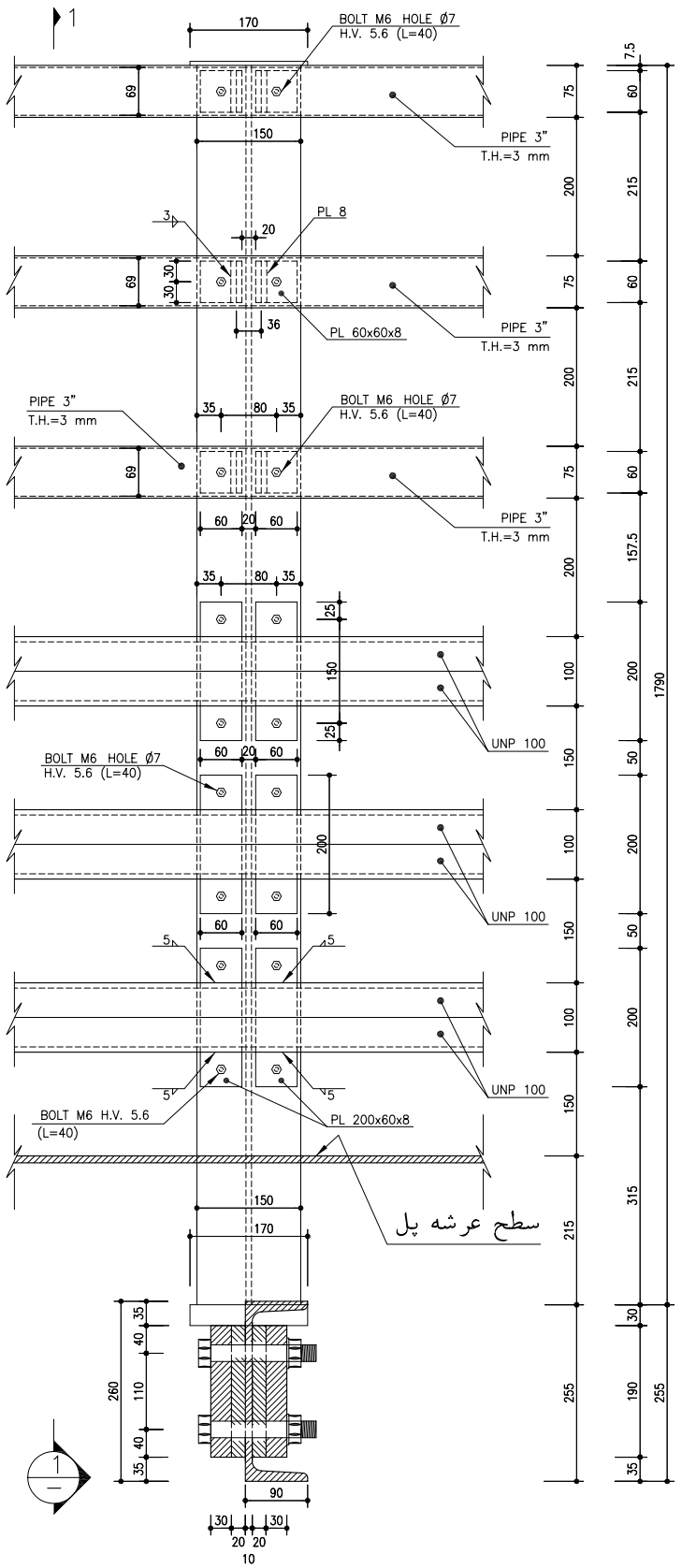
٦-٧) اتصال ریل به پایه

اتصال ریل به پایه باید توانائی تحمل باری به میزان 1/4 بار وارد بر ریل را در امتداد قائم داشته باشد.

$$P = \frac{P/3}{4} = 0.375Ton$$

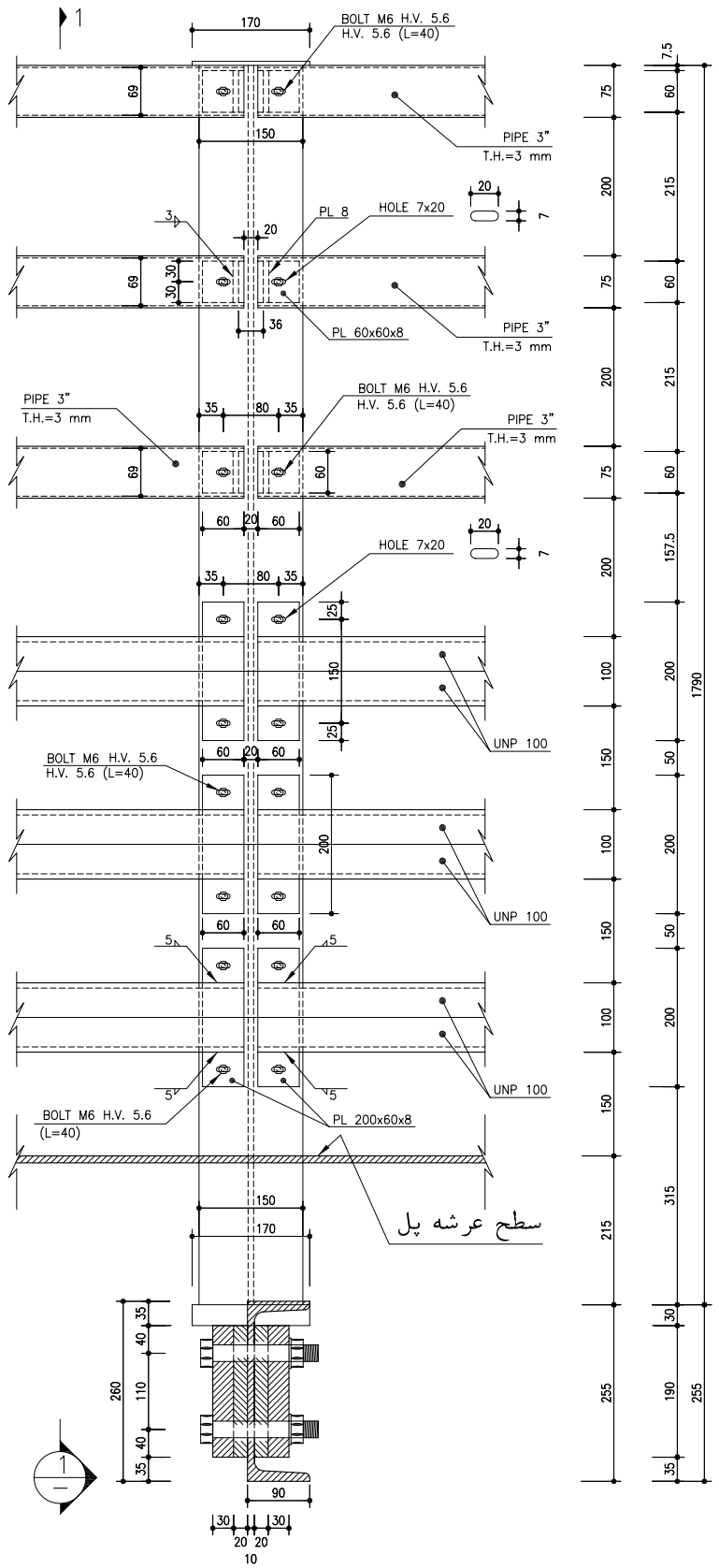
$$f_V = \frac{0.375 \times 10^3}{2 \times 0.5} = 375kg/cm^2 < 0.17 \times 5000 = 850kg/cm^2$$

پیچ ها از نوع معمولی 5.6 با حد گسیختگی 5000kg/cm^2 استفاده می کنیم.



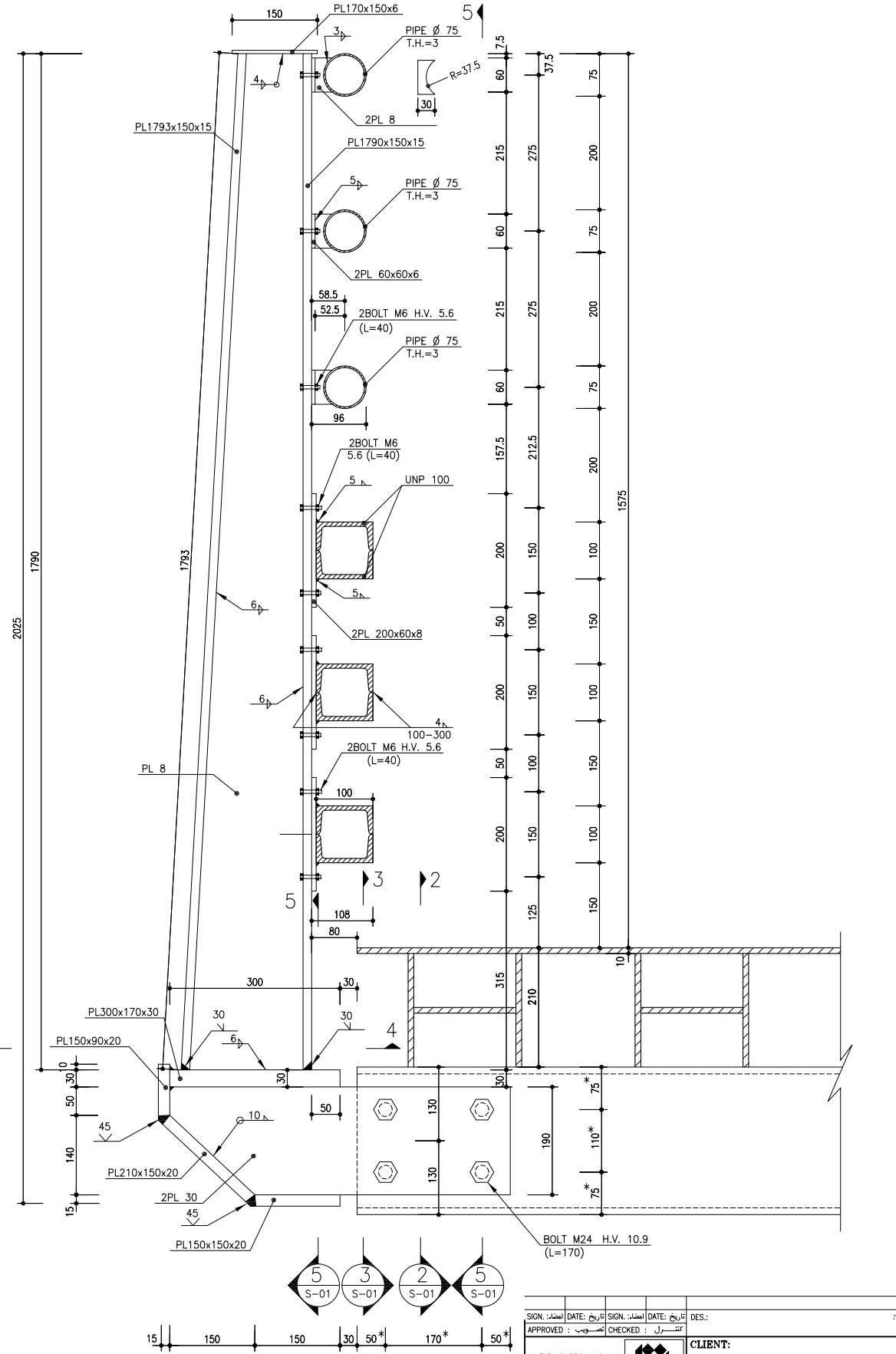
DETAIL "A"

SC. 1/5



DETAIL "B"

SC. 1/5



SECTION 1-1

SC. 1/5

SIGN. :امضاء	DATE: تاریخ	SIGN. :امضاء	DATE: تاریخ	DES.: شرح :	REV.: تغییر :
APPROVED : تصویب		CHECKED : کنترل			

TAZAND PROJ. NO.: 1312-87/04/30

TAZAND CONSULTING ENGINEERS

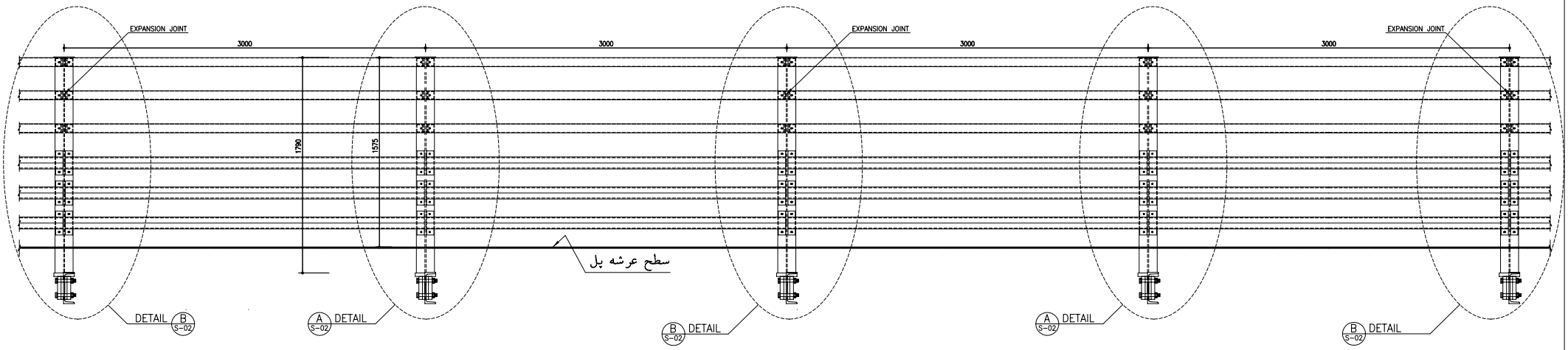
CLIENT: کارفرما:

سازمان مهندسی و عمران شهر تهران

87/04	ن - صدرایی	DESIGNED BY: طراح :	PROJECT: پروژه :
"	آ - نظیفی	DRAWN BY: ترسیم :	طرح جدید نرده های پلهای فلزی تهران
"	پ - زندی	CHECKED BY: کنترل :	(ترافیکی - دوچرخ)
"	پ - زندی	APPROVED BY: تصویب :	

FOR APPROVAL	برای تائید: ■	TITLE: عنوان نقشه :	SCALE: AS.SH.
FOR TENDER	برای مناقصه: □	جزییات نرده ها و مقاطع	UNIT:mm./cm.
FOR CONSTRUCTION	برای اجـــراء: □		SHEET: A3
PROJ. NO.: –	شماره پروژه:	DWG. NO: S-02 شماره نقشه:	REV.: 00

DRAWING FILE NAME:



VEIW 5-5

SC. N.T.S

توضیحات عمومی :

۱) پیمانکار باید قبل از شروع کار کلیه ابعاد و اندازه ها و هماهنگی جزئیات روی نقشه ها را کنترل و تائید نمائید.

۲) فولادمصرفی ازنوع نرمه ساختمانی $St-37-2$ باتنش جاری شدن حداقل ۲۴۰۰ کیلوگرم برسانتی مترمربع وتغییرشکل نسبی حداقل ۲۵% به هنگام گسیختگی درنظرگرفته شده است.

۳) ابعاد نیمرخها و ورق های مصرفی مطابق استانداردآلمانی $DIN17100$ درنظرگرفته شده اند .

۴) الکترود مصرفی برای جوشهای گوشه ازنوع E60 مطابق استانداردهای AWS والکترود مصرفی برای جوشهای لب به لب و شیاری از نوع $E7018$ (کم هیدروزن) درنظر گرفته شود.

۵) الکترودها قبل از مصرف ۴ ساعت داخل خشک کن نگهداری شوند.

۶) جوشهای شیاری باید تحت آزمایشهای غیرمخرب از نوع اولتراسونیک یا پرتونگاری قرار گیرند. میزان و دامنه آزمایشها توسط دستگاه نظارت تعیین خواهد گردید.

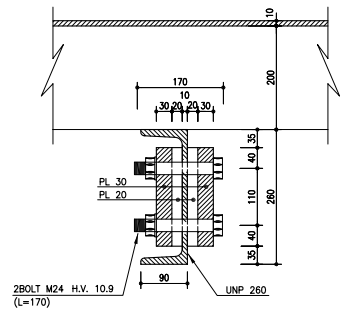
۷) روادارهای ساخت و نصب اسکلت فولادی مطابق استانداردهای سازمان برنامه و بودجه و استانداردهای $AISC$ انتخاب میگردد.

۸) **فقط** پیچ های پرمقاومت **با قطر ۲۴** میلیمتر باید هنگام نصب به روش سفت کردن اضافی مهره مطابق مشخصات AISC پیش تنیده گردند.

۹) پیمانکار موظف است هماهنگی لازم را جهت ایجاد محدودیت های ترافیکی به هنگام کار بر روی پل را با مراجع ذیربط بعمل آورد و کلیه تمهیدات لازم را در تامین ایمنی محدوده انجام کار و فضای زیر پل جهت ممانعت از سقوط اجسام به پایین را فراهم نماید.

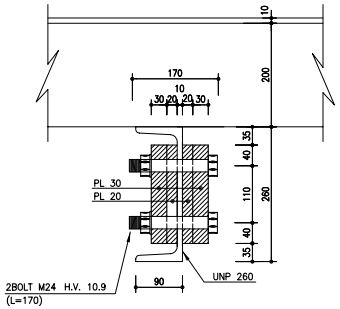
۱۰) اندازه های مشخص شده با علامت x باید با وضعیت موجود پل تطبیق داده شود و در صورت نیاز اصلاح گردند.

۱۱)سوراخ های لازم برای پیچ کردن فلاشینگ موجود به نرده ها و انطباق ابعاد فلاشینگ با شکل نرده باید توسط پیمانکارکنترل گردد.



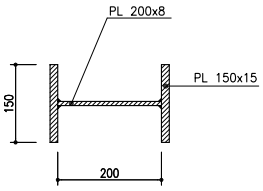
SECTION 2-2

SC. 1/5



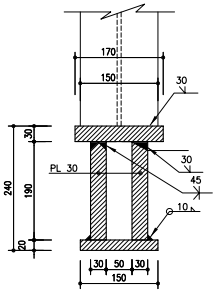
SECTION 3-3

SC. 1/5



SECTION 4-4

SC. 1/5



SECTION 5-5

SC. 1/5

SIGN. امضاء:	DATE: تاریخ	SIGN. امضاء:	DATE: تاریخ
APPROVED : تصویب		CHECKED : کنترل	
TAZAND PROJ. NO.: 1312-87/04/30			
TAZAND			
87/04	ن - صدرایی	طراح DESIGNED BY:	
•	آ - نظری	ترسیم DRAWN BY:	
•	پ - زندی	کنترل CHECKED BY:	
•	پ - زندی	تصویب APPROVED BY:	
FOR APPROVAL	برای تایید		
FOR TENDER	برای مناقصه		
FOR CONSTRUCTION	برای اجـــراء		
PROJ. NO.: –	شماره پروژه:		
DRAWING FILE NAME:			

DES.: شرح : REV.: تغییر :

کارفرما: CLIENT:

سازمان مهندسی و عمران شهر تهران

پـــروژه : PROJECT:

طرح جدید نرده های پلهای فلزی تهران

(ترافیکی - دوجرخ)

عنوان نقشه : TITLE:

نمای طولی نرده ها

SCALE: AS.SH.

UNIT:mm./cm.

SHEET: A3

DWG. NO: S-01 شماره نقشه REV.: 00

پیوست ۸
برداشت وضعیت موجود نرده‌ها

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

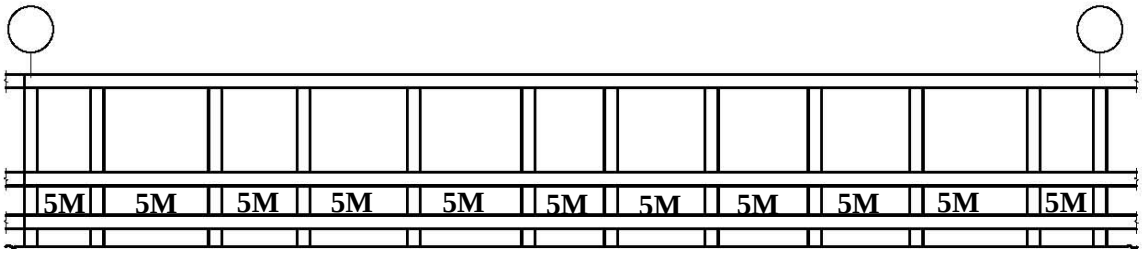
چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود نرده و فلاشینگ

شناسه پل: **SB-02** **نام پل:** حافظ- انقلاب **شماره قطعه:** ۱

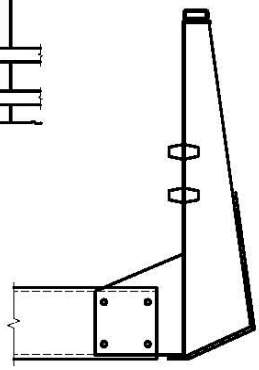
وضعیت کلی نرده و فلاشینگ

وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☐

نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐

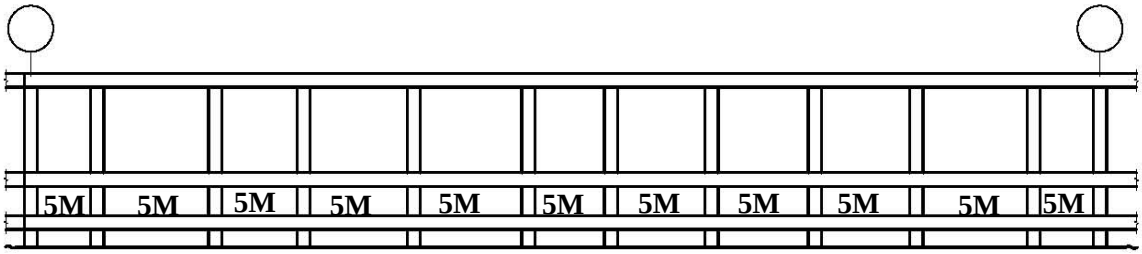


نمای نرده شمالی

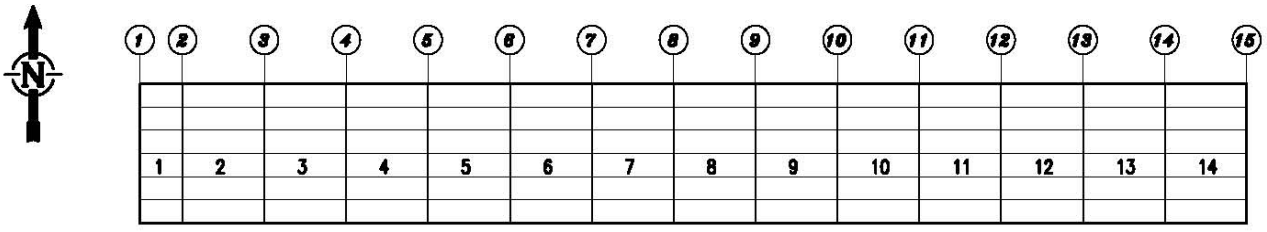


توضیحات:

نمای جانبی نرده



نمای نرده جنوبی



پلان راهنما

نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
آسیب‌دیدگی اتصال ستونک به تیرهای عرضی	1	آسیب‌دیدگی و تابیدگی فلاشینگ	6
آسیب‌دیدگی گاردریل‌ها	2	کنده شدن اتصالات فلاشینگ به پل	7
آسیب‌دیدگی علائم ترافیکی روی پل	3	اتصال تابلوی تبلیغاتی به نرده	8
آسیب‌دیدگی پایه	4	زنگ‌زدگی و خوردگی در گاردریل	9
آسیب پیچهای اتصال گاردریل به پایه	5		

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	تاریخ برداشت
ر. باقرلو	تیر و مرداد۸۷

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

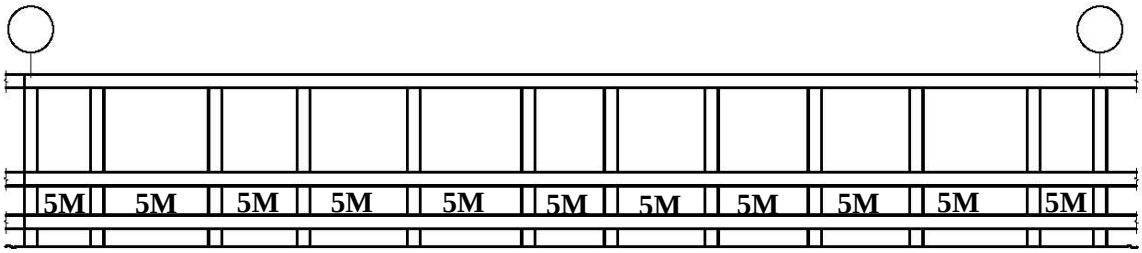
چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود نرده و فلاشینگ

شناسه پل: **SB-02** **نام پل:** حافظ- انقلاب **شماره قطعه: ۲**

وضعیت کلی نرده و فلاشینگ

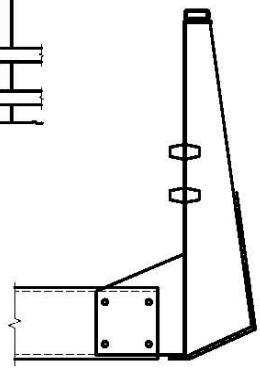
وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☐

نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐

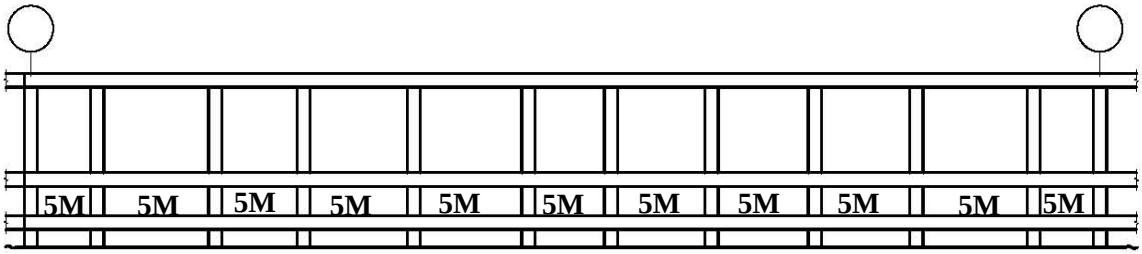


نمای نرده شمالی

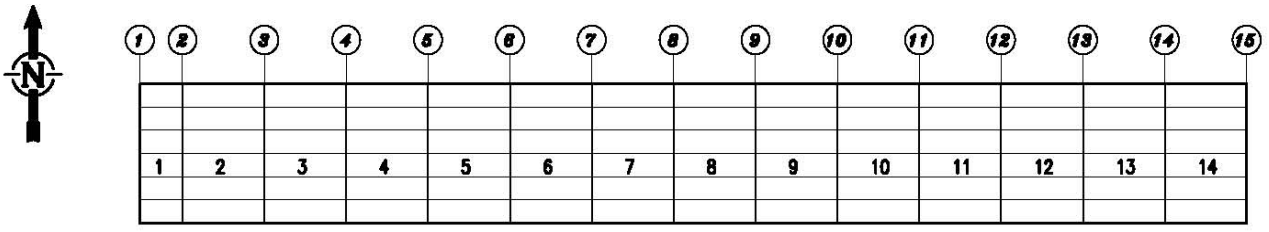
توضیحات:



نمای جانبی نرده



نمای نرده جنوبی



پلان راهنما

نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
آسیب‌دیدگی اتصال ستونک به تیرهای عرضی	1	آسیب‌دیدگی و تابیدگی فلاشینگ	6
آسیب‌دیدگی گاردریل‌ها	2	کنده شدن اتصالات فلاشینگ به پل	7
آسیب‌دیدگی علائم ترافیکی روی پل	3	اتصال تابلوی تبلیغاتی به نرده	8
آسیب‌دیدگی پایه	4	زنگ‌زدگی و خوردگی در گاردریل	9
آسیب پیچهای اتصال گاردریل به پایه	5		

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	تاریخ برداشت
ر. باقرلو	تیر و مرداد۸۷

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

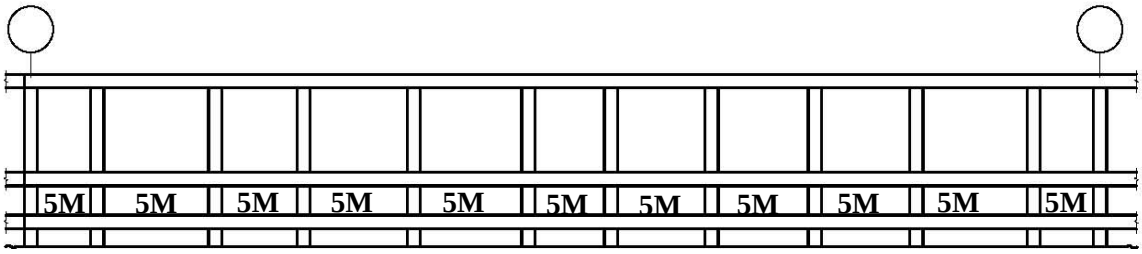
چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود نرده و فلاشینگ

شناسه پل: **SB-02** **نام پل:** حافظ- انقلاب **شماره قطعه: ۳**

وضعیت کلی نرده و فلاشینگ

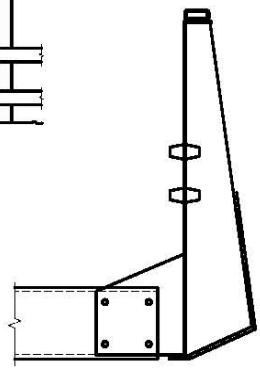
وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☐

نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐

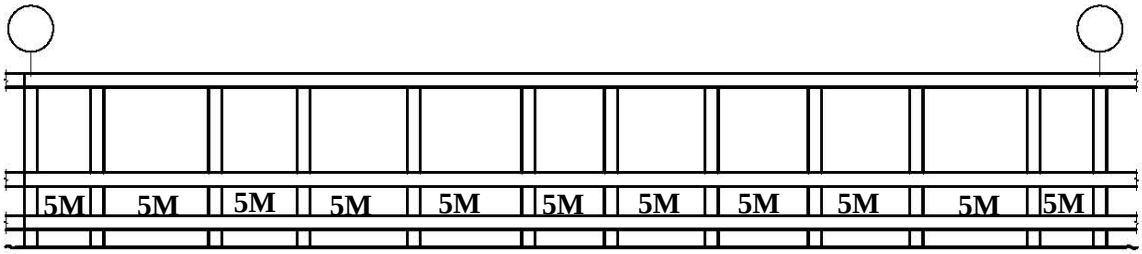


نمای نرده شمالی

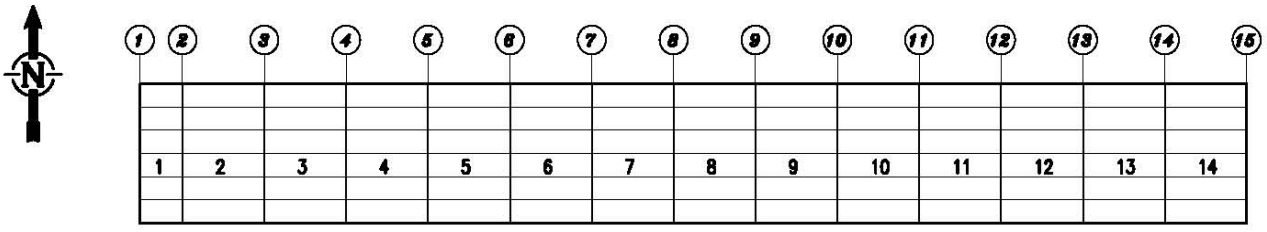
توضیحات:



نمای جانبی نرده



نمای نرده جنوبی



پلان راهنما

نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
آسیب‌دیدگی اتصال ستونک به تیرهای عرضی	1	آسیب‌دیدگی و تابیدگی فلاشینگ	6
آسیب‌دیدگی گاردریل‌ها	2	کنده شدن اتصالات فلاشینگ به پل	7
آسیب‌دیدگی علائم ترافیکی روی پل	3	اتصال تابلوی تبلیغاتی به نرده	8
آسیب‌دیدگی پایه	4	زنگ‌زدگی و خوردگی در گاردریل	9
آسیب پیچهای اتصال گاردریل به پایه	5		

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	تاریخ برداشت
ر. باقرلو	تیر و مرداد۸۷

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

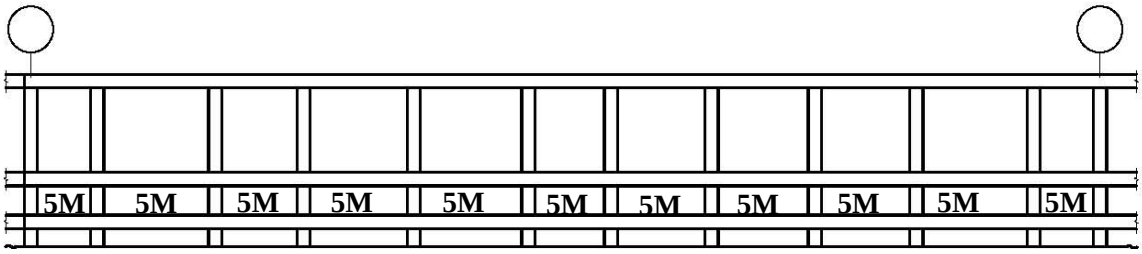
چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود نرده و فلاشینگ

شناسه پل: **SB-02** **نام پل:** حافظ- انقلاب **شماره قطعه:** ٤

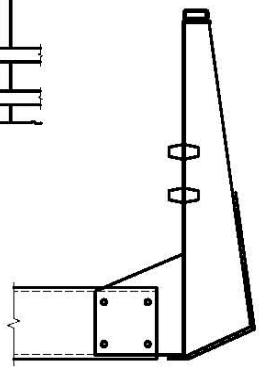
وضعیت کلی نرده و فلاشینگ

وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☐

نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐

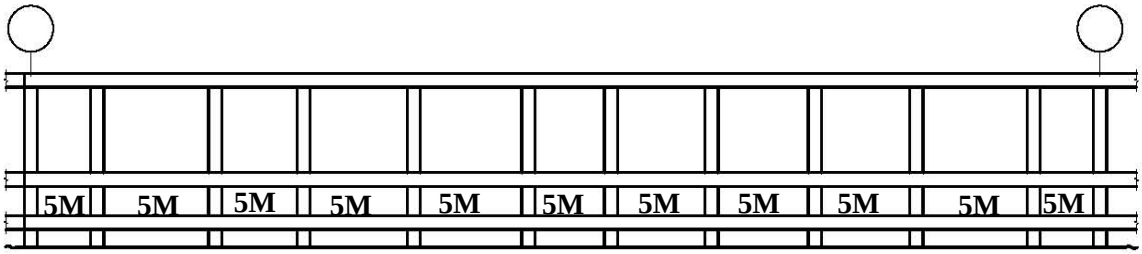


نمای نرده شمالی

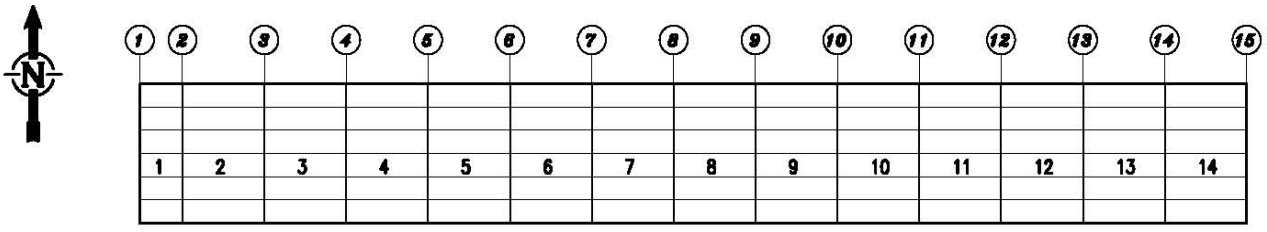


توضیحات:

نمای جانبی نرده



نمای نرده جنوبی



پلان راهنما

نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
آسیب‌دیدگی اتصال ستونک به تیرهای عرضی	1	آسیب‌دیدگی و تابیدگی فلاشینگ	6
آسیب‌دیدگی گاردریل‌ها	2	کنده شدن اتصالات فلاشینگ به پل	7
آسیب‌دیدگی علائم ترافیکی روی پل	3	اتصال تابلوی تبلیغاتی به نرده	8
آسیب‌دیدگی پایه	4	زنگ‌زدگی و خوردگی در گاردریل	9
آسیب پیچهای اتصال گاردریل به پایه	5		

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	تاریخ برداشت
ر. باقرلو	تیر و مرداد۸۷

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

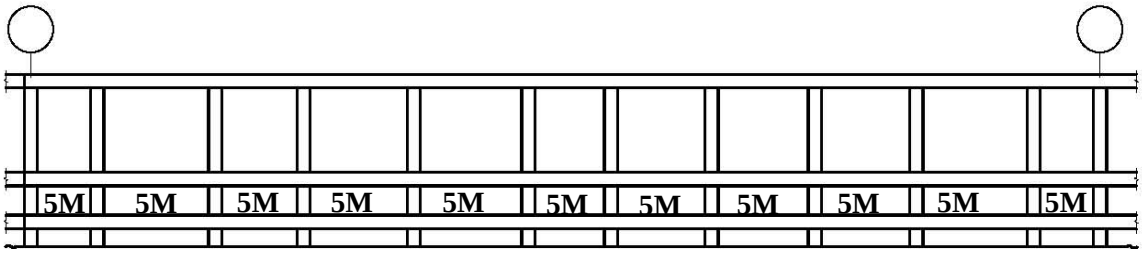
چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود نرده و فلاشینگ

شناسه پل: **SB-02** **نام پل:** حافظ- انقلاب **شماره قطعه: ۵**

وضعیت کلی نرده و فلاشینگ

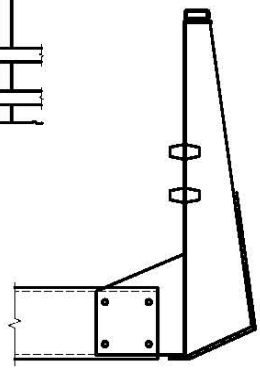
وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☐

نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐

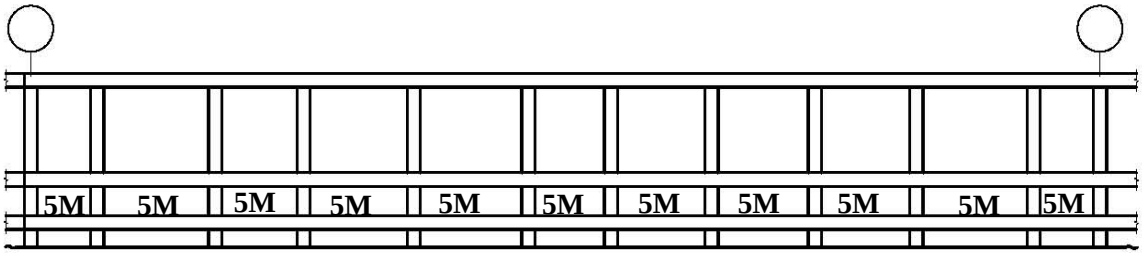


نمای نرده شمالی

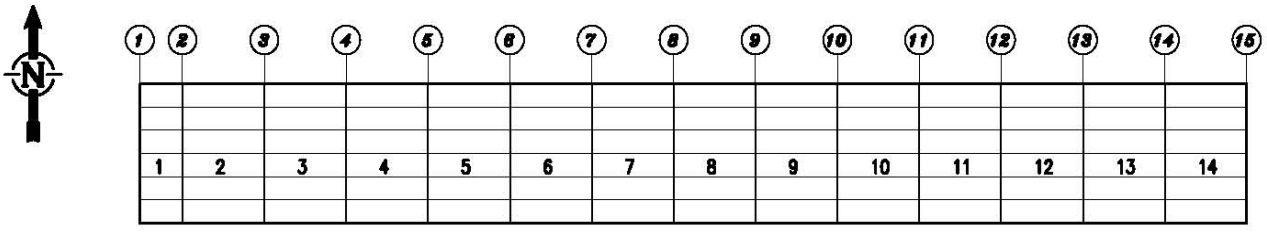
توضیحات:



نمای جانبی نرده



نمای نرده جنوبی



پلان راهنما

نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
آسیب‌دیدگی اتصال ستونک به تیرهای عرضی	1	آسیب‌دیدگی و تابیدگی فلاشینگ	6
آسیب‌دیدگی گاردریل‌ها	2	کنده شدن اتصالات فلاشینگ به پل	7
آسیب‌دیدگی علائم ترافیکی روی پل	3	اتصال تابلوی تبلیغاتی به نرده	8
آسیب‌دیدگی پایه	4	زنگ‌زدگی و خوردگی در گاردریل	9
آسیب پیچهای اتصال گاردریل به پایه	5		

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	تاریخ برداشت
ر. باقرلو	تیر و مرداد۸۷

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

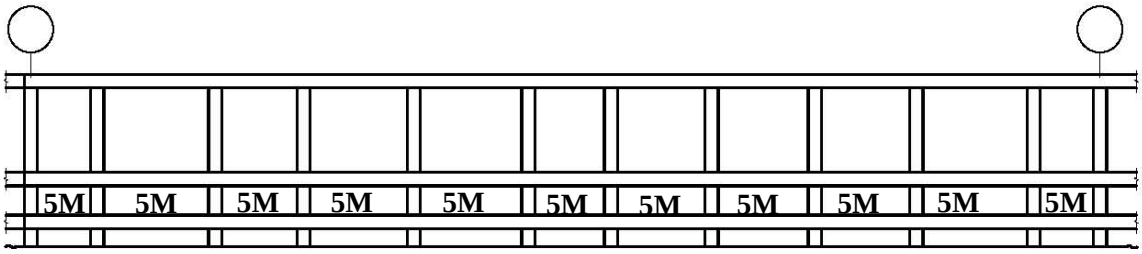
چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود نرده و فلاشینگ

شناسه پل: **SB-02** **نام پل:** حافظ- انقلاب **شماره قطعه:** ٦

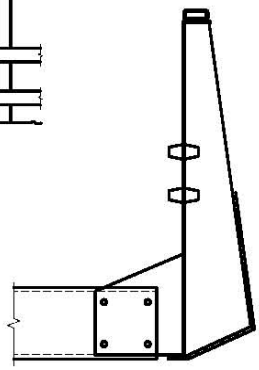
وضعیت کلی نرده و فلاشینگ

وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☐

نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐

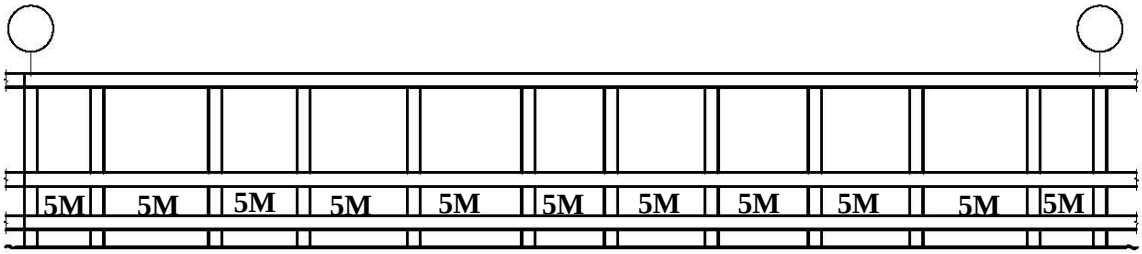


نمای نرده شمالی

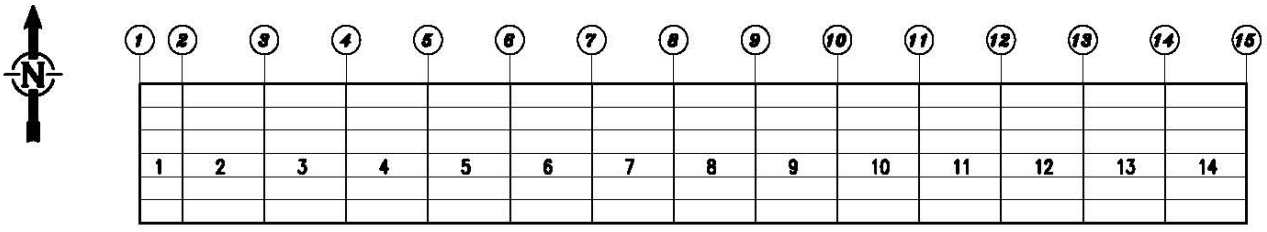


توضیحات:

نمای جانبی نرده



نمای نرده جنوبی



پلان راهنما

نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
آسیب‌دیدگی اتصال ستونک به تیرهای عرضی	1	آسیب‌دیدگی و تابیدگی فلاشینگ	6
آسیب‌دیدگی گاردریل‌ها	2	کنده شدن اتصالات فلاشینگ به پل	7
آسیب‌دیدگی علائم ترافیکی روی پل	3	اتصال تابلوی تبلیغاتی به نرده	8
آسیب‌دیدگی پایه	4	زنگ‌زدگی و خوردگی در گاردریل	9
آسیب پیچهای اتصال گاردریل به پایه	5		

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	تاریخ برداشت
ر. باقرلو	تیر و مرداد۸۷

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

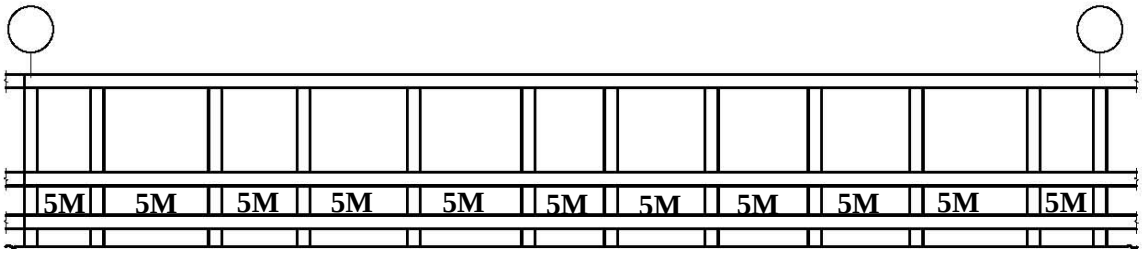
چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود نرده و فلاشینگ

شناسه پل: **SB-02** **نام پل:** حافظ- انقلاب **شماره قطعه:** ۷

وضعیت کلی نرده و فلاشینگ

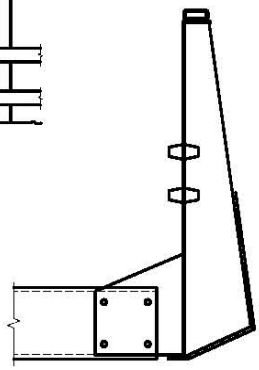
وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☐

نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐

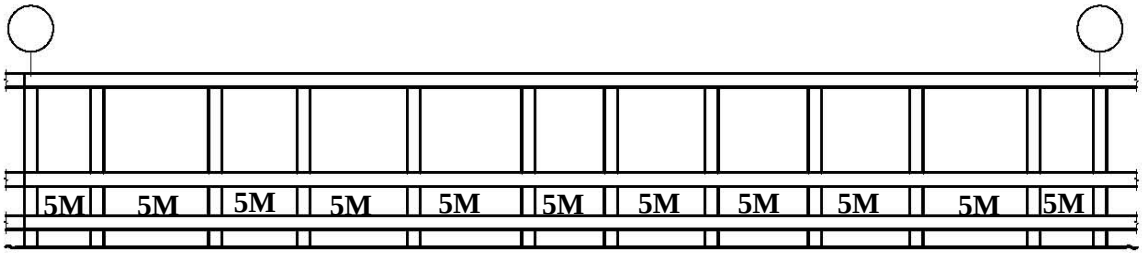


نمای نرده شمالی

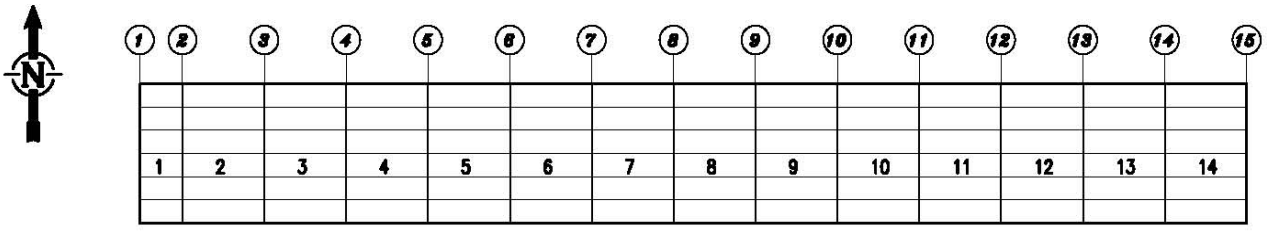
توضیحات:



نمای جانبی نرده



نمای نرده جنوبی



پلان راهنما

نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
آسیب‌دیدگی اتصال ستونک به تیرهای عرضی	1	آسیب‌دیدگی و تابیدگی فلاشینگ	6
آسیب‌دیدگی گاردریل‌ها	2	کنده شدن اتصالات فلاشینگ به پل	7
آسیب‌دیدگی علائم ترافیکی روی پل	3	اتصال تابلوی تبلیغاتی به نرده	8
آسیب‌دیدگی پایه	4	زنگ‌زدگی و خوردگی در گاردریل	9
آسیب پیچهای اتصال گاردریل به پایه	5		

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	تاریخ برداشت
ر. باقرلو	تیر و مرداد۸۷

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

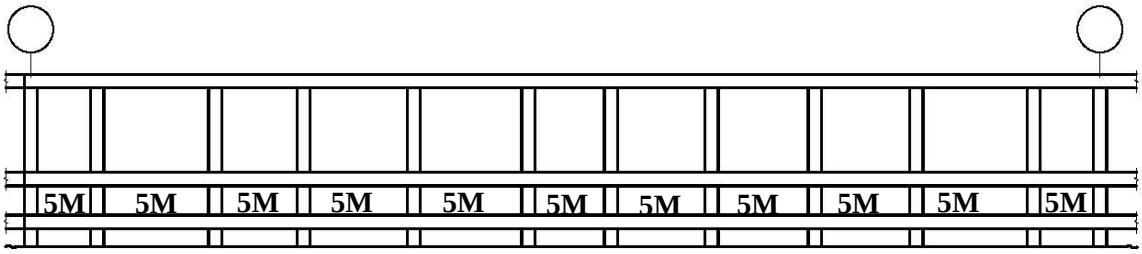
چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود نرده و فلاشینگ

شناسه پل: **SB-02** **نام پل:** حافظ- انقلاب **شماره قطعه:** ۸

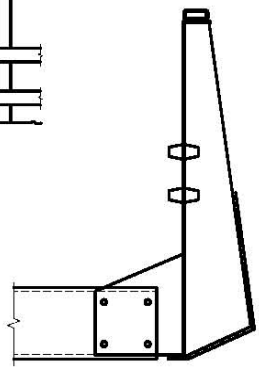
وضعیت کلی نرده و فلاشینگ

وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☐

نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐

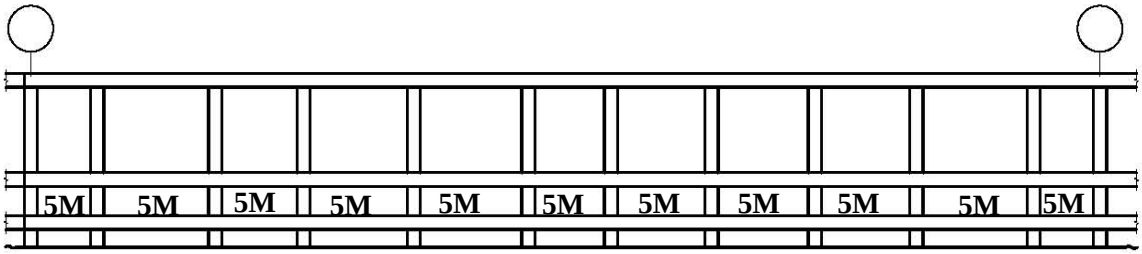


نمای نرده شمالی

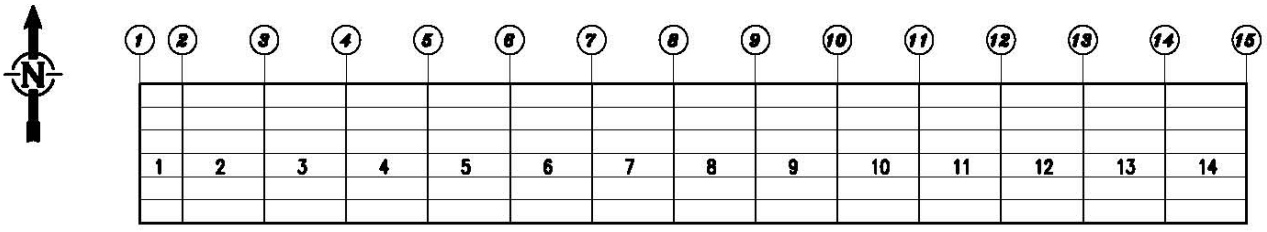


توضیحات:

نمای جانبی نرده



نمای نرده جنوبی



پلان راهنما

نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
آسیب‌دیدگی اتصال ستونک به تیرهای عرضی	1	آسیب‌دیدگی و تابیدگی فلاشینگ	6
آسیب‌دیدگی گاردریل‌ها	2	کنده شدن اتصالات فلاشینگ به پل	7
آسیب‌دیدگی علائم ترافیکی روی پل	3	اتصال تابلوی تبلیغاتی به نرده	8
آسیب‌دیدگی پایه	4	زنگ‌زدگی و خوردگی در گاردریل	9
آسیب پیچهای اتصال گاردریل به پایه	5		

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	تاریخ برداشت
ر. باقرلو	تیر و مرداد۸۷

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

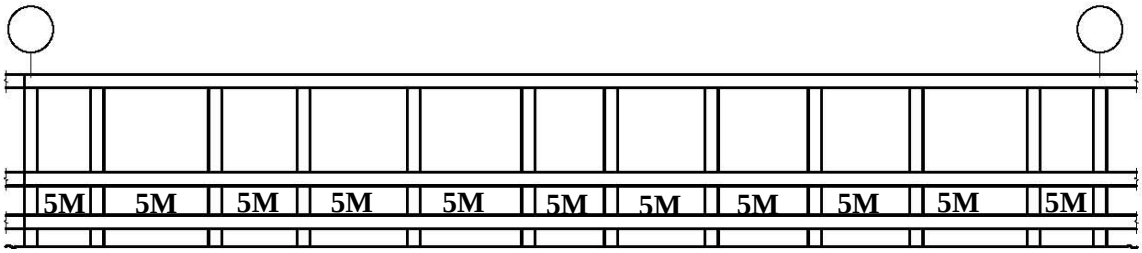
چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود نرده و فلاشینگ

شناسه پل: **SB-02** **نام پل:** حافظ- انقلاب **شماره قطعه: ۹**

وضعیت کلی نرده و فلاشینگ

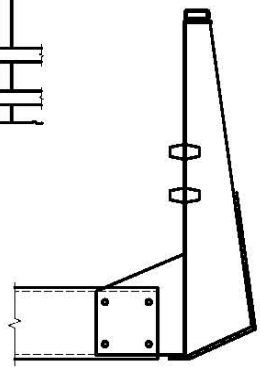
وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☐

نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐

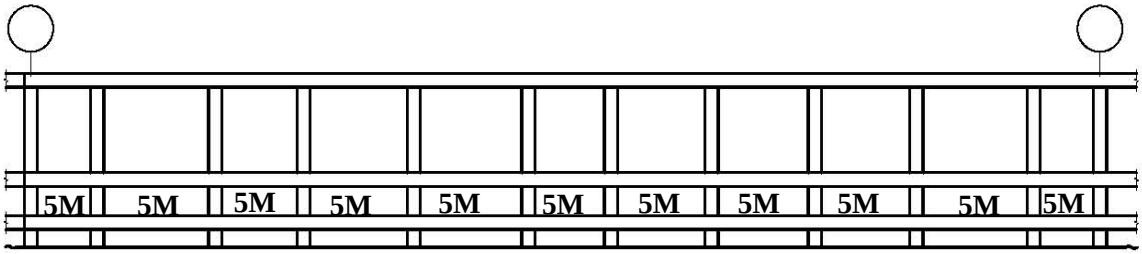


نمای نرده شمالی

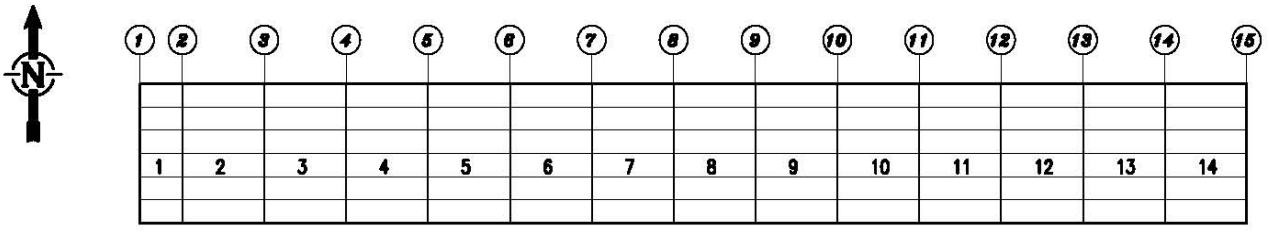
توضیحات:



نمای جانبی نرده



نمای نرده جنوبی



پلان راهنما

نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
آسیب‌دیدگی اتصال ستونک به تیرهای عرضی	1	آسیب‌دیدگی و تابیدگی فلاشینگ	6
آسیب‌دیدگی گاردریل‌ها	2	کنده شدن اتصالات فلاشینگ به پل	7
آسیب‌دیدگی علائم ترافیکی روی پل	3	اتصال تابلوی تبلیغاتی به نرده	8
آسیب‌دیدگی پایه	4	زنگ‌زدگی و خوردگی در گاردریل	9
آسیب پیچهای اتصال گاردریل به پایه	5		

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	تاریخ برداشت
ر. باقرلو	تیر و مرداد۸۷

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

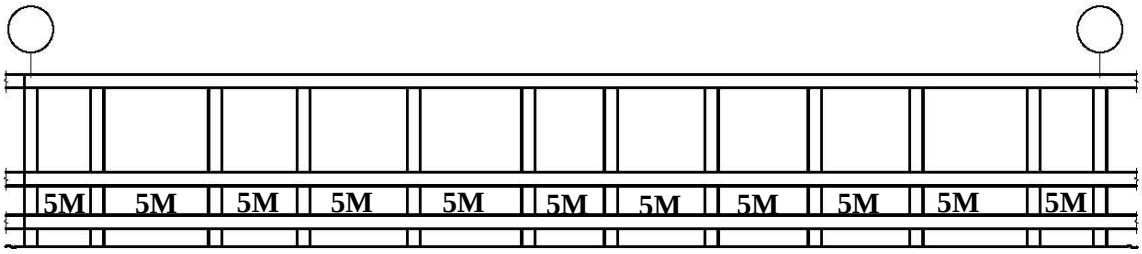
چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود نرده و فلاشینگ

شناسه پل: **SB-02** **نام پل:** حافظ- انقلاب **شماره قطعه:** ۱۰

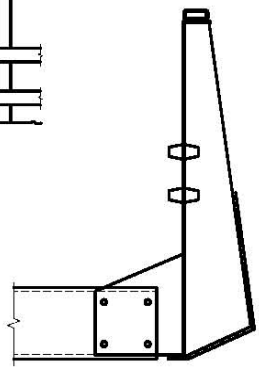
وضعیت کلی نرده و فلاشینگ

وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☐

نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐

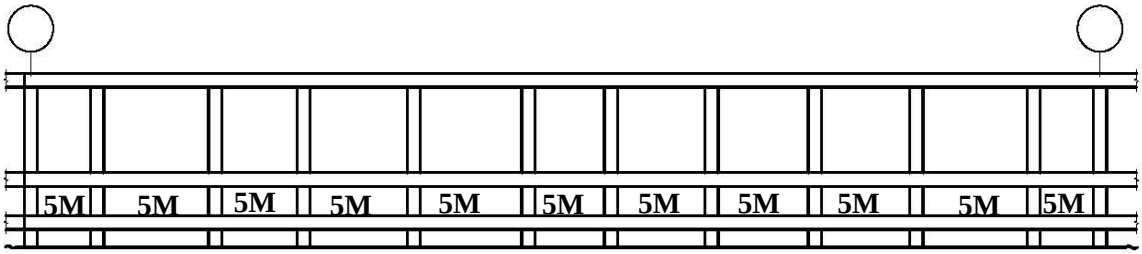


نمای نرده شمالی

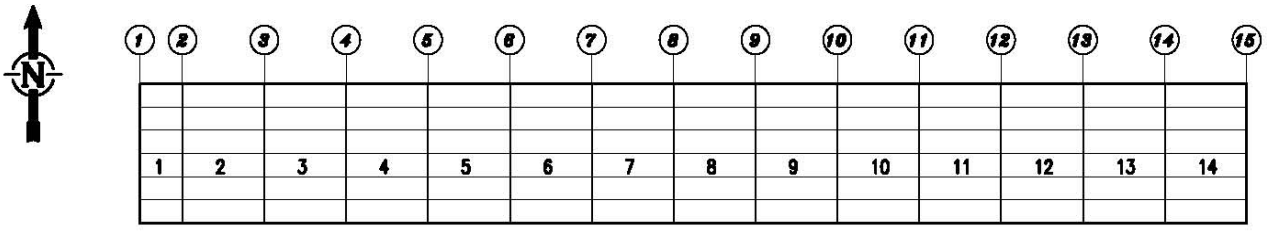


توضیحات:

نمای جانبی نرده



نمای نرده جنوبی



پلان راهنما

نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
آسیب‌دیدگی اتصال ستونک به تیرهای عرضی	1	آسیب‌دیدگی و تابیدگی فلاشینگ	6
آسیب‌دیدگی گاردریل‌ها	2	کنده شدن اتصالات فلاشینگ به پل	7
آسیب‌دیدگی علائم ترافیکی روی پل	3	اتصال تابلوی تبلیغاتی به نرده	8
آسیب‌دیدگی پایه	4	زنگ‌زدگی و خوردگی در گاردریل	9
آسیب پیچهای اتصال گاردریل به پایه	5		

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	تاریخ برداشت
ر. باقرلو	تیر و مرداد۸۷

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

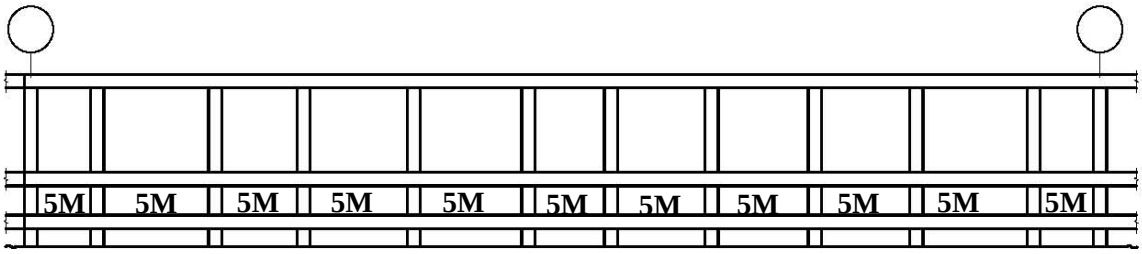
چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود نرده و فلاشینگ

شناسه پل: **SB-02** **نام پل:** حافظ- انقلاب **شماره قطعه:** ۱۱

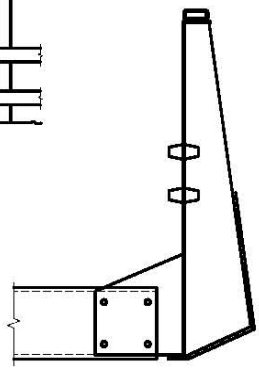
وضعیت کلی نرده و فلاشینگ

وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☐

نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐

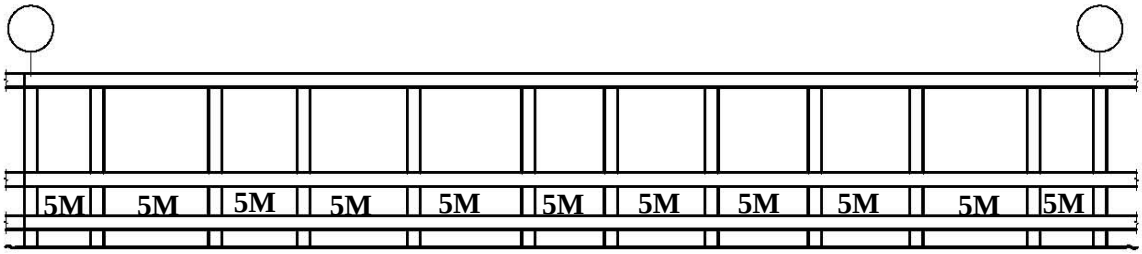


نمای نرده شمالی

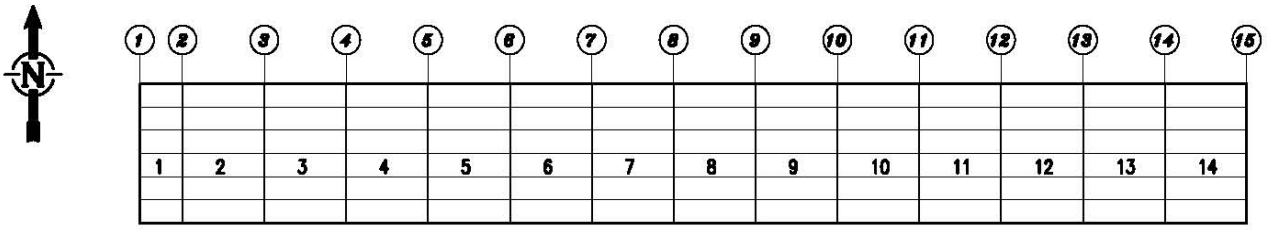


توضیحات:

نمای جانبی نرده



نمای نرده جنوبی



پلان راهنما

نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
آسیب‌دیدگی اتصال ستونک به تیرهای عرضی	1	آسیب‌دیدگی و تابیدگی فلاشینگ	6
آسیب‌دیدگی گاردریل‌ها	2	کنده شدن اتصالات فلاشینگ به پل	7
آسیب‌دیدگی علائم ترافیکی روی پل	3	اتصال تابلوی تبلیغاتی به نرده	8
آسیب‌دیدگی پایه	4	زنگ‌زدگی و خوردگی در گاردریل	9
آسیب پیچهای اتصال گاردریل به پایه	5		

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	تاریخ برداشت
ر. باقرلو	تیر و مرداد۸۷

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

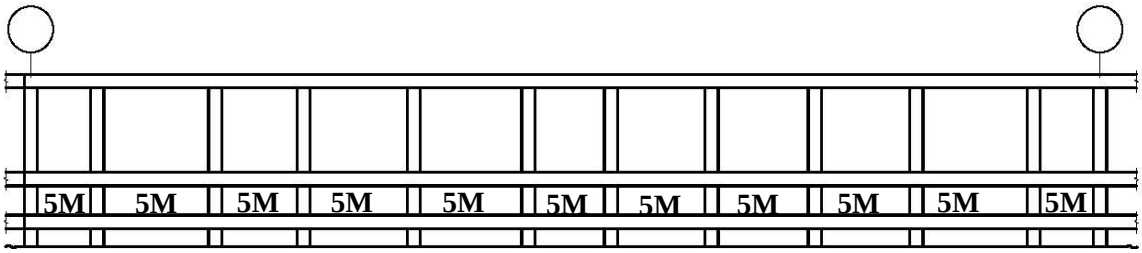
چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود نرده و فلاشینگ

شناسه پل: **SB-02** **نام پل:** حافظ- انقلاب **شماره قطعه: ۱۲**

وضعیت کلی نرده و فلاشینگ

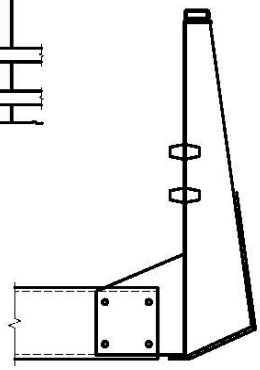
وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☐

نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐

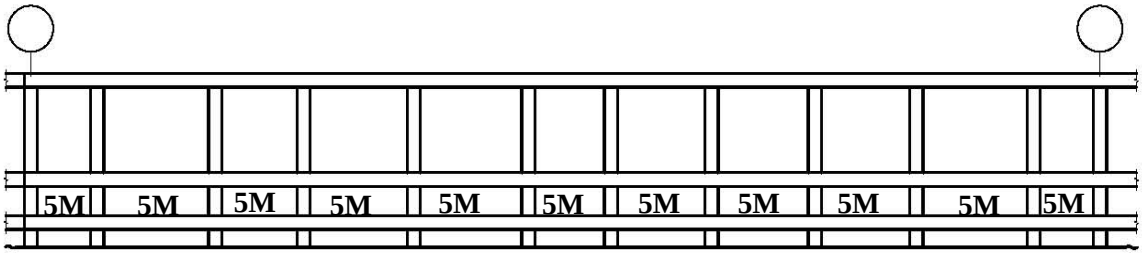


نمای نرده شمالی

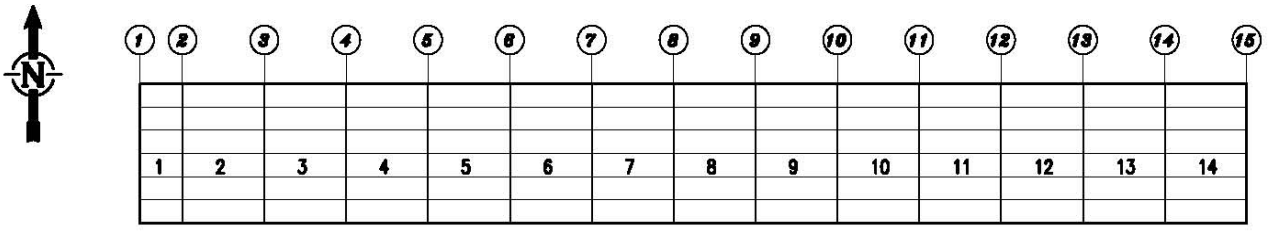
توضیحات:



نمای جانبی نرده



نمای نرده جنوبی



پلان راهنما

نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
آسیب‌دیدگی اتصال ستونک به تیرهای عرضی	1	آسیب‌دیدگی و تابیدگی فلاشینگ	6
آسیب‌دیدگی گاردریل‌ها	2	کنده شدن اتصالات فلاشینگ به پل	7
آسیب‌دیدگی علائم ترافیکی روی پل	3	اتصال تابلوی تبلیغاتی به نرده	8
آسیب‌دیدگی پایه	4	زنگ‌زدگی و خوردگی در گاردریل	9
آسیب پیچهای اتصال گاردریل به پایه	5		

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	تاریخ برداشت
ر. باقرلو	تیر و مرداد۸۷

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

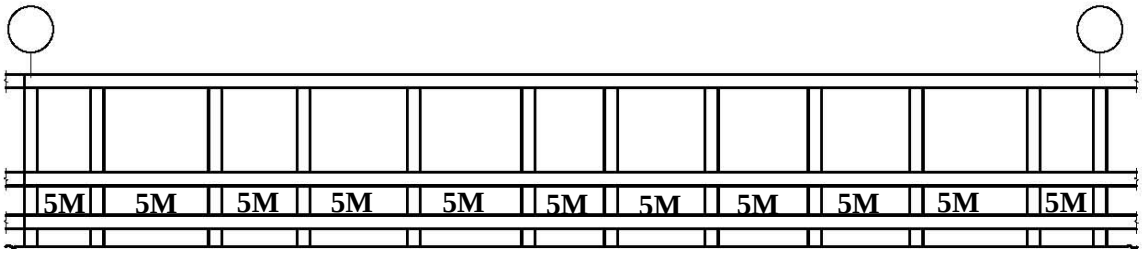
چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود نرده و فلاشینگ

شناسه پل: **SB-02** **نام پل:** حافظ- انقلاب **شماره قطعه:** ۱۳

وضعیت کلی نرده و فلاشینگ

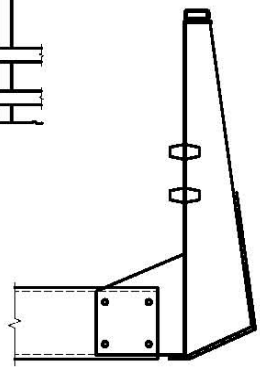
وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☐

نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐

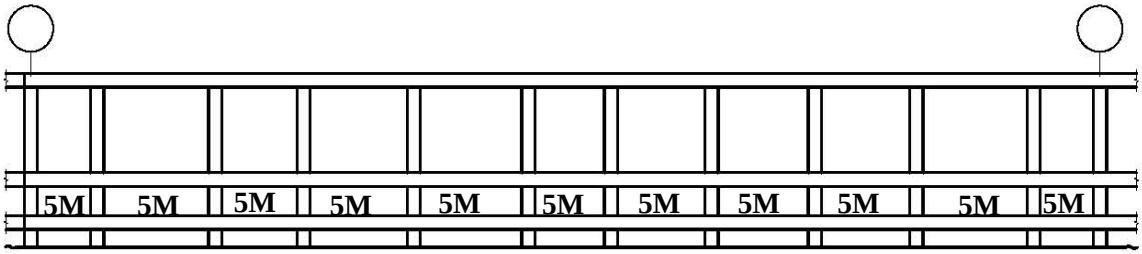


نمای نرده شمالی

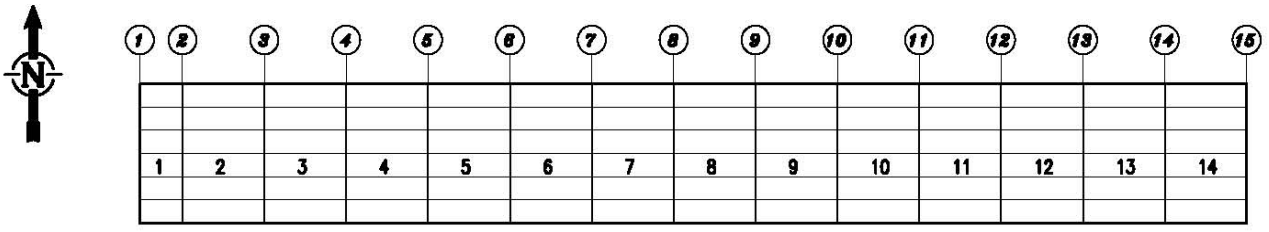
توضیحات:



نمای جانبی نرده



نمای نرده جنوبی



پلان راهنما

نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
آسیب‌دیدگی اتصال ستونک به تیرهای عرضی	1	آسیب‌دیدگی و تابیدگی فلاشینگ	6
آسیب‌دیدگی گاردریل‌ها	2	کنده شدن اتصالات فلاشینگ به پل	7
آسیب‌دیدگی علائم ترافیکی روی پل	3	اتصال تابلوی تبلیغاتی به نرده	8
آسیب‌دیدگی پایه	4	زنگ‌زدگی و خوردگی در گاردریل	9
آسیب پیچهای اتصال گاردریل به پایه	5		

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	تاریخ برداشت
ر. باقرلو	تیر و مرداد۸۷

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

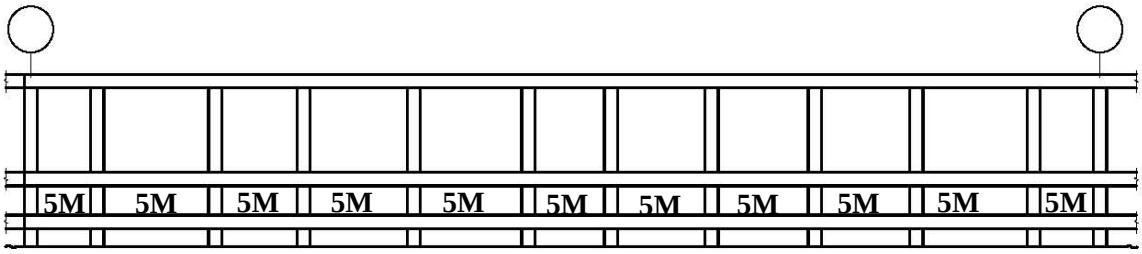
چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود نرده و فلاشینگ

شناسه پل: **SB-02** **نام پل:** حافظ- انقلاب **شماره قطعه:** ١٤

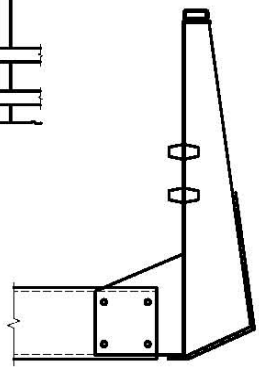
وضعیت کلی نرده و فلاشینگ

وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☐

نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐

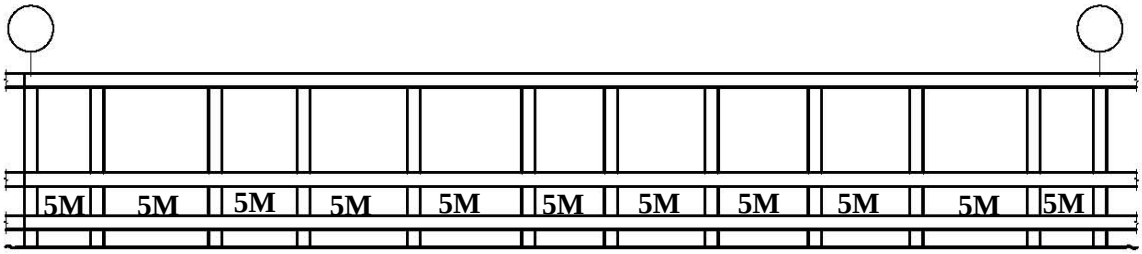


نمای نرده شمالی

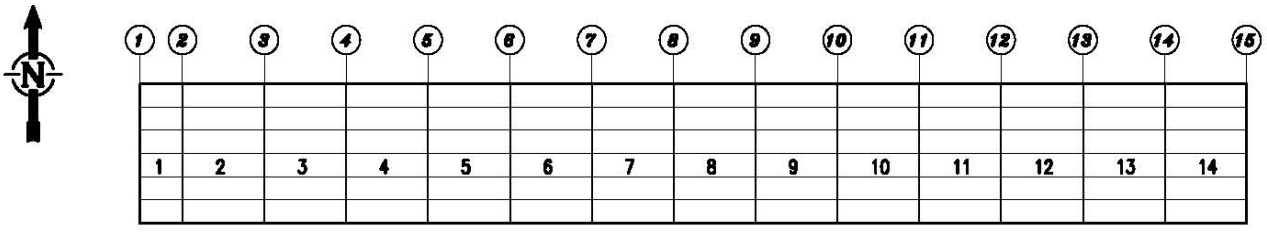


توضیحات:

نمای جانبی نرده



نمای نرده جنوبی



پلان راهنما

نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
آسیب‌دیدگی اتصال ستونک به تیرهای عرضی	1	آسیب‌دیدگی و تابیدگی فلاشینگ	6
آسیب‌دیدگی گاردریل‌ها	2	کنده شدن اتصالات فلاشینگ به پل	7
آسیب‌دیدگی علائم ترافیکی روی پل	3	اتصال تابلوی تبلیغاتی به نرده	8
آسیب‌دیدگی پایه	4	زنگ‌زدگی و خوردگی در گاردریل	9
آسیب پیچهای اتصال گاردریل به پایه	5		

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	تاریخ برداشت
ر. باقرلو	تیر و مرداد۸۷

پیوست ۹

دستورالعمل اصلاح و تعمیر نرده‌ها و فلاشینگ موجود

- هدف

نرده‌های موجود پلهای فلزی تهران که فاقد پیاده‌رو می‌باشند، براساس استاندارد آشتو از کفایت لازم برخـوردار نبوده و می‌بایست با نرده‌های مناسب تعویض گردند. البته تا تعویض نرده‌های موجود با توجه بـه بهـره‌بـرداری مستمر از پل در صورت وجود و بـروز آسـیب‌دیـدگی در گاردریلهـا و فلاشـینگ‌هـای آن بـرای جلـوگیری از خطرات جانی، مالی و توقف تردد از روی پل ضروری است که تعمیر و مرمت روی نرده‌ها به طور پیوسـته در جریان باشد. این دستورالعمل به راهکاری مناسب کیفی جهت تعمیرات نرده‌ها و فلاشینگ‌ها می‌پردازد.

- مصالح

مصالح مورد نیاز بسته به نوع آسیب می‌تواند یکی از اجزاء تشکیل دهنده را شامل گردد. این مصالح شامل:

- ورق فولادی به ضخامت ۱۲ میل (ورق بال و ورق اتصال نرده به تیر عرضی)
- ورق فولادی به ضخامت ۱۰ میل (ورق جان)
- ورق گالوانیزه به ضخامت ۲ میل (فلاشینگ)
- ورق گالوانیزه به ضخامت ۲ میل (ریل)
- قوطی ۱۵×۶۰×۱۰۰
- پیچ، مهره و واشر M22 و M12
- الکترود
- ابزار و تجهیزات
- ژنراتور برق، رکتیفایر، انبر جوش، ماسک و سایر متعلقات جوشکاری و هوا برش
- آچار، دستگاه فرز
- تجهیزات برای کار در شب نظیر پروژکتور و ...
- تجهیزات ایمنی و علائم هشدار دهنده راهنمایی و رانندگی

- روش اجرا

با عنایت به اینکه احتمال بروز خرابی در این بخش به آیتمهای ذیل دسته‌بندی می‌شود:

الف- برخورد وسائط نقلیه عبوری از روی پل با پایه گاردریلها و یا با خود گاردریلها

ب- برخورد وسائط نقلیه عبوری از زیرپل عمدتاً با فلاشینگ (برخـورد وسـائط نقلیـه بـا ارتفـاع زیـاد بـا قسمتهای کم ارتفاع پل)

ج- بروز ترک در جوشها و یا بریده شدن پیچها و یا افتادن آنها به هر دلیل

لذا عملیات تعمیری بایستی برروی آیتمهای فوق انجام پذیرد به این شکل که گـروه‌هـای انجـام تعمیـرات بایستی طی بازدیدهای دوره‌ای و تشخیص محلهای مورد نیاز جهت انجـام عملیـات تعمیـری، بـا اسـتقرار

اکیپها و تجهیزات فنی و ایمنی مورد نیاز هرگونه عملیات تعمیری در خصوص ۳ بخش فوق را به انجام برسانند.

لازم به ذکر است عمده عملیات تعمیری در این خصوص مربوط به بروز ترک در جوش‌ها می‌شود که به نظر می‌رسد عمدتاً به دلیل لرزش زیاد در پلها و بروز عامل خستگی در جوش می‌باشد.

- کنترل کیفیت

کنترل کیفیت در این بخش عمدتاً مربوط به کیفیت مواد و مقاومت مصالح (ورقها و پروفیلهای مصرفی به علاوه الکترود و پیچ و مهره و واشر) آنها بوده و در خصوص کنترل جوش و پیچ و مهره می‌توان به بازدیدهای عینی یا بازرسی چشمی (VT) اکتفا کرد.

- محدودیت‌ها

با عنایت به عبور ترافیک‌های سنگین در ساعات روز از روی پلهای شهری عمده محدودیتها مربوط به زمان انجام عملیات می‌شود و جهت جلوگیری از بروز خلل در روند ترافیک بایستی این عملیات در ساعات کم تردد شب صورت پذیرد.

- ایمنی

با توجه به محدودیت زمان اجرای عملیات و جلوگیری از بروز خطرات احتمالی، کلیه پرسنل بایستی مجهز به لباس‌های شبرنگ شده و علائم هشدار دهنده راهنمایی و رانندگی نیز بایستی به میزان مورد نیاز مورد استفاده قرار گیرد.

پیوست ۱۰
مشخصات فنی و دستورالعمل اجرای رنگ بر روی پل‌های فلزی شهر تهران

۱- هدف

اهداف اصلی کاربرد رنگ و رنگ‌آمیزی سطوح را می‌توان به شرح زیر تقسیم نمود:

- ایجاد یک لایه محافظ که سطح مورد رنگ‌آمیزی را از عوامل خورنده و محیط اطراف جدا نماید.
- تغییر فام یا رنگ ظاهری اجسام مختلف به منظور زیباسازی.
- تغییر فام یا رنگ ظاهری اجسام مختلف به منظور تفکیک و شناسایی.

عوامل موثر دوام و زیبایی و موفقیت اجرای هر سیستم پوششی در رسیدن به اهداف فوق به عوامل مختلف زیر بستگی دارد:

- انتخاب صحیح سیستم پوششی
- آماده‌سازی مناسب سطح قبل از اجرای رنگ‌آمیزی
- روش صحیح کاربرد رنگ و عملیات رنگ‌آمیزی
- اجرای رنگ با ضخامت مناسب
- وضعیت هوا و شرایط محیط در زمان رنگ‌آمیزی

۲- وسایل اجرا

روش‌های متداول اجرای رنگ و سیستم‌های حفاظتی به شرح زیر می‌باشد:

- پخش رنگ با قلم‌مو
- پخش رنگ با غلطک
- پاشش رنگ با جریان هوا
- پاشش رنگ بدون هوا

از آنجا که سیستم‌های پخش رنگ نسبتاً شناخته شده‌اند در اینجا سیستم پاشش رنگ با جریان هوا و بدون جریان هوا تشریح می‌گردد:

رنگ‌آمیزی با سیستم پاشش رنگ با جریان هوا، به طور وسیعی مورد استفاده قرار دارد و یک روش اجرایی سریع می‌باشد. ابزار و لوازم این سیستم نیز نسبتاً ساده و ارزان می‌باشند.

در این روش رنگ به کمک هوا به صورت پودر بر روی سطح مورد رنگ‌آمیزی پاشیده می‌شود. نسبت مخلوط شدن هوا و رنگ همین طور میزان فشار هوا و جریان رنگ را بایستی به خوبی رعایت نمود تا رنگ در زمان خروج از نازل تشکیل پودر یکنواخت[1] داده و پودر رنگ به خوبی پاشیده شده و فیلم رنگ بدون نقص تشکیل گردد.

[1] . Atomized Powder

در سیستم پاشش رنگ با جریان هوا اجرای رنگ‌آمیزی با ضخامت معین به طور دقیق ممکن نمی‌باشد و به دلیل افزایش ضخامت[1] و برگشت غبار رنگ از روی سطح[2] ضایعات نسبتاً زیادی ایجاد می‌شود. همین طور در این روش جریان رنگ روی سطح[3] ضعیف است و اشکالات دیگری نیز مانند شره کردن[4]، جوش زدن[5] و ایجاد چشم ماهی در فیلم رنگ[6] نیز ممکن است بروز نماید.
از معایب عمده دیگر این روش عدم امکان اجرای سیستم‌های پوششی با لایه ضخیم و یکنواخت[7] می‌باشد، زیرا در این روش برای به دست آمدن حالت پودری رنگ در زمان پاشش مقدار نسبتاً زیادی حلال در زمان اجرا به رنگ اضافه می‌شود.

رنگ‌آمیزی با سیستم پاششی بدون هوا[8]، به عکس سیستم پاششی با جریان هوا بدون مخلوط شدن با جریان هوا انجام می‌گیرد و حالت پودری رنگ در زمان پاشش در نتیجه فشار هیدرولیک وارد شده به رنگ و عبور آن از نازل‌های مخصوص با طراحی خاص به دست می‌آید. فشار هیدرولیک لازم معمولاً توسط پمپ‌هایی که با جریان هوا کار می‌کنند ایجاد می‌شود. نسبت فشار جریان رنگ به جریان هوا در این روش معمولاً بسیار بالا و بین ۱ به ۲۰ تا ۱ به ٦۰ است و نسبت ۱ به ٤٥ بسیار متداول می‌باشد. مزایای مهم استفاده از روش پاشش رنگ بدون هوا به شرح زیر می‌باشند:

- سرعت رنگ‌آمیزی زیاد
- اجرای لایه رنگ با انسجام و ضخامت زیاد
- کاهش ضایعات
- کاهش مصرف حلال
- کیفیت مطلوب اجرای فیلم رنگ

نازل دستگاه در این سیستم از آلیاژ تنگستن کاربید با طراحی خاص و تکنیک‌های پیشرفته ساخته می‌شود و جریان رنگ در حالت خروج از نازل به صورت پودر در می‌آید که زاویه پاشش آن به فرم نازل بستگی دارد.
برای استفاده‌های مختلف انواع متفاوت نازل‌ها با اندازه و زاویه‌های پاشش مختلف به کار برده می‌شوند. انتخاب نازل‌های مختلف به فشار جریان رنگ، ضخامت لایه رنگ، سطح مورد رنگ‌آمیزی و نوع رنگ مورد استفاده بستگی دارد. تناسب ضخامت رنگ و قطر نازل در جدول ۱ ارائه شده است.

---

1. Over Coverage
2. Rebounding
3. Flow Property
4. Sagging
5. Blistering
6. Pinholes
7. High Build
8. Air-Less Spray System

جدول ۱- تناسب ضخامت رنگ و قطر نازل

ضخامت فیلم خشک	ضخامت فیلم تر	قطر نازل بر حسب اینچ	قطر نازل بر حسب میلی‌متر
تا ۳۰ میکرون	تا ۵۰ میکرون	0.009-0.013	020-0.30
۵۰-۳۰ میکرون	۱۰۰-۵۰ میکرون	0.013-0.019	0.30-0.50
۱۰۰-۵۰ میکرون	۲۰۰-۱۰۰ میکرون	0.019-0.031	0.50-0.75
بیش از ۱۰۰ میکرون	بیش از ۲۰۰ میکرون	0.040-0.065	1.00-1.50

۳- ضخامت لایه رنگ

انتخاب ضخامت مناسب فیلم رنگ در کیفیت و دوام سیستم پوششی نقش مهمی را ایفا می‌نماید. ضخامت ناکافی و کمتر از حد تعیین شده در نهایت دوام و عمر سیستم پوششی را کم می‌نماید و موجب آسیب دیدن فیلم رنگ و بروز عوارض منفی قبل از زمان تعیین شده در طراحی سیستم حفاظتی خواهد شد.

اجرای رنگ با ضخامت بسیار زیاد و بیش از اندازه نیز صحیح نیست و ممکن است به همان اندازه نامطلوب باشد. اجرای رنگ با ضخامت زیاد که با لوازم پیشرفته و جدید رنگ‌آمیزی امکان‌پذیر است ممکن است موجب حبس مقداری حلال در عمق ضخیم لایه رنگ شده و عوارض مختلفی از جمله عدم چسبندگی ایجاد نماید.

همین‌طور اجرای رنگ با ضخامت بیش از حد مجاز ممکن است موجب آسیب و حتی جداشدگی لایه‌های زیرین شود.

برای سیستم‌های پوششی، حد مطلوب ضخامت لایه خشک توسط شرکت سازنده رنگ به صورت حدود مجاز اعلام می‌گردد. هدف اصلی اجرا کننده رنگ‌آمیزی باید رعایت دقیق ضخامت اعلام شده باشد.

ضخامت لایه خشک رنگ به نوع رنگ اعمال شده و سیستم پوششی، همین طور جنس قطعه مورد رنگ‌آمیزی و شرایط محیط بستگی دارد. ضخامت لایه رنگ معمولاً در مشخصات فنی و دستورالعمل استفاده رنگ و سیستم‌های پوششی توسط شرکت سازنده رنگ اعلام می‌گردد. برای رنگ‌های مورد استفاده در رنگ‌آمیزی پل ضخامت هر لایه برابر ٤٠ میکرون در نظر گرفته شده است.

٤- وضعیت هوا و شرایط محیط در زمان رنگ‌آمیزی

سازه‌های فولادی که در معرض عوامل خورنده و در محیط آزاد هستند، به صورت دوره‌ای در زمان تعمیرات کلی باید رنگ‌آمیزی شوند. بارندگی و وزش باد و گرد و غبار در زمان رنگ‌آمیزی ممکن است عوارض غیر قابل اغماض و خسارت‌های زیادی ایجاد نماید. در مناطق مرطوب وجود قطرات آب که به ویژه در ساعات اول بامداد روی سطوح فلزی تشکیل می‌شوند (شبنم) نیز اگر تا زمان رنگ‌آمیزی باقی بماند به کیفیت

رنگ‌آمیزی آسیب خواهند زد. درجه حرارت مناسب سطح فلز در زمان رنگ‌آمیزی باید حداقل ۳ درجه سانتی‌گراد از نقطه شبنم بالاتر باشد تا در فاصله زمانی کوتاه پس از آماده‌سازی سطح تا زمان رنگ‌آمیزی، رطوبت هوا روی سطح فلزی تشکیل قطرات آب ندهد و سطح مورد رنگ‌آمیزی مجدداً آلوده نگردد. وضعیت هوا و شرایط محیط در زمان رنگ‌آمیزی یکی از عوامل مهم در کیفیت رنگ‌آمیزی است و باید به آن توجه کافی نمود. به همین منظور مجوز شروع عملیات رنگ‌آمیزی در هر روز باید از مهندس ناظر کارگاه اخذ گردد.

۵- سیستم رنگ مورد استفاده در پل‌ها

برای پل مورد نظر با توجه به شرایط آب و هوایی تهران بر اساس بررسی‌های به عمل آمده سیستم رنگی متشکل از چهار لایه به شرح زیر جهت اجرا انتخاب گردیده است:

- *لایه اول و دوم*، از نوع آستر اپوکسی کرومات روی می‌باشد. این رنگ با واکنش شیمیایی بین اجزاء، فیلم مقاومی را در برابر مواد شیمیایی و رطوبت ایجاد می‌نماید که دارای مقاومت‌های عالی مکانیکی مانند چسبندگی، سختی و انعطاف‌پذیری است.

این پوشش به عنوان لایه اول (آستر) در سیستم‌های چند لایه برای حفاظت از سطوح فلزی در برابر عوامل خورنده به کار برده می‌شود. ضخامت هر یک این لایه‌ها برابر ٤٠ میکرون در نظر گرفته شده است.

قبل از اجرای عملیات رنگ‌آمیزی، سطح فلزی باید مطابق مشخصات فنی و دستورالعمل پیوست ۱۱ به خوبی تمیز شده و کلیه آلودگی‌های احتمالی و چربی‌ها از روی سطح برطرف شوند. سپس عملیات زنگ‌زدایی سطح با روش سندبلاست حداقل با درجه $sa.2\frac{1}{2}$ صورت پذیرد.

- *لایه سوم*، شامل رنگ اپوکسی دو جزئی با پایه رزین اپوکسی- پلی‌آمید می‌باشد که با واکنش شیمیایی بین اجزاء تشکیل دهنده فیلم مقاومی را در برابر مواد شیمیایی و رطوبت ایجاد می‌نماید که دارای مقاومت‌های عالی مکانیکی مانند چسبندگی، سختی و انعطاف‌پذیری است این پوشش به عنوان لایه زیرین و لایه میانی در سیستم‌های چند لایه پوشش برای حفاظت از سطوح فلزی در برابر عوامل خورنده در زمان تعمیرات رنگ (رنگ‌آمیزی مجدد) و همچنین برای سازه‌های فلزی نو به کار برده می‌شود. ضخامت این لایه که در اینجا در حکم لایه میانی است برابر ٤٠ میکرون در نظر گرفته شده است.
- *لایه چهارم*، که رنگ نهایی (رویه) می‌باشد از نوع پوشش پلی‌یورتان می‌باشد. این پوشش دارای مقاومت‌های مکانیکی و شیمیایی عالی است. این پوشش در برابر تابش اشعه ماوراء بنفش حفاظت بسیار خوبی را در شرایط سخت محیطی از سازه پل و همچنین از لایه‌های زیرین خود به عمل می‌آورد.

لازم است قبل از اجرای لایه پلی‌یورتان سطح مورد رنگ‌آمیزی کاملاً تمیز و عاری از هر گونه گرد و غبار، رطوبت و چربی باشد. همچنین رعایت فاصله زمانی بین اجرای لایه‌ها ضروری می‌باشد. ضخامت این لایه نیز برابر ٤٠ میکرون مناسب می‌باشد.

٦- روشهای کنترل و بازرسی

عمر مفید یک سیستم پوششی در صورتی به طور کامل و بدون ایجاد آسیب و عوارض جزئی و کلی تا پایان مدت زمان پیش بینی شده سپری می‌شود که عملیات رنگ آمیزی به طور صحیح بر روی سطح مناسب که آن نیز به دقت آماده سازی شده بند،در شرایط مناسب جوی انجام پذیرد.

آماده سازی سطح و رنگ آمیزی به نیروی انسانی متکی است و در این روش همیشه امکان اشتباه و غفلت وجود دارد. همچنین فرآیند رنگ آمیزی در مراحل مختلف به خودی خود مستعد آلوده کردن محیط زیست می باشد و از این جنبه نیز کنترل فرآیند عملیات ضروری است .

اعمال کنترل و بازرسی دقیق ، یک عامل بسیار مهم برای موفقیت گروه اجرای در مراحل مختلف آماده‌سازی سطح و رنگ آمیز می‌باشند.به منظور انجام کنترل‌های لازم از مشخصات فنی و استاندارد JIS 5400 استفاده به عمل می‌آید.

کنترل و بازرسی آماده‌سازی سطح در مراحل مختلف صورت می‌پذیرد. اولین مرحله از عملیات آماده‌سازی سطح، چربی‌زدایی می‌باشد، در این مرحله باید علاوه بر چربی‌های احتمالی موجود روی سطح هر گونه آلودگی، گرد و غبار، مواد و ذرات چسبیده به سطح با اجرای عملیات شستشوی سطح از میان برده شود.

دومین مرحله از عملیات آماده‌سازی سطح مرحله زنگ‌زدایی است که با روش‌های مختلف که در پیوست ١١ توضیح داده شده انجام می‌گیرد. در صورت اجرای عملیات زنگ‌زدایی با روش‌های ساده دستی و با استفاده از ابزار ماشینی بازرسی چشمی کافی است.

در مورد سطوح آماده سازی شده با روش سایش و مواد ساینده نظیر سند بلاست علاوه بر بازدید دقیق چشمی،برای تعیین باقیمانده احتمالی مواد ساینده و خارج کردن آن از خلل و فرج سطح فلز،از نوار چسب‌های مخصوص استفاده می‌شود. برای شناسایی باقیمانده زنگ و اکسیدآهن کارخانه‌ای[1] چسبیده به سطح نیز کنترل و بازدید چشمی در غلب موارد کافی است ولی در صورت لزوم از نسبت سولفات مس استفاده می‌شود.این تست فقط بر روی سطوح آهنی که به روش سایش آماده‌سازی شده‌اند، کاربرد دارد و در مورد سطوح آهن زنگ زده و قدیمی کاربرد مناسبی نخواهد داشت. اعمال مقدار کمی سولفات مس به سطح تمیز آهن سندبلاست شده آن را به صورت برنز(طلایی) درخواهد آورد ولی روی لایه‌های نازک اکسید آهن این حالت ایجاد نخواهد شد.

[1] . Mill Scale

برای تعیین میزان تمیزی و پاکیزگی سطح و اطمینان از عدم وجود گرد و غیره، غالب روش‌های متداول مبتنی بر بازدید چشمی و مقایسه‌ای سطح فلز می‌باشد. استفاده از تصویرهای استاندارد از جمله استاندارد سوئدی SIS-5900(1967) برای ارزیابی آماده‌سازی و زبری سطح و مقایسه با سطح فلز نیز توصیه می‌شود.

بررسی وضعیت فیلم رنگ در کنترل کیفیت رنگ‌کاری ضروری است. برآورد ضخامت فیلم خشک رنگ با اندازه‌گیری ضخامت فیلم تر رنگ امکان‌پذیر می‌باشد. برای اجرای دقیق و اعمال رنگ با ضخامت تعیین شده و به منظور پیشگیری از عملیات اضافی برای اصلاح ضخامت در صورت اجرای رنگ آمیزی با ضخامت کمتر کنترل ضخامت فیلم تر رنگ حین اجرای عملیات رنگ آمیزی دارای اهمیت بسیار می‌باشد.روش متداول تعیین ضخامت فیلم تر رنگ استفاده از تیغه‌های مخصوص اندازه‌گیری فیلم تر[1] می‌باشد. این تیغه‌ها برای دستیابی به اندازه‌گیری با دقت بیشتر در دامنه مختلف 50-0 میکرون، 100-0 میکرون،500-0 میکرون و بیشتر ساخته شده و به کار برده می‌شوند.

برای اندازه‌گیری فیلم‌تر رنگ ، پایه‌های اصلی تیغه اندازه‌گیری با زاویه ۹۰ درجه نسبت به سطح به آرامی ولی با فشار زیاد روی سطح تازه رنگ فشرده شده سپس به آرامی از سطح جدا می‌شود.ضخامت فیلم تر رنگ عدد قید شده روی آخرین دندانه از تیغه که رنگی شده است می‌باشد.

نکته مهم در استفاده از تیغه‌های اندازه‌گیری فیلم تر رنگ توجه به تمیزی کامل تیغه‌هااست و به این دلیل هر بار پس از استفاده یابد تیغه‌ها به خوبی تمیز شده در کیسه‌های مخصوص نگهداری شوند.

زمان مناسب اندازه‌گیری فیلم تر رنگ در شروع عملیات رنگ آمیزی است و مسئول اجرای عملیات با شمارش دفعات پاشش رنگ و اندازه‌گیری ضخامت فیلم تر می‌بایستی ضخامت فیلم تر را تنظیم نموده و تا پایان عملیات رنگ آمیزی این ضخامت را حفظ نماید.

پس از خشک شدن کامل فیلم رنگ با سپری شدن زمان لازم جهت پیشرفت واکنش شیمیایی تشکیل فیلم و ایجاد لایه مقاوم و سخت رنگ اندازه‌گیری فیلم خشک رنگ امکان پذیر می‌باشد.ولی قبل از اندازه‌گیری ضخامت لازم است کیفیت و وضعیت تشکیل فیلم رنگ مورد بازدید دقیق قرار کیرد.

در بازدید چشمی فیلم باید هر گونه عوارض و نواقص احتمالی فیلم از قبیل شره کردن، جوش و حباب‌های هوای موجود درد فیلم ذرات و ناخالصی‌های احتمالی موجود در رنگ و سایر مشخصات فیلم رنگ مورد توجه قرارگیرد.

پس از بررسی کیفی فیلم رنگ و اطمینان از خشک بودن کامل آن با روش‌های مختلفی می‌توان فیلم خشک رنگ را اندازه‌گیری نمود.

روش‌های اندازه‌گیری ضخامت فیلم خشک به ۲ دسته روش‌های مخرب و روش‌های غیر مخرب دسته بندی می‌شوند.

[1] . Wet Comb Gauge

غالب لوازم اندازه‌گیری غیر مخرب فیلم خشک رنگ مبتنی بر خاصیت آهن‌ربایی می‌باشند و مجموع ضخامت لایه های مختلف را که بر روی سطح آهنی اعمال شده است با خطای ۱۰٪ نشان می‌دهند. بعضی لوازم اندازه‌گیری غیر تخریبی بر اساس جریان متناوب با فرکانس بالا و برخی بر اساس امواج صوتی کار می‌نمایند و میتوانند ضخامت فیلم خشک پوشش های مختلف را بر روی سطوح فلزی غیر آهنی نیز اندازه‌گیری نمایند.تعدادی دستگاه‌های جدید با تجهیزات مدرن و ریز پردازنده با صفحه دیجیتال و حافظه و بعضی با قابلیت چاپ نتایج بر روی نوارهای کاغذ نیز به بازار عرضه شده‌اند برای استفاده از لوازم اندازه‌گیری ضخامت فیلم خشک ابتدا باید از خشک شدن کامل فیلم رنگ اطمینان حاصل نمود زیرا اغلب لوازم اندازه‌گیری دارای پایه با الکترودهایی هستند که باید روی سطح رنگ قرار گیرند.

در صورتی که لایه رنگ به طور کامل خشک نشده باشد الکترود و پایه دستگاه،در اثر فشار وارده در فیلم فرو رفته ضمن باقی گذراندن اثر خود ضخامت لایه را کمتر از میزان واقعی نشان خواهد داد.

با توجه به این مطلب لازم است پس از هر بار اندازه‌گیری فیلم خشک رنگ و پس از برداشتن پایه و الکترود دستگاه از روی سطح با دقت جای پایه‌ها را بازدید و در صورت مشاهده آثار فرورفتگی پایه در فیلم رنگ آزمایش را در نقطه دیگری انجام داد و یا در صورت لزوم پس از خشک شدن کامل رنگ آزمایش را مجددا تکرار نمود.

مطلب مهم دیگری که در استفاده از لوازم اندازه‌گیری ضخامت فیلم خشک رنگ باید مورد توجه قرار گیرد کالیبره بودن دستگاه است. قبل از استفاده از دستگاه باید از کالیبراسیون و دقت دستگاه اطمینان حاصل نمود و در صورت لزوم طبق دستور العمل شرکت سازنده دستگاه را نمود.

کالیبراسیون دستگاه اندازه‌گیری ضخامت باید با توجه به ضخامت فیلم مورد بررسی انجام گردد و دستگاه اندازه‌گیری ضخامت با توجه به دامنه مورد استفاده کالیبره شود.همچنین در مورد دستگاه‌های اندازه‌گیری که با باطری کار می‌کنند همیشه باید به قدرت باطری دستگاه توجه نمود.چون کاهش بیش از حد مجاز ولتاژ باطری بر نتیجه اندازه‌گیری تاثیر خواهد گذاشت.

در اندازه‌گیری ضخامت فیلم خشک رنگ مقایسه نتایج به دست آمده در نقاط مختلف فیلم به ما نشان می‌دهد که علیرغم اعمال دقت کافی در اجرای رنگ،فیلم تشکیل شده کاملا یکنواخت نیست و ضخامت فیلم در نقاط مختلف ممکن است متفاوت باشد.

در بعضی استانداردهای توصیه شده است که برای تعیین ضخامت اندازه‌گیری شده از نقاط مختلف سطح را به عنوان ضخامت اعلام نمایید.ولی تعداد و محل نقاط اندازه‌گیری ضخامت مسئله بسیار مهمی است. در یک سطح بزرگ رنگ‌آمیزی شده تعداد نقاط اندازه‌گیری بستگی به یکنواختی ضخامت فیلم رنگ دارد در صورتی که نتایج اندازه‌گیری در نقاط مختلف با تقریب قابل قبول به یکدیگر نزدیک باشند با روش میانگین به سادگی به نتیجه مطلوب خواهیم رسید. در صورتی که نتایج اندزه‌گیری ضخامت در نقاط مختلف با یکدیگر خیلی

متفاوت باشند نقاط بیشتری باید مورد اندازه‌گیری قرار گیرند.
بازرسان همچنین تشخیص خواهند داد که چه قست‌هایی به طور معمول در عملیات رنگ آمیزی ضخامت کمترب از رنگ را به خود می‌گیرند و چه قست‌هایی در معرض دریافت مقدار بیشتری رنگ بوده و ضخامت فیلم رنگ در آن قسمت‌ها احتمالاً بیشتر از سایر نقاط است.

روش دیگر اندازه‌گیری فیلم خشک رنگ روش تخریبی می‌باشد. در این روش فیلم رنگ با تیغه‌های مخصوص به صورت V برش داده می‌شود.ضخامت فیلم خشک رنگ یا هر لایه از فیلم رنگ اجرا شده از روی برش انجام شده با استفاده از میکروسکوپ‌های مخصوص اندازه‌گیری می‌شود.این روش در زمانی به کار گرفته می‌شود که ضخامت هر لایه از سیستم پوششی مورد اندازه‌گیری قرار می‌گیرد.ضمنا ضخامت فیلم رنگ روی سطوح بتونی نیز با استفاده از این روش اندازه‌گیری می‌شود.

با توجه به وضعیت اجرای رنگ امکان حبس شدن هوا زیر لایه رنگ یا در میان فیلم رنگ وجود دارد.این وضعیت ممکن موجب ایجاد حبابهای ریز در سطح شود. حفرات و سوراخ‌های کوچک در فیلم رنگ[1] به صورت حباب در زیر لایه رنگ باقی می‌ماند. عوارض فوق در صورتی که نسبتاً بزرگ باشند در بازدید چشمی قابل رویت می‌باشند و در صورتی که فیلم رنگ دارای عوارض یاد شده به صورت بسیار ریز باشد ممکن است در بازدید چشمی قابل تشخیص نباشند. برای کنترل و بازرسی فیلم رنگ و تشخیص نواقص احتمالی دستگاه‌های مناسب طراحی و ساخته شده که به معرفی ۳ نمونه از آنها اکتفا می‌شود:

- دستگاه عیب‌یاب با ولتاژ پایین[2]

این دستگاه برای عیب‌یابی فیلم رنگ با ضخامت حداکثر ۳۷۵ میکرون مورد استفاده قرار می‌گیرد.در این روش با کشیدن یک قطعه اسفنج خیس،سطح مورد آزمون مرطوب شده سپس دستگاه را روی فیلم رنگ قرار داده با فشار دادن دکمه جریان الکتریکی آماده برقراری می‌گردد.در این وضعیت دستگاه را به آرامی روی سطح رنگ حرکت داده و سطح مرطوب رنگ ر به دقت با حرکت دستگاه در معرض جریان الکتریسیته قرار می‌دهیم.در هر نقطه از فیلم که نقصی وجود داشته باشد جریان الکتریکی از دستگاه به طرف سطح فلز برقرار شده و آژیر کوچک دستگاه را به صدا در می‌آورد.

در این روش باید از خیس کردن بیش از حد اسفنج و سطح فیلم رنگ پرهیز شود.

- دستگاه عیب یاب با ولتاژ بالا[3]

برای فیلم‌های با ضخامت بیشتر ولتاژ بالاتری جهت نشان دادن منافذ و ترک‌های احتمالی مورد نیاز می‌باشد با این تفاوت که در این روش نیازی به خیس کردن سطح فیلم رنگ وجود ندارد و جریان برق به صورت قوس الکتریکی بین الکترود دستگاه و سطح فلز رنگ آمیزی شده در محل ترک‌ها و نواقص احتمالی برقرار می‌شود و

[1] . Pinholes
[2] . Low Voltage Detector
[3] . High Voltage (spesak)Detector

محل سوراخ و ترک‌ها با ایجاد جرقه نشان داده می‌شود.در صورتی که نور روز منع از دیده شدن جرقه‌های ایجاد شده گردد.باید به صدای جرقه که ناشی از تخلیه الکتریکی می‌باشد توجه نمود.

در زمان استفاده از دستگاه فوق بایستی به تنظیم ولتاژدقت نمود و ضمن تنظیم ولتاژمتناسب با ضخامت فیلم ،از جریان با ولتاژ بسیار بالا پرهیز کرد چون ممکن است جرقه ایجاد شده به فیلم رنگ آسیب وارد نماید.

بررسی پیشرفت واکنش تشکیل فیلم در مورد رنگ‌های دو جزئی مانند اپوکسی میزان پیشرفت واکنش شیمیایی بین اجزاء مختلف نیز باید مورد بررسی قرار گیرد.این تست با اعمال حلال‌های قوی به کمک پارچه روی سطح فیلم انجام می‌شود. در صورت کامل شدن واکنش شیمیایی فیلم رنگ در مقابل حلال در زمان سایش مقاومت می‌نمایدو در غیر این صورت در محل سایش فیلم رنگ از بین می‌رود.

۷- وضعیت جوی در زمان اجرای عملیات رنگ آمیزی

وضعیت آماده‌سازی سطح همین طور عملیات اجرای پوشش به شدت تحت تاثیر وضعیت جوی در زمان اجرای عملیات می‌باشد.برای اطمینان از موفقیت اجرای سیستم پوششی نکات زیر باید در مراحل بازرسی مورد توجه قرار گیرد:

الف- دمای سطح فلز مورد رنگ آمیزی

انواع مختلف رنگ و پوشش‌های حفاظتی دارای حساسیت‌های متفاوت نسبت به دمای محیط و سطح فلز می‌باشند و پیشرفت واکنش تشکیل فیلم و خشک شدن رنگ بستگی به درجه حرارت محیط درزمان رنگ‌آمیزی باید بالاتر از حداقل دمای اعلام شده باشد.در صورت پایین‌تر بودن دمای محیط از حداقل اعلام شده در دستورالعمل مصرف، ممکن است عوارض نامطلوبی در فیلم رنگ ایجاد شود.به عنوان مثال در رنگ‌های هوا خشک مقداری حلال در لایه رنگ باقی بماند و یا در رنگ‌های دو جزئی واکنش شیمیایی تشکیل فیلم مقاوم دچار اختلال شود.هر یک از عوارض فوق ممکن است به کیفیت فیلم خشک رنگ آسیب وارد نماید.

دمای بیش از حد مجاز درزمان رنگ آمیزی نیز عوارضی دیگر در کیفیت فیلم ایجاد خواهد نمود مانند ایجاد غبار خشک بر روی فیلم رنگ و ایجاد حباب‌های ناشی از بخار حلال‌های موجود در رنگ.

برای اندازه‌گیری دمای سطح مورد رنگ آمیزی از دماسنج‌های مخصوص که به وسیله آهن ربا به سطح متصل می‌شوند و دمای سطح را به دقت نشان می‌دهنداستفاده می‌شود درزمان استفاده از دماسنج باید پس از قرار دادن بر مومتر روی سطح ،زمان کافی جهت رسیدن به دمای واقعی را صرف نماییم.این زمان به طور تقریب ۱۵ دقیقه می‌باشد.همین طور انتخاب محل مناسب جهت نصب دماسنج و اندازه‌گیری دمای سطح نیز حائز اهمیت می‌باشد.

ب- رطوبت نسبی و نقطه شبنم[1]

مقدار بسیار زیادی آب به صورت بخار در جو زمین وجود دارد.مقدار آب موجود در هوا بهدرجه حرارت و فشار هوا(فشار جو)بستگی دارد.هوای گرم می‌تواند مقدار بیشتری آب (بصورت بخار)را در خود نگهداری نماید.

در چنین شرایطی اگر سطح مورد رنگ آمیزی خشک‌تر از هوای محیط باشد، مقداری هوا و رطوبت موجود در آن که در مجاورت سطح قرار دارند خنک شده و هوای خنک شده قادر به حفظ رطوبت موجود نمی‌باشد و مقداری از رطوبت موجود درهوا که در مجاورت سطح خنگ فلز قرار گرفته به صورت قطرات زیز آب رها شده و روی سطح فلز می‌نشیند.درجه حرارت سطح در این حالت نقطه شبنم محیط نامیده می‌شود.

با توجه به شرح فوق نقطه شبنم در هر منطقه و هر زمان درجه حرارتی است که با توجه به میزان رطوبت نسبی هوا،در آن درجه حرارت رطوبت موجود در هوا آزاد شده به صورت قطرات ریز آب در می‌آید و موجب خیس شدن اشیاء و سطوح مورد رنگ آمیزی می شود.

برای اجتناب از عوارض ایجاد رطوبت روی سطح فلز برای رنگ‌هایی که لازم است در شرایط خشک اجرا شوند باید دمای سطح مورد رنگ آمیزی حداقل ۳ درجه سانتیگراد از نقطخ شبنم بالاتر باشد.

با توجه به شرح فوق در مناطق گرمسیر اگر رطوبت نسبی هوا بسیار زیاد باشد نقطه شبنم هم به همان نسبت بالا خواهد رفت.به این دلیل برای رنگ‌هایی که در مرحله خشک شدن یا واکنش شیمیایی بین اجزاء ترکیب شوند نیازی به جذب رطوبن ندارند رنگ آمیزی در محیط‌های با رطوبت نسبی زیاد توصیه نمی‌شود.

برای اندازه‌گیری میزان رطوبت نسبی هوا[2] لوازم اندازه‌گیری مختلفی وجود دارد و باتوجه به میزان فشار جو و میزان رطوبت نسبی هوا می‌توان نقطه شبنم را محاسبه نمود.کنترل این شرایط قبل از زمان اجرا و حین عملیات و مقایسه با دمای محیط ازاهمیت ویژه ای برخوردار می‌باشد.

ج- سایر عوامل جوی

اجرای رنگ آمیزی در محیط باز به شدت تحت تاثیر عوامل جوی قرار دارد. اجرای رنگ آمیزی در شراط نامساعد جوی به کیفیت رنگ آمیزی آسیب زیادی وارد خواهد کرد. اولین عوارض شرایط نامساعد جوی روی آماده‌سازی سطح اثر نامطلوب خواهد گذاشت و سطوح فلزی آماده سازی شده در معرض شرایط نامساعد جوی مثل باد و باران دچار آلودگی با زنگ زدگی خواهند شد.

---

[1] . Dew Point

[2] . Relative Humidity

عملیات اجرایی رنگ آمیزی نیز در شرایط نامطلوب جوی صحیح نیست و میزان ضایعات واقعی رنگ در اثر ورزش باد بسیار بالا خواهد رفت و فیلم رنگ یکنواختی خود را از دست خواهد داد. باران نیز به عملیات رنگ آمیزی سطح آسیب جدی وارد می نماید و در صورت اجرای رنگ آمیزی در شرایط هوای بارانی قطرات ریز باران در لایه‌های رنگ جای گرفته فیلم رنگ پس از خشک شدن سوراخ سوراخ شده و حالت چشم ماهی در آن ایجاد می‌شود.

با توجه به نکات فوق بدیهی است که اجرای رنگ آمیزی در محیط باز منوط به مساعد بودن کامل شرایط جوی است و در صورت نامساعد بودن هوا عملیات رنگ آمیزی را باید متوقف نمود نا از ضایعات و خسارت‌های اجرای رنگ در شرایط نامساعد هوا جلوگیری شود.

- مراجع و مآخذ

1) Jis 5400, Japanese Industrial Standard- Testing Methods for Paints- 1990

پیوست ۱۱
مشخصات فنی و دستورالعمل اجرائی آماده‌سازی سطوح فلزی برای اجراء رنگ

۱- هدف

هدف از ارائه این دستورالعمل، آماده‌سازی سطوح فلزی برای اجرای رنگ‌آمیزی می‌باشد. آماده‌سازی سطح برای حصول کیفیت مطلوب و بالا بردن دوام در اجرای سیستم پوششی پل‌ها بسیار ضروری است.

۲- روش کار

برای زنگ‌زدایی و آماده‌سازی سطح روش‌های مختلف وجود دارد که در زیر به دو روش که در اجرای آماده‌سازی سطوح فلزی پل‌ها قابل استفاده است اشاره می‌گردد:

الف-زنگ‌زدایی با مواد ساینده و جریان هوا[1]

موثرترین روش آماده‌سازی سطوح و برطرف کردن زنگ و زوائد چسبیده به سطح و باقی مانده پوشش‌های قدیمی، استفاده از روشی است که با پرتاب مواد ساینده مانند ماسه، سنگ ریزه، ماسه‌های زیر و ساچمه‌های ریز فلزی به وسیله ابزار و لوازم مناسب که با نیروی هوای فشرده انجام می‌شود مواد ساینده به سطح مورد نظر برخورد کرده و کلیه زواید و آلودگی‌های سطح از بین رفته و تخلخل و زبری مناسبی نیز روی سطح ایجاد می‌شود.

٤ درجه متداول برای آماده‌سازی سطح با استفاده از روش سایش با توجه به استانداردهای بین‌المللی به شرح زیر می‌باشند.

جدول مقایسه استانداردهای مختلف جهانی برای آماده‌سازی سطح

	CODE	White Metal	Near White Metal	Commercial Blast	Brush off Blast
American Standards	S.S.P.C.	S.S.P.C.SP.5	S.S.P.C. SP.10	S.S.P.C.SP.6	S.S.P.C SP.7
	N.A.C.E.	N.A.C.#1	N.A.C.E. #2	N.A.C.E. #3	N.A.C.E. #4
Canadian Standards	C.G.S.B.	31 GP 404 Type 1	-	31 GP 404 Type 2	31 GP 404 Type 3
British Standards	BS-5493	First Quality	Second Quality	Third Quality	-
Swedish Standards	SIS-5493	Sa.3	Sa. $2\frac{1}{2}$	Sa. 2	Sa. 1
Japanese Standards	S.P.S.S.	jasd 3, oR jasd 3	Jash 2, oR Jasd	Jash 1, oR jasd 1	-

درجه سایش سطح برای هر پوشش به عوامل مختلف بستگی دارد. یکی از مهمترین عوامل نوع سیستم پوششی انتخابی می‌باشد. قبل از شروع عملیات سایش باید سطح مورد نظر چربی‌زدایی شده و کلیه زوائد جوشکاری و

[1] . Dry Blast Cleaning

پاشیدگی‌های جوش از روی سطح برداشته شود. در صورتی که چربی و روغن باقی مانده روی سطح با عملیات چربی‌زدایی از میان نرفته و تا مرحله عملیات سایشی روی سطح باقی بماند. در این مرحله قسمت عمده چربی و روغن از میان خواهد رفت ولی ممکن است یک لایه نازک از چربی همچنان روی سطح باقی مانده و چسبندگی سیستم پوششی را به سطح مورد رنگ‌آمیزی تضعیف نماید. لبه‌های تیز و گوشه‌های اسکلت فلزی و سطوح مورد رنگ‌آمیزی در حد امکان باید به صورت گرد طراحی و ساخته شود یا در زمان رنگ‌آمیزی به طرف پایین قرار گیرد. چون در مرحله رنگ‌آمیزی امکان فرار رنگ تر از لبه‌های تیز و گوشه‌های تند اسکلت‌ها وجود دارد و ممکن است ضخامت رنگ در این نقاط کمتر از حد لازم شده و خوردگی از این نقاط شروع شود.

پاشیدگی جوش نیز نباید زیر رنگ باقی بماند چون گل جوش در واقع روی سطح جوش قرار گرفته و به سطح چسبیده است و در صورتی که تا زمان رنگ‌آمیزی روی سطح باقی بماند پس از مدت کوتاهی در اثر عوامل مختلف از سطح جدا شده و فیلم رنگ در محل جوشکاری آسیب خواهد دید و خوردگی از این نقاط به سرعت پیشرفت خواهد کرد.

فرم‌ریزی سطح (Profile Roughness) که در اثر اجرای عملیات سایش ایجاد می‌شود نیز حائز اهمیت ویژه می‌باشد و به مواد ساینده مورد استفاده و فشار جریان هوا و روش اجرای عملیات سایشی بستگی دارد.

زبری مناسب سطح موجب افزایش چسبندگی مکانیکی فیلم رنگ به سطح می‌گردد. به همین جهت زبری با عمق کم امکان چسبندگی مکانیکی را به خوبی فراهم نمی‌کند. همین طور زبری بیش از اندازه نیز به یکنواختی فیلم رنگ آسیب وارد کرده موجب عوارض دیگری خواهد شد. مخصوصاً در مورد سیستم‌های پوششی با ضخامت کم ممکن است طول عمر سیستم پوششی را کاهش دهد.

جدول زیر زبری سطح و ارتباط آن با دانه‌بندی و نوع مواد ساینده را نشان می‌دهد.

جدول۱- ارتباط حداکثر زبری سطح با دانه‌بندی مواد ساینده

مواد ساینده	دانه‌بندی مواد ساینده	حداکثر زبری سطح
ماسه خیلی نرم	80 MESH	35- 40 Microns
ماسه زبر	12 MESH	70 Microns
ساچمه ریز فولادی	80 MESH	90 Microns
ساچمه ریز فولادی	12 MESH	200 Microns

ب- زنگ‌زدایی سطح با مواد ساینده و جریان آب[1]

در این روش مواد ساینده با فشار آب به سطح مورد نظر برخورد کرده و همانند روش شرح داده شده درفوق، عملیات سایش سطح انجام می‌گیرد. از مزایای این روش کاهش خطرات و عوارض ناشی از گرد و غبار با توجه به مقررات ایمنی و سلامت کارکنان می‌باشد.

مزایای دیگر این روش شستشوی سطح و از میان رفتن بسیاری از آلودگی‌ها و ترکیبات ناشی از زنگ و اکسید آهن است و در عمل نتیجه بهتری از عملیات همزمان سایش و شستشوی سطح به دست خواهد آمد.

از عوارض منفی استفاده از این روش می‌توان به این نکته اشاره نمود که سطح سائیده شده و تمیز در مجاورت رطوبت موجود ممکن است مجدداً به سرعت اکسیده شده و زنگ بزند. به همین دلیل در این روش خشک کردن سطح آماده‌سازی شده و رعایت زمان مناسب برای رنگ‌آمیزی اهمیت بیشتری دارد. همچنین برای ایجاد فرصت مناسب رنگ‌آمیزی، مواد خاص جلوگیری از اکسیداسیون در آب مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در آماده‌سازی سطوح فلزی برای اجرای رنگ‌آمیزی پل‌ها درجه $Sa\,2\frac{1}{2}$ باید تأمین گردد.

[1]. Wet Blasting

پیوست ۱۲
مشخصات فنی و نقشه‌های اجرائی زهکش‌های پل

۱- هدف

هدف از ارائه این دستورالعمل کمک به جمع‌آوری آب‌های سطحی ناشی از بارندگی یا شستشو از سطح عرشه از طریق شیب طولی و هدایت آن‌ها از روی درزهای عرضی به دو انتهای پل می‌باشد.

۲- شیب‌بندی

۲-۱- شیب‌های عرضی

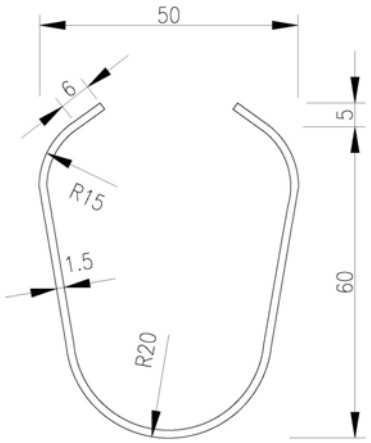
تمام شیب‌های عرضی با حذف فیلرهای اضافی در محل تکیه‌گاه تیرها حذف شوند. فیلرگذای فقط به منظور جبران خطاهای اجرائی و هم‌تراز نمودن لبه درزهای طولی و عرضی لازم می‌باشد. حذف فیلرهای اضافی همزمان با تعویض الاستومرهای تکیه‌گاهی قابل انجام می‌باشد.

۲-۲- شیب‌های طولی

شیب‌های طولی به میزان حداقل ۱/۵ درصد برای تخلیه آب سطحی از روی پل لازم می‌باشند این شیب عمدتاً با اختلاف ارتفاع پایه‌ها تأمین شده ولی قبل از جای دادن درزگیرها و آب‌بندی درزها شیب طولی تک‌تک دهانه‌ها لازم است با نقشه‌برداری دقیق برداشت شده و در صورت کمتر بودن آن‌ها از ۱/۵ درصد جهت اخذ تصمیم به مهندس ناظر گزارش گردد.

۳- نصب زهکش

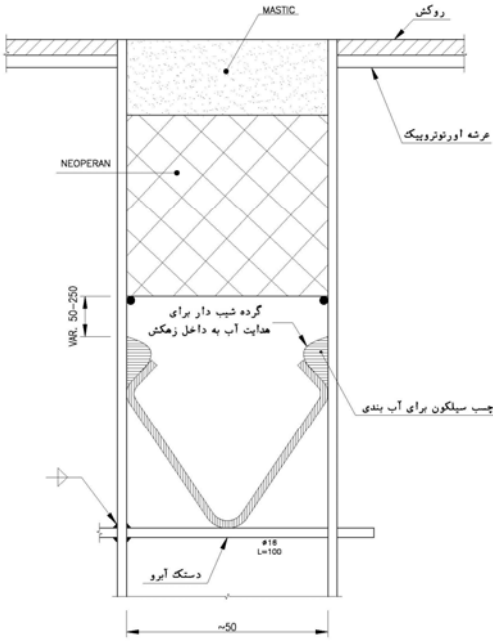
به منظور جمع‌آوری و جلوگیری از نفوذ آب از درزهای انبساط عرضی که آب‌بندی آن‌ها بسیار مشکل می‌باشد و جلوگیری از آسیب پایه‌ها زهکش‌های فولادی گالوانیزه در زیر لاستیک‌های درزگیر در داخل درز کار گذاشته می‌شود. این زهکش‌ها در تمام طول درز ممتد بوده یا در قطعات حدود ۳ متری و با داخل هم رفتن به صورت کشویی و روی هم آمدگی ٤٠ سانتی‌متر در داخل درز قرار می‌گیرند.
مقطع تیپ این زهکش‌ها در شکل ۱ به نمایش در آمده است.



شکل ۱- مقطع زهکش

برای تثبیت زهکش در محل درز و تأمین شیب مناسب آن در فواصل مناسب از تسمه‌ها یا میلگردهایی که به یک سمت درز جوش شده استفاده به عمل می‌آید. برای جلوگیری از نفوذ آب از کناره‌ها بعد از تثبیت زهکش کناره‌های آن با چسب سلیکون آب‌بندی می‌شود. شکل ۲ نحوه جاگذاری زهکش را در درزهای عرضی به نمایش می‌گذارد.

شیب عرضی زهکش‌ها حداقل ۲ درصد پیش‌بینی شده و جهت تخلیه آن با دستور کار مهندس ناظر انتخاب می‌گردد.



شکل ۲- جانمایی اجرای زهکش عرضی

٤- آب‌بندی با چسب سلیکون

چسب سیلیکون یکی از پر کاربردترین چسبهای صنعتی است که با توجه به سازگاری فوق العاده با تمامی مواد در صنعت ساختمان برای آب بند نمودن و چسباندن سطوح غیر همسان بیکدیگر مورد استفاده قرار می گیرد. از دیگر خصوصیات این نوع چسب می توان به مقاوم در برابر گاز $CO2$ ، مواد شیمیایی نظیر اسیدها و قلیاییها و تابش نور خوشید اشاره کرد.

چسب سیلیکون غالباً در تیوپهای آلومینیومی بسته بندی می شوند و لزوماً بین دمای ۵ درجه سانتیگراد تا ۳۰ درجه سانتیگراد نگهداری شوند.

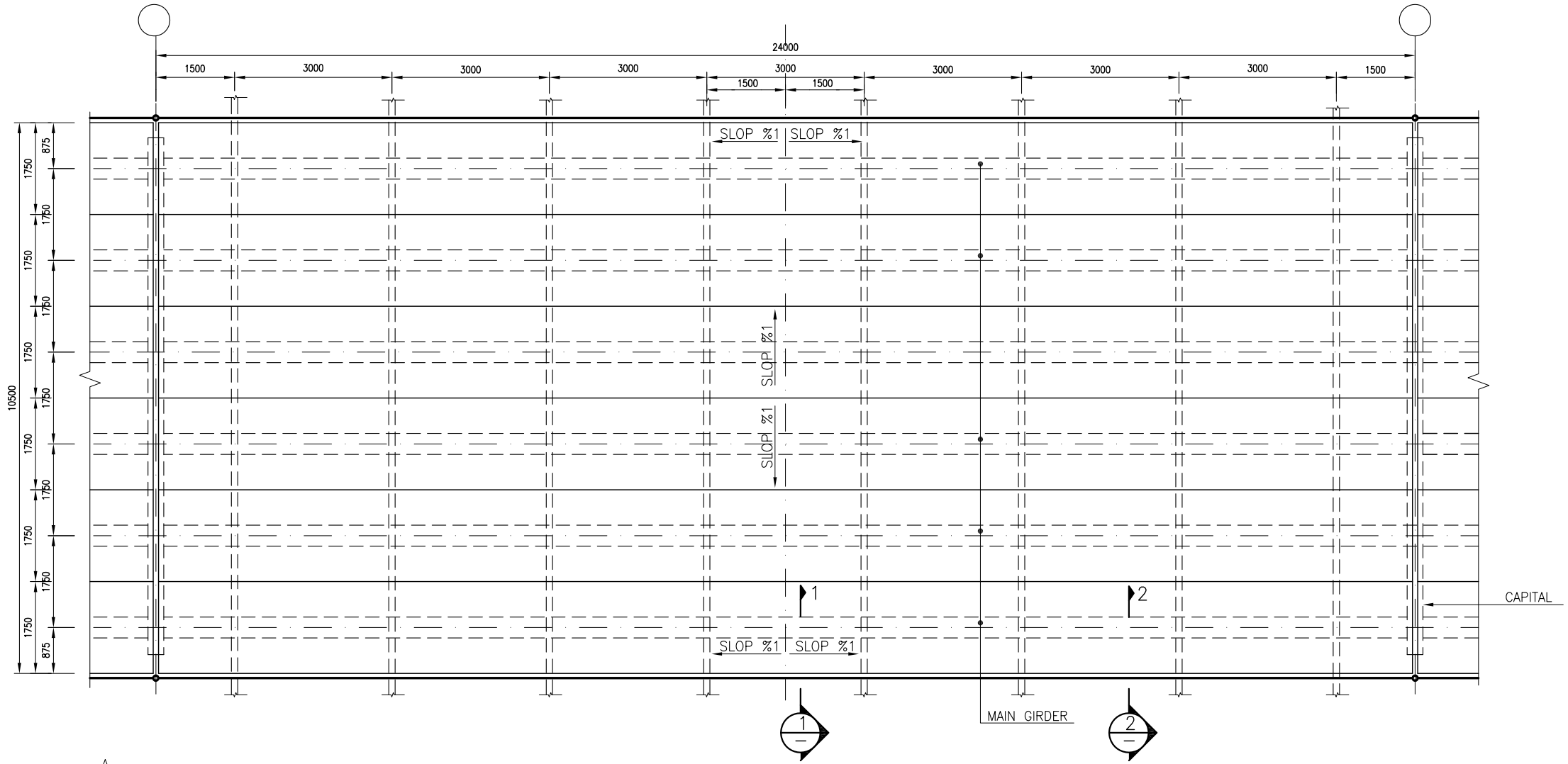
قبل از استفاده از آن باید سطوح کاملاً تمیز و عاری از هر گونه مواد روغنی، گریس و گردوخاک باشد. دمای محیط بین $5^{\circ}C$ تا $300^{\circ}C$ باشد. البته عمل آوری این نوع چسب با رطوبت و دما تسریع پیدا می کند. ضخامت لایه های چسب می تواند تا ۲۰ میلیمتر مؤثر واقع شود.

با توجه به طیف وسیع کاربردهای این نوع چسب باید با توجه به ویژگیهای مورد نیاز ، محصول مناسب انتخاب گردد. مهمترین پارامترهای مورد بررسی عبارتند از:

- لزجت
- چسبندگی
- جذب آب
- انعطاف پذیری
- پایایی شیمیایی
- مقاومت حرارتی
- مقاومت در برابر ضربه
- بنابراین قبل از مصرف چسب، پیمانکار موظف است آنرا به تأیید کارفرما و دستگاه نظارت برساند.

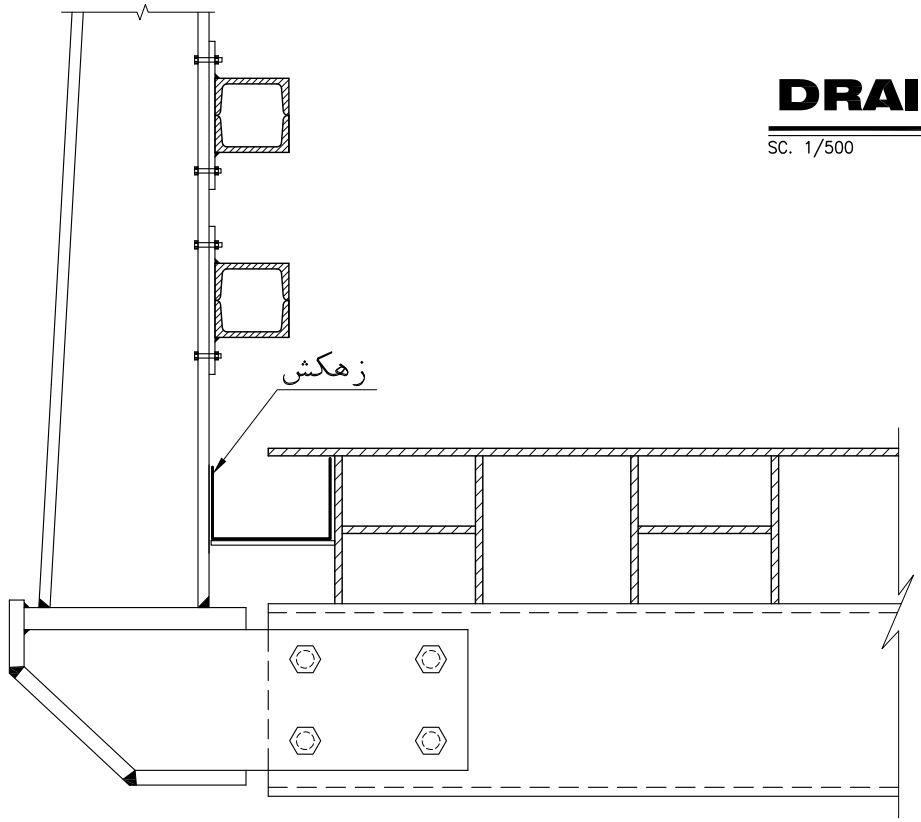
٥- کارگذاری درزگیرها

برای تثبیت لاستیک‌های درزگیر در محل خود و جلوگیری از فرو رفتن آن‌ها به داخل درز قطعاتی از میلگرد به طول ۸ سانتی‌متر در فواصل ۵۰ سانتی‌متری از داخل به کناره‌های درز جوش می‌شوند.



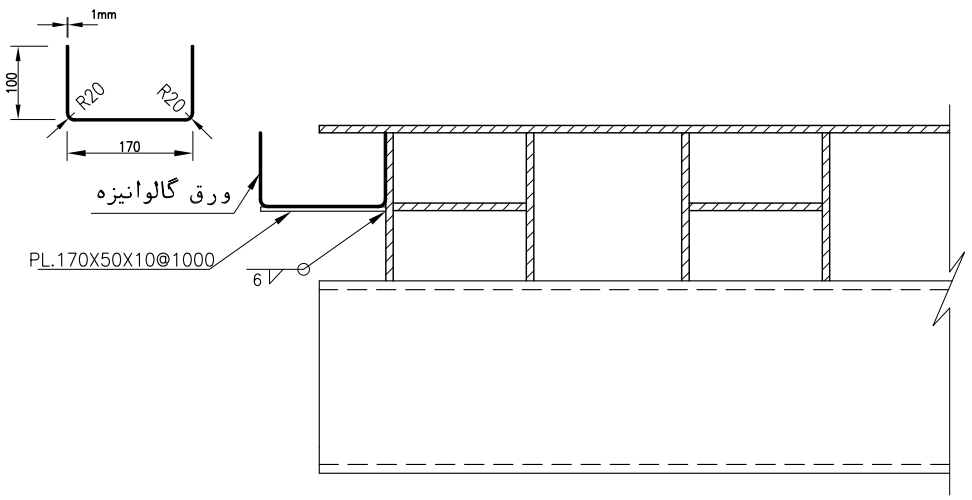
DRAINING PLAN LAYOUT

SC. 1/500



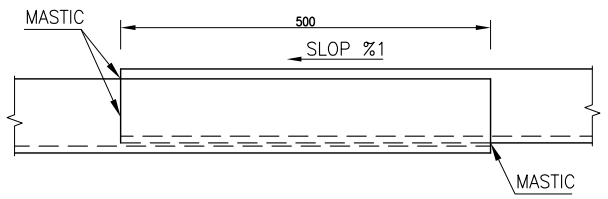
SECTION 2-2

SC. 1/5



SECTION 1-1

SC. 1/5



TYP.DET.FOR OVERLAP

توضیحات :

۱-زهکش های طولی فقط در قسمتهای میانی پل که شیب طولی کمتر از ۱٫۵%است اجرا می شود.

۲-محل های جوش تسمه به پل باید رنگ آمیزی شود.

SIGN.: امضاء:	DATE: تاریخ:	SIGN.: امضاء:	DATE: تاریخ:	DES.: شرح:	REV.: تغییر:
APPROVED : تصویب		CHECKED : کنترل			
TAZAND PROJ. NO.: 1312-87/04/30				CLIENT: کارفرما: سازمان مهندسی و عمران شهر تهران	
TAZAND CONSULTING ENGINEERS					
87/04	ن - صفرایی		طراح: DESIGNED BY:	PROJECT: پروژه: طرح پیاده سازی سیستم مدیریت پلهای شهر تهران	
"	آ - نظیفی		ترسیم: DRAWN BY:		
"	پ - زندی		کنترل: CHECKED BY:		
"	پ - زندی		تصویب: APPROVED BY:		
FOR APPROVAL	برای تائید: ■			TITLE: عنوان نقشه : زهکش طولی پل	SCALE: AS.SH.
FOR TENDER	برای مناقصه: □				UNIT:mm,/cm.
FOR CONSTRUCTION	برای اجراء: □				SHEET: A3
PROJ. NO.: -	شماره پروژه:			DWG. NO: S-01 شماره نقشه:	REV.: 00
DRAWING FILE NAME:					

پیوست ۱۳
برداشت وضعیت موجود تکیه‌گاه‌ها

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

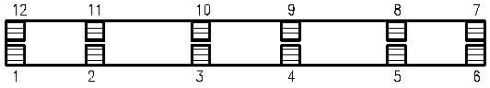
چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود نشیمن‌های عرشه

شناسه پل: **SB-02** **نام پل:** حافظ- انقلاب **شماره پایه:** ۱

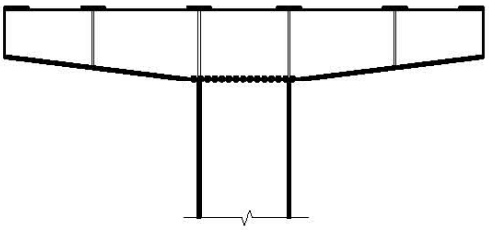
وضعیت کلی نشیمن‌های عرشه

وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☐

نیازمند بررسی بیشتر ☑ خوب ☐



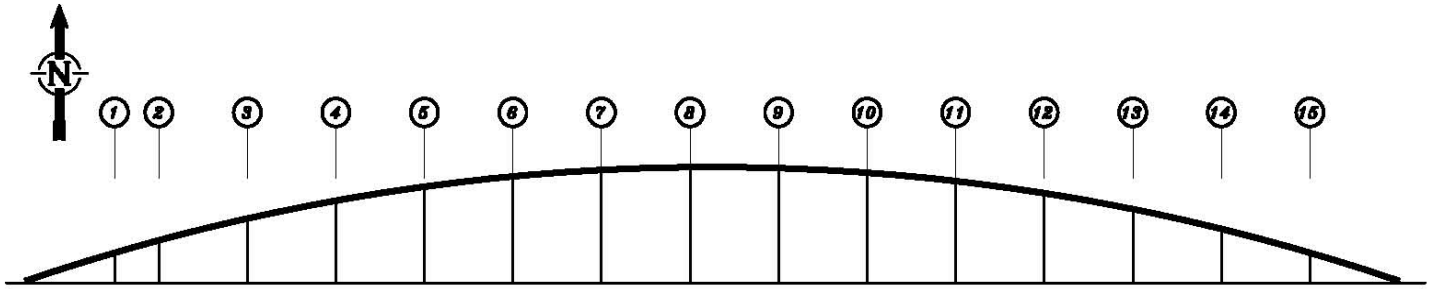
پلان سرپایه



نمای سرپایه

توضیحات:

- به علت بسته بودن درب کوله، قابل دسترسی نمی‌باشد.



نمای راهنما

نوع آسیب / تکیه‌گاه	جابجایی طولی	جابجایی عرضی	له شدن تحت فشار	له شدن تحت برش	لبه‌های رنگ شده	خرابی شاخک‌های نشیمن	فیلرگذاری نامناسب
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							

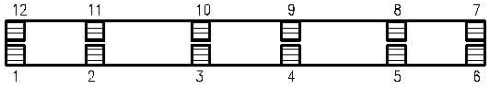
میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

آسیب مشاهده شده	✓
عدم آسیب	×

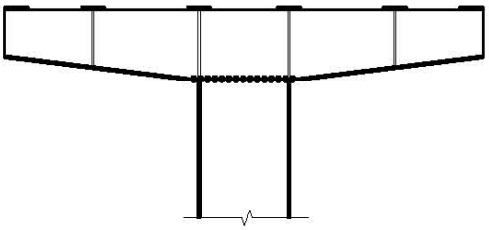
برداشت کننده	تاریخ برداشت
ر. باقرلو	تیر و مرداد۸۷

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود نشیمن‌های عرشه	وضعیت کلی نشیمن‌های عرشه
شناسه پل: **SB-02** **نام پل:** حافظ- انقلاب **شماره پایه: ۲**	وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☐ نیازمند بررسی بیشتر ☑ خوب ☐



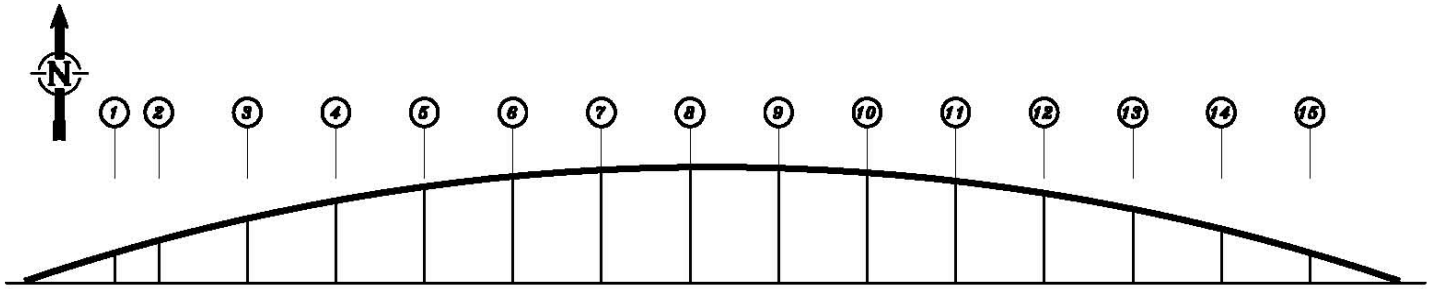
پلان سرپایه



نمای سرپایه

توضیحات:

- به علت بسته بودن درب کوله، قابل دسترسی نمی‌باشد.



نمای راهنما

نوع آسیب / تکیه‌گاه	جابجایی طولی	جابجایی عرضی	له شدن تحت فشار	له شدن تحت برش	لبه‌های رنگ شده	خرابی شاخک‌های نشیمن	فیلرگذاری نامناسب
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							

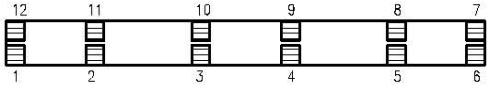
میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

آسیب مشاهده شده	✓
عدم آسیب	×

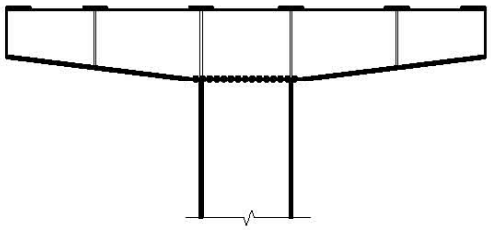
برداشت کننده	تاریخ برداشت
ر. باقرلو	تیر و مرداد۸۷

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود نشیمن‌های عرشه	وضعیت کلی نشیمن‌های عرشه
شناسه پل: SB-02 **نام پل:** حافظ- انقلاب **شماره پایه:** ۳	وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☑ نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐



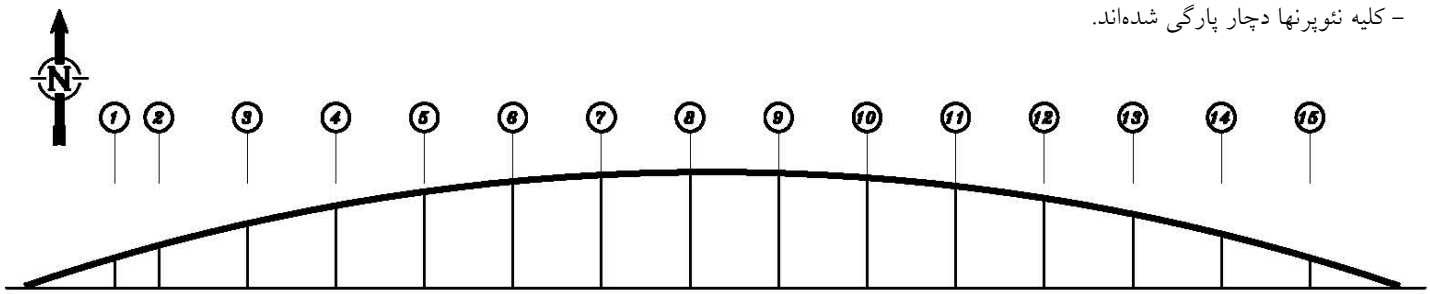
پلان سرپایه



نمای سرپایه

توضیحات:

- ضخامت نئوپرنها و صفحات فلزی زیر و روی آنها در تکیه‌گاه‌های ۳، ٤، ۹ و ۱۰ بیشتر از سایر تکیه‌گاه‌ها می‌باشد و در این تکیه‌گاه‌ها طول بیرون‌زدگی پیچ از داخل مهره عملاً وجود ندارد.
- کلیه نئوپرنها دچار پارگی شده‌اند.



نمای راهنما

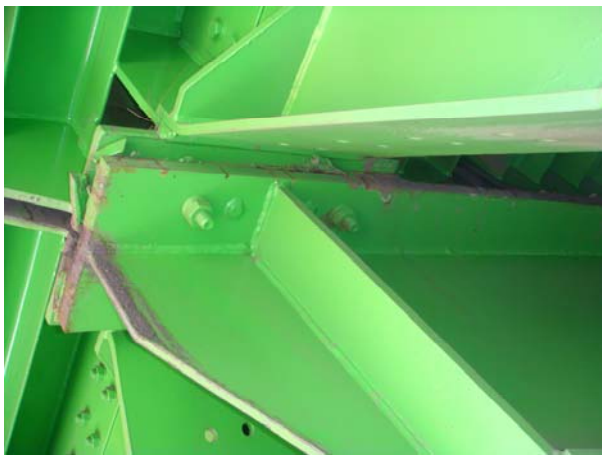
نوع آسیب / تکیه‌گاه	جابجایی طولی	جابجایی عرضی	له شدن تحت فشار	له شدن تحت برش	لبه‌های رنگ شده	خرابی شاخک‌های نشیمن	فیلرگذاری نامناسب
1	×	×	S ✓	×	S ✓	×	×
2	×	×	✓	×	✓	×	×
3	×	×	✓	×	✓	×	×
4	×	×	✓	×	✓	×	×
5	×	×	✓	×	✓	×	×
6	×	×	✓	×	✓	×	×
7	×	×	✓	×	✓	×	×
8	×	×	✓	×	✓	×	×
9	×	×	✓	×	✓	×	×
10	×	×	✓	×	✓	×	×
11	×	×	✓	×	✓	×	×
12	×	×	✓	×	✓	×	×

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

آسیب مشاهده شده	✓
عدم آسیب	×

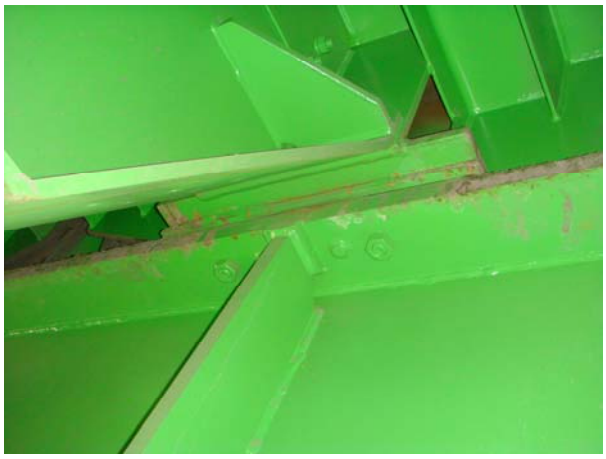
برداشت کننده	تاریخ برداشت
ر. باقرلو	تیر و مرداد۸۷

نئوپرن‌های محور ۳ (پل حافظ- انقلاب)

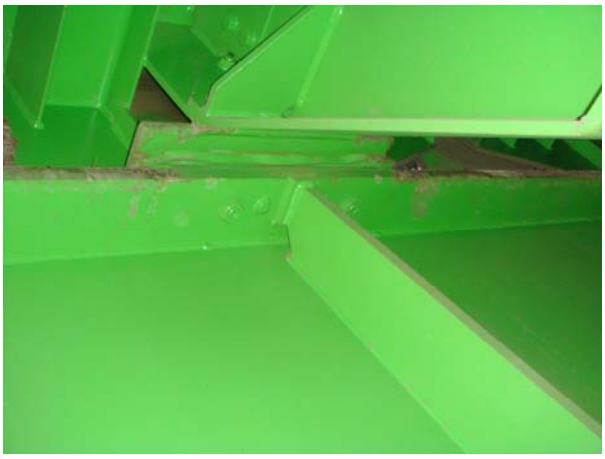


نئوپرن شماره ۱

نئوپرن شماره ۲

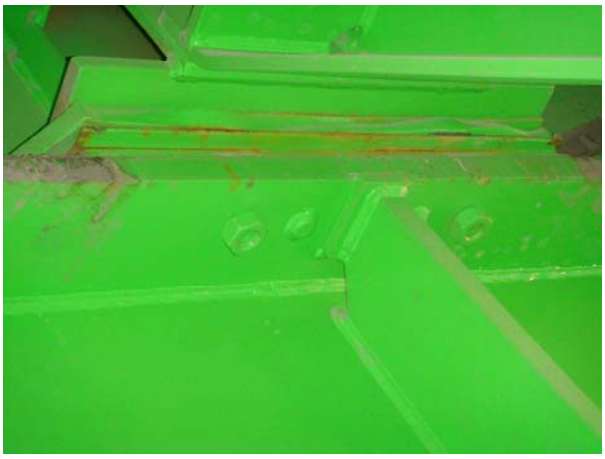


نئوپرن شماره ۳



نئوپرن شماره ٤

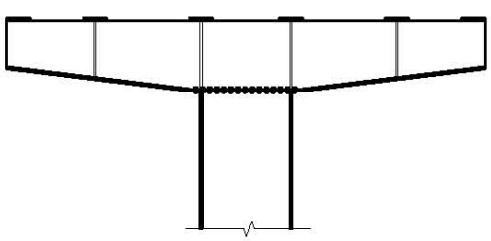
نئوپرن شماره ۹



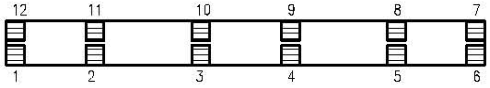
نئوپرن شماره ۱۰

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود نشیمن‌های عرشه	وضعیت کلی نشیمن‌های عرشه
شناسه پل: **SB-02** **نام پل:** حافظ- انقلاب **شماره پایه:** ٤	وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☑ نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐



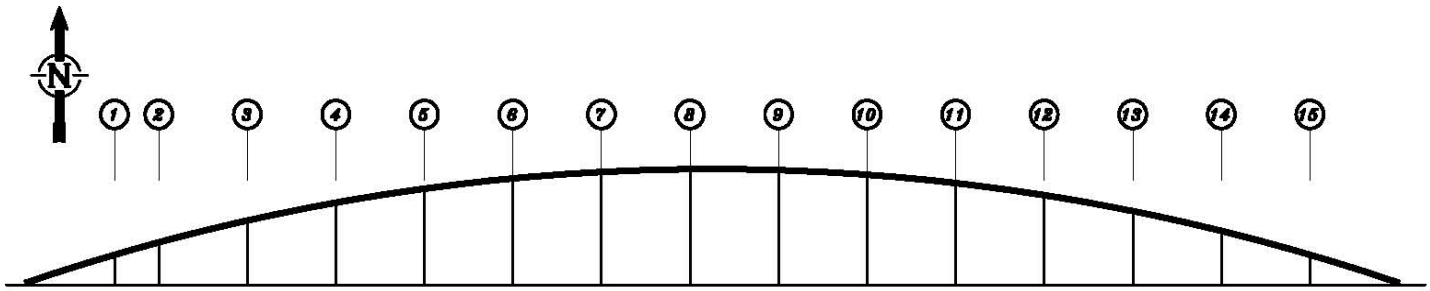
نمای سرپایه



پلان سرپایه

توضیحات:

- در تکیه‌گاه‌های ۳، ٤، ۹ و ۱۰ پیچ‌ها از مهره بیرون نزده‌اند.
- تمامی نئوپرنها دچار پارگی شده‌اند (به جز نئوپرن ۱۱ و ۱۲)



نمای راهنما

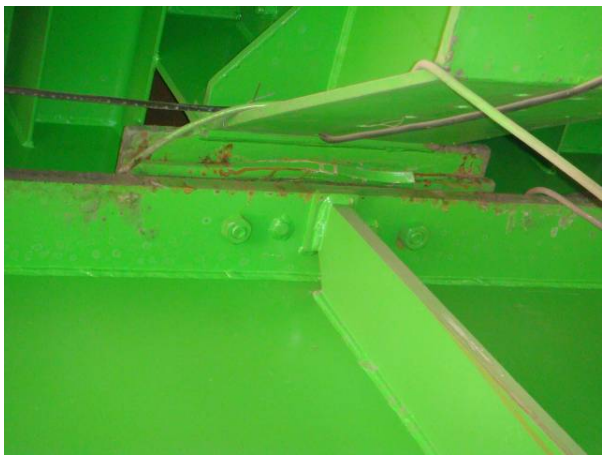
نوع آسیب / تکیه‌گاه	جابجایی طولی	جابجایی عرضی	له شدن تحت فشار	له شدن تحت برش	لبه‌های رنگ شده	خرابی شاخک‌های نشیمن	فیلرگذاری نامناسب
1	M ✓	×	S ✓	×	S ✓	×	×
2	×	×	✓	×	✓	×	×
3	S ✓	×	✓	×	✓	×	×
4	M ✓	×	✓	×	✓	×	×
5	S ✓	×	✓	×	✓	×	×
6	M ✓	×	✓	×	✓	×	×
7	×	×	✓	×	✓	×	×
8	M ✓	×	✓	×	✓	×	×
9	M ✓	×	✓	×	✓	×	×
10	S ✓	×	✓	×	✓	×	×
11	×	×	✓	×	✓	×	×
12	×	×	✓	×	✓	×	×

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

آسیب مشاهده شده	✓
عدم آسیب	×

برداشت کننده	تاریخ برداشت
ر. باقرلو	تیر و مرداد۸۷

نئوپرن‌های محور ٤ (پل حافظ- انقلاب)

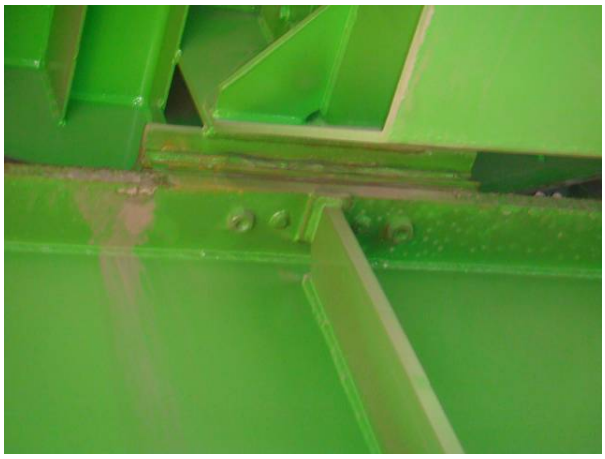


نئوپرن شماره ٣

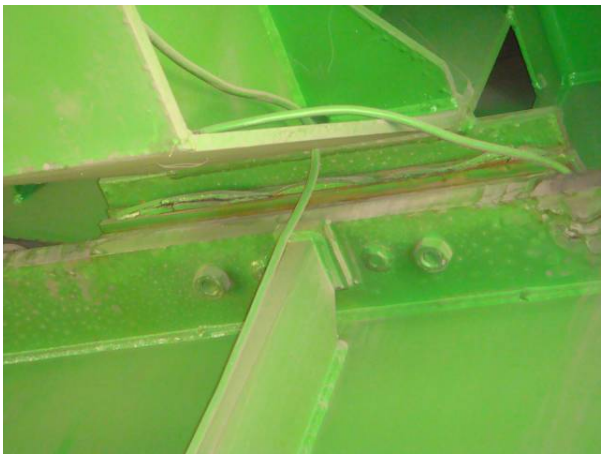
نئوپرن شماره ٤

نئوپرن شماره ٥

نئوپرن شماره ٨



نئوپرن شماره ٩



نئوپرن شماره ١٠

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

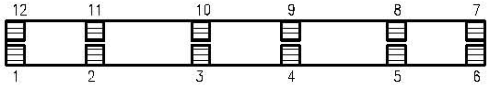
چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود نشیمن‌های عرشه

شناسه پل: **SB-02** **نام پل:** حافظ- انقلاب **شماره پایه:** ۵

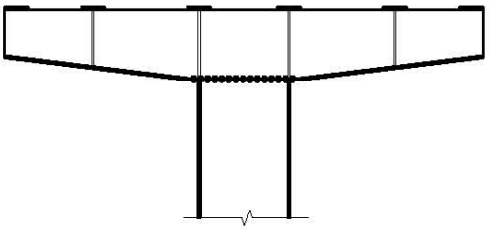
وضعیت کلی نشیمن‌های عرشه

وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☑

نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐



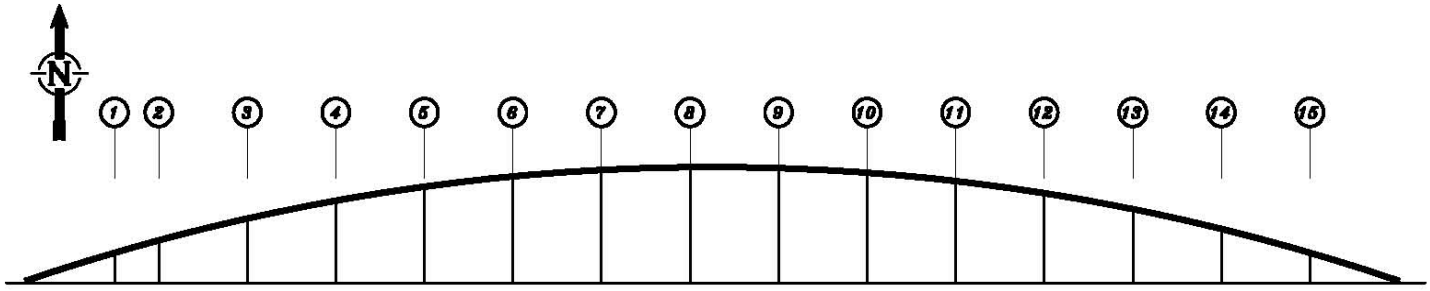
پلان سرپایه



نمای سرپایه

توضیحات:

- نئوپرنهای ۱ الی ۵ و ۸ الی ۱۱ دچار پارگی شده‌اند.



نمای راهنما

نوع آسیب / تکیه‌گاه	جابجایی طولی	جابجایی عرضی	له شدن تحت فشار	له شدن تحت برش	لبه‌های رنگ شده	خرابی شاخک‌های نشیمن	فیلرگذاری نامناسب
1	×	×	S ✓	×	S ✓	×	×
2	M ✓	×	✓	×	S ✓	×	×
3	S ✓	×	✓	×	S ✓	×	×
4	S ✓	×	✓	×	S ✓	×	×
5	S ✓	×	✓	×	S ✓	×	×
6	×	×	✓	×	S ✓	×	×
7	×	×	✓	×	S ✓	×	×
8	S ✓	×	✓	×	S ✓	×	×
9	×	×	✓	×	S ✓	×	×
10	S ✓	×	✓	×	S ✓	×	×
11	M ✓	×	✓	×	S ✓	×	×
12	×	×	✓	×	S ✓	×	×

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

آسیب مشاهده شده	✓
عدم آسیب	×

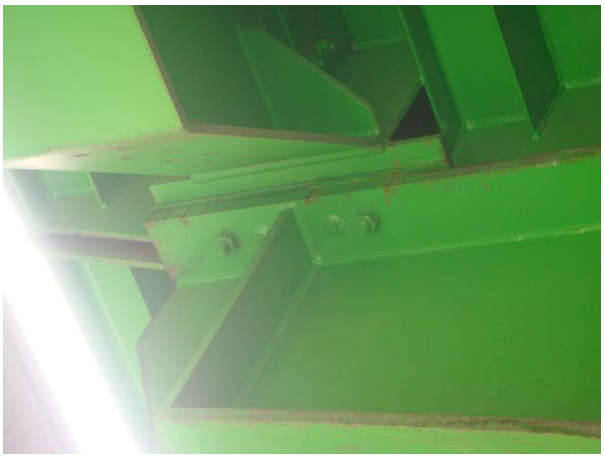
برداشت کننده	تاریخ برداشت
ر. باقرلو	تیر و مرداد۸۷

نئوپرن‌های محور ۵ (پل حافظ- انقلاب)

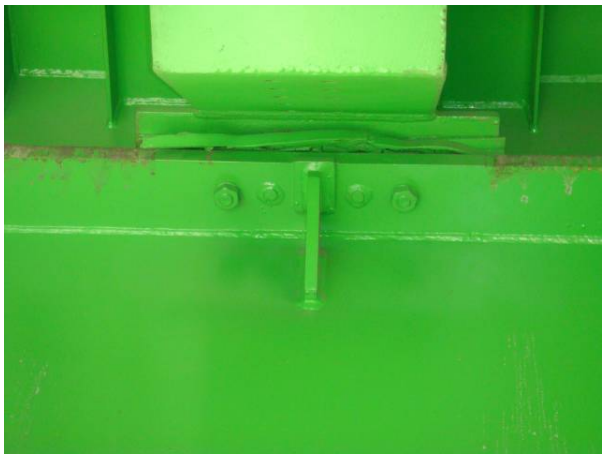
نئوپرن شماره ۱

نئوپرن شماره ۵

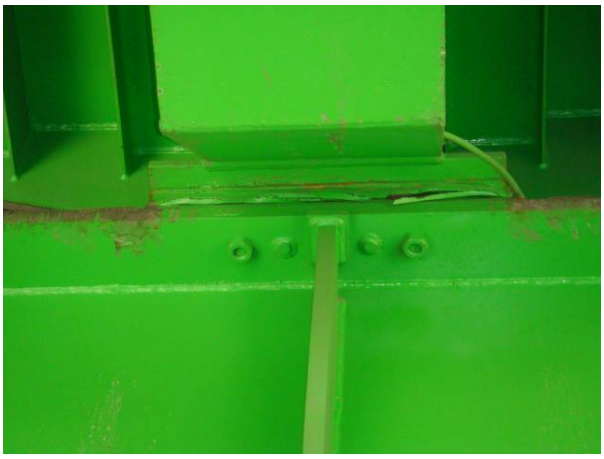
نئوپرن شماره ٦



نئوپرن شماره ۷



نئوپرن شماره ۸



نئوپرن شماره ۱۰

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

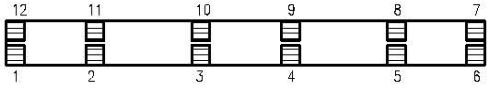
چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود نشیمن‌های عرشه

شناسه پل: **SB-02** **نام پل:** حافظ- انقلاب **شماره پایه:** ٦

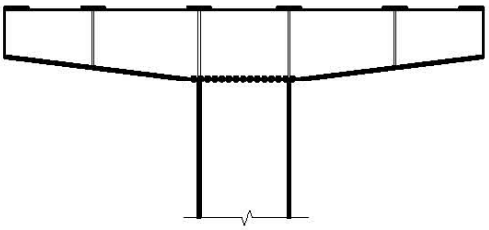
وضعیت کلی نشیمن‌های عرشه

وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☑

نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐



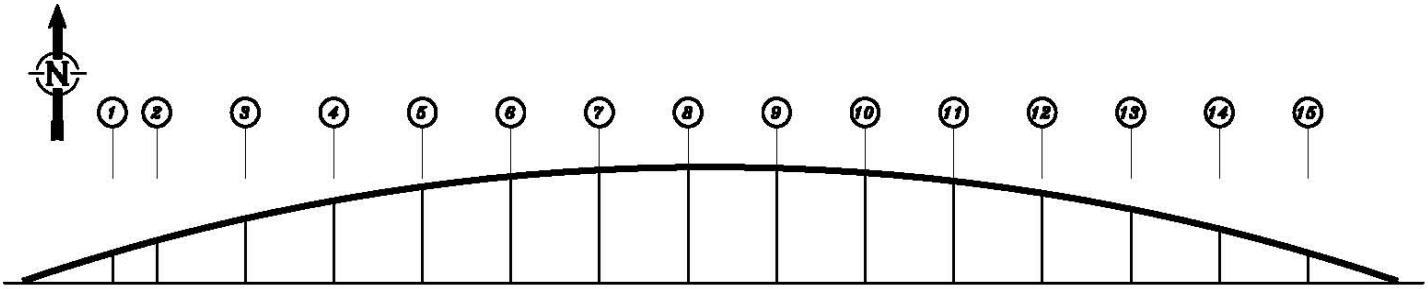
پلان سرپایه



نمای سرپایه

توضیحات:

- نئوپرنهای ٥، ٦، ١١ و ١٢ دچار پارگی شده‌اند.
- نئوپرن ٢ دچار فرسودگی شده است.
- یکی از پیچ‌های نئوپرن شماره ١٠ بریده شده و افتاده است.



نمای راهنما

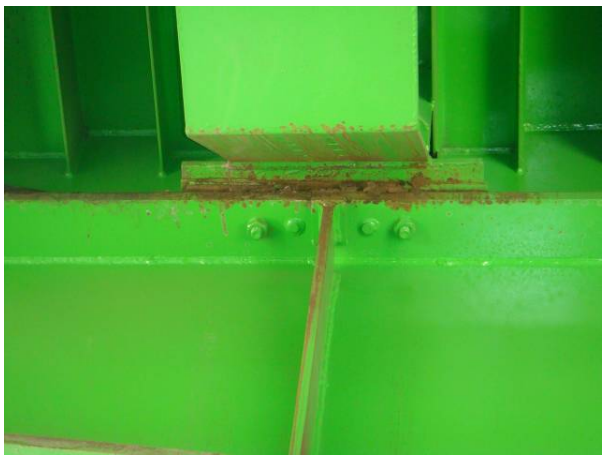
نوع آسیب / تکیه‌گاه	جابجایی طولی	جابجایی عرضی	له شدن تحت فشار	له شدن تحت برش	لبه‌های رنگ شده	خرابی شاخک‌های نشیمن	فیلرگذاری نامناسب
1	×	×	M ✓	×	S ✓	×	×
2	S ✓	×	S ✓	×	S ✓	×	×
3	×	×	M ✓	×	S ✓	×	×
4	×	×	M ✓	×	S ✓	×	×
5	S ✓	×	S ✓	×	S ✓	×	×
6	S ✓	×	S ✓	×	S ✓	×	×
7	×	×	M ✓	×	S ✓	×	×
8	×	×	M ✓	×	S ✓	×	×
9	×	×	S ✓	×	S ✓	×	×
10	×	×	S ✓	×	S ✓	×	×
11	S ✓	×	S ✓	×	S ✓	×	×
12	S ✓	×	S ✓	×	S ✓	×	×

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

آسیب مشاهده شده	✓
عدم آسیب	×

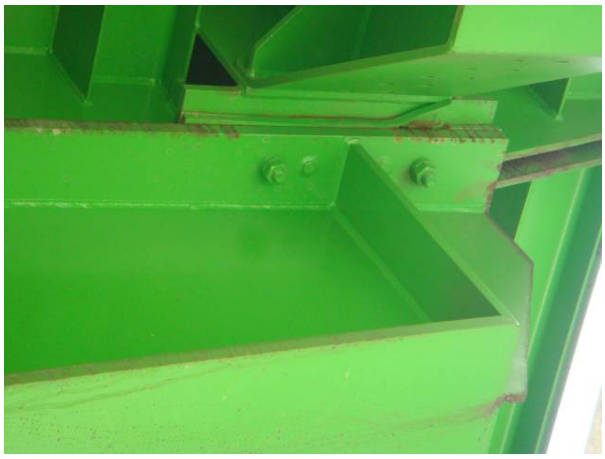
برداشت کننده	تاریخ برداشت
ر. باقرلو	تیر و مرداد٨٧

نئوپرن‌های محور ٦ (پل حافظ- انقلاب)

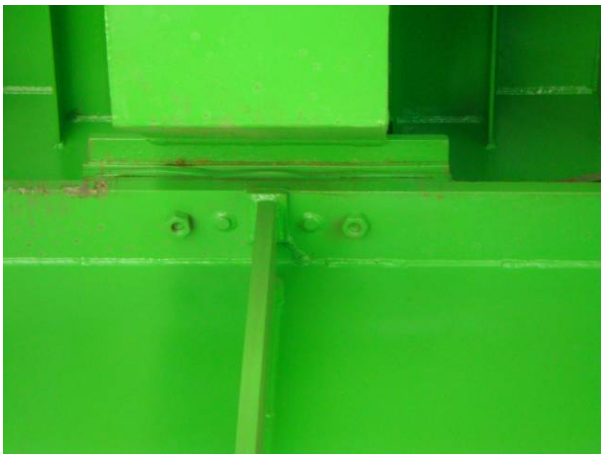


نئوپرن شماره ٢

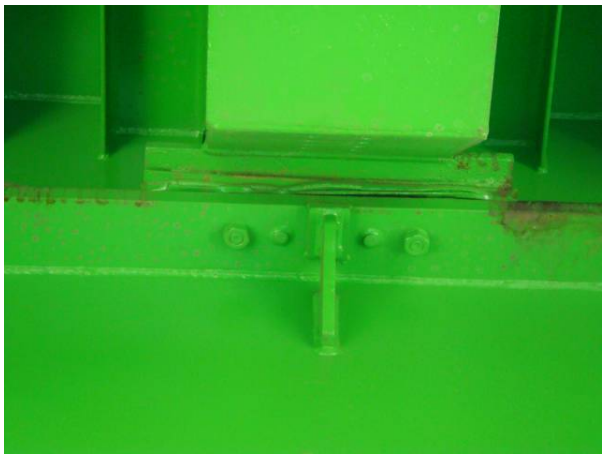
نئوپرن شماره ٥



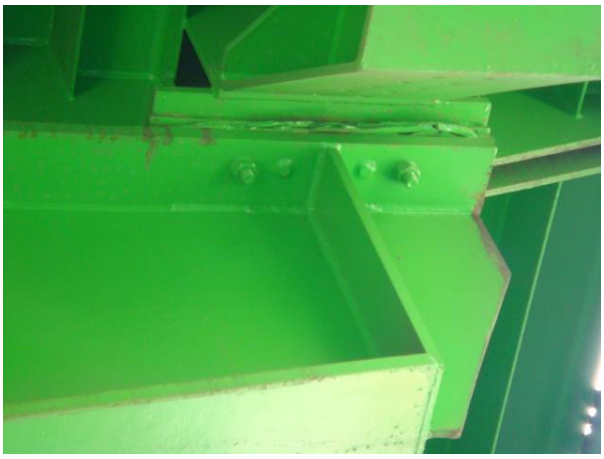
نئوپرن شماره ٦



نئوپرن شماره ٩



نئوپرن شماره ١١



نئوپرن شماره ١٢

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

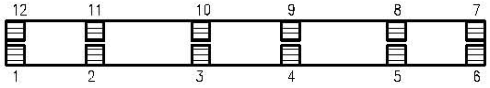
چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود نشیمن‌های عرشه

شناسه پل: **SB-02** **نام پل:** حافظ- انقلاب **شماره پایه:** ۷

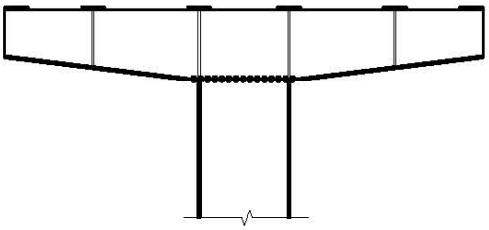
وضعیت کلی نشیمن‌های عرشه

وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☑

نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐



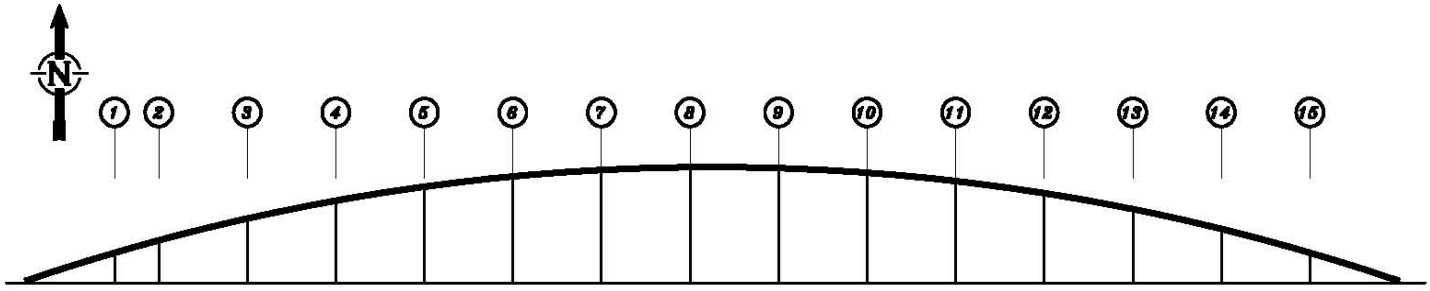
پلان سرپایه



نمای سرپایه

توضیحات:

- تمامی نئوپرنها دچار فرسودگی و پارگی شده‌اند.



نمای راهنما

نوع آسیب / تکیه‌گاه	جابجایی طولی	جابجایی عرضی	له شدن تحت فشار	له شدن تحت برش	لبه‌های رنگ شده	خرابی شاخک‌های نشیمن	فیلرگذاری نامناسب
1	S ✓	×	S ✓	×	S ✓	×	×
2	S ✓	×	S ✓	×	S ✓	×	×
3	S ✓	×	S ✓	×	S ✓	×	×
4	S ✓	×	S ✓	×	S ✓	×	×
5	S ✓	×	S ✓	×	S ✓	×	×
6	S ✓	×	S ✓	×	S ✓	×	×
7	S ✓	×	S ✓	×	S ✓	×	×
8	S ✓	×	S ✓	×	S ✓	×	×
9	S ✓	×	S ✓	×	S ✓	×	×
10	S ✓	×	S ✓	×	S ✓	×	×
11	S ✓	×	S ✓	×	S ✓	×	×
12	S ✓	×	S ✓	×	S ✓	×	×

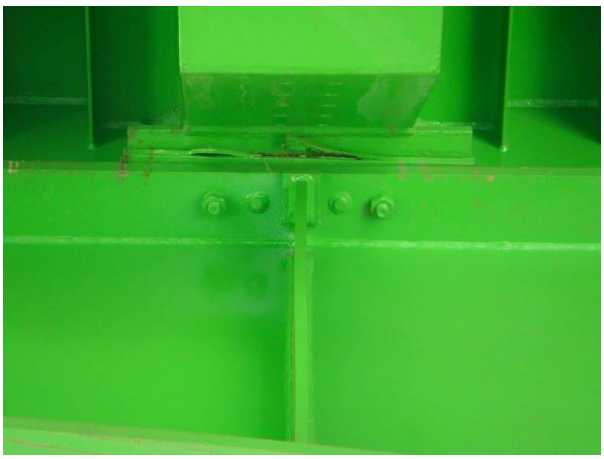
میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

آسیب مشاهده شده	✓
عدم آسیب	×

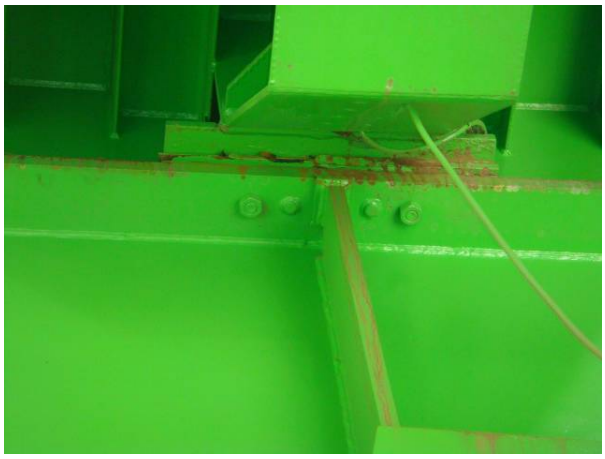
برداشت کننده	تاریخ برداشت
ر. باقرلو	تیر و مرداد۸۷

نئوپرن‌های محور ۷ (پل حافظ- انقلاب)

نئوپرن شماره ۱



نئوپرن شماره ۲



نئوپرن شماره ۳

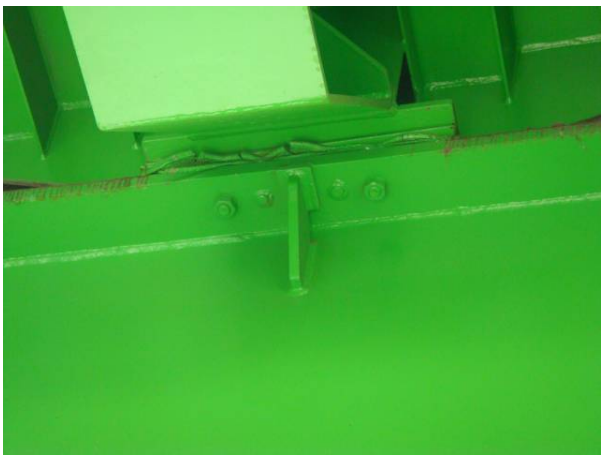
نئوپرن شماره ٤

نئوپرن شماره ٥

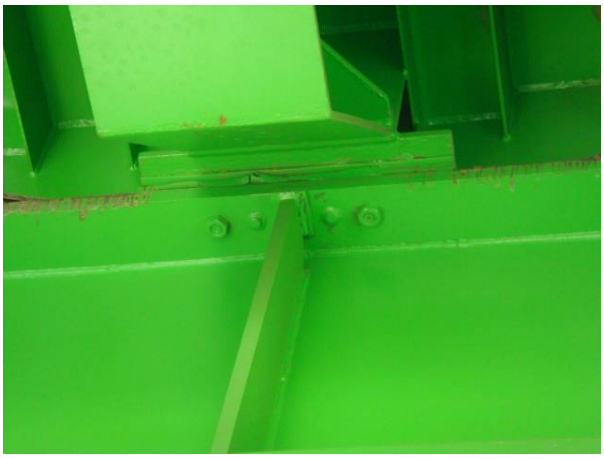
نئوپرن شماره ٦

نئوپرن‌های محور ۷ (پل حافظ- انقلاب)

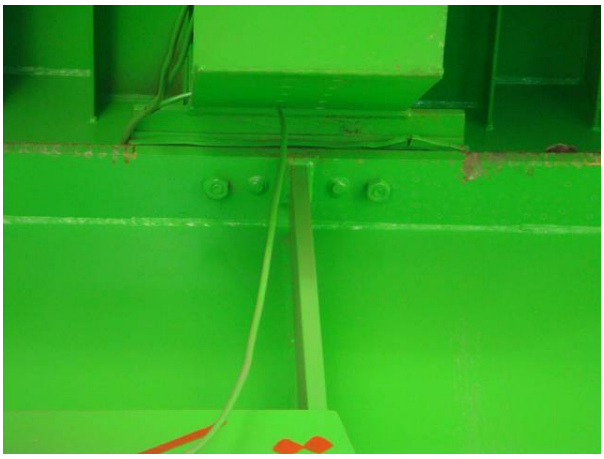
نئوپرن شماره ۷



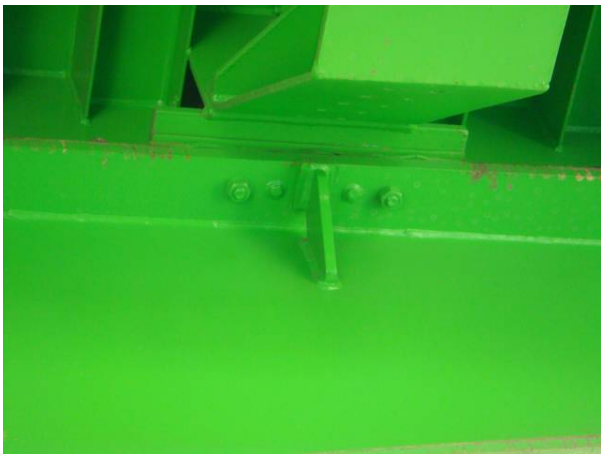
نئوپرن شماره ۸



نئوپرن شماره ۹



نئوپرن شماره ۱۰



نئوپرن شماره ۱۱

نئوپرن شماره ۱۲

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

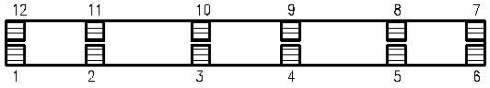
چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود نشیمن‌های عرشه

شناسه پل: **SB-02** **نام پل:** حافظ- انقلاب **شماره پایه:** ۸

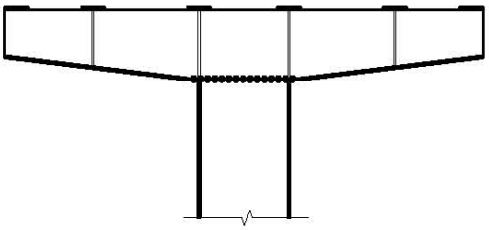
وضعیت کلی نشیمن‌های عرشه

وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☑

نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐



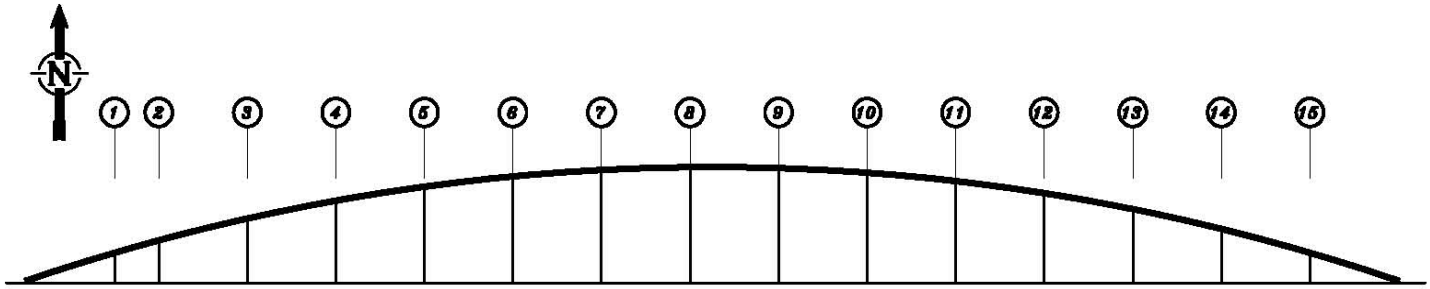
پلان سرپایه



نمای سرپایه

توضیحات:

- نئوپرنهای ۱، ۳، ۷ و ۸ دچار پارگی شده‌اند.



نمای راهنما

نوع آسیب / تکیه‌گاه	جابجایی طولی	جابجایی عرضی	له شدن تحت فشار	له شدن تحت برش	لبه‌های رنگ شده	خرابی شاخک‌های نشیمن	فیلرگذاری نامناسب
1	S ✓	×	✓	×	S ✓	×	×
2	×	×	✓	×	S ✓	×	×
3	S ✓	×	✓	×	S ✓	×	×
4	×	×	✓	×	S ✓	×	×
5	×	×	✓	×	S ✓	×	×
6		×	✓	×	S ✓	×	×
7	M ✓	×	✓	×	S ✓	×	×
8	S ✓	×	✓	×	S ✓	×	×
9	×	×	✓	×	S ✓	×	×
10	×	×	✓	×	S ✓	×	×
11	×	×	✓	×	S ✓	×	×
12	×	×	✓	×	S ✓	×	×

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

آسیب مشاهده شده	✓
عدم آسیب	×

برداشت کننده	تاریخ برداشت
ر. باقرلو	تیر و مرداد۸۷

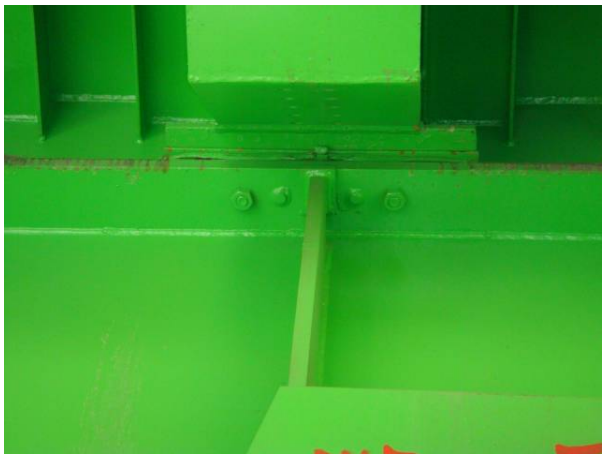
نئوپرن‌های محور ۸ (پل حافظ- انقلاب)

نئوپرن شماره ۱

نئوپرن شماره ۳

نئوپرن شماره ۷

نئوپرن شماره ۸



نئوپرن شماره ۱۰

نئوپرن شماره ۱۲

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

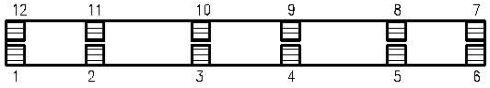
چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود نشیمن‌های عرشه

شناسه پل: **SB-02** **نام پل:** حافظ- انقلاب **شماره پایه:** ۹

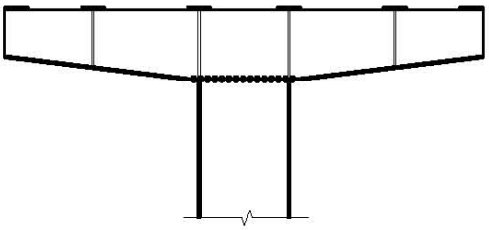
وضعیت کلی نشیمن‌های عرشه

وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☑

نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐



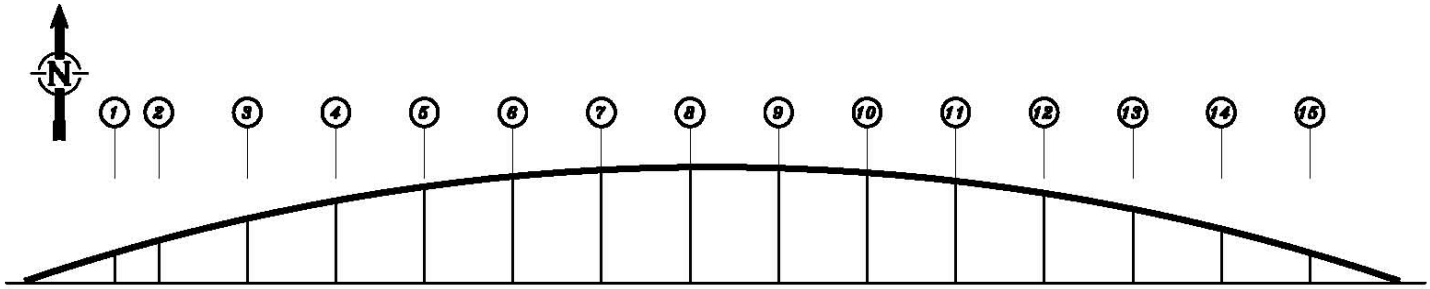
پلان سرپایه



نمای سرپایه

توضیحات:

- به جز نئوپرنهای ۳، ٦ و ۱۰ سایر نئوپرنها دچار پارگی شده‌اند.
- یکی از پیچ‌های نئوپرن ٦ بریده شده و افتاده است.



نمای راهنما

نوع آسیب / تکیه‌گاه	جابجایی طولی	جابجایی عرضی	له شدن تحت فشار	له شدن تحت برش	لبه‌های رنگ شده	خرابی شاخک‌های نشیمن	فیلرگذاری نامناسب
1	S ✓	×	S ✓	×	S ✓	×	×
2	S ✓	×	✓	×	S ✓	×	×
3	×	×	✓	×	S ✓	×	×
4	×	×	✓	×	S ✓	×	×
5	S ✓	×	✓	×	S ✓	×	×
6	×	×	✓	×	S ✓	×	×
7	S ✓	×	✓	×	S ✓	×	×
8	S ✓	×	✓	×	S ✓	×	×
9	S ✓	×	✓	×	S ✓	×	×
10	×	×	✓	×	S ✓	×	×
11	S ✓	×	✓	×	S ✓	×	×
12	S ✓	×	✓	×	S ✓	×	×

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

آسیب مشاهده شده	✓
عدم آسیب	×

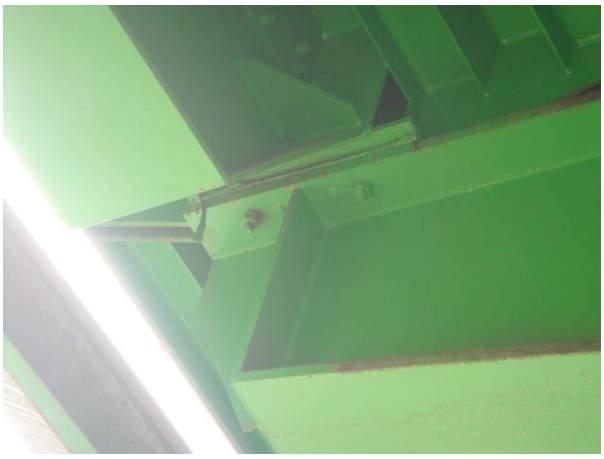
برداشت کننده	تاریخ برداشت
ر. باقرلو	تیر و مرداد۸۷

نئوپرن‌های محور ۹ (پل حافظ- انقلاب)

نئوپرن شماره ۱

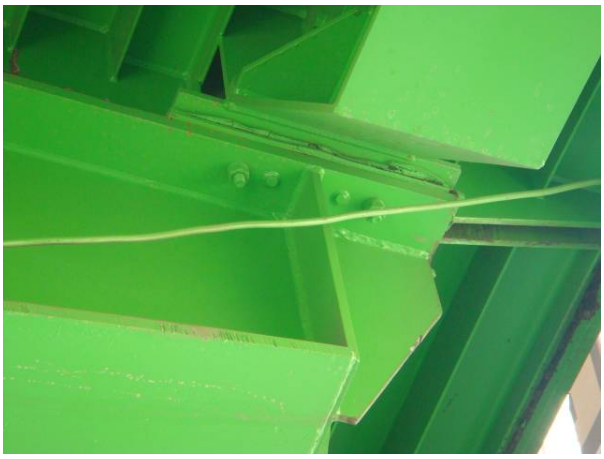
نئوپرن شماره ۲

نئوپرن شماره ۵



نئوپرن شماره ۷

نئوپرن شماره ۸



نئوپرن شماره ۱۲

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

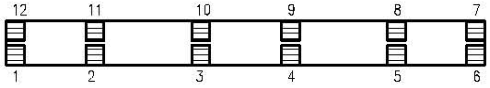
چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود نشیمن‌های عرشه

شناسه پل: **SB-02** **نام پل:** حافظ- انقلاب **شماره پایه:** ۱۰

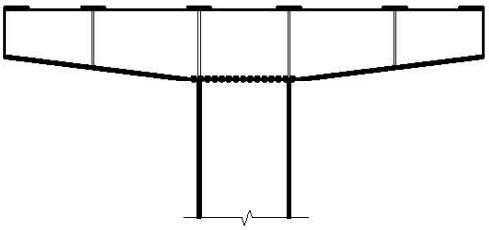
وضعیت کلی نشیمن‌های عرشه

وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☑

نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐



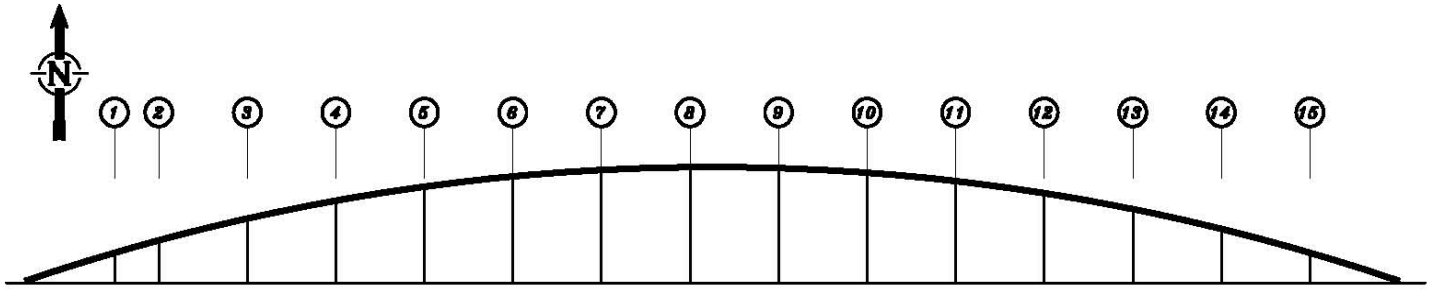
پلان سرپایه



نمای سرپایه

توضیحات:

- نئوپرنهای ٤، ٧، ٨، ١٠ و ١١ دچار پارگی شده‌اند.



نمای راهنما

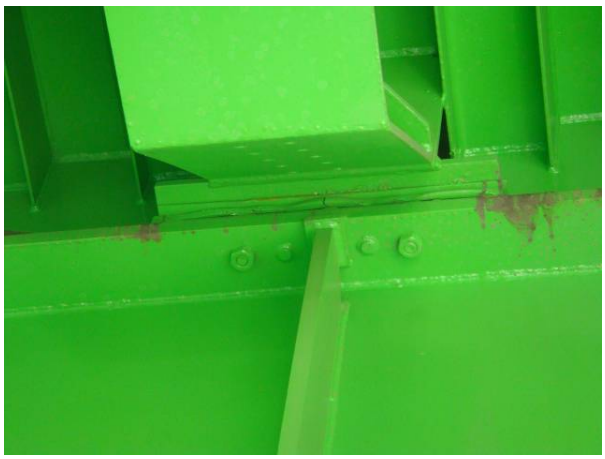
نوع آسیب / تکیه‌گاه	جابجایی طولی	جابجایی عرضی	له شدن تحت فشار	له شدن تحت برش	لبه‌های رنگ شده	خرابی شاخک‌های نشیمن	فیلرگذاری نامناسب
1	×	×	S ✓	×	S ✓	×	×
2	×	×	✓	×	S ✓	×	×
3	×	×	✓	×	S ✓	×	×
4	M ✓	×	✓	×	S ✓	×	×
5	×	×	✓	×	S ✓	×	×
6	×	×	✓	×	S ✓	×	×
7	S ✓	×	✓	×	S ✓	×	×
8	S ✓	×	✓	×	S ✓	×	×
9	×	×	✓	×	S ✓	×	×
10	S ✓	×	✓	×	S ✓	×	×
11	S ✓	×	✓	×	S ✓	×	×
12	×	×	✓	×	S ✓	×	×

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

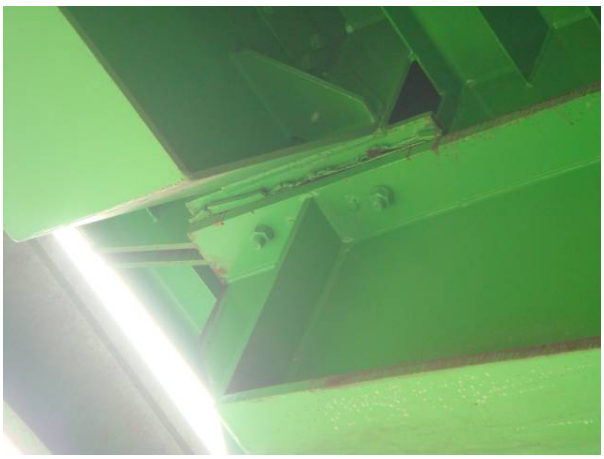
آسیب مشاهده شده	✓
عدم آسیب	×

برداشت کننده	تاریخ برداشت
ر. باقرلو	تیر و مرداد۸۷

نئوپرن‌های محور ۱۰ (پل حافظ- انقلاب)



نئوپرن شماره ٤



نئوپرن شماره ۷

نئوپرن شماره ۸

نئوپرن شماره ۱۰

نئوپرن شماره ۱۱

نئوپرن شماره ۱۲

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

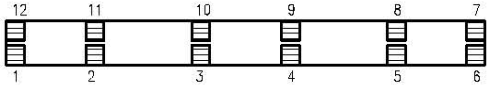
چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود نشیمن‌های عرشه

شناسه پل: **SB-02** **نام پل:** حافظ- انقلاب **شماره پایه:** ۱۱

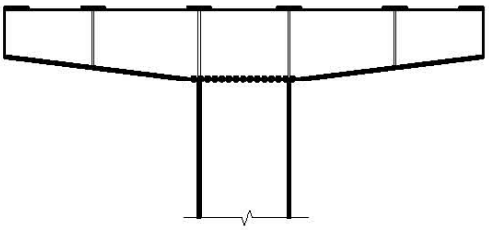
وضعیت کلی نشیمن‌های عرشه

وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☑

نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐



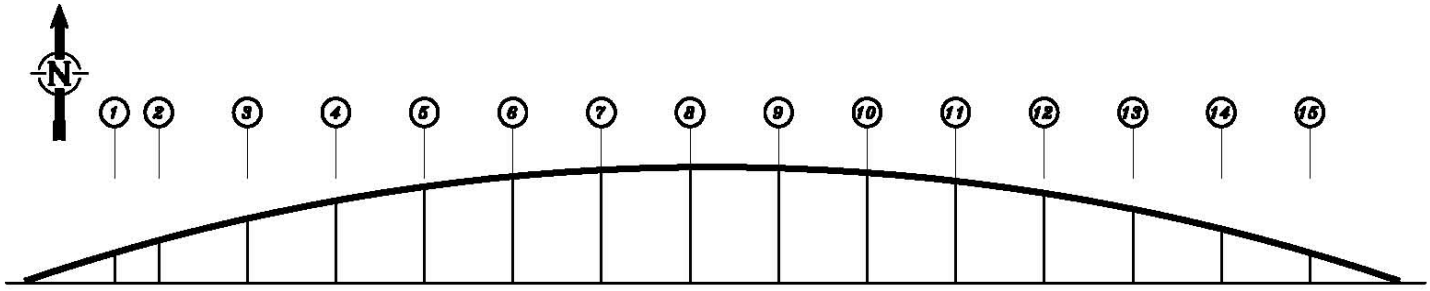
پلان سرپایه



نمای سرپایه

توضیحات:

- نئوپرنهای ۷، ۱۰ و ۱۱ دچار پارگی شده‌اند.



نمای راهنما

نوع آسیب / تکیه‌گاه	جابجایی طولی	جابجایی عرضی	له شدن تحت فشار	له شدن تحت برش	لبه‌های رنگ شده	خرابی شاخک‌های نشیمن	فیلرگذاری نامناسب
1	×	×	S ✓	×	S ✓	×	×
2	×	×	✓	×	S ✓	×	×
3	×	×	✓	×	S ✓	×	×
4	×	×	✓	×	S ✓	×	×
5	×	×	✓	×	S ✓	×	×
6	×	×	✓	×	S ✓	×	×
7	S ✓	×	✓	×	S ✓	×	×
8	×	×	✓	×	S ✓	×	×
9	×	×	✓	×	S ✓	×	×
10	S ✓	×	✓	×	S ✓	×	×
11	S ✓	×	✓	×	S ✓	×	×
12	×	×	✓	×	S ✓	×	×

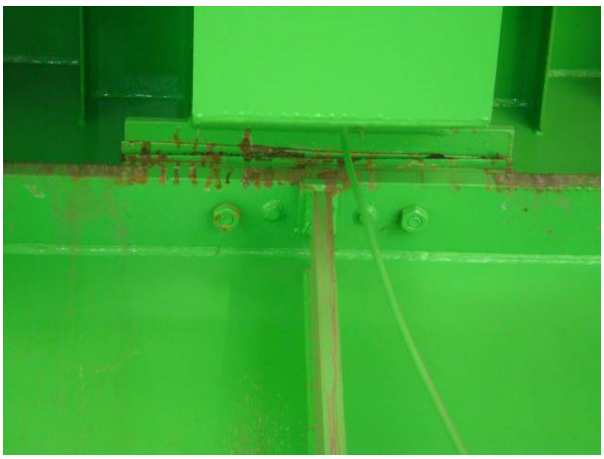
میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

آسیب مشاهده شده	✓
عدم آسیب	×

برداشت کننده	تاریخ برداشت
ر. باقرلو	تیر و مرداد۸۷

نئوپرن‌های محور ۱۱ (پل حافظ- انقلاب)

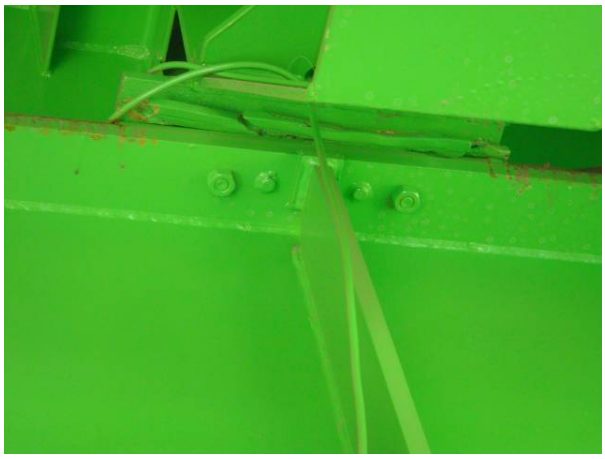
نئوپرن شماره ۱



نئوپرن شماره ۳

نئوپرن شماره ۵

نئوپرن شماره ۷



نئوپرن شماره ۱۰

نئوپرن شماره ۱۱

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

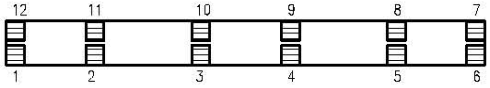
چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود نشیمن‌های عرشه

شناسه پل: **SB-02** **نام پل:** حافظ- انقلاب **شماره پایه:** **۱۲**

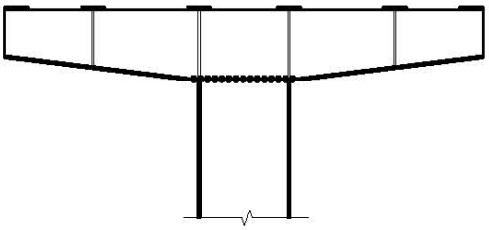
وضعیت کلی نشیمن‌های عرشه

وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☑

نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐



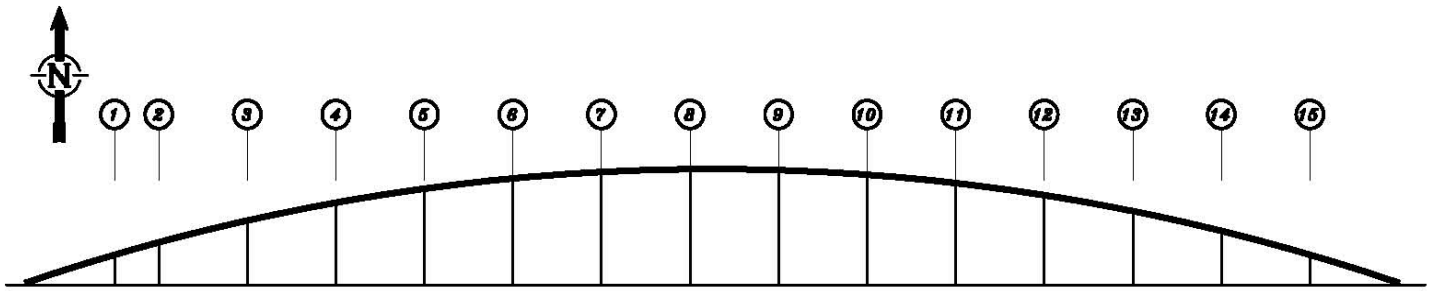
پلان سرپایه



نمای سرپایه

توضیحات:

- نئوپرنهای ۳، ۵ الی ۷، ۱۱ و ۱۲ دچار پارگی شده‌اند.



نمای راهنما

نوع آسیب / تکیه‌گاه	جابجایی طولی	جابجایی عرضی	له شدن تحت فشار	له شدن تحت برش	لبه‌های رنگ شده	خرابی شاخک‌های نشیمن	فیلرگذاری نامناسب
1	×	×	✓	×	S ✓	×	×
2	×	×	✓	×	S ✓	×	×
3	S ✓	×	✓	×	S ✓	×	×
4	×	×	✓	×	S ✓	×	×
5	S ✓	×	✓	×	S ✓	×	×
6	S ✓	×	✓	×	S ✓	×	×
7	S ✓	×	✓	×	S ✓	×	×
8	×	×	✓	×	S ✓	×	×
9	×	×	✓	×	S ✓	×	×
10	×	×	✓	×	S ✓	×	×
11	S ✓	×	✓	×	S ✓	×	×
12	S ✓	×	✓	×	S ✓	×	×

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

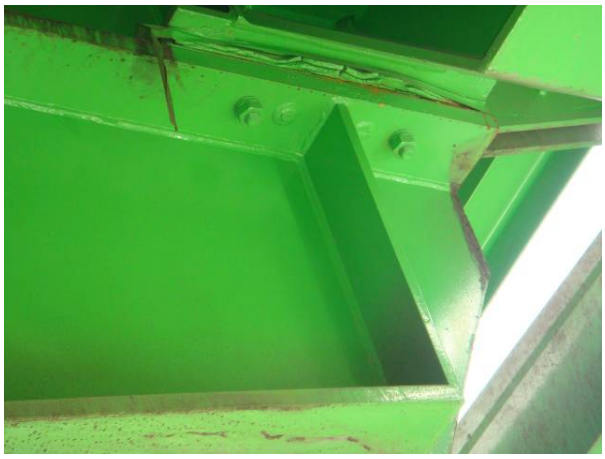
آسیب مشاهده شده	✓
عدم آسیب	×

برداشت کننده	تاریخ برداشت
ر. باقرلو	تیر و مرداد۸۷

نئوپرن‌های محور ۱۲ (پل حافظ- انقلاب)

نئوپرن شماره ۳

نئوپرن شماره ۵



نئوپرن شماره ٦

نئوپرن شماره ۷

نئوپرن شماره ۱۱

نئوپرن شماره ۱۲

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

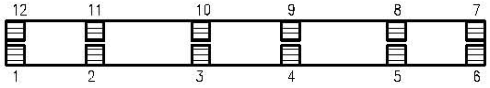
چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود نشیمن‌های عرشه

شناسه پل: **SB-02** **نام پل:** حافظ- انقلاب **شماره پایه:** ۱۳

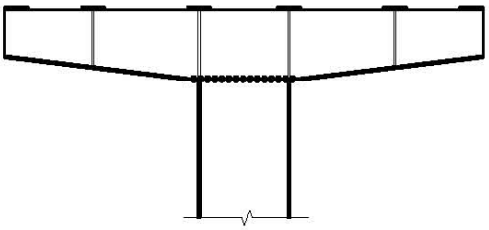
وضعیت کلی نشیمن‌های عرشه

وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☑

نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐



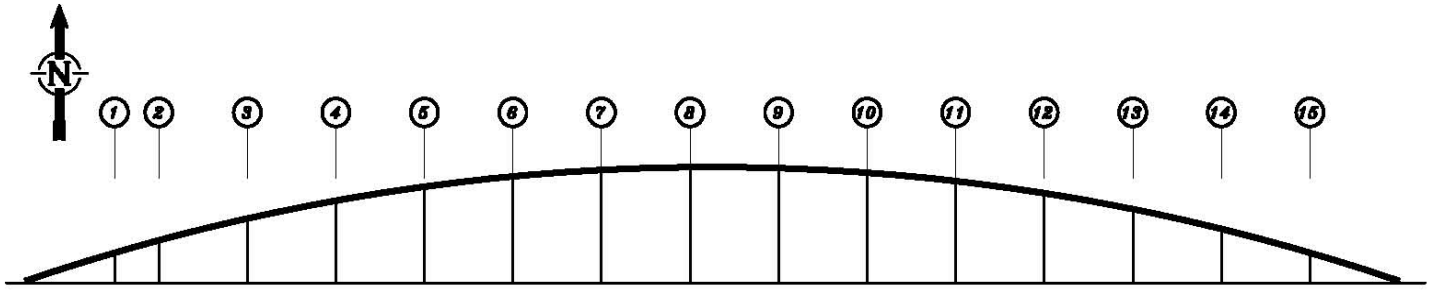
پلان سرپایه



نمای سرپایه

توضیحات:

- نئوپرنهای ۵ الی ۷ و ۹ دچار پارگی شده‌اند.



نمای راهنما

نوع آسیب / تکیه‌گاه	جابجایی طولی	جابجایی عرضی	له شدن تحت فشار	له شدن تحت برش	لبه‌های رنگ شده	خرابی شاخک‌های نشیمن	فیلرگذاری نامناسب
1	×	×	S ✓	×	S ✓	×	×
2	×	×	✓	×	S ✓	×	×
3	×	×	✓	×	S ✓	×	×
4	×	×	✓	×	S ✓	×	×
5	M ✓	×	✓	×	S ✓	×	×
6	M ✓	×	✓	×	S ✓	×	×
7	M ✓	×	✓	×	S ✓	×	×
8	×	×	✓	×	S ✓	×	×
9	M ✓	×	✓	×	S ✓	×	×
10	×	×	✓	×	S ✓	×	×
11	×	×	✓	×	S ✓	×	×
12	×	×	✓	×	S ✓	×	×

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

آسیب مشاهده شده	✓
عدم آسیب	×

برداشت کننده	تاریخ برداشت
ر. باقرلو	تیر و مرداد۸۷

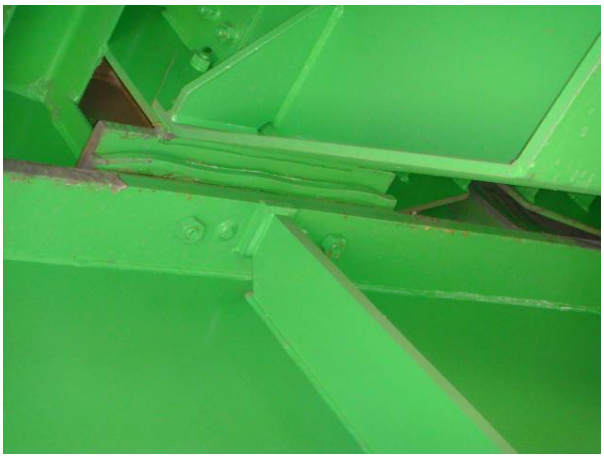
نئوپرن‌های محور ۱۳ (پل حافظ- انقلاب)

نئوپرن شماره ۱

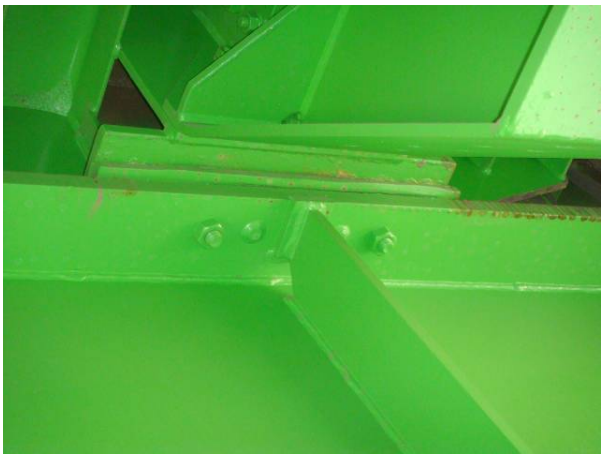
نئوپرن شماره ۵

نئوپرن شماره ٦

نئوپرن شماره ۷



نئوپرن شماره ۹



نئوپرن شماره ۱۱

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

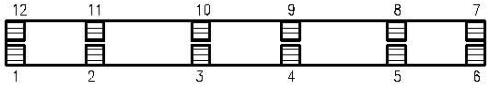
چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود نشیمن‌های عرشه

شناسه پل: **SB-02** **نام پل:** حافظ- انقلاب **شماره پایه:** ١٤

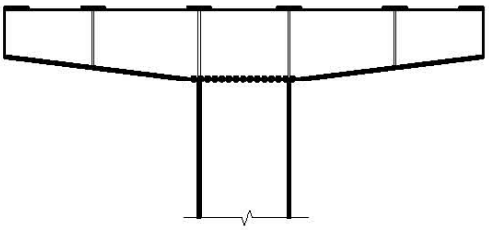
وضعیت کلی نشیمن‌های عرشه

وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☑

نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐



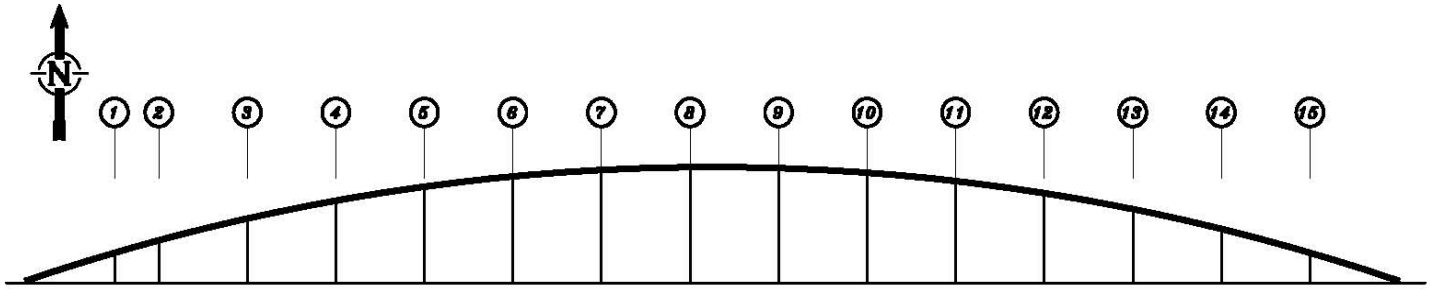
پلان سرپایه



نمای سرپایه

توضیحات:

- نئوپرنهای ۷و ۸ دچار پارگی شده‌اند.



نمای راهنما

نوع آسیب / تکیه‌گاه	جابجایی طولی	جابجایی عرضی	له شدن تحت فشار	له شدن تحت برش	لبه‌های رنگ شده	خرابی شاخک‌های نشیمن	فیلرگذاری نامناسب
1	×	×	S ✓	×	S ✓	×	×
2	×	×	✓	×	S ✓	×	×
3	×	×	✓	×	S ✓	×	×
4	×	×	✓	×	S ✓	×	×
5	×	×	✓	×	S ✓	×	×
6	×	×	✓	×	S ✓	×	×
7	S ✓	×	✓	×	S ✓	×	×
8	S ✓	×	✓	×	S ✓	×	×
9	×	×	✓	×	S ✓	×	×
10	×	×	✓	×	S ✓	×	×
11	×	×	✓	×	S ✓	×	×
12	×	×	✓	×	S ✓	×	×

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

آسیب مشاهده شده	✓
عدم آسیب	×

برداشت کننده	تاریخ برداشت
ر. باقرلو	تیر و مرداد۸۷

نئوپرن‌های محور ١٤ (پل حافظ- انقلاب)

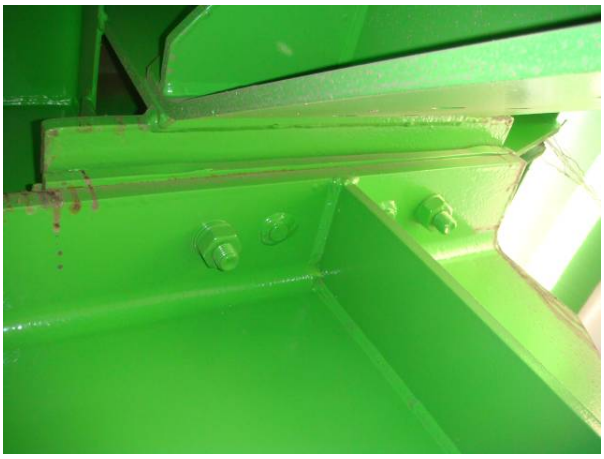
نئوپرن شماره ١

نئوپرن شماره ٤

نئوپرن شماره ٥

نئوپرن شماره ٧

نئوپرن شماره ٨



نئوپرن شماره ١٢

پیوست ۱۴

کنترل کفایت تکیه گاه های الاستومری موجود و طراحی تکیه گاه های جایگزین

تکیه‌گاه‌های الاستومریک وظیفه انتقال بارهای قائم را از بخش فوقانی پل (عرشه) به پایه و فونداسیون را بر عهده دارند. علاوه بر این انتقال بارهای جانبی بین این دو قسمت از سازه توسط این اجزاء صورت می‌گیرد. تکیه‌گاه‌ها با توجه به رفتار طولی پل به دو نوع ثابت و متحرک تقسیم می‌شوند. نوع ثابت در برابر نیروهای طولی موجود در پل مقاومت نموده و مانع از تغییر مکان نسبی بین عرشه و پایه پل در جهت طولی می‌گردد. در عوض تکیه‌گاه‌های متحرک به نحوی طرح می‌گردد که عرشه پل اجازه تغییر مکان نسبت به پایه یا فونداسیون را بدون ایجاد ممانعت داشته باشد.

در دهه های اخیر با استفاده از مواد الاستومر (طبیعی مانند لاستیک و مصنوعی نظیر نئوپرن) تکیه‌گاه‌ها غالباً از این مواد ساخته می‌شوند. الاستومرهای تکیه گاهی نوعی لاستیک طبیعی یا مصنوعی هستند که بر خلاف دیگر لاستیک‌ها خواص آن در طول زمان تا حدی پایدار می‌ماند. همین مشخصه، در کنار قابلیت استثنایی مواد لاستیکی در تحمل تغییر شکل‌های برگشت‌پذیر، باعث گردیده است که استفاده از این ماده به عنوان تکیه‌گاه پل‌ها و ساختمان رواج یابد.

قیمت به کارگیری تکیه‌گاه‌های الاستومر، در مقایسه با دیگر هزینه‌های احداث یک سازه سهمی بسیار کوچک را تشکیل می‌دهد، ولی در صورت استفاده نادرست از این مواد خساراتی که متوجه طرح می‌شود بسیار سنگین خواهد بود و تعویض تکیه‌گاه‌ها هزینه‌های زیادی در بردارد.

یک تکیه‌گاه الاستومر ایده‌آل می‌بایست دارای ویژگی‌های زیر باشند.

– همزمان در دو جهت تغییر مکان دهد.

– همزمان حول سه محور چرخش نماید.

– نیروهای قائم را تحمل کند تغییرشکلهای آنها بسیار کم باشد.

– تغییرشکلهای برشی را تحمل نماید و نیروهایی که در پاسخ به سازه وارد می سازد نسبتاً کم باشد.

تکیه‌گاه‌های الاستومر به دو صورت مسلح و غیرمسلح ساخته می‌شوند. هدف از مسلح ساختن الاستومرها بالا بردن تنش مجاز فشاری و کاهش تغییر شکل‌های قائم و فشردگی این تکیه‌گاه‌هاست. با وارد شدن فشار بر تکیه‌گاه کناره‌های آن بشکه‌ای شده، در راستای اثر بار، الاستومر فشرده می‌گردد. با مسلح کردن اجازه می‌دهیم که با استفاده از ضخامت‌های بیشتر در تکیه‌گاه تغییر شکل‌های بزرگتری را تحمل کرد.

تغییر شکل برشی زیاد یک تکیه‌گاه الاستومری نتیجه تأثیر نیروهای برشی بر سطوح الاستومرو سختی برشی کم مواد لاستیکی است. نیروی برشی به وسیله اصطکاک بین سطوح تماس انتقال می‌یابد. اگر فشار وارد تکیه‌گاه به میزانی نباشد که نیروی اصطکاک لازم را فعال نماید. در اثر تغییر مکان سازه سطوح تماس بر روی هم می‌لغزند و تغییر شکل برشی اتفاق نمی‌افتد. در چنین مواردی از اتصالات برشی به منظور انتقال برش در سطوح تماس سازه و الاستومر استفاده می‌گردد.

چسبانده فولاد و الاستومر ماده‌ای آلی است که در صورت قرارگیری در مجاورت هوای آزاد، در طول زمان دچار پدیده هوازدگی می‌گردد. خوردگی ورقه‌های فولادی که از لبه ورق‌ها شروع می‌شود در مقایسه با ابعاد تکیه‌گاه حائز اهمیت چندانی نیست ولی حفظ لایه نازک ماده چسباننده که در لبه‌های ورق تحت تنش بیشتری قرار دارد در عملکرد تکیه‌گاه بسیار موثر است. هدف از ضوابط آئین‌نامه‌ای که لازم می‌داند سطح جانبی فولاد تکیه‌گاه‌ها با حداقل ۲/۵ میلی‌متر الاستومر پوشانیده شود، در حقیقت حفاظت از لایه چسباننده است. روش زنگ‌زدایی سطح فولاد، در چسبندگی سطح فولاد، در چسبندگی فولاد و الاستومر بسیار موثر است. بسیاری از تکیه‌گاه‌های الاستومر در اثر گسستگی پیوند بین فولاد و الاستومر دچار شکست گردیده‌اند. به طور کل خواص مورد انتظار از الاستومر یک تکیه‌گاه را می‌توان به دو گروه تقسیم کرد:

گروه اول؛ خواص فیزیکی مانند پیری، هوازدگی، اثر ازن و اشعه ماوراء بنفش، مقاومت در برابر مواد نفتی، و اثر درجه حرارت‌های حدی می‌باشند.

گروه دوم؛ از خواص مکانیکی مانند سختی دورومتر، مقاومت کششی، تغییر شکل نسبی در هنگام گسیختگی و فشردگی در اثر نیروی فشاری تشکیل می‌شوند.

۱- استانداردها

جهت بارگذاری از آئین‌نامه بارگذاری پل‌های ایران، نشریه ۱۳۹ استفاده شده است و برای کنترل تنش‌ها و سایر مشخص‌های سازه‌ای از استاندارد آشتو ۱۹۹۶ و روش تنشهای مجاز استفاده گردیده است.

۲- ضوابط طراحی

بر اساس استانداردها و مراجع معتبر ضوابط طراحی یک تکیه‌گاه الاستومر را می‌توان در موارد زیر خلاصه کرد:

الف) محدود ساختن تغییر شکل‌های برشی، به خاطر جلوگیری از پاره شدن الاستومر در اثر بروز خستگی

ب) محدود نمودن تنش‌های قائم وارد بر الاستومر، به دلیل کاستن از تغییر شکل‌های قائم و بی خدشه ماندن تئوری طرح الاستیک

ج) محدود ساختن ابعاد، به خصوص ارتفاع تکیه‌گاه و ملاحظات دیگر

د) محدود ساختن ضخامت لایه‌های الاستومر، به خاطر تحت کنترل در آوردن تغییر شکل‌های فشاری، جلوگیری از تغییر شکل‌های کششی و محدود نمودن تنش و تغییر شکل برشی

ه) محدود ساختن میزان چرخش حول محورهای افقی، و ناموازی شدن سطوح تماس

و) تعیین ضخامت ورق‌های فولادی برای تحمل نیروی کششی

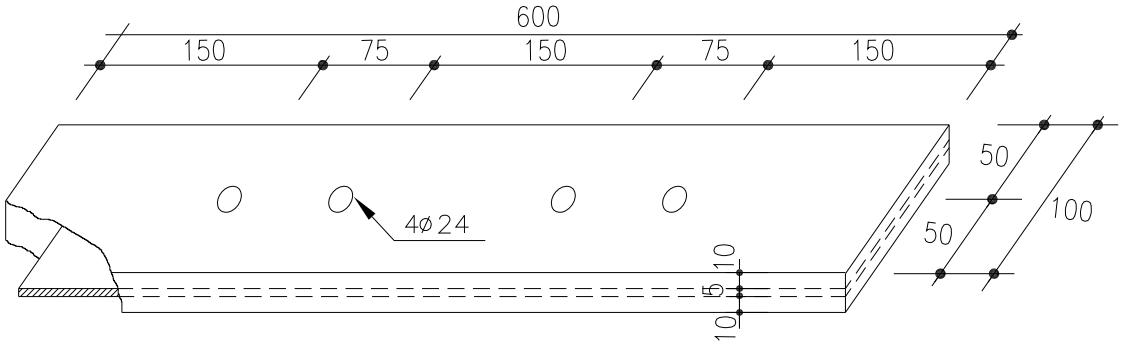
ز) حفاظت از قسمت‌های مختلف تکیه‌گاه، به کمک روکش از الاستومر

ح) جلوگیری از لغزش به دلیل کمبود اصطکاک بین سطوح تماس

۳- مشخصه تکیه‌گاه‌های موجود عرشه پل

تکیه‌گاه‌های عرشه پل شامل نئوپرن‌هایی به ابعاد ۱۰×۶۰ سانتی مربع با ضخامت ۲/۵ سانتی‌متر شامل ۲ لایه ۱۰ میلیمتری الاستومر و ورق تقویت ۵ میلیمتری مطابق شکل زیر می‌باشد. شاهتیرها روی نئوپرن قرار می‌گیرند و با ورقه‌های فیلر تراز می‌شوند سپس توسط دو پیچ و دو شاخک برشی بر روی سر پایه تثبیت شده و به آن متصل می‌شوند.

اتصال به گونه‌ای ساخته شده تا تکیه‌گاه یک سمت مفصلی و سمت دیگر غلطکی عمل نماید (سوراخ‌های شاخک‌ها و پیچ‌ها در یک سمت لوبیایی هستند).



شکل ۱- ابعاد و اندازه بالشتک های الاستومری تکیه گاهی

٤- کنترل کفایت بالشتک الاستومری شاهتیرها با فرض وضعیت اولیه

٤-١- محاسبه تغییر شکل تیر ناشی از اختلاف دما و تعیین حداقل ضخامت بالشتک

مطابق نشریه ۱۳۹ اثر تغییر دما برای کل پل می‌بایست برای تغییر دمای $35^{o}c$ منظور شود. تغییر شکل ناشی از این اختلاف دما برابر است با:

$$\Delta L = \alpha.\Delta T.L$$

$$\alpha = 12\times10^{-6}$$

$$\Delta T = 35°^{c}$$

$$L = 24m \;\; or \;\; 2400cm$$

$$\Delta L = 12\times10^{-6}\times35\times2400 = 1.008$$

$$t_{\min} > 2\Delta L$$

$$t_{\min} > 2\times1.008 = 2.02cm$$

$$t = 2.5cm > 2.02cm \qquad O.K.$$

٤-٢- کنترل سطح بالشتک

بر اساس تحلیل‌های سازه‌ای صورت گرفته در پیوست شماره ١٦، نشیمن‌گاه‌ها تحت نیروهای زیر قرار می‌گیرند.

6.25 ton : واکنش تکیه‌گاهی ناشی از وزن شاهتیرها

40 ton : واکنش تکیه‌گاهی ناشی از بارهای ترافیکی

بر اساس استاندارد آشتو تنش مجاز فشاری تماسی تحت بار مرده برابر $35 kg/cm^2$ می‌باشد و تحت بارهای سرویس (بار مرده + بار ترافیکی) برابر با $56\ kg/cm^2$ می‌باشد.

$$A_{req.} \geq \frac{R_D}{35} = \frac{6.25\times10^3}{35} = 178.6\,cm^2 < 600cm^2 \qquad O.K.$$

$$A_{req.} \geq \frac{R_D + R_L}{56} = \frac{(40+6.25)\times10^3}{56} = 825.9 > 600\,cm^2$$

چنانچه ملاحظه می‌گردد سطح بالشتک با توجه به مقدار بارهای ترافیکی اعمال شده کوچک بوده و در نتیجه باعث له شدن بالشتک‌ها تحت فشار شده است.

٤-٣- کنترل میزان کفایت چرخش نئوپرن برای تأمین دوران انتهایی

$$\frac{b}{t}\alpha_L \leq 0.06$$

$$\alpha_L = 0.4\frac{L}{EI}M_{\max}$$

که b: عرض نشیمن

α_L: چرخش انتهایی (رادیان)

t: ضخامت تکیه‌گاه یا مجموع لایه‌های الاستومر

L: طول دهانه

EI: سختی مقطع تیر

M_{max}: حداکثر لنگر دهانه

$b = 10cm$

$t = 2cm$

$L = 2400cm$

$M_{\max} = 290\times10^5\ kg\,cm$

$E = 2\times10^6\ kg/cm^2$

$I = 832463cm^4$

$$\alpha_L = \frac{0.4 \times 2400 \times 290 \times 10^5}{2 \times 10^6 \times 832463} = 0.0167$$

$$\frac{b}{t}\alpha_t \le 0.06 \rightarrow \frac{10}{2} \times 0.0167 = 0.083 > 0.06$$

ضخامت الاستومر موجود برای تأمین چرخش تکیه گاهی کافی نمی‌باشد.

٤-٤- کنترل تغییر شکل فشاری

$$\text{تنش فشاری موجود} = \frac{(6.25 + 40) \times 10^3}{10 \times 60} = 77.08 \, {kg}/{cm^2}$$

- ضریب شکل

$$S.F = \frac{LW}{2t(L+W)} = \frac{60 \times 10}{2 \times 2(10+60)} = 2.143$$

با استفاده از نمودارهای استاندارد آشتو برای ضریب شکل 2.143 و سختی دورو متر 60، مقدار کرنش برابر با 17 درصد می‌باشد. این در حالی است که مقدار مجاز این استاندارد 7 درصد می‌باشد. بنابراین مسلح نمودن نئوپرن با یک لایه فولاد کافی نیست و تغییر شکلهای فشاری بیش از حد مجاز هستند.

٥- نتیجه‌گیری

با عنایت به کنترل‌های بخش ٤ ملاحظه می‌گردد که سطح و ضخامت الاستومرها با تلاش‌های حاصل از بارهای ترافیکی تناسب نداشته و همین امر باعث آسیب‌های شدید در الاستومرها شده است (از شایع‌ترین آسیب‌ها له شدن تحت فشار و پاره شدن لبه‌های بالشتک می‌باشد که با نتایج محاسبات منطبق می‌باشد.

٦- طراحی نشیمن الاستومری جدید

شاهتیرهای پل‌های ارتوتروپیک شهر تهران با دهانه تیپ ٢٤ متر بر روی بالشتک‌های الاستومری واقع شده‌اند. بر اساس آنالیزهای جدید که بر روی این تیپ پل‌ها انجام پذیرفته الشتک‌های الاستومری دوباره طراحی می شوند.

٦-١- محاسبه تغییر شکل تیر ناشی از اختلاف دما و تعیین حداقل ضخامت بالشتک

مطابق نشریه ١٣٩ اثر تغییر شکل دما برای کل پل می‌بایست برای تغییرهای ^{oc}٣٥ منظور می‌شود و تغییر شکل ناشی از این اختلاف دما برابر است با:

$$\left.\begin{array}{l}\Delta L=\alpha.\Delta T.L\\ \alpha=12\times10^{-6}\\ \Delta T=35^{\circ c}\\ L=2400\,cm\end{array}\right\}\Delta L=12\times10^{-6}\times35\times2400\rightarrow\Delta L=1.008\,cm$$

$$T_{\min}=\frac{\Delta L}{0.5}=\frac{1.008}{0.5}=2.016\,cm$$ (مطابق با AASHTO)

۶-۲- محاسبه سطح بالشتک

مطابق آشتو تنش مجاز فشاری تماسی برای بار مرده برابر با $35\,{kg}/{cm^2}$ می‌باشد و برای بار مرده و زنده برابر با $56\,{kg}/{cm^2}$ می‌باشد.

بر اساس تحلیل‌های سازه‌ای صورت گرفته نشیمن‌گاه‌ها تحت واکنش‌های تکیه‌گاهی زیر قرار دارند.

$R_{DL}=7.28\,ton$

$R_{LL}=39.30\,ton$

سطح مورد نیاز برای تکیه‌گاه باید در نامساوی‌های زیر صدق نماید.

$$\begin{cases}Areq\geq\dfrac{(7.28+39.3)\times10^3}{56}=831.8\,cm^2\\ Areq\geq\dfrac{7.28\times10^3}{35}=208\,cm^2\end{cases}$$

سطح بالشتک‌های نئوپرن موجود برابر ۱۰×۶۰ سانتی‌متر می‌باشد که مطابق با آیین‌نامه آشتو سطح الاستومر کافی نمی‌باشد و به عنوان انتخاب اولیه، نشیمن‌گاهی با مشخصات زیر انتخاب می‌کنیم (سختی دورومتر ۷۰ فرض می‌شود، شکل ۱).

$L=150\,mm$

$W=600\,mm$

$t_{elastomer}=30\,mm$

۶-۳- محاسبه ضریب شکل

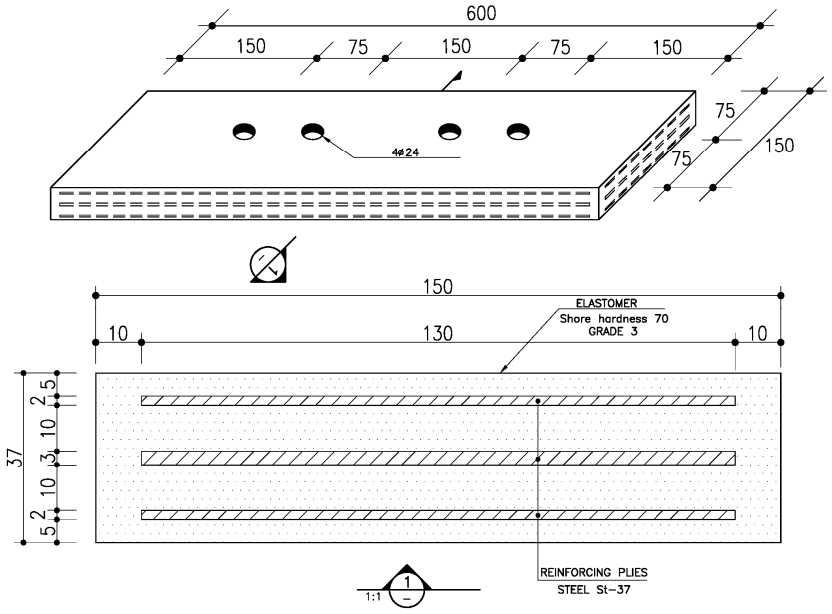
$$SF=\frac{LW}{2t(L+W)}=\frac{150\times600}{2\times30\times(150+600)}=2.0$$

۶-۴- تعیین تغییر شکل فشاری

بر حسب میزان تنش فشاری ناشی از مجموع بارهای مرده و زنده و ضریب شکل نشیمن‌گاه مقدار کرنش فشاری الاستومر قابل تعیین است.

$$\text{تنش فشاری موجود}=\frac{(7.28+39.3)\times10^3}{15\times60}=51.75\,{kg}/{cm^2}$$

برای سختی دورومتر ۷۰ میزان کرنش فشاری ۷ درصد می‌باشد



شکل ۱- جزییات بالشتک الاستومری

۶-۵- کنترل رابطه بین واکنش بار مرده و تغییر طولی حرارتی

$$DL \geq 338\Delta^2$$

$$DL \geq 338 \times 1.008^2 = 344\,kg$$

۶-۶- کنترل میزان کفایت چرخش نئوپرن برای تأمین دوران انتهایی

$$\alpha = 0.4\frac{L}{EI} M_{\max}$$

$$L = 2400\,cm$$

$$E = 2 \times 10^6$$

$$I = 832463\,cm^4$$

$$M_{\max} = 203.8\,ton.m$$

$$\alpha = \frac{0.4 \times 2400 \times 203.8 \times 105}{2 \times 10^6 \times 832463} = 0.0118$$

$$\delta = 0.0118 \times 15 = 0.176\,cm$$

$$\frac{\delta}{t} = \frac{0.176}{3} = 0.059 < 0.06 \qquad O.K.$$

۶-۷- تعیین ضخامت ورقه‌های مسلح کننده الاستومر (با استفاده از ورق ST-37)

$$t_s \geq \frac{1.3VT}{A_1\ \delta_s}$$

$$A_1 = A_e\,(1 - \frac{A_w}{w} - \frac{A_L}{L})$$

که در روابط فوق:

t_s: ضخامت ورق فولادی

T_{el}: مجموع ضخامت لایه‌های الاستومر

V: بار قائم طرح

A_1: سطح کاهش یافته تکیه‌گاه در اثر بار بارگذاری

$\Delta w, \Delta L$: تغییر شکلهای بین تکیه‌گاه در جهات طولی و عرضی

σ_s: تنش مجاز فولاد که نباید از تنش جاری شدن υو یا مقادیر ریز بزرگتر باشد.

کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع ۱۲۰۰ برای ورق‌های سوراخ‌دار

کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع ۲۹۰۰ برای ورق‌های بدون سوراخ

$$\left.\begin{array}{l} V = 46.6\,ton \\ t_{el.} = 30\,mm \\ A_e = 1076\,cm^2 \\ \Delta_L = 1.008\,cm \\ L = 15\,cm \\ \sigma_S = 1200\,kg/cm^2 \end{array}\right\} t_s = \frac{1.3\times 46.6\times 10^3\times 3}{1076\left(1-\frac{1.008}{15}\right)\times 1200} = 0.15\,cm$$

حداقل ضخامت مسلح کننده 0.15 سانتی‌متر می‌باشد.

۶-۸- محاسبه اتصال بالشتک الاستومر به سر پایه

الف- نیروی حرارت :

$$F_T = \frac{G.A.\Delta}{t_{el.}}$$

$$\left.\begin{array}{l} G = 1MPa \quad or \quad 10\,kg/cm^2 \\ A = 1125\ cm^2 \\ \Delta = 1.008\,cm \\ t_{el.} = 3cm \end{array}\right\} F_T = \frac{10\times 1125\times 1.008}{3} = 3780\ kg\ or\ \ 3.78\,ton$$

ب- نیروی ترمز

$$F_f = 200 + 7Lo = 200 + 7\times 24 = 368\,KN \quad or \quad 36.8 \quad ton$$

نیروی طولی در هر تکیه‌گاه $\rightarrow \frac{36.8}{4} = 9.2\,ton$

ج- نیروی رانش ناشی از شیب عرشه

$$F_s = 2.2\,ton$$

د- نیروی زلزله

طبق آئین‌نامه طرح پلهای شوسه و راه‌آهن در برابر زلزله، نیروی جانبی موثر بر عرشه پل در هر یک از دو امتداد از رابطه زیر بدست می‌آید:

F= C. W

که در این رابطه:

F= نیروی موثر بر عرشه پل

W= دو سوم مجموع بار مرده و زنده عرشه

C= ضریب زلزله که از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$C = \frac{ABI}{R}$$

که در آن A=0.35، B=2، I=1.2 و R=2 می‌باشد. (موقعیت پل‌ها بر اساس سهمیه‌بندی خطر زلزله جزء منطقه با خطر نسبی خیلی زیاد بشمار می‌رود و حداکثر شتاب مبناء A=0.35 است).

لذا نیروی زلزله برابر است با:

$$\left.\begin{aligned} W &= \frac{2}{3}(R_A) = \frac{2}{3}\times 52.68 = 35.12\,ton \\ C &= \frac{0.35\times 2\times 1.2}{2} = 0.42 \end{aligned}\right\}$$

$$F_q = 35.12\times 0.42 = 14.75\,ton$$

$$F_E = 14.75\,ton$$

$$F_{servic} = 3.78 + 9.2 + 2.2 = 15.2$$

$$F_{design} = 15.2$$

برای مقابل با این نیروها دو عدد شاخک یا M24 داریم که ظرفیت آن برابر است:

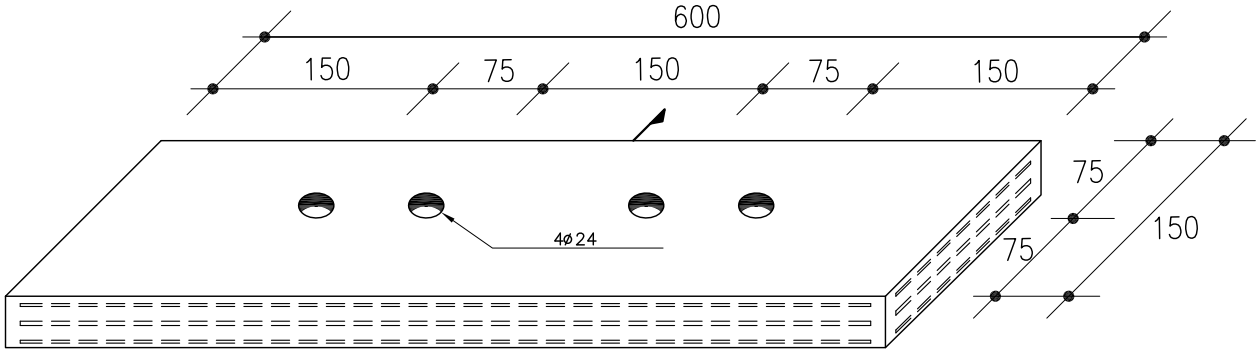
$$\left.\begin{aligned} F_v &= 1440\,{kg}/{cm^2} \\ A_v &= 4.52\,cm^2 \end{aligned}\right\} V_{dowel} = 2\times 4.52\times 1.440\times 10^{-3} = 13.02 ton \quad say \quad o.k.$$

پیچها هم برای انتقال نیروها به پایه باید جداگانه کنترل شوند.

$$F_v = 0.2\,F_u \;,\; 10000\,{kg}/{cm^2} \rightarrow F_v = 2000\,{kg}/{cm^2}\;(H.V.10.9.)$$

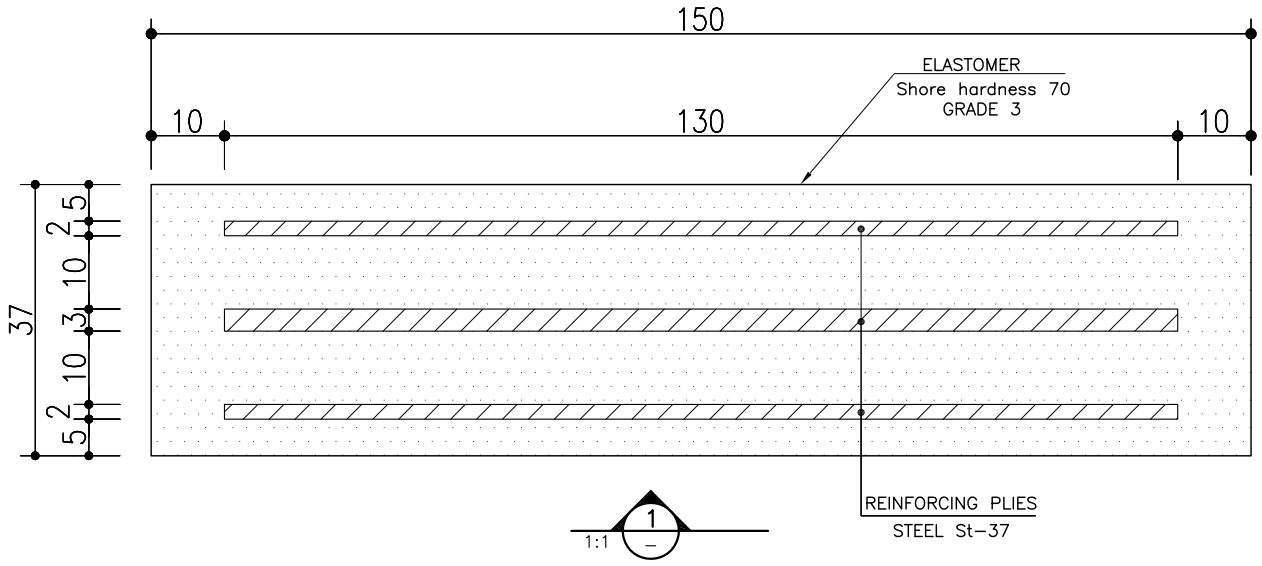
$$A_{req} = \frac{15.2\times 10^3}{2000} = 7.6\ cm^2$$

$$USE\ \ 2M24\ \ H.V.10.9$$



ELASTOMER BEARING LAYOUT

SC.1:5



توضیحات :

۱- تمامی واحدها بر حسب میلیمتر می باشد.

۲- بالشتک الاستومری باید بر اساس مشخصات فنی تهیه و نصب گردد.

	NAME	DATE
طراح : DESIGNED BY:	ا . میرکمالی	87/07
ترسیم : DRAWN BY:	ا . میرکمالی	〃
کنترل : CHECKED BY:	پ . زندی	〃
تصویب : APPROVED BY:	پ . زندی	〃

TAZAND PROJ. NO.:
1312-87/04/30

TAZAND CONSULTING ENGINEERS

مهندسین مشاور سوبل وازه

CLIENT:

کارفرما:
سازمان مهندسی و عمران شهر تهران

PROJECT:

پروژه :
تعمیر ونگهداری پلهای تهران

TITLE: *ELASTOMERIC BEARING*

REVISION

JOB:

PAGE No.:

SCALE
AS SHOWN

پیوست ۱۵
برداشت وضعیت موجود اجزای عرشه پل

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

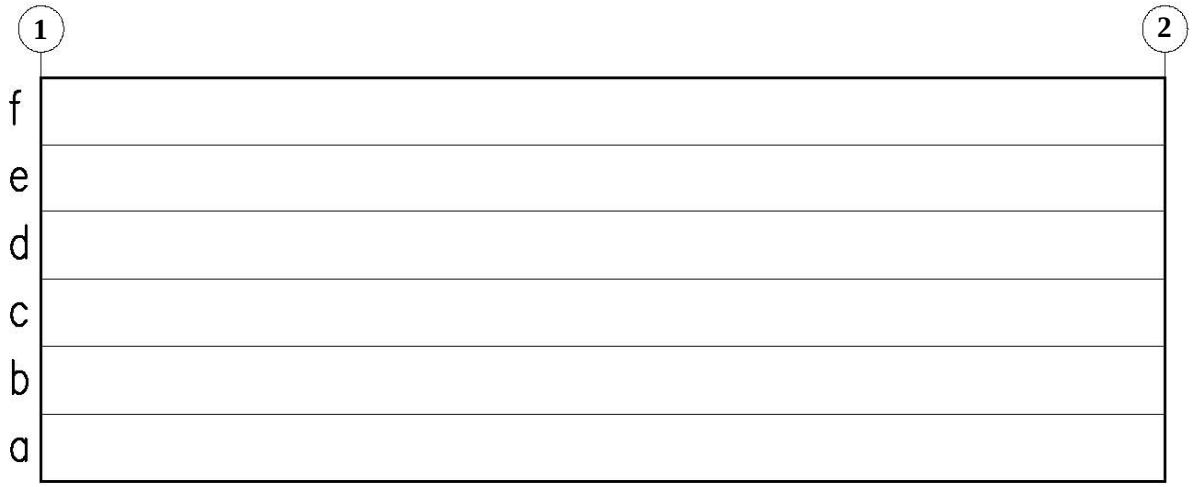
چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود تیرهای عرشه

شناسه پل: **SB-02** **نام پل:** حافظ – انقلاب

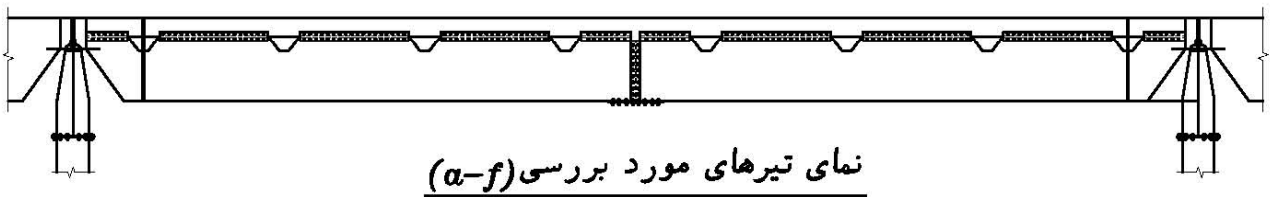
وضعیت کلی تیرها

وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☑

نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐



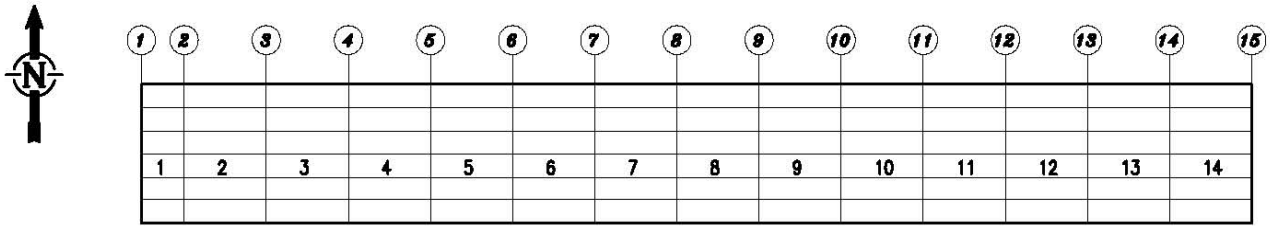
پلان محدوده تیرهای مورد بررسی



نمای تیرهای مورد بررسی(a-f)

توضیحات:

- این قطعه به دلیل قرار گرفتن داخل کوله قابل دسترسی نیست.
- بازدیدهای چشمی از زیر پل و از روی زمین به عمل آمده است.



پلان راهنما

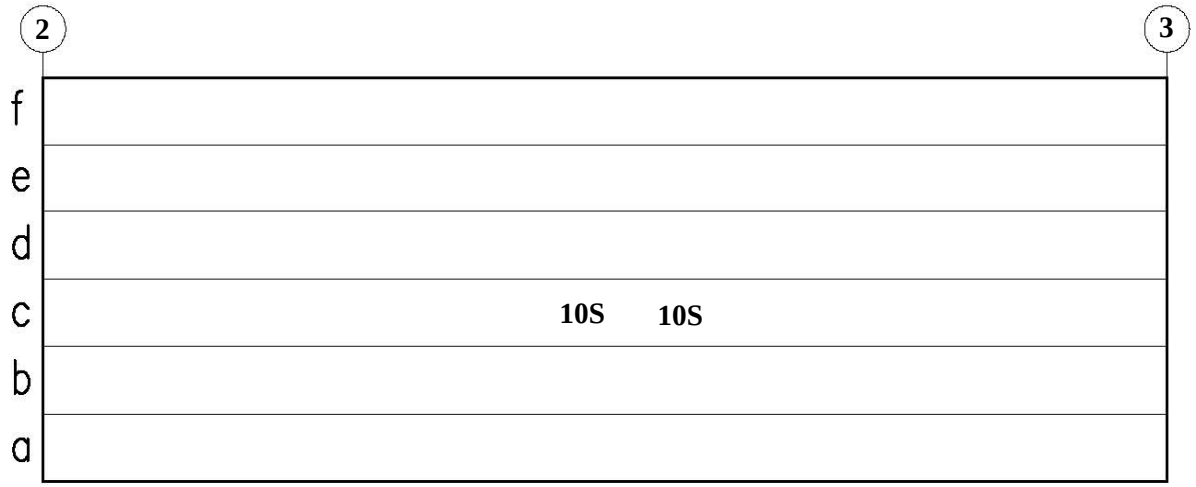
نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
زنگ زدگی و خوردگی شاه تیرها	1	افتادگی پیچ‌ها	7
کمانش موضعی بال بالا	2	پیچ‌های ناهمگون	8
کمانش موضعی جان	3	آسیب‌دیدگی ناشی از تصادف	9
آسیب‌دیدگی جوش‌ها	4	کمانش استیفنر جان شاهتیر	10
آسیب‌دیدگی پیچ‌ها	5	آسیب‌دیدگی پروفیل‌های IPB	11
شل بودن پیچ‌ها	6		

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	تاریخ برداشت
میرکمالی/ بخشی	تیر و مرداد۸۷

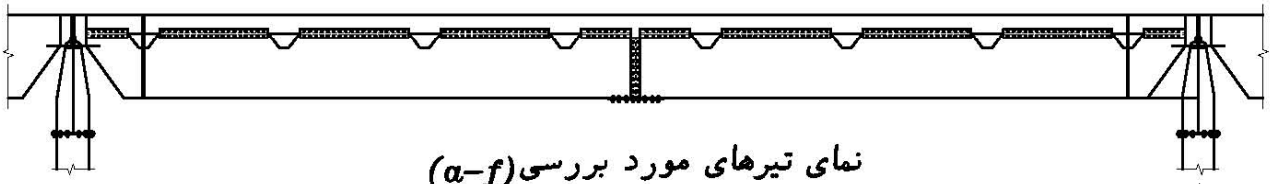
نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود تیرهای عرشه	وضعیت کلی تیرها
شناسه پل: SB-02 **نام پل:** حافظ- انقلاب	وخیم ☑ نیازمند اصلاحات جزئی ☐ نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐



پلان محدوده تیرهای مورد بررسی

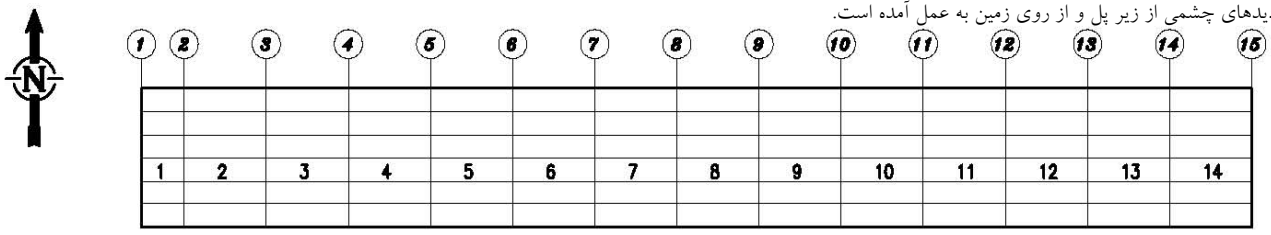
2



نمای تیرهای مورد بررسی(a-f)

توضیحات:

- ارتعاشات تیرها بسیار زیاد است.
- حدود ٤٠٪ طول تیرها به علت قرار گرفتن داخل کوله قابل رویت نیست.
- تغییر شکل تیرها در اثر عبور ترافیک حدود 4cm می‌باشد.
- پروفیل‌های UNP در محل وصله به علت ریزش آب از محلهای درزهای طولی دچار زنگ‌زدگی شده‌اند.
- بازدیدهای چشمی از زیر پل و از روی زمین به عمل آمده است.

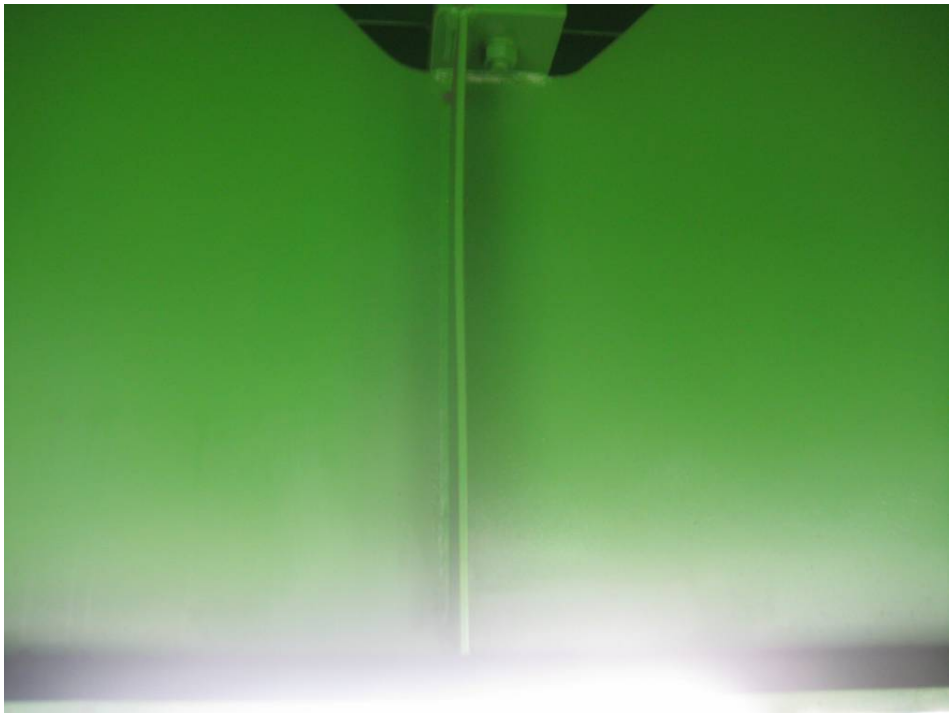


پلان راهنما

نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
زنگ زدگی و خوردگی شاه تیرها	1	افتادگی پیچ‌ها	7
کمانش موضعی بال بالا	2	پیچ‌های ناهمگون	8
کمانش موضعی جان	3	آسیب‌دیدگی ناشی از تصادف	9
آسیب‌دیدگی جوش‌ها	4	کمانش استیفنر جان شاهتیر	10
آسیب‌دیدگی پیچ‌ها	5	آسیب‌دیدگی پروفیل‌های IPB	11
شل بودن پیچ‌ها	6		

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	تاریخ برداشت
میرکمالی/ بخشی	تیر و مرداد۸۷



سازه عرشه- قطعه ۲

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

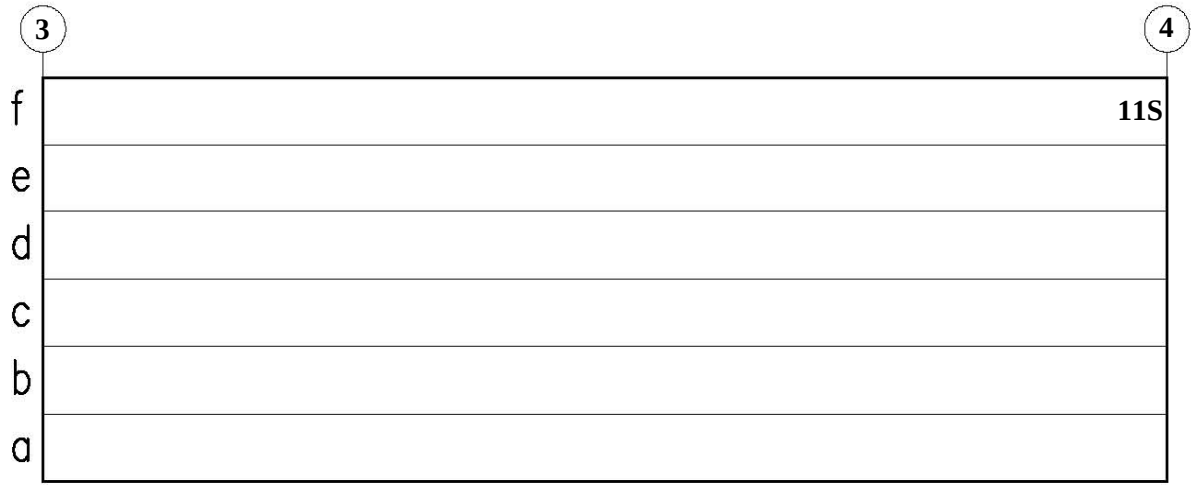
چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود تیرهای عرشه

شناسه پل: **SB-02** **نام پل:** حافظ- انقلاب

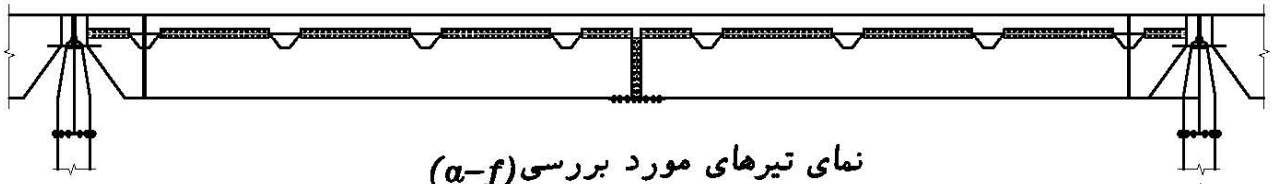
وضعیت کلی تیرها

وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☑

نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐



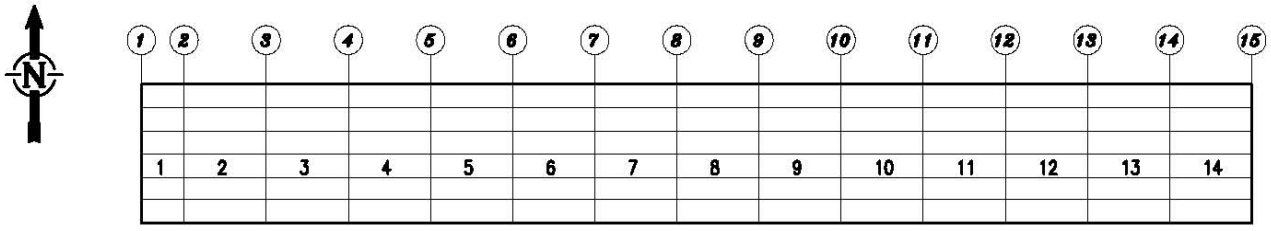
پلان محدوده تیرهای مورد بررسی



نمای تیرهای مورد بررسی(a-f)

توضیحات:

- تیر محور F حول محور قائم دوران کرده است
- پروفیل‌های UNP در محل وصله به علت ریزش آب از محلهای درزهای طولی دچار زنگ‌زدگی شده‌اند.
- بازدیدهای چشمی از زیر پل و از روی زمین به عمل آمده است.



پلان راهنما

نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
زنگ زدگی و خوردگی شاه تیرها	1	افتادگی پیچ‌ها	7
کمانش موضعی بال بالا	2	پیچ‌های ناهمگون	8
کمانش موضعی جان	3	آسیب‌دیدگی ناشی از تصادف	9
آسیب‌دیدگی جوش‌ها	4	کمانش استیفنر جان شاهتیر	10
آسیب‌دیدگی پیچ‌ها	5	آسیب‌دیدگی پروفیل‌های IPB	11
شل بودن پیچ‌ها	6		

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	تاریخ برداشت
میرکمالی/ بخشی	تیر و مرداد۸۷

سازه عرشه- قطعه ۳

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

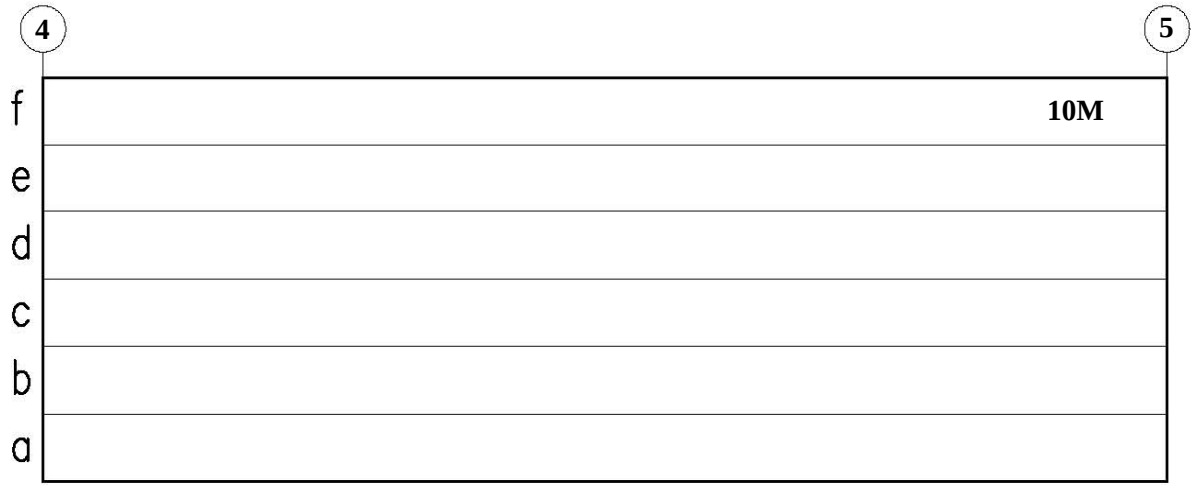
چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود تیرهای عرشه

شناسه پل: **SB-02** **نام پل:** حافظ- انقلاب

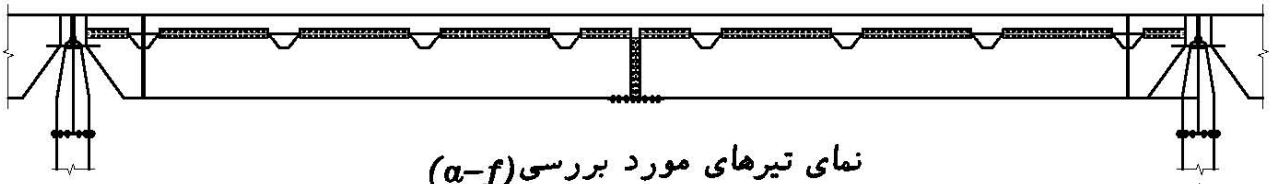
وضعیت کلی تیرها

وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☑

نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐



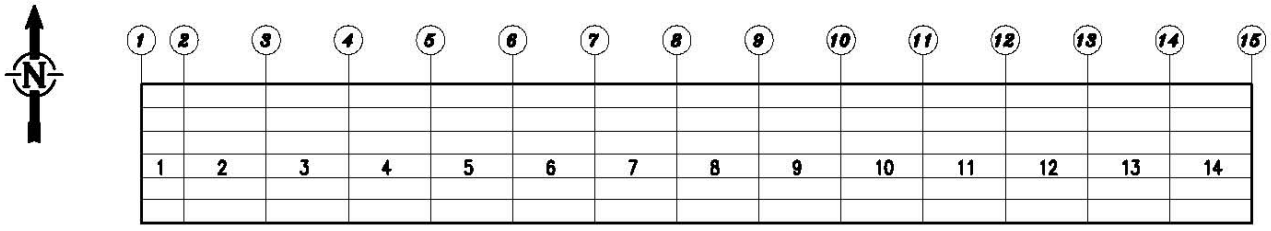
پلان محدوده تیرهای مورد بررسی



نمای تیرهای مورد بررسی(a-f)

توضیحات:

- پروفیل‌های UNP در محل وصله به علت ریزش آب از محلهای درزهای طولی دچار زنگ‌زدگی شده‌اند.
- بازدیدهای چشمی از زیر پل و از روی زمین به عمل آمده است.



پلان راهنما

نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
زنگ زدگی و خوردگی شاه تیرها	1	افتادگی پیچ‌ها	7
کمانش موضعی بال بالا	2	پیچ‌های ناهمگون	8
کمانش موضعی جان	3	آسیب‌دیدگی ناشی از تصادف	9
آسیب‌دیدگی جوش‌ها	4	کمانش استیفنر جان شاهتیر	10
آسیب‌دیدگی پیچ‌ها	5	آسیب‌دیدگی پروفیل‌های IPB	11
شل بودن پیچ‌ها	6		

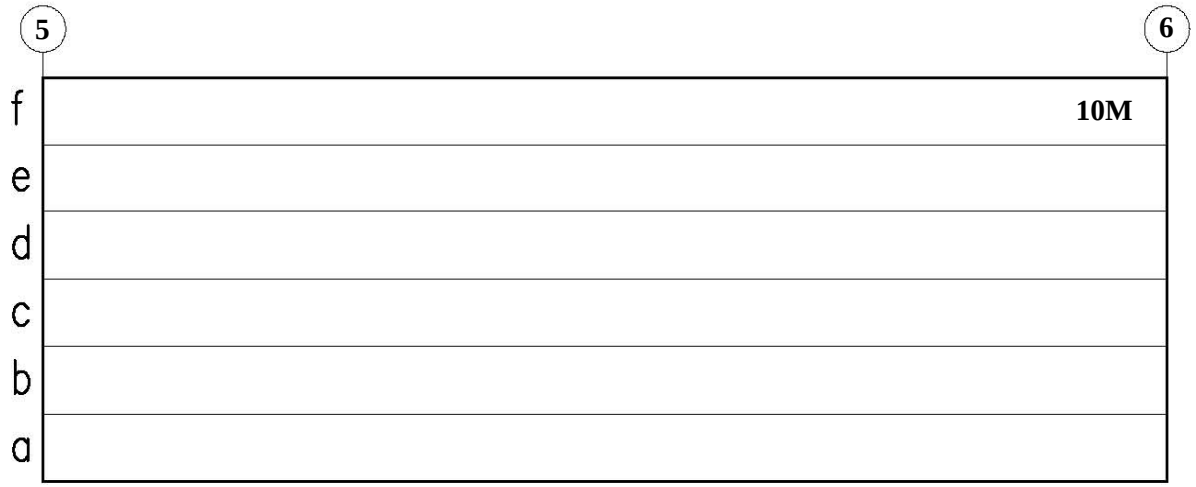
میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	تاریخ برداشت
میرکمالی/ بخشی	تیر و مرداد۸۷

سازه عرشه- قطعه ٤

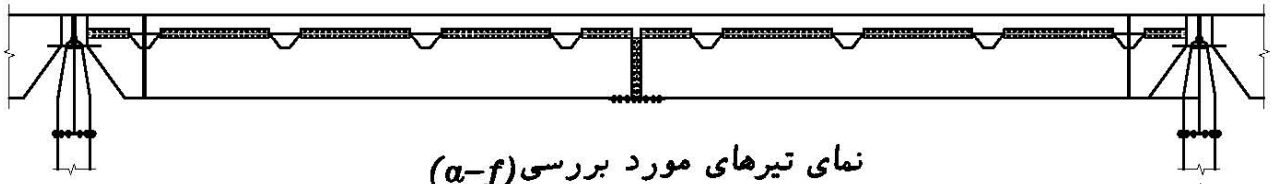
نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود تیرهای عرشه	وضعیت کلی تیرها
شناسه پل: SB-02 **نام پل:** حافظ- انقلاب	وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☑ نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐



پلان محدوده تیرهای مورد بررسی

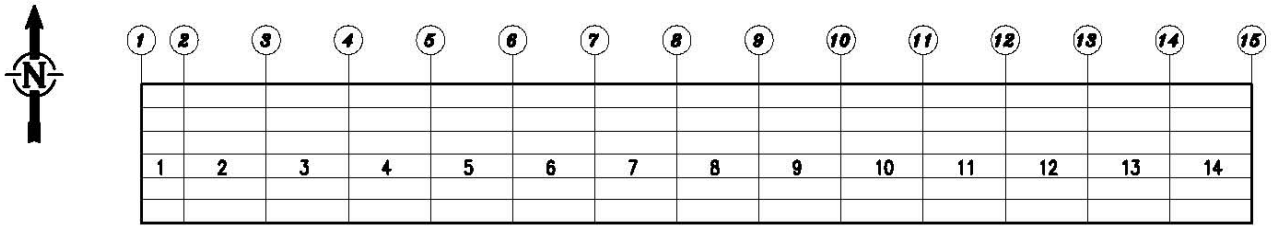
5



نمای تیرهای مورد بررسی(a-f)

توضیحات:

- پروفیل‌های UNP در محل وصله به علت ریزش آب از محلهای درزهای طولی دچار زنگ‌زدگی شده‌اند.
- بازدیدهای چشمی از زیر پل و از روی زمین به عمل آمده است.



پلان راهنما

نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
زنگ زدگی و خوردگی شاه تیرها	1	افتادگی پیچ‌ها	7
کمانش موضعی بال بالا	2	پیچ‌های ناهمگون	8
کمانش موضعی جان	3	آسیب‌دیدگی ناشی از تصادف	9
آسیب‌دیدگی جوش‌ها	4	کمانش استیفنر جان شاهتیر	10
آسیب‌دیدگی پیچ‌ها	5	آسیب‌دیدگی پروفیل‌های IPB	11
شل بودن پیچ‌ها	6		

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	تاریخ برداشت
میرکمالی/ بخشی	تیر و مرداد۸۷

سازه عرشه- قطعه ۵

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

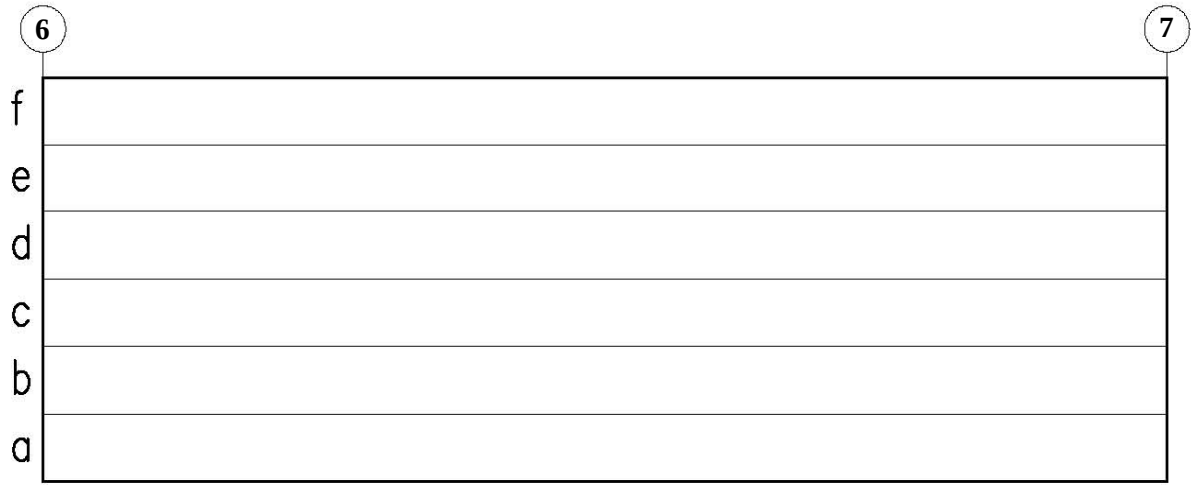
چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود تیرهای عرشه

شناسه پل: **SB-02** **نام پل:** حافظ- انقلاب

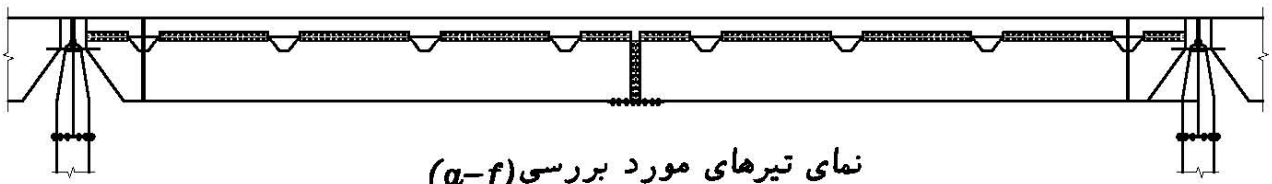
وضعیت کلی تیرها

وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☑

نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐



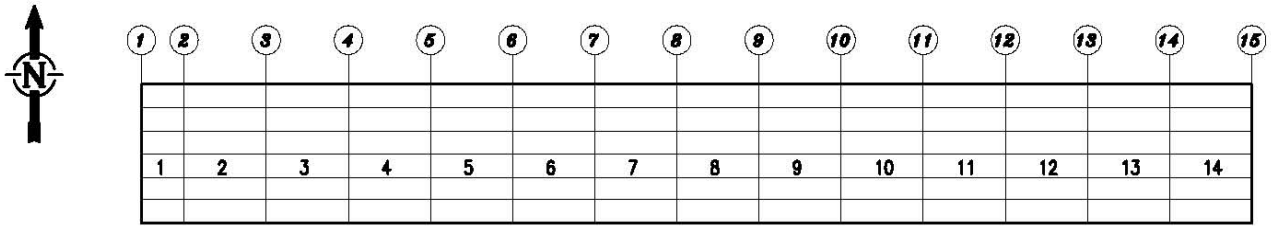
پلان محدوده تیرهای مورد بررسی



نمای تیرهای مورد بررسی(a-f)

توضیحات:

- پروفیل‌های UNP در محل وصله به علت ریزش آب از محلهای درزهای طولی دچار زنگ‌زدگی شده‌اند.
- بازدیدهای چشمی از زیر پل و از روی زمین به عمل آمده است.

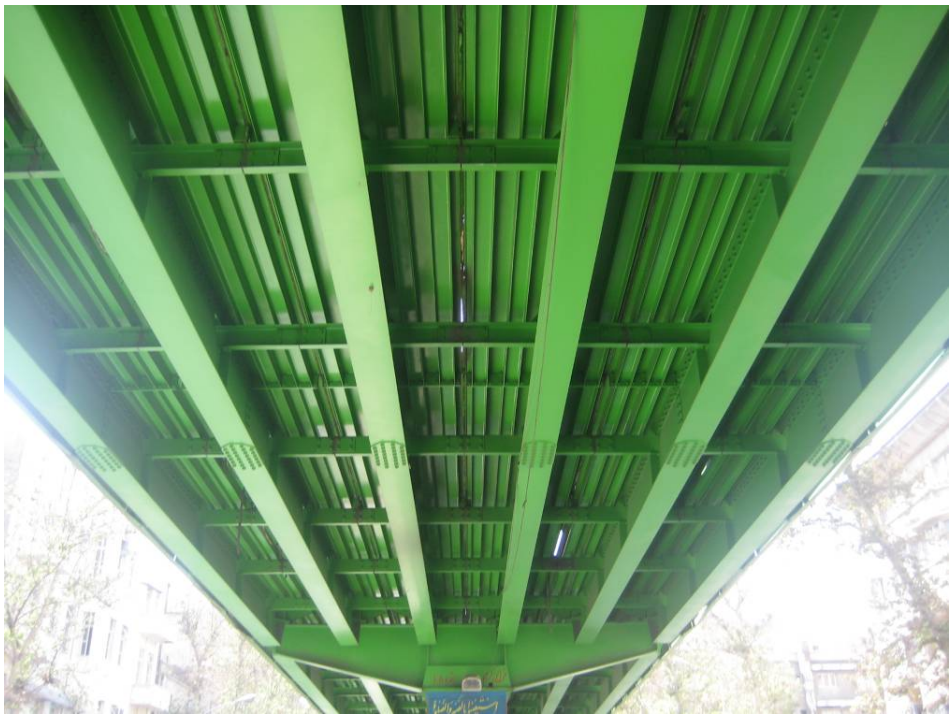


پلان راهنما

نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
زنگ زدگی و خوردگی شاه تیرها	1	افتادگی پیچ‌ها	7
کمانش موضعی بال بالا	2	پیچ‌های ناهمگون	8
کمانش موضعی جان	3	آسیب‌دیدگی ناشی از تصادف	9
آسیب‌دیدگی جوش‌ها	4	کمانش استیفنر جان شاهتیر	10
آسیب‌دیدگی پیچ‌ها	5	آسیب‌دیدگی پروفیل‌های IPB	11
شل بودن پیچ‌ها	6		

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	تاریخ برداشت
میرکمالی/ بخشی	تیر و مرداد۸۷



سازه عرشه- قطعه ٦

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

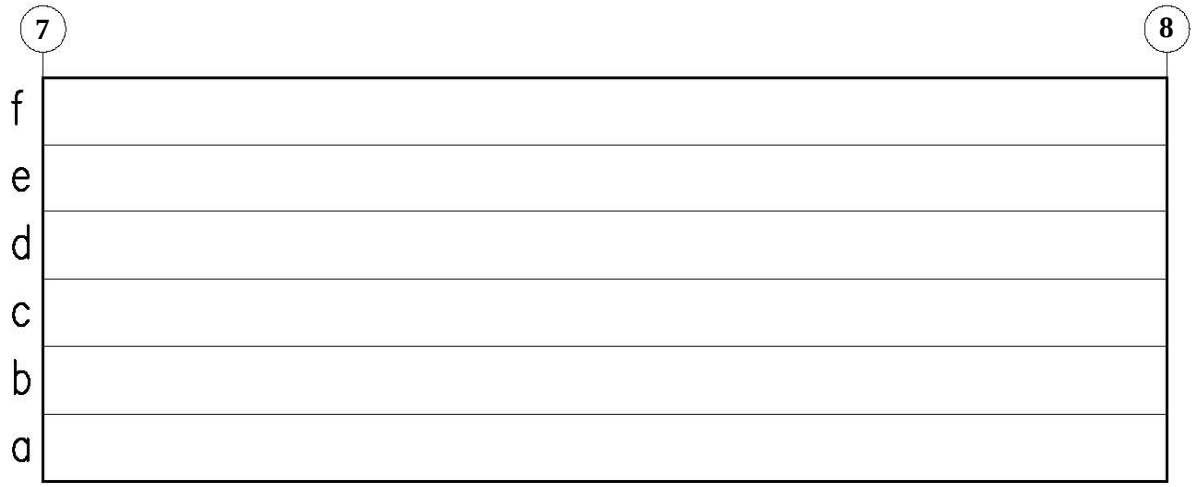
چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود تیرهای عرشه

شناسه پل: **SB-02** **نام پل:** حافظ- انقلاب

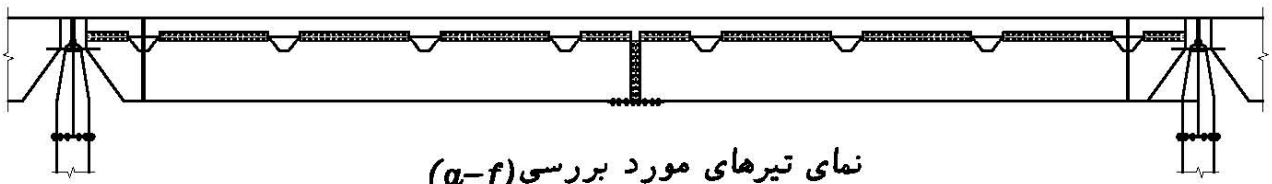
وضعیت کلی تیرها

وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☑

نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐



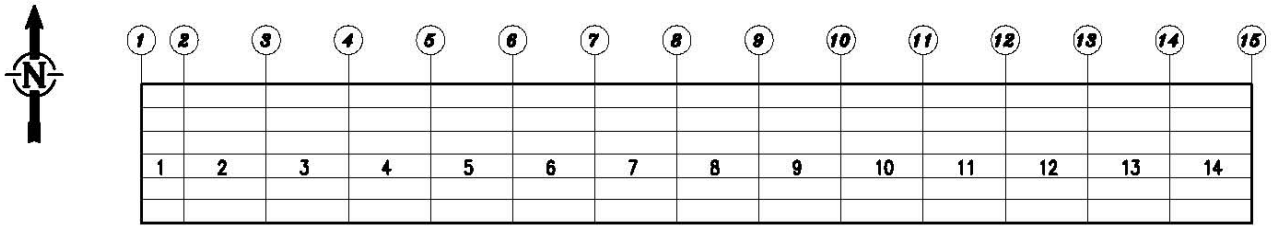
پلان محدوده تیرهای مورد بررسی



نمای تیرهای مورد بررسی(a-f)

توضیحات:

- پروفیل‌های UNP در محل وصله به علت ریزش آب از محلهای درزهای طولی دچار زنگ‌زدگی شده‌اند.
- بازدیدهای چشمی از زیر پل و از روی زمین به عمل آمده است.

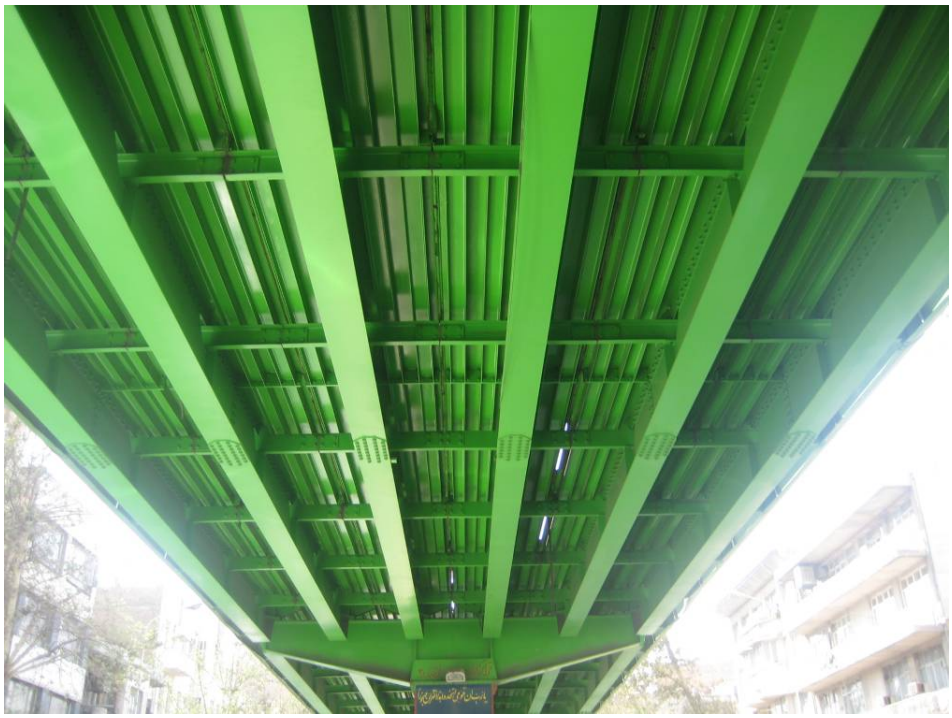


پلان راهنما

نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
زنگ زدگی و خوردگی شاه تیرها	1	افتادگی پیچ‌ها	7
کمانش موضعی بال بالا	2	پیچ‌های ناهمگون	8
کمانش موضعی جان	3	آسیب‌دیدگی ناشی از تصادف	9
آسیب‌دیدگی جوش‌ها	4	کمانش استیفنر جان شاهتیر	10
آسیب‌دیدگی پیچ‌ها	5	آسیب‌دیدگی پروفیل‌های IPB	11
شل بودن پیچ‌ها	6		

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	تاریخ برداشت
میرکمالی/ بخشی	تیر و مرداد۸۷



سازه عرشه- قطعه ۷

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

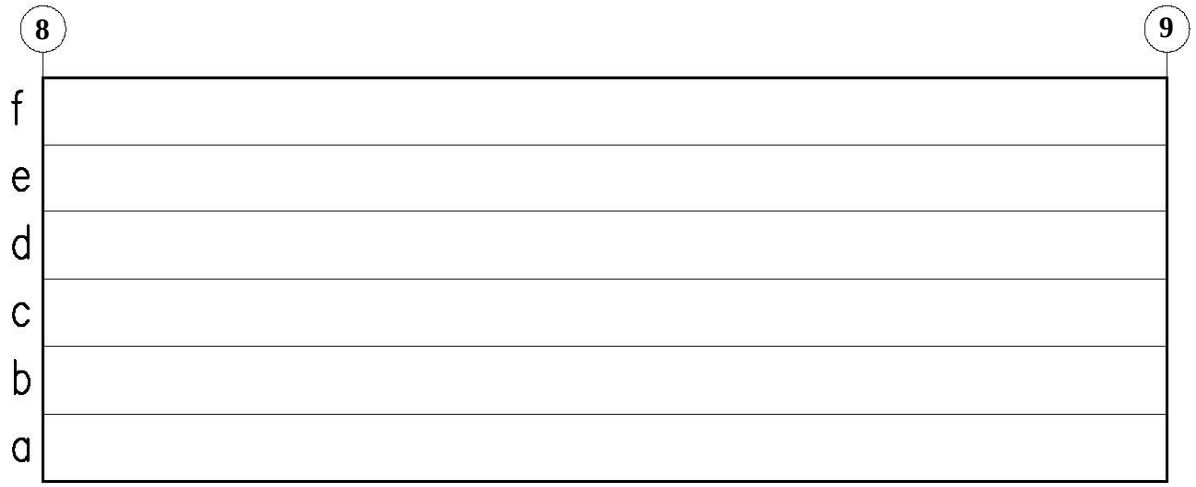
چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود تیرهای عرشه

شناسه پل: **SB-02** **نام پل:** حافظ- انقلاب

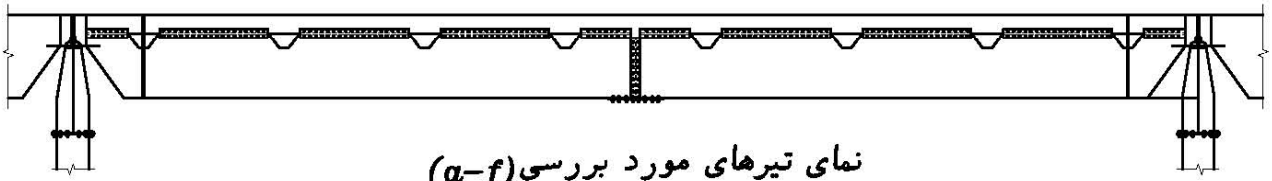
وضعیت کلی تیرها

وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☑

نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐



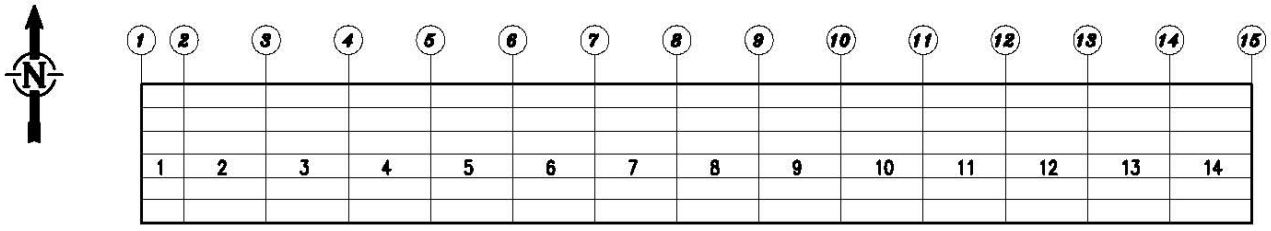
پلان محدوده تیرهای مورد بررسی



نمای تیرهای مورد بررسی(a-f)

توضیحات:

- پروفیل‌های UNP در محل وصله به علت ریزش آب از محلهای درزهای طولی دچار زنگ‌زدگی شده‌اند.
- بازدیدهای چشمی از زیر پل و از روی زمین به عمل آمده است.

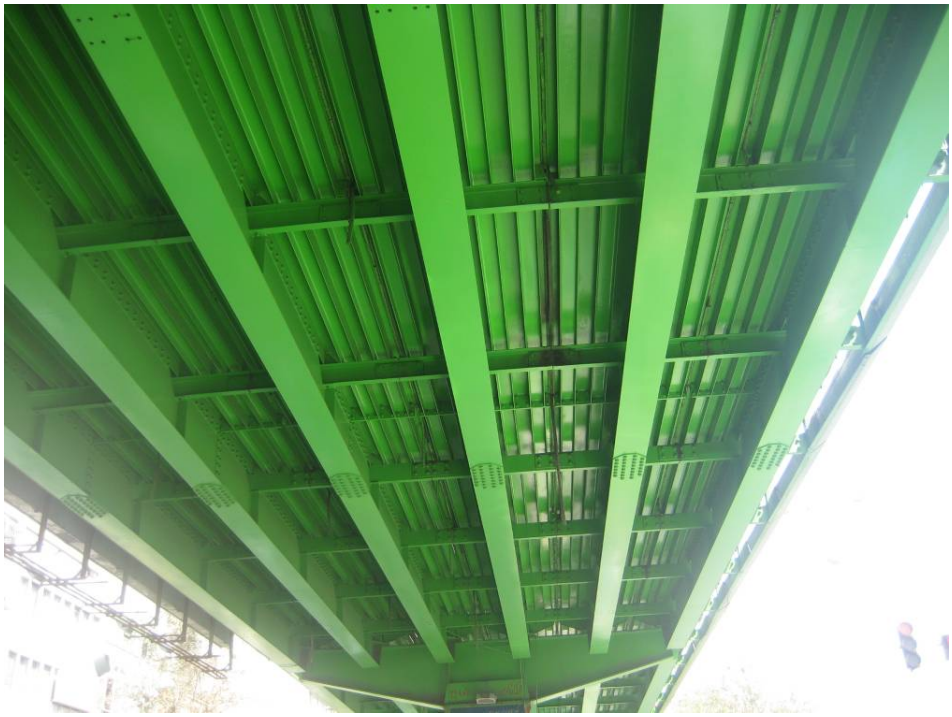


پلان راهنما

نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
زنگ زدگی و خوردگی شاه تیرها	1	افتادگی پیچ‌ها	7
کمانش موضعی بال بالا	2	پیچ‌های ناهمگون	8
کمانش موضعی جان	3	آسیب‌دیدگی ناشی از تصادف	9
آسیب‌دیدگی جوش‌ها	4	کمانش استیفنر جان شاهتیر	10
آسیب‌دیدگی پیچ‌ها	5	آسیب‌دیدگی پروفیل‌های IPB	11
شل بودن پیچ‌ها	6		

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	تاریخ برداشت
میرکمالی/ بخشی	تیر و مرداد۸۷



سازه عرشه- قطعه ۸

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

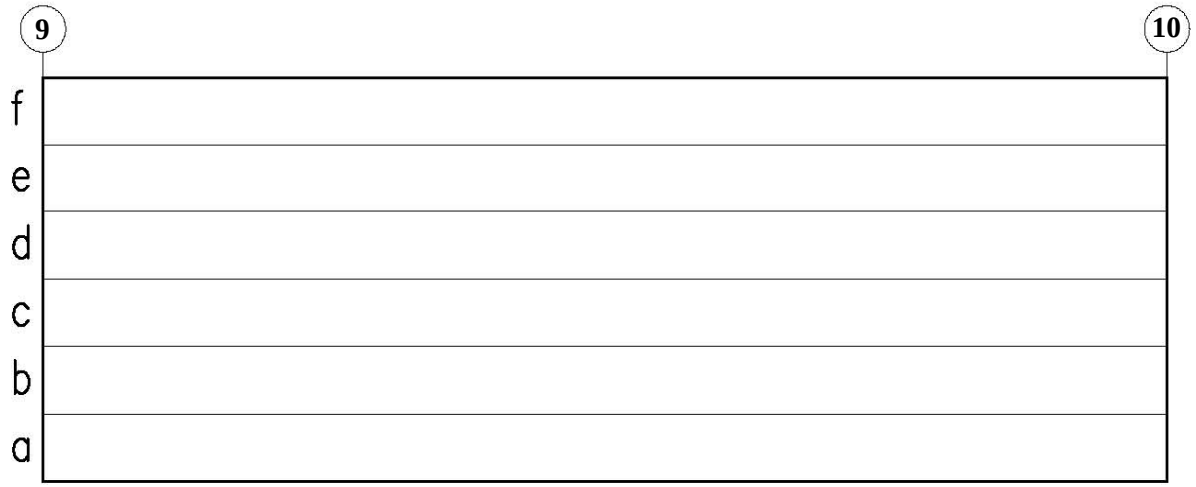
چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود تیرهای عرشه

شناسه پل: **SB-02** **نام پل:** حافظ- انقلاب

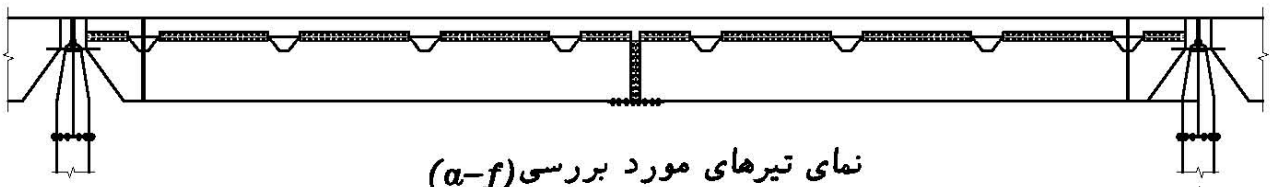
وضعیت کلی تیرها

وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☑

نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐



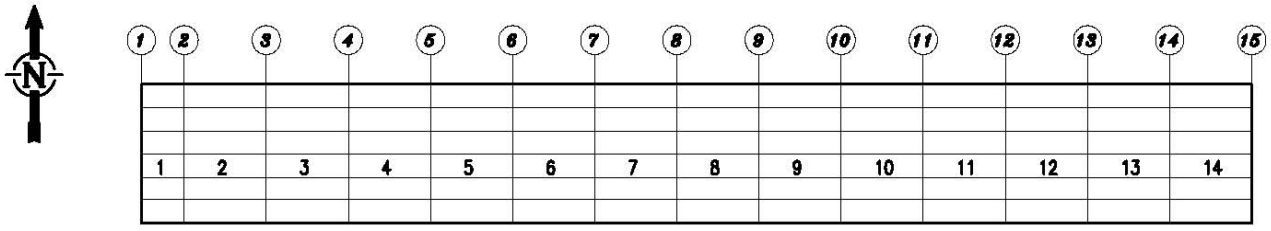
پلان محدوده تیرهای مورد بررسی



نمای تیرهای مورد بررسی(a-f)

توضیحات:

- پروفیل‌های UNP در محل وصله به علت ریزش آب از محلهای درزهای طولی دچار زنگ‌زدگی شده‌اند.
- بازدیدهای چشمی از زیر پل و از روی زمین به عمل آمده است.



پلان راهنما

نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
زنگ زدگی و خوردگی شاه تیرها	1	افتادگی پیچ‌ها	7
کمانش موضعی بال بالا	2	پیچ‌های ناهمگون	8
کمانش موضعی جان	3	آسیب‌دیدگی ناشی از تصادف	9
آسیب‌دیدگی جوش‌ها	4	کمانش استیفنر جان شاهتیر	10
آسیب‌دیدگی پیچ‌ها	5	آسیب‌دیدگی پروفیل‌های IPB	11
شل بودن پیچ‌ها	6		

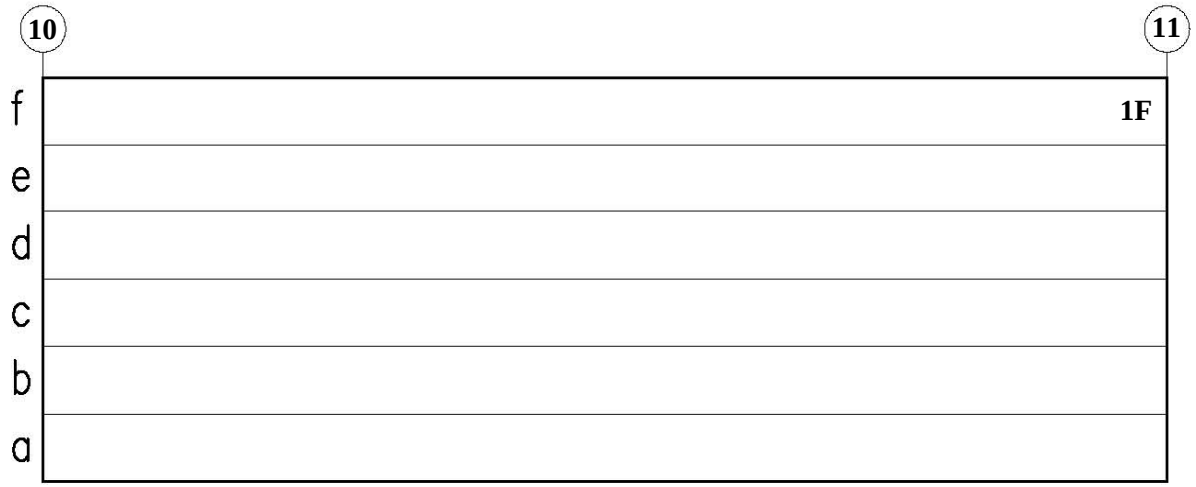
میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	تاریخ برداشت
میرکمالی/ بخشی	تیر و مرداد۸۷

سازه عرشه- قطعه ۹

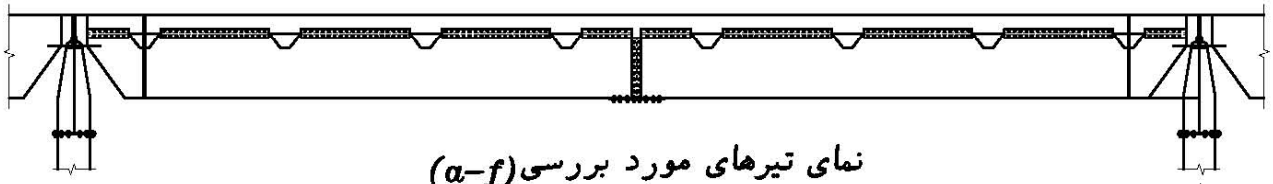
نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود تیرهای عرشه	وضعیت کلی تیرها
شناسه پل: SB-02 **نام پل:** حافظ- انقلاب	وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☑ نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐



پلان محدوده تیرهای مورد بررسی

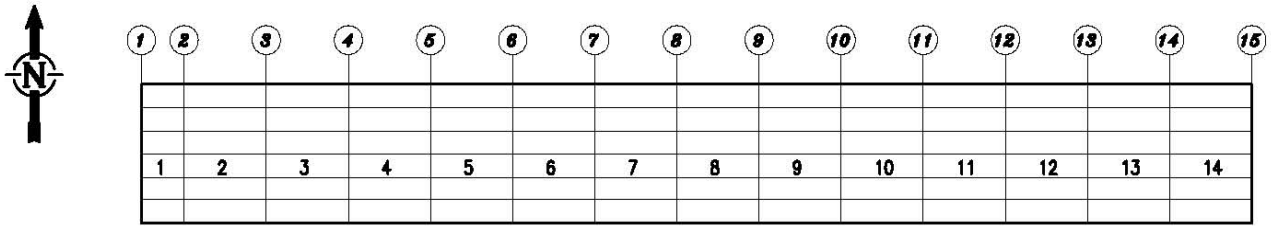
10



نمای تیرهای مورد بررسی(a-f)

توضیحات:

- پروفیل‌های UNP در محل وصله به علت ریزش آب از محلهای درزهای طولی دچار زنگ‌زدگی شده‌اند.
- بازدیدهای چشمی از زیر پل و از روی زمین به عمل آمده است.

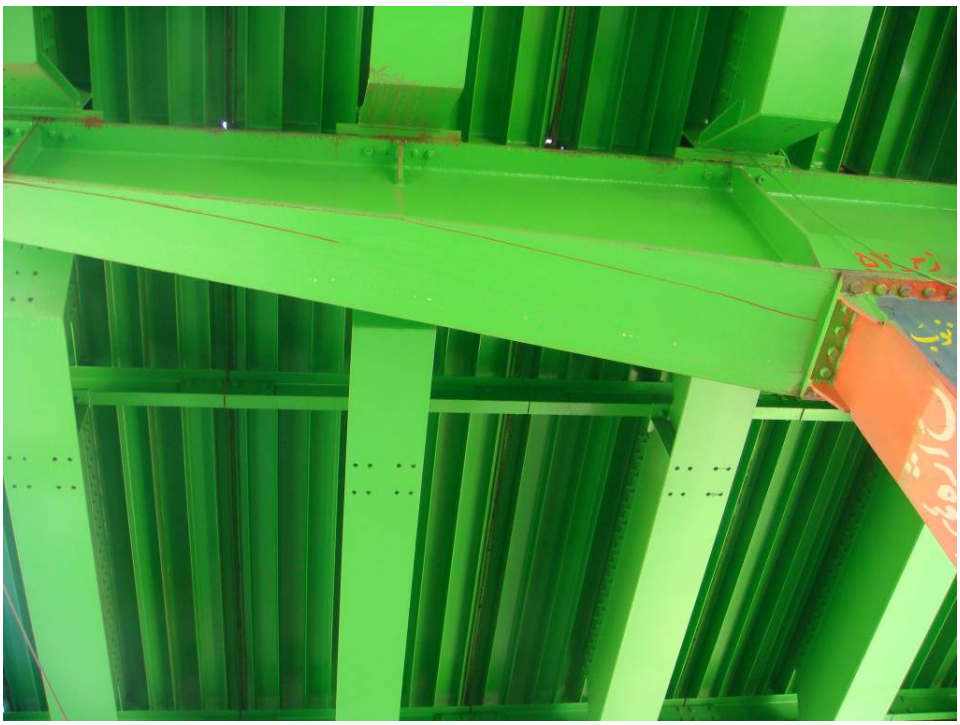


پلان راهنما

نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
زنگ زدگی و خوردگی شاه تیرها	1	افتادگی پیچ‌ها	7
کمانش موضعی بال بالا	2	پیچ‌های ناهمگون	8
کمانش موضعی جان	3	آسیب‌دیدگی ناشی از تصادف	9
آسیب‌دیدگی جوش‌ها	4	کمانش استیفنر جان شاهتیر	10
آسیب‌دیدگی پیچ‌ها	5	آسیب‌دیدگی پروفیل‌های IPB	11
شل بودن پیچ‌ها	6		

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

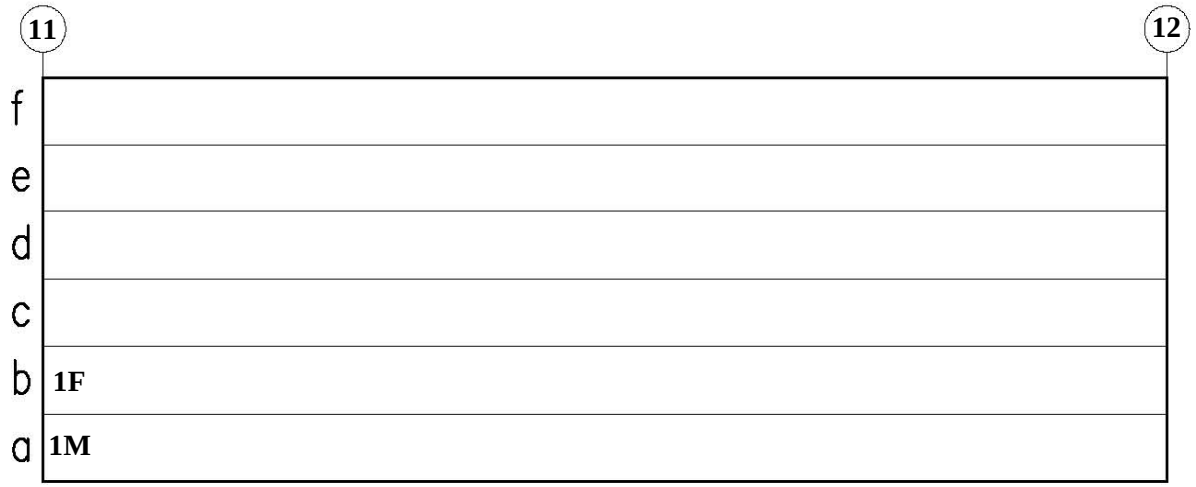
برداشت کننده	تاریخ برداشت
میرکمالی/ بخشی	تیر و مرداد۸۷



سازه عرشه- قطعه ۱۰

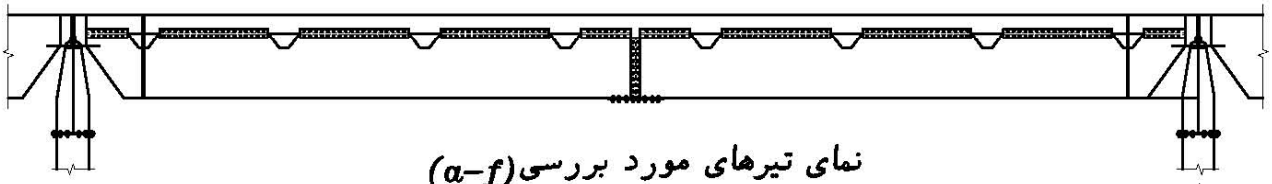
نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود تیرهای عرشه	وضعیت کلی تیرها
شناسه پل: SB-02 **نام پل:** حافظ- انقلاب	وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☑ نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐



پلان محدوده تیرهای مورد بررسی

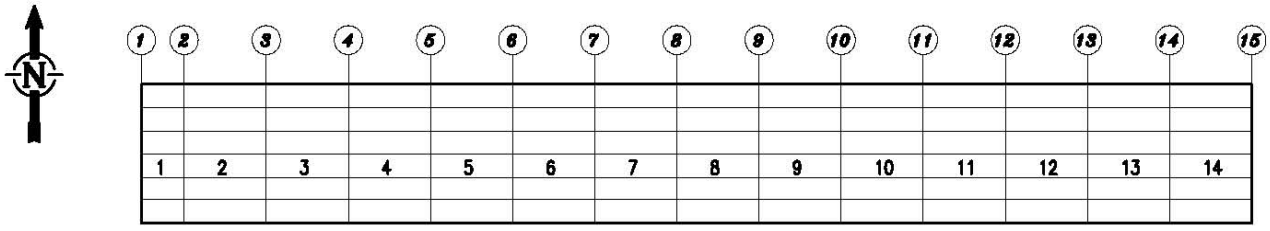
11



نمای تیرهای مورد بررسی(a-f)

توضیحات:

- پروفیل‌های UNP در محل وصله به علت ریزش آب از محلهای درزهای طولی دچار زنگ‌زدگی شده‌اند.
- بازدیدهای چشمی از زیر پل و از روی زمین به عمل آمده است.



پلان راهنما

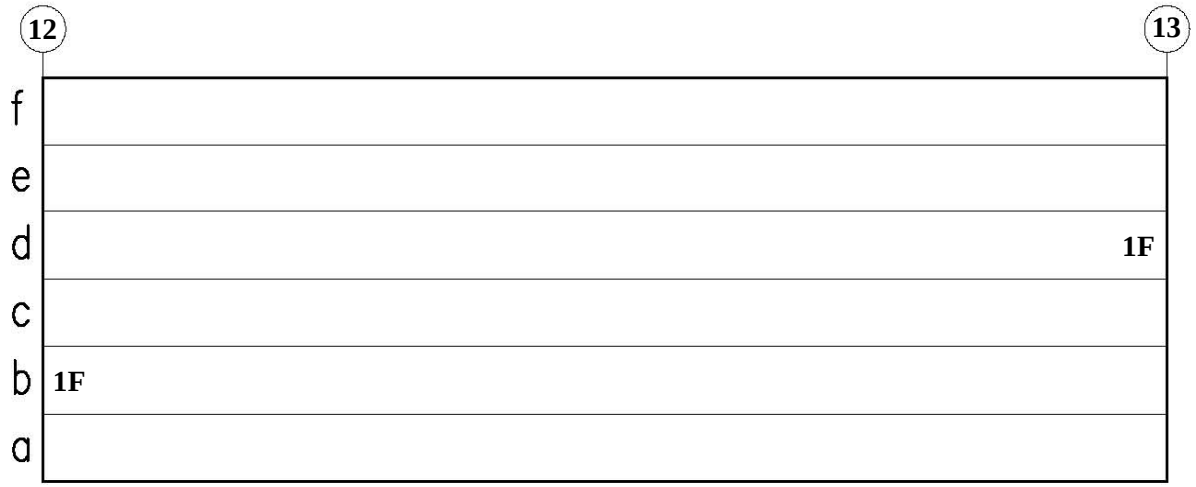
نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
زنگ زدگی و خوردگی شاه تیرها	1	افتادگی پیچ‌ها	7
کمانش موضعی بال بالا	2	پیچ‌های ناهمگون	8
کمانش موضعی جان	3	آسیب‌دیدگی ناشی از تصادف	9
آسیب‌دیدگی جوش‌ها	4	کمانش استیفنر جان شاهتیر	10
آسیب‌دیدگی پیچ‌ها	5	آسیب‌دیدگی پروفیل‌های IPB	11
شل بودن پیچ‌ها	6		

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	تاریخ برداشت
میرکمالی/ بخشی	تیر و مرداد۸۷

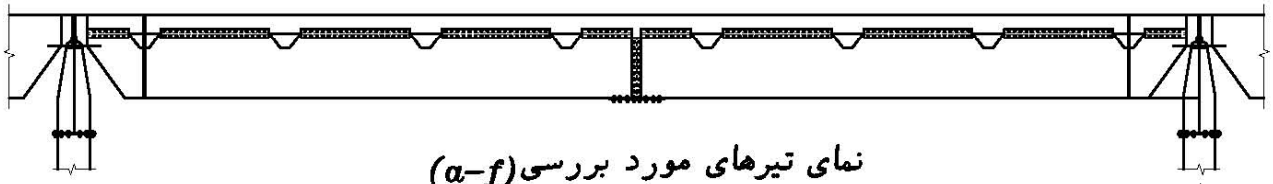
نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود تیرهای عرشه	وضعیت کلی تیرها
شناسه پل: SB-02 **نام پل:** حافظ- انقلاب	وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☑ نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐



پلان محدوده تیرهای مورد بررسی

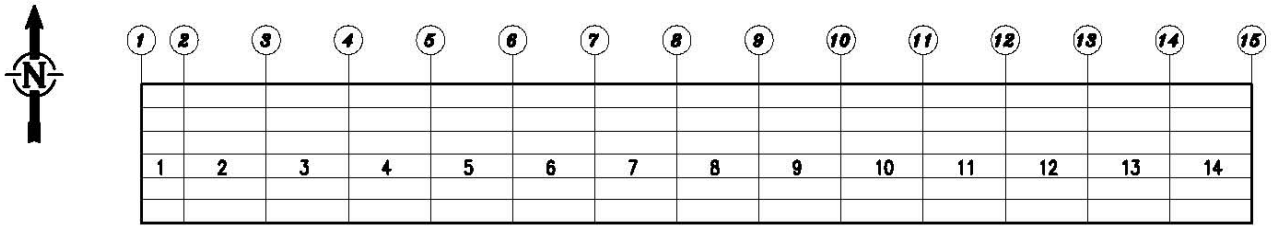
12



نمای تیرهای مورد بررسی(a-f)

توضیحات:

- پروفیل‌های UNP در محل وصله به علت ریزش آب از محلهای درزهای طولی دچار زنگ‌زدگی شده‌اند.
- بازدیدهای چشمی از زیر پل و از روی زمین به عمل آمده است.



پلان راهنما

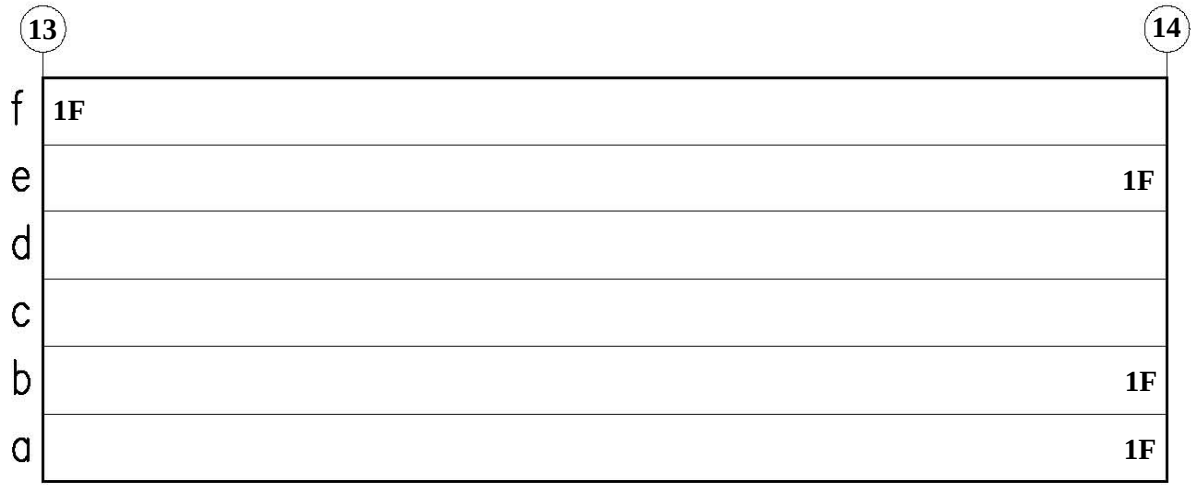
نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
زنگ زدگی و خوردگی شاه تیرها	1	افتادگی پیچ‌ها	7
کمانش موضعی بال بالا	2	پیچ‌های ناهمگون	8
کمانش موضعی جان	3	آسیب‌دیدگی ناشی از تصادف	9
آسیب‌دیدگی جوش‌ها	4	کمانش استیفنر جان شاهتیر	10
آسیب‌دیدگی پیچ‌ها	5	آسیب‌دیدگی پروفیل‌های IPB	11
شل بودن پیچ‌ها	6		

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	تاریخ برداشت
میرکمالی/ بخشی	تیر و مرداد۸۷

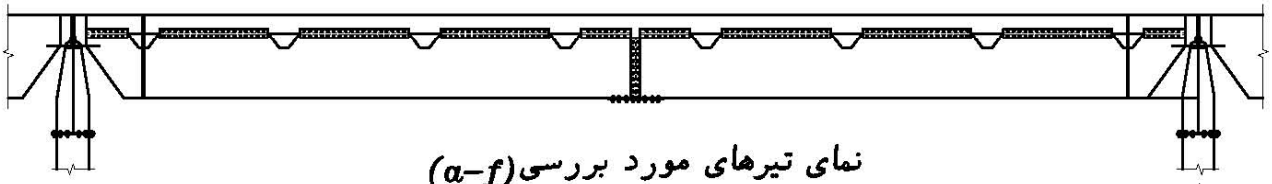
نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود تیرهای عرشه	وضعیت کلی تیرها
شناسه پل: SB-02 **نام پل:** حافظ- انقلاب	وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☑ نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐



پلان محدوده تیرهای مورد بررسی

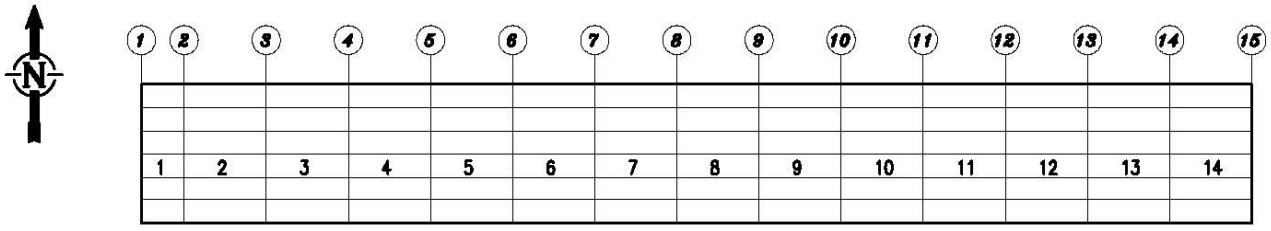
13



نمای تیرهای مورد بررسی(a-f)

توضیحات:

- پروفیل‌های UNP در محل وصله به علت ریزش آب از محلهای درزهای طولی دچار زنگ‌زدگی شده‌اند.
- بازدیدهای چشمی از زیر پل و از روی زمین به عمل آمده است.



پلان راهنما

نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
زنگ زدگی و خوردگی شاه تیرها	1	افتادگی پیچ‌ها	7
کمانش موضعی بال بالا	2	پیچ‌های ناهمگون	8
کمانش موضعی جان	3	آسیب‌دیدگی ناشی از تصادف	9
آسیب‌دیدگی جوش‌ها	4	کمانش استیفنر جان شاهتیر	10
آسیب‌دیدگی پیچ‌ها	5	آسیب‌دیدگی پروفیل‌های IPB	11
شل بودن پیچ‌ها	6		

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	تاریخ برداشت
میرکمالی/ بخشی	تیر و مرداد۸۷

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

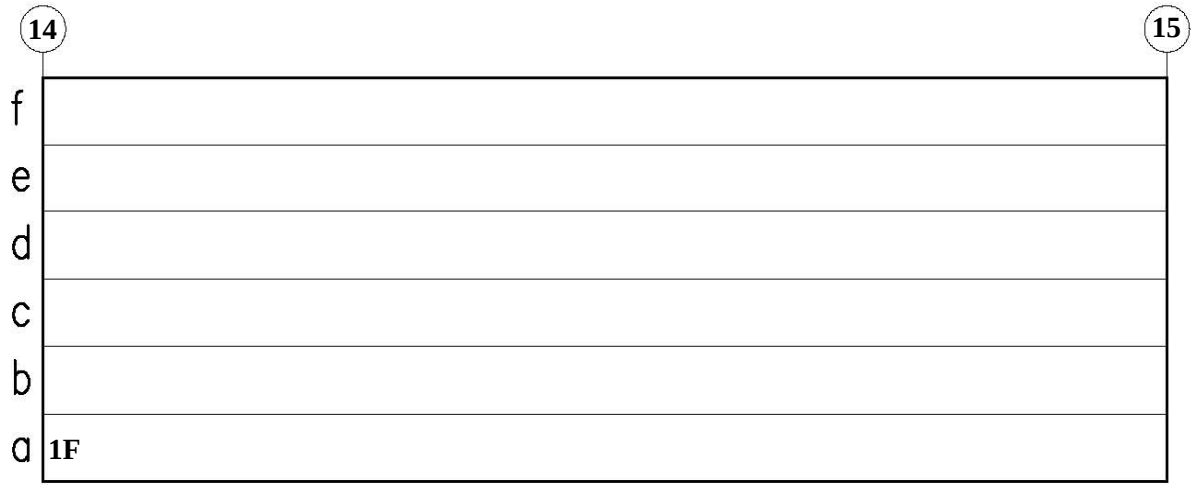
چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود تیرهای عرشه

شناسه پل: **SB-02** **نام پل:** حافظ- انقلاب

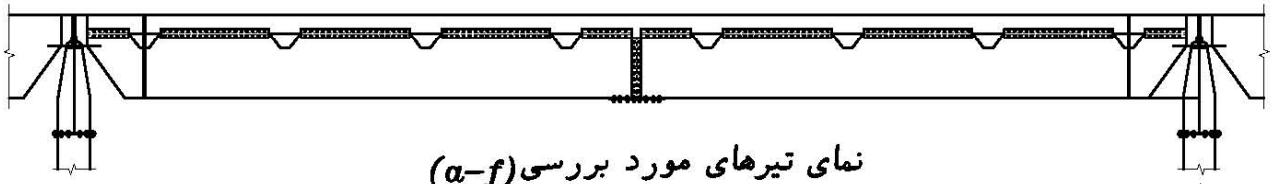
وضعیت کلی تیرها

وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☑

نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐



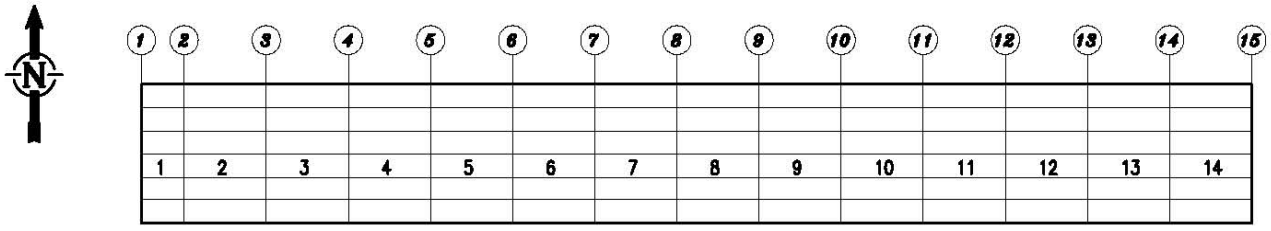
پلان محدوده تیرهای مورد بررسی



نمای تیرهای مورد بررسی(a-f)

توضیحات:

- پروفیل‌های UNP در محل وصله به علت ریزش آب از محلهای درزهای طولی دچار زنگ‌زدگی شده‌اند.
- بازدیدهای چشمی از زیر پل و از روی زمین به عمل آمده است.



پلان راهنما

نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
زنگ زدگی و خوردگی شاه تیرها	1	افتادگی پیچ‌ها	7
کمانش موضعی بال بالا	2	پیچ‌های ناهمگون	8
کمانش موضعی جان	3	آسیب‌دیدگی ناشی از تصادف	9
آسیب‌دیدگی جوش‌ها	4	کمانش استیفنر جان شاهتیر	10
آسیب‌دیدگی پیچ‌ها	5	آسیب‌دیدگی پروفیل‌های IPB	11
شل بودن پیچ‌ها	6		

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	تاریخ برداشت
میرکمالی/ بخشی	تیر و مرداد۸۷

پیوست ۱۶
کنترل سازه‌ای عرشه اورتوتروپیک پل

۱- مقدمه

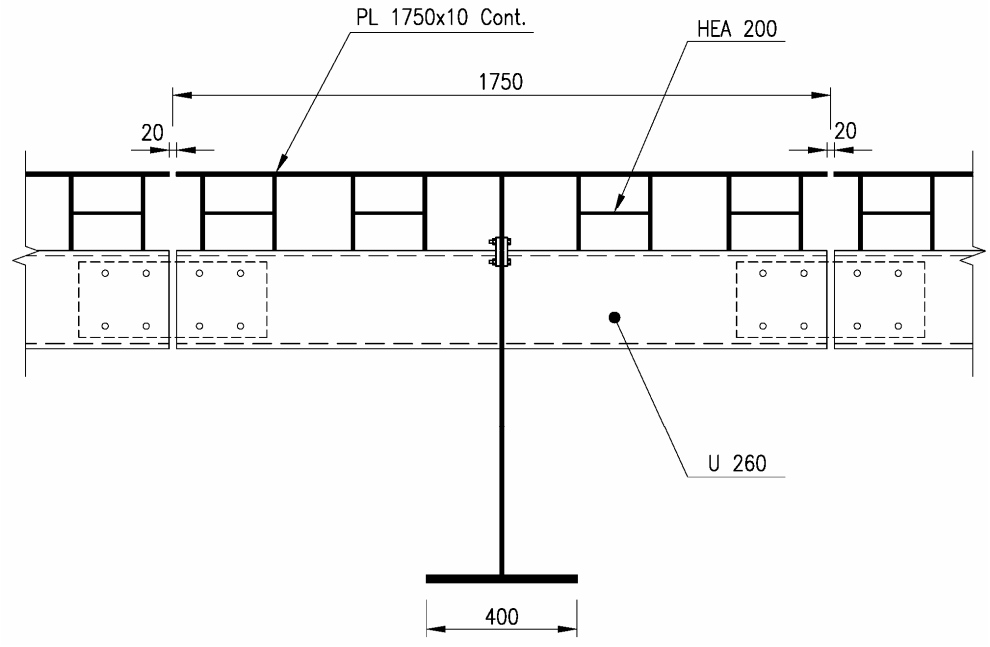
طراحی اولیه پل‌های فلزی ارتوتروپیک شهر تهران بر مبنای آئین‌نامه بارگذاری و طراحی پل‌های آلمان در آن زمان (DIN 1073-1970) بوده است. لذا بارگذاری مورد استفاده عبارت از یک کامیون تیپ به وزن ۳۰۰ کیلو نیوتن به همراه بار گسترده ۱۵ کیلو نیوتن برای هر خط عبور می‌باشد. از آنجا که اصول حاکم در طراحی پل‌های شهری و بین شهری کشور، آئین‌نامه بارگذاری پل‌های ایران، نشریه ۱۳۹ است، بنابراین ارزیابی و کنترل سازه‌ای پل‌ها با این آئین‌نامه ضروری به نظر می‌رسد.

سازه عرشه متشکل از شش تیر I شکل با بال فوقانی عریض و تقویت شده به صورت ارتوتروپیک می‌باشد. تقویت‌های طولی بال فوقانی مطابق شکل ۱ از پروفیل‌های H200 تشکیل شده‌اند. در زیر تقویت‌ها در فواصل سه متری و برای متصل نمودن و یکپارچه کردن تیرها یک ناودانی U260 قرار گرفته است. تیرهای عرضی در محل درزهای طولی تیرهای ارتوتروپیک با اتصال پیچی به هم بسته شده‌اند.

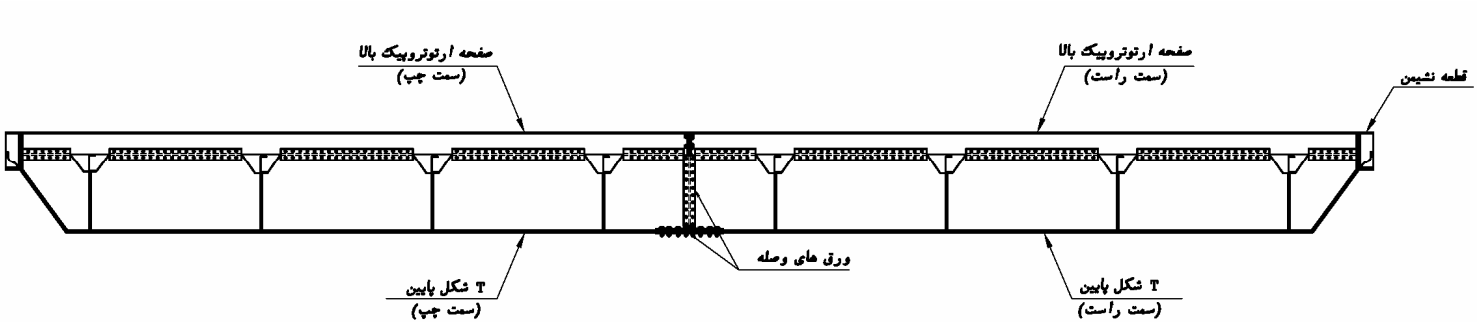
هر تیر عرشه مشتمل بر چهار قطعه ۱۲ متری اصلی است که با اتصالات پیچی به یکدیگر متصل می‌شوند. این قطعات در شکل ۲ نمایش داده شده‌اند.

در محل تکیه‌گاه یک قطعه سپری شکل به انتهای تیر متصل و سپس روی سر ستون قرار گرفته است. البته در زیر این قطعه اتصال تکیه‌گاهی یک الاستومر مطابق شکل ۳ قرار دارد.

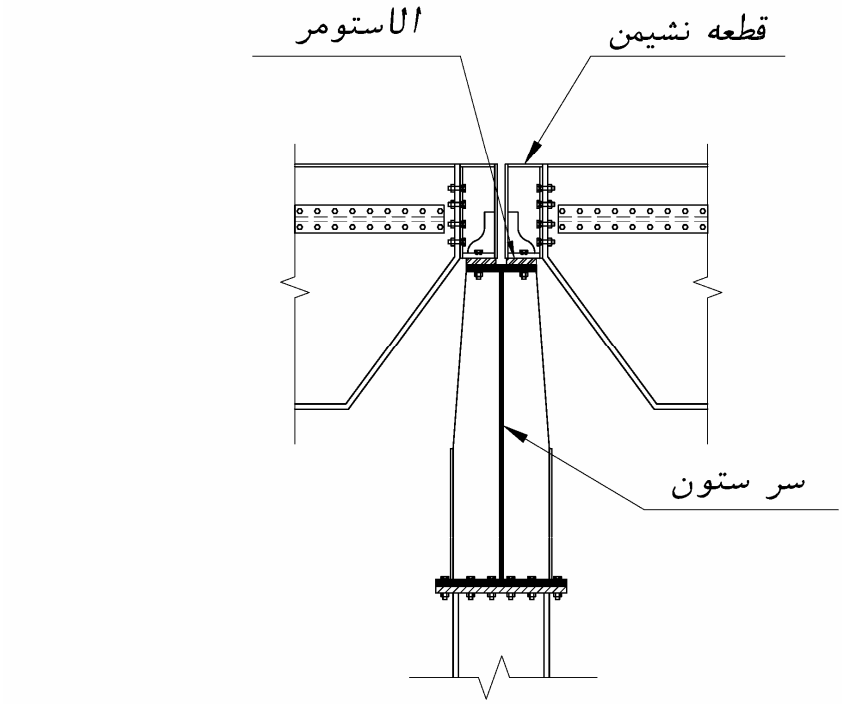
در این بخش به ارزیابی شاهتیر و قطعات تشکیل دهنده آن پرداخته می‌شود. شایان ذکر است کنترل‌های سازه‌ای فقط شامل عناصر بحرانی و اتصالات آن می‌باشد و از بررسی سایر جزئیات که نقش تعیین کننده‌ای ندارند صرفنظر شده است.



شکل ۱- مقطع تیپ تیرهای عرشه



شکل ۲- نمای یک تیر تیپ و قطعات تشکیل دهنده آن



شکل ۳- جزییات تکیه گاهی تیرهای پل

۲- بارگذاری

بارهای موثر بر اجزای پل شامل بارهای دائمی و بارهای بهره‌برداری می‌باشد. بارهای دائمی، وزن اجزای باربر و غیرباربر تشکیل دهنده پل را شامل می‌شوند. بر اساس جزئیات شکل ۱ وزن هر متر طول شاهتیر به قرار زیر می‌باشد:

- روکش اپوکسی عرشه (۱/۵ سانتی‌متر): $0.015\times 2000 = 30 \,kg/m^2$
- بال فوقانی (PL10): $0.01\times 7850 = 78.5 \,kg/m^2$
- پشت‌بند طولی (HEA 200): $\frac{4\times 34}{1.75} = 777 \,kg/m^2$
- تیر عرضی (u260): $\frac{34.2}{3} = 11.4 \,kg/m^2$

$\sum_{WD} = 197.6 \, kg/m^2$ برای هر شاهتیر $\rightarrow 197.6 \times 1.75 = 345.8 \, kg/m$

- ورق جان (PL 1062×8): $1.062 \times 0.008 \times 7850 = 67 \, kg/m$

- بال تحتانی (PL 400×20): $0.4 \times 0.02 \times 7850 = 62.8 \, kg/m$

- وصله شاهتیرها: 14kg

- تقویت‌ها: 30kg

$\sum = 519.6 \, kg/m^2 \rightarrow 520 \, kg/m$

وزن هر متر طول شاهتیر ۵۲۰ کیلوگرم می‌باشد.

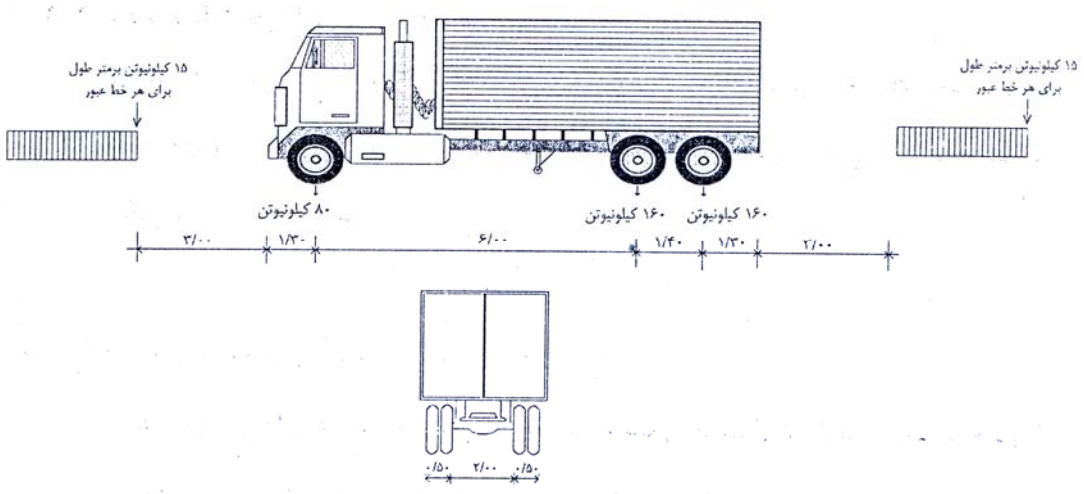
بارهای بهره‌برداری شامل سه نوع بار به شرح زیر است:

الف) بار نوع اول (بار عادی)؛ این بار معرف اثر محورهای سنگین، اثر قطار، کامیون‌ها و وسایل نقلیه معمولی است. این بار شامل یک کامیون به وزن ٤٠ تن برای هر خط عبور به عرض ۳ متر به طول ۱۰ متر که ۳ متر جلو و ۳ متر عقب آن خالی است. در بقیه طول خط بار یکنواختی به میزان ۱/۵ تن بر متر طول که به طور پیوسته یا ناپیوسته و به طول‌های لازم که بحرانی‌ترین اثر مورد نظر ایجاد نماید. قرار داده می‌شود مطابق شکل ٤- الف می‌باشد. نحوه استقرار بارها در عرض پل در شکل ٤- ب نشان داده شده است.

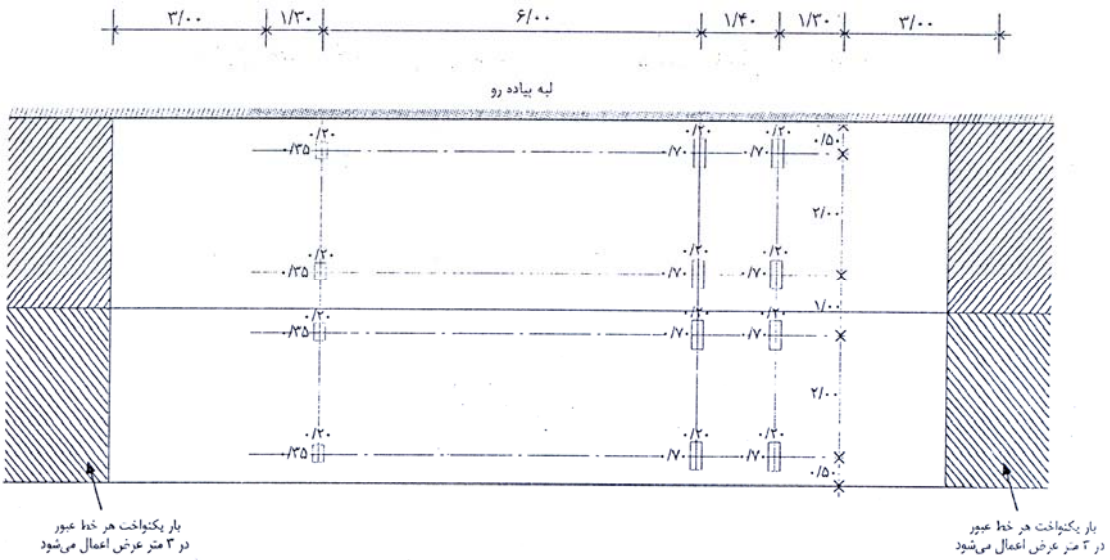
این بار باید در ضریبی به نام ضریب دینامیکی یا ضریب ضربه ضرب شود که مقدار آن از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\delta = 1.3 - 0.005L - 0.15h \geq 1$$

در این رابطه h ارتفاع خاکریز روی پل بر حسب متر و L طول دهانه بر حسب متر می‌باشد. ضریب ضربه کامیون تیپ و بار گسترده آن برای دهانه ٢٤ متر برابر با δ=1.18 می‌باشد.



٤- الف) مشخصات کامیون تیپ و بار گسترده معادل

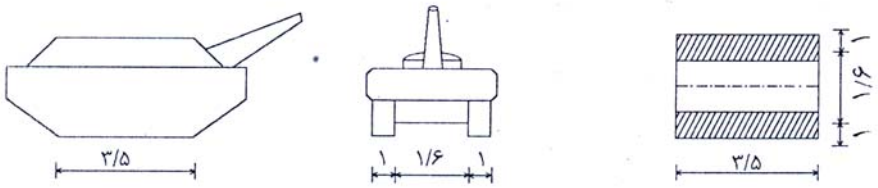


٤- ب) جایگیری کامیون های تیپ و بار گسترده معادل در عرض پل

شکل ٤- بارگذاری نوع اول مطابق نشریه ۱۳۹

ب) بار نوع دوم؛ بار متمرکز معادل ۸ تن است که بر روی مربعی به ابعاد ۳۰ سانتی‌متر روی سطح سواره‌رو اثر داده می‌شود و موقعیت آن متغیر می‌باشد. این بار برای کنترل‌های موضعی عرشه مطرح شده است و تأثیری بر عملکرد کلی پل ندارد.

ج) بار نوع سوم؛ بار فوق‌العاده نظامی که متشکل از یک تانک نظامی به وزن ۷۰ تن مطابق شکل ۵ در هر قسمت از عرض سواره‌رو استقرار می‌یابد و یا یک تریلی تانک‌بر تشکیل شده است.
با توجه به طول دهانه، تریلی تانک‌بر در این طرح نیاز به کنترل ندارد.



شکل ۵- بارگذاری تانک

۳- تنش‌های مجاز و ترکیبات بارگذاری

بر اساس توصیه نشریه ۱۳۹، ضرایب بار و تنش‌های مجاز محاسباتی، از استاندارد آشتو ۱۹۹٦ تعیین می‌شود. ترکیب‌های بارگذاری به شرح زیر در محاسبات منظور می‌شود:

گروه یک: مجموعه‌ای از بارها شامل بار مرده، اثر جریان آب، اثر کاهش وزن ناشی از غوطه‌وری، تغییر شکل‌های تابع زمان مصالح (جمع‌شدگی و خزش) نشست پایه‌ها و فشار خاک.

گروه دو: شامل گروه یک + بارهای بهره‌برداری همراه با اثر ضربه، اثر ترمز و گریز از مرکز

گروه سه (الف): شامل گروه یک + اثر باد

گروه سه (ب): شامل گروه دو + اثر باد

گروه چهار (الف): شامل گروه یک + اثر تغییر دما

گروه چهار (ب): شامل گروه دو + اثر تغییر دما

گروه پنج: شامل گروه یک + اثر زمین‌لرزه

٤- تعیین حداکثر تلاش‌ها بر روی شاهتیرها

٤-١- حداکثر تلاش ناشی از بارهای دایمی

وزن هر متر طول شاه‌تیر ۵۲۰ کیلوگرم می‌باشد. بنابراین:

حداکثر لنگر خمشی: $\frac{ql^2}{8} = \frac{0.52 \times 24^2}{8} = 37.44\ ton.m$

حداکثر لنگر برشی: $\frac{ql}{2} = \frac{0.52 \times 24}{2} = 6.24\ ton.m$

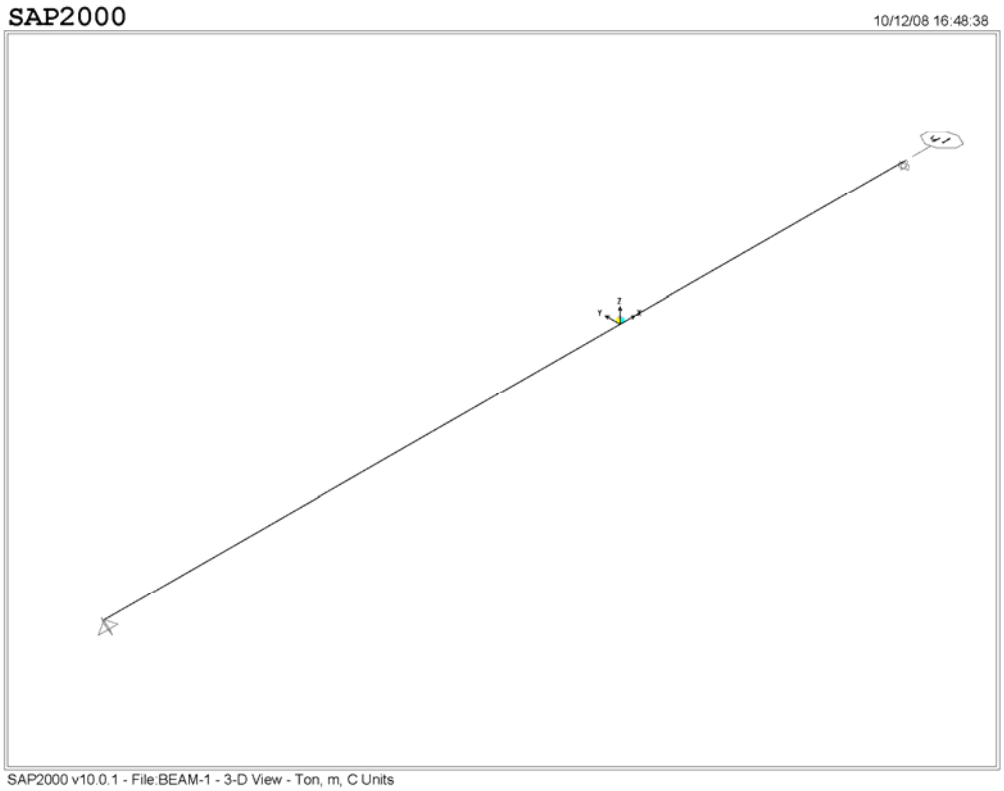
٤-٢- حداکثر تلاش ناشی از بارهای بهره‌برداری

٤-٢-١- بار نوع اول (بار عادی)

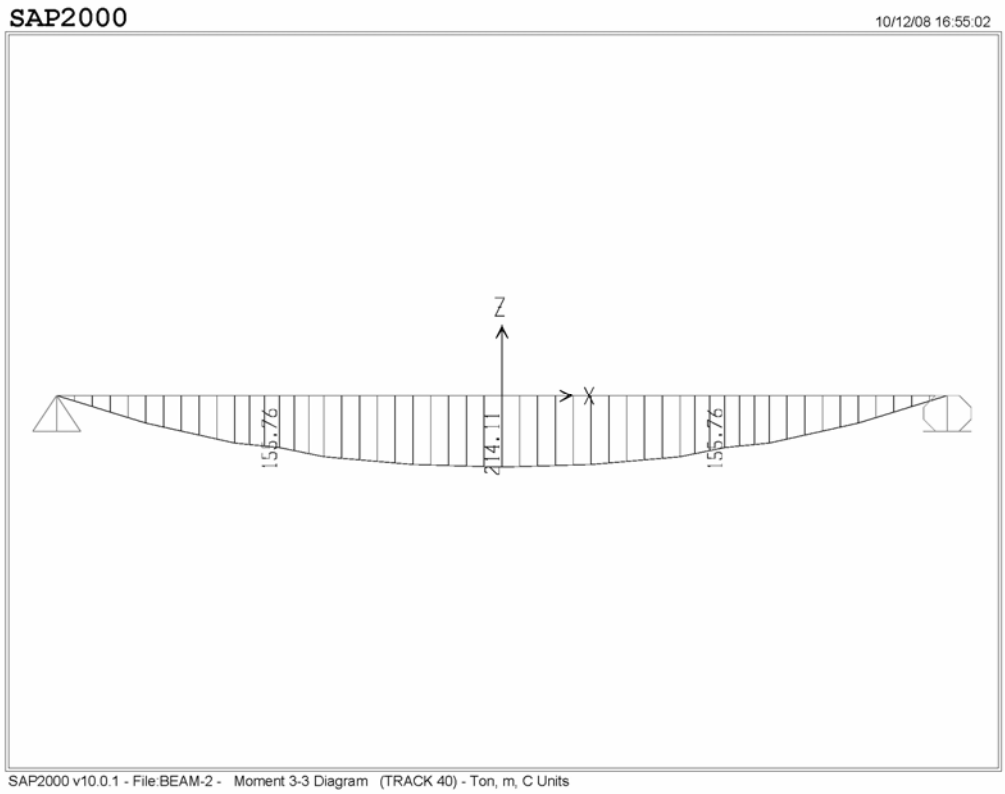
عرض بال فوقانی هر شاهتیر ۱/۷۵ متر می‌باشد و با توجه به اینکه فواصل چرخ‌های دو کامیون مجاور یکدیگر یک متر می‌باشد. لذا احتمال قرارگیری بار کامل محورهای یک کامیون تیپ ٤٠ تن به همراه $\frac{1.75}{3} \times 100 = 58.3\%$ از بار گسترده معادل برای هر خط عبور بر روی هر شاهتیر می‌باشد.

شاهتیرها توسط تیرهای عرضی با مقطع ناودانی U260 در فواصل ۳ متری به یکدیگر متصل و یکپارچه شده‌اند. تیرهای عرضی با اتصالات مفصلی (ورقه وصله جان) به یکدیگر متصل شده است و از آنجائیکه سختی تیرهای عرضی و اتصالات آن‌ها کم است، امکان توزیع عرضی بارهای ترافیکی را روی سایر شاهتیرها ندارند و بار ترافیکی وارد بر سطح عرشه مربوط به هر شاهتیر تماماً به همان شاهتیر اثر کرده و بین سایر تیرها توزیع نمی‌گردد.

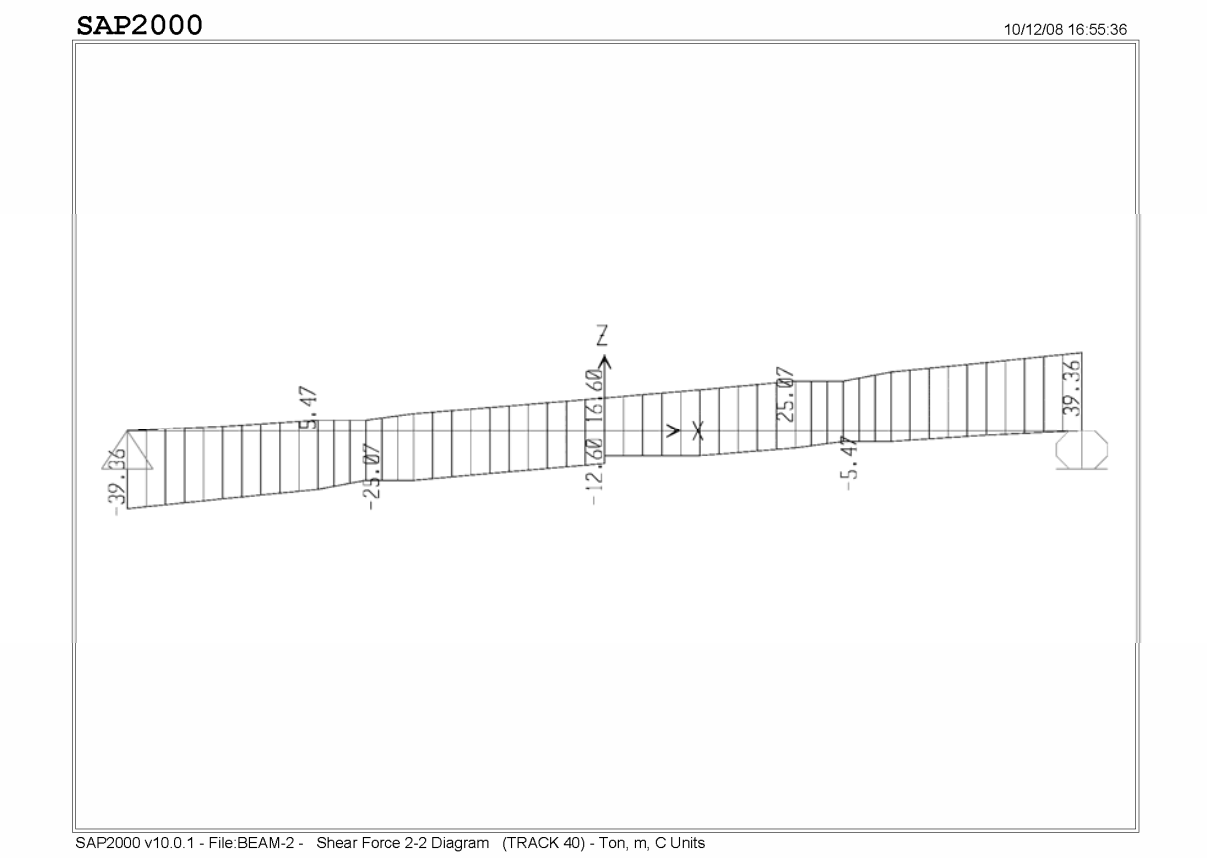
برای محاسبه حداکثر تلاش وارد بر هر شاهتیر یک مدل محاسباتی از یک تیر ساده عرشه به دهانه ٢٤ متر و با بار متحرک کامیون تیپ و بارهای گسترده پیش و پس آن در برنامه Sap 2000, Ver. 10.0.1 ساخته شده است (شکل ٦).



شکل ٦- مدل سازه ای یک تیر ساده عرشه



شکل ٧- دیاگرام پوش لنگر خمشی حاصل ار بار نوع اول



شکل ۸- دیاگرام پوش نیروی برشی حاصل ار بار نوع اول

بر این اساس حداکثر تلاش خمشی و برشی ناشی از بار نوع اول به ترتیب برابر با:

$M_{\max} = 214.11 ton.m$

$V_{\max} = 39.36 ton.m$

بر روی این تلاش‌ها ضریب ضربه ۱/۱۸ اعمال می‌گردد. که با این وجود حداکثر ممان خمشی و برشی برابر است با:

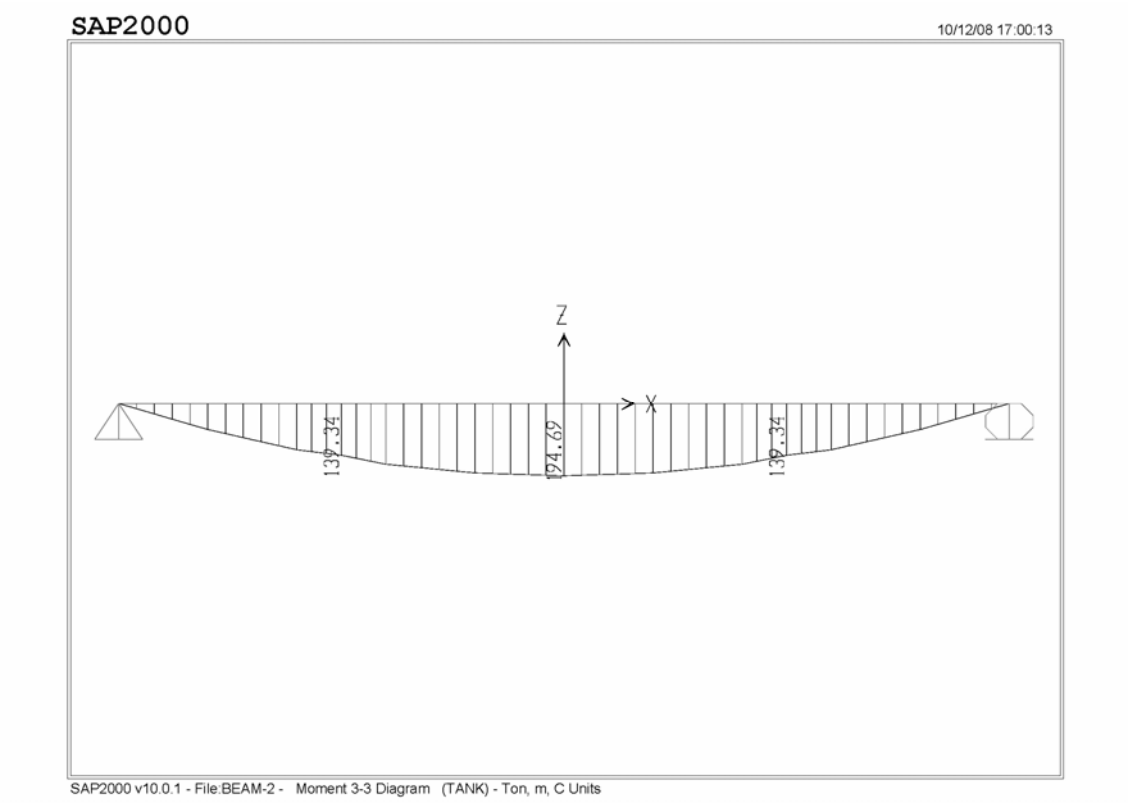
$M_{\max} = 252.65 ton.m$

$V_{\max} = 46.43 ton.m$

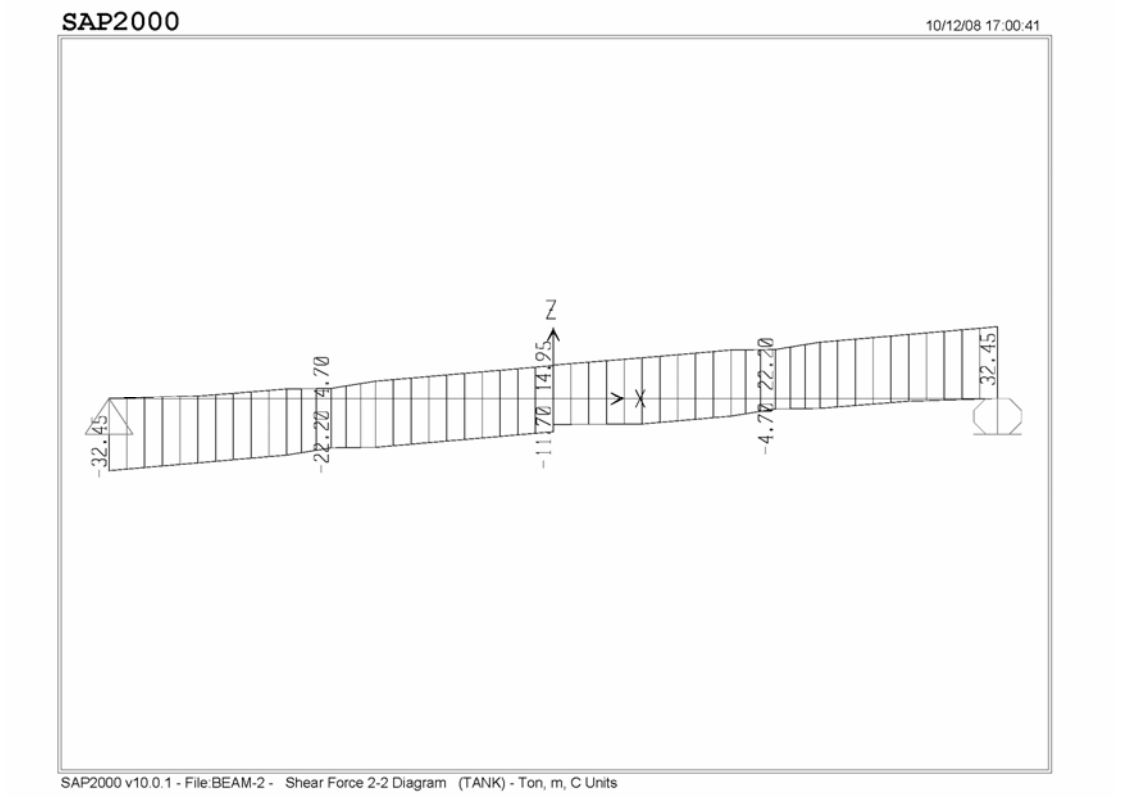
٤-۲-۲- بار نوع سوم (تانک ۷۰ تنی)

بار تانک روی دو زنجیر به ابعاد ۱/۰۰ متر در ۳/۵۰ متر مطابق شکل ۵ در نظر گرفته می‌شود. و در هر قسمت از عرض سواره پل تنها یک تانک و در امتداد طول پل حداقل فاصله وسط تا وسط تانک‌های متوالی ۳۰ متر منظور می‌شود. بنابراین روی هر شاهتیر تنها یک زنجیر از تانک با بار گسترده یکنواخت ۱۰ تن بر متر با طول ۳/۵۰ متر حرکت می‌کند.

حداکثر تلاش ناشی از عبور تانک روی شاهتیر ٢٤ متری بر اساس فایل محاسباتی برابر با:



شکل ۹- دیاگرام پوش لنگر خمشی حاصل ار بار نوع سوم



شکل ۱۰- دیاگرام پوش نیروی برشی حاصل ار بار نوع سوم

$M_{\max} = 194.7 ton.m$

$V_{\max} = 32.45 ton.m$

نتایج آنالیز حاصل از بار ترافیکی عادی و بار نظامی نشان می‌دهد که حداکثر تلاش وارده ناشی از عبور بارهای عادی است که حداکثر تلاش برابر است با:

ممان خمشی حداکثر: $M_{\max} = 252.65 ton.m$

برشی حداکثر: $V_{\max} = 46.43 ton.m$

با صرفنظر کردن اثر باد، حداکثر تلاش وارد در هر شاهتیر بر اساس ترکیبات بارگذاری (گروه ۲) عبارتند از:

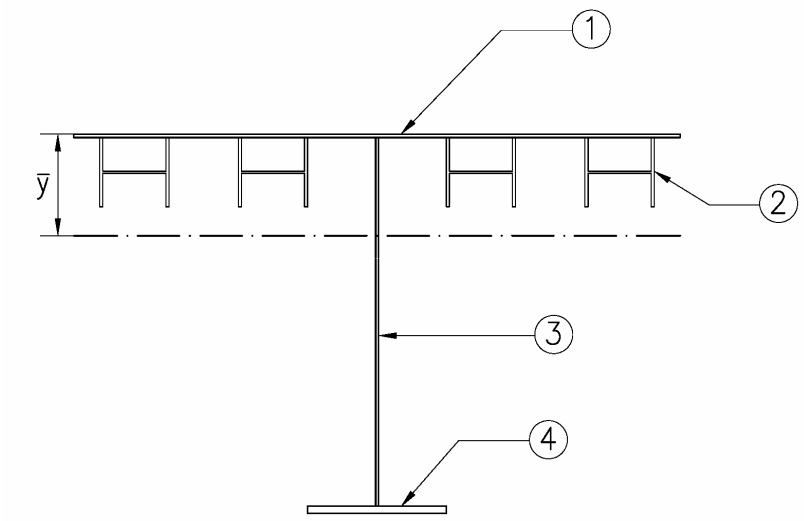
ممان خمشی حداکثر: $M_{\max} = 290.1 ton.m$

برشی حداکثر: $V_{\max} = 52.7 ton.m$

۵- کنترل تنش محاسباتی مقطع شاهتیر

۵-۱- محاسبه مشخصات مقطع

در شکل زیر کروکی از مقطع شاهتیر نشان داده شده است. بر این اساس مشخصات مقطع شامل سطح مقطع، ممان اینرسی، اساس مقطع محاسبه می‌گردد.



- سطح مقطع

$PL\,1700\times10 \rightarrow A = 170\,cm^2$

$HEA\,200 \rightarrow A = 4\times42.98 = 171.92\,cm^2$

$PL\,1062\times8 \rightarrow A = 84.96\,cm^2$

$PL\,400\times20 \rightarrow A = 80\,cm^2$

$A = 506.88\,cm^2$

- ممان اینرسی

$$\bar{y} = \frac{170\times1\times0.5 + 4\times42.98\times11 + 106.2\times0.8\times54.1 + 40\times2\times108.2}{506.88} = 30.04$$

$$I = \frac{170\times1^3}{12} + 170(30.04-0.5)^2 + 4\times1000.33 + 4\times42.98(30.04-1)^2$$

$$+ \frac{0.8\times1062^3}{12} + 84.96\times(54.1-30.04)^2 + \frac{40\times2^3}{12} + 80\times(108.2-30.04)^2$$

$$I = 832 + 63 cm^4$$

- اساس مقطع

- بال فوقانی:

$$S_1 = \frac{832463}{30.04} = 27711.82 cm^3$$

- بال تحتانی:

$$S_4 = \frac{832463}{(109.2-30.04)} = 10516.2 cm^3$$

- در محل تکیه‌گاه‌ها مقطع شاهتیرها به صورت ذوزنقه‌ای کوچک و ارتفاع مقطع به ٤٦ سانتیمتر رسیده است.

۵-۲- تنش‌های مجاز استاندارد آشتو

- تنش مجاز خمشی کششی: $F_{bt} = 0.55F_y$

- تنش مجاز خمشی فشاری: $F_{bc} = 0.55F_y$

- تنش مجاز برشی با سخت کننده های عرضی در میانه تیر:

$$F_v = \frac{F_y}{3}\left[C + \frac{0.87(1-C)}{\sqrt{1+\left(d_0/D\right)^2}}\right]$$

- تنش مجاز برشی با سخت کننده های عرضی در بر تکیه گاه:

$$F_v = \frac{CF_y}{3} \le \frac{F_y}{3}$$

که در رابطه فوق:

Fy: تنش جاری شدن فولاد، C نسبت تنش کمانش برشی به تنش جاری شدن برشی است که مطابق روابط زیر محاسبه می‌گردد:

$$\frac{D}{t_w} < \frac{1587.45\ \sqrt{K}}{\sqrt{F_y}} \rightarrow C = 1.0$$

$$\frac{1587.45\sqrt{K}}{\sqrt{F_y}} \le \frac{D}{t_w} \le \frac{1984.3}{\sqrt{F_y}}\sqrt{K} \rightarrow C = \frac{1587.45\sqrt{K}}{(\frac{D}{t_w})\ \sqrt{F_y}}$$

$$\frac{D}{t_w} > \frac{1984.3}{\sqrt{F_y}}\sqrt{K} \rightarrow C = \frac{3.1\times10^6 K}{\left(\frac{D}{t_w}\right)^2 F_y}$$

$$K = 5 + \frac{5}{(\frac{d_0}{D})^2}$$

D: ارتفاع جان

d_0: فواصل بین سخت‌کننده‌های میانی تیر ورق

۵-۳- کنترل تنش‌های محاسباتی

الف- تنش خمشی کششی (در بال تحتانی)

$$\sigma = \frac{M}{S}$$

$$M = 290.1 ton.m$$

$$S = S_4 = 10516.2\, cm^3$$

$$\sigma = \frac{290.1\times10^5}{10516.2} = 2856.38$$

$$F_b = 0.55F_y\,, F_y = 3600\, {kg}/{cm^2} \rightarrow F_b = 1980\, {kg}/{cm^2}$$

$$f_b = 2856.38\, {kg}/{cm^2} > F_b = 1980\, {kg}/{cm^2}$$ (٤٤٪ اضافه تنش)

ب- تنش خمشی فشاری (بال فوقانی)

$$M = 290.1 ton.m$$

$$S = S_1 = 27711.82\, cm^3$$

$$f_b = \frac{290.1\times10^5}{27711.82} = 1046.8\, {kg}/{cm^2} < F_b = 1980\, {kg}/{cm^2} \qquad O.K.$$

ج- تنش برشی

- در بر تکیه‌گاه

$V = 52.7\,ton$

$D = 46\,cm$

$t_w = 0.8\,cm$

$d_0 = 150\,cm$

$$f_v = \frac{V}{D.tw} = \frac{52.7\times10^3}{46\times0.8} = 1432\,{kg}/{cm^2}$$

$$F_v = C\frac{F_y}{3},\quad \frac{D}{t_w} = \frac{46}{0.8} = 57.5,\ K = 5 + \frac{5}{\left(\frac{d_0}{D}\right)^2},\ K = 5.41$$

$$A = \frac{1587.45}{F_y}\ \sqrt{K} = 61.54$$

$$\frac{D}{t_w} < A \rightarrow C = 1.0$$

$$F_v = \frac{3600}{3} = 1200\,{kg}/{cm^2}$$

$f_v = 1432\,{kg}/{cm^2} > F_v = 1200\,{kg}/{cm^2}$ (بحرانی به نظر نمی‌رسد)

- در فاصله یک و نیم متری از بر تکیه‌گاه

$V = 48.24\,ton$

$D = 106.2\,cm$

$t_w = 0.8\,cm$

$$f_v = \frac{48.24\times10^3}{106.2\times0.8} = 567.8\,{kg}/{cm^2}$$

$$\frac{D}{t_w} = 132.75$$

$d_0 = 300\,cm$, $K = 5.63$

$$B = \frac{1984.3}{\sqrt{F_y}}\ \sqrt{K} = 78.47$$

$$\frac{D}{t_w} > B \rightarrow C = \frac{3.1\times10^6 K}{(\frac{D}{t_w})^2\ F_y} \rightarrow C = \frac{3.1\times10^6\times5.63}{(132.75)^2\times3600}$$

$$F_v = \frac{F_y}{3}\left[C + \frac{0.87(1-C)}{\sqrt{1+\left(\frac{d_0}{D}\right)^2}}\right] \rightarrow F_v = \frac{3600}{3}\left[0.275 + \frac{0.87(1-0.275)}{\sqrt{1+\left(\frac{300}{106.2}\right)^2}}\right]$$

$$F_v = 582.6 \, kg/cm^2$$

$$f_v = 567.8 \, kg/cm^2 < F_v = 582.6 \, kg/cm^2 \qquad O.K.$$

- کنترل صفحه اتصال

$$A = 106.2 \times 0.8 = 84.96 \, cm^2$$

$$A = 84 \times 1.6 = 134.4 \, cm^2 > A \qquad O.K.$$

٦- کنترل وصله‌های پیچی

از جمله وصله‌های مهم و بحرانی در شاهتیرها، وصله وسط دهانه تیرهاست. شاهتیرها در بال تحتانی کششی توسط 2×14M30 و 2×8M20 در جان و 16M20 در بال فوقانی به هم متصل شده‌اند. از این وصله‌ها، وصله بال کششی از کلیه وصله بحرانی‌تر بوده و این وصله مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

٦-١- کنترل وصله بال تحتانی وسط دهانه

- کنترل پیچ M30

$$F_{bt} = 2856.34 \, kg/cm^2$$

$$T = F_{bt.} A \rightarrow T = 2856.38 \times 80 \times 5^{-3} = 228.5 \, ton$$

$$F_v = (\text{پیچ کلاس A آشتو}) = 1330 \, kg/cm_2$$

$$f_v = \frac{T}{2_n A} \quad (\text{پیچ‌ها دو برشه می‌باشند})$$

$$n = 14$$

$$A = \pi \times 1.5^2 = 7.056 \, cm^2$$

$$f_v = \frac{228.5 \times 10^3}{2 \times 14 \times 7.065} = 1157.6 \, kg/cm^2 < F_v = 1330 \, kg/cm^2 \quad O.K.$$

- کنترل صفحات اتصال

$$1) \, PL \, 400 \times 12 \rightarrow A = 48 \, cm^2$$

$$2) \, PL \, 390 \times 12 \rightarrow A = 46.8 \, cm^2$$

$$\sum A = 94.8 \, cm^2 > A_{exis} = 80 \, cm^2 \qquad O.K.$$

٦-٢- کنترل وصله جان وسط دهانه

- کنترل پیچ M20

V=15.2 ton

F_v =(پیچ کلاس A آشتو)$= 1330 \, kg/cm_2$

$$f_v = \frac{V}{nA} \ , \ f_v = \frac{15.2 \times 10^3}{8 \times 3.14} = 605.1 \, kg/cm^2 < 1330 \, kg/cm^2$$

٦-٣- کنترل ورقه وصله قطعه T شکل فوقانی و تحتانی

برای یک متر طول این وصله تعداد ۱۰ پیچ M20 وجود دارد. حداکثر برش در شاهتیر 52.7 ton می‌باشد لذا:

$$f_v = \frac{V}{2nA} = \frac{52.7 \times 10^3}{10 \times 3.14 \times 2} = 839.17 \, kg/cm^2$$ (دو برشه بودن)

F_v =(پیچ کلاس A آشتو)$= 1330 \, kg/cm_2$

$f_v = 839.17 < F_v = 1330 \, kg/cm^2$ $\quad O.K.$

لازم به ذکر است اتصال بال فوقانی و تحتانی با جان به صورت نورد شده است و نیازی به کنترل این دو مقطع نیست.

٧- کنترل تغییر مکان‌های پل

بر اساس استاندارد آشتو و یا نشریه ۱۳۹ حداکثر تغییر شکل مجاز تحت بار بهره‌برداری برای پل‌های شهری بدون پیاده‌رو $\frac{1}{800}$ طول دهانه می‌باشد.

بر اساس نتایج آنالیزهای انجام شده در برنامه Sap2000 تغییر مکان‌های حداکثر شاهتیر در وسط ناشی بارهای بهره‌برداری عبارتند از:

$\Delta L = 71.6 \, mm$

$\delta = 1.18 \rightarrow \Delta L = 84.5 \, mm$

$\Delta_{all} = \frac{24000}{800} = 30 mm$

$\Delta L > \Delta_{all}$

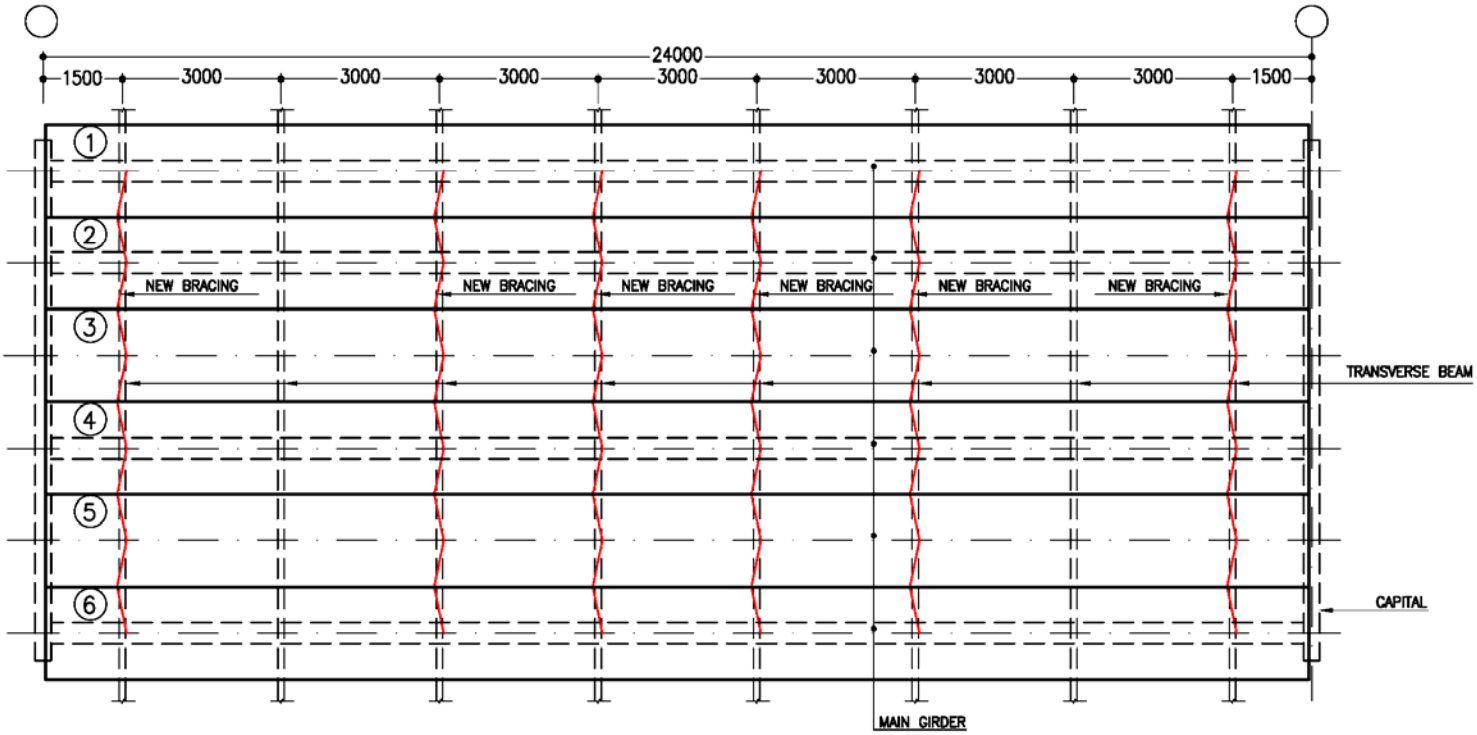
با احتساب اثر ضربه تغییر شکل‌های پل تقریباً سه برابر مقدار مجاز می‌باشد.

پیوست ۱۷
طراحی دیافراگم‌های عرضی و اثبات تأثیرگذاری آن‌ها بر کاهش تنش‌ها و تغییر شکل‌های عرشه پل

۱- مقدمه

در پیوست شماره ۱۶ به ارزیابی سازه‌ای شاهتیرهای عرشه پرداخته شد. همانطوری که ملاحظه گردید با فرض وضعیت مطلوب اولیه سازه تحت بارگذاری مطابق با نشریه ۱۳۹ و تنش های مجاز استاندارد آشتو ۱۹۹۶ ، شاهتیرها از نظر مقاومت و هم از نظر تغییر شکل به شدت ضعیف ارزیابی شده‌اند.

به عنوان رهیافت برای کاهش تنش‌ها و تغییر شکل‌ها ایجاد دیافراگم عرضی مناسب در موقعیت‌های مشخص شده در شکل شماره ۱ در شاهتیرها پیشنهاد شده است.

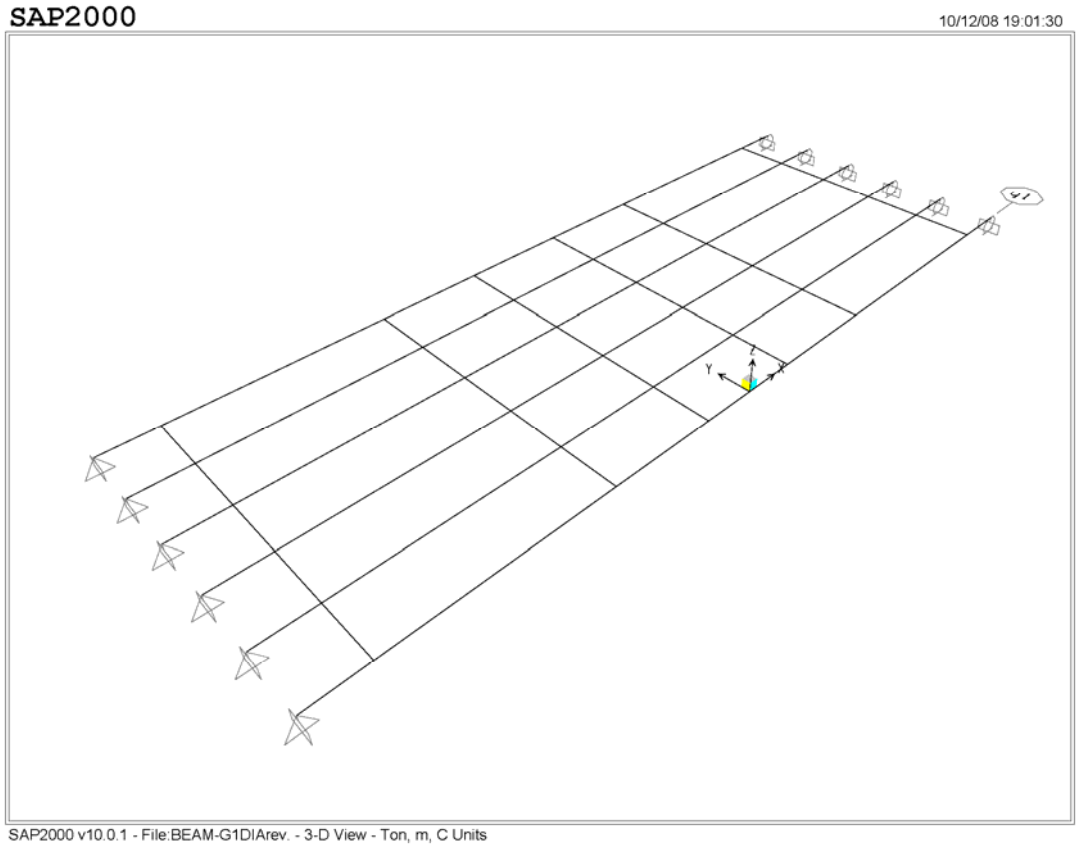


شکل ۱- جانمایی دیافراگمهای عرضی در یک دهانه ار پل

از جمله محدودیت‌هایی که برای ایجاد دیافراگم مواجه هستیم، ارتفاع مقطع شاهتیرهاست. با فرض اضافه نمودن یک ناودانی UNP140 روی بال تحتانی، مقطعی با صلبیت (ممان اینرسی مقطع جدید) $61822\ cm^4$ حاصل می گردد که برای اثبات تأثیرگذاری اضافه نمودن دیافراگم یک آنالیز Grillage از یک دهانه عرشه که شامل شش تیر اصلی با تیرهایی عرضی با مقطع که آن دارای ممان اینرسی $61822\ cm^4$ است، صورت می‌پذیرد.

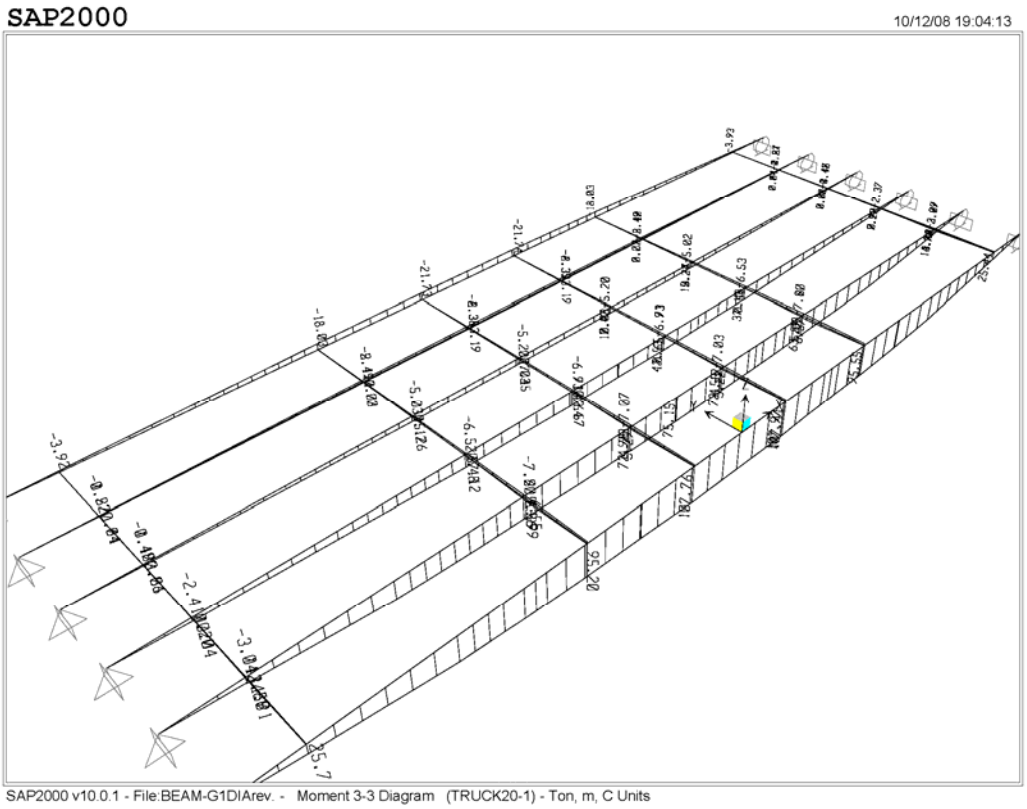
۲- مدل تحلیلی ارزیابی دیافراگم جدید و نتایج تحلیل

برای اثبات تأثیرگذاری دیافراگم اضافه شده، یک مدل تحلیلی از یک دهانه ۲٤ متری عرشه شامل شش شاهتیر و تیرهای عرضی جدید مطابق شکل ۱ با مقطع دوبل ناودانی که ممان اینرسی مقطع برابر با $61822\ cm^4$ می‌باشد، ساخته شده است (شکل ۲).

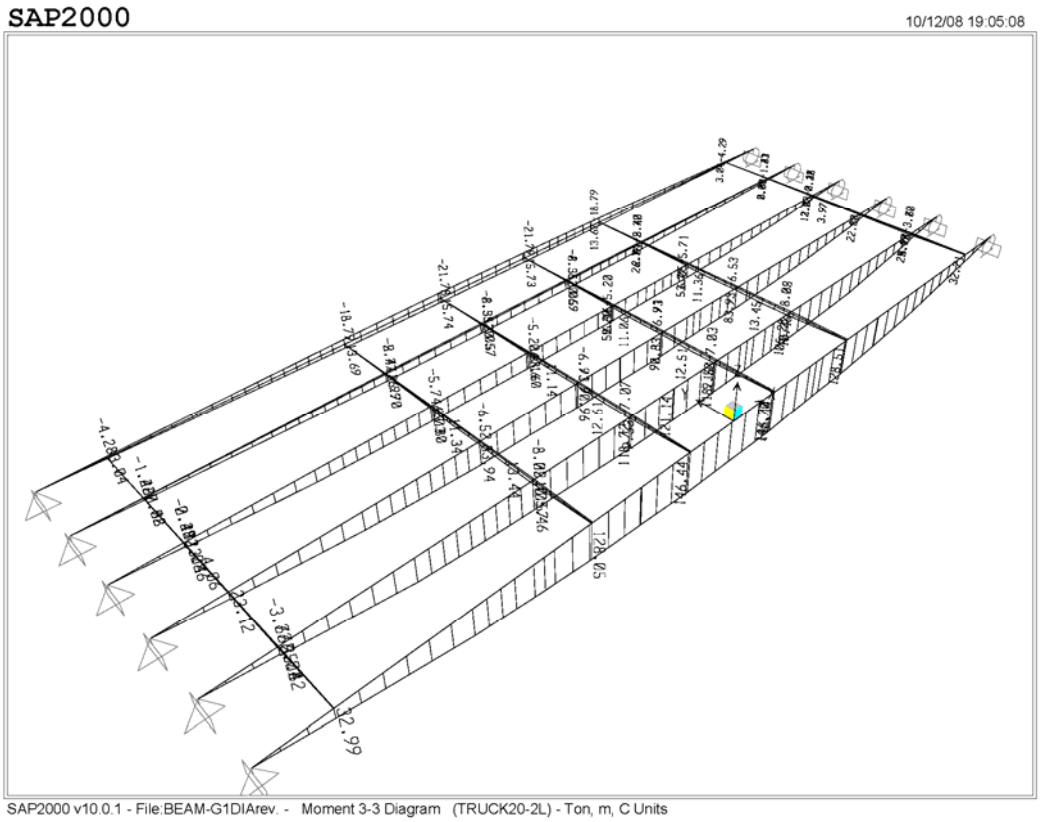


شکل ۲- هندسه مدل تحلیل Grillage یک دهانه عرشه

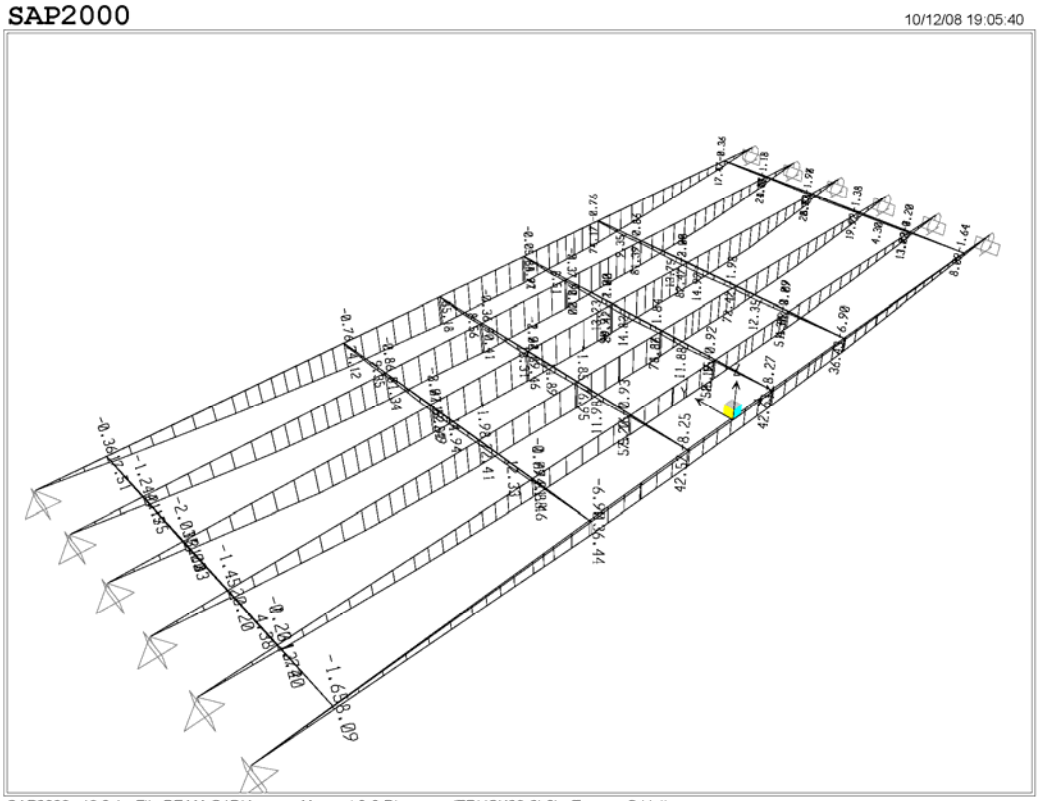
بار زنده (بار ترافیکی) به صورت Moving Load بر سازه اعمال می‌گردد. همانطوری که در پیوست شماره ١٦ ملاحظه گردید بار بهره‌برداری عادی (کامیون ٤٠ تن) به نسبت سایر بارها بحرانی‌تر بوده و ملاک کنترل و طراحی‌ها قرار می‌گیرد. در حالتی که دو کامیون ٤٠ تن مطابق با استاندارد ایران بر روی عرشه پل مجاور یکدیگر و کنار نرده قرار بگیرند، بیشترین تلاش بر شاهتیرها ایجاد می‌گردد (در حالتی که سه کامیون مجاور یکدیگر باشند، ضریب کاهش ۰/۹ بر تلاش‌ها باید منظور گردد که پاسخ های طراحی بحرانی نمی شود). البته برای مقایسه در چهار حالت از قرارگیری کامیون‌های ٤٠ تن ممان خمشی در اشکال زیر نمایش داده شده است.



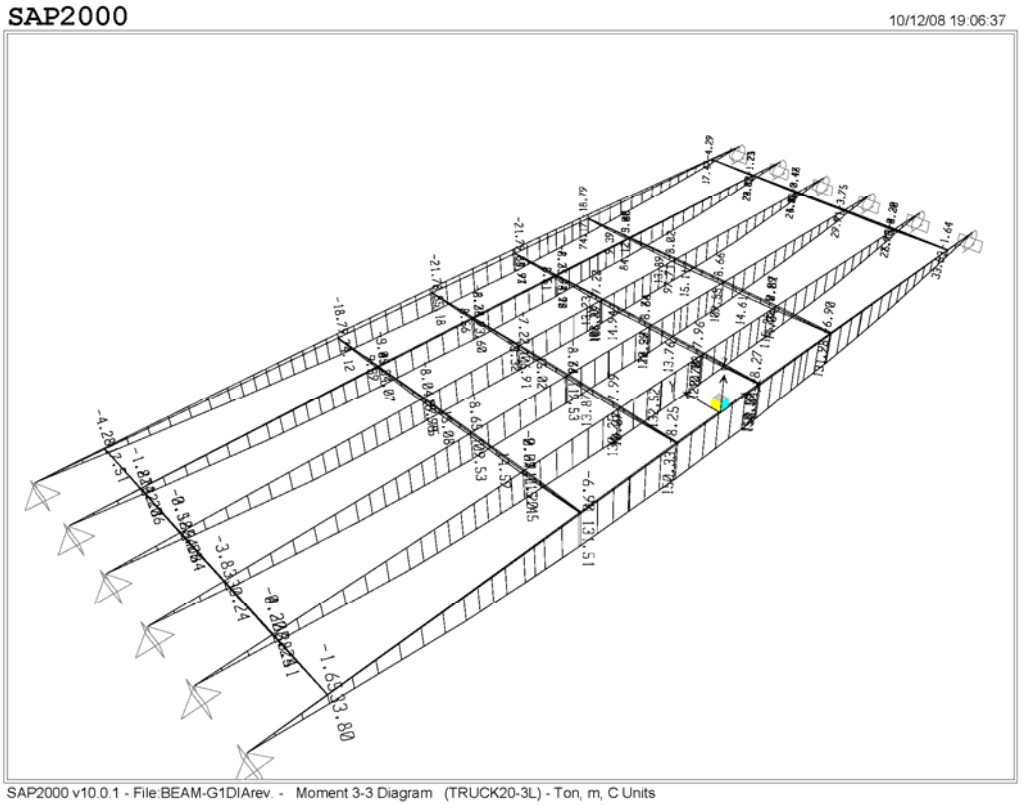
شکل ۳- پوش دیاگرام ممان خمشی در حالتی یک کامیون در مجاور نرده حرکت کنند



شکل ٤- پوش دیاگرام ممان خمشی در حالتی که دو کامیون مجاور یکدیگر و از کنار نرده تردد کنند



شکل ۵- پوش دیاگرام ممان خمشی در حالتی که دو کامیون مجاور یکدیگر و در وسط پل حرکت کنند



شکل ٦- پوش دیاگرام ممان خمشی در حالتی که سه کامیون مجاور یکدیگر از کنار نرده پل حرکت کنند

در تیر کناری که حداکثر تلاش ناشی از عبور بارهای ترافیکی وارد می شود، ممان خمشی و نیروی برشی برابر است:

$M_{\max}(D) = 37.6\,ton$

$M_{\max}(L) = 143.8\,ton$

$M_{\max} = M_{\max}(D) + \delta M_{\max}(L)$

$M_{\max} = 37.6 + 1.18 \times 143.8 = 207.28\,ton.m$

$V_{\max}(D) = 6.27\,ton$

$V_{\max}(L) = 26.28\,ton$

$V_{\max} = V_{\max}(D) + \delta V_{\max}(L)$

$M_{\max} = 6.27 + 1.18 \times 26.28 = 37.28\,ton.m$

مطابق پیوست ۱۶ در حالتی که دیافراگم به عرشه اضافه نشده بود به ترتیب لنگر خمشی و نیروی برش برابر با 290.1 ton.m و برش 52.7 ton بودند که با ایجاد دیافراگم جدید تقریباً ۳۰ درصد از تلاش‌ها کاسته شده است.

۳- کنترل تنش‌های محاسباتی با تنش‌های مجاز

۳-۱- تلاش خمشی

$M_{\max} = 207.28\,ton.m$

$F_b = 0.55F_y = 0.55 \times 3600 = 1980\,{kg}/{cm^2}$

الف- بال فوقانی

$S = 27711.8\,cm^3$

$fb_c = \frac{M}{S_c} = \frac{207.28 \times 10^5}{27711.8} = 748\,{kg}/{cm^2} < F_b = 1980\,{kg}/{cm^2} \qquad O.K.$

ب- بال تحتانی

$S = 10516.2\,cm^3$

$f_{bt} = \frac{M}{S_t} = \frac{207.28 \times 10^5}{10516.2} = 1971\,{kg}/{cm^2} < F_b = 1980\,{kg}/{cm^2} \qquad O.K.$

۳-۲- تلاش برشی

- در بر تکیه‌گاه

$V_{\max} = 37.28\,ton$

$D = 46\,cm$

$t_w = 0.8\,cm$

$d_0 = 150\,cm$

$f_v = \frac{V}{D.t_w} = \frac{37.28 \times 10^3}{46 \times 0.8} = 1013.04\,{kg}/{cm^2}$

$$F_v = \frac{C.F_y}{3}$$

$$\frac{D}{t_w} = \frac{46}{0.8} = 57.5$$

$$K = 5 + \frac{5}{\left(\frac{d_0}{D}\right)^2} = 5 + \frac{5}{\left(\frac{150}{46}\right)^2} = 5.47$$

$$\frac{1587.45\sqrt{K}}{\sqrt{F_y}} = \frac{158745 \times \sqrt{5.47}}{\sqrt{3600}} = 61.88 > D/t_w \rightarrow C = 1.0$$

$$F_v = \frac{3600 \times 1}{3} = 1200\, kg/cm^2$$

$$f_v = 1013.04\, kg/cm^2 < Fv = 1200\, kg/cm^2 \qquad O.K.$$

کنترل‌های خمشی و برشی فوق نمایانگر بهبود رفتار و رفع ضعف ناشی از بارهای بهره‌برداری است.
لازم به تذکر است که با این راه‌کار مقاومت خستگی پل نیز به نحو چشمگیری بهبود خواهد یافت.

٤- کنترل تغییر مکان

با ایجاد دیافراگم حدود ۳۰ درصد از تلاش‌ها کم شده است و به همین ترتیب حداکثر خیز ناشی از بارهای بهره‌برداری به ٤٦/۸ میلیمتر می‌رسد که با لحاظ کردن ضریب ضربه به ۵۵ میلی‌متر می‌رسد. مقدار مجاز خیز ۳۰ میلی‌متر که با وجود اضافه نمودن دیافراگم خیز فراتر از محدوده مجاز می‌باشد ولی به نسبت حالت اولیه ۳۰ درصد کاهش می‌یابد (مطابق محاسبات پیوست ١٦ خیز اولیه 85mm است).

۵- طراحی و دیافراگم

۵-۱- طراحی و کنترل مقاطع دیافراگم عرضی

طبق توصیه استاندارد آشتو مهارهای عرضی در دو انتهای دهانه، در داخل دهانه در فواصلی که از ۷/۵ متر تجاوز نکند لازم می‌باشد. ارتفاع مهارهای عرضی یا تیرهای عرضی لااقل باید از $\frac{1}{3}$ ارتفاع تیر ورق باشد. بهتر است که این ارتفاع $\frac{1}{2}$ ارتفاع تیر ورق و یا بیشتر باشد.
کوچکترین نیمرخی که برای این کار توسط آئین‌نامه آشتو مجاز دانسته شده است، نبشی ۸×۸۰×۸۰ میلی‌متر می‌باشد که در دو انتها باید توسط پیچ یا جوش متصل شود.
همچنین اعضای مهار عرضی باید لاغری حداقل ١٤٠ باشند.

بر اساس استاندارد آشتو ماکزیمم نیروی افقی (F_D) در دیافراگم‌های عرضی از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$F_D = 0.52 W.S_d$$

W: فشار جانبی ناشی از باد بر روی عرشه‌های بر حسب kg/m

S_d: فواصل بین دیافراگم‌ها

فشار ناشی بار بر اساس نشریه ۱۳۹، برابر با $250\ kg/m^2$ می‌باشد لذا با توجه به اینکه ارتفاع نرده ۱۵۰ سانتی‌متر و ارتفاع شاهتیر ۱۱۰ سانتی‌متر می‌باشد، داریم:

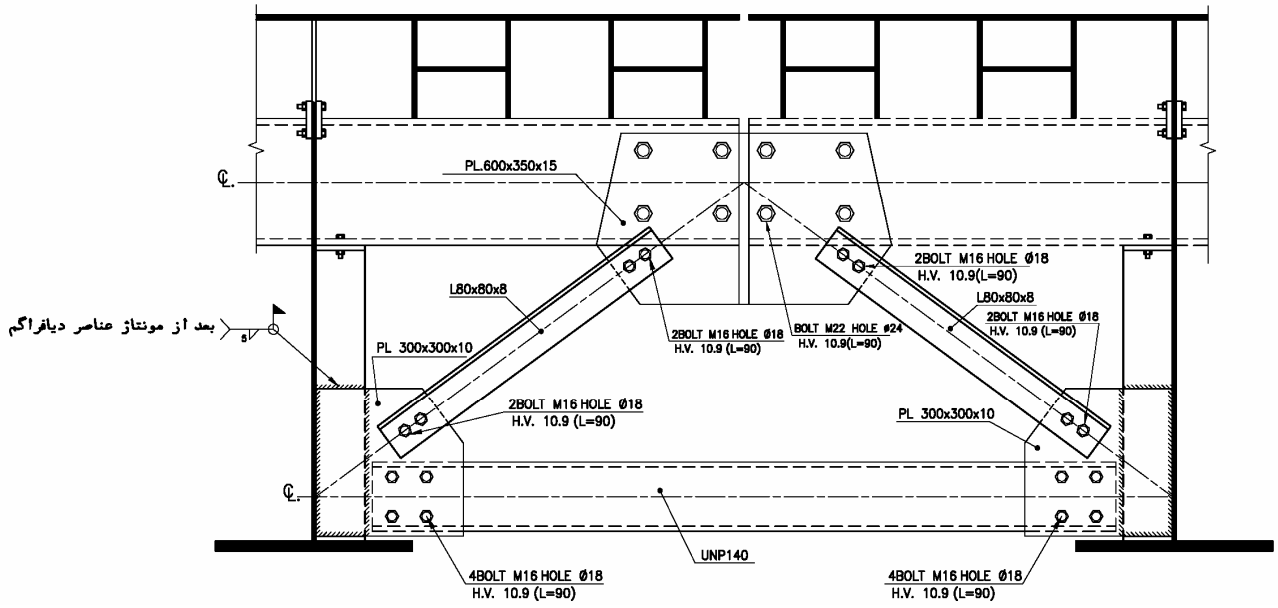
$$W = 250 \times (1.5 + 1.1) = 650\ {}^{kg}/_{m^2}$$

$$S_d = 4.5m$$

$$F_D = 0.52 \times 650 \times 4.5 \times 10^{-3} = 1.52\ ton$$

$$\text{نیروی وارد بر هر مهاربند} = \frac{1.52}{2 \times 0.8} = 0.95\ ton$$

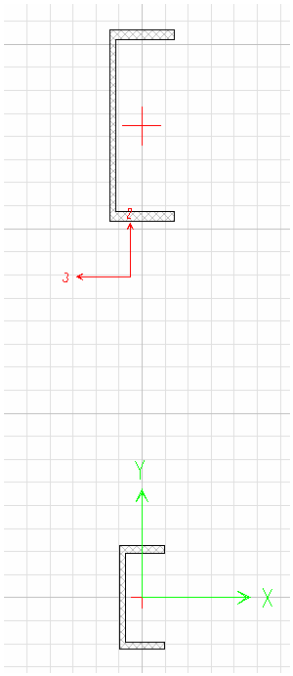
این نیرو خیلی کمتر از ظرفیت یک مقطع حداقل مطابق با استاندارد آشتو یعنی نبشی ۸×۸۰×۸۰ می‌باشد. لذا اعضای قطری دیافراگم همان مقطع حداقل آشتو یعنی L۸×۸۰×۸۰ انتخاب می شود. (شکل ۷).



شکل ۷- جزییات دیافراگم اضافه شده بین دو شاهتیر

بر اساس تحلیل‌های انجام شده دیافراگم‌های عرضی در بحرانی‌ترین حالت تحت ممان خمشی ۱۳/۵۰ تن متر و ۷/۲۰ تن، برش قرار دارد. بنابراین مقطع ترکیبی باید کفایت لازم در برابر این تلاش‌ها را دارا باشد.

مطابق شکل زیر مشخصات مقطع معادل برابر است با:



شکل ۸- نمای مقطع دیافراگم اضافه شده

$A = 63.48 cm^2$

$S = 1225.8 cm^3$

$A_v = 31.12 cm^2$

$$f_b = \frac{M}{S} = \frac{13.5 \times 10^5}{1225.8} = 1101.3 \, {kg}/{cm^2} < F_b = 0.55 \times 2400 = 1320 \, {kg}/{cm^2}$$

$$f_v = \frac{V}{A_v} == \frac{7.2 \times 10^3}{31.12} = 231.36 < F_v = \frac{f_y}{3} = \frac{2400}{3} = 800 \, {kg}/{cm^2}$$

۵-۲- کنترل و طراحی اتصالات دیافراگم

در شکل ۷ جزئیات اتصال دیافراگم عرضی در بین دو شاهتیر را نشان می‌دهد. چنانچه ملاحظه می‌گردد اتصالات به گونه‌ای طرح شده‌اند که با تعویض ورق اتصال ما بین تیرهای عرضی(U260) و الصاق ورقه اتصال کمکی بجای آن و الحاق دو ورق اتصال کمکی به ورقهای سخت کننده اعضای جدید(UNP140,L80×80×8) به آنها متصل می‌گردند.

۵-۲-۱- طراحی اتصال اعضای مورب (L80×80×8)

تلاش وارده بر این عضو قطری خیلی کوچک‌تر از ظرفیت آن می‌باشد لذا، اتصال آن را ۵۰ درصد ظرفیت، طرح می‌کنیم.

$L80\times80\times8 \rightarrow A = 12.3\,cm^2$

$F_t = 0.55\,F_y, F_y = 2400\ (ST-37)\ {}^{kg}\!/_{cm^2}$

$F_t = 0.55\times2400 = 1320\ {}^{kg}\!/_{cm^2}$

$T = A.F_t \Rightarrow T = 12.3\times1320\times10^{-3} = 16.24\ ton$

$T_{design} = 0.5\times16.24 = 8.12\ ton$

- وصله پیچی با پیچ پر مقاوم H.V.10.9

$F_v = 0.2F_u$ (تنش مجاز برش پیچ پرمقاومت)

$F_u = 10000\ {}^{kg}\!/_{cm^2}$ (ظرفیت نهایی پیچ)

$F_v = 2000\ {}^{kg}\!/_{cm^2}$ (تنش مجاز برشی پیچ)

$A_{req.} = \frac{8.12\times10^3}{2\times2000} = 2.03 \rightarrow USE\ \ 2M16\ (H.V.10.9.)$

تنش مجاز لهیدگی L80×80×8 (ST-37): $F_P = 1.2F_u = 1.2\times3700 = 4440\ {}^{kg}\!/_{cm^2}$

تنش موجود لهیدگی در نبشی : $f_p = \frac{8120}{2\times1.6\times.8} = 3171.9\ {}^{kg}\!/_{cm^2} < 4440\ {}^{kg}\!/_{cm^2}$

- کنترل فاصله از لبه ورق

$L_e \geq \frac{2P}{F_{u.}t} + \frac{d}{2}$

$L_e = \frac{2\times8120/2}{3700\times1.5} + \frac{1.6}{2} = 3.0\,cm \cong 3.0cm \qquad O.K.$

۵-۲-۲- اتصال ناودانی UNP140 به ورقه اتصال کمکی

در اثر خمش حاصله در دیافراگم ناودانی تحت نیروی فشار یا کشش و برش قرار دارد.

نیروی حاصل از لنگر خمش: $T\ or\ P = \frac{M}{d} = \frac{13.5}{0.82} = 16.46\,ton$

نیروی برش وارد بر ناودانی*$\rightarrow V = 7.2\times\left(\frac{0.7\times14}{0.7\times14+0.82\times26}\right) = 2.27\ ton$

* به نسبت سطح برش نیروی برشی تحمل می‌کند.

- وصله پیچی با پیچ پر مقاوم H.V.10.9

فرض : 4 M 16 (H.V.10.9)

$$f_{vx} = \frac{T}{A_{bolt}} = \frac{16.46 \times 10^3}{4 \times 2.01} = 2047.26 \, kg/cm^2$$

$$f_{vy} = \frac{V}{A_{bolt}} = \frac{2.27 \times 10^3}{4 \times 2.01} = 282.34 \, kg/cm^2$$

$$f_v = \sqrt{f_{vx}^{\,2} + f_{vy}^{\,2}} = \sqrt{2047.26^2 + 282.34^2} = 2067 \, kg/cm^2$$

$F_v = 0.2 F_u$ (تنش مجاز برش پیچ پرمقاومت)

$F_u = 10000 \, kg/cm^2$ (ظرفیت نهایی پیچ)

$F_v = 2000 \, kg/cm^2$ (تنش مجاز برشی پیچ)

$f_v = 2067 kg/cm^2 > F_v = 2000 kg/cm^2 \quad SAY \quad O.K.$

UNP 140 تنش مجاز لهیدگی: $F_P = 1.2 F_u = 1.2 \times 3700 = 4440 \, kg/cm^2$ (ST-37)

تنش موجود لهیدگی در ناودانی : $f_p = \frac{16.46 \times 10^3}{4 \times 1.6 \times .7} = 3674 \, kg/cm^2 < 4440 \, kg/cm^2$

- کنترل فاصله از لبه ورق

$$L_e \geq \frac{2P}{F_{u.} t} + \frac{d}{2}$$

$$L_e = \frac{2 \times 16.46 \times 10^3 / 4}{3700 \times 0.7} + \frac{1.6}{2} = 4 cm = 3.0 cm \qquad O.K.$$

۵-۲-۳-کنترل ورق اتصال کمکی

- کنترل تنش کششی در عرض موثر وتیمور (W)

$$f = \frac{P}{w_t} \leq 0.55 F_y \;,\; F_y = 2400 \, kg/cm^2$$

$P = 16.46 ton$

$W = 1 + 14 + 11 = 36 cm$

$t = 10 mm$

$$f = \frac{16.46 \times 10^3}{36 \times 1} = 457.2 < 1320 \, kg/cm^2$$

- کنترل جوش اتصال ورق سخت‌کننده

T=P=16.46 ton (ناشی از ناودانی u140)

V=2.27 ton (ناشی از ناودانی u140)

T=1×0.8=0.8 ton (ناشی نبشی)

V=1×0.6=0.6 ton (ناشی نبشی)

$F_x = 17.26$ ton

$F_y = 2.87$ ton

فرض: $\left.\begin{matrix} a_w = 6mm \\ L_w = 70cm \end{matrix}\right\} \rightarrow Aw = 0.6 \times 70 = 42\,cm^2$

$$f_{vx} = \frac{17.26 \times 10^3}{42} = 410.95\,{kg}/{cm^2}$$

$$f_{vy} = \frac{2.87 \times 10^3}{42} = 68.33\,{kg}/{cm^2}$$

$$f_v = \sqrt{(f_{vx})^2 + (f_{vy})^2} = \sqrt{410.95^2 + 68.33^2}$$

$$f_v = 416.60\,{kg}/{cm^2}$$

$$F_v = 600\,{kg}/{cm^2} \rightarrow f_v = 416.60\,{kg}/{cm^2} < F_v = 600\,{kg}/{cm^2} \qquad O.K.$$

پیوست ۱۸

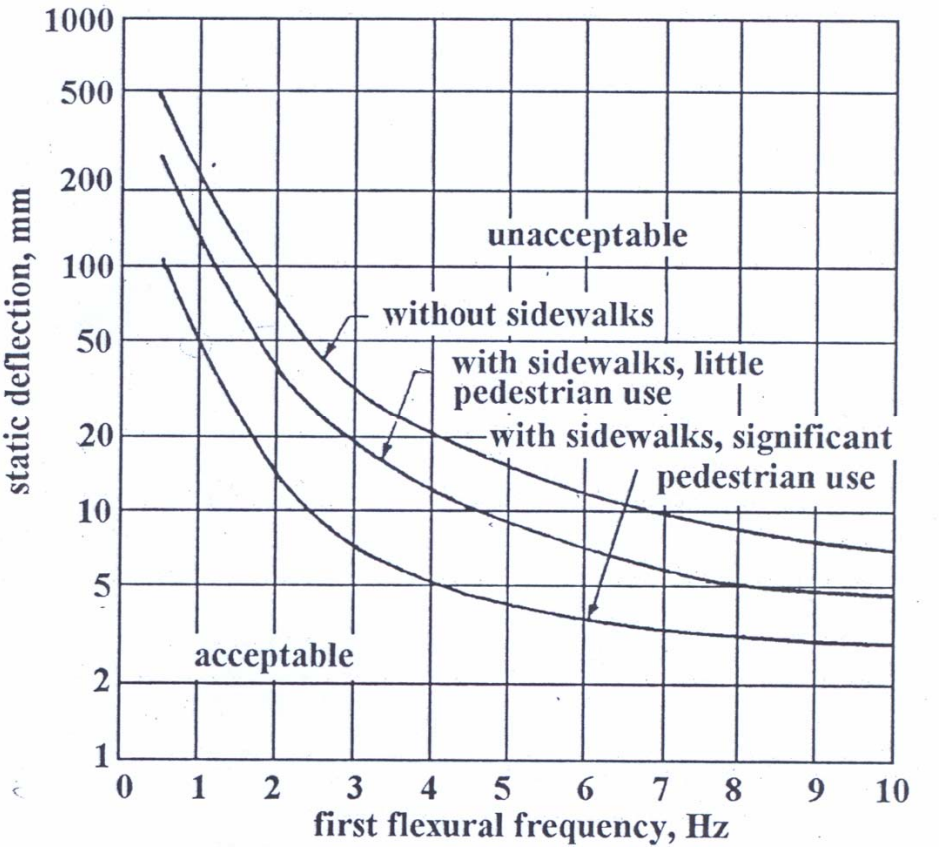
بررسی ارتعاشات عرشه پل و راه‌کارهای کاهش آن

۱- مقدمه

یکی از مهمترین عوامل بر عملکرد پل‌ها، به خصوص پل‌های فلزی، مسئله لرزش و ارتعاشات آن می‌باشد. زیرا با کاهش ارتعاشات پل می‌توان پدیده خستگی اعضا را تا حدود زیاد کنترل نمود. در آئین‌نامه‌های طراحی پل معیار کنترل تغییر شکل‌ها تحت بار زنده به عنوان جایگزین، برای کنترل لرزش پل تحت بار زنده به کار گرفته شده است. استاندارد آشتو LRFD , 2006 بیان می‌دارد در صورتی که بر اساس یک روش منطقی از طریق تحلیل یا تجربه اثبات شود لرزش‌های پل از حدود آزار دهنده برای کاربران پل تجاوز نمی کنند، امکان کنار گذاشتن معیار تغییر شکل وجود خواهد داشت.

در این میان روش آئین‌نامه اونتاریو (استاندارد کانادا) که مورد تأیید آشتو نیز قرار گرفته به عنوان قابل قبول‌ترین معیار در کنترل ارتعاش پل‌ها توسط طراحان به کار گرفته می‌شود.

استاندارد کانادا لرزش‌های پل را به صورت یک مسئله دینامیکی ارتعاش آزاد می‌نگرد و سعی می‌نماید با تأثیرگذاری بر پارامترهای موثر در مسئله شامل جرم، سختی و میرایی، دامنه ارتعاشات پل را کاهش دهد و رابطه‌ای بین فرکانس طبیعی و ماکزیمم خیز روسازه برای ارزیابی مقبولیت وضعیت ارتعاش پل مطابق شکل زیر با توجه به احتمال عبور عابران پیاده معرفی نموده است.



شکل ۱- رابطه بین فرکانس طبیعی در برابر خیز(آیین نامه اونتاریو)

بکارگیری دیافراگم‌های عرضی که برای کاهش دامنه تغییر مکان و توزیع بارهای بهره‌برداری بین تمامی

شاهتیرها موثر بوده ولی بر روی خواص دینامیکی عرشه تأثیری نمی‌گذارد. افزایش سختی تیرها به معنی تقویت آن‌ها از نظر خمشی بوده و با جواب‌گیری از رهیافت دیافراگم‌های عرضی در کنترل تنش ها توجیهی برای آن باقی نمی‌ماند. تنها پارامترهای قابل تغییر افزایش جرم مرده عرشه و میرایی تکیه‌گاه‌هاست. سایر عواملی می‌توان بر لرزش پل تأثیرگذار باشد، به وضعیت روسازی عرشه، سرعت وسایل نقلیه و مشخصه‌های دینامیکی خودروها می‌توان اشاره کرد. که به جز اصلاح وضعیت روسازه عرشه سایر موارد در کوتاه مدت قابل کنترل نمی‌باشد.

از میان کلیه پارامترها عنوان شده برای بهبود وضعیت ارتعاشی شاید بتوان اضافه کردن جرم را به عنوان موثرترین و ساده‌ترین روش بیان کرد و در این پیوست به بررسی و ارزیابی بیشتر در مورد اضافه‌سازی جرم به عرشه پل‌ها می پردازیم.

۲- تأثیر اضافه‌سازی جرم

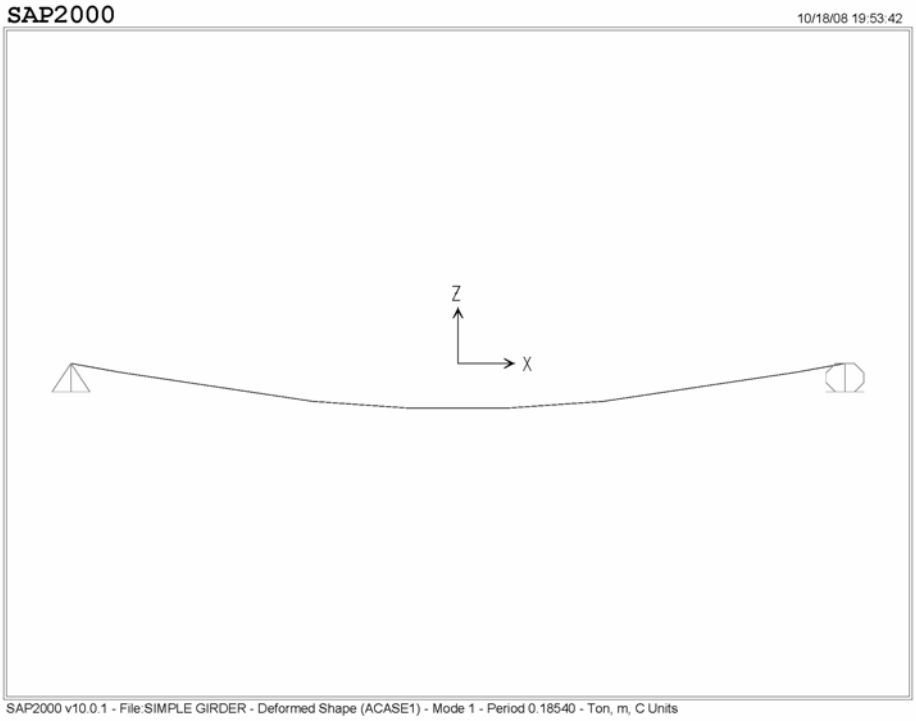
برای بررسی و ارزیابی تأثیر اضافه‌سازی جرم، مدل تحلیلی که برای بررسی و اثبات تأثیر دیافراگم‌های عرضی ساخته شده با اضافه نمودن جرم مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

شکل ۲ زمان تناوب یک شاهتیر عرشه را نمایش دهد که در این حالت فرکانس طبیعی آن 5.394 HZ قبل از ایجاد دیافراگم می‌باشد. در حالتی که تیرهای عرشه با دیافراگم عرضی جدید به یکدیگر مرتبط شوند. فرکانس طبیعی سازه تا مقدار 4.665 HZ کاهش می‌یابد (شکل ۳). حال اگر در وسط هر تیر یک وزنه یک تنی اضافه گردد، فرکانس طبیعی سازه برابر با 4.339 HZ خواهد شد (شکل٤). بنابراین فرکانس طبیعی سازه به میزان ۲۰ درصد کاهش می‌یابد. در شکل ۵ نموداری از کاهش فرکانس طبیعی سازه به نسبت جرم‌های اضافه شده برای شش شاهتیر نشان داده شده است. چنانچه ملاحظه می‌گردد بین کاهش فرکانس طبیعی سازه و افزایش جرم در وسط هر شاهتیر تقریباً یک رابطه غیرخطی حکمفرماست و تا اضافه کردن ٤ تن به هر شاهتیر به طور خطی کاهش فرکانس در جریان می‌باشد و با افزایش جرم بیشتر این روند غیرخطی می‌شود.

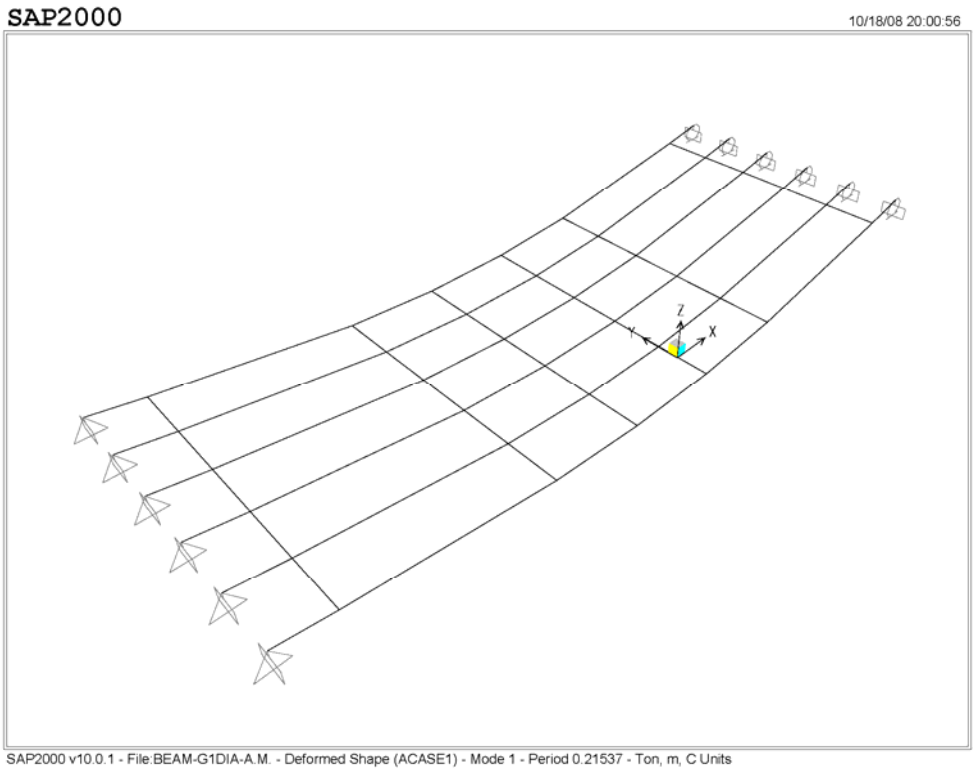
۳- محل اضافه کردن جرم

به غیر از میزان وزن اضافه شده به هر شاهتیر محل و موقعیت جرمهای اضافه شده بر فرکانس ارتعاشی طبیعی پل تأثیر می‌گذارد. به عنوان مثال وقتی وزنه یک تنی را به وسط دهانه اضافه کنیم فرکانس طبیعی سازه عرشه 4.339 HZ است ولی وقتی این وزنه‌ها را به صورت ٤ وزنه ۲۵۰ کیلوگرمی که بر زیر هر شاهتیر به فواصل ۳ متری از مرکز شاهتیر اضافه کنیم فرکانس ارتعاشی عرشه برابر با 4.3786 HZ می‌باشد(شکل ٦).

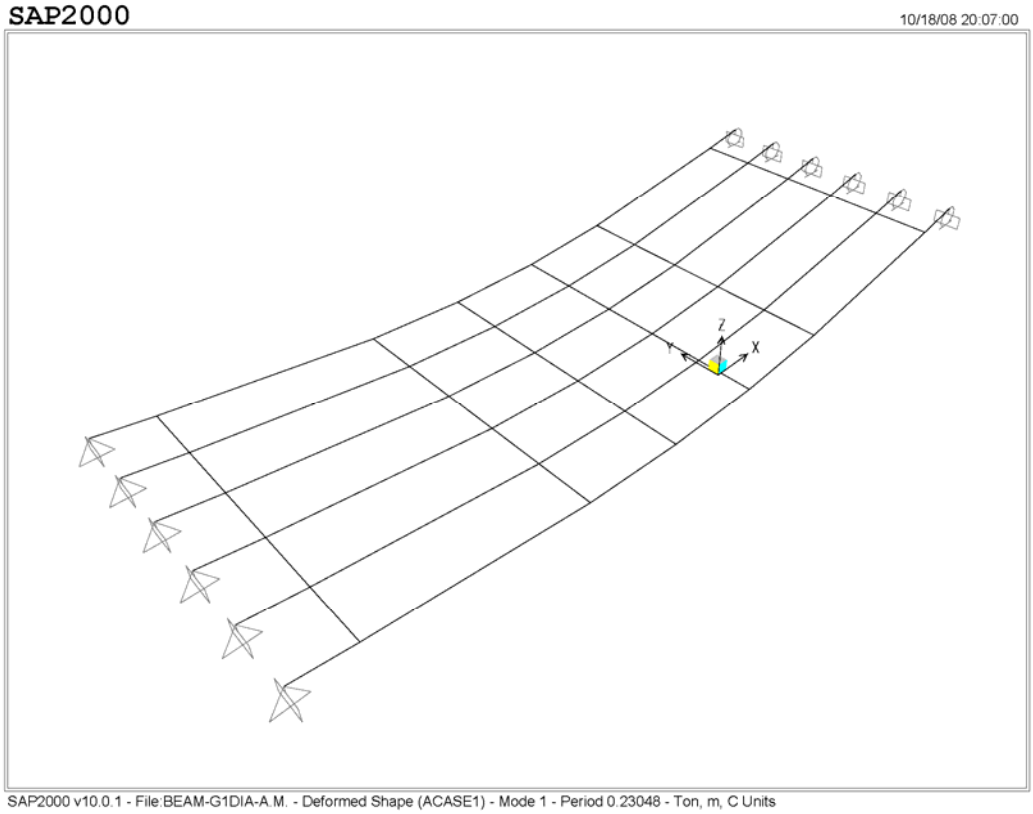
بنابراین بهترین موقعیت برای اضافه نمودن جرم در هر شاهتیر وسط دهانه می‌باشد.



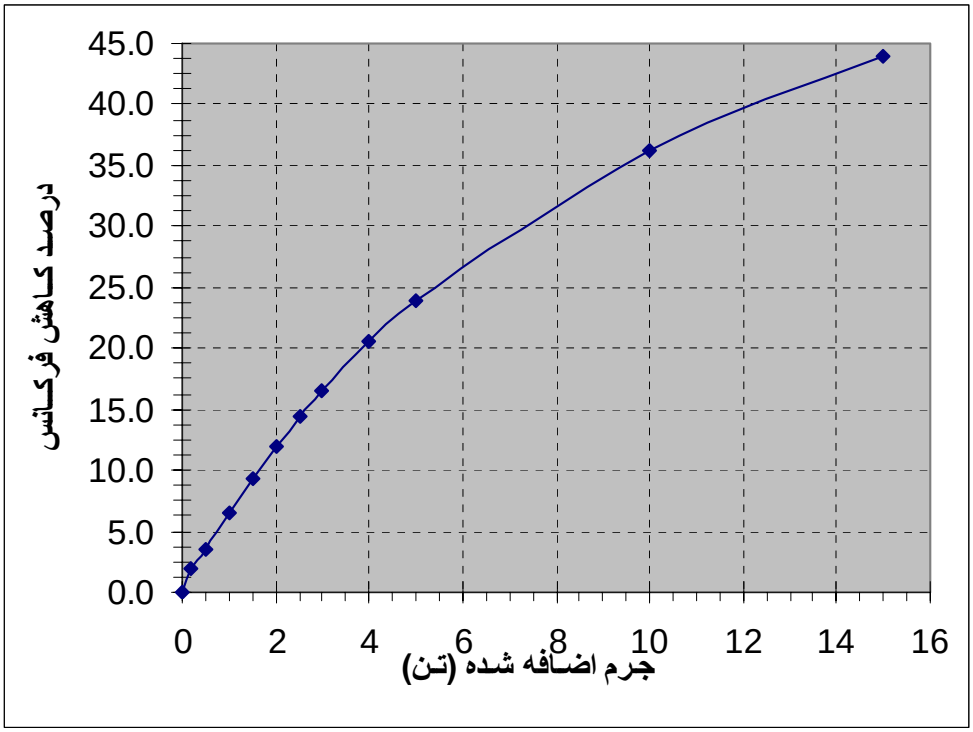
شکل ۲- زمان تناوب مود اصلی ارتعاشی یک شاهتیر



شکل ۳- زمان تناوب مود اصلی ارتعاشی عرشه با اضافه نمودن دیافراگم عرضی



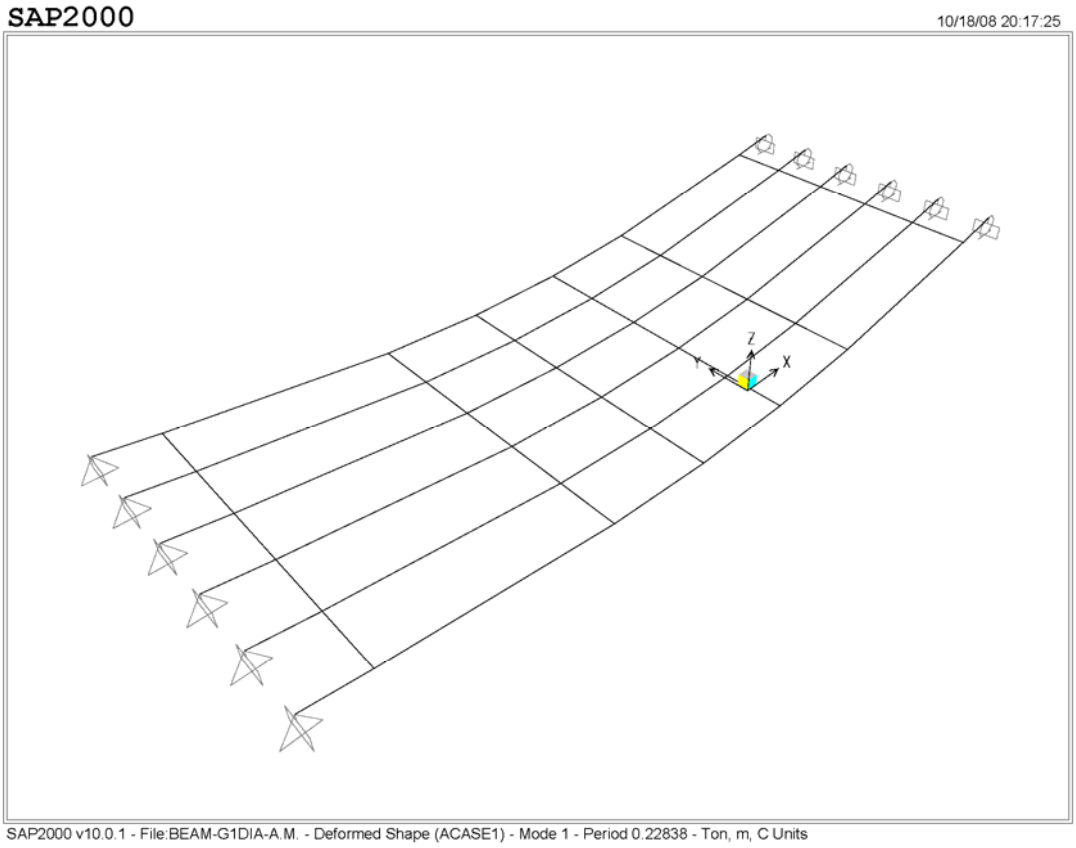
شکل ٤- زمان تناوب مود اصلی ارتعاشی عرشه با اضافه نمودن دیافراگم عرضی و یک وزنه یک تنی زیر هر شاهتیر



شکل ٥- نمودار کاهش فرکانس ارتعاش آزاد عرشه با افزایش جرم عرشه

با اضافه کردن دیافراگم‌های عرضی به جای اضافه کردن ٦ وزنه یک تنی به هر شاهتیر می‌توان یک وزنه ٦ تنی

را روی دیافراگم وسطی قرار داد که در این حالت فرکانس ارتعاشی پل برابر با 4.3719 HZ می‌باشد(شکل ۷). بنابراین وقتی وزنه‌ها به زیر یک دیافراگم متصل شود با کاهش فرکانس طبیعی پل به میزان ۱۹ درصد وضعیت ارتعاشی سازه به نحو قابل ملاحظه ای بهبود می‌یابد.

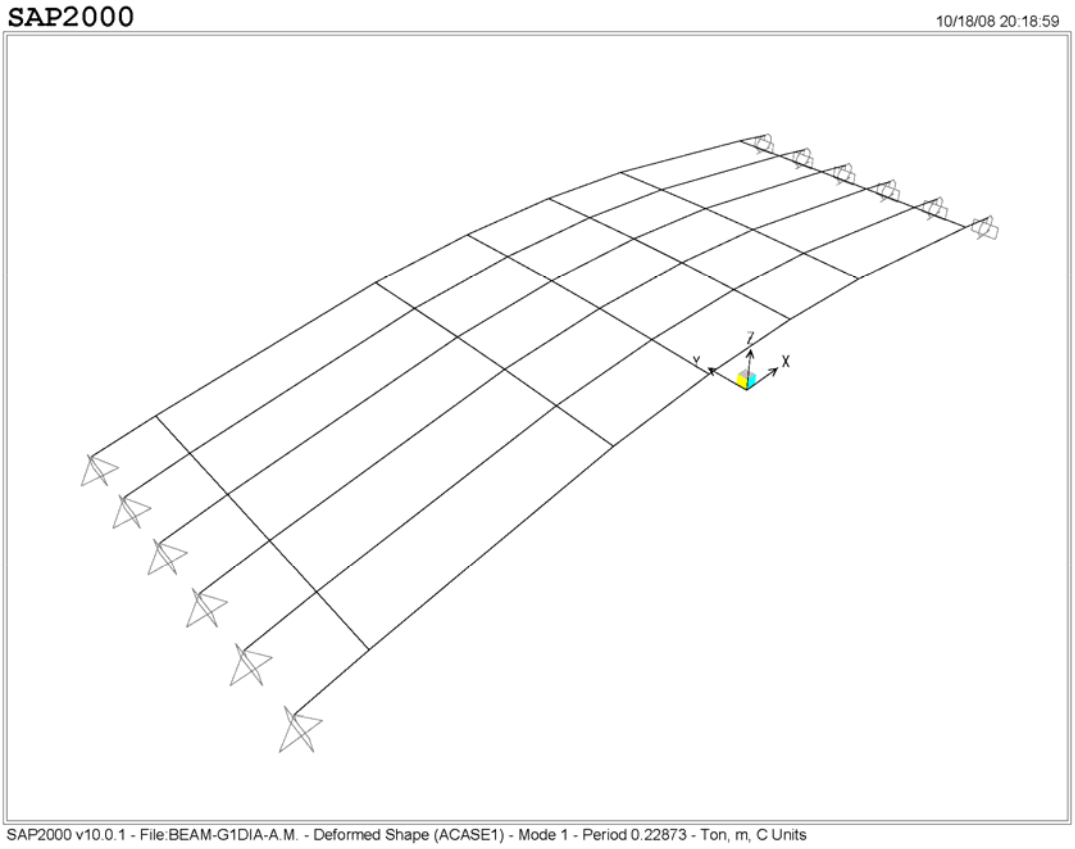


شکل ٦- زمان تناوب مود اصلی ارتعاشی عرشه با اضافه نمودن ٤ وزنه ۲۵۰ کیلویی به هر شاهتیر

٤- جمع‌بندی نتیجه‌گیری

عملکرد سازه‌ای پل به وضعیت ارتعاشی و لرزش‌های به وجود آمده در آن بستگی تام دارد. با افزایش لرزش‌ها در پل‌های فلزی خرابی پل در اثر خستگی محتمل‌تر خواهد گردید.

برای بهبود وضعیت ارتعاشی پل به عنوان موثرترین روش افزایش سختی پل یا همان تقویت شاهتیرهاست که بسیار پر هزینه می باشد. سایر روش‌ها نظیر اصلاح روسازی پل نیز مطرح می باشند. به منظور کاهش دامنه نوسانات و کاهش خیز پل با اضافه سازی دیافراگم‌های عرضی به عرشه یک راهکار مؤثر است. مهمترین مسئله روسازه وجود اختلاف رقوم تراز بالای شاهتیرهاست که باعث تشدید اثر ضربه بر روی عرشه می‌گردد.

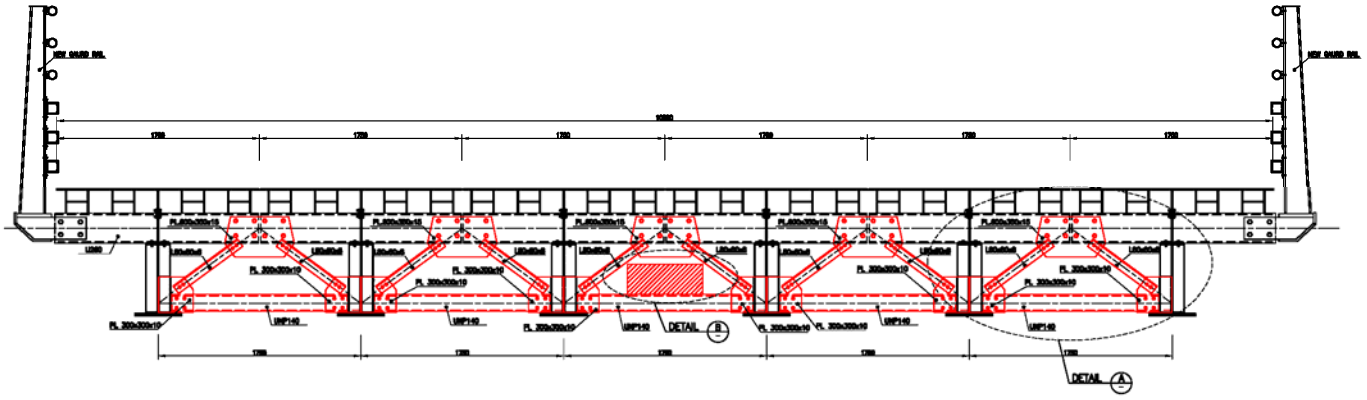


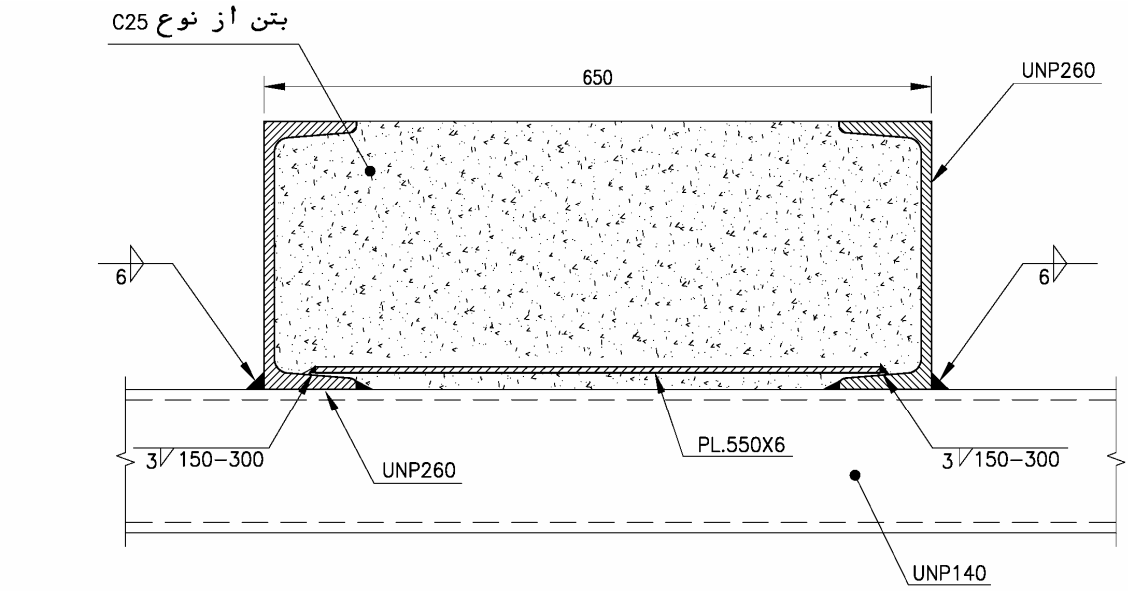
شکل ۷- زمان تناوب مود اصلی ارتعاشی عرشه با اضافه نمودن یک وزنه ٦ تنی به دیافراگم عرشه

با تعویض نئوپرن‌ها و فیلرگذاری مناسب و البته جایگزینی درزگیر مناسب بین درزهای عرضی می‌توان تا حدود بسیاری وضعیت ارتعاشی پل را بهبود بخشید. برای بهبود نسبی فرکانس طبیعی عرشه پل اضافه کردن جرم نسبتاً کمی به عنوان پیشنهاد این مشاور مطرح می‌گردد.

این جرم شامل یک وزنه ٦ تنی بتنی است که به صورت یک مقطع تیر روی دیافراگم‌های اضافه شده مطابق جزئیات شکل ۸ است. در این حالت از فرکانس ارتعاشی پل در حدود ۱۹ درصد کاسته می‌شود. بر اساس گراف استاندارد کانادا و یا آئین‌نامه اونتاریو وضعیت ارتعاشی با تقویت انجام پذیرفته شده هنوز غیرقابل پذیرش است ولی وضعیت خیلی بهتر شده است (شکل ۹).

همانطوری که در بخش (٤-۱۰) متن اصلی گزارش اشاره گردید قبل از تعمیم را هر کارهای ارائه شده این به عرشه برای تمام پل‌های ارتوتروپیک شهر تهران، لازم است ابتدا آزمایشهای ساده ای انجام شده پس از حصول اطمینان از کفایت و میزان تأثیر روش‌های پیشنهادی، اضافه‌سازی دیافراگم و جرم بتنی در مورد تمام دهانه قابل اجرا می‌باشد.



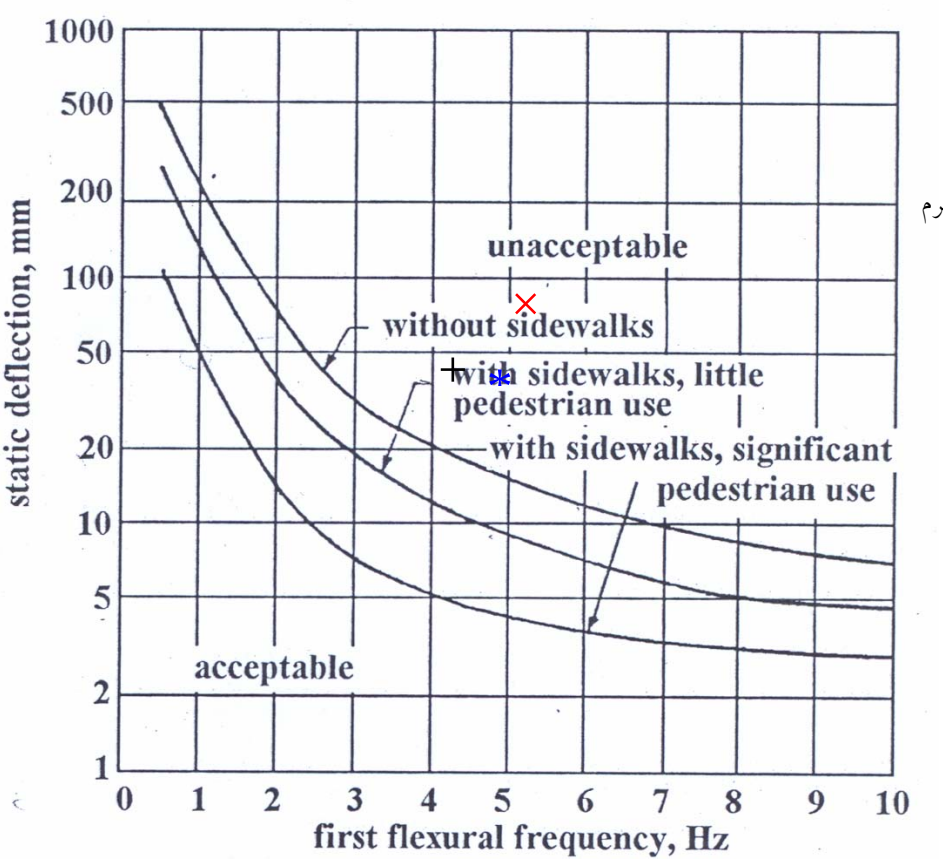


شکل ۸- جزییات جرم اضافه شده به دیافراگم

× وضعیت موجود عرشه

❋ با اضافه نمودن دیافراگم

+ با اضافه کردن دیافراگم و جرم



شکل ۹- وضعیت ارتعاشی سازه در حالتهای مختلف

پیوست ۱۹

دستورالعمل و طرح اجرائی اضافه‌سازی دیافراگم‌های عرضی به عرشه پل

۱- هدف

این دستورالعمل شامل راهنمای نصب و اجرای دیافراگم عرضی اضافه شده مطابق مشخصات فنی اجرای کارهای فلزی به همراه نقشه‌های اجرایی آن است.

دیافراگم‌ها تاثیر زیادی در توزیع عرضی بار و کاهش تنش و خستگی شاهتیرها دارند و تغییر شکل پل را نیز کاهش می‌دهند.

۲- روش اجرا

۲-۱- اجرای دیافراگم عرضی اضافه شده

مراحل نصب و اجرای دیافراگم‌های عرضی عبارتند است از:

الف) تهیه نیمرخ‌های ناودانی ۱٤ و نبش ۸، ورقه‌های اتصال، پیچ‌ها و الکترود مصرفی و تهیه نقشه‌های کارگاهی براساس نقشه ارائه شده برای تائید دستگاه نظارت.

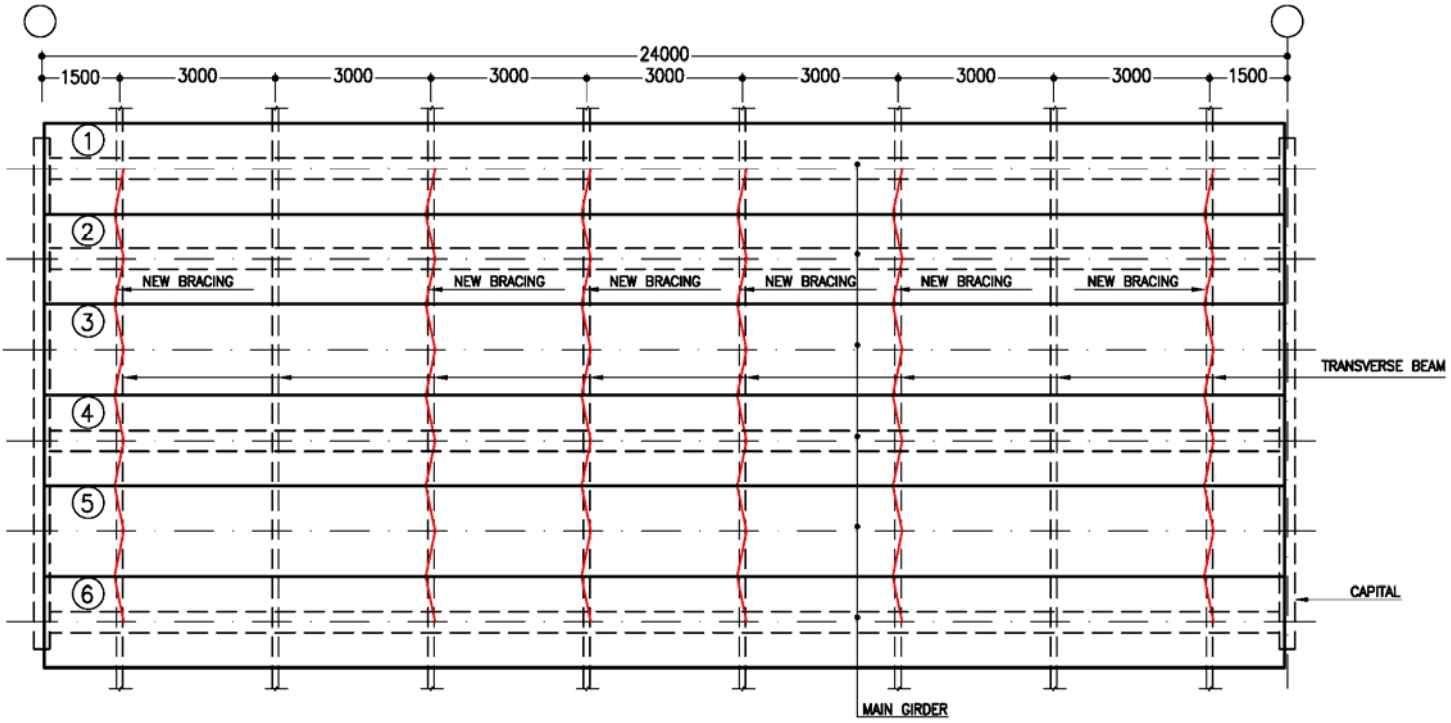
ب) ساخت قطعات بر اساس نقشه‌های کارگاهی و با رعایت اصول مندرج در مشخصات فنی.

ج) آماده‌سازی سطوح و اجرای رنگ مقاطع فولادی مصرفی بر اساس پیوست ۹ و ۱۰ این مجموعه گزارش به ترتیب با عناوین، مشخصات فنی و دستورالعمل اجرایی آماده‌سازی سطوح فلزی برای اجرای رنگ(پیوست ۹) و مشخصات فنی و دستورالعمل اجرای رنگ بر روی پل‌های فلزی شهر تهران (پیوست ۱۰).

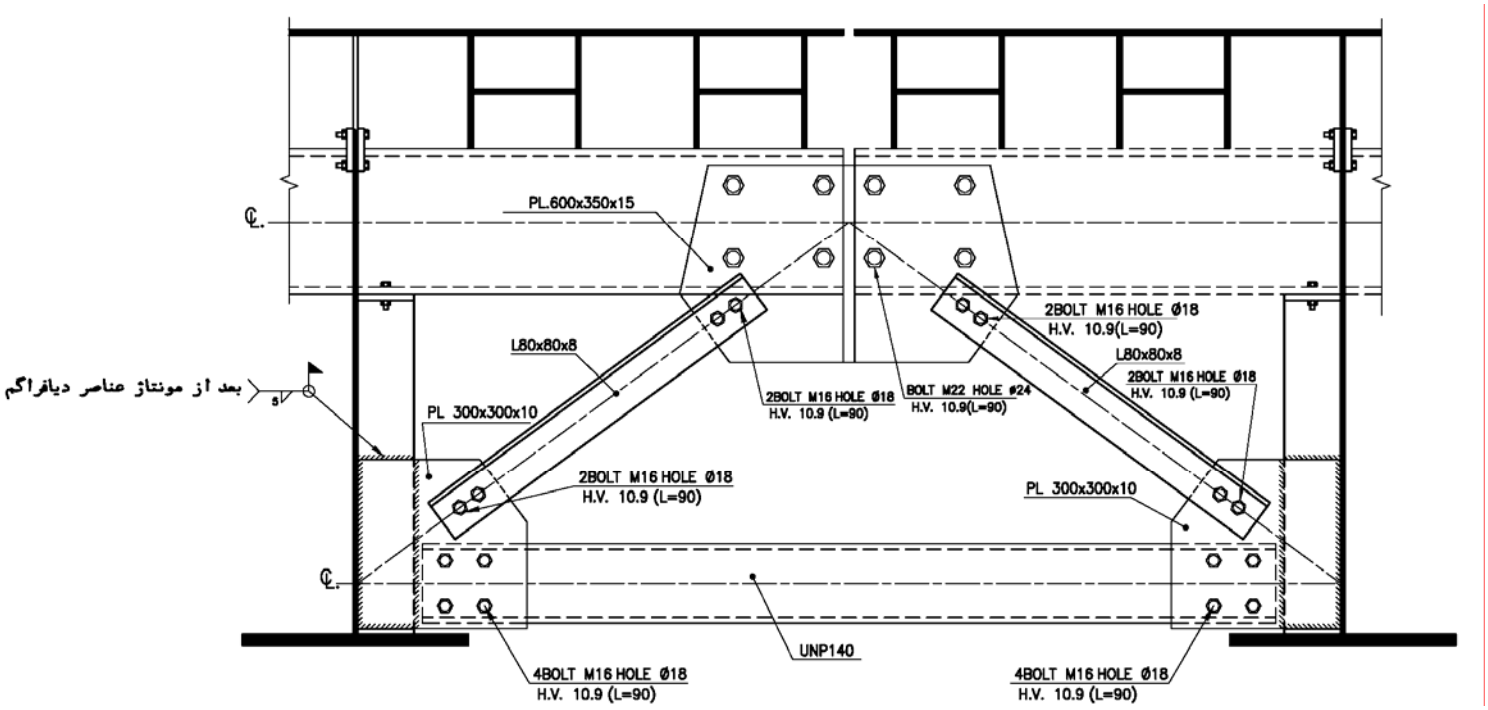
د) محصورسازی محوطه‌ای در زیر پل با اختصاص نگهبان و حمل و دپوی پروفیل‌ها و ورقه‌های کمکی اتصال به کارگاه پس از انجام مراحل ساخت و رنگ.

ه) باز نمودن پیچ‌های ورقه‌های اتصال تیرهای عرضی (ناودانی‌های U260) و جایگزین نمودن ورقه‌های اتصال با ورقه‌های کمکی اتصال برای انجام این عملیات لازم است.

- باز کردن ورقه‌های اتصال به ترتیب، از اولین محور در مجاور تکیه‌گاه آغاز شده و در آن محور از بین پنج ورقه وصله ابتدا یک ورقه وصله تیر عرضی باز شد، پس از جایگزین کردن و بستن و سفت کردن پیچ‌ها، ورقه وصله کناری باز و جایگزین شود. بعد از اتمام باز کردن و جایگزین نمودن ورقه‌های وصله تیرهای عرضی، این عملیات مجدداً برای محور بعدی انجام گردد (شکل ۱ و ۲).



شکل ۱- پلان عرشه و جانمایی دیافراگم های اضافه شده



شکل ۲- جزییات دیافراگم های اضافه شده بین دو شاهتیر

ورقه‌های اتصال تیرهای عرضی باید بعد از جمع‌آوری شستشو و صورت جلسه با دستگاه نظارت به کارفرما تحویل شود.

و) قسمت‌هایی از ورق سخت‌کننده که ورقه کمکی اتصال به آن جوش داده می‌شود، رنگ‌زدایی گردد.

ز) المان‌های قطری خرپا (نبشی‌ها) به ورقه های کمکی اتصال پیچ شود.

ح) ناودانی UNP 140 از سمت دیگر به ورقه کمکی اتصال پیچ شود.

ط) ورقه کمکی اتصال در حالی که المانهای خرپایی به آن پیچ شده اند به ورق سخت کننده جوش داده شود.

محدودیت‌ها: بهترین زمان برای نصب دیافراگم‌ها در شروع کار و قبل از تعویض نئوپرن‌ها می‌باشد. برای آزادی عمل در تعویض نئوپرن‌ها و اجتناب از دوباره کاری بهتر است دیافراگم‌های مابین شاهتیرهای میانی (۳و٤) نصب نگردد و پس از تعویض نئوپرن‌های هر تکیه‌گاه این دیافراگم نصب شود.

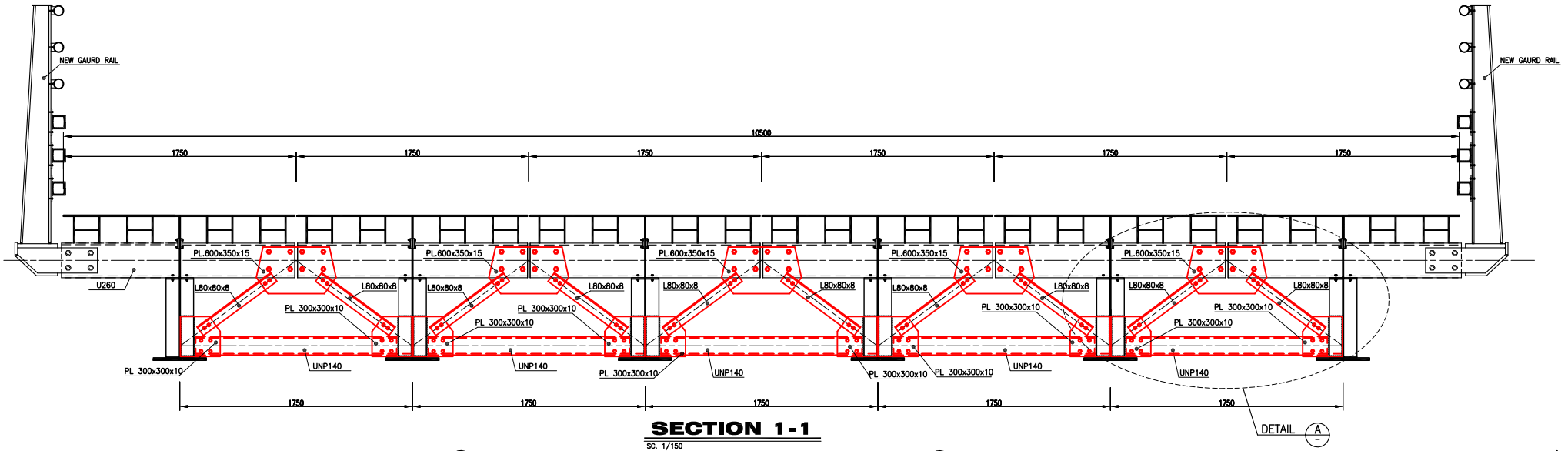
۲-۲- اجرای وزنه ٦ تنی

وزنه ٦ تنی شامل تیری است بتن آرمه با قالب دائمی که روی یال پایین خرپای دیافراگم عرضی که بین شاهتیر ۳ و ٤ در وسط دهانه اجرا می‌شود. این مرحله از عملیات بعد از تعویض نئوپرن‌ها انجام می‌شود.

قبل از شروع عملیات پیمانکار می‌بایست جزئیات اجرایی را مطالعه و در صورت هر گونه مشکل اجرایی مراتب به دستگاه نظارت منتقل و بعد از اظهارنظر نهایی از سوی دستگاه نظارت عملیات انجام گردد.

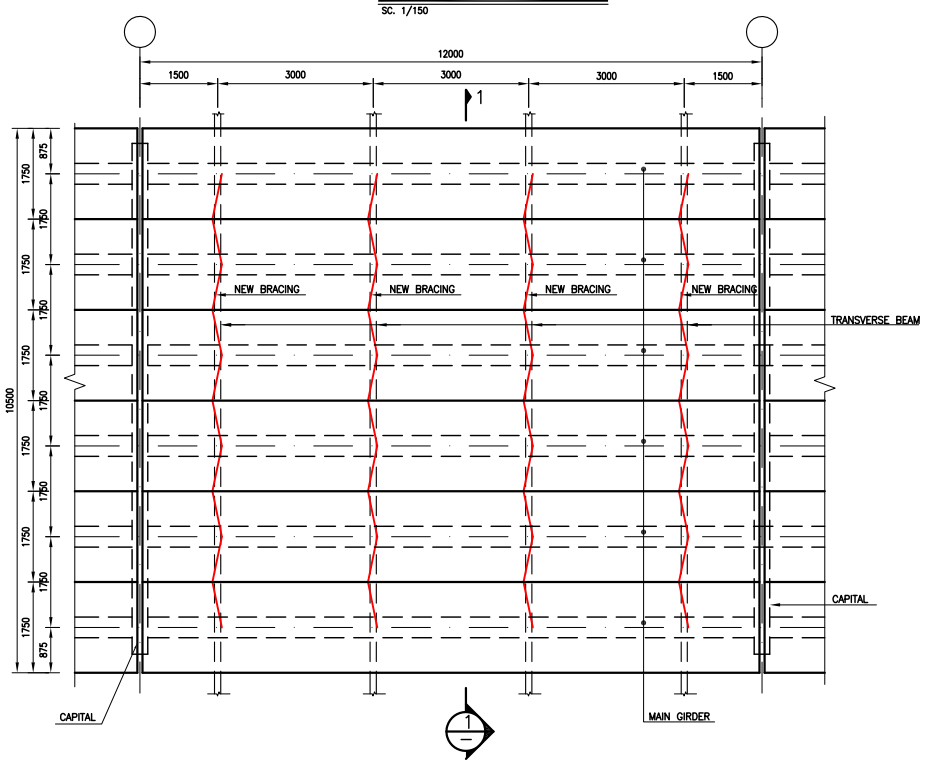
ضمیمه ۱

نقشه‌های اجرایی دیافراگم عرضی و جرم اضافه شده



SECTION 1-1

SC. 1/150



MAINGIRDER BRACING (BITWEEN EACH PIERS)

SC. 1/500

توضیحات عمومی :

۱) پیمانکار باید قبل از شروع کار کلیه ابعاد و اندازه ها و هماهنگی جزئیات روی نقشه ها را کنترل و تائید نمائید.

۲)قطعات اضافه شده به عرشه پل به رنگ قرمز نمایش داده شده اند.

۳) فولادمصرفی ازنوع نرمه ساختمانی *St-37-2* بانتش جاری شدن حداقل ۲۴۰۰ کیلوگرم برسانتی‌مترمربع وتغییرشکل نسبی حداقل ۲۵% به هنگام گسیختگی درنظرگرفته شده است.

۴)بتن مصرفی در جرم اضافی از نوع *C25* با حداقل عیار سیمان ۳۵۰ کیلو گرم بر متر مکعب بتن می باشد.

۵) ابعاد نیمرخها و ورق های مصرفی مطابق استانداردآلمانی *DIN17100* درنظرگرفته شده اند .

۶) الکترود مصرفی برای جوشهای گوشه ازنوع E60 مطابق استانداردهای *AWS* والکترود مصرفی برای جوشهای لب به لب و شیاری از نوع *E7018* (کم هیدروژن) درنظر گرفته شود.

۷) الکترودها قبل از مصرف ۴ ساعت داخل خشک کن نگهداری شوند.

۸) جوشهای شیاری باید تحت آزمایشهای غیرمخرب از نوع اولتراسونیک یا پرتونگاری قرار گیرند. میزان و دامنه آزمایشها توسط دستگاه نظارت تعیین خواهد گردید.

۹) رواداریها ی ساخت و نصب اسکلت فولادی مطابق استانداردهای سازمان برنامه و بودجه و استانداردهای *AISC* انتخاب میگردد.

۱۰)فقط پیچ های پرمقاومت با قطر ۲۴ میلیمترباید هنگام نصب به روش سفت کردن اضافی مهره مطابق مشخصات AISC پیش تنیده گردند.

۱۱) پیمانکار موظف است هماهنگی لازم را جهت ایجاد محدودیت های ترافیکی به هنگام کار بر روی پل را با مراجع ذیربط بعمل آورد و کلیه تمهیدات لازم را در تامین ایمنی محدوده انجام کار و فضای زیر پل جهت ممانعت از سقوط اجسام به پایین را فراهم نماید.

۱۲) اندازه های مشخص شده با علامت x باید با وضعیت موجود پل تطبیق داده شود و در صورت نیاز اصلاح گردند.

SIGN. امضاء:	DATE: تاریخ	SIGN. امضاء:	DATE: تاریخ
APPROVED : تصویب		CHECKED : کنترل	
DES.: شرح :		REV.: تغییر :	

TAZAND PROJ. NO.: 1312-87/04/30

TAZAND

CLIENT: کارفرما: سازمان مهندسی و عمران شهر تهران

PROJECT: پروژه : تعمیر ونگهداری پلهای تهران

87/07	اسعد کمالی	DESIGNED BY: طراح :
•	م.طیفی	DRAWN BY: ترسیم :
•	پ - زمانی	CHECKED BY: کنترل :
•	پ - زمانی	APPROVED BY: تایید :

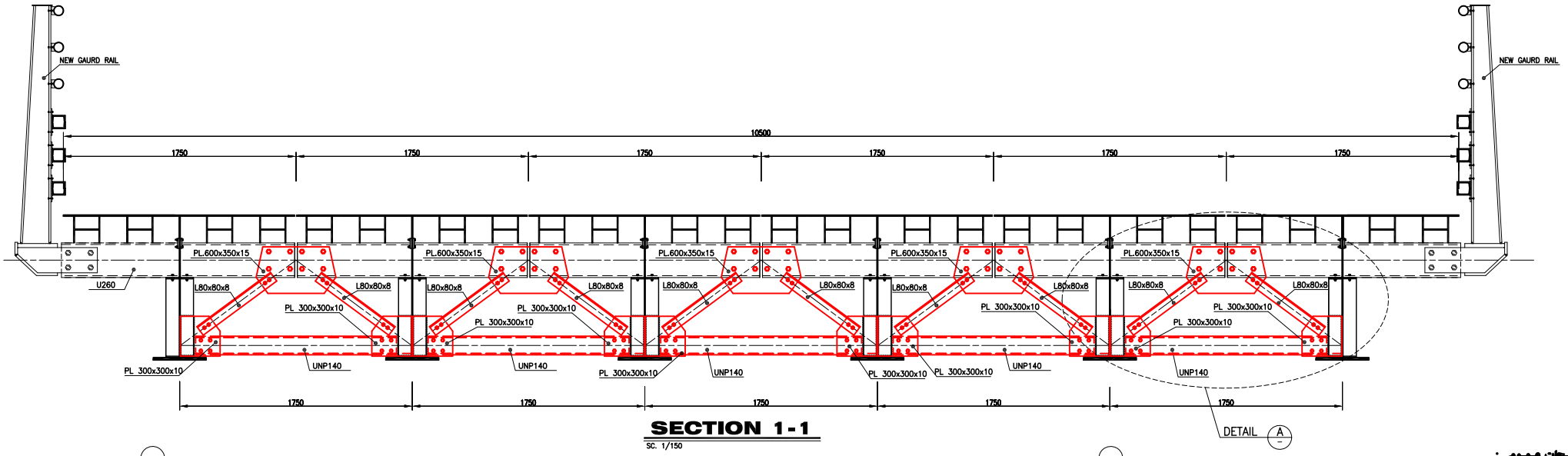
FOR APPROVAL برای تائید ■
FOR TENDER برای مناقصه □
FOR CONSTRUCTION برای اجراء □

TITLE: عنوان نقشه : جانمائی و نمای دیافراگم های عرضی

SCALE: AS.SH.
UNIT:mm./cm.
SHEET: A3

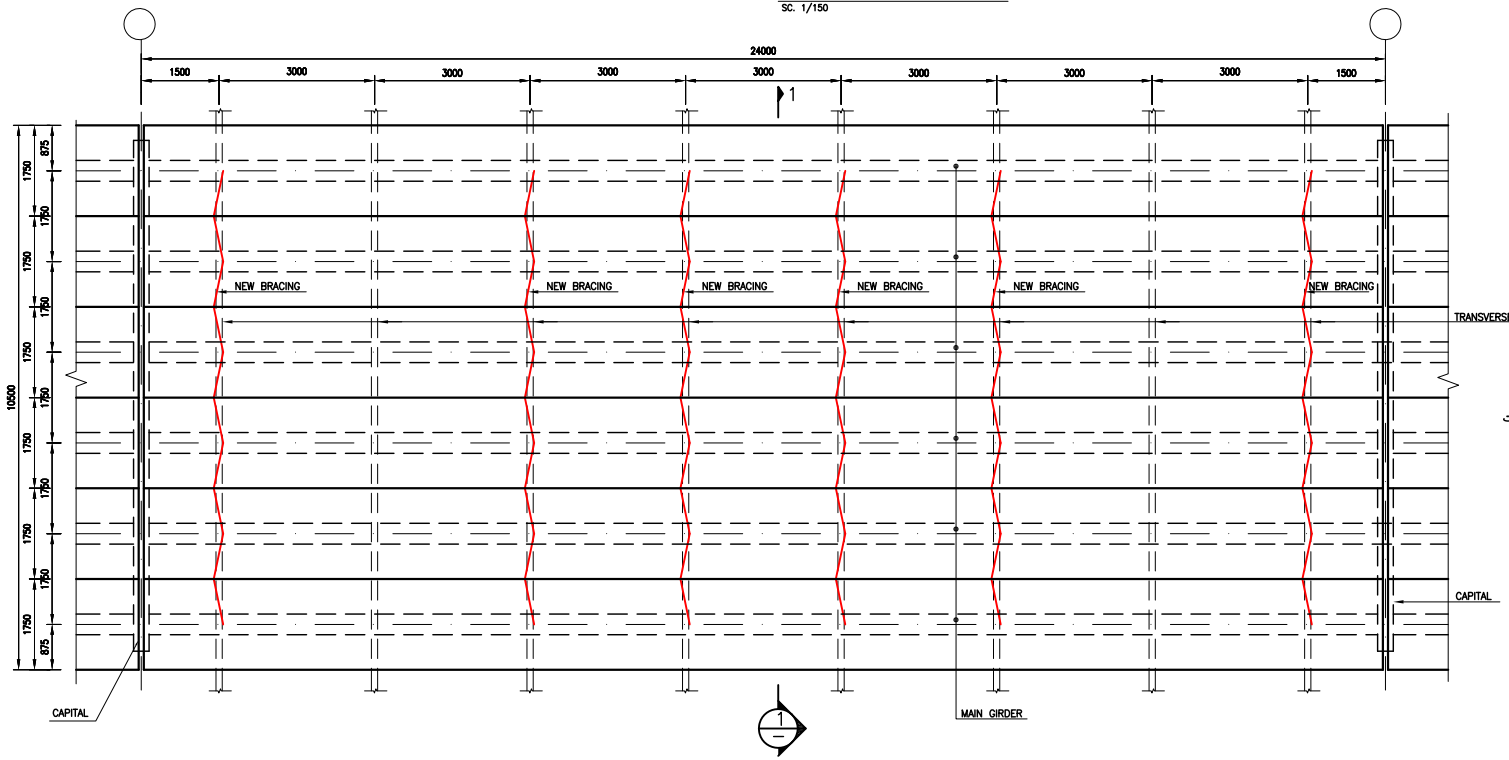
PROJ. NO.: – شماره پروژه:
DWG. NO: S-01 شماره نقشه
REV.: 00

DRAWING FILE NAME:



SECTION 1-1

SC. 1/150



MAINGIRDER BRACING (BITWEEN EACH PIERS)

SC. 1/500

توضیحات عمومی :

۱) پیمانکار باید قبل از شروع کار کلیه ابعاد و اندازه ها و هماهنگی جزئیات روی نقشه ها را کنترل و تائید نمائید.

۲)قطعات اضافه شده به عرشه پل به رنگ قرمز نمایش داده شده اند.

۳) فولادمصرفی ازنوع نرمه ساختمانی *St-37-2* باتنش جاری شدن حداقل ۲۴۰۰ کیلوگرم برسانتی مترمربع وتغیرشکل نسبی حداقل ۲۵٪ به هنگام گسیختگی درنظرگرفته شده است.

۴)بتن مصرفی در جرم اضافی از نوع *C25* با حداقل عیار سیمان ۳۵۰ کیلو گرم بر متر مکعب بتن می باشد.

۵) ابعاد نیمرخها و ورق های مصرفی مطابق استانداردآلمانی *DIN17100* درنظرگرفته شده اند .

۶) الکترود مصرفی برای جوشهای گوشه ازنوع E60 مطابق استانداردهای *AWS* والکترود مصرفی برای جوشهای لب به لب و شیاری از نوع *E7018* (کم هیدروژن) درنظر گرفته شود.

۷) الکترودها قبل از مصرف ۴ ساعت داخل خشک کن نگهداری شوند.

۸) جوشهای شیاری باید تحت آزمایشهای غیرمخرب از نوع اولتراسونیک یا پرتونگاری قرار گیرند. میزان و دامنه آزمایشها توسط دستگاه نظارت تعیین خواهد گردید.

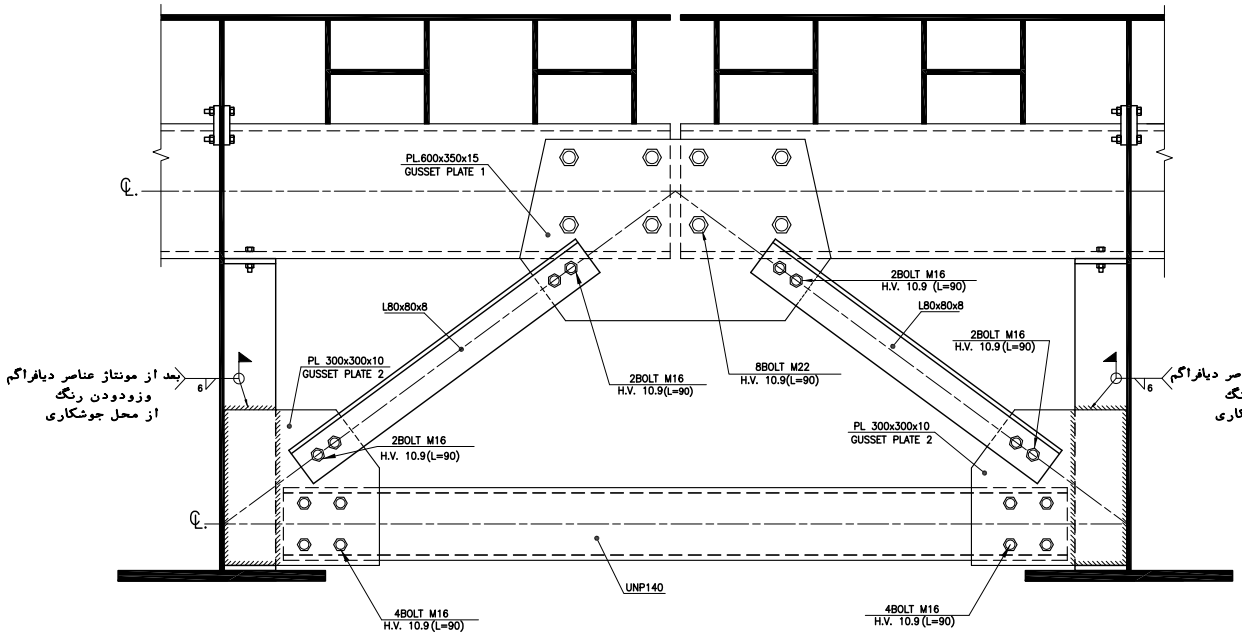
۹) روادارپها ی ساخت و نصب اسکلت فولادی مطابق استانداردهای سازمان برنامه و بودجه و استانداردهای *AISC* انتخاب میگردد.

۱۰)قطرپیچ های پرمقاومت با قطر ۲۴ میلیمترباید هگام نصب به روش سفت کردن اضافی مهره مطابق مشخصات AISC پیش تنیده گردند.

۱۱) پیمانکار موظف است هماهگی لازم را جهت ایجاد محدودیت های ترافیکی به هگام کار بر روی پل را با مراجع ذیربط بعمل آورد و کلیه تمهیدات لازم را در تامین ایمنی محدوده انجام کار و فضای زیر پل جهت ممانعت از سقوط اجسام به پایین را فراهم نماید.

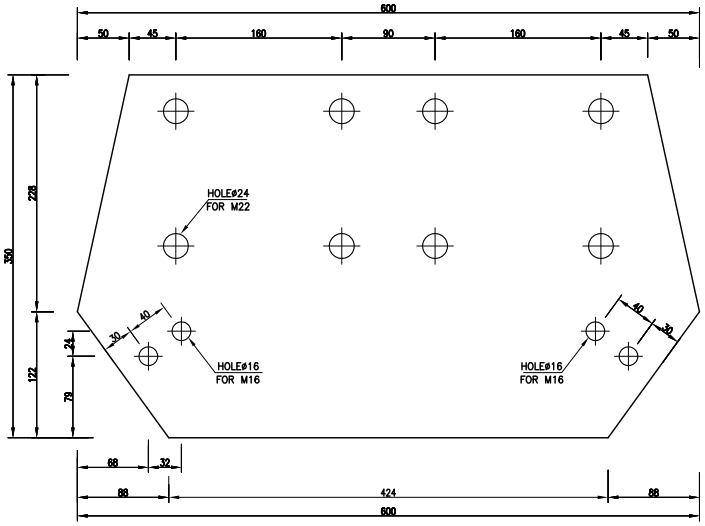
۱۲) اندازه های مشخص شده با علامت x باید با وضعیت موجود پل تطبیق داده شود و در صورت نیاز اصلاح گردند.

SIGN. امضاء:	DATE: تاریخ	SIGN. امضاء:	DATE: تاریخ
APPROVED : تصویب		CHECKED : کنترل	
DES.: طراح :		شرح :	REV.: تغییر :
TAZAND PROJ. NO.: 1312-87/04/30		CLIENT: کارفرما: سازمان مهندسی و عمران شهر تهران	
TAZAND		PROJECT: پروژه : تعمیر ونگهداری پلهای تهران	
87/07	اسحر کیانی	DESIGNED BY: طراح :	
.	منطیقی	DRAWN BY: ترسیم :	
.	پ - زمانی	CHECKED BY: کنترل :	
.	پ - زمانی	APPROVED BY: تایید :	
FOR APPROVAL برای تائید		TITLE: عنوان نقشه : جانمائی و نمای دیافراگم های عرضی	SCALE: AS.SH.
FOR TENDER برای مناقصه			UNIT:mm./cm.
FOR CONSTRUCTION برای اجراء			SHEET: A3
PROJ. NO.: -	شماره پروژه:	DWG. NO: S-01	REV.: 00
DRAWING FILE NAME:			



DETAIL "A"

SC. 1/50



GUSSET PLATE 1

SC. 1/25

توضیحات عمومی :

۱) پیمانکار باید قبل از شروع کار کلیه ابعاد و اندازه ها و هماهنگی جزئیات روی نقشه ها را کنترل و تائید نمائید.

۲)قطعات اضافه شده به عرشه پل به رنگ قرمز نمایش داده شده اند.

۳) فولادمصرفی ازنوع نرمه ساختمانی *St-37-2* باتنش جاری شدن حداقل ۲۴۰۰ کیلوگرم برسانتی مترمربع وتغییرشکل نسبی حداقل ۲۵٪ به هنگام گسیختگی درنظرگرفته شده است.

۴)بتن مصرفی در جرم اضافی از نوع *C25* با حداقل عیار سیمان ۳۵۰ کیلو گرم بر متر مکعب بتن می باشد.

۵) ابعاد نیمرخها و ورق های مصرفی مطابق استانداردآلمانی *DIN17100* درنظرگرفته شده اند .

۶) الکترود مصرفی برای جوشهای گوشه ازنوع E60 مطابق استانداردهای *AWS* والکترود مصرفی برای جوشهای لب به لب و شیاری از نوع *E7018* (کم هیدروژن) درنظر گرفته شود.

۷) الکترودها قبل از مصرف ۴ ساعت داخل خشک کن نگهداری شوند.

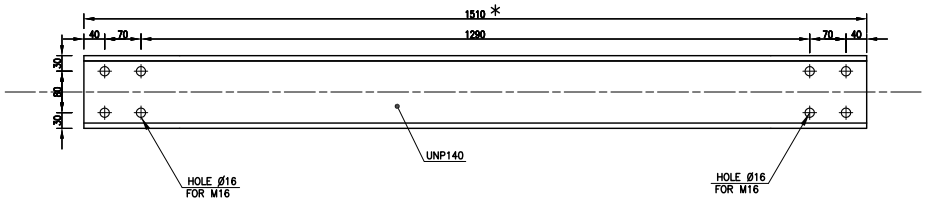
۸) جوشهای شیاری باید تحت آزمایشهای غیرمخرب از نوع اولتراسونیک یا پرتونگاری قرار گیرند. میزان و دامنه آزمایشها توسط دستگاه نظارت تعیین خواهد گردید.

۹) رواداریها ی ساخت و نصب اسکلت فولادی مطابق استانداردهای سازمان برنامه و بودجه و استانداردهای *AISC* انتخاب میگردد.

۱۰)قطربیچ های پرمقاومت با قطر ۲۴ میلیمترباید هنگام نصب به روش سفت کردن اضافی مهره مطابق مشخصات AISC پیش تنیده گردند.

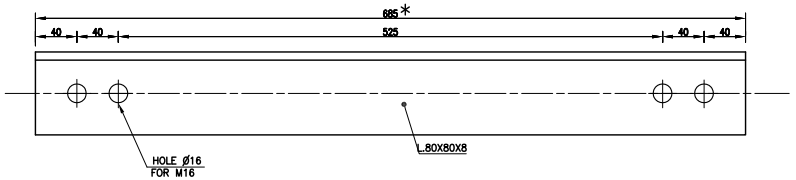
۱۱) پیمانکار موظف است هماهنگی لازم را جهت ایجاد محدودیت های ترافیکی به هنگام کار بر روی پل را با مراجع ذیربط بعمل آورد و کلیه تمهیدات لازم را در تامین ایمنی محدوده انجام کار و فضای زیر پل جهت ممانعت از سقوط اجسام به پایین را فراهم نماید.

۱۲) اندازه های مشخص شده با علامت x باید با وضعیت موجود پل تطبیق داده شود و در صورت نیاز اصلاح گردند.



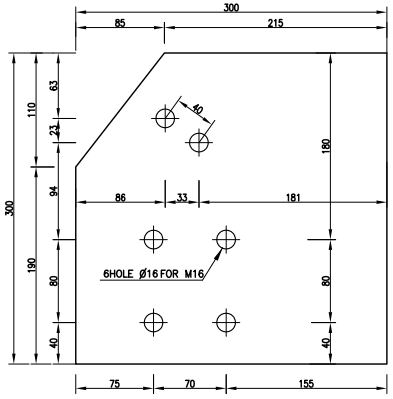
UNP140

SC. 1/50



L.80X80X8

SC. 1/25



GUSSET PLATE 2

SC. 1/25

SIGN. امضاء	DATE: تاریخ	SIGN. امضاء	DATE: تاریخ	DES.: شرح :	REV.: تغییر :
APPROVED : تصویب		CHECKED : کنترل			
TAZAND PROJ. NO.: 1312-87/04/30				CLIENT: کارفرما: سازمان مهندسی و عمران شهر تهران	
TAZAND				PROJECT: پروژه : تعمیر ونگهداری پلهای تهران	
87/07	ا.حیر کیالی	طراح : DESIGNED BY:			
•	م.طیفی	ترسیم : DRAWN BY:			
•	پ - زمانی	کنترل : CHECKED BY:			
•	پ - زمانی	تصویب : APPROVED BY:			
FOR APPROVAL	برای تائید			TITLE: عنوان نقشه : جزئیات دیافراگم های عرضی	SCALE: AS.SH.
FOR TENDER	برای مناقصه				UNIT:mm./cm.
FOR CONSTRUCTION	برای اجراء				SHEET: A3
PROJ. NO.: -	شماره پروژه:			DWG. NO: S-02 شماره نقشه	REV.: 00
DRAWING FILE NAME:					

ضمیمه ۲

مشخصات فنی خصوصی کارهای فلـــــــزی

۲-۱- مقدمه

این بخش اختصاص به روشهای تهیه مواد، قطعه زنی، مونتاژ، جوشکاری، حمل، پیش مونتاژ، نصب، محکم کردن پیچها، زنگ زدایی ورنگ بخشهای فولادی دارد. تمام مطالبی که دربخش ۱۰-۲ مقررات ملی ساختمان ایران، مبحث ۱۰ طرح واجرای ساختمانهای فولادی ارائه شده، معتبر می باشند مگر اینکه بنحوی در این قسمت اصلاح یا تکمیل شده باشند.

۲-۲- دامنه کاربرد

براساس مفاد این فصل از مشخصات فنی و برطبق نقشه های اجرایی فولادی پیمانکار موظف به انجام موارد زیر میباشد:

- تهیه مصالح، تجهیزات و نیروی انسانی لازم .
- تهیه نقشه های کارگاهی که جزئیات اجرای عملیات آهنگری درکارگاه را مشخص سازند در هماهنگی با نقشه های اجرایی وتجهیزات وامکانات کارگاه .
- قطعه زنی، سوراخکاری ومونتاژ قطعات
- جوشکاری قطعات مونتاژ شده
- تهیه پیچ ومهره پرمقاومت وآچارهای مدرج مخصوص سفت کردن پیچ ها
- پیش مونتاژ قسمتهائی از کاردرمحل کارگاه ساخت
- حمل قطعات ساخته شده به محل نصب
- ایجاد امکانات لازم برای انبارکردن قطعات فولادی در محل
- مونتاژ قطعات طبق نقشه ها درمحل کار

۲-۳- مشخصات فولادمصرفی

کلیه فولادهای مصرفی اعم از ورق، تیرآهن، ناودانی، نبشی، تسمه وغیره از نوع ST-37-3N طبق استاندارد DIN17100 یا EN 10025 S355J2G3 مطابق استاندارد اروپایی می باشد، مگر در نقشه ها نوع دیگری مشخص شده باشد. مشخصات مکانیکی فولاد ST-37 به شرح زیر می باشد:

- مقاومت جاری شدن حداقل ۲٤۰۰ کیلوگرم برسانتیمترمربع
- مقاومت نهایی کششی (حدگسیختگی) حداقل ۳٦۰۰ کیلوگرم برسانتیمترمربع
- ازدیاد طول نسبی درحدگسیختگی ۲۰ تا ۲۵ درصد

ورقهای فولادی از نظرمشخصات هندسی می‌بایستی برطبق استاندارد DIN- 59200 یا استانداردهای مشابه باشند. مشخصات هندسی ناودانی‌ها و نبشی‌ها بترتیب بر طبق استانداردهای DIN-1026 و DIN-1028 تعیین

می‌گردند. خطاهای ساخت مقاطع فـولادی نبایستی از آنچه دراستانداردهای DIN یا استانداردهای بـین المللـی تعیین شده تجاوز نماید. قطعات فولادی باید از معایبی که به مقاومت و یا شکل ظاهری آن لطمه میزنـد عـاری باشد، بکار بردن فولادهای مصرف شده قابل قبول نمی باشد. قطعات فولادی باید حتی الامکان یکپارچه بوده و از وصله کردن قطعات کوتاه خودداری گردد، مگر محل وصله در نقشه های اجرایـی مـشخص شـده باشـد یـا موافقت مهندس مشاور و دستگاه نظارت با کروکی تهیه شده برای اتصال مورد نظر جلب گردد.

از هر ۵۰ تن نیمرخ فولادی مشابه به تعداد ۳ نمونه اتفاقی انتخاب و انجام آزمایشهای زیـر درمـورد آنهـا انجـام می‌شود:

- آزمایش مقاومت کششی با اندازه گیری تغییرشکل نسبی
- آزمایش خمش سرد
- آزمایش خمش براثرضربه
- آزمایش کریستالوگرافی وتعیین ترکیب شیمیایی

۲-٤- ساخت قطعات فولادی

۲-٤-۱- کلیات

پیمانکار موظف است براساس نقشه‌های مهندسی مصوب مشاور ابتدا نقـشه هـای کارگـاهی (WORK-SHOP DRAWINGS) را تهیه وبه تصویب مهندس مشاور برساند. نقشه‌های کارگاهی باید کلیه اطلاعـات وجزئیـات لازم برای ساخت قطعات اعم از ابعاد و اندازه‌ها، آماده سازی لبه ها برای جوشکاری، جزئیات جـوش و انـدازه پیچ‌ها و سوراخهای آنها را شامل شود. قبل از شروع به ساختن ونـصب قطعـات بایـد انـدازه هـای منـدرج در نقشه‌ها بمنظور تطبیق کامل و جلوگیری از بروز هر گونه اشکال درموقع ساخت ونصب به دقت کنترل گردد.

هر قطعه پس از آنکه به اندازه وشکل مشخص شده در نقشه ها ساخته شد بایـستی شـماره و علامـت گـذاری شود. مونتاژ جوشکاری و متصل کردن قطعات به یکدیگر باید تا حدامکان درکارگاه سرپوشیده و مجهز ساخت اسکلت های فولادی توسط استادکاران وکارگران ماهر و زیرنظر متخصص فن انجام گردد.

۲-٤-۲- بریدن و سوراخ کردن

ابتدا قطعات باید به ابعاد و اشکال لازم به دقت بریده شده و در محلهای لازم سوراخ گردد. برش ورقهـایی کـه در ساختن قطعات فولادی مصرف می گردد بایستی توسط دستگاه بـرش شـعله ریلـی انجـام گیـردو بـرش بـا دستگاه گیوتین، جوش یا برش دستی قابل قبول نیست، برش نیمرخهای فولادی (تیرآهن، ناودانی ونبـشی) کـه برای ساخت مهارها، نرده ها و اتصال آن مصرف می شوند. با نظر دستگاه نظارت می تواند با اره یا برش دستی انجام گیرد در هرصورت کلیه ناصافی هایی که براثر برش بوجود می آید بایستی با سنگ زدن برطرف شود.

سوراخهای نهایی ورقها باید به کمک مته دوار انجام پذیرد. برای سوراخهای با قطرزیاد میتوان ابتدا با قطر کوچکترسوراخی توسط منگنه ایجاد نمود وبعد بامته سوراخ را به قطر دلخواه رساند. قطعاتی که با پیچ به هم متصل می گردند درصورت امکان باید همه به هم خالجوش شده باهم سوراخکاری شوند.به کارگیری روشهای گرم کردن موضعی ویا تغییرشکل مکانیکی برای ایجاد انحنا یا راست کردن قطعات با تأیید دستگاه نظارت مجاز میباشد، ولی دمای موضع گرم شده نباید از ٦٥٠ درجه سانتیگراد بیشتر شود. این دما باید به کمک گچ‌های رنگی مخصوص که در درجه حرارت حدود ٦٠٠ درجه تغییر رنگ میدهند، مورد کنترل قرارگیرد.

٢-٤-٣- ساخت و آماده کردن قطعات قبل ازمونتاژ

قطعات فولادی باید طوری ساخته شوند که هیچ نوع تغییرشکلی غیر از آنچه درنقشه ها مشخص شده درآنها بوجود نیاید. انحناء وتغییرشکل هایی که طبق نقشه و یا دستور دستگاه نظارت لازم باشد هنگام ساختن قطعات ایجاد می شود. قطعاتی که درنقشه یکپارچه (بدون وصله) مشخص شده اند نباید از اتصال دویا چند قطعه ساخته شوند مگر با موافقت دستگاه نظارت، دراین حالت نحوه وصله کردن وابعاد صفحات اتصال باید طبق نقشه ها و یا دستورکار دستگاه نظارت مشخص شده و به پیمانکار ابلاغ شود. از وصله نمودن بیش از حد باید خودداری گردد.

پخ زنی و آماده کردن لبه قطعات برای جوشکاری باید هنگام برش شعله، با زاویه دادن به سرمشعل یا با سنگ زنی های بعدی انجام پذیرد. استفاده از دستگاههای پخ زن ضربه ای مجاز نمی باشد. پخ زنی و آماده کردن لبه‌ها باید مطابق جزئیات اجرایی جوش باشد، که مطابق بند ٥-٤-٤ این مشخصات قبلاً به تأیید دستگاه نظارت رسیده است.

٢-٤-٤- اتصال با جوشکاری

برای برقراری اتصالات جوشی رعایت مشخصات مندرج در نشریات شماره ٢٠ الی ٢٤ دفتر تحقیقات و استانداردهای فنی سازمان برنامه وبودجه لازم است. موارد زیر جهت تکمیل وتأیید بعضی مفاد نشریات فوق عنوان میگردند:

الف- پیمانکارباید برای یکایک جوشها قبل از شروع جوشکاری نوع الکترود مصرفی و قطرآن، شدت جریان و ولتاژ، تعداد پاسها، نحوه آماده سازی لبه ها و تمام اطلاعات اجرایی دیگر را توسط مهندس یا کاردان ارشد جوشکاری برروی برگه های رویه جوشکاری (WELDING PROCEDURE) ثبت نموده و درتمام مدت جوشکاری دراختیار جوشکار، سرپرست کارگاه جوشکاری و ناظرین قرار دهد، برگه های رویه جوشکاری باید قبلاًبه تایید دستگاه نظارت رسیده باشند.

ب – جوشکاری باید طبق نقشه وکاملاً مطابق باابعاد مشخص شده بوسیله طراح، توسط جوشکاران ماهر (ارزیابی شده) انجام گردد و چنانچه دستگاه نظارت لازم بداند باید جوشکاران دارای گواهینامه جوشکاری از

وزارت کار یا مراجع ذیصلاح دیگر بوده ویا قبل از انجام کار توسط دستگاه نظارت آزمایش لازم ازآنها بعمل آید.

ج – قبل از جوشکاری باید سطوح موردنظرازمواد زاید (گردوخاک، زنگ زدگی، رنگ وغیره) کاملاً پاک شود.

د – جوشکاری بطورکلی در درجه حرارت زیرصفر درجه سانتیگراد خصوصاً درجریان باد ممنوع است، درصورتیکه جریان هوا یکنواخت وثابت بوده وبتوان سطوح مجاور محل جوشکاری را به شعاع حداقل ۱۰ سانتیمتر با وسائل مناسب بنحوی گرم کرد که با دست کاملاً محسوس باشد و این درجه حرارت در تمام مدت جوشکاری حفظ شود، میتوان در هوای تا ۵ درجه زیرصفر جوشکاری کرد.

هـ – جوشکاری نباید بیش از آنچه درنقشه ذکرشده ویا دستگاه نظارت دستورداده است انجام شود.

و – شدت جریان ونوع الکترودها باید طوری انتخاب شوند که جوش کامل ودارای نفوذ کافی بوده وقطعات مورد اتصال بقدر کافی ذوب شوند، سطح جوش باید عاری از شیار، قسمتهای برآمده، سوختگی و گودی درز باشد.

ز – چنانچه جوشکاری در بیش از یک پاس انجام شود قبل از برداشتن پوسته پاس قبلی و پاک کردن آن با برسی سیمی نباید پاس بعد شروع شود.

ح – بین قطعاتی که مستقیماً بطریق جوش گوشه بهم جوش می شوند نباید درزی بیش از ۲ میلیمتر موجود باشد.

ت – جوشکاری باید بنحوی انجام گیرد که قطعات مربوطه از شکل اصلی خارج نشده و از تاب برداشتن و اعوجاج بیشتر از حد رواداریهای جدول شماره ۵-۱ جلوگیری شود.

ی – برروی تمام جوشها باید آزمایشهای کنترل کیفیت چشمی توسط دستگاه کنترل کیفیت پیمانکار انجام و نتیجه این آزمایشها به دستگاه نظارت گزارش شود. همچنین حداقل ۲۰ درصد از طول جوشهای گوشه مشابه و حداقل ۵۰ درصد از طول جوشهای لب به لب درجان ودربال بالای تیرورقها باید تحت آزمونهای غیرمخرب قرار گیرند. جوشهای لب به لب بال پائین تیر ورقها باید ۱۰۰ درصد تحت آزمایش غیرمخرب قرار گیرند. آزمایش غیرمخرب مناسب برای جوشهای گوشه استفاده از رنگهای نافذ یا آزمون ذرات مغناطیسی میباشد. آزمایش غیرمخرب مناسب برای جوشهای لب به لب پرتونگاری با اشعه یا آزمون اولتراسونیک میباشد. نتیجه تمام این آزمونها باید در پرونده های مخصوص ثبت شده دراختیار دستگاه نظارت قرارگیرند. تفسیر دستگاه نظارت از نتایج آزمایش قعطی محسوب میگردد.

دستگاه نظارت می تواند مستقیماً آزمایشهای کنترل کیفیت برروی قطعات انجام داده یا دستور تکرار و تجدید آزمایشهای لازم توسط پیمانکار را بنماید.

پیوست ۲۰

مشخصات فنی و دستورالعمل تعویض تکیه‌گاه‌های عرشه پل

۰- مقدمه

تکیه‌گاه‌های الاستومریک وظیفه انتقال بارهای قائم را از بخش فوقانی پل (عرشه) به پایه و فونداسیون را بر عهده دارند. علاوه بر این انتقال بارهای جانبی بین این دو قسمت از سازه توسط این اجزاء صورت می‌گیرد. تکیه‌گاه‌ها با توجه به رفتار طولی پل به دو نوع ثابت و متحرک تقسیم می‌شوند. نوع ثابت در برابر نیروهای طولی موجود در پل مقاومت نموده و مانع از تغییر مکان نسبی بین عرشه و پایه پل در جهت طولی می‌گردد. در عوض تکیه‌گاه‌های متحرک به نحوی طرح می‌گردد که عرشه پل اجازه تغییر مکان نسبت به پایه یا فونداسیون را بدون ایجاد ممانعت داشته باشد.

در دهه های اخیر با استفاده از مواد الاستومر (طبیعی مانند لاستیک و مصنوعی نظیر نئوپرن) تکیه‌گاه‌ها غالباً از این مواد ساخته می‌شوند. الاستومرهای تکیه گاهی نوعی لاستیک طبیعی یا مصنوعی هستند که بر خلاف دیگر لاستیک‌ها خواص آن در طول زمان تا حدی پایدار می‌ماند. همین مشخصه، در کنار قابلیت استثنایی مواد لاستیکی در تحمل تغییر شکل‌های برگشت‌پذیر، باعث گردیده است که استفاده از این ماده به عنوان تکیه‌گاه پل‌ها و ساختمان رواج یابد.

قیمت به کارگیری تکیه‌گاه‌های الاستومر، در مقایسه با دیگر هزینه‌های احداث یک سازه سهمی بسیار کوچک را تشکیل می‌دهد، ولی در صورت استفاده نادرست از این مواد خساراتی که متوجه طرح می‌شود بسیار سنگین خواهد بود و تعویض تکیه‌گاه‌ها هزینه‌های زیادی در بردارد.

یک تکیه‌گاه الاستومر ایده‌آل می‌بایست دارای ویژگی‌های زیر باشند.

- همزمان در دو جهت تغییر مکان دهد.
- همزمان حول سه محور چرخش نماید.
- نیروهای قائم را تحمل کند تغییرشکلهای آنها بسیار کم باشد.
- تغییرشکلهای برشی را تحمل نماید و نیروهایی که در پاسخ به سازه وارد می سازد نسبتاً کم باشد.

تکیه‌گاه‌های الاستومر به دو صورت مسلح و غیرمسلح ساخته می‌شوند. هدف از مسلح ساختن الاستومرها بالا بردن تنش مجاز فشاری و کاهش تغییر شکل‌های قائم و فشردگی این تکیه‌گاه‌هاست. با وارد شدن فشار بر تکیه‌گاه کناره‌های آن بشکه‌ای شده، در راستای اثر بار، الاستومر فشرده می‌گردد. با مسلح کردن اجازه می‌دهیم که با استفاده از ضخامت‌های بیشتر در تکیه‌گاه تغییر شکل‌های بزرگتری را تحمل کرد.

تغییر شکل برشی زیاد یک تکیه‌گاه الاستومری نتیجه تأثیر نیروهای برشی بر سطوح الاستومرو سختی برشی کم مواد لاستیکی است. نیروی برشی به وسیله اصطکاک بین سطوح تماس انتقال می‌یابد. اگر فشار وارد تکیه‌گاه به میزانی نباشد که نیروی اصطکاک لازم را فعال نماید. در اثر تغییر مکان سازه سطوح تماس بر روی هم می‌لغزند و تغییر شکل برشی اتفاق نمی‌افتد. در چنین مواردی از اتصالات برشی به منظور انتقال برش در سطوح تماس سازه و الاستومر استفاده می‌گردد.

چسبانده فولاد و الاستومر ماده‌ای آلی است که در صورت قرارگیری در مجاورت هوای آزاد، در طول زمان دچار پدیده هوازدگی می‌گردد. خوردگی ورقه‌های فولادی که از لبه ورق‌ها شروع می‌شود در مقایسه با ابعاد تکیه‌گاه حائز اهمیت چندانی نیست ولی حفظ لایه نازک ماده چسباننده که در لبه‌های ورق تحت تنش بیشتری قرار دارد در عملکرد تکیه‌گاه بسیار موثر است. هدف از ضوابط آئین‌نامه‌ای که لازم می‌داند سطح جانبی فولاد تکیه‌گاه‌ها با حداقل ۲/۵ میلی‌متر الاستومر پوشانیده شود، در حقیقت حفاظت از لایه چسباننده است. روش زنگ‌زدایی سطح فولاد، در چسبندگی سطح فولاد، در چسبندگی فولاد و الاستومر بسیار موثر است. بسیاری از تکیه‌گاه‌های الاستومر در اثر گسستگی پیوند بین فولاد و الاستومر دچار شکست گردیده‌اند. به طور کل خواص مورد انتظار از الاستومر یک تکیه‌گاه را می‌توان به دو گروه تقسیم کرد:

گروه اول؛ خواص فیزیکی مانند پیری، هوازدگی، اثر ازن و اشعه ماوراء بنفش، مقاومت در برابر مواد نفتی، و اثر درجه حرارت‌های حدی می‌باشند.

گروه دوم؛ از خواص مکانیکی مانند سختی دورومتر، مقاومت کششی، تغییر شکل نسبی در هنگام گسیختگی و فشردگی در اثر نیروی فشاری تشکیل می‌شوند.

۱- مشخصات فنی تکیه‌گاه‌های الاستومر پل

۱-۱- کلیات

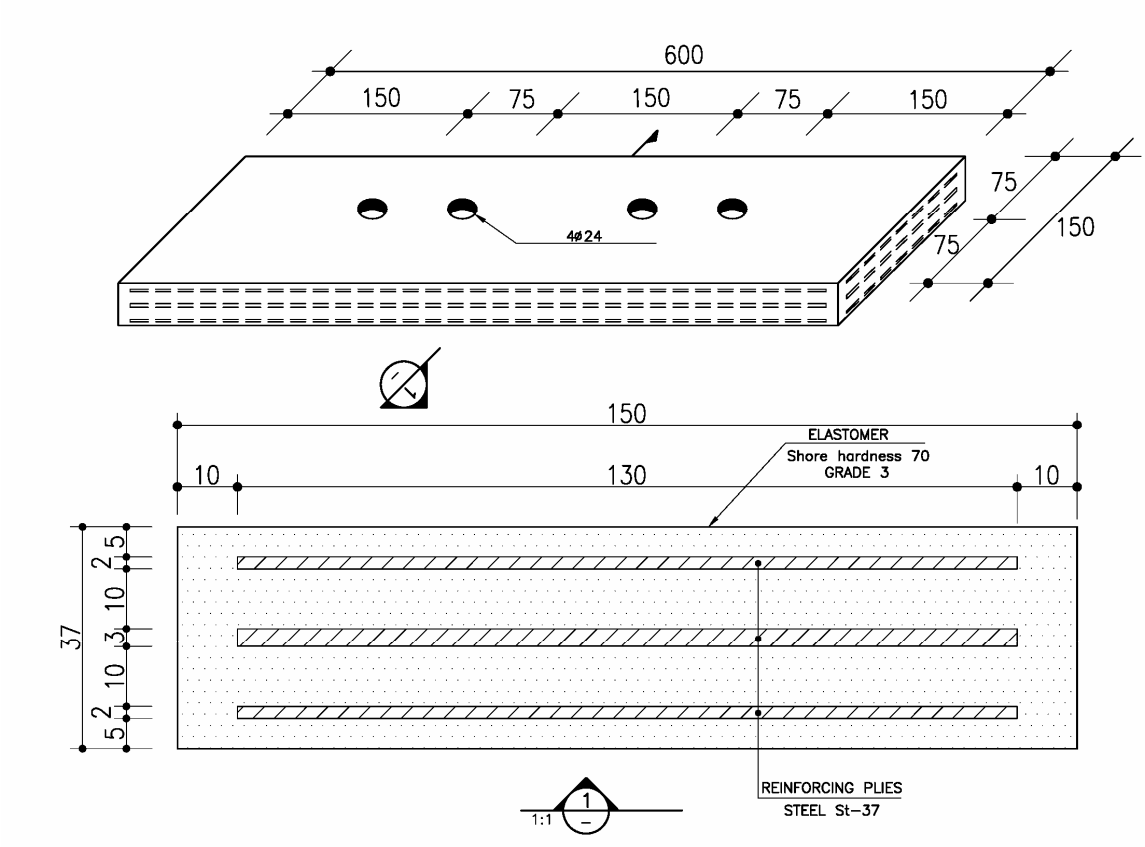
مشخصات الاستومرهای طراحی شده در شکل ۱ به نمایش در آمده است(ضمیمه). پیمانکار موظف است کلیه مشخصات مربوط به تکیه‌گاه‌های الاستومر (بالشتکها) از جمله ابعاد، خواص مصالح، رده الاستومر و نوع لایه‌های مصرفی را به انضمام کاتالوگ کارخانه سازنده به موقع تهیه و به تایید دستگاه نظارت برساند. بالشتک باید در ابعاد مندرج در نقشه‌های اجرایی سفارش داده شود و هر نوع برش کاری و سوراخکاری روی بالشتک غیرمجاز می‌باشد. بالشتکها باید روی محل دقیق خود مطابق نقشه‌های اجرایی نصب شوند. سطوح فوقانی قطعات عرشه باید به کمک ورقه‌های پرکننده، کاملاً تراز گردند و پیمانکار موظف با تعویض و اصلاح تکیه‌گاه‌ها تراز و یکنواختی سطوح عرشه با رعایت شیب‌های عرضی و طولی لازم را به تأیید دستگاه نظارت برساند.

۱-۲- اجزاء بالشتک

کلیه اجزاء بالشتک باید شرایط استاندارد AASHTO را برآورده سازد.

۱-۲-۱- الاستومر

الاستومر می‌تواند از نوع نئوپرن (پلی کلروپرند) و یا لاستیک طبیعی (پلی ایزوپرن) باشد. الاستومرها به ۵ رده کلی ۰ و ۲ و ۳و ٤و ۵ تقسیم می‌شوند. رده‌های فوق با توجه به مندرجات جداول ۱-۱ و ۱-۲ مشخص می‌شوند. در بالشتک‌ها می‌توان از الاستومر با رده بالاتر به عنوان رده پایین‌تر استفاده کرد. در مورد الاستومرها باید آزمایشات زیر انجام شود:



شکل ۱- جزییات بالشتک الاستومری

الف- مشخصات فیزیکی

الف-۱- سختی درومتر

الف-۲- مقاومت کششی حداقل

الف-۳- ازدیاد طول نظیر گسیختگی در آزمایش کششی

الف-٤- ضریب برجهندگی درکش و برش

الف-۵- مقاومت پارگی

ب- مقاومت حرارتی

ب-۱- تغییر سختی درومتر

ب-۲- تغییر مقاومت کششی

ب-۳- تغییر ازدیاد طول نسبی

ج- مانایی فشاری

د- مقاومت در برابر ازن

هـ- ترد شکنی در درجه حرارت پایین

همه آزمایش‌ها باید در دمای ۲±۲۳ درجه سانتی‌گراد انجام شوند، مگر در مواردی که مشخصاً خلاف آن ذکر شده باشد. روش‌های آزمایش بر اساس استاندارد AASHTO باشند. جدول ۱ استاندارد آزمایش و حدود پذیرش را معرفی می‌کند.

۱-۲-۲- صفحات فولادی

صفحات فولادی از فولاد St-37 با تنش جاری شدن ۲٤۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع و مقاومت گسیختگی ۳۷۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع می‌باشند. سطح صفحات فولادی باید کاملاً آماده شده و به کمک چسباننده‌های مناسب پیوستگی کامل با نئوپرن داشته باشند، روی سطح ورق‌های فولادی حداقل باید با ۲/۵ میلی‌متر نئوپرن پوشیده شده باشد.

۱-۳- رواداری‌های ساخت

رواداری‌های ساخت بر اساس جدول ۲ می‌باشند.

جدول ۱- آزمایش‌های کنترل کیفیت لاستیک طبیعی

PHYSICAL PROPERTIES		
D 2240 D 412	Handness (shore A Durometer) Tensile Strength. Minimum psi Ultimate Elongation. Minimum%	70 ± 5 2250 300
HEAT RESISTANCE		
D 573 70 Hours at 158º F	Change in Durometer Hardness, Maximum Points Change in Tensile Strength, Maximum% Change in Ultimate Elongation, Maximum%	10 -25 -25
COMPRESSION SET		
D 395 Method B OZONE D 1149	22 Hours@ 212°F, Maximum% 100 pphm ozone in air by volume, 20% strain 100°F ± 2°F 100hours mounting procedure D518, Procedure A	25 No Cracks
LOW- TEMPERATURE BRITTLENESS		
D 746 Procedure B	Grades 0 & 2 –No Test Required Grade 3 Brittleness at - 40ºF Grade 4 Brittleness at - 55ºF Grade 5 Brittleness at - 70ºF	 No Failure No Failure No Failure

INSTANTANEOUS THERMAL STIFFENING		
D 1043	Grade 0 & 2 – Tested @- 25°F Grade 3 – Tested @- 40°F Grade 4– Tested @- 50°F Grade 5 – Tested @- 65°F	Stiffness at test temperature shall not exceed 4 time the stiffness measured at 73 Degrees F

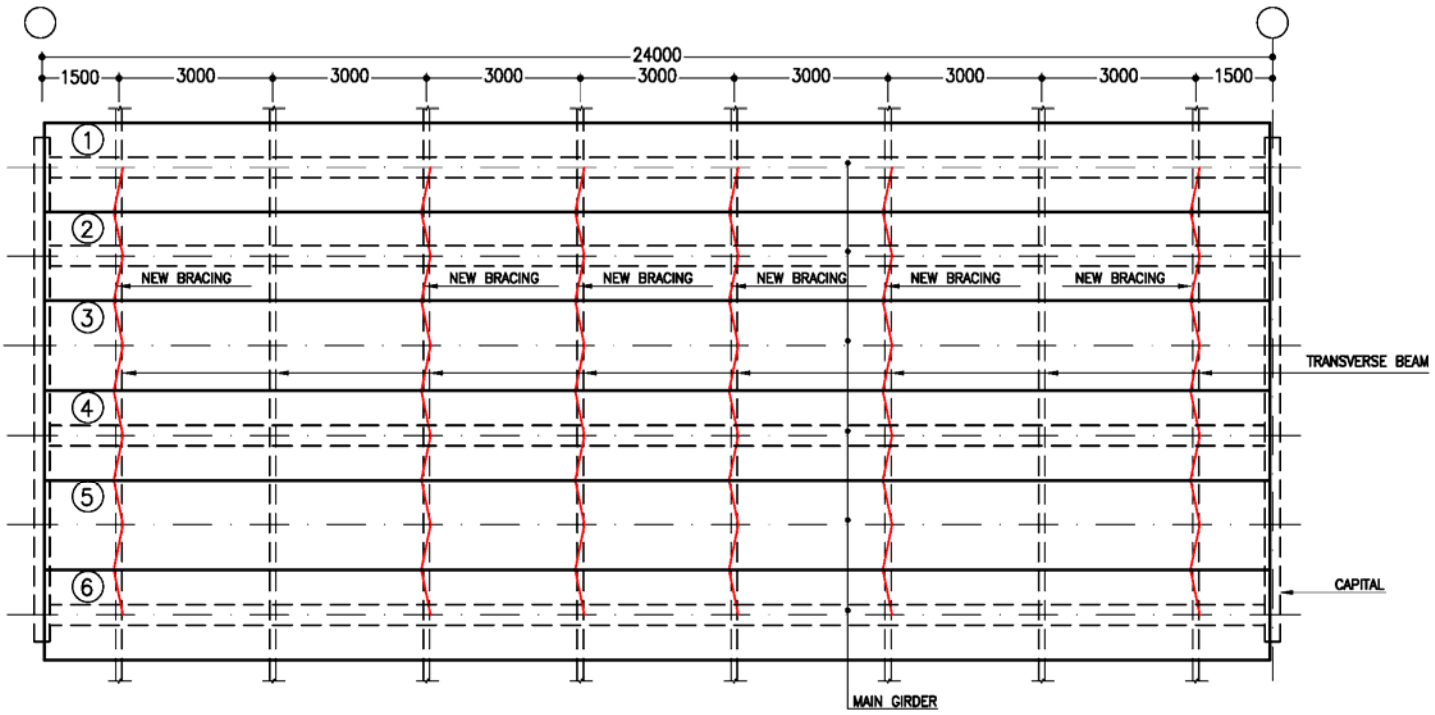
جدول ۲- رواداری‌های ساخت

1. OVERALL HEIGHT		
Design Thickness $1\frac{1}{4}$ in.(32 mm) or less Design Thickness Over $1\frac{1}{4}$ in. (32 mm)	-0. $+ 1/8$ in. -0. $+ 1/4$ in.	(-0. -3 mm) (-0. -6 mm)
2. OVERALL HORIZONTAL		
Dimensions 36 in. (0.914 m) or Less Over 36 in. (0.914 m)	-0. $+ 1/4$ in. -0. $+ 1/2$ in.	(-0. -6 mm) (-0. -12 mm)
3. THICKNESS OF INDIVIDUAL		
Layers of Elastomer (Laminated Bearings Only) At any point within The bearings	±20% of design value but no more than $\pm\frac{1}{8}$ in. (±3 mm)	
4. PARALLELISM WITH		
Opposite Face Top and bottom side	0.005 radians 0.02 radians	
5. POSITION OF EXPOSED		
Connection Members Holes, slots. or inserts	$\pm\frac{1}{8}$ in.	(±3 mm)
6. EDGE COVER		
Embedded laminates Or connection Members	-0. $\pm\frac{1}{8}$ in.	(-0, -3 mm)
7. Thickness		
Top and bottom cover Layer (if required)	-0. The smaller of $+\sqrt{16}$ in. (1.5 mm) and +20% of the nominal cover layer thickness.	
8. SIZE		
Holes. slots. or inserts	$+\sqrt{18}\ in$	(±3 mm)

۲- دستورالعمل تعویض تکیه‌گاه‌های عرشه پل

در حین تعویض بالشتک‌های الاستومری پیمانکار لازم است تدابیر لازم برای حفظ اصول ایمنی و جلوگیری از بروز حوادث غیر قابل پیش‌بینی را اتخاذ نماید.

مطابق کروکی شکل زیر هر دهانه مشتمل بر ٦ شاهتیر است که روی سرپایه تکیه داده‌اند و می‌بایست هر یک از بالشتک‌های شاهتیرها با تکیه گاه الاستومری استاندارد مطابق با جزئیات نقشه‌ها و مشخصات فنی فوق تعویض گردند.



شکل ۱- پلان شاهتیرها در حد فاصل یک دهانه

مراحل تعویض تکیه‌گاه الاستومری برای هر دهانه پل به ترتیب زیر می‌باشد.

الف- اجرای المان‌های دیافراگم‌های عرضی به جز المان‌های واقع بین تیرهای شماره ۳ و ٤ بر اساس دستورالعمل اجرایی و مشخصات فنی ارائه شده در پیوست ۱۹.

ب- باز کردن پیچ‌های اتصال تیر عرضی (U 260) در حد فاصل تیرهای ۳ و ٤ در سر تا سر دهانه مورد نظر.

ج- گذاشتن قطعه واسط در فاصل تیرهای ۱ و ۲ و فاصله تیر ۲و ۳ بر روی سرپایه در یک سر تیر

د- استقرار دو جک متصل به یک پمپ هیدرولیکی در زیر قطعات واسط بر روی سرپایه

هـ- باز کردن پیچ‌های مهاری متصل به سر پایه و بالا بردن نیمه از عرشه پل به میزان مناسب جهت تعویض بالشتک‌های الاستومری، تمیزکاری، رنگ، فیلرگذاری و اصلاح شاخک‌ها

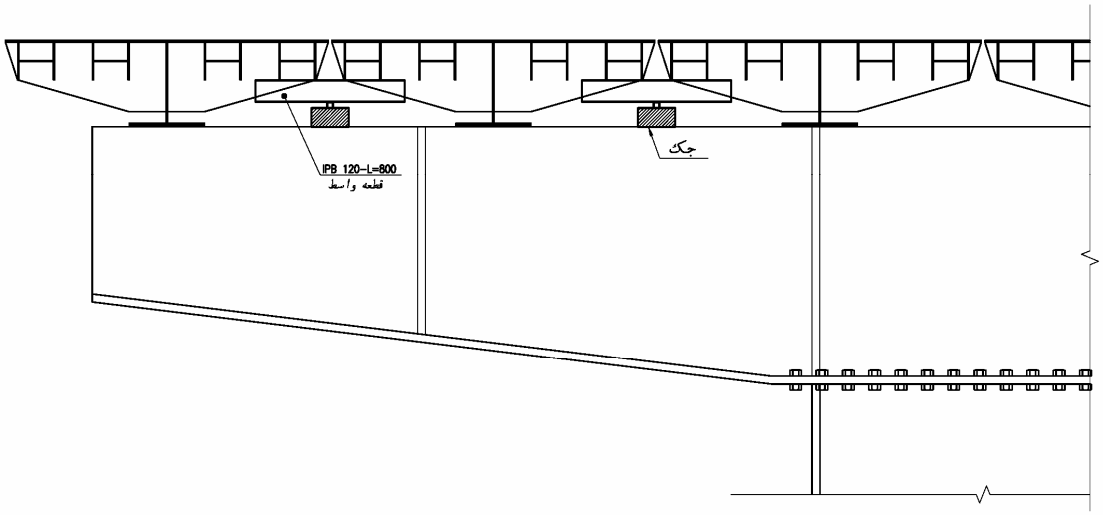
و- زنگ‌زدایی سرپایه‌ها، فیلرها و شاخک‌ها و قطعات اتصالی شاهتیرها و رنگ‌آمیزی آن بر اساس مشخصات فنی مربوطه که همراه این مجموعه گزارش می‌باشد.

ز- جایگذاری الاستومر و فیلرها

لازم به توضیح است که فیلرها باید به گونه‌ای باشند که سطح روی عرشه کاملاً تراز شود و شیب عرضی مورد نظر تأمین گردد. همچنین با توجه به شیب طولی پل فیلیر با ابعاد 100×600 و ضخامت متوسط ۱۰ میلیمتر با سطوح ناموازی روی سطح بالای نئوپرن ها قرار گیرد و به زیر تیر خالجوش شود.

ح- بستن پیچ‌های مهاری، سلامت پیچ‌های مهاری باید به تأیید دستگاه نظارت برسد و در صورت معیوب بودن پیچ‌ها با هماهنگی دستگاه نظارت، تعویض شوند. مشخصات پیچ‌ها و نحوه بستن آن می‌بایست بر اساس مشخصات فنی کارهای فلزی که ضمیمه پیوست شماره ۱۹ است، باشد.

ط- پایین آوردن سه شاهتیر و استقرار آن بر روی تکیه‌گاه‌های جدید



شکل ۲- کروکی محل استقرار قطعه واسط و جک

پیوست ۲۱

اندازه‌گیری تنش، تغییر شکل و شتاب در پل به منظور تخمین پتانسیل خستگی و ارزیابی موثر بودن روش‌های اصلاحی

۱- مقدمه

به منظور انجام ارزیابی پتانسیل خستگی، این مهندسان مشاور انجام چندین آزمایش در محل را پیشنهاد می‌نماید. هدف از انجام این آزمایشها انجام یک بررسی واقع‌گرایانه جهت تخمین مقدار تنش‌ها و کرنش‌های به وجود آمده در بال کششی شاهتیرها و تعداد سیکل تکرار آنها می‌باشد. مدت زمان پیشنهادی انجام آزمایشات هفت شبانه‌روز متوالی در ضمن بهره‌برداری از پل در نظر گرفته شده است. حداقل ادوات آزمایشگاهی لازم، ۳ جفت کرنش سنج، ۳ دستگاه LVDT و ۲ دستگاه شتاب‌سنج می‌باشند که بر روی ۳ شاهتیر یک خط عبور نصب می‌گردند و جهت ثبت اطلاعات یک دستگاه Data Logger دینامیکی با ۱۸ کانال لازم می‌باشد. با برون یابی نتایج آزمایش به دست آمده از ثبت نتایج در یک هفته، می‌توان تعداد سیکل تجربه شده در بازه‌های مختلف تنشی را برای عمر کنونی پل (حدود ۳۵ سال) در بال کششی شاهتیرها به دست آورد.

مقادیر تنش از اندازه‌گیری کرنش‌ها و ضرب مقادیر آن در مدول الاستیسیته مصالح فولادی $E=2.1\times10^6 kg/cm^2$ به دست می‌آید و ثبت خیز و شتاب حرکت جهت سنجش میزان ارتعاش شاهتیرها به کار می‌رود.

مهم‌ترین یافته‌های حاصل از آزمایش عبارتند از:

- تعیین مقادیر واقعی و دقیق کرنش‌ها و تنش‌های وارده بر پل
- تعیین مقادیر واقعی خیز تیرها
- یافتن نمودار تنش – تکرار (S-N) واقعی برای پل
- یافتن ضرایب ضربه واقعی برای پل در سرعتهای مختلف عبور کامیون طرح
- برآورد واقع بینانه از عمر باقیمانده پل
- ارائه راه‌کارهای بهسازی و ارتقاء عملکرد با دقت بالاتر و هزینه کمتر به علت افزایش آگاهی مهندسی از وضعیت واقعی پل

۲- مراحل انجام آزمایش‌ها

با توجه به رهیافت‌های پیشنهادی این مهندسان مشاور جهت تقویت و ارتقاء عملکرد سرویس عرشه پل (ایجاد دیافراگم‌های عرضی، افزایش جرم و تعویض نئوپرن‌ها) برنامه آزمایشی تفصیلی را می‌توان به صورت زیر ارائه نمود:

مرحله اول: انجام آزمایش بر روی وضعیت موجود پل

مرحله دوم: انجام آزمایش پس از پایان نصب دیافراگم‌های عرضی و تعویض تکیه‌گاه‌های الاستومر

مرحله سوم: انجام آزمایشات پس از انجام عملیات افزایش جرم

نحوه ابزاربندی و انجام آزمایش‌ها در هر ۳ مرحله مشابه می‌باشد. بدین ترتیب می‌توان میزان واقعی بهبود در عملکرد را پس از انجام هر مرحله از عملیات تقویت و ارتقاء عملکرد تعیین نموده و به اثبات رساند. همچنین

عمر خستگی پل را بر اساس برون‌یابی وضعیت فعلی برای تخمین شرایط گذشته و برون‌یابی وضعیت اصلاح شده برای شرایط آینده تعیین نمود.

۳- شیوه بارگذاری پل

آزمایش‌های مرحله اول شامل دو تیپ بارگذاری می‌باشد؛

تیپ اول، استفاده از یک دستگاه کامیون یا تراک میکسر با وزن تقریبی ۳۰ الی ۳۵ تن (۷۵ الی ۸۵ درصد بار حداکثر آیین‌نامه‌ای) که تقریباً حداکثر بار واقعی عبوری از روی پل‌ها می‌باشد.

تیپ دوم، بارگذاری طبیعی پل در اثر ترافیک عبوری در طول شبانه‌روز.

در آزمایش با بارگذاری تیپ اول، هر کامیون می‌بایست ٤ بار از روی دهانه پل مورد بررسی عبور داده شود. در وهله اول کامیون طرح در وسط دهانه توقف کرده و ثبت داده‌ها انجام می‌پذیرد. این بارگزاری نماد بارگذاری استاتیک برای پل می‌باشد.

در وهله‌های دوم، سوم و چهارم کامیون طرح با سرعتهای ۲۰، ٤۰ و ٦۰ کیلومتر بر ساعت از روی دهانه مورد بررسی عبور داده می‌شود و ثبت دینامیکی داده‌ها در دهک‌های ثانیه انجام می‌گیرد.

ضریب ضربه واقعی پل با توجه به مقایسه خیز تیر در حالات دینامیکی نسبت به حالت استاتیکی تعیین می‌گردد. همچنین مقادیر تنش، کرنش و خیز در حالات استاتیکی و دینامیکی تحت اثر بارگذاری طرح تعیین می‌گردد.

در آزمایش‌های با بارگذاری تیپ دوم، مقادیر تنش‌ها، کرنش‌ها و خیزها در اثر بارگذاری ترافیکی روزانه و شبانه مورد سنجش قرار می‌گیرد. به علت عبور وسایل نقلیه سنگین‌تر در شب، پیش‌بینی می‌گردد مقادیر حداکثر در شب‌ها رخ دهد. تعداد سیکل‌های تکرار در بازه‌های مختلف تنشی از۰ تا ٤۰۰ ، از ٤۰۰ تا ۸۰۰ ، از ۸۰۰ تا ۱۲۰۰ ، از ۱۲۰۰ تا ۱٦۰۰ و از ۱٦۰۰ تا ۲۰۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع و بالاتر از ۲۰۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع در مدت زمان یک هفته اندازه‌گیری و تفکیک می‌شود. لذا می‌توان جامعه‌ای آماری از مقادیر تنش‌ها، کرنش‌ها، خیزها و شتاب‌های قائم وارده بر شاهتیر پل به دست آورد و با پردازش اطلاعات به دست آمده تهیه نمودار تنش- تکرار این نمودار با توجه به پردازش آمارهای ترافیکی ۳۵ ساله اخیر به نمودار تنش تکرار عمر کنونی پل تبدیل می‌گردد.

پس از تهیه این نمودار، مقایسه وضع موجود تنش- تکرار پل با ضوابط آیین‌نامه‌ای روز که عمدتاً مبتنی بر نمودار گودمن می‌باشد انجام می‌گیرد. حاصل این پژوهش تعیین عمر باقیمانده پل در صورت عدم انجام عملیات اصلاحی و ارتقاء عملکرد می‌باشد.

در مرحله دوم، آزمایش‌های مرحله اول پس از اضافه‌سازی دیافراگم و تعویض نئوپرن‌ها تکرار می‌شوند تا با پردازش اطلاعات آن‌ها سیکل‌های تنش تکرار آینده تخمین زده شود. با این بررسی عمر باقی مانده خستگی

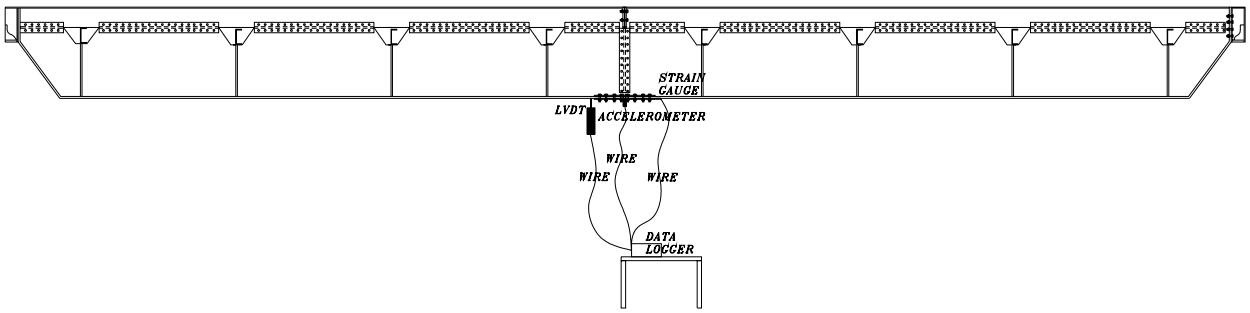
پس از تعمیرات اساسی تعیین شده اثر اقدامات اصلاحی بر افزایش عمر پل مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت. فاز سوم تنها با بارگذاری تیپ اول انجام می‌پذیرد و میزان بهبود لرزش‌های پل پس از انجام هر مرحله از تقویت‌ها و اصلاحات اندازه‌گیری و احراز می‌گردد.

٤- ابزاربندی آزمایشگاهی

از آنجایی که هدف اصلی از این تحقیق بررسی پتانسیل خستگی بال کششی تحتانی شاهتیر می‌باشد ادوات آزمایشگاهی شامل کرنش سنج، LVDT و شتاب‌سنج در بحرانی‌ترین محل شاهتیر یعنی میانه دهانه متصل می‌گردند. از آنجایی که وصله این بال دقیقاً در وسط دهانه انجام گرفته است، در یک طرف وصله و روی بال تیر کرنش سنج نصب گردیده و در طرف دیگر LVDT نصب می‌گردد. شتاب سنج قائم نیز دقیقاً در میانه وصله دو تیر میانی نصب می‌شود.

در شکل شماره ١ جانمایی ادوات آزمایشگاهی مورد نیاز در هر شاهتیر نشان داده شده است. لازم به ذکر است هر پل از ٦ شاهتیر تشکیل می‌گردد که هر ٣ تای آنها یک خط عبور را تشکیل می‌دهند. بدین ترتیب لازم است ادوات آزمایشگاهی در قسمت تحتانی هر ٣ شاهتیر نصب گردند. لذا می‌توان میزان مشارکت شاهتیرها را در باربری، قبل از نصب دیافراگم و پس از نصب دیافراگم با مقایسه معیار خیز تعیین نموده و از کفایت راه حل پیشنهادی اطمینان حاصل نمود.

لازم به ذکر است در صورت لزوم می‌توان از تعداد ادوات آزمایشگاهی بیشتری جهت تعیین نحوه توزیع کرنش و تغییر مکان در طول شاهتیر یا عرض بال استفاده نمود.



شکل١- جانمایی ادوات آزمایشگاهی مورد نیاز در هر شاهتیر

٥- انجام آزمایش‌های تکمیلی

در صورت فراهم شدن امکان تهیه نمونه از بال تحتانی شاهتیر، پیشنهاد می‌گردد یک یا چند نمونه اختصاصی که شامل نواری از بال جوش اتصال قسمتی از جان شاهتیر می‌باشد اختصاصاً به منظور انجام آزمایشات

خستگی در آزمایشگاه برداشت گردد. بدین ترتیب می‌توان با وارد آوردن سطح تعیین شده‌ای از تنش، تعداد سیکل‌هایی که منجر به شکست نمونه می‌گردد را اندازه گرفت و با نمونه مشابه و همسان از لحاظ خواص مصالح و هندسه‌ای بدون تاریخچه بارگذاری قبلی مقایسه نمود.

پیوست ۲۲

دستورالعمل نصب ادوات آزمایشگاهی بر روی پل به منظور انجام آزمایشات ارزیابی میدانی

۱- هدف و دامنه کاربرد

هدف از انجام آزمایشات ارزیابی میدان پل، تخمین خستگی و پارامترهای رفتاری پل می‌باشد. پارامترهای اصلی مورد سنجش؛ خیز در وسط دهانه پل، شتاب قائم در وسط دهانه پل و کرنش‌ها در بال پائین پل می‌باشد. به منظور ایجاد شرایط طبیعی بارگذاری، از بارگذاری ناشی از ترافیک عبوری روزانه استفاده می‌گردد. مدت انجام آزمایشات مانیتورینگ به مدت یک هفته می‌باشد تا تخمین مناسبتری از وضعیت ترافیک ارائه گردد.

به منظور ایجاد شرایط بارگذاری کنترل شده، از بارگذاری تراک استفاده می‌گردد. یک تراک با وزن تقریبی ٤٠ تن بر روی باسکول مرد توزین دقیق قرار گرفته و با سرعت ۲۰، ٤٠ و ٦٠ کیلومتر بر ساعت از روی پل عبور می‌نماید.

به منظور یافتن پارامترهاب حالت استاتیکی پشت داده‌ها یکبار در حالت توقف کامل بر روی وسط دهانه اندازه‌گیری می‌شود.

۲- مصالح مصرفی

- سمباده
- استن
- چسب CN
- کرنش سنج با مارک TML و طول گیج ۲۵ میلی متر
- سیم شیلد اتصال کرنش سنج
- سیم شیلد اتصال تغییر مکان سنج
- سیم شیلد اتصال شتاب سنج
- قلع برای لحیم کاری

۳- ابزار لازم

- تغییییر مکان سنج با مارک TML و دامنه اندازه‌گیری ۱۰۰ میلی متر
- شتاب سنج با مارک TML
- لوله داربست
- دستگاه ثبت کننده اطلاعات با مارک TML از نوع دینامیکی
- میز جهت استقرار دستگاه ثبت کننده
- کانکس جهت استقرار نیروها واردات
- دستگاه هویه
- پایه مگنت

٤- روش اجرا

روش اجرا شامل مراحل زیر می‌باشد:

الف) نصب کرنش سنج مطابق دستورالعمل سازنده

عملیات نصب کرنش سنج شامل مراحل زیر می‌باشد:

- آماده‌سازی سطح فولاد با سمباده دستی یا انگشتی
- پاکسازی سطح فولاد از چربی‌ها توسط استن
- تعیین محل دقیق نصب کرنش سنج در خط‌کشی محدوده آن
- چسباندن کرنش سنج در محل مشخص شده
- فشار دادن کرنش سنج به مدت ۵ دقیقه با نیرویی معادل نیروی انگشت شست
- آماده‌سازی دو سر سیم شیلد با طول مورد نظر
- هویه نمودن در سر سیم به دو سر سیم‌های کرنش سنج
- عایق نمودن محل اتصال سیم‌ها با چسب سیم

ب) نصب تغییر مکان سنج

این عملیات شامل مراحل زیر می‌باشد

- داربست بندی درمحوطه زیر پل به نحوی که از ثابت بودن ولتا نبودن آن بتوان اطمینان حاصل کرد.
- نصب تغییر مکان سنج‌ها به پایه مگنت توسط رابط‌ها
- نصب پایه مگنت روی لوله داربست
- ایزوله نمودن محیط اطراف لوله‌های داربست و ایجاد راه دسترسی مطمئن به تغییر مکان سنج‌ها جهت جلوگیری از برخورد احتمالی نفرات با پایه‌ها

ج) نصب شتاب سنج

این عملیات شامل مراحل زیر می‌باشد

- تعیین محل نصب شتاب سنج بر روی شاهتیر
- اتصال شتاب سنج به محل مورد نظر

د)راه اندازی دستگاه ثبت داده‌ها

این عملیات مطابق مشخصات کاتالوگ دستگاه انجام می‌گیرد و شامل مراحل زیرمی‌باشد:

- اتصال انتهای کلید سیم‌ها به دستگاه
- وارد کردن ضرایب هر وسیله به دستگاه
- انجام ثبت داده‌ها بصورت آزمایشی و کنترل صحت نتایج

۵- محدودیت‌ها

- در حین عملیات نصب کرنش سنج در مدت زمان ۵ دقیقه‌ای مربوط به چسباندن می‌بایست عبور و مرور ترافیک از روی پل صورت نگیرد.

- پس از نصب کلیه ادوات به منظور صفر نمودن نتایج برداشت دستگاه در یک لحظه خاص که لزوماً لحظه شروع آزمایشات نمی‌باشد لازم است عبور و مرور ترافیک از روی پل صورت نگیرد.زمان لازم ۵ دقیقه تخمین زده می‌شود.

٦- کنترل کیفیت

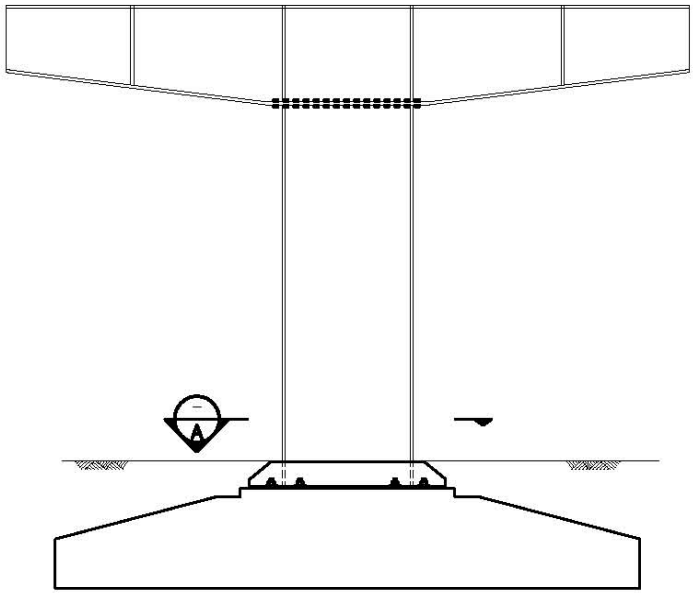
کنترل کیفیت کار جزئی از کار می‌باشد و کنترل‌های مداوم در هر لحظه از انجام عملیات ضروری است.

پیوست ۲۳

برداشت وضعیت موجود پایه‌ها و فونداسیون‌ها

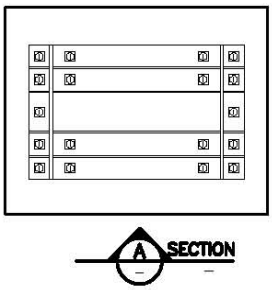
نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

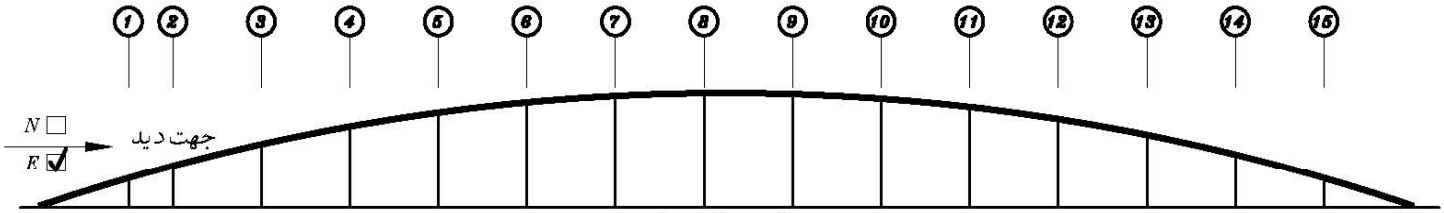
چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود فونداسیون و پایه	وضعیت کلی پایه
شناسه پل: SB-02 **نام پل:** حافظ – انقلاب **محل پایه:** ۱	وخیم ☑ نیازمند اصلاحات جزئی ☐
مهار جانبی: دارد☐ ندارد☐ **فونداسیون:** آشکار است☐ آشکار نیست☑	نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐



توضیحات:

– این محور روی کوله می‌باشد که برای تقویت آن یک تیر ورق I شکل زیر شاهتیرها در حال نصب می‌باشد.





نمای راهنما

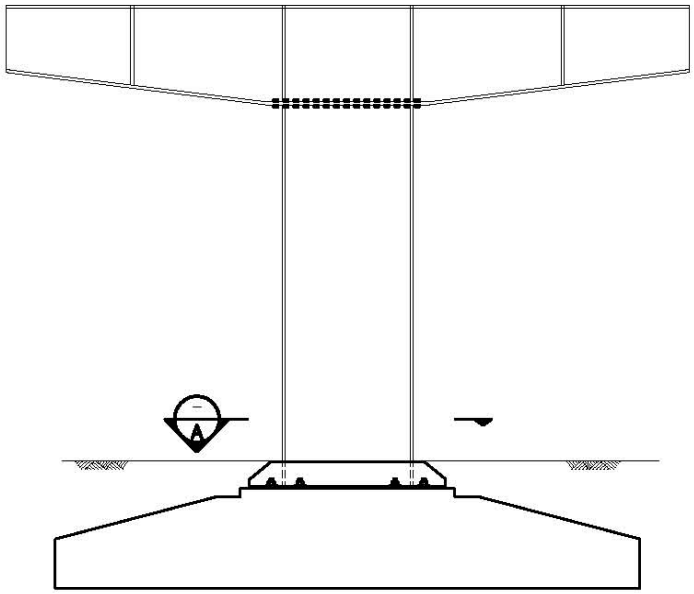
نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
آسیب‌دیدگی بتن فونداسیون	1	زنگ زدگی پایه‌ها	6
نشست فونداسیون	2	آسیب ناشی از تصادف در پایه‌ها	7
آسیب‌دیدگی بیس پلیت و جوشهای پای ستون	3	خطر تصادف وسایل نقلیه با پایه	8
آسیب‌دیدگی گروت زیر بیس پلیت	4	آسیب‌دیدگی پیچهای اتصال پایه به سر ستون	9
آسیب‌دیدگی مهره‌ها و بولت‌های پای ستون (زنگ‌زدگی، بی مهره‌گی، شل بودن مهره‌ها)	5	آسیب دیدگی رنگ	10

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	تاریخ برداشت
ر. باقرلو	تیر و مرداد۸۷

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

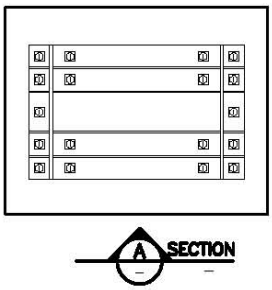
چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود فونداسیون و پایه	وضعیت کلی پایه
شناسه پل: SB-02 **نام پل:** حافظ – انقلاب **محل پایه: ۲**	وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☐
مهار جانبی: دارد☐ ندارد☑ **فونداسیون:** آشکار است☐ آشکار نیست☑	نیازمند بررسی بیشتر ☑ خوب ☐

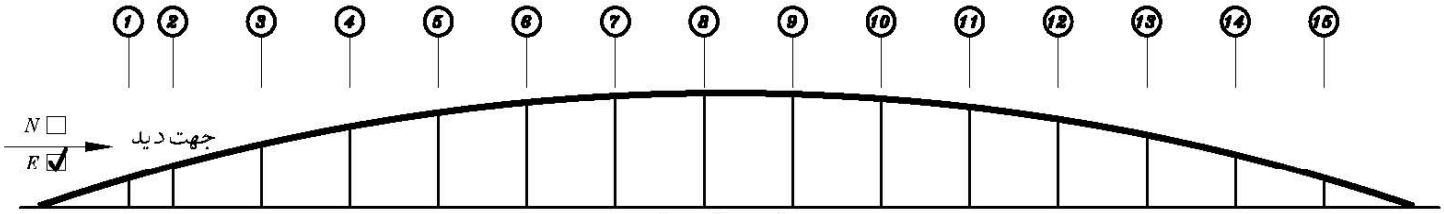


توضیحات:

– این پایه داخل کوله محصور می‌باشد.

– فونداسیون و بیس‌پلیت‌ها مدفون می‌باشد.





نمای راهنما

نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
آسیب‌دیدگی بتن فونداسیون	1	زنگ زدگی پایه‌ها	6
نشست فونداسیون	2	آسیب ناشی از تصادف در پایه‌ها	7
آسیب‌دیدگی بیس پلیت و جوشهای پای ستون	3	خطر تصادف وسایل نقلیه با پایه	8
آسیب‌دیدگی گروت زیر بیس پلیت	4	آسیب‌دیدگی پیچهای اتصال پایه به سر ستون	9
آسیب‌دیدگی مهره‌ها و بولت‌های پای ستون (زنگ‌زدگی، بی مهره‌گی، شل بودن مهره‌ها)	5	آسیب دیدگی رنگ	10

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	تاریخ برداشت
ر. باقرلو	تیر و مرداد۸۷

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود فونداسیون و پایه

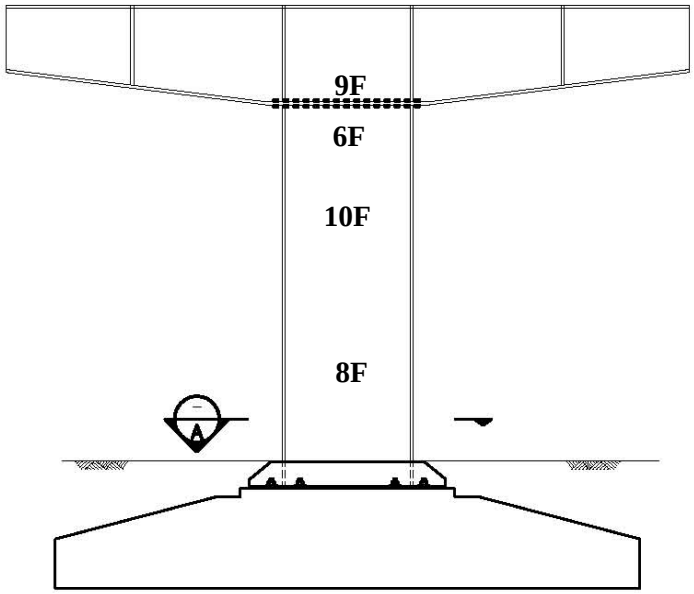
شناسه پل: SB-02 **نام پل:** حافظ – انقلاب **محل پایه: ۳**

مهار جانبی: دارد☐ ندارد☑ **فونداسیون:** آشکار است☐ آشکار نیست☑

وضعیت کلی پایه

وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی☑

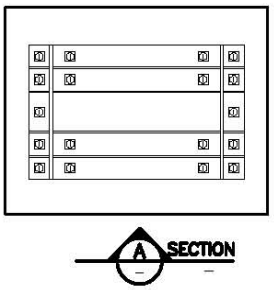
نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐

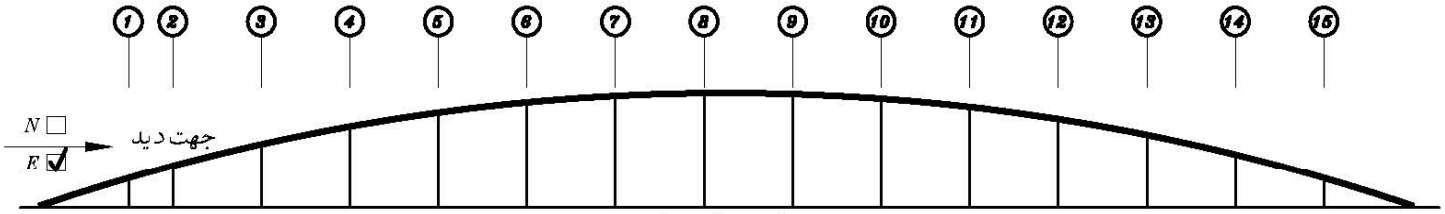


توضیحات:

– به دلیل اینکه، این پل جدیداً سندبلاست و رنگ شده است عملاً آسیب رنگ تنها در بخش پایه مشهود است (کلیه عناصر به جز پایه‌ها رنگ شده‌اند یعنی تیرهای اصلی، عرشه، دیافراگمها، سرپایه و ...).

– فونداسیون و بیس‌پلیت مدفون می‌باشد.





نمای راهنما

نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
آسیب‌دیدگی بتن فونداسیون	1	زنگ زدگی پایه‌ها	6
نشست فونداسیون	2	آسیب ناشی از تصادف در پایه‌ها	7
آسیب‌دیدگی بیس پلیت و جوشهای پای ستون	3	خطر تصادف وسایل نقلیه با پایه	8
آسیب‌دیدگی گروت زیر بیس پلیت	4	آسیب‌دیدگی پیچهای اتصال پایه به سر ستون	9
آسیب‌دیدگی مهره‌ها و بولت‌های پای ستون (زنگ‌زدگی، بی مهره‌گی، شل بودن مهره‌ها)	5	آسیب دیدگی رنگ	10

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	تاریخ برداشت
ر. باقرلو	تیر و مرداد۸۷

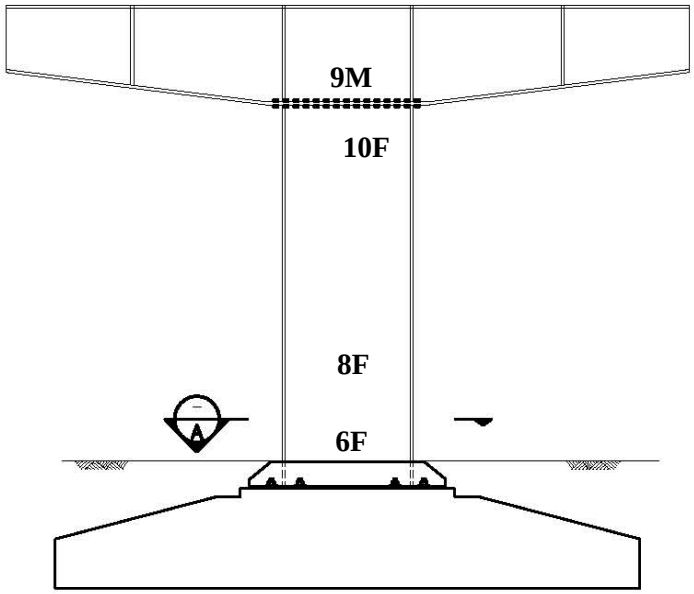
پایه محور ۳ (پل حافظ- انقلاب)

نمای پایه محور ۳

زنگ‌زدگی پیچ‌های اتصال پایه به سرپایه

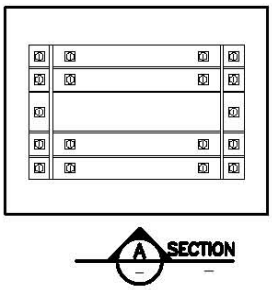
نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

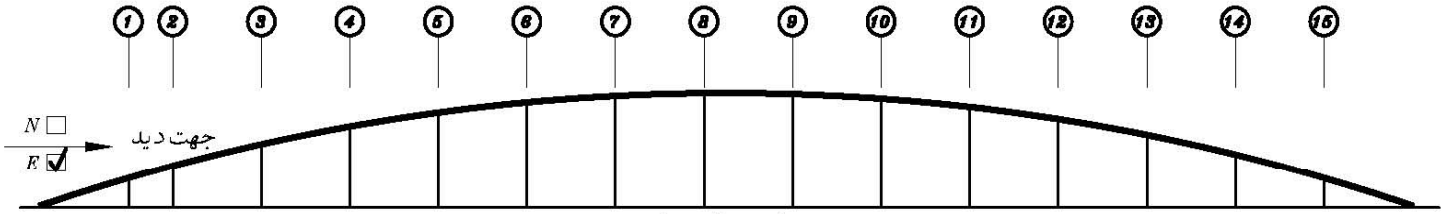
چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود فونداسیون و پایه	وضعیت کلی پایه
شناسه پل: SB-02 **نام پل:** حافظ – انقلاب **محل پایه:** ٤	وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☑
مهار جانبی: دارد☐ ندارد☑ **فونداسیون:** آشکار است☐ آشکار نیست☑	نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐



توضیحات:

– فونداسیون و بیس‌پلیت مدفون می‌باشد.





نمای راهنما

نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
آسیب‌دیدگی بتن فونداسیون	1	زنگ زدگی پایه‌ها	6
نشست فونداسیون	2	آسیب ناشی از تصادف در پایه‌ها	7
آسیب‌دیدگی بیس پلیت و جوشهای پای ستون	3	خطر تصادف وسایل نقلیه با پایه	8
آسیب‌دیدگی گروت زیر بیس پلیت	4	آسیب‌دیدگی پیچهای اتصال پایه به سر ستون	9
آسیب‌دیدگی مهره‌ها و بولت‌های پای ستون (زنگ‌زدگی، بی مهره‌گی، شل بودن مهره‌ها)	5	آسیب دیدگی رنگ	10

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	تاریخ برداشت
ر. باقرلو	تیر و مرداد۸۷

پایه محور ٤ (پل حافظ- انقلاب)

نمای پایه محور ٤

زنگ‌زدگی پیچ‌های اتصال پایه به سرپایه

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود فونداسیون و پایه

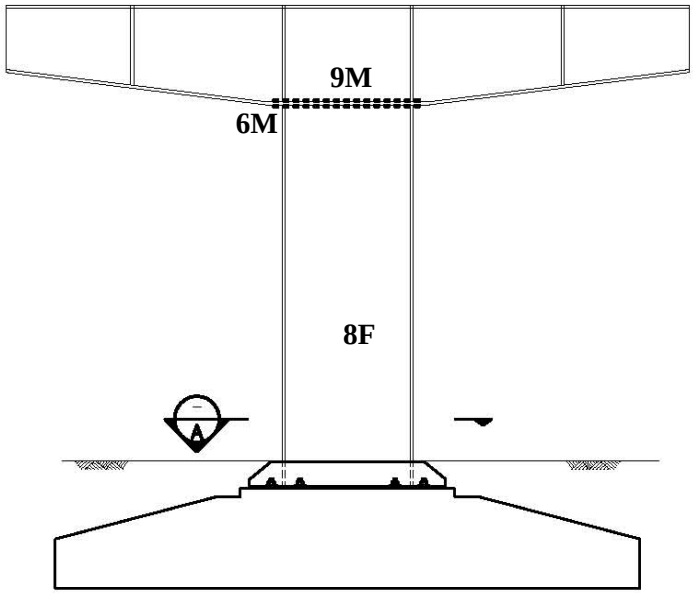
شناسه پل: SB-02 **نام پل:** حافظ – انقلاب **محل پایه:** ۵

مهار جانبی: دارد☐ ندارد☑ **فونداسیون:** آشکار است☐ آشکار نیست☑

وضعیت کلی پایه

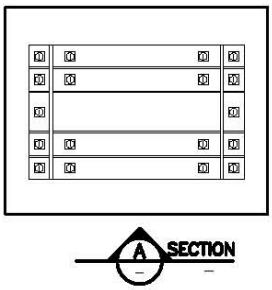
وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی☑

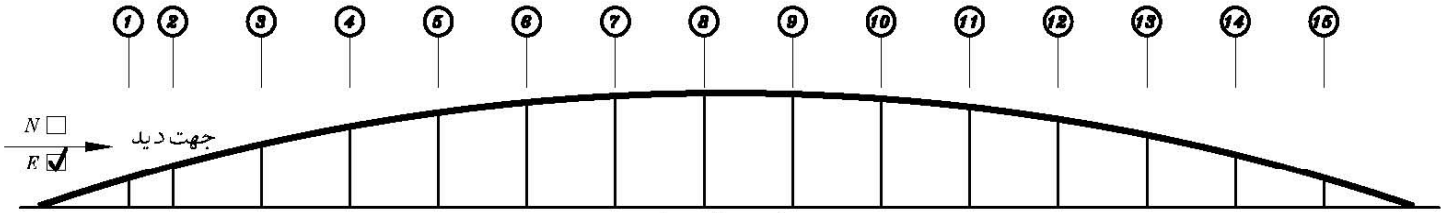
نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐



توضیحات:

– فونداسیون و بیس‌پلیت مدفون می‌باشد.





نمای راهنما

نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
آسیب‌دیدگی بتن فونداسیون	1	زنگ زدگی پایه‌ها	6
نشست فونداسیون	2	آسیب ناشی از تصادف در پایه‌ها	7
آسیب‌دیدگی بیس پلیت و جوشهای پای ستون	3	خطر تصادف وسایل نقلیه با پایه	8
آسیب‌دیدگی گروت زیر بیس پلیت	4	آسیب‌دیدگی پیچهای اتصال پایه به سر ستون	9
آسیب‌دیدگی مهره‌ها و بولت‌های پای ستون (زنگ‌زدگی، بی مهره‌گی، شل بودن مهره‌ها)	5	آسیب دیدگی رنگ	10

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	تاریخ برداشت
ر. باقرلو	تیر و مرداد۸۷

پایه محور ۵ (پل حافظ- انقلاب)

نمای پایه محور ۵

زنگ‌زدگی پیچ‌های اتصال پایه به سرپایه

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود فونداسیون و پایه

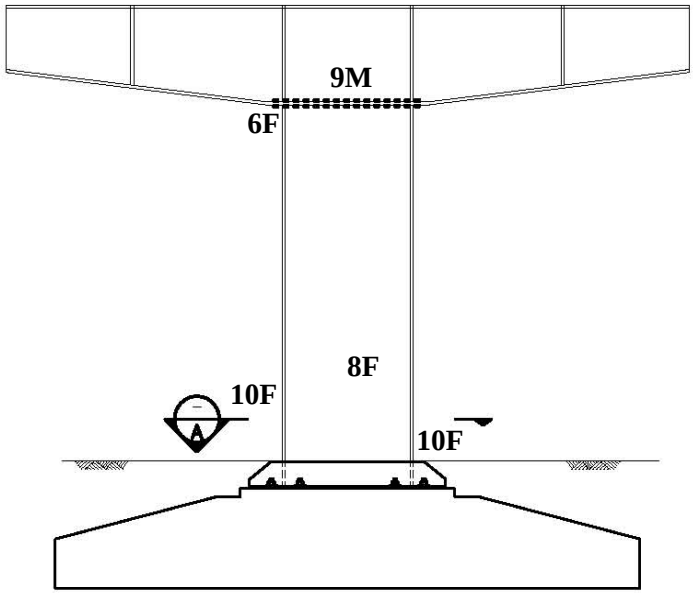
شناسه پل: SB-02 **نام پل:** حافظ – انقلاب **محل پایه:** ٦

مهار جانبی: دارد☐ ندارد☑ **فونداسیون:** آشکار است☐ آشکار نیست☑

وضعیت کلی پایه

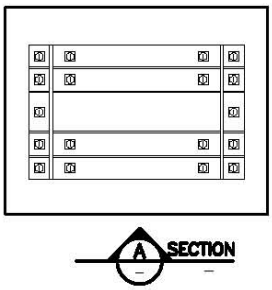
وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی☑

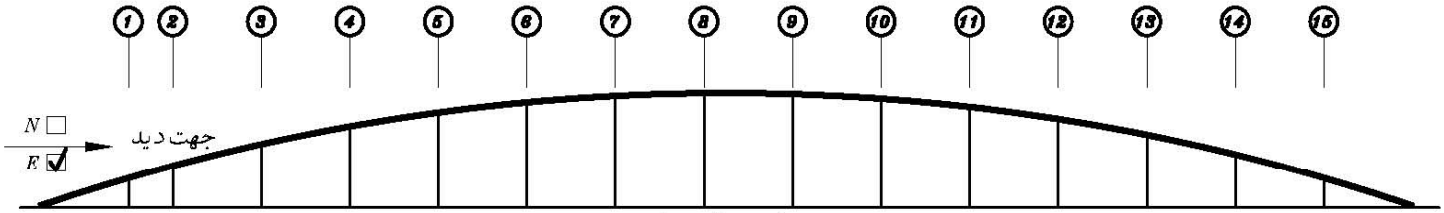
نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐



توضیحات:

– فونداسیون و بیس‌پلیت مدفون می‌باشد.





نمای راهنما

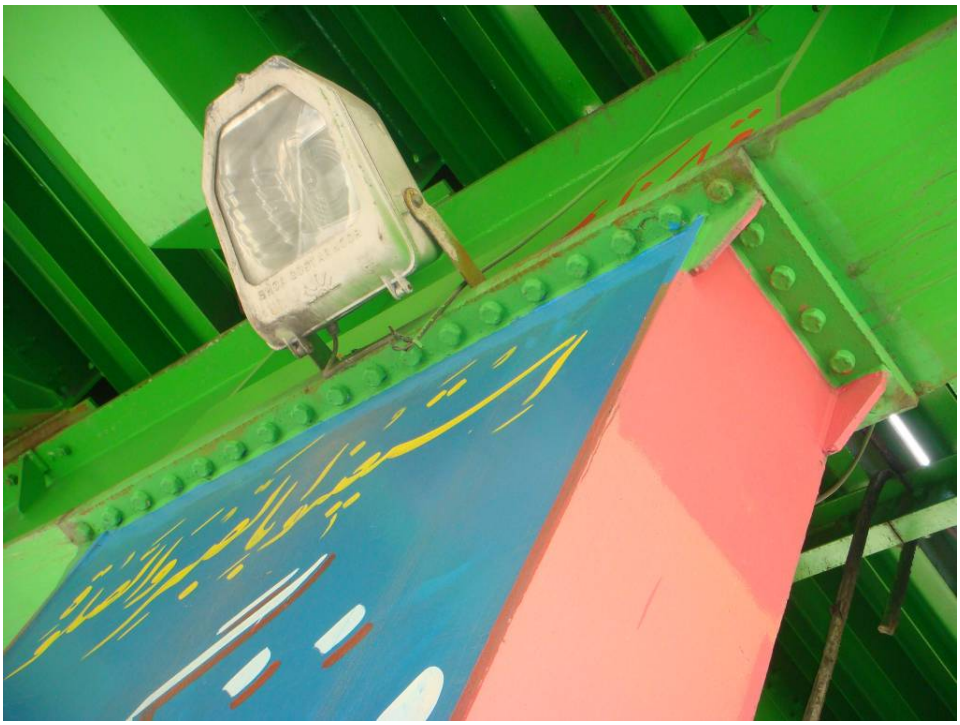
نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
آسیب‌دیدگی بتن فونداسیون	1	زنگ زدگی پایه‌ها	6
نشست فونداسیون	2	آسیب ناشی از تصادف در پایه‌ها	7
آسیب‌دیدگی بیس پلیت و جوشهای پای ستون	3	خطر تصادف وسایل نقلیه با پایه	8
آسیب‌دیدگی گروت زیر بیس پلیت	4	آسیب‌دیدگی پیچهای اتصال پایه به سر ستون	9
آسیب‌دیدگی مهره‌ها و بولت‌های پای ستون (زنگ‌زدگی، بی مهره‌گی، شل بودن مهره‌ها)	5	آسیب دیدگی رنگ	10

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	تاریخ برداشت
ر. باقرلو	تیر و مرداد۸۷

پایه محور ٦ (پل حافظ- انقلاب)

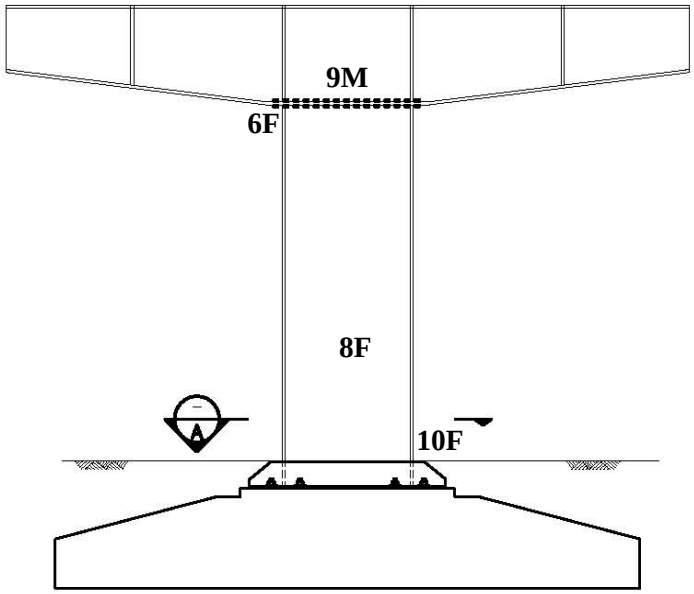
نمای پایه محور ٦



زنگ‌زدگی پیچ‌های اتصال پایه به سرپایه

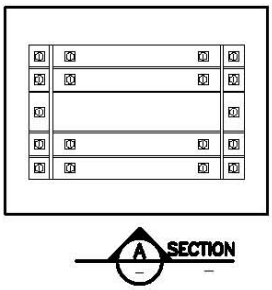
نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

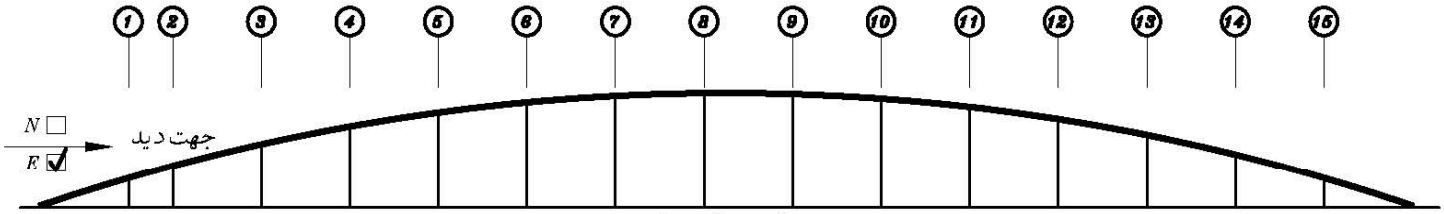
چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود فونداسیون و پایه	وضعیت کلی پایه
شناسه پل: SB-02 **نام پل:** حافظ – انقلاب **محل پایه:** ۷	وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☑
مهار جانبی: دارد☐ ندارد☑ **فونداسیون:** آشکار است☐ آشکار نیست☑	نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐



توضیحات:

– فونداسیون و بیس‌پلیت مدفون می‌باشد.





نمای راهنما

نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
آسیب‌دیدگی بتن فونداسیون	1	زنگ زدگی پایه‌ها	6
نشست فونداسیون	2	آسیب ناشی از تصادف در پایه‌ها	7
آسیب‌دیدگی بیس پلیت و جوشهای پای ستون	3	خطر تصادف وسایل نقلیه با پایه	8
آسیب‌دیدگی گروت زیر بیس پلیت	4	آسیب‌دیدگی پیچهای اتصال پایه به سر ستون	9
آسیب‌دیدگی مهره‌ها و بولت‌های پای ستون (زنگ‌زدگی، بی مهره‌گی، شل بودن مهره‌ها)	5	آسیب دیدگی رنگ	10

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	تاریخ برداشت
ر. باقرلو	تیر و مرداد۸۷

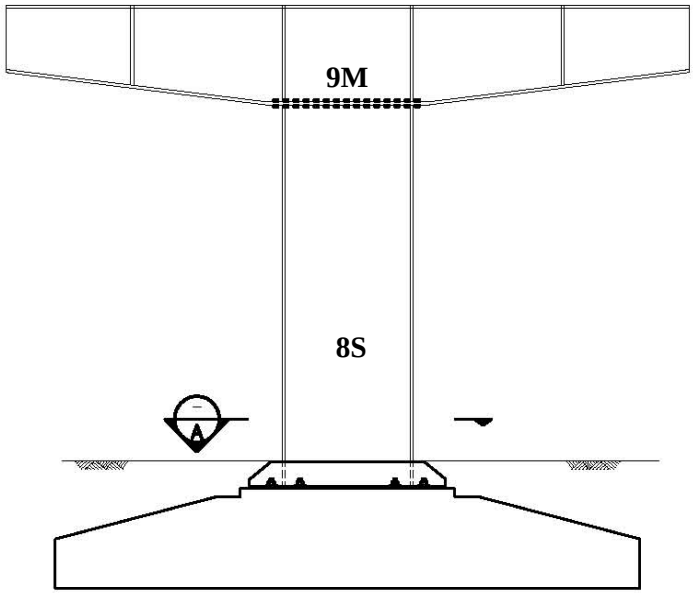
پایه محور ۷ (پل حافظ- انقلاب)

نمای پایه محور ۷

زنگ‌زدگی پیچ‌های اتصال پایه به سرپایه

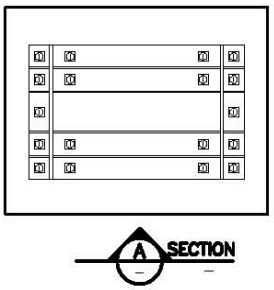
نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

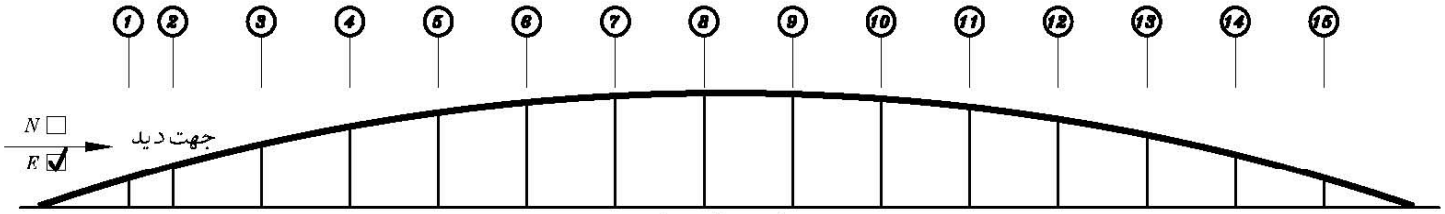
چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود فونداسیون و پایه	وضعیت کلی پایه
شناسه پل: SB-02 **نام پل:** حافظ – انقلاب **محل پایه:** ۸	وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☑
مهار جانبی: دارد☐ ندارد☑ **فونداسیون:** آشکار است☐ آشکار نیست☑	نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐



توضیحات:

– فونداسیون و بیس‌پلیت مدفون می‌باشد.





نمای راهنما

نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
آسیب‌دیدگی بتن فونداسیون	1	زنگ زدگی پایه‌ها	6
نشست فونداسیون	2	آسیب ناشی از تصادف در پایه‌ها	7
آسیب‌دیدگی بیس پلیت و جوشهای پای ستون	3	خطر تصادف وسایل نقلیه با پایه	8
آسیب‌دیدگی گروت زیر بیس پلیت	4	آسیب‌دیدگی پیچهای اتصال پایه به سر ستون	9
آسیب‌دیدگی مهره‌ها و بولت‌های پای ستون (زنگ‌زدگی، بی مهره‌گی، شل بودن مهره‌ها)	5	آسیب دیدگی رنگ	10

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	تاریخ برداشت
ر. باقرلو	تیر و مرداد۸۷

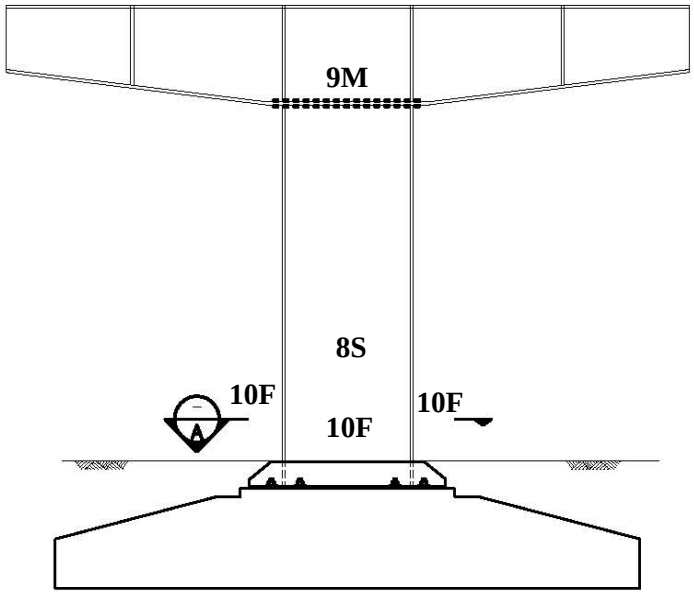
پایه محور ۸ (پل حافظ- انقلاب)

نمای پایه محور ۸

آسیب‌دیدگی رنگ و زنگ‌زدگی پیچ‌های اتصال پایه به سرپایه

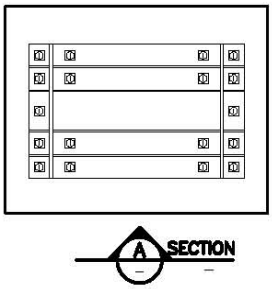
نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

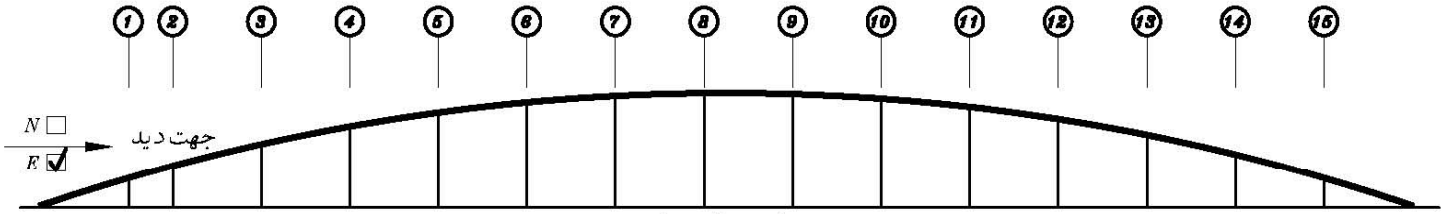
چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود فونداسیون و پایه	وضعیت کلی پایه
شناسه پل: SB-02 **نام پل:** حافظ – انقلاب **محل پایه:** ۹	وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☑
مهار جانبی: دارد☐ ندارد☑ **فونداسیون:** آشکار است☐ آشکار نیست☑	نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐



توضیحات:

– فونداسیون و بیس‌پلیت مدفون می‌باشد.





نمای راهنما

نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
آسیب‌دیدگی بتن فونداسیون	1	زنگ زدگی پایه‌ها	6
نشست فونداسیون	2	آسیب ناشی از تصادف در پایه‌ها	7
آسیب‌دیدگی بیس پلیت و جوشهای پای ستون	3	خطر تصادف وسایل نقلیه با پایه	8
آسیب‌دیدگی گروت زیر بیس پلیت	4	آسیب‌دیدگی پیچهای اتصال پایه به سر ستون	9
آسیب‌دیدگی مهره‌ها و بولت‌های پای ستون (زنگ‌زدگی، بی مهره‌گی، شل بودن مهره‌ها)	5	آسیب دیدگی رنگ	10

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	تاریخ برداشت
ر. باقرلو	تیر و مرداد۸۷

پایه محور ۹ (پل حافظ- انقلاب)

نمای پایه محور ۹

آسیب‌دیدگی رنگ و زنگ‌زدگی ورقهای اتصال پایه به سرپایه

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود فونداسیون و پایه

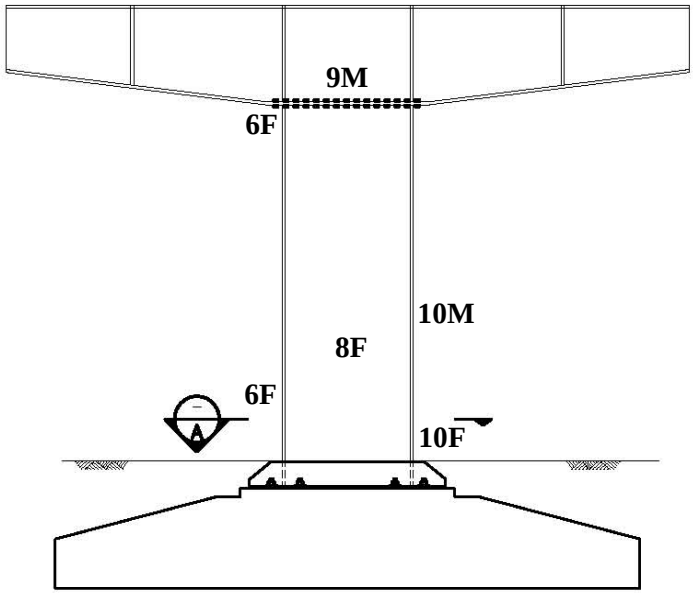
شناسه پل: SB-02 **نام پل:** حافظ – انقلاب **محل پایه:** ۱۰

مهار جانبی: دارد☐ ندارد☑ **فونداسیون:** آشکار است☐ آشکار نیست☑

وضعیت کلی پایه

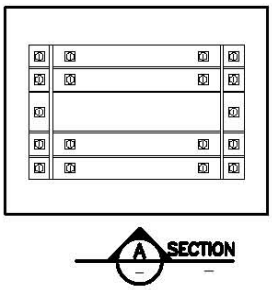
وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی☑

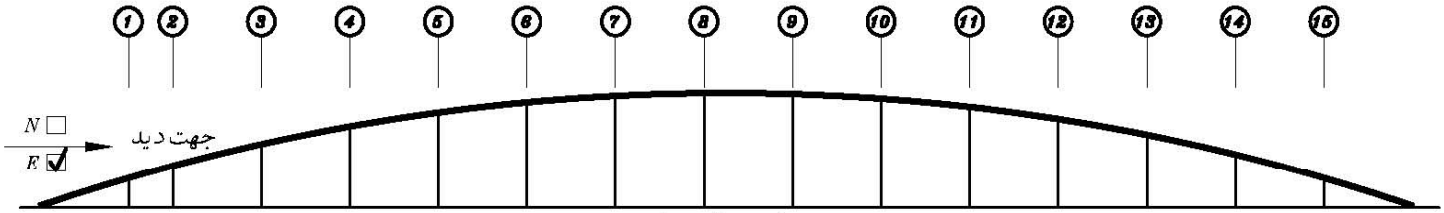
نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐



توضیحات:

– فونداسیون و بیس‌پلیت مدفون می‌باشد.





نمای راهنما

نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
آسیب‌دیدگی بتن فونداسیون	1	زنگ زدگی پایه‌ها	6
نشست فونداسیون	2	آسیب ناشی از تصادف در پایه‌ها	7
آسیب‌دیدگی بیس پلیت و جوشهای پای ستون	3	خطر تصادف وسایل نقلیه با پایه	8
آسیب‌دیدگی گروت زیر بیس پلیت	4	آسیب‌دیدگی پیچهای اتصال پایه به سر ستون	9
آسیب‌دیدگی مهره‌ها و بولت‌های پای ستون (زنگ‌زدگی، بی مهره‌گی، شل بودن مهره‌ها)	5	آسیب دیدگی رنگ	10

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

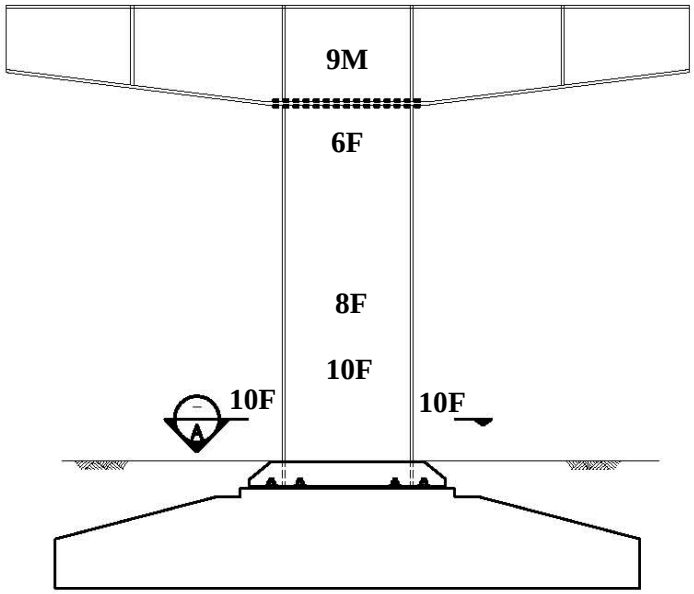
برداشت کننده	تاریخ برداشت
ر. باقرلو	تیر و مرداد۸۷

پایه محور ۱۰ (پل حافظ- انقلاب)

نمایی از اتصال پایه و سرپایه محور ۱۰

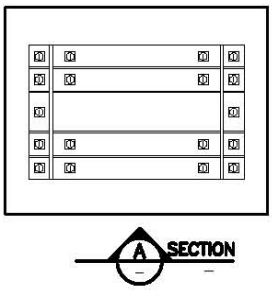
نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

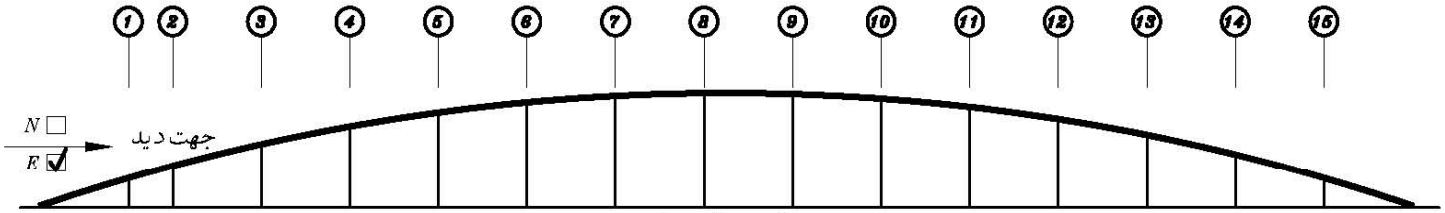
چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود فونداسیون و پایه	وضعیت کلی پایه
شناسه پل: SB-02 **نام پل:** حافظ – انقلاب **محل پایه:** ۱۱	وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☑
مهار جانبی: دارد☐ ندارد☑ **فونداسیون:** آشکار است☐ آشکار نیست☑	نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐



توضیحات:

– فونداسیون و بیس‌پلیت مدفون می‌باشد.





نمای راهنما

نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
آسیب‌دیدگی بتن فونداسیون	1	زنگ زدگی پایه‌ها	6
نشست فونداسیون	2	آسیب ناشی از تصادف در پایه‌ها	7
آسیب‌دیدگی بیس پلیت و جوشهای پای ستون	3	خطر تصادف وسایل نقلیه با پایه	8
آسیب‌دیدگی گروت زیر بیس پلیت	4	آسیب‌دیدگی پیچهای اتصال پایه به سر ستون	9
آسیب‌دیدگی مهره‌ها و بولت‌های پای ستون (زنگ‌زدگی، بی مهره‌گی، شل بودن مهره‌ها)	5	آسیب دیدگی رنگ	10

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	تاریخ برداشت
ر. باقرلو	تیر و مرداد۸۷

پایه محور ۱۱ (پل حافظ- انقلاب)

نمایی از اتصال پایه و سرپایه محور ۱۱

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود فونداسیون و پایه

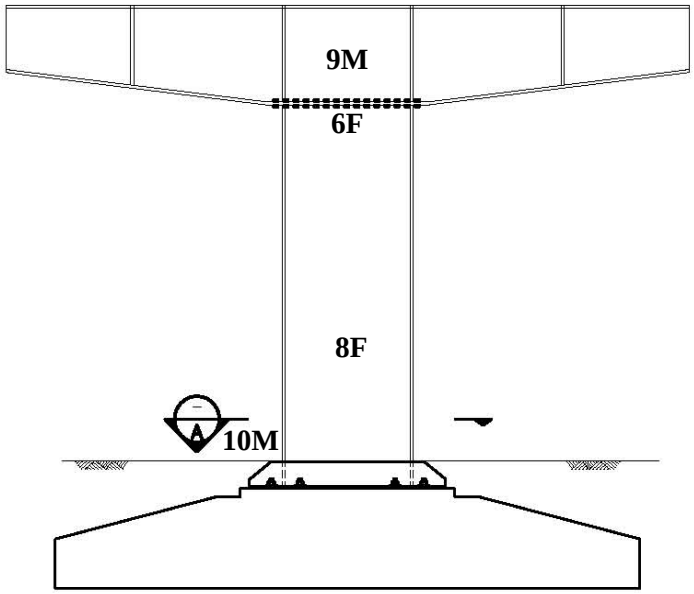
شناسه پل: SB-02 **نام پل:** حافظ – انقلاب **محل پایه:** ۱۲

مهار جانبی: دارد☐ ندارد☑ **فونداسیون:** آشکار است☐ آشکار نیست☑

وضعیت کلی پایه

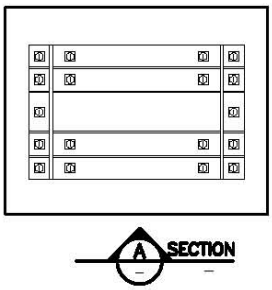
وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی☑

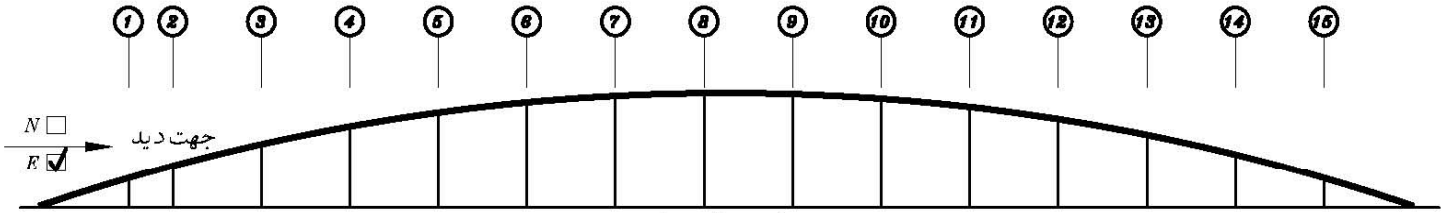
نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐



توضیحات:

– فونداسیون و بیس‌پلیت مدفون می‌باشد.





نمای راهنما

نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
آسیب‌دیدگی بتن فونداسیون	1	زنگ زدگی پایه‌ها	6
نشست فونداسیون	2	آسیب ناشی از تصادف در پایه‌ها	7
آسیب‌دیدگی بیس پلیت و جوشهای پای ستون	3	خطر تصادف وسایل نقلیه با پایه	8
آسیب‌دیدگی گروت زیر بیس پلیت	4	آسیب‌دیدگی پیچهای اتصال پایه به سر ستون	9
آسیب‌دیدگی مهره‌ها و بولت‌های پای ستون (زنگ‌زدگی، بی مهره‌گی، شل بودن مهره‌ها)	5	آسیب دیدگی رنگ	10

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	تاریخ برداشت
ر. باقرلو	تیر و مرداد۸۷

پایه محور ۱۲ (پل حافظ- انقلاب)

نمایی از اتصال پایه و سرپایه محور ۱۲

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود فونداسیون و پایه

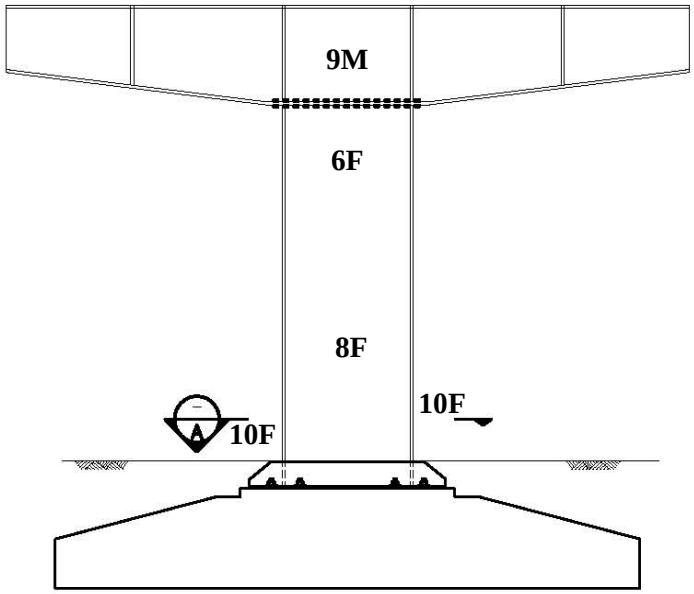
شناسه پل: SB-02 **نام پل:** حافظ – انقلاب **محل پایه:** ۱۳

مهار جانبی: دارد☐ ندارد☑ **فونداسیون:** آشکار است☐ آشکار نیست☑

وضعیت کلی پایه

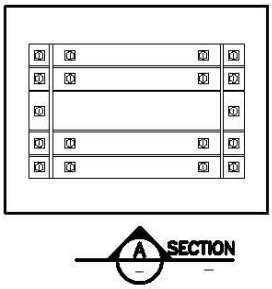
وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی☑

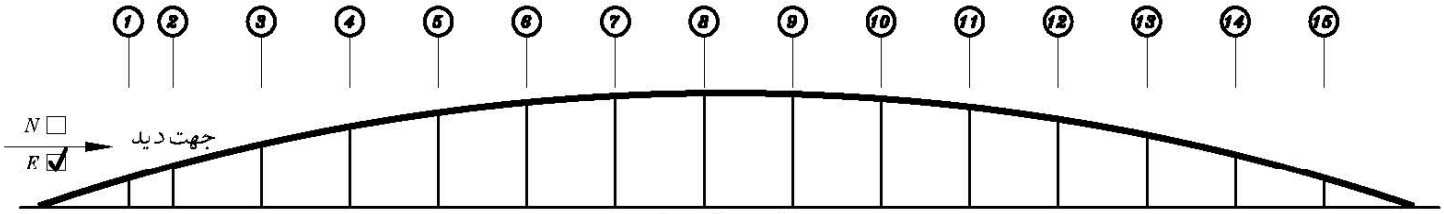
نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐



توضیحات:

– فونداسیون و بیس‌پلیت مدفون می‌باشد.





نمای راهنما

نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
آسیب‌دیدگی بتن فونداسیون	1	زنگ زدگی پایه‌ها	6
نشست فونداسیون	2	آسیب ناشی از تصادف در پایه‌ها	7
آسیب‌دیدگی بیس پلیت و جوشهای پای ستون	3	خطر تصادف وسایل نقلیه با پایه	8
آسیب‌دیدگی گروت زیر بیس پلیت	4	آسیب‌دیدگی پیچهای اتصال پایه به سر ستون	9
آسیب‌دیدگی مهره‌ها و بولت‌های پای ستون (زنگ‌زدگی، بی مهره‌گی، شل بودن مهره‌ها)	5	آسیب دیدگی رنگ	10

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	تاریخ برداشت
ر. باقرلو	تیر و مرداد۸۷

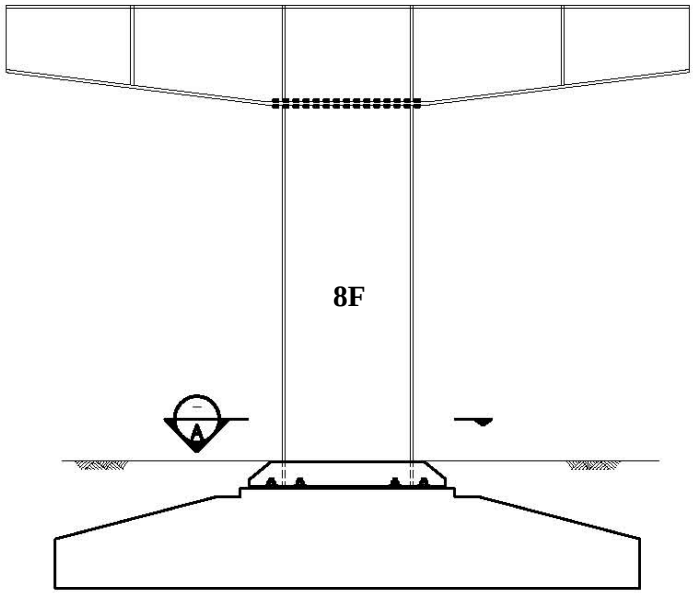
پایه محور ۱۳ (پل حافظ- انقلاب)

نمای پایه محور ۱۳

نمایی از اتصال پایه و سرپایه

نگهداری پل‌های سواره روی شهر تهران

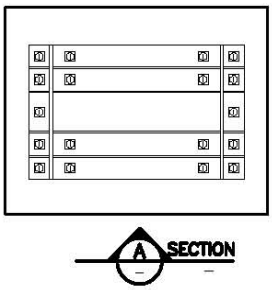
چک لیست برداشت سریع وضعیت موجود فونداسیون و پایه	وضعیت کلی پایه
شناسه پل: SB-02 **نام پل:** حافظ – انقلاب **محل پایه:** ١٤	وخیم ☐ نیازمند اصلاحات جزئی ☑
مهار جانبی: دارد☐ ندارد☑ **فونداسیون:** آشکار است☐ آشکار نیست☑	نیازمند بررسی بیشتر ☐ خوب ☐

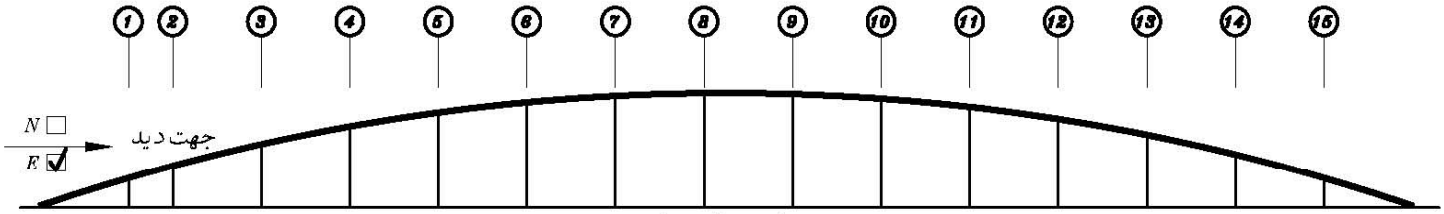


توضیحات:

– فونداسیون و بیس‌پلیت مدفون می‌باشد.

– در این محور پایه‌ها به صورت ۲ تایی می‌باشد و از وضعیت مناسبی برخوردارند.





نمای راهنما

نوع آسیب	کد آسیب	نوع آسیب	کد آسیب
آسیب‌دیدگی بتن فونداسیون	1	زنگ زدگی پایه‌ها	6
نشست فونداسیون	2	آسیب ناشی از تصادف در پایه‌ها	7
آسیب‌دیدگی بیس پلیت و جوشهای پای ستون	3	خطر تصادف وسایل نقلیه با پایه	8
آسیب‌دیدگی گروت زیر بیس پلیت	4	آسیب‌دیدگی پیچهای اتصال پایه به سر ستون	9
آسیب‌دیدگی مهره‌ها و بولت‌های پای ستون (زنگ‌زدگی، بی مهره‌گی، شل بودن مهره‌ها)	5	آسیب دیدگی رنگ	10

میزان آسیب	
شدید	S
متوسط	M
کم	F

برداشت کننده	تاریخ برداشت
ر. باقرلو	تیر و مرداد۸۷

پایه محور ۱۴ (پل حافظ- انقلاب)

نمای پایه محور ۱۴

پیوست ۲۴

ارزیابی سازه‌ای پایه‌ها و کوله‌های پل

۱- پایه‌های میانی

پل کالج شامل ۱۳ پایه میانی که پایه‌های مجاور کوله‌ها دارای سیستم قابی شکل و دارای ارتفاع ۱/۵٤ و ۲/۲٤ متر از سطح فونداسیون و سایر پایه‌ها به صورت تک پایه با مقطع جعبه‌ای و دارای ارتفاع متغیر ۳/۵۵ تا ۷/۳۵ متر می‌باشند. سرپایه‌ها نیز دارای مقطع I شکل و با مقطع متغیر هستند.

۱-۱- کنترل سرستونها

در این بخش سرستونهای پایه‌های به صورت تک را مورد بررسی قرار می‌دهیم. در شکل ۱ نمایی از سرپایه را نمایش می‌دهد. مقطع سرستونهای این پایه‌ها همگی تیپ هستند و طول بارگیر هر پایه ۲٤ متر می‌باشد، بر این اساس تلاش‌های وارد بر سرستون عبارتند از:

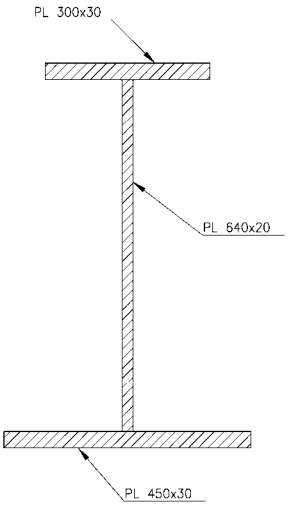
شکل ۱- نمایی از یک سر پایه پل کالج

I- بار مرده وارد بر سرستون

- واکنش تکیه‌گاهی شاهتیرها در اثر بار مرده

روی هر سرستون ۱۲ عدد تیر می‌نشیند. واکنش تکیه‌گاهی ناشی از وزن شاهتیرها براساس پیوست ۱۶ (ارزیابی سازه عرشه) برابر است با: $R_b = 12 \times 0.52\left(ton/m\right) + 0.2\,ton = 6.44\ ton$

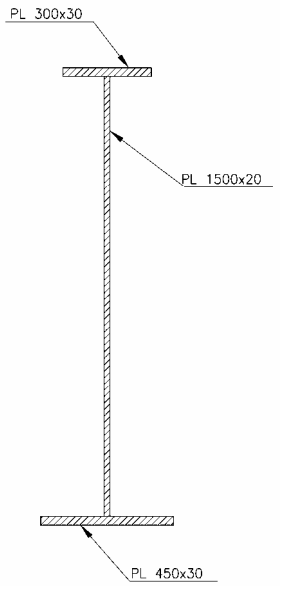
- بار گسترده غیر یکنواخت ناشی از وزن سرپایه برابر است با:



شکل ۲- مقطع سرپایه در انتهای آن

$$W = 7850(0.3 \times 0.03 + 0.64 \times 0.02 + 0.45 \times 0.03)$$

$$W = 277.1\,kg/m$$

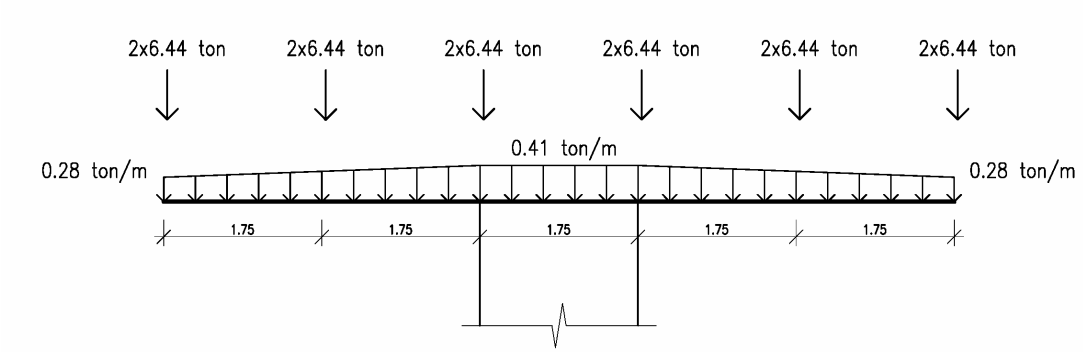


شکل ۳- مقطع سرپایه در بر پایه

$$W = 7850(0.3\times 0.03 + 1.5\times 0.02 + 0.45\times 0.03)$$

$$W = 412.1^{kg}/_{m}$$

در شکل ٤ مجموع بارهای مرده وارد بر سرپایه را نمایش می‌دهد.



شکل ٤- بارهای ناشی از وزن عرشه روی سرپایه

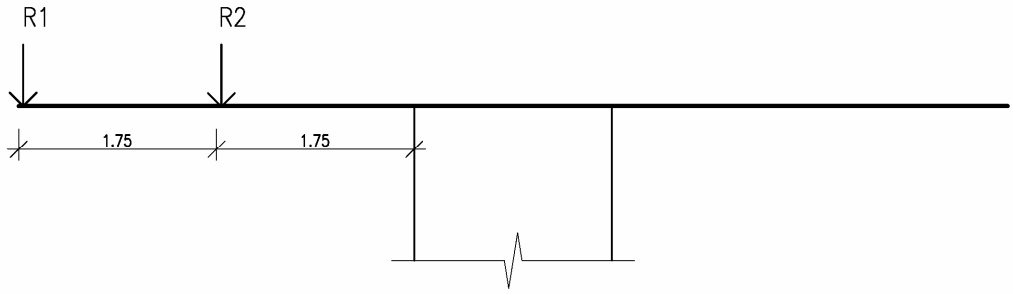
II- بار زنده وارد بر سرپایه‌ها

الف- بار کامیون

در حالتی که دو کامیون ٤٠ تن مجاور یکدیگر و از کنار لبه نرده تردد نماید ماکزیمم تلاش در سر پایه رخ می دهد و حداکثر واکنش تکیه‌گاهی ناشی از آن در دو شاهتیر کناری روی سرپایه به ترتیب برابر است با:

$$R_1 = 26.28\times 2 = 52.56\ ton$$

$$R_2 = 28.74\times 2 = 57.48\ ton$$



شکل ٥- موقعیت های قرارگیری دو شاهتیر بر روی سر پایه و نیروهای تکیه گاهی وارد بر آن

ب: بار تانک

مشابه کامیون در حالت بحرانی قرارگیری تانک ٧٠ تنی مقدار واکنش تکیه‌گاهی ناشی از دو شاهتیر کناری روی سرپایه برابر است با:

$$R_1 = 39.94\ ton$$

$$R_2 = 34.01\ ton$$

III- تعیین نیروی برشی و لنگر خمشی در لبه پایه

$V_D = 4\times 6.44 + 0.28\times 3.5 + 0.13\times 3.5\times 0.5$

$V_D = 26.97\ ton$

$V_L = 1.18\times(52.56 + 57.48)$ (بار کامیون ٤٠ تن بحرانی تیر است)

$V_L = 129.85\ ton$

$V = V_D + V_L \Rightarrow V = 26.97 + 129.85 = 156.82\ ton$

$M_D = 2\times 6.44\times(3.5 + 1.75) + 0.28\times 3.5\times 1.75 + 0.13\times 3.5\times 3.5/3$

$M_D = 69.87\ ton.n$

$M_L = 1.18(52.56\times 3.5 + 57.48\times 1.75) = 141.66\ ton.m$

$M_{max} = 69.87 + 141.66 = 211.53\ ton$

IV – کنترل تنش‌های برشی و خمشی در لبه پایه

مقطع سرپایه در لبه پایه مطابق شکل شماره ۳ می‌باشد لذا:

$S = 21960 Cm^2$

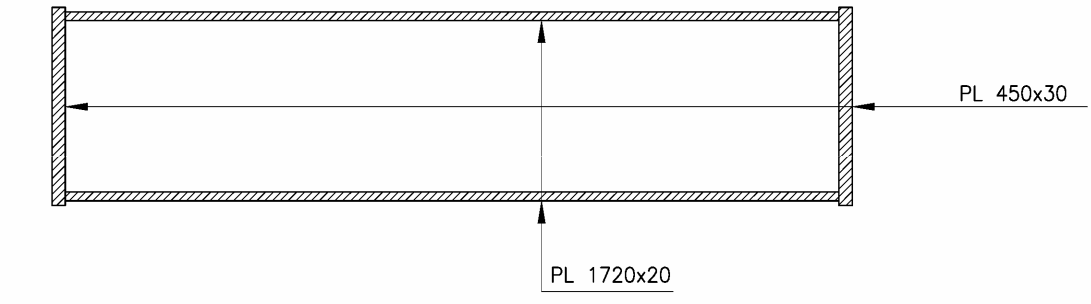
$f_b = \frac{M}{S} = \frac{211.53\times 10^5}{21960} = 963.25 \prec 0.55\times 3600 = 1980 \quad O.K.$

$f_v = \frac{12985\times 10^3}{156\times 2} 416 \prec 0.33\times 3600 = 1188 \qquad O.K.$

بنابراین تحت بارهای سرویس سرپایه‌ها دارای ظرفیت و مقاومت کافی می‌باشند.

۱-۲- کنترل پایه‌ها

پایه‌ها در دو تیپ قابی شکل و بصورت تک پایه می‌باشند.در این بخش به ارزیابی پایه‌های تکی می‌پردازیم.پایه‌های تکی همگی دارای مقطع تیپ که فقط ارتفاع آنها برحسب موقعیت قرارگیری در طول پل متفاوت می‌باشد. طول بارگیر هر پایه ٢٤ متر می‌باشد و با توجه به وضعیت اتصال شاهتیرها به سرپایه‌ها، بارهای وارد بر پایه محاسبه در ترکیب‌های بحرانی بارگذاری،اثرات این تلاش‌ها محاسبه و سپس با ظرفیت موجود پایه مقایسه می‌گردد.بارهای وارد بر پایه‌ها عبارتند از:



شکل ٦- مقطع پایه

I – بار مرده

- بالای ستون (بر اساس محاسبات سر ستون)

نیروی محوری = 6×2×6.44+(0.28+0.41)×0.5×2×3.5+1.75×0.41

نیروی محوری =80.41 ton

لنگر خمشی عرضی= لنگر خمشی طولی =۰

نیروی محوری در پائین ستون بر حسب ارتفاع پایه متغیر می‌باشد.

نیروی محوری در پای ستون =80.41+5.61h (h: ارتفاع پایه بر حسب تن متر)

لنگر خمشی عرضی= لنگر خمشی طولی =۰

* در اثر شیب طولی، لنگر خمشی طولی داریم ولی خیلی کوچک است و قابل صرفنظر کردن می‌باشد.

II- بار زنده

الف: بار کامیون ٤٠ تن

در حالتی که دو کامیون مجاور یکدیگر و از کنار نرده عبور نمایند حداکثر لنگر عرضی به دست می‌آید

- در بالای ستون یا پایه

نیروی محوری : P= -112.5 ton

لنگر خمشی عرضی : M_t= -256 ton.m

لنگر خمشی طولی : M_L=0

- در پایین ستون یا پایه

نیروی محوری: P= -112.5 ton

لنگر خمشی عرضی: M_t= -226.25 ton.m

لنگر خمشی طولی: M_L=0

* در اثر شیب طولی لنگر خمشی طولی داریم که مقدار آن ناچیز و قابل صرفنظر کردن می‌باشد.

ب: بار تانک ۷۰ تن

در حالتی که یک تانک از کنار نرده عبور کند، حداکثر لنگر عرضی حاصل می‌گردد. (در بالای ستون)

نیروی محوری: P= -67.5 ton

لنگر خمشی عرضی: M_t= -226.9 ton

لنگر خمشی طولی: M_L=0

- در پایین ستون

نیروی محوری :P=-67.5 ton

لنگر خمشی عرضی :M_t= -186.5 ton

لنگر خمشی طولی :M_L=0

* (بار کامیون ٤٠ تن بحرانی می‌باشد و مبنای طراحی قرار می‌گیرد).

III- بار باد (W)

این بار در مقایسه با سایر بارها قابل صرفنظر کردن می‌باشد.

IV- نیروی ترمز

نیروی ترمز: $F_f = 20 + 0.7L_0 < 40 ton$ (L_0 طول دهانه پل)

$F_f = 20 + 0.7 \times 24 = 36.8 ton$

محل تأثیر نیروی فوق، تراز نشیمن می‌باشد.

- در بالای ستون:

P=0

لنگر خمشی طولی $= 36.8 \times (1.5 + 1.1) = 95.68 ton.m$

برشی طولی =36.8 ton

- در پایین ستون:

P=0

لنگر خمشی طولی $= 95.68 + 36.8h$ ton.m (h =ارتفاع پایه)

برش طولی =36.8 ton

V- نیروی زلزله:

طبق آئین‌نامه طرح پل‌های سوشه و راه‌آهن در برابر زلزله، نیروی جانبی موثر بر پل در هر یک از دو امتداد پل به صورت مستقل و رفت و برگشت مطابق رابطه زیر محاسبه می‌گردد.

F= C.W

در این رابطه:

F: نیروی موثر بر پل

W: دو سوم مجموع بار مرده و زنده عرشه

C: ضریب زلزله که مطابق رابطه زیر به دست می‌آید:

$$C = \frac{ABI}{R}$$

در رابطه فوق:

A= شتاب مبنای طرح

B= ضریب بازتاب پل

I= ضریب اهمیت پل

R= ضریب رفتار پل

ساختگاه پل در مرکز شهر تهران واقع شده و جنس زمین آبرفتی و مقاومت باربری مجاز خاک در حدود ۳ کیلوگرم بر سانتی‌متر قابل تخمین می‌باشد. از نظر لرزه‌ای خاک منطقه را می‌توان از نوع II فرض نمود. صحت فرضیات فوق را رجوع به مطالعات انجام شده در مورد ریز پهنه‌بندی شهر تهران از نظر ژئوتکنیک لرزه‌ای تأیید می‌نماید ([۳] و [٤]) شتاب حداکثر زمین در محل ساختگاه را می‌توان بر اساس پهنه‌بندی آئین‌نامه ۲۸۰۰ برای دوره بازگشت ٤۷۵ مدل، معادل 0.35g فرض نمود که با توجه به فواصل ساختگاه از گسل‌های لرزه زای اصلی تهران (گسل شمال تهران، گسل ری) تخمینی مناسب به نظر می‌رسد. همچنین امکان آبگونگی در خاک محل در اثر زلزله با توجه به نوع خاک و سطح آب زیرزمینی بعید می‌باشد.

ضریب بازتاب پل (B) که منعکس کننده بازتاب پل نسبت به شتاب مبنای طرح است طبق رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$B = 2\left(\frac{T_0}{T}\right)^{\frac{2}{3}}$$

T: زمان تناوب اصلی نوسان پل به ثانیه

T_0: عددی بر حسب نوع زمین که برای خاک نوع II، برابر 0.4 می‌باشد. بر اساس مدل‌های تحلیلی زمان تناوب پل در جهت عرضی و طولی به ترتیب 0.4sec و 0.35 sec تخمین زده می‌شود. لذا ضریب بازتاب پل B=2 در نظر گرفته شده است.

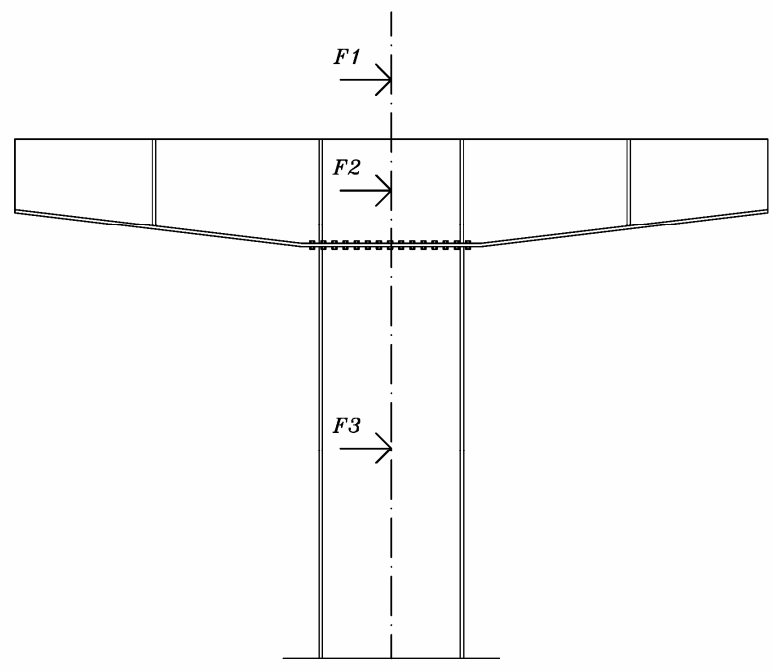
به لحاظ اهمیت پل در رده پل‌های با اهمیت زیاد محسوب شده و لذا I=1.2 منظور شده است.

ضریب رفتار پل بر حسب نوع پایه و سیستم پل بر اساس جدول شماره ۲، آئین‌نامه طرح پل‌های شوسه و راه‌آهن در برابر زلزله R=4 می‌باشد. (پایه‌های تک ستونی)

بر این اساس مقدار ضریب زلزله برابر است با:

$$C = \frac{0.35 \times 2 \times 1.2}{4} = 0.21$$

با محاسبه ضریب زلزله نیروی حاصل از زلزله به ترتیب ناشی از وزن عرشه، بارهای ترافیکی وزن سر ستون و وزن پایه محاسبه و بر محل تأثیر مرکز جرم هر یک اعمال می‌گردد. بر اساس کروکی شکل ۷ داریم.



شکل ۷- محل اثر نیروها حاصل از زلزله روی پایه ها

$F_1 = CW_1$ (نیروی زلزله عرشه)

$W_1 = \frac{2}{3}(W_D + W_2)$ (وزن موثر عرشه)

W_D (وزن عرشه و متعلقات آن): 80.41 ton=

W_L (عکس‌العمل ناشی از عبور سه کامیون همزمان روی هر پایه): 155 ton=

$$F_1 = 0.21 \times \frac{2}{3} \times (80.41 + 155) \rightarrow$$

$$F_1 = 33 ton$$

$F_2 = CW_2$ (نیروی زلزله سرپایه)

W_2 (وزن سر ستون)= $(0.28 \times 8.75 + 0.13 \times 5.25) = 3.13 ton$

$$F_2 = 0.21 \times 5.13 = 0.66 ton$$

$F_3 = CW_3$

W_3 (وزن پایه)= 5.61h (ton)

در بلندترین پایه که ارتفاع آن 5.45 متر است داریم: $F_3 = 1.18h$ (ton)

$$F_3 = 6.43 ton$$

در بلندترین پایه تلاش‌های وارده عبارتند از:

- بالای ستون

0= نیروی محوری

لنگر خمشی عرضی = 33× (0.55+1.5)+0.66×0.75= 68.15 ton.m

لنگر خمشی طولی =68.15 ton.m

نیروی برشی طولی و عرضی =33+0.66= 33.66 ton

– در پایین ستون

نیروی محوری =0

لنگر خمشی عرضی =33 (2.05+h)+0.66(0.75+h)+1.18h×h/2=

لنگر خمشی طولی= لنگر خمشی عرضی =0.59 h^2+33.66h+68.15

$M_t = M_L = 296.12\,ton.m$ (h=5.45m)

نیروی برشی طولی= نیروی برشی عرضی $= 33 + 0.66 + 6.43 = 40\,ton$

IV: نیروهای حرارتی

با توجه به تقارن دهانه‌ها دو طرف پایه، نیروی ناشی از تغییر طول حرارتی دهانه‌ها دو طرف، یکدیگر را خنثی می‌کنند.

– ترکیب بارها (گروه‌های بارگذاری)

با توجه به لحاظ نکردن اثر باد و خنثی شدن اثر نیروی حرارتی، فقط ترکیبات گروه‌های ۱، ۲ و ۷ در نظر گرفته می‌شود. در جداول شماره ۱ و ۲ تلاش حاصل از ترکیب بارها را برای بالای ستون و پایین ستون را نمایش می‌دهد.

جدول ۱– ترکیب گره‌های بارگذاری برای بالای ستون

شماره گروه و تنش مجاز	بارگذاری	نیروی محوری (تن)	لنگر طولی (تن متر)	لنگر عرضی (تن متر)
1 (100%)	D	80.4	0	0
2 (100%)	D	80.4	0	0
	L+I	$(\delta = 1.18)132.75$	0	302
	F_f (ترمز)	0	95.68	0
	مجموع	213.15	95.68	302
7 (133%)	D	80.4	0	0
	زلزله طولی	0	68.15	0
	زلزله عرضی	0	0	68.15
	مجموع اثر زلزله طولی	60.3	51.11	0
	مجموع اثر زلزله عرضی	60.3	0	51.11

جدول ۲– ترکیب گره‌های بارگذاری برای پایین ستون (بلندترین پایه)

شماره گروه و تنش مجاز	نوع بار	نیروی محوری (تن)	لنگر طولی (تن متر)	لنگر عرضی (تن متر)
1 (100%)	D	111	0	0
2 (100%)	D	111	0	0
	L+I	$(\delta = 1.18)132.75$	0	-267
	نیروی ترمز	0	296.2	0
	مجموع	244	296.2	267
7 (133%)	D	111	0	0
	زلزله طولی	0	296.12	0
	زلزله عرضی	0	0	296.12
	مجموع اثر زلزله طولی	83	222	0
	مجموع اثر زلزله عرضی	83	0	222

حال برای تک‌تک حالات مقطع بلندترین پایه را کنترل می‌کنیم.

با توجه به شکل ٦ داریم:

$A = 946\,cm^2$

$I_{33} = 3671655\,cm^4$

$I_{22} = 329115\,cm^4$

$S_{35} = 41254\,cm^3$

$S_{22} = 15308\,cm^3$

$r_3 = 62.3\,cm$

$r_2 = 18.68\,cm$

$L = 5.45\,m$

بر اساس آئین‌نامه آشتو مقاطع تحت بار محوری فشاری و ممان خمشی باید در دو ترکیب تنش زیر کنترل گردند.

$$I)\ \frac{f_a}{F_a} + \frac{C_{mx}\, f_{bx}}{\left(1 - \frac{f_a}{F'_{ex}}\right)F_{bx}} + \frac{C_{my}\, f_{by}}{\left(1 - \frac{f_a}{F'_{ey}}\right)F_{by}} \le 1$$

$$II)\ \frac{f_a}{0.472\,F_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \le 1$$

که:

f_a: تنش فشاری محاسباتی

f_{bx} , f_{by}: تنش خمشی فشاری محاسباتی حول محور x و y

F_a: تنش مجاز نیروی محوری بدون وجود خمش

$$F_a = \frac{F_y}{F.S.}\left[1 - \frac{\left(kL/r\right)^2 F_y}{4\pi^2 E}\right] \qquad For\ \ kL/r \le C_c\,,\ C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}}\ \ ,\ \ F.S. = 2.12$$

$$F_a = \frac{\pi^2 E}{F.S.(KL/r)^2} \qquad ,\ For\ \ KL/r > C_c$$

Fb_x , Fb_y: تنش مجاز خمش فشاری در حالتی که نیروی محوری وجود ندارد. حول محور x و یا y که بر اساس جدول 10.32.1A آشتو تعیین می‌گردد.

F'_e: تنش کمانشی اولر با احتساب ضریب اطمینان

$$F'e = \frac{\pi^2 E}{F.S.\left(\frac{k_b L_b}{r_b}\right)^2}$$

E: مدول الاستیسیته فولاد

k_b: ضریب طول موثر در صفحه خمش (پیوست ۳ آشتو)

L_b: طول مهار نشده در صفحه خمش

r_b: شعاع زیراسیون در صفحه خمش

C_{mx}, C_{my}: ضرایبی که بر اساس جدول 10.36A آشتو به ترتیب برای محور y,x محاسبه می‌شود.

F.S.: ضریب اطمینان که برابر ۲/۱۲ می‌باشد.

***الف: گروه ترکیب بار ۲؛* بارهای بهره‌برداری**

P= 244 ton: نیروی محوری

M_L= 296.2 ton.m: لنگر طولی

M_t= 267 ton.m: لنگر عرضی

$$f_a = \frac{P}{A} = \frac{244\times10^3}{946} = 257.93\ kg/cm^2$$

$$E = 2\times10^6$$

$$F_y = 3600\ kg/cm^2$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}} = \sqrt{\frac{2\pi^2\times2\times10^6}{3600}}$$

C_c =104.72

$K = 2.1$

$L = 5.45m \ \ or \ \ 545cm$

$$KL/r_{\min} = \frac{2.1\times 545}{18.68} = 61.27 < C_c = 104.72$$

$$F_a = \frac{Fy}{F.S.}\left[1 - \frac{\left(\frac{KL}{r}\right)^2 Fy}{4\pi^2 E}\right]$$

$$F_a = \frac{3600}{212}\left[1 - \frac{(61.27)^2 \times 3600}{4\pi^2 \times 2\times 10^6}\right]$$

$$F_a = 1407.47 \, kg/cm^2$$

$$f_{bx} = \frac{M_L}{S_x} = \frac{2962\times 10^5}{15308} = 1934.94 \, kg/cm^2$$

$$f_{by} = \frac{M_t}{S_y} = \frac{267\times 10^5}{41254} = 647.2 \, kg/cm^2$$

$$F_{bx} = F_{by} = 0.55 F_y = 1980 \, kg/cm^2$$

$$F'_{ex} = \frac{\pi^2 E}{F.S.\left(\frac{K_b \ L_b}{r_b}\right)^2} = \frac{\pi^2 \times 2\times 10^6}{2.12\times\left(\frac{2.1\times 545}{18.68}\right)^2} = 2480.37 \, kg/cm^2$$

$$F'_{ey} = \frac{\pi^2 \times 2\times 10^6}{2.12\left(\frac{2.1\times 545}{62.5}\right)^2} = 27766.58 \, kg/cm^2$$

$$C_{mx} = 0.4\left(\frac{M_1}{M_2}\right) + 0.6 = 0.4\left(\frac{95.68}{296.2}\right) + 0.6 = 0.73$$

$$C_{my} = 0.4\left(\frac{267}{302}\right) + 0.6 = 0.95$$

$$I)\ \frac{257.93}{1407.47} + \frac{0.73\times 1934.94}{\left(1 - \frac{257.93}{2480.37}\right)\times 1980} + \frac{0.95\times 647.2}{\left(1 - \frac{257.93}{27766.58}\right)\times 1980} = 1.30 > 1$$

$$II)\ \frac{257.93}{0.472\times 3600} + \frac{1934.94}{1980} + \frac{647.2}{1980} = 1.46 > 1$$

ب) گروه ترکیب بار ۷، زلزله (زلزله طولی)

نیروی محوری :P= 83 ton

لنگر طولی :M_L= 222 ton.m

$$f_a = \frac{P}{A} = \frac{83\times10^3}{946} = 87.74 \, {kg}/{cm^2}$$

$${KL}/{r_{\min}} = 61.27$$

$$F_a = 1407.47 \, {kg}/{cm^2}$$

$$f_{bx} = \frac{222\times10^5}{15308} = 1450.2 \, {kg}/{cm^2}$$

$$F_{bx} = 1980 \, {kg}/{cm^2}$$

$$F'_{ex} = 2480.37 \, {kg}/{cm^2}$$

$$C_{mx} = 0.4\left(\frac{51.11}{222}\right) + 0.6 = 0.69$$

$$I)\ \frac{87.74}{1407.47} + \frac{0.69\times1450.2}{\left(1-\frac{87.74}{2480.37}\right)1980} = 0.586 < 1 \qquad O.K.$$

$$II)\ \frac{87.74}{0.472\times3600} + \frac{1540.2}{1980} = 0.83 < 1 \qquad O.K.$$

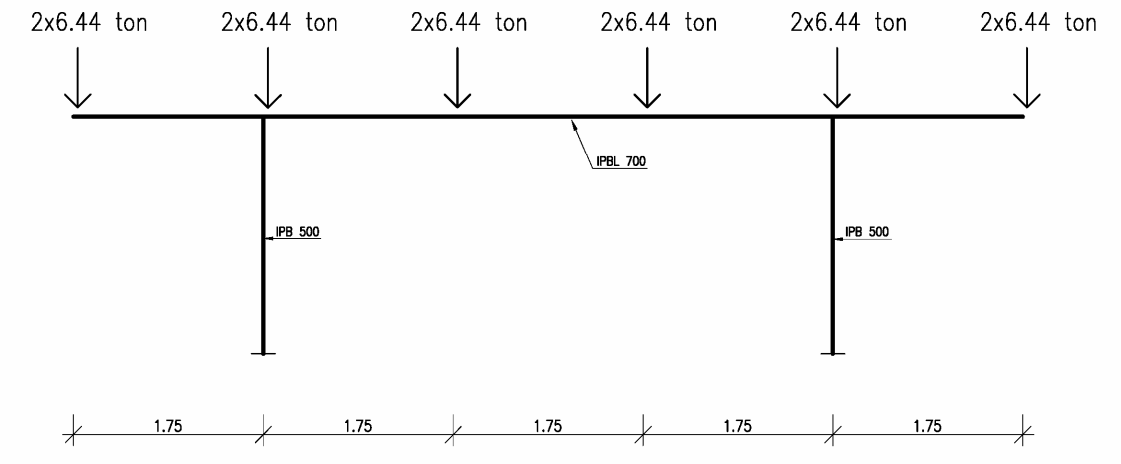
چنانچه ملاحظه می‌گردد پایه‌ها برای نیروی بهره‌برداری بحرانی یعنی شامل اثر ترمز به علاوه بدترین وضعیت جایگیری کامیون ٤٠ تن ضعیف می‌باشند ولی در اعمال نیروی جانبی زلزله مقاوم می‌باشند. بنابراین می‌توان ادعا نمود که علیرغم بهره‌برداری ۳۰ سال از این تیپ پل‌ها هنوز هیچ آثاری از آسیب‌دیدگی در پایه‌های پل‌ها وجود ندارد و پایه‌ها در تمامی گروه‌های بارگذاری مقاوم می‌باشند و نیاز به تقویت ندارند.

۱-۳- ارزیابی پایه‌های میانی به صورت قاب

همانطوری که در معرفی سیستم پایه‌های پل‌های ارتوتروپیک بیان گردید. پایه‌های مجاور کوله دارای سیستم قابی شکل می‌باشند که تنها در راستای عرضی مقاوم به نظر می‌رسند ولی در امتداد طولی پل به علت وجود نیروهای طولی نظیر نیروی ترمز و نیروی زلزله سیستم جانبی ندارد و حتی می‌توان بدون انجام محاسبات اذعان نمود که این پایه‌ها نیاز به مهار جانبی دارند ولی بارهای طولی وارد بر این تیپ پایه به کوله و یا پایه مجاور آن منتقل می گردد و این پایه ها از مقاومت کافی برخوردارند. در ادامه به ارزیابی این تیپ پایه تحت بارهای وارده می‌پردازیم. حداکثر تلاش‌های وارد بر این تیپ پایه به شرح زیر می‌باشد که:

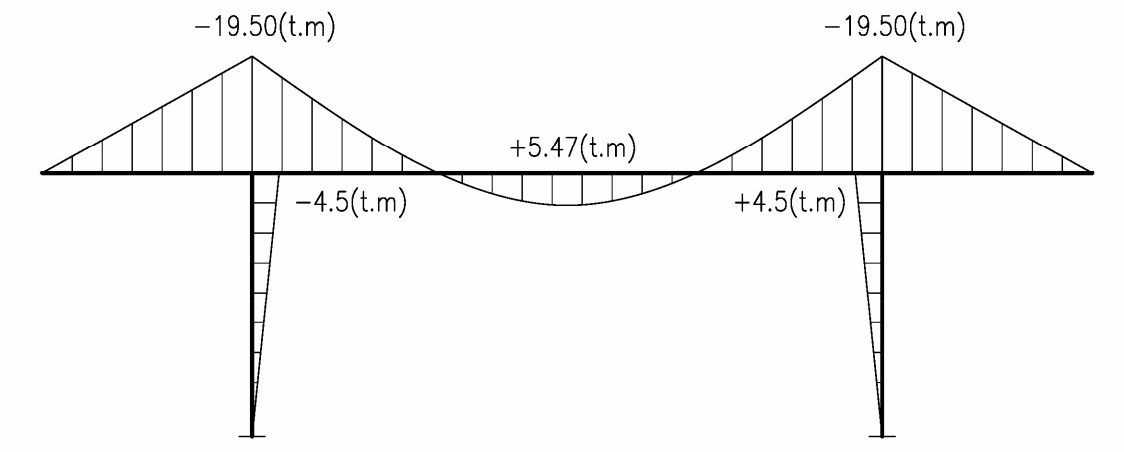
I: بار مرده

بر اساس شکل شماتیک زیر نیروهای وارد بر قاب عبارتند از:

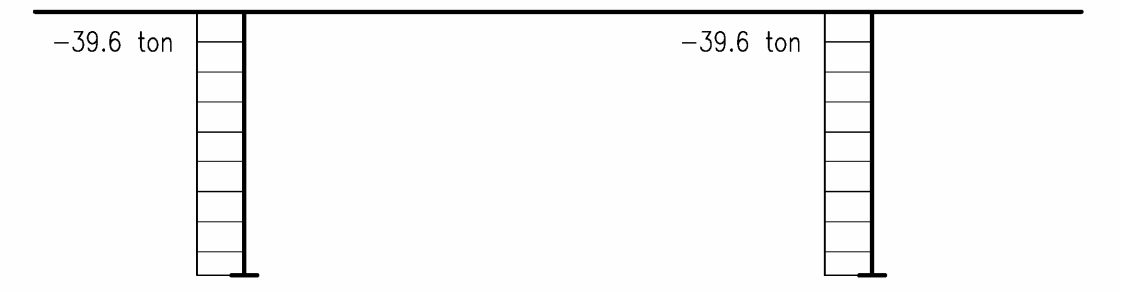


شکل ۸- نیروی ناشی از وزن عرشه بر پایه

- دیاگرام ممان خمشی و نیروی محوری ناشی از بار مرده در قاب مطابق شکلهای شماره ۹ و ۱۰ می‌باشند.



شکل ۹- دیاگرام ممان خمشی ناشی از بار مرده



شکل۱۰- دیاگرام نیروی محوری ناشی از بار مرده

II: بار زنده بر اساس مدل‌های تحلیلی ساخته شده حداکثر تلاش ایجاد شده به شرح زیر می‌باشد:

الف: بار کامیون ٤٠ تن

- حداکثر لنگر منفی در سر پایه $M^{-}_{\max} = -56.41 ton.m$
- حداکثر لنگر مثبت در سر پایه $M^{+}_{\max} = 50.14 ton.m$ (ضریب ضربه) $\delta = 1.18$
- حداکثر لنگر در پایه‌ها $M_{\max} = \pm 13.2 ton.m$
- بار محوری روی پایه P= -111 ton

ب: بار تانک ۷۰ تن

- حداکثر لنگر منفی در سر پایه $M^{-}_{\max} = -62.64 ton.m$
- حداکثر لنگر مثبت در سر پایه $M^{+}_{\max} = 58.1 ton.m$
- حداکثر لنگر در پایه‌ها $M_{\max} = \pm 14 ton.m$
- بار محوری روی پایه P= -76.8 ton

با توجه به نتایج به دست آمده وقتی تانک روی این پل حرکت نماید بیشترین تلاش‌ها را در سرپایه‌ها ایجاد نموده و وقتی کامیون ٤٠ تن روی پل تردد نماید حداکثر تلاش‌ها در پایه‌ها حادث می‌گردد. البته با احتساب نمودن اثر ضربه بار کامیون بحرانی می‌باشد.

III- بار باد (W)

این بار در مقایسه با سایر بارها قابل صرفنظر کردن می‌باشد.

IV- نیروی ترمز، مشابه پایه‌های تک ستونی

$F_f = 36.8$ ton

محل تأثیر این نیرو در تراز نشیمن می‌باشد.

IV- نیروی زلزله

A= 0.35, B=2, I=1.2, R=6, C=0.14

- نیروی زلزله عرشه

$$\left.\begin{array}{l} W_D = 77.28 ton \\ W_L = 166.48 ton \end{array}\right\} W = \frac{2}{3}(W_D + W_2) \rightarrow W = 162.5 ton$$

$$F_1 = 22.75 (ton)$$

- نیروی زلزله سرپایه

$$W_D = 1.8 ton \rightarrow F_2 = 0.25 ton$$

- نیروی زلزله پایه

$W_D = 0.6ton \rightarrow F_3 = 0.08ton$

* در این تیپ پایه می‌توان از نیروی زلزله پایه و سرپایه صرفنظر کرد.

حداکثر ممان خمشی عرضی در سرپایه‌ها

$M_t = \pm 19.12 ton.m$ در پایه با ارتفاع پایه 1.85 متری

$M_t = \pm 9.30 ton.m$ در پایه با ارتفاع پایه 0.9 متری

حداکثر ممان خمشی عرضی در پایه‌ها

$M_t = \pm 21.09 ton.m$ در پایه با ارتفاع پایه 1.85 متری

$M_t = \pm 10.26 ton.m$ در پایه با ارتفاع پایه 0.9 متری

حداکثر نیروی محوری در پایه‌ها

$P = \pm 8.03$ در پایه با ارتفاع پایه 1.85 متری

$P = \pm 3.91$ در پایه با ارتفاع پایه 0.90 متری

بر اساس نوع بارها مطابق با گروه‌های بارگذاری حداکثر تلاش‌های وارده در جدول شماره ۳ و ٤ به ترتیب برای سرپایه و پایه نمایش داده شده است.

جدول ۳- تلاش‌های وارد در سرپایه در گروه‌های بارگذاری

شماره گروه و تنش مجاز	نوع بار	نیروی محوری (تن)	لنگر طولی (تن متر)	لنگر عرضی (تن متر)
1 (100%)	D	-	-	-19.50
2 (100%)	D	-	-	-19.5
	L+I	-	-	-66.56
	مجموع	-	-	-86.06
3 (133%) زلزله عرضی	D	-	-	-19.50
	زلزله عرضی E_t	-	-	-19.12
	مجموع	-	-	-28.97

جدول ٤- تلاش‌های وارد در پایه در گروه‌های بارگذاری

شماره گروه و تنش مجاز	نوع بار	نیروی محوری (تن)	لنگر طولی (تن متر)	لنگر عرضی (تن متر)
1 (100%)	D	-40	-	-4.50
2 (100%)	D	-40	-	-4.5
	L+I	-131	-	-15.6
	مجموع	-171	-	-20.1
3 (133%)	D	-40	-	-4.5
	زلزله عرضی E_t	-8	-	-21
	مجموع	-36	-	-19.12

مقدار تنش‌های سرپایه و پایه و کنترل آن‌ها بر اساس استاندارد آشتو مطابق محاسبات زیر است.

- سرپایه

$$M_{\max}\,(cap) = 86.06\,ton.m$$

$$f_b = \frac{M}{S} \quad , \quad (IPBL\ 700\,S = 6240\,cm^3)$$

$$f_b = \frac{86.06\times10^5}{6240} = 1379\,{kg}/{cm^2} < 0.55\,F_y = 1980\,{kg}/{cm^2}$$

- پایه

$$\begin{cases} I: \dfrac{f_a}{F_a} + \dfrac{C_{mx}\ f_{bx}}{\left(1-\dfrac{fa}{F_{e'x}}\right)F_{bx}} + \dfrac{C_{my}\ f_b y}{\left(1-\dfrac{fa}{F_{e'y}}\right)F_{by}} < 1 \\ II: \dfrac{f_a}{0.472\ fy} + \dfrac{f_{bx}}{F_{bx}} + \dfrac{f_{by}}{F_{by}} < 1 \end{cases}$$

$$M_{\max} = 20.1\ ton.m \ , \ IPB500 \begin{cases} A = 239\,cm^2 \\ r_{\min} = 7.27\,cm \\ S_{33} = 4290\,cm^3 \\ L = 185\,cm \end{cases}$$

$$P_{\max} = 171 ton$$

$$f_a = \frac{171\times10^3}{239} = 715.48\,{kg}/{cm^2}$$

$$KL/r = \frac{1\times185}{7.27} = 25.45$$

$$C_c = 104.71$$

$$F_a = \frac{Fy}{F.S.}\left[1-\frac{\left(k\,L/r\right)^2 F_y}{4\pi^2 E}\right],\ Fy = 3600\,{kg}/{cm^2}\quad F.S. = 2.12$$

$$F_a = 1648\,{kg}/{cm^2}$$

$$C_{mx} = 1.0$$

$$f_{bx} = \frac{20.1\times10^5}{4290} = 468.53$$

$$F'_{ex} = \frac{\pi^2 E}{F.S.(K_b\,L_b/r_b)^2} = \frac{\pi^2\times2\times10^6}{2.12\times(1\times185/7.27)^2} = 14379\,{kg}/{cm^2}$$

$$Fb_x = 0.55Fy\ ,\ Fy = 3600\ ,\ F_{bx} = 1980\,{kg}/{cm^2}$$

$$I = \frac{715.48}{1648} + \frac{1\times468.53}{(1-\frac{715.48}{14379})\times1980} = 0.68 < 1\quad O.K.$$

$$II = \frac{715.48}{0.472\times3600} + \frac{468.53}{1980} = 0.66 < 1\qquad O.K.$$

پایه‌های در جهت عرضی مقاوم می‌باشند .

۲- پایه‌های کناری (کوله ها)

محل نشیمن تیرها بر روی کوله بدلیل مجاورت در آب‌های اسیدی و مرور زمان دچار خرابی گردیده است و در نحوه اعمال بار از تیرها به تکیه‌گاه بدلیل تخریب بتن زیر تیرها خلل بوجود آمده و تردد وسایل نقلیه باعث ضربه زدن و ایجاد صداهای ناهنجار می‌گردد که ضروری است نسبت به اصلاح نشیمن‌ها اقدام عاجل بعمل آید. از کوله ها نقشه ای در دست نیست و با توجه به احداث نشیمنگاه جدید کنترل آن ضروری بنظر نمی رسد.

پیوست ۲۵
محاسبات، مشخصات فنی و نقشه‌های اجرائی کوله‌های جدید

۱)مقدمه

پل فلزی ارتوتروپیک شهر تهران در محل نشیمن تیرها بر روی کوله بدلیل مجاورت با آب‌های حاوی یون کلر و مرور زمان دچار خرابی گردیده است و در نحوه اعمال بار از تیرها به تکیه‌گاه بدلیل تخریب بتن خلل بوجود آمده و با تخریب درزهای انبساط تردد وسایل نقلیه با ضربه شدید که ضروری است نسبت به اصلاح این وضع اقدام عاجل بعمل آید.

با توجه به آنکه امکان قطع ترافیک برای اصلاح کوله‌ها وجود ندارد طرح بگونه‌ای در نظر گرفته شده که امکان اجرای آن در هنگام عبور ترافیک میسر باشد به این منظور با ایجاد تکیه‌گاه جدید در فاصله 1.2 متری تکیه‌گاه موجود امکان انتقال بارها به تکیه‌گاه جدید فراهم گردیده است. در تصویر شکل شماره ۱ خرابی تکیه‌گاه محل نشیمن را نشان می دهد.

شکل ۱- خرابی و زنگ زدگی شدید تکیه‌گاه در محل نشیمن انتهایی پل

۲) مشخصات مصالح مصرفی

بتن مصرفی در ساخت فونداسیون دارای مقاومت ۲۸ روزه $f'_c = 250kg/cm^2$ میباشد.

آرماتورهای بکار رفته در طرح از نوع AIII با حد جاری شدن و گسیختگی بترتیب معادل 4000 و 6000 کیلوگرم برسانتی متر مربع می باشد.

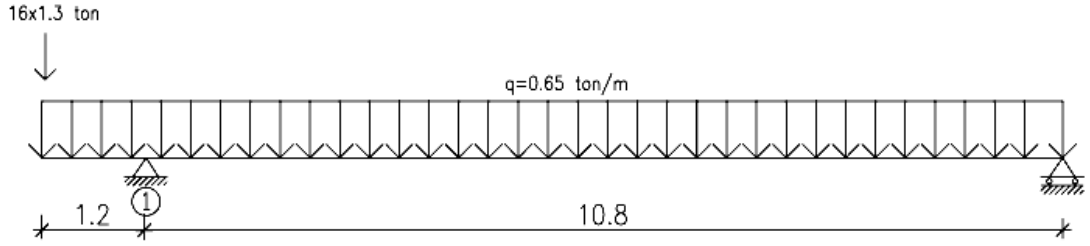
فولاد مصرفی در ساخت تیر حمال و سخت‌کننده‌ها از نوع فولاد نرمه ST-37 با حد جاری شدن $f_y = 2400kg/cm^2$ می باشد.

انکربولت ها از نوع CK45 با حد گسیختگی $F_U = 6300kg/cm^2$ می‌باشند.

۳) استانداردها

بارگذاری پل بر اساس آئین‌نامه بارگذاری پل‌های ایران صورت پذیرفته است. کنترل مقاطع بر اساس آئین نامه آشتو و روش تنش مجاز صورت می‌پذیرد.

٤) کنترل پایداری عرشه تحت بار قائم زنده



بار مرده عرشه $q_D = 350Kg/m^2$

آسفالت $q_D = 0.1\times 2 = 0.2T/m^2$

عرض باربر تیر $W = 1.75m$

بار مرده موثر بر تیر $= 1.75(.35+.02) = 0.65T/m$

- بار زنده موثر برتیر

فرض می گردد بار محور عقب کامیون استاندارد ایران به وزن 16 تن در لبه قسمت طره‌ای تیر اثر نماید که البته باید ضریب ضربه معادل 1.3 تیر در نظر گرفته شود.

لنگر محرک حول نقطه 1 $= 16\times 1.3\times 1.2 + .65\times 1.2^2/_2 = 25.5\ T.m$

لنگر مقاوم $= 0.65\times 10.8^2/_2 = 38T.m$

$$S.F. = \frac{38}{25.5} = 1.49 \cong 1.5 \quad 0.K.$$

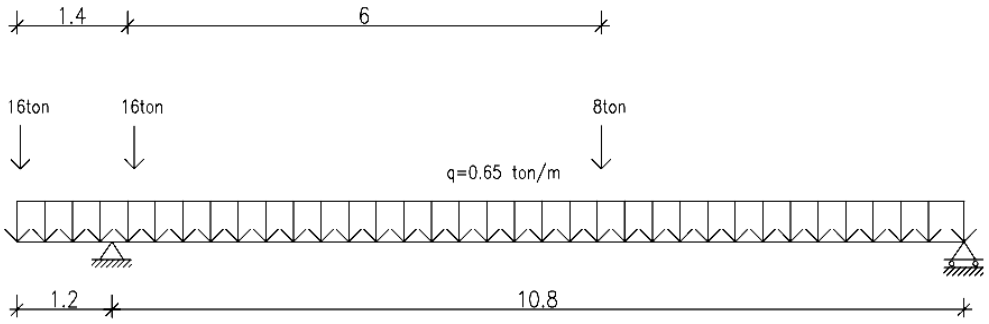
ایجاد تکیه گاه در فاصله 1.2 متری از لبه پل باعث بلند شدن لبه دیگر و ضربه زدن به آن نمی گردد.

۵) تعیین واکنش های تکیه گاهی در محل پایه جدید

الف- بار مرده

$$R_D \times 10.8 = 0.65 \times 12^2 / _2 \quad \Longrightarrow \quad R_D = 4.33^{ton}$$

ب- بار زنده



$$R_{LL} \times 10.8 = 16 \times (12 + 10.6) + 8 \times 4.6$$

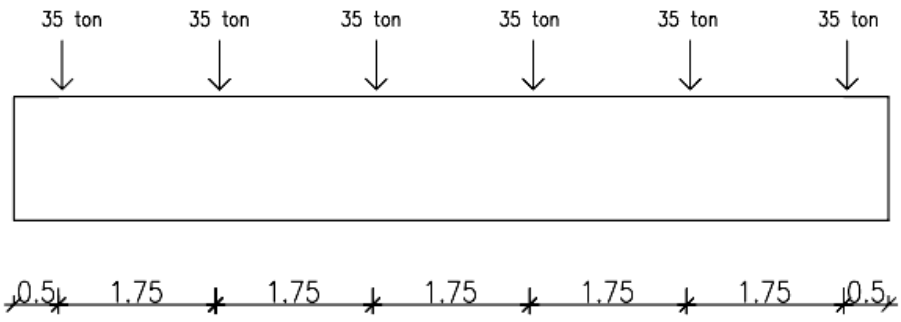
$$R_{LL} = 36.9ton \qquad \text{ضریب ضربه } \delta = 1.3 - 0.005 \times 12 = 1.24$$

$$\delta \times R_{LL} = 1.24 \times 36.9 = 45.8 \quad ton$$

$$R_{DES} = R_D + \delta R_{LL} = 4.33 + 45.8 = 50.1 \quad ton$$

حداکثر واکنش تکیه گاهی یک تیر با عرض بارگیر ۱/۷۵ متر

٦) طراحی فونداسیون



عکس‌العمل‌های وارد بر تکیه‌گاه هر تیر به طور تقریب به ترتیب زیر محاسبه می‌گردد:

$$R = (4.33\times 6 + 4\times 45.8)/6 = 34.9 \cong 35 \quad ton$$

عرض پی معادل ۱/۵ متر در نظر گرفته می شود.

الف- کنترل تنش زیر پی تحت بار مرده و زنده

$\sum P = 35\times 6 = 210 \quad ton$ وزن پی $P_D = 1\times 1.5\times 9.75\times 2.5 = 36.75$

$$A = 9.75\times 1.5 = 14.6 m^2$$

$$\delta = \frac{210+49}{14.6} = 17.7 ton/m^2 < 30 ton/m^2 o.k.$$

ب- کنترل تنش زیر پی تحت ثر بار ترمز

$$F_t = 20 + 0.7\times L = 20 + .7\times 12 = 28.4 ton$$

این نیرو بصورت افقی در سطح سواره‌رو و در راستای طولی پل اثر می‌نماید. با توجه به اینکه این نیرو در یک خط عبور اثر می‌نماید و با توجه به سختی کم عرشه در جهت طولی تحت نیروی ترمز فرض می‌گردد این نیرو فقط به ۲ تیر اصلی اثر می‌کند.

لنگر نیروی ترمز دریک طرف $M = (1.35+1)\times 28.4/_2 = 33.4 ton.m$

مرده و زنده $\sum P = 210 ton$ $A = 9.75\times 2 = 19.5 \quad m^2$

وزن پی $P_D = 49 \quad ton$

$$\sigma = \frac{P}{A} \pm \frac{M}{S} = \frac{259}{14.6} \pm \frac{33.4\times 6}{9.75\times 1.5^2} = 17.7 \pm 9.2 = \begin{cases} 27.9 \\ 8.5 \end{cases} \prec 30T/m^2 \quad \text{O.K}$$

ج- کنترل پایداری عرشه تحت نیروی ترمز

لنگر ناشی از نیروی ترمز M =(1.35+1)×28.4/$_2$=33.4 T.m

عرشه P_D min =6×10.5×0.37= 23.3 ton

وزن پی P_D =9.7×1.5×1×2.5= 36.3 ton

$$\sum P = 36.3 + 48.5 = 59.6 ton$$

لنگر مقاوم $= 59\times 6 = 59.6 \quad T.m$

لنگر محرک $= 33.4$

$$S.F. = \frac{59.6}{33.4} = 1.78 > 1.75 \quad o.k.$$

د- طراحی آرماتورهای پی

$$M = 0.1 \times ql^2 = 0.1 \times 17.7 \times 1.75^2 = 5.41 \quad T.m/m \qquad H = 100^{cm}$$

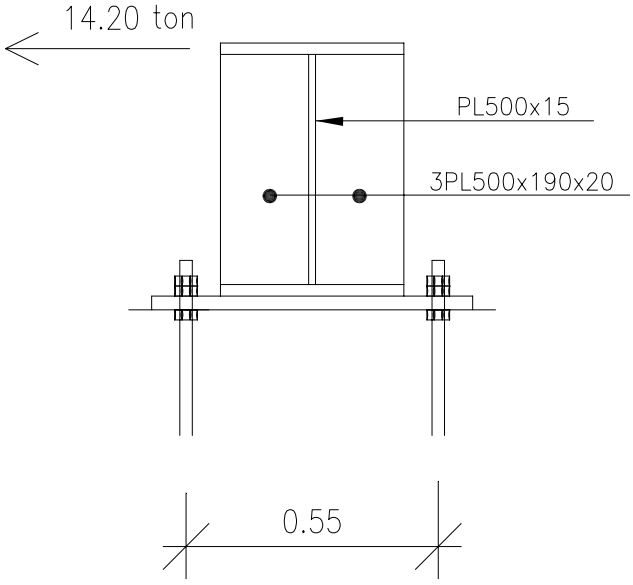
$$A_s = \frac{5.41 \times 10^5}{1680 \times 0.87 \times 90} = 4.1 cm^2/m$$

$$A_{s\min} = 0.002 \times 90 \times 100/2 = 9 cm^2 \qquad USE \Phi 16 at 20$$

برشی $A_s = \frac{3.5 b.s}{fy} = \frac{3.5 \times 150 \times 20}{4000} = 2.6\, cm^2$ $\qquad USE\, 4\Phi 12 \quad (A_s = 4.52 cm^2)$

۷) طراحی جزئیات اتصال عرشه به پی

نیروی ترمز وارد بر یک تیر $F = \frac{28.4 \ \ ton}{2} = 14.2 ton$



الف- کنترل پیچ اتصال تیر اصلی به تیر نشیمن

جهت اتصال از ٤ عدد پیچ HV 10.9 به قطر 22 میلیمتر می کنیم

$$F_V = 0.15 \times F_U = 1500 kg/cm^2$$

مقاوم $f_{v^\cdot} = 1500 \times 4 \times 3.8 = 22.8 ton \quad > 14.2 \quad o.k.$

ب- طراحی بولت‌های اتصال به پی

از بولت‌های Φ32 که دارای مهره ۲۷ می‌باشد، جهت اتصال استفاده می‌کنیم که فاصله آنها از یکدیگر 55cm

می باشد (در هر طرف ۳ بولت)

روی صفحه اتصال $\begin{cases} M = 14.2 \times .6 = 8.52 ton.m \\ V = 14.2 ton \end{cases}$

$$f_v = \frac{14.2 \times 10^3}{6 \times 5.72} = 413 kg/cm^2$$

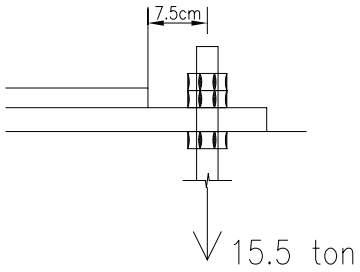
$$T = \frac{8.52 \times 10^3}{.55} = 15.5 ton \qquad f_t = \frac{15.5 \times 10^3}{3 \times 5.72} = 903 kg/cm^2$$

$$F_t = 0.43F_u - 1.4 f_v \le 0.33F_u$$

$$F_t = 0.43 \times 6000 - 1.4 \times 413 = 2000 kg/cm^2 > 903 kg/cm^2$$

$$F_v = 0.17 \times 6000 = 1020 kg/cm^2 > 413 kg/cm^2$$

ج- طراحی ورق نشیمن

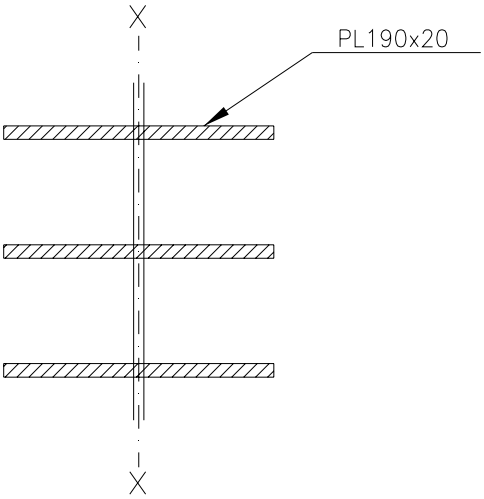


$$M = 15.5 \times .075 = 1.16 T.m$$

$$S = \frac{b \times t^2}{6} = \frac{50 \times 3^2}{6} = 75 cm^2$$

$$M_b = 75 \times 1800 \times 10^{-5} = 1.35 T.m > 1.16 T.m \quad o.k.$$

چ)طراحی سخت کننده های عرضی



$P_{\max} = 50ton$

$M = 1.35 \times 28.4 / 2 = 19.17T.m$

$A = 19 \times 2 \times 6 = 228cm^2$

$I_{x-x} = 3 \times 2 \times 39.5^3 / 12 = 30815cm^4$

$S_{x-x} = \dfrac{2 \times 30815}{39.5} = 1560cm^3$

$$\sigma = \frac{P}{A} \pm \frac{M}{S} = \frac{50 \times 10^3}{228} \pm \frac{19.17 \times 10^5}{1560} = 214 \pm 1229 = \begin{cases} 1448kg/cm^2 \prec 1440kg/cm^2 o.k. \\ 1010kg/cm^2 \end{cases}$$

- کنترل عرض به ضخامت

$$\frac{w}{t} = \frac{19}{2} = 9.5 < \frac{575}{\sqrt{2400}} = 11.7 \quad o.k.$$

توضیحات عمومی :

الف - کارهای بتنی

۱- پیمانکار باید قبل از شروع قالب بندی و بریدن و خم کردن میلگردهای آرماتور،کلیه اندازه ها را روی نقشه ها کنترل و تایید نماید.

۲- سیمان مصرفی در بتن فونداسیون و دالها ازنوع تیپ vمی باشد.

۳-بتن مصرفی در بتن مسلح ، دارای مقاومت مشخصه فشاری $f'c=250\ Kg/cm^2$ بر روی نمونه استوانه ای می باشد .

۴-میلگردها یی که با Φ نشان داده شده اند ، از فولاد نرمه معمولی با ضریب ارتجاعی $2.1E6\ Kg/cm^2$ و حد جاری شدن حداقل $2400\ Kg/cm^2$ و حد گسیختگی حداقل $3700\ Kg/cm^2$ می باشند.

۵-میلگردهایی که با Φ یا T نشان داده شده اند ، از نوع آجدار پر مقاومت با ضریب ارتجاعی $2.1E6\ Kg/cm^2$ و حد جاری شدن حداقل $4000\ Kg/cm^2$ و حد گسیختگی حداقل $6000\ Kg/cm^2$ می باشند.(نوع AIII)

۶-سفره زیرین آرماتور باید توسط لقمه های ماسه سیمان یا پلاستیکی ، از کف قالب بالاتر نگه داشته شود.

۷-سفره فوقانی آرماتور باید به کمک خرکهایی که مورد تائید مهندس می‌باشد ، در موقعیت مطلوب نگهداری گردد.

۸-فاصله میلگردها در سطح آزاد بتن (پوشش یا COVER) ، در صورتیکه روی نقشه ها مشخص نشده باشد ، نباید از مقادیر زیر کمتر باشد:

-بتنی که در تماس با خاک ریخته می شود و بطور دائم با آن در تماس باشد : ۷/۵ سانتیمتر

-بتنی که در تماس با ۱۰ سانتیمتر بتن مگر یا شات کریت ریخته می شود: ۴ سانتیمتر

۹-تمام نقشه ها باید در ارتباط با هم خوانده شوند.

۱۰-تمام میلگردها باید بصورت سرد خم شوند . میلگردهایی که قسمتی از آنها در بتن درگیر می باشد، نباید روی کار خم شوند ، مگر در صورتیکه در نقشه ها نشان داده شده باشد و یا مهندس ناظر اجازه چنین کاری را بدهد .

۱۱-در موقع قالب بندی اجزای مختلف ، باید در محل تمام سوراخهای مورد نیاز برای سیم کشی ، لوله کشی، نصب پیچهای مهاری و غیره ، جعبه یا قالب مناسب پیش بینی و اجرا گردد ، بطوریکه از هر گونه تخریب و سوراخکاری بعدی احتراز به عمل آید . موقعییت سوراخها باید بر اساس نقشه های خاصی که به همین منظور توسط مهندس تاسیسات تهیه می شود ، تعیین گردد.

۱۲-طول وصله های پوششی در نقشه های آرماتور ذکرشده است . در هیچیک از حالات این طول نباید از ۴۰ برابر قطر میلگرد نازکتر ، کمتر باشد.

۱۳-تغییر در قطر و فواصل میلگردها باید با اجازه مهندس ناظر صورت پذیرد . در اعمال چنین تغییراتی، باید فواصل حداقل و حداکثر میلگردها ، که توسط آیین نامه های بتن توصیه شده است ، رعایت گردد.

۱۴- گروت مصرفی در زیر صفحات نشیمن باید دارای مواد منبسط کننده باشند.

ب - کارهای فولادی

۱) پیمانکار باید قبل از شروع کار کلیه ابعاد و اندازه ها و هماهنگی جزئیات روی نقشه ها را کنترل و تائید نمائید.

۲) فولادمصرفی ازنوع نرمه ساختمانی$St-37-2$ باتنش جاری شدن حداقل ۲۴۰۰ کیلوگرم برسانتی مترمربع وتغییرشکل نسبی حداقل ۲۵% به هنگام گسیختگی درنظرگرفته شده است.

۳) ابعاد نیمرخها و ورق های مصرفی مطابق استانداردآلمانی $DIN17100$ درنظرگرفته شده اند .

۴) الکترود مصرفی برای جوشهای گوشه ازنوع E60 مطابق استانداردهای AWSوالکترود مصرفی برای جوشهای لب به لب و شیاری از نوع $E7018$ (کم هیدروزن) درنظر گرفته شود.

۵) الکترودها قبل از مصرف ۴ ساعت داخل خشک کن نگهداری شوند.

۶) جوشهای شیاری باید تحت آزمایشهای غیرمخرب از نوع اولتراسونیک یا پرتونگاری قرار گیرند. میزان و دامنه آزمایشها توسط دستگاه نظارت تعیین خواهد گردید.

۷) رواداریها ی ساخت و نصب اسکلت فولادی مطابق استانداردهای سازمان برنامه و بودجه و استانداردهای $AISC$ انتخاب میگردد.

۸)پیچ و مهره مصرفی از نوع پر مقاومت HV 10.9 انتخاب گردیده است . ابعادواندازه و مشخصات فولاد پیچ و مهره و واشر از استاندارد DIN6914-6918 تبعیت می نماید.

۹)پیچ های پرمقاومت باید هنگام نصب به روش سفت کردن اضافی مهره مطابق مشخصات AISC پیش تنیده گردند.

۱۰) انکر بولتها از جنسCK45 با مقاومت نهایی Fu=6000 Kg/cm2 می باشند.

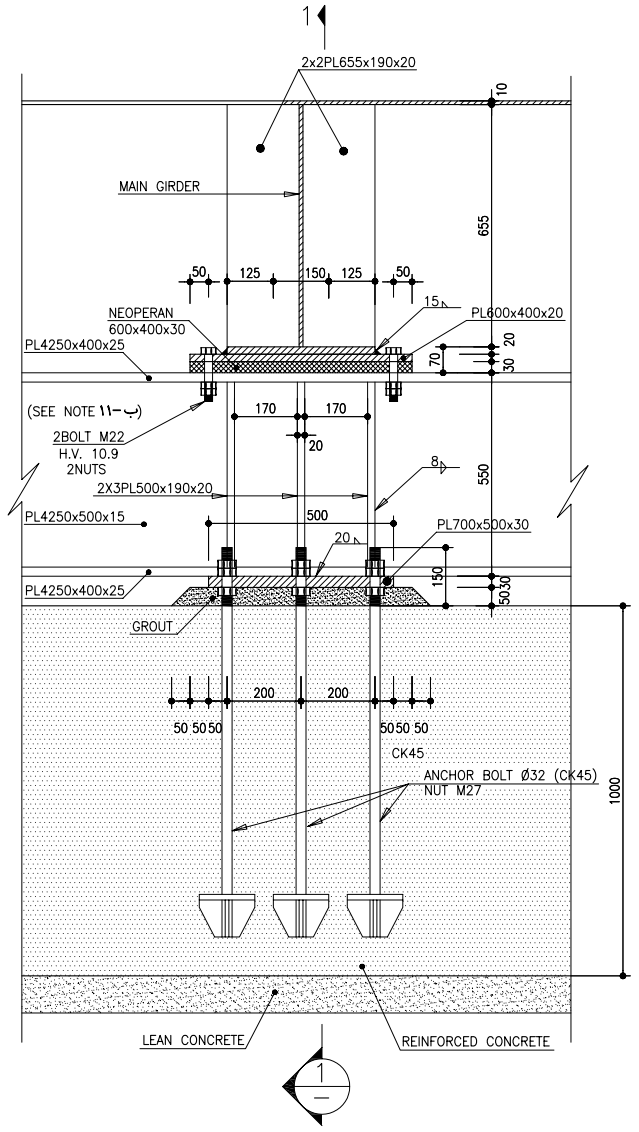
۱۱)در اتصال شاهتیرها به محل تیر نشیمن ابتدا واشرفنری کار گذاشته و مهره اول بدون سفت کردن قرار گرفته و سپس مهره دوم سفت گردد.

ج - سایر

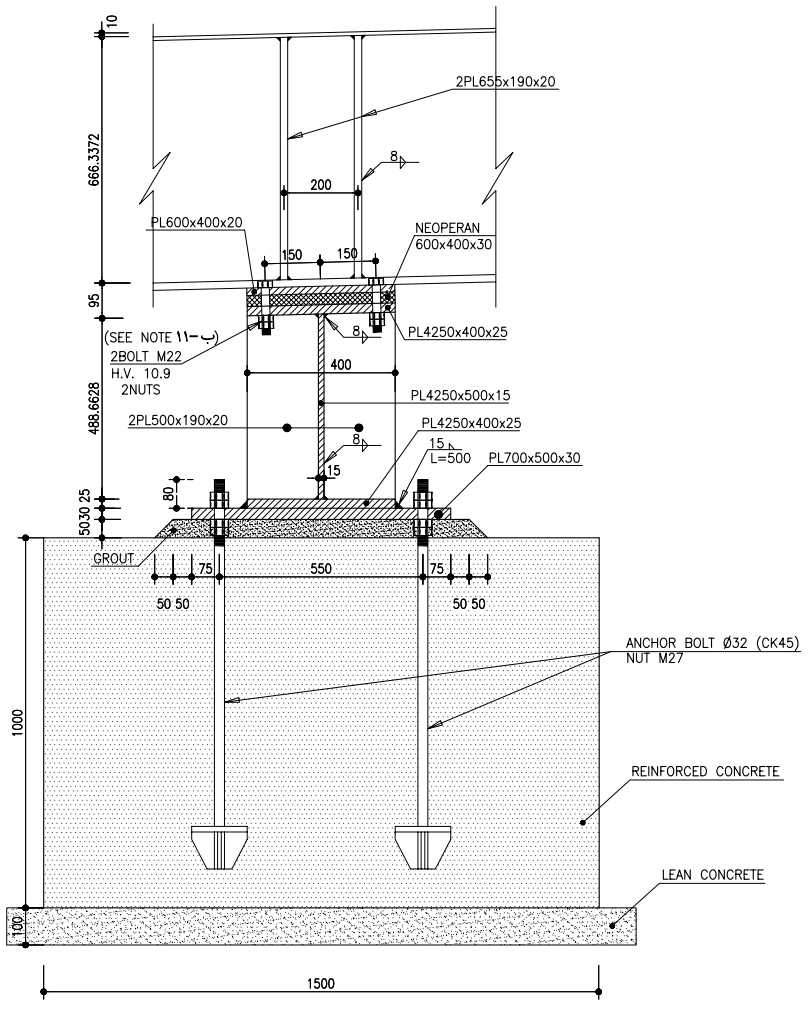
۱) مقاومت مجاز خاک زیر پی جدید3 Kg/cm2 در نظر گرفته شده است.

۲) جهت ترمیم بتن کوله و اجرای درز انبساط ضروری است بتن های معیوب مطابق نظر نظارت بطور کامل برداشته شده و آرماتورهای جدید با آرماتورهای موجود در کوله همپوشانی کافی داشته باشند.

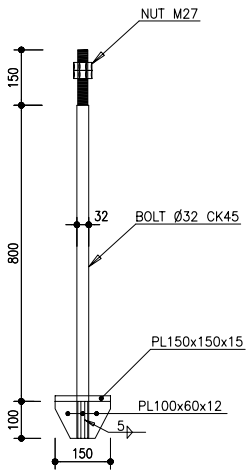
۳) پیمانکار موظف است هماهنگی لازم را با مراجع ذیربط جهت اطمینان از عدم وجود و یا جابجایی لوله های آب گاز و کابلهای برق وتلفن و غیره را قبل از شروع حفاری ها بعمل آورد.



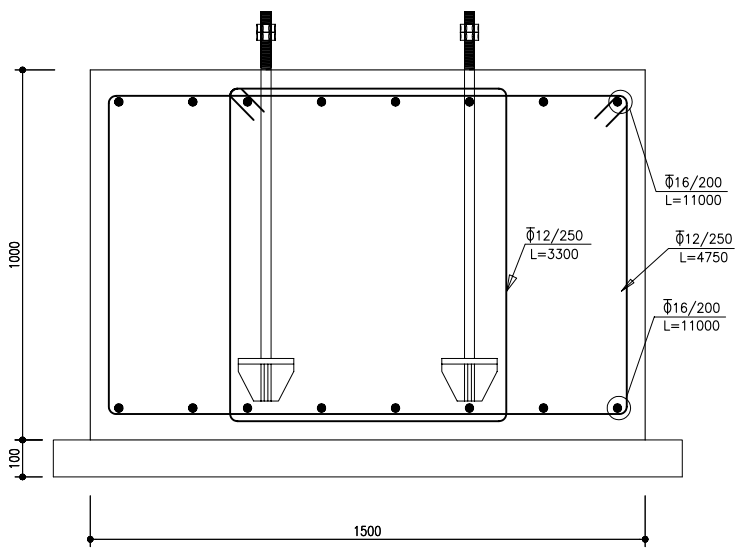
DETAIL "A"
SC.1:10



SECTION 1-1
SC.1:10



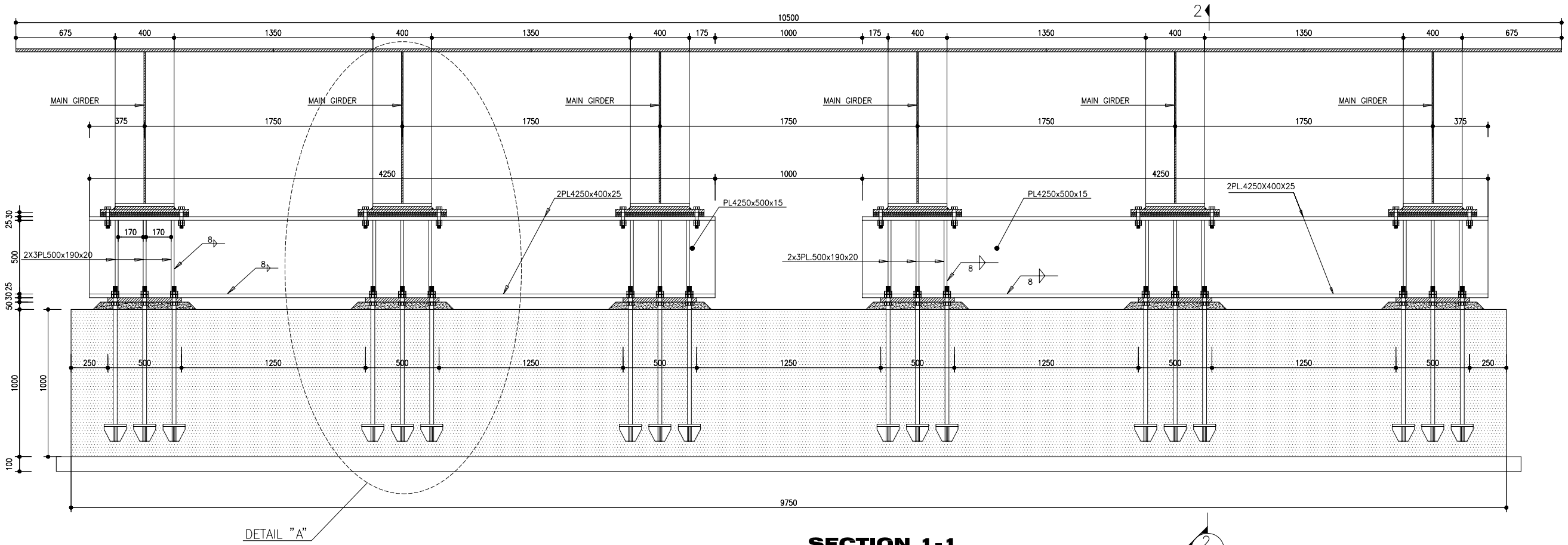
ANCHOR BOLT
SC.1:10



SECTION 1-1 (REIN.)
SC.1:10

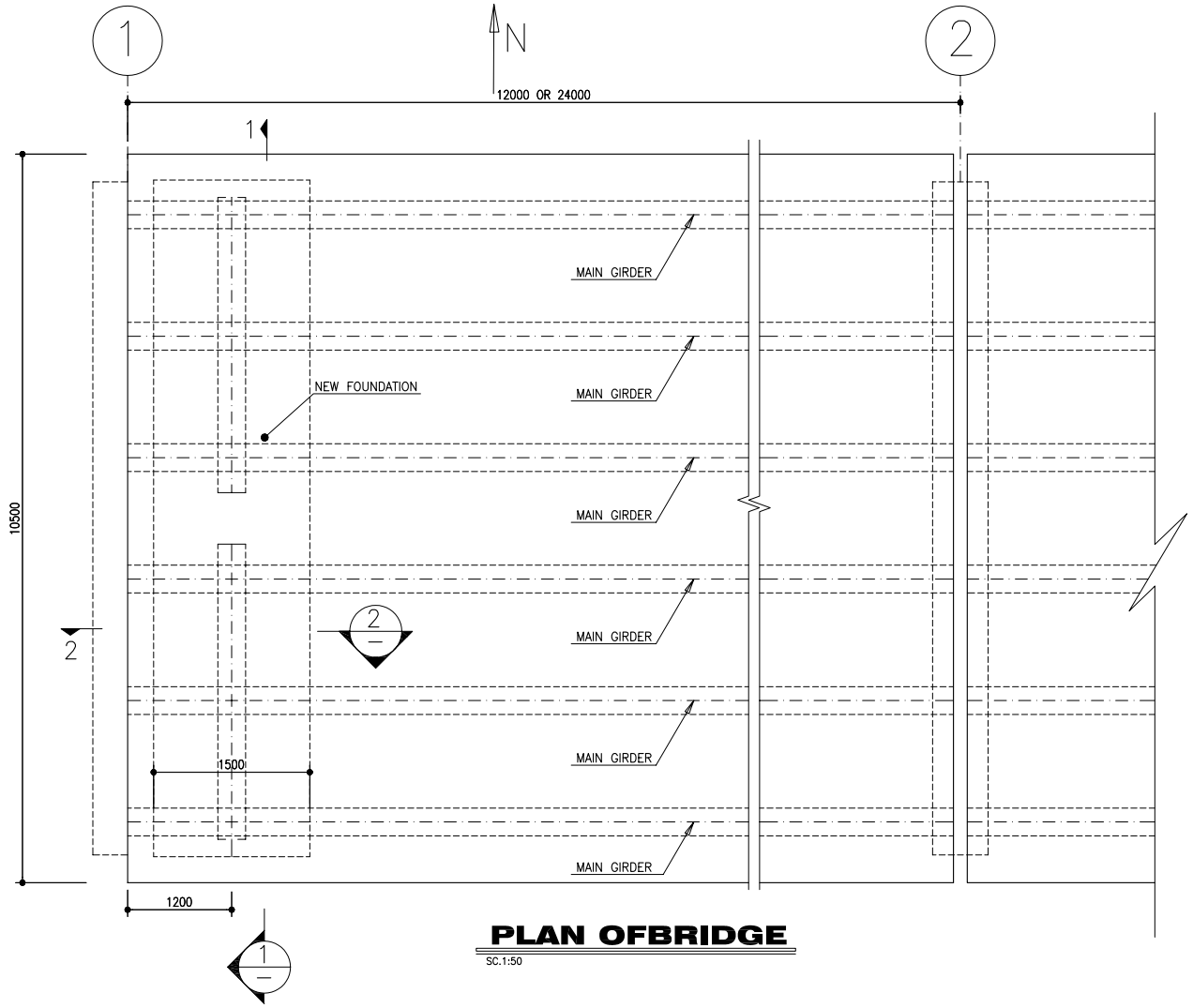
SIGN. :امضاء DATE: تاریخ APPROVED : تصویب		SIGN. :امضاء DATE: تاریخ CHECKED : کنترل		DES.:	شرح : REV.: تغییر :
TAZAND PROJ. NO.: 1312-87/04/01				CLIENT:	کارفرما: سازمان مهندسی و عمران شهر تهران
TAZAND				PROJECT:	پروژه : احداث نشیمنگاه جدید شاهتیرهای در مجاور کوله
87/03	ن - صفرایی	DESIGNED BY: طراح :		TITLE:	عنوان نقشه : قالب بندی و آرماتورگذاری فونداسیون
"	آ - نظیفی	DRAWN BY: ترسیم :			
"	پ - زندی	CHECKED BY: کنترل :			
"	پ - زندی	APPROVED BY: تصویب :			
FOR APPROVAL	برای تائید: ■				SCALE: AS.SH.
FOR TENDER	برای مناقصه: □				UNIT:mm./cm.
FOR CONSTRUCTION	برای اجراء: □				SHEET: A3
PROJ. NO.: -	شماره پروژه:			DWG. NO: S-02	شماره نقشه: REV.: 00

DRAWING FILE NAME:



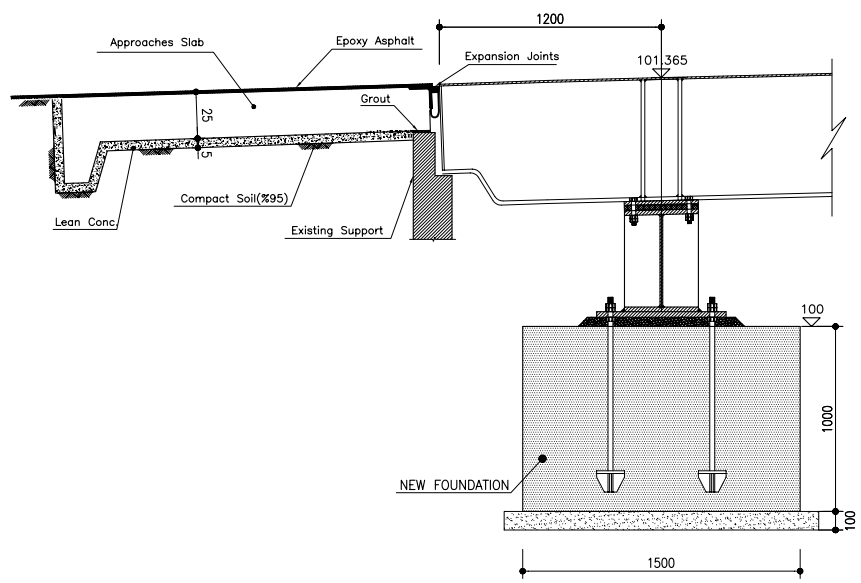
SECTION 1-1

SC.1:15



PLAN OFBRIDGE

SC.1:50



SECTION 2-2

SC.1:20

SIGN.: امضاء DATE: تاریخ		SIGN.: امضاء DATE: تاریخ	DES.: شرح :	REV.: تغییر :	
APPROVED : تصویب		CHECKED : کنترل			
TAZAND PROJ. NO.: 1312-87/04/01			CLIENT: کارفرما:	سازمان مهندسی و عمران شهر تهران	
TAZAND			PROJECT: پروژه :	احداث نشیمنگاه جدید شاهتیرهای در مجاور کوله	
87/03	ن - صدرایی	طراح : DESIGNED BY:			
"	آ - نظیفی	ترسیم : DRAWN BY:			
"	پ - زندی	کنترل : CHECKED BY:			
"	پ - زندی	تصویب : APPROVED BY:			
FOR APPROVAL	برای تائید: ■		TITLE: عنوان نقشه :	قالب بندی فونداسیون و جزئیات درز انبساط	SCALE: AS.SH.
FOR TENDER	برای مناقصه: □				UNIT:mm./cm.
FOR CONSTRUCTION	برای اجراء: □				SHEET: A3
PROJ. NO.: –	شماره پروژه:		DWG. NO: S-01	شماره نقشه:	REV.: 00

DRAWING FILE NAME:

پیوست ۲۶

دستور العمل اجرایی تعویض پیچهای آسیب دیده

۱- مونتاژ نهایی

برای مونتاژ نهایی قطعات، بعداز آنکه قطعات علامت گذاری شده برروی خرک چیده شدند وصفحات اتصال بر روی سوراخها قرارگرفت، قطعات بوسیله سمبه هایی که از سوراخهای اتصال می گذرند درجای خود ثابت میشوند. درکارگاه ساخت، انطباق سوراخها مورد کنترل دقیق قرارگرفته است ولی بازهم امکان دارد که حداکثر تا ۱۵ درصد سوراخها به علت عدم دقت های ساخت کاملا منطبق نباشد. درچنین حالتی باید این سوراخها را با گذراندن یک پیچ امتحانی پیدا کرده و بوسیله برقوزدن آنها را اصلاح نمود حداکثر قطر برقوی مصرفی ۳ میلیمتر بزرگتر از قطر پیچ می باشد.

۲- بستن ومحکم کردن پیچ ها

محکم کردن پیچهای هراتصال در دو مرحله انجام می گیرد. اول، تعدای از پیچ ها تا حد سفتی کامل محکم می شوند، تا اطمینان حاصل شود که سطوح تماس کاملا به هم چسبیده اند، سپس تمام پیچها در سوارخ قرارگرفته کاملا سفت میشوند. درمرحله دوم، با چرخاندن اضافی مهره، پیچها پیش تنیده میگردند. درهریک از مراحل محکم کردن پیچ ها باید ازقسمتی که اتصال صلب تر است و صفحات تغییر شکل کمتری میدهند شروع به بستن پیچ ها کرد. دراتصالات وصله ها، قسمت صلب اتصال، وسط صفحه اتصال میباشد. بعد از محکم کردن پیچ های وسط با حفظ تقارن و ترتیب پیچهای کناری تا لبه آزاد ورق، اتصال محکم می شود. سپس می توان به پیچهای وسط پرداخت تا اطمینان حاصل شود سفت کردن پیچهای کناری آنها را از حالت کاملا سفت خارج نکرده است. درتمام مراحل محکم کردن پیچ ها باید دقت کرد از چرخیدن پیچ و مهره با هم جلوگیری به عمل آید.

سفتی کامل را درپیچ به حالتی می گویند که یک نفر کارگر زورمند بایک آچارمعمولی بدون آنکه با وزن خود به دسته آچار ضربه وارد کند، با بکارگیری آخرین زور خود نتواند پیچ را از آن محکمتر نماید. برای پیش تنیده کردن چنین پیچی باید مهره آنرا به اندازه مقداری که درجدول شماره ۵-۲ مشخص شده اضافه چرخاند. این چرخش اضافی را میتوان به کمک آچار دسته بلند، یا با آچارمعمولی با استفاده از دو کارگر یا بوسیله آچار بادی و کمپرسور تأمین نمود.

اگر در چرخاندن پیچها ازآچارهایی که با کمپرسور بادی کار می کنند استفاده شود، باید فشار باد را طوری تنظیم کرد که دریک مرحله مهره ها را بدون چرخیدن پیچ تا مرحله سفتی کامل برساند و در مرحله بعد با ازدیاد فشار باد یا با دست به روشی که در بالا گفته شد پیچ ها را پیش تنیده کرد. تنظیم باد کمپرسور متضمن استفاده از آچارمدرج (تورک متر) یا آزمون وخطاهای متوالی میباشد و باید درآن دقت کامل بعمل آید. باز کردن و استفاده مجدد از پیچهایی که به حد پیش تنیدگی رسیده اند مجاز نمی باشد. در جدول ۲ مشخصات مکانیکی پرچها و پیچها و در جدول ۳ میزان نیرو و لنگر پیش تنیدگی مطابق استاندارد DIN ارائه شده است.

جدول شماره ۱- چرخش اضافی لازم برای پیش تنیده کردن پیچها

طول پیچ (L)	تعداد دور اضافه برای پیش تنیده کردن پیچها
L≤4D	1/3
4D<L≤8D	1/2
8D<L≤12D	2/3

D قطر پیچ می باشد.

۳- کنترل پیش تنیدگی پیچ ها

پیمانکار موظف است کنترل کیفیت دقیقی برعملیات بستن پیچ و مهره ها در کارگاه نصب اعمال داشته، گزارشهای مربوط به این کنترلها را جهت بررسی و تأیید به دستگاه نظارت اعلام نماید. دستگاه نظارت میتواند رأساً یا از طریق آزمایشگاه با صلاحیت مستقلاً پیش تنیدگی پیچها را کنترل نماید. در هر صورت تصمیم دستگاه نظارت در مورد کفایت پیش تنیدگی پیچ ها قطعی خواهد بود. برای پیچهای پر مقاومت بکارگرفته شده در طرح، نیروی پیش تنیدگی لازم برای سفت کردن پیچ ها برابر ۵۵ درصد مقاومت نهایی پیچ میباشد. لازم به تذکراست که با پیچاندن اضافی مهره ها ممکن است کشش پیچ بطور قابل ملاحظه ای از مقدار فوق الذکر بیشترشود ولی این موضوع اشکالی در بر ندارد.

در پیچهایی که بوسیله چرخاندن اضافه مهره پیش تنیده میشوند بعد ازآنکه پیچها کاملاً سفت شدند بوسیله یک گچ رنگی نقطه ای از پیچ و مهره را که روبروی هم قراردارند، علامت گذاری کرده بعداً کنترل میگردد که چرخش اضافی مطابق جدول شماره٤-۲ بمیزان کافی انجام شده باشد. برای کنترل پیش تنیدگی پیچ ها باید ازتورک متر مناسب که قبلاً دریک آزمایشگاه موردقبول دستگاه نظارت کالیبره شده است، استفاده بعمل آورد. برای کالیبراسیون تورک متر و آزمایش پیش تنیدگی پیچها روش مندرج در" «مشخصات اتصالات سازه ای با استفاده ازپیچهای490 A و325 A"» از انتشارات انجمن سازه های فولادی آمریکا (AISC) یا از "«راهنما و دستورالعمل نحوه بکارگیری پیچهای پرمقاومت»" می توان استفاده به عمل آورد.

جدول ۲- مشخصات مکانیکی پرچها و پیچها

توضیح	نام تجاری پیچ یا پرچ		تنش تسلیم	تنش نهایی
	DIN	ASTM	Fy (kg/cm2)	Fu (kg/cm2)
پرچ	UST 36		2050	3300
	UST 38		2250	3700
		A502,Gr1	1900	
		A502,Gr2	2600	
پیچ معمولی	4.6		2400	4000
	5.6		3000	5000
		A307		4200
پیچ پرمقاومت	8.8		6400	8000
	10.9		9000	10000
		A325	*5900-6400+	$(d \leq 25mm)$,8250
			*5100-5600+	$(d \geq 25mm)$,7250
		A490	*8250-9000+	10000

* نظیرکرنش ۰/۵ درصد + روش تصویر

جدول ۳- نیروی پیش تنیدگی و لنگر پیچشی پیش تنیدگی طبق DIN

پیچ	نیروی پیش تنیدگی (Ton)	لنگر پیچشی لازم	
		گریسکاری با Mos2 (T.m)	روغن کاری شده (T.m)
M12	5.0	0.0100	0.021
M16	10.0	0.0250	0.0350
M20	16.0	0.0450	0.0600
M22	19.0	0.0650	0.0900
M24	22.0	0.0800	0.1100
M27	29.0	0.1250	0.1650
M30	35.0	0.1650	0.2200
M36	51.0	0.2800	0.3800

٤- آزمـــونهـــای پـــذیرش پـــیچ و مهـــره مطـــابق اســـتانداردهای اروپـــایی و جهـــانی

EN 898-1 &2 (DIN-ISO-898-1 &2)

الف- پیچ (برنامه B از جدول شماره ۵ استاندارد EN 20 898-1**)**

الف-۱- آزمون کشش پیچ کامل

در این آزمون پیچ بدون آنکه تحت تراشکاری قرار گیرد و سطح آن صـاف شـود مـورد آزمـایش کـشش قـرار می‌گیرد. آزمایش کشش مطابق استاندارد ISO 6892 و طول دنده شده تحت کشش باید برابر قطر پیچ باشـد. در این آزمایش شکست باید در منطقه دنده شده یا تنه پیچ اتفاق افتد و پیچ از محل اتصال به کله گـسیخته نـشود. سرعت آزمایش نباید از ۲۵ میلیمتر در دقیقه افزایش یابد.

تنش بر روی سطح مقطع A_s محاسبه می‌گردد که:

$$A_s = \frac{\pi}{4}\left(\frac{d_2 + d_3}{2}\right)^2$$

d_2 = قطر روی دنده پیچ (مطابق ISO 965)

d_3 = قطر زیردنده پیچ

$$d_3 = d_1 - \frac{H}{6}$$

d_1 = قطر پایهٔ زیردنده (ISO 965-1)

H = ارتفاع مثلث پایه دنده پیچ

پس از گسیختگی پیچ، هنوز مهره قابل باز شدن از پیچ باشد.

الف-۲- آزمون سختی ویکرز

این آزمون را می‌توان بر روی کله پیچ، نوک پیچ، یا تنه پیچ انجام داد. قبل از انجام آزمایش باید هر نوع پوشش غیرفولادی از روی سطح برداشته شود. معمولاً برای امکان تکرار آزمایش کله پیچ کمی سنگ زده می‌شود و بعد مورد آزمایش قرار می‌گیرد.

آزمون ویکرز HV0.3 مطابق استاندارد ISO 6507 باید صورت پذیرد. سختی سطحی باید با سـختی مغـزی پـیچ مقایسه شود. افزایش تا ۳۰ شماره مجاز می‌باشد افزایش بیش از ۳۰ شماره معرف کربونیزاسیون سطحی است.

الف-۳- آزموش کشش تحت بار اثبات (Proof Loading)

در این آزمون پیچ باید تا حد بار اثبات تحت کشش قرار گیرد. این بار باید برای ۱۵ ثانیه بر روی پیچ اثر نماید. سپس تغییر شکل دائمی تحت اثر این بار باید اندازه‌گیری شود. طول دنده شده مورد آزمایش باید معادل ٦ گـام دنده باشد. سرعت آزمایش نباید از ۳ میلیمتر در دقیقه بیشتر باشد.

شرط پذیرش در آزمون کشش تحت بار اثبات آن است که طول پیچ قبل و بعد از آزمایش تغییـر نکنـد (بـرای خطای اندازه‌گیری رواداری $\pm 12\mu m$ در نظر گرفته شده است)

الف-٤- آزمون مقاومت تحت بارگذاری گوه‌ای

یک واشر گوه‌ای از فولاد سخت با سوراخی به قطر ۲ میلیمتر از قطر روی دنده‌های پـیچ بـا هندسـه‌ای کـه در استاندارد مشخص شده باید تراشکاری شود. واشر زیر کله پیچ قرار گرفته طولی از پیچ که معادل یک قطر پـیچ طول دنده در آن قرار داشته باشد تحت آزمون کششی قرار می‌گیرد.

برای پذیرش در این آزمون شکست باید در ناحیه دنده شده یا تنه پیچ اتفاق بیفتد و نه در ناحیه اتصال پـیچ بـه کله آن و مقاومت پیچ باید به مقاومت کششی حداقل برسد. اگر نتیجه این آزمون رضایتبخش باشـد نیـازی بـه آزمون کشش موضوع بند الف-۱ نمی‌باشد.

الف-٥- آزمون کربن زدائی

کربنازیسیون فرآیندی است که منجر به افزایش کربن سطحی (سختی سطحی) نسبت به فلـز مبنـا مـی‌گـردد. و کـربن زدائـی بـه از دسـت رفـتن ایـن خاصـیت اطـلاق مـی‌شـود. طـی ایـن آزمـون بایـد بـه روش مناسـبی (روش میکروسکوپیک با روش سختی سنجی) اثبات گردد که در مقطع طولی دنده‌ها ارتفاع ناحیه فلز مبنـا (E) و عمق ناحیه کربن زدائی شده کامل (G) در محدوده مجاز قرار دارد.

الف-٦- آزمون بازپخت

متوسط ۳ قرائت سختی بر روی پیچ قبل و بعد از عمل بازپخـت نبایـد بـیش از ۲۰ درجـه در مقیـاس ویکـرز تفاوت نماید. حرارت بازپخت برای پیچهای 8.8 معادل 415 درجه سانتیگراد و مدت بازپخت ۳۰ دقیقه است.

الف-۷- آزمون یکپارچگی سطحی

این آزمون باید مطابق ISO 6157-1, ISO 6157-3 به عمل آید.

ب: مهره (مطابق استاندارد EN20 898-2)

مهره مورد استفاده باید حداقل هم رده پیچ مورد نظر باشد. اگر چه استفاده از مهره رده‌های بالاتر نیز بلامانع است و قابل توصیه می‌باشد.

برای اجتناب از صاف شدن دنده‌ها تا رسیدن به بار اثبات پیچها، باید از مهره‌هایی با طول بزرگتر یا مساوی 0.8D (طول مؤثر رزوه بزرگتر یا مساوی 0.6D) استفاده به عمل آید.

D قطر تنه پیچ می‌باشد.

ب-۱) آزمون بار اثبات (Proof Loading)

در این آزمون مهره باید بر روی یک پیچ آزمایشی سخت شده که تحت بارگذاری دچار گسیختگی و صافی دنده‌ها نمی‌گردد بسته شده تحت آزمایش کشش محوری قرار می‌گیرد. مهره برای ۱۵ ثانیه تحت بار معیار قرار خواهد گرفت و مهره باید این بار را بدون شکست یا صاف شدن دنده‌ها تحمل نماید، و بعد از پایان بارگذاری با انگشت باز شود. (برای شروع حرکت مهره قفل شده می‌توان از آچار استفاده کرد ولی ادامه حرکت مهره باید با انگشت باشد.

ب-۲- آزمون سختی

آزمون سختی باید بر روی یکی از وجوه تماس مهره به عمل آید و هر عدد سختی متوسط سه قرائت در فواصل 120° بر روی محیط می‌باشد.

آزمون ویکرز با بار HV30 آزمون معیار می‌باشد.

ب-۳- آزمون یکپارچگی سطحی

آزمون یکپارچگی سطحی باید مطابق ISO 6157-2 به عمل آید.