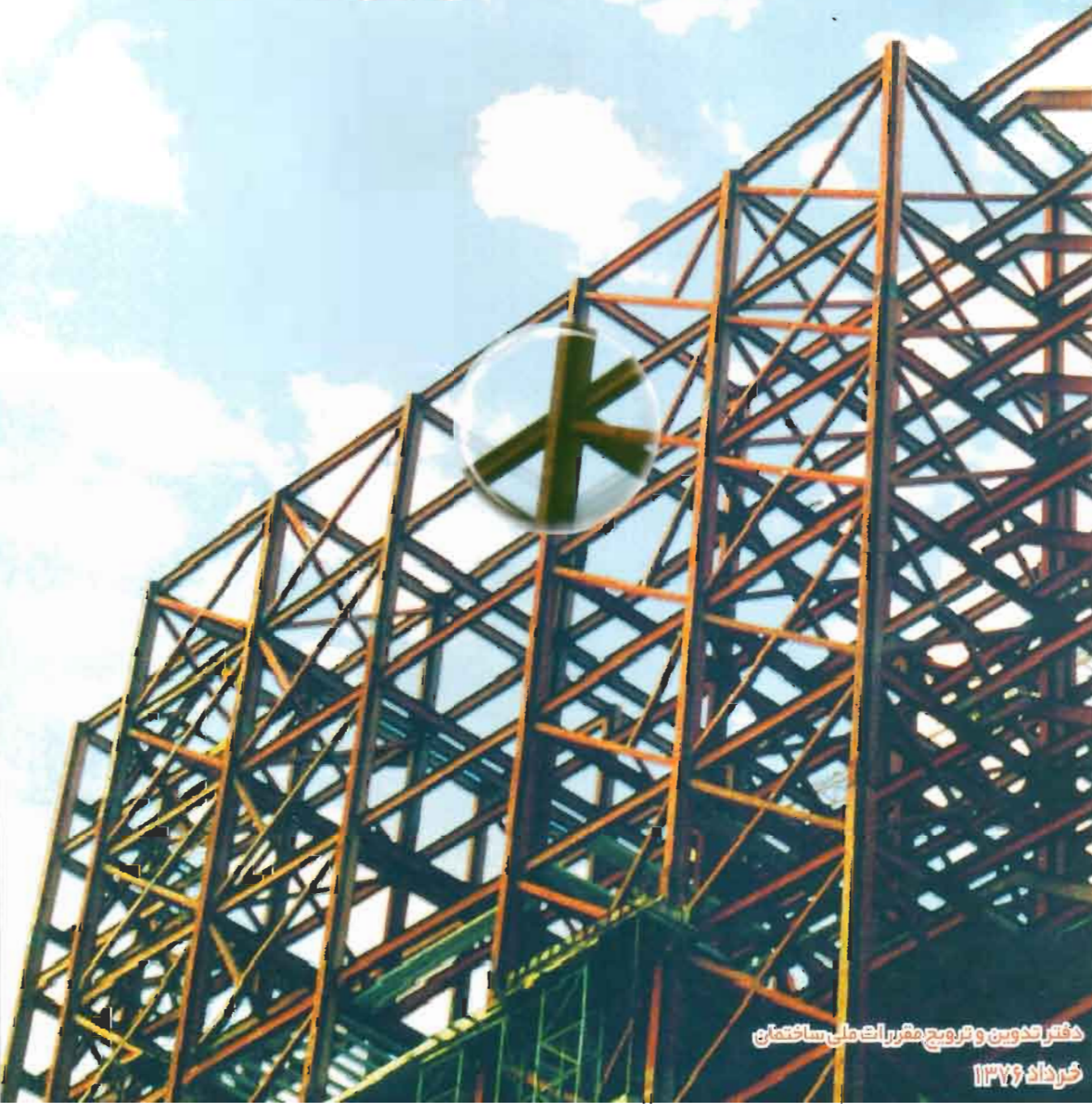
وزارت مسکن و شهرسازی
معاونت نظام مهندسی و اجرای ساختمان

راهنمای اتصالات در ساختمانهای فولادی



دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان
خرداد ۱۳۷۶

بسم الله الرحمن الرحيم

وزارت مسکن و شهرسازی
معاونت نظام مهندسی و اجرای ساختمان

راهنمای اتصالات در ساختمانهای فولادی

دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان
خرداد ۱۳۷۶

راهنمای اتصالات در ساختمانهای فولادی / تهیه کننده دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان، وزارت مسکن و شهرسازی، معاونت نظام مهندسی و اجرای ساختمان. - تهران: نشر توسعه ایران، ۱۳۸۰.

۲۳۲ ص.: نقشه، جدول، نمودار.

ISBN 964-7588-11-9 ۹۶۰۰ ریال :

فهرست‌نویسی بر اساس اطلاعات فیپا.

چاپ هفتم : ۱۳۸۳: ۱۴۰۰۰ ریال.

ISBN 964-7588-23-2

۱. سازه‌های فولادی جوش شده. ۲. اتصالهای جوش شده. الف. ایران. وزارت مسکن و شهرسازی. دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان.

۲ ر / TA ۶۸۴ ۶۲۴/۱۸۲

۱۳۸۰

کتابخانه ملی ایران ۸۰-۱۶۸۵۰م

نام کتاب : راهنمای اتصالات در ساختمانهای فولادی

تهیه کننده : دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان

ناشر : نشر توسعه ایران

شمارگان : ۵۰۰۰ جلد

نوبت چاپ : هفتم

سال انتشار : ۱۳۸۳

شابک : ۹۶۴-۷۵۸۸-۲۳-۲

چاپ و صحافی : کتیبه

قیمت : ۱۴۰۰۰ ریال

حق چاپ برای تهیه‌کننده محفوظ است.

بسمه‌تعالی

«پیش‌گفتار»

وزارت مسکن و شهرسازی در اجرای قانون نظام‌مهندسی و کنترل ساختمان، تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمانی ایران را بر عهده دارد. این مقررات به عنوان بخشی از مدارک فنی ساختمانی محسوب می‌شود و حاوی ضوابط حداقل برای طراحی، اجرا و نگهداری ساختمان است. مقررات‌ملی‌ساختمانی، دارای اصول مشترک و متحدالشکل در کشور است و رعایت ضوابط آنها لازم‌الاجرا است. در کنار مقررات ملی ساختمان، مدارک فنی دیگری نیز باید منتشر شود که ضمن کمک به غنای این مقررات، بحث و تشریح و توضیحات کافی را نیز در بر داشته باشد یا اصولاً محدودهٔ دیگری از ضوابط لازم را پوشش دهد آئین‌نامه‌ها و مشخصات فنی، استانداردها، مدارک ارشادی و توضیحی (راهنماها) و مدارک اقناعی از این دسته‌اند.

اصولاً ضوابط مندرج در مقررات‌ملی ساختمان با رعایت ایجاز و اختصار تدوین می‌شود و این وظیفه راهنماها و مدارک توضیحی است که به درک صحیحتر «مقررات ملی ساختمان» یاری رسانده، موجب توسعه و ترویج آن شود.

دفتر تدوین و ترویج مقررات‌ملی‌ساختمان، در کنار تدوین مباحث بیست‌گانه مقررات‌ملی‌ساختمانی ایران، تدوین و انتشار راهنماهای مباحث مذکور و همچنین راهنماهایی در زمینه‌های خاص کارهای ساختمانی را نیز در دستور کار خود قرار داده است.

تاکنون راهنمای مبحث دهم مقررات‌ملی‌ساختمانی ایران «طراحی واجرای ساختمانهای فولادی» منتشر شده است و اکنون راهنمای دیگر مرتبط با این مبحث تحت عنوان «راهنمای اتصالات در ساختمانهای فولادی» تقدیم به جامعه مهندسی کشور می‌شود.

اصولاً اسکلت فلزی، مجموعه‌ای از اعضای منفصل فولادی است که با اتصالات و جزئیات سازه‌ای به واحد یکپارچه‌ایی تبدیل می‌شود. اگر یکپارچگی اصل باشد، نقش اساسی اتصالات و جزئیات بیشتر نمایان می‌شود یکی از مشکلات مهم امر ساختمان‌سازی در کشور ما عدم توجه به این جزئیات مهم است. در اسکلت فولادی حتی اگر تیرها و ستونها محافظه کارانه طراحی شده باشند، در صورت عدم طراحی و اجرای مناسب اتصالات و جزئیات کارآمد، ایمنی لازم را برای ساختمان در برابر نیروهای قائم و جانبی نمی‌توان متصور شد.

عمدتاً در ساختمانهای کوچک و متوسط شهری، برخی کم‌دقتی‌ها در طراحی و اجرای اتصالات و جزئیات ملاحظه می‌شود. سرپناه اکثر مردم ساختمانهایی ازهمین رده است و بنابراین خطرهای احتمالی بیشتر

مشخص می‌شود، لذا لازم است به مانند کشورهای دنیا، درکنار تهیه و تدوین مقررات‌ملی‌ساختمانی، آئین نامه‌های محاسباتی، استانداردها و سایر مدارک فنی، راهنماهایی برای سهولت کار مهندسان و مجریان ساختمانها، بخصوص برای راهنمایی مهندسانی با تجارب اندک تهیه شود. این مدارک فنی قطعاً با ارتقای آگاهی عمومی در افزایش سطح انتظار عموم از «ساختمان» مؤثر خواهد بود.

این مجموعه، گام کوچکی در این راستاست و شاید بتوان ادعا کرد که اولین راهنما در نوع خود است که همگام با عرف ساختمان‌سازی موجود کشور تهیه شده است و قابل استفاده طراحان و محاسبان ساختمانهای کوچک و متوسط می‌باشد. با چنین کاربردی نیاز به انجام محاسبات مفصل نیست و طراحی فقط به کمک جداول انجام می‌شود. راهنمای موجود با استفاده از تجربیات گروهی از مهندسان محاسب با تجربه تهیه شده و در آن برای تهیه نمودارها، جزئیات و جداول طراحی از پیشرفته‌ترین روشهای محاسبات سازه استفاده و نتایج به شکلی کاملاً ساده به‌صورت جداول و نمودارهای طراحی آورده شده است.

راهنمای حاضر مشتمل بر بیست‌وهشت فصل است که در هر فصل توضیحات کافی ارائه شده است و سعی بر این بوده که در این فصول تمام جزئیات مورد استفاده در ساختمانهای کوچک و متوسط گنجانده شود.

دفتر تدوین و ترویج مقررات‌ملی‌ساختمان با اذعان به‌اینکه هیچ کاری خالی از عیب نیست، خصوصاً کاری در این چهارچوب و توجه به‌اینکه می‌توان این مجموعه را با نظرهای استفاده‌کنندگان کاملتر کرد، از کلیه صاحبنظران و مطالعه کنندگان محترم تقاضا دارد، هرگونه پیشنهاد خود را به این دفتر ارسال نمایند.

در پایان لازم می‌داند از همکاری صمیما نه تدوین کنندگان این راهنما، آقایان مهندس شاپورطاحونی، مهندس رحیم‌واعظی و مهندس امیر پیمان‌زندی و همچنین از نظریات ارزشمند آقای دکتر رسول‌میرقادری تشکر و قدردانی نماید.

دفتر تدوین و ترویج
مقررات ملی ساختمان

فهرست مطالب

فصل ۱ ـ آشنایی با جوشکاری و علائم جوشکاری ۹

فصل ۲ ـ واکنش تکیه‌گاهی تیرهای ساده ۲۱

فصل ۳ ـ واکنشهای تکیه‌گاهی تیرهای دوسرگیردار ۳۱

فصل ۴ ـ جداول مقاومت برشی نبشی‌های جان ۵۱

فصل ۵ ـ اتصال سادهٔ تیر توسط نبشی‌های جان ۵۹

فصل ۶ ـ اتصال سادهٔ تیر توسط نشیمن تقویت‌نشده (انعطاف‌پذیر) و تقویت‌شده ۶۹

فصل ۷ ـ اتصال گیردار تیر به‌ستون (تیرهای تک) ۸۵

فصل ۸ ـ اتصال گیردار تیر به‌ستون (تیرهای زوج) ۹۳

فصل ۹ ـ اتصال خورجینی تیر به‌ستون ۱۰۱

فصل ۱۰ ـ اتصال عرضی دو تیر موازی ۱۰۹

فصل ۱۱ ـ وصلهٔ تیرها با ورق جان و بال ۱۱۱

فصل ۱۲ ـ وصلهٔ مستقیم تیرها ۱۱۷

فصل ۱۳ ـ نعل درگاهیها ۱۲۱

فصل ۱۴ ـ جزئیات مهار دیوارهای غیرباربر با مصالح بنایی به‌ستونهای فلزی ۱۲۵

فصل ۱۵ ـ اتصال تیرهای پیشانی یکسره به‌انتهای تیر اصلی ۱۲۷

فصل ۱۶ ـ جزئیات ساخت تیرهای پله در محل خمها ۱۳۱

فصل ۱۷ ـ اتصال تیرکنسول شده از تیر اصلی با استفاده از صفحهٔ اتصال و تیر پشت‌بند ۱۳۳

فصل ۱۸ ـ تیرهای لانه زنبوری ۱۳۹

فصل ۱۹ ـ محاسبهٔ اعضای قطری یکپارچه‌کنندهٔ سقف‌های طاق ضربی ۱۴۵

فصل ۲۰ ـ اتصال تیپ تیر طاق‌ضربی بر روی کلاف بتنی ۱۴۹

فصل ۲۱ ـ اتصال تیپ تیر طاق‌ضربی در داخل کلاف بتنی سقف ۱۵۱

فصل ۲۲ ـ جزئیات تیپ سقف تیرچه بلوک در ساختمانهای فلزی ۱۵۳

فصل ۲۳ ـ جداول و منحنی‌های طرح سقف تیرچه بلوک ۱۶۵

فصل ۲۴ ـ جزئیات تیپ کف ستونها ۱۷۵

فصل ۲۵ ـ وصلهٔ ستونهای مرکب ۱۸۳

فصل ۲۶ ـ جزئیات تیپ بستهای ستونها ۱۸۹

فصل ۲۷ ـ جزئیات اتصال بادبندها ۱۹۵

فصل ۲۸ ـ جداول مشخصات هندسی نیمرخها و روابط استاتیکی ۲۰۹

فصل ۱

آشنایی با جوشکاری

و

علائم جوشکاری

۱ـ۱ـ جوشکاری با قوس الکتریک

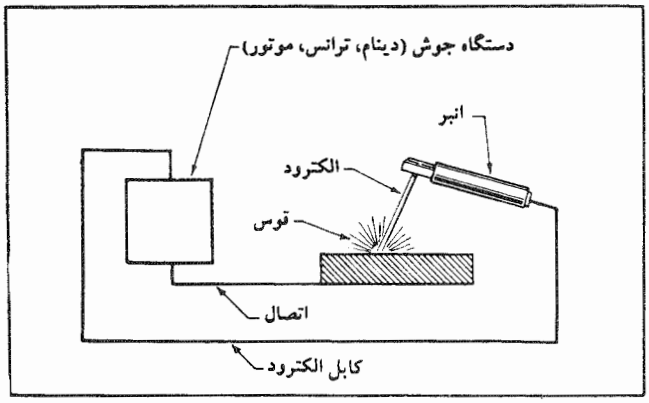
در جوشکاری با قوس الکتریک که متداولترین نوع جوشکاری در ساختمان‌سازی است، اتصال بین مصالح با ذوب کردن لبه‌های درز و سخت شدن بعدی آنها صورت می‌گیرد. در حین ذوب، فلز پایه و فلز جوش با یکدیگرممزوج شده و پس از سخت شدن، اتصال قطعات تأمین می‌گردد.

حرارت لازم برای ذوب مصالح، به‌وسیلهٔ قوس الکتریکی تأمین می‌شود. قوس بین یک مفتول فولادی که الکترود خوانده می‌شود و فلز پایه تشکیل می‌یابد. با نزدیک کردن الکترود به‌درز جوش، قوس ایجاد شده و حرارتی معادل ۳۶۰۰ درجه در نوک الکترود تولید می‌شود. این حرارت زیاد، باعث ذوب فلز پایه و نوک الکترود می‌شود و یک حوضچهٔ مذاب از هر دو فلز در نوک الکترود به‌وجود می‌آورد. با حرکت الکترود، حوضچهٔ مذاب به‌سمت جلو حرکت کرده و حوضچه‌های مذاب پشتی سرد و منجمد شده و باعث امتزاج و یکپارچگی دو فلز در محل درز می‌شوند.

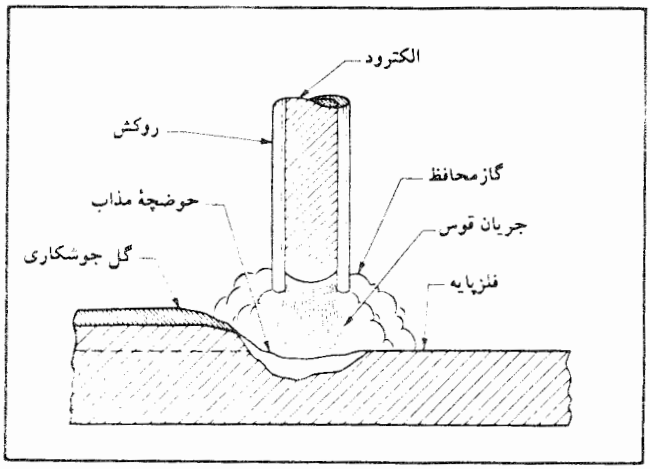
در تمام جوشکاریهای دستی مدرن امروزی، برای افزایش کیفیت جوش و جلوگیری از انجماد و زود سرد شدن حوضچهٔ مذاب، روی الکترود روکش می‌شود.

روکش همراه با فلز پایه و الکترود ذوب شده در حین انجماد به‌علت سبکتر بودن رو می‌آید و به‌صورت غشایی روی فلز مذاب در حال سرد شدن را می‌پوشاند. این غشاء که به‌گل جوشکاری موسوم است، از هیدراسیون جوش نیز جلوگیری می‌کند.

در شکل ۱ـ۱ مدار جوشکاری و در شکل ۱ـ۲ تشکیل حوضچهٔ مذاب در نوک الکترود نشان داده شده است.



شکل ۱ـ۱ـ مدار جوشکاری



شکل ۱ـ۲ـ تشکیل حوضچهٔ مذاب در نوک الکترود

۱ـ۲ـ انواع اتصال جوشی

در شکل ۱ـ۳ انواع اتصالات جوشی نشان داده شده است این اتصالات عبارتند از:

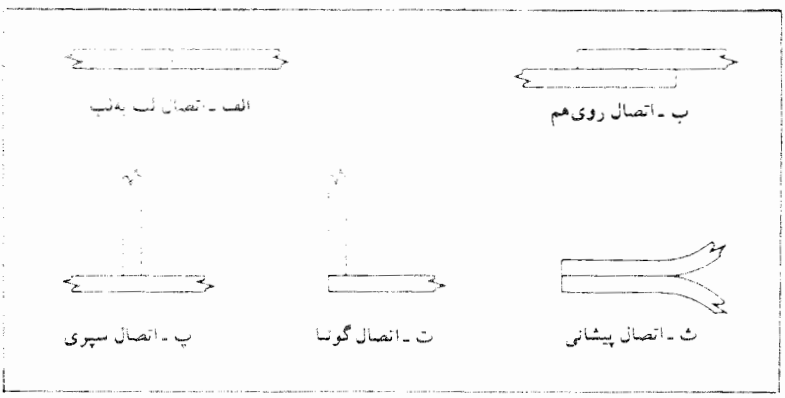
الف: اتصال لب به‌لب

ب: اتصال روی‌هم

پ: اتصال سپری

ت: اتصال گونیا

ث: اتصال پیشانی



شکل ۱ـ۳ـ انواع اتصال جوشی

۱ـ۳ـ انواع جوش

در شکل ۱ـ۴ انواع جوش نشان داده شده است که عبارتند از:

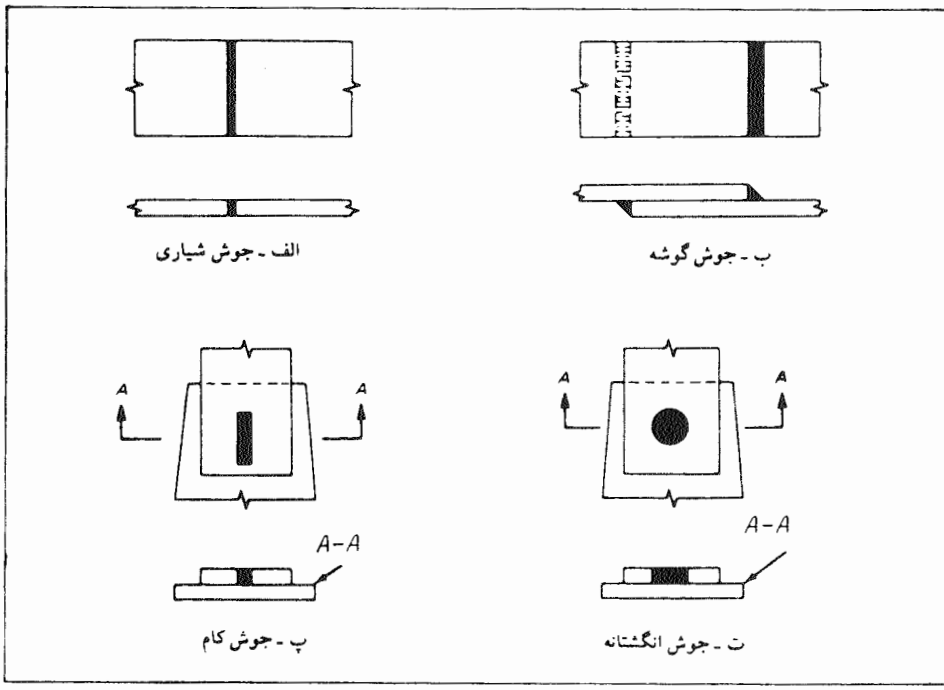
الف: جوش شیاری

ب: جوش گوشه

پ: جوش کام

ت: جوش انگشتانه

جوش گوشه متداولترین نوع جوش در سازه‌های فولادی است. بعد از آن جوش شیاری قرار دارد. کاربرد جوش انگشتانه و کام به‌موارد مخصوصی که در آن مقاومت جوش انجام شده در لبه‌ها به‌حد کافی نباشد، محدود می‌شود.



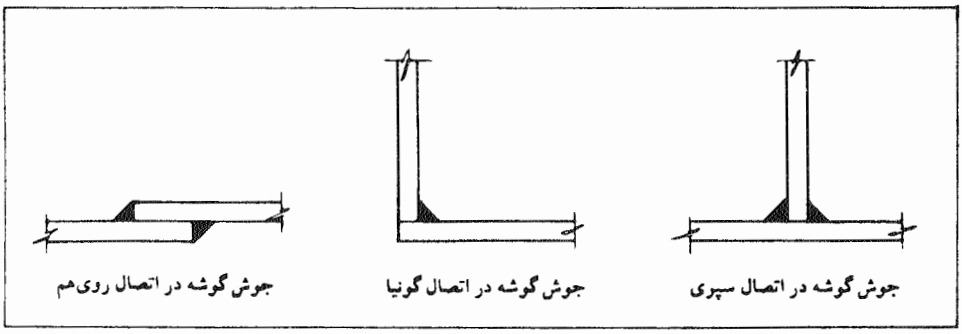
شکل ۱ـ۴ـ انواع جوش

۱ـ۴ـ جوش گوشه

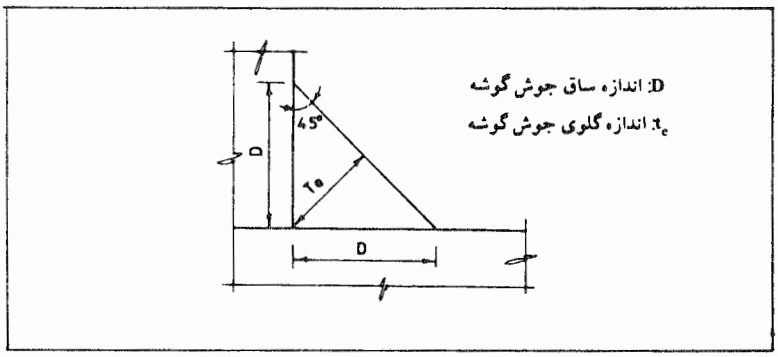
جوش گوشه متداولترین جوش در ساختمانهای فولادی است. از این جوش می‌توان در اتصال روی‌هم، اتصال سپری و اتصال گونیا از شکل ۱ـ۳ استفاده کرد که نتیجهٔ آن در شکل ۱ـ۵ نشان داده شده است. در شکل ۱ـ۶ مشخصات هندسی جوش گوشه با دو ساق مساوی نشان داده شده است. در این شکل به‌اختلاف بین اندازهٔ گلو و اندازهٔ ساق توجه داشته باشید. اگر t_e اندازهٔ گلو و D اندازهٔ ساق جوش گوشه باشد، داریم:

$$t_e = 0.707\ D$$

تنش مجاز جوش گوشه در روی گلو، مساوی ۹۴۵ کیلوگرم بر سانتیمترمربع می‌باشد که حاصل ضرب t_e ۹۴۵ به‌ارزش



شکل ۱ـ۵



شکل ۱ـ۶

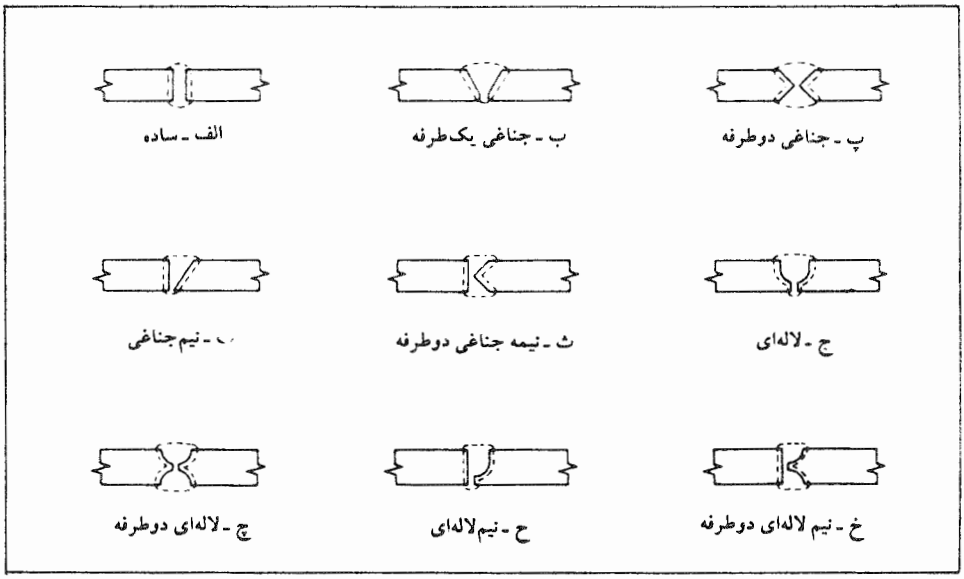
جوش گوشه معروف است. با توجه به‌تناسب هندسی بین t_e و D ارزش جوش گوشه را می‌توان با تقریب مساوی ۰٫۶۵D در نظر گرفت که در آن D اندازهٔ ساق جوش است. در محاسبات ظرفیت تمام جوشهای گوشهٔ این دستنامه، از مقادیر فوق استفاده گردیده است. (فرضیات و روش محاسبه در بخش ۱ ـ ۸ آمده است).

۱ـ۵ ـ انواع جوش شیاری

برای انجام جوش شیاری در دو لبهٔ مجاور هم، لازم‌است لبه‌های کار به‌منظور نفوذ کامل جوش آماده گردند. در شکل ۱ـ۷ انواع آماده‌سازی لبه‌ها ارائه شده است.

۱ـ۶ ـ علائم جوشکاری

قبل از اینکه یک درز یا اتصال جوش شود، طراح باید قادر باشد به‌طریقی دستورات خود در مورد اندازه و نوع جوش لازم را به‌نقشه‌کش و یا سازنده اتصال ارائه نماید. انواع اصلی جوش و بعضی انواع فرعی در بخش‌های قبل مورد بحث قرار گرفت. اگر برای ساخت هر اتصال جدیدی، به‌دستورالعملهای اختصاصی و مشروحی احتیاج بود، کار طراح در تهیهٔ دستور ساخت یک اتصال، بسیار مشکل می‌شد.



شکل ۱ـ۷

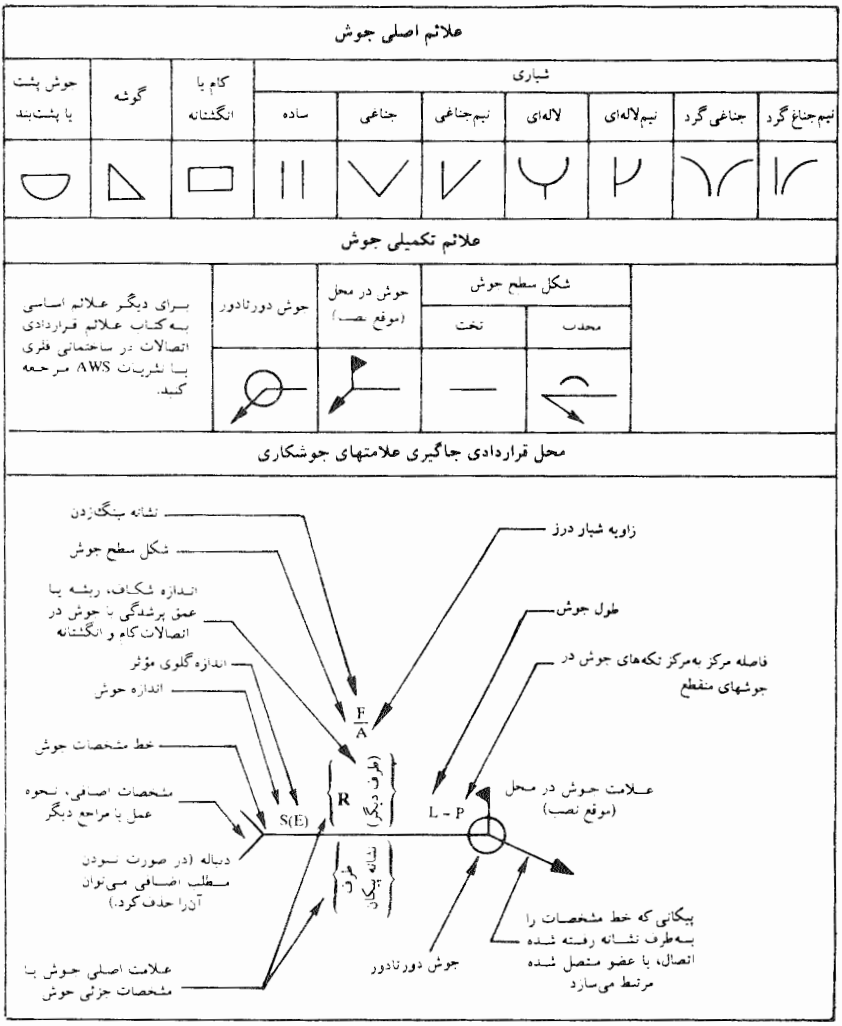
نیاز به‌یک وسیلهٔ ساده و در عین حال دقیق برای برقراری تفاهم میان طراح و سازنده به‌استفاده از علائم اختصاری که نمایشگر انواع جوشها و اندازه آنهاست، رواج بخشیده است. علائم استانداردی که در شکل ۱ ـ ۸ به‌نمایش درآمده است، به‌خوبی هر دستورالعمل اختصاصی مشخص‌کنندهٔ نوع، اندازه، طول و محل هر جوش می‌باشد. شکل ۱ ـ ۹ مواردی از کاربرد این علائم را به‌نمایش می‌گذارد.

ممکن است خواننده احساس کند که تعداد علائم بی‌جهت زیاد است، در صورتی‌که سیستم نمایش جوشها به تعداد کمی انواع اصلی تقسیم شده که با سرهم کردن آنها دستورالعملهای کامل تهیه می‌شوند. هرگاه از یک نوع اتصال خاص در قسمتهای مختلف یک سازه استفاده به‌عمل می‌آید، ممکن است تنها به‌نمایش یک جزئیات تیپ مانند شکل ۱ـ۱۰ـالف بسنده کرد. هرگاه اتصالات خاص مورد استفاده قرار گیرند، باید به‌قدر کافی جزئیات هر یک را مشخص ساخت تا هیچ تردیدی درباره نقطه‌نظرهای طراح باقی نماند (شکل ۱ـ۱۰ـب).

در شکل ۱ـ۱۰ـب طراح مشخص ساخته که جوش انگشتانه در کارخانه و بر روی زمین انجام می‌گیرد درحالی که جوش نیم‌جناغی دوطرفه که ورق اتصال را به‌ستون متصل می‌سازد، در محل کارگاه و موقع نصب اجرا می‌شود.

از آنجایی که طراح مشخص نساخته که آیا جوش گوشه متصل‌کننده نبشی به‌ورق در کارخانه یا در کارگاه و محل نصب انجام پذیرد، سازنده اسکلت فلزی آزاد خواهد بود که در این مورد تصمیم بگیرد.

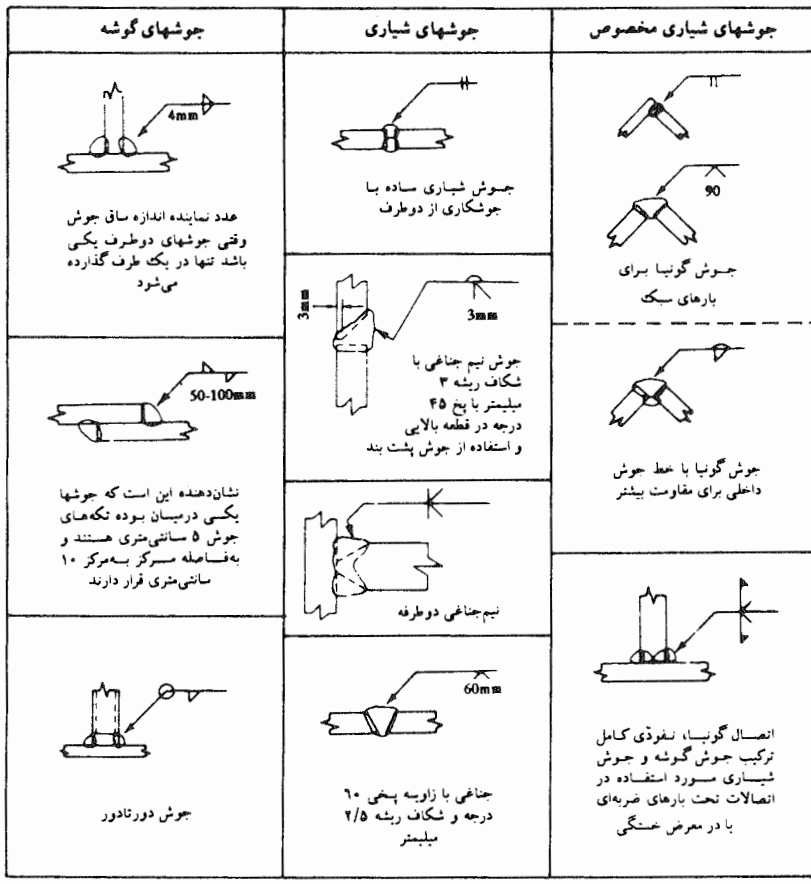
در این مورد خاص بهتر است که جوش گوشه در کارخانه یا روی زمین انجام شود. چرا که ممکن است در غیر این‌صورت جوش انگشتانه در حین عملیات نصب تحت تنشهای اضافی قرار گیرد. عموماً به‌دلیل ملاحظات اقتصادی سازنده سعی می‌کند تا آنجایی که امکان دارد جوشها را در روی زمین انجام دهد. بنابر این مشخص ساختن جوشهایی که طراح می‌خواهد حتماً در محل نصب و پای‌کار انجام شود، از اهمیت بسیاری برخوردار است.



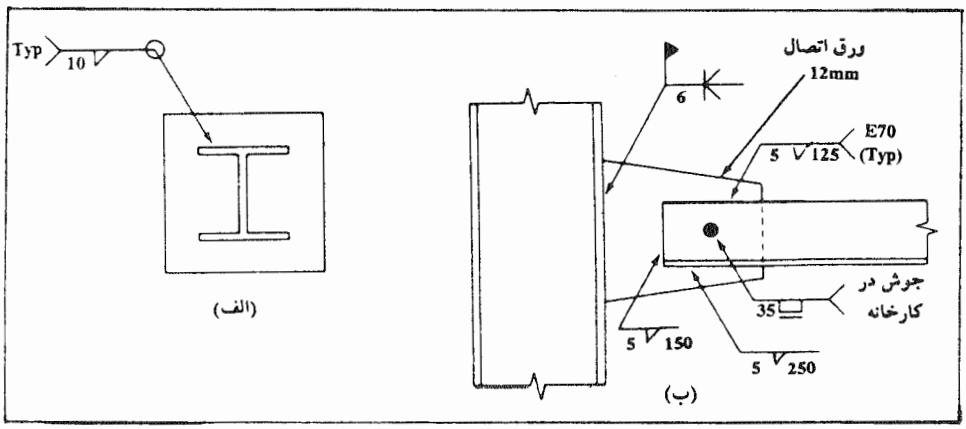
تذکر:

- *اندازه، علامت، طول جوش و فاصله تکه‌های آن باید به‌همین ترتیب از چپ به‌راست روی خط مشخصات نوشته شود و جهت خط مشخصات یا محل پیکان تغییری دراین قاعده ایجاد نمی‌کند.*
- *ساق قائم جوشهای ⌐، ⌐، ⌐ باید در طرف چپ قرارگیرد.*
- *جوشهای طرف نشانه پیکان و طرف دیگر دارای یک اندازه می‌باشند، مگراینکه خلاف آن ذکر شده باشد.*

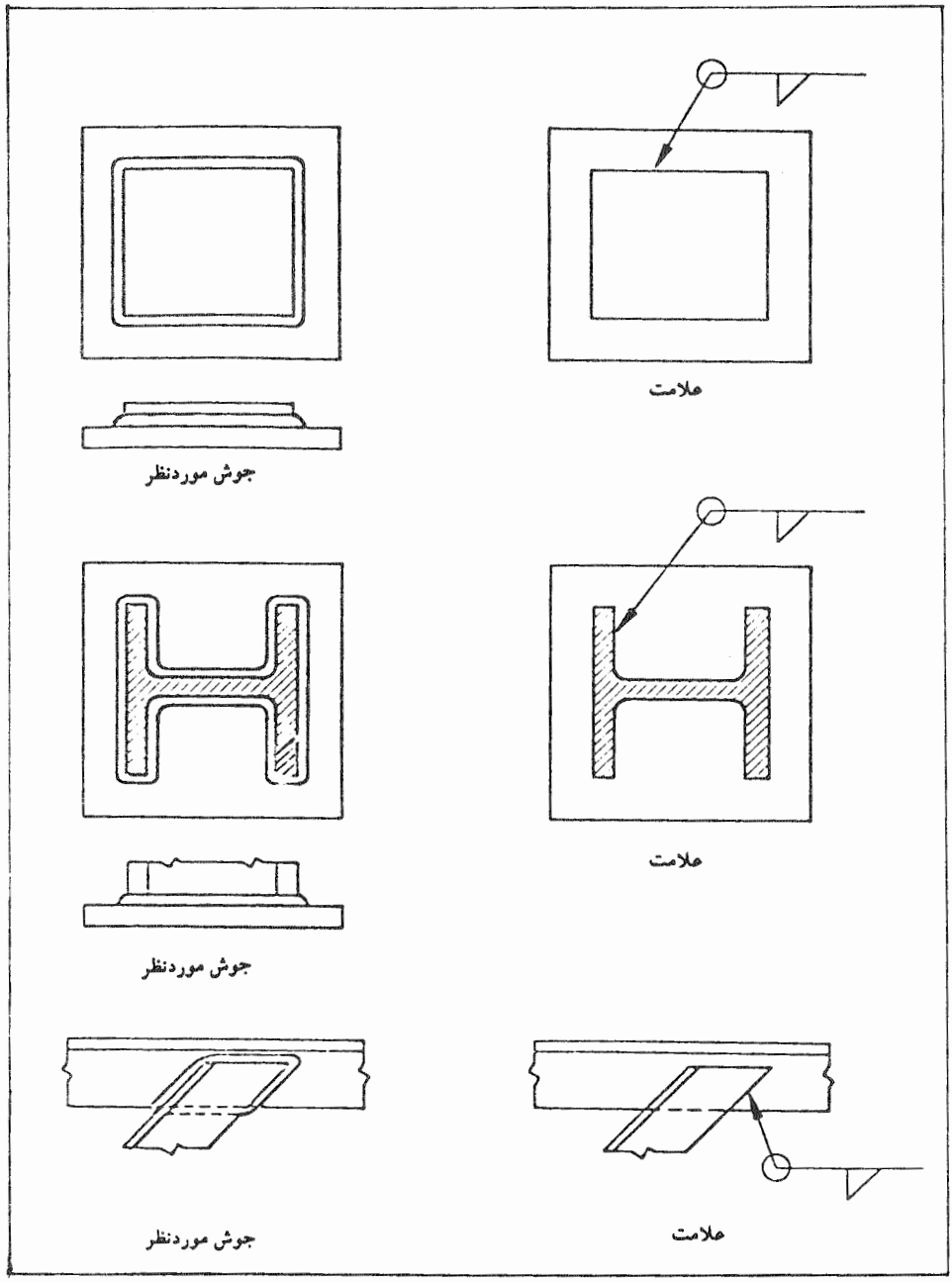
شکل ۱ـ۸ ـ پیکان جوش



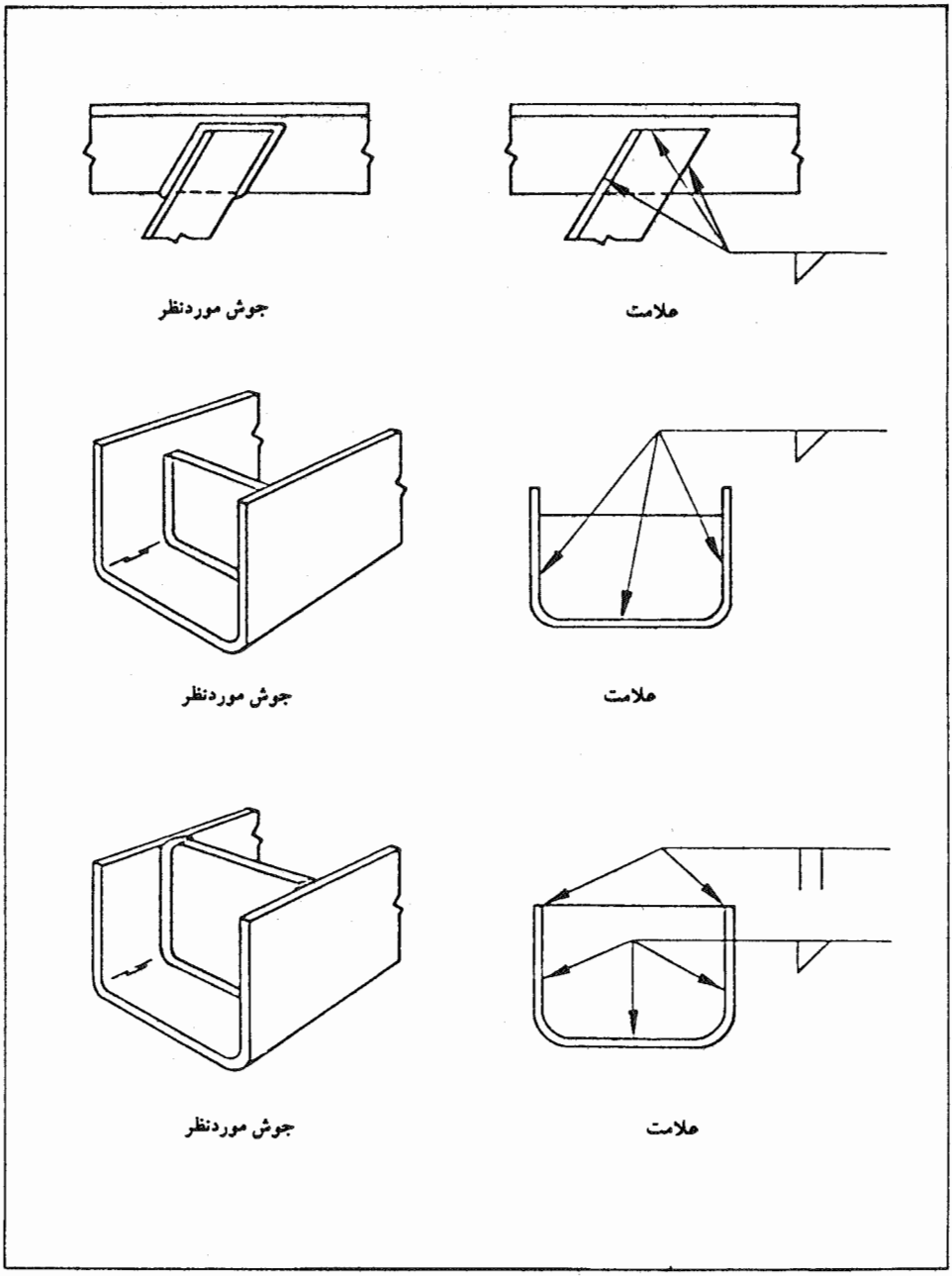
شکل ۱ـ۹



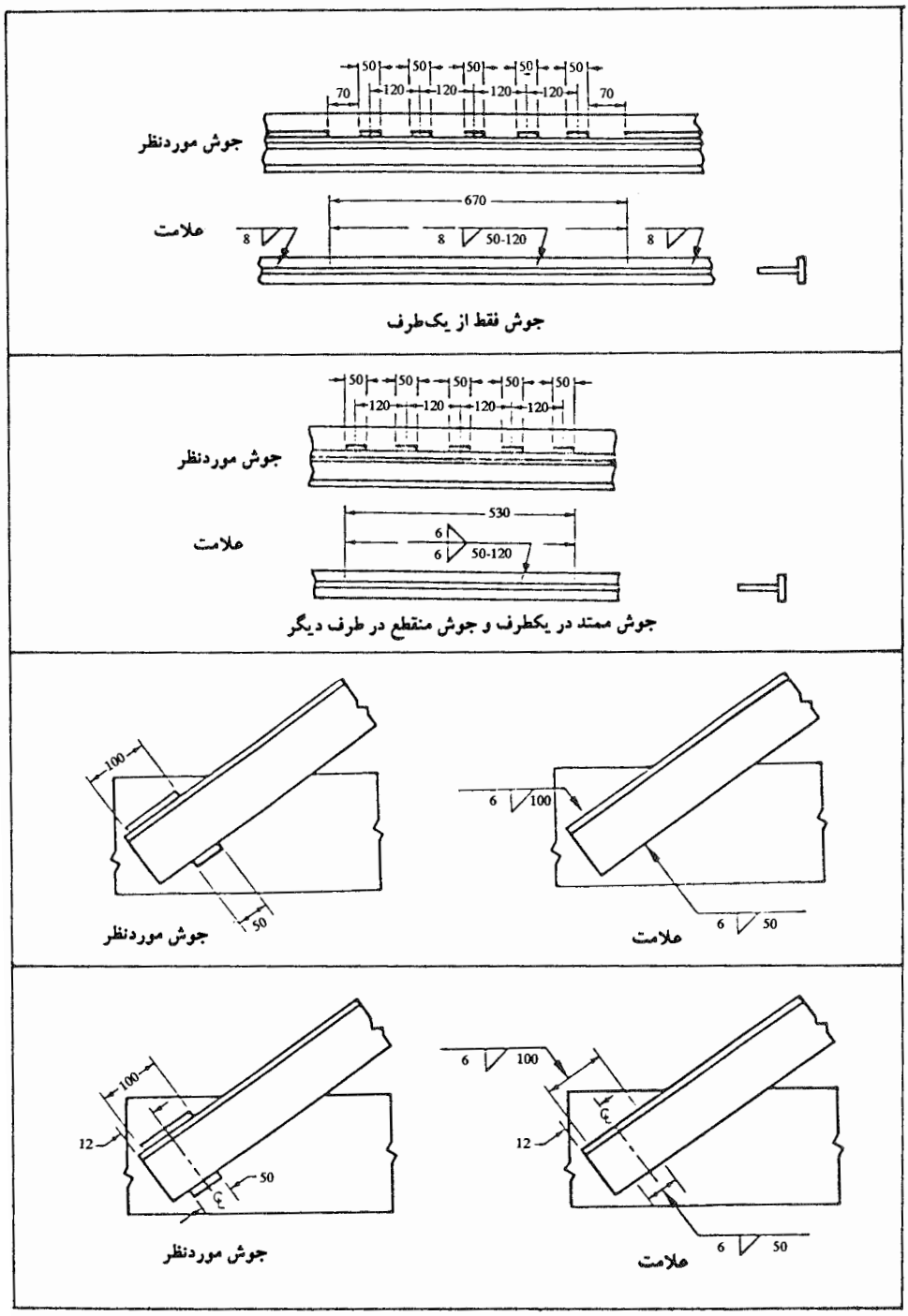
شکل ۱ـ۱۰



شکل ۱-۱۱- مثالهایی از شکل جوش اصلی و نمایش آن به کمک علامت



شکل ۱ـ۱۱ـ دنباله



شکل ۱ـ۱۱ـ دنباله

در شکل ۱-۱۱ نیز مثالهای متعددی از شکل جوش اصلی و طریقه نمایش آن به‌کمک علامت ارائه شده است.

۱ـ۷ـ الکترود جوشکاری

هر نوع الکترود برای وضعیت خاصی از جوشکاری مناسب است. به‌همین علت برای هر شرایط جوشکاری باید الکترود سازگار با آن شرایط انتخاب گردد.

این سازگاری باید هم از دیدگاه مقاومت و هم از نظر نوع روکش، و هم قطر الکترود مورد بررسی قرار گیرد. کتاب‌های راهنمای جوشکاری می‌توانند برای انتخاب الکترود مناسب مورد استفاده قرار گیرند.

به‌عنوان یک اصل عمومی می‌توان گفت اغلب فولادهای نرم ساختمانی باید با الکترودی جوشکاری شوند که مقاومت کششی نهایی فولاد میله آن حدود ۴۲۰۰ کیلوگرم بر سانتیمترمربع باشد. به‌این نوع الکترود مطابق استانداردهای AWS الکترود E60xx اطلاق می‌گردد. البته شرایط روکش الکترود در کیفیت جوش به‌دست آمده تأثیر به‌سزایی دارد. لذا در مورد عملی حتماً باید به دو رقم دیگری که پس از عدد ۶۰ در نام الکترود ذکر می‌گردد توجه نمود و معنای آنها را مورد تفسیر و تدقیق قرار داد.

۱ـ۸ـ تنشهای مجاز

تنشهای مجاز کلیهٔ اتصالات عرضه شده در این راهنما از مبحث ۱۰ مقررات ملی ساختمانی ایران «طرح و اجرای ساختمانهای فولادی» انتخاب شده است. به‌عنوان مثال ارزش جوش گوشه معادل مقدار زیر انتخاب شده است:

الکترود = E60

F_u = 4200 kg/cm^2

تنش برشی مجاز در گلوگاه = $0.75\times0.3\times4200=945$ kg/cm^2

۰/۷۵ ضریب کاهش برای بازدید چشمی می‌باشد.

ارزش جوش = $945(\cos45)D\#650D$

که همان عدد آشنای طراحان سازه‌های فولادی است.

۱ـ۹ـ حداقل اندازهٔ جوش

حداقل بعد جوش گوشه باید طبق جدول ۱ـ۱ تعیین شود. حداقل بعد جوش تابع قطعه ضخیمتر می‌باشد، ضمناً نباید از ضخامت قطعه نازکتر تجاوز کند.

ضخامت قطعه ضخیمتر	حداقل بعد جوش گوشه
تا ۷ میلیمتر	۳ میلیمتر
۷ تا ۱۲ میلیمتر	۵ میلیمتر
۱۲ تا ۲۰ میلیمتر	۷ میلیمتر
بیش از ۲۰ میلیمتر	۸ میلیمتر

جدول ۱ـ۱

فصل ۲

واکنش تکیه‌گاهی تیرهای ساده

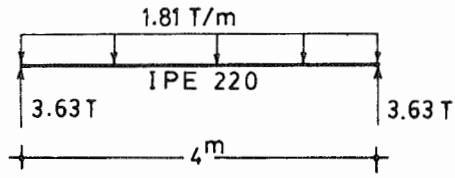
در این فصل واکنشهای تکیه‌گاهی تیرهای ساده برای دهانه‌های مختلف که تحت بارگستردهٔ یکنواخت نظیر مقاومت خمشی مجاز آنها قرار دارند، ارائه می‌شود. جداول برای نیمرخهای IPE، INP، CIPE (IPE لانه زنبوری)، UNP، 2IPE، 2INP، 2CIPE و 2UNP تنظیم شده‌اند. در هر چشمه جدول ۲ عدد وجود دارد که عدد فوقانی نشان‌دهندهٔ واکنش تکیه‌گاهی و عدد پایینی نشان‌دهندهٔ شدت بارگسترده نظیر ظرفیت خمشی مجاز تیر است.

مثال:

حداکثر نیروی برشی نظیر ظرفیت خمشی نیمرخ IPE220 را در دهانهٔ ۴ متر تعیین نمایید.

حل:

در جدول ۲ـ۱، در محل تقاطع ردیف IPE220 با ستون دهانهٔ ۴ متر، عدد ۳/۶۳ تن به‌عنوان واکنش تکیه‌گاهی و عدد ۱/۸۱ تن بر متر به‌عنوان شدت بارگستردهٔ یکنواخت نظیر مقاومت خمشی مجاز قرائت می‌شود (شکل ۲ـ۱).



شکل ۲ـ۱

جدول ۲-۱- واکنش تیر ساده نظیر مقاومت خمشی برای نیمرخ تک IPE $(F_b = 1440 kg/cm^2)$

V(ton) q(ton/m)	دهانه (متر)													
PROFILE NO.	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
IPE 80	2.30 9.2	1.15 2.30	0.77 1.02	0.58 0.58	0.46 0.37									
IPE 100	3.94 15.7	1.97 3.94	1.31 1.75	0.98 0.98	0.79 0.63	0.66 0.44								
IPE 120	5.07 20.3	3.05 6.11	2.04 2.71	1.53 1.53	1.22 0.98	1.02 0.68	0.87 0.50							
IPE 140	6.32 25.3	4.45 8.90	2.97 3.96	2.23 2.23	1.78 1.42	1.48 0.99	1.27 0.73	1.11 0.56						
IPE 160	7.68 30.7	6.28 12.56	4.19 5.58	3.14 3.14	2.51 2.01	2.09 1.40	1.79 1.03	1.57 0.78	1.40 0.62	1.26 0.50				
IPE 180	9.16 36.6	8.41 16.82	5.61 7.48	4.20 4.20	3.36 2.69	2.80 1.87	2.40 1.37	2.10 1.05	1.87 0.83	1.68 0.67	1.53 0.56			
IPE 200		10.75 21.50	7.45 9.93	5.59 5.59	4.47 3.58	3.72 2.48	3.19 1.82	2.79 1.40	2.48 1.10	2.23 0.89	2.03 0.74	1.86 0.62		
IPE 220		12.46 24.92	9.68 12.90	7.26 7.26	5.81 4.64	4.84 3.23	4.15 2.37	3.63 1.81	3.23 1.43	2.90 1.16	2.64 0.96	2.42 0.81	2.23 0.69	
IPE 240		14.28 28.57	12.44 16.59	9.33 9.33	7.46 5.97	6.22 4.15	5.33 3.05	4.67 2.33	4.15 1.84	3.73 1.49	3.39 1.23	3.11 1.04	2.87 0.88	2.67 0.76
IPE 270		17.11 34.21	16.47 21.96	12.36 12.36	9.88 7.91	8.24 5.49	7.06 4.03	6.18 3.09	5.49 2.44	4.94 1.98	4.49 1.63	4.12 1.37	3.80 1.17	3.53 1.01
IPE 300			20.45 27.26	16.04 16.04	12.83 10.27	10.69 7.13	9.17 5.24	8.02 4.01	7.13 3.17	6.42 2.57	5.83 2.12	5.35 1.78	4.94 1.52	4.58 1.31
IPE 330			23.76 31.68	20.53 20.53	16.43 13.14	13.69 9.13	11.73 6.71	10.27 5.13	9.13 4.06	8.21 3.29	7.47 2.72	6.84 2.28	6.32 1.94	5.87 1.68
IPE 360			27.65 36.86	26.04 26.04	20.83 16.66	17.36 11.57	14.88 8.50	13.02 6.51	11.57 5.14	10.41 4.17	9.47 3.44	8.68 2.89	8.01 2.46	7.44 2.13
IPE 400				33.02 33.02	26.73 21.38	22.27 14.85	19.09 10.91	16.70 8.35	14.85 6.60	13.36 5.35	12.15 4.42	11.14 3.71	10.28 3.16	9.55 2.73

جدول ۲-۲-واکنش تیر ساده نظیر مقاومت خمشی برای نیمرخ تک $INP(F_b=1440\ kg/cm^2)$

V(ton) q(ton/m)	دهانه (متر)													
PROFILE NO.	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
INP 80	2.25 8.99	1.12 2.25	0.75 1.00	0.56 0.56	0.45 0.36									
INP 100	3.94 15.76	1.97 3.94	1.31 1.75	0.98 0.98	0.79 0.63	0.66 0.44								
INP 120	5.88 23.50	3.15 6.30	2.10 2.80	1.58 1.58	1.26 1.01	1.05 0.70	0.90 0.51							
INP 140	7.66 30.64	4.72 9.43	3.14 4.19	2.36 2.36	1.89 1.51	1.57 1.05	1.35 0.77	1.18 0.59						
INP 160	9.68 38.71	6.74 13.48	4.49 5.99	3.37 3.37	2.70 2.16	2.25 1.50	1.93 1.10	1.68 0.84	1.50 0.67	1.35 0.54				
INP 180	11.92 47.69	9.27 18.55	6.18 8.24	4.64 4.64	3.71 2.97	3.09 2.06	2.65 1.51	2.32 1.16	2.06 0.92	1.85 0.74	1.69 0.61			
INP 200	14.40 57.60	12.33 24.65	8.22 10.96	6.16 6.16	4.93 3.94	4.11 2.74	3.52 2.01	3.08 1.54	2.74 1.22	2.47 0.99	2.24 0.81	2.05 0.68		
INP 220	17.11 68.43	16.01 32.03	10.68 14.23	8.01 8.01	6.41 5.12	5.34 3.56	4.58 2.61	4.00 2.00	3.56 1.58	3.20 1.28	2.91 1.06	2.67 0.89	2.46 0.76	
INP 240		20.04 40.09	13.59 18.12	10.20 10.20	8.16 6.52	6.80 4.53	5.83 3.33	5.10 2.55	4.53 2.01	4.08 1.63	3.71 1.35	3.40 1.13	3.14 0.97	2.91 0.83
INP 260		23.46 46.92	16.97 22.63	12.73 12.73	10.18 8.15	8.49 5.66	7.27 4.16	6.36 3.18	5.66 2.51	5.09 2.04	4.63 1.68	4.24 1.41	3.92 1.21	3.64 1.04
INP 280		27.15 54.30	20.81 27.75	15.61 15.61	12.49 9.99	10.41 6.94	8.92 5.10	7.80 3.90	6.94 3.08	6.24 2.50	5.68 2.06	5.20 1.73	4.80 1.48	4.46 1.27
INP 300		31.10 62.21	25.08 33.43	18.81 18.81	15.05 12.04	12.54 8.36	10.75 6.14	9.40 4.70	8.36 3.71	7.52 3.01	6.84 2.49	6.27 2.09	5.79 1.78	5.37 1.54
INP 320		35.33 70.66	30.03 40.04	22.52 22.52	18.02 14.41	15.01 10.01	12.87 7.35	11.26 5.63	10.01 4.45	9.01 3.60	8.19 2.98	7.51 2.50	6.93 2.13	6.43 1.84
INP 340		39.82 79.64	35.44 47.26	26.58 26.58	21.27 17.01	17.72 11.81	15.19 8.68	13.29 6.65	11.81 5.25	10.63 4.25	9.67 3.52	8.86 2.95	8.18 2.52	7.59 2.17
INP 360		44.93 89.86	41.86 55.81	31.39 31.39	25.11 20.09	20.93 13.95	17.94 10.25	15.70 7.85	13.95 6.20	12.56 5.02	11.42 4.15	10.46 3.49	9.66 2.97	8.97 2.56
INP 380		49.98 99.96	48.38 64.51	36.29 36.29	29.03 23.22	24.19 16.13	20.74 11.85	18.14 9.07	16.13 7.17	14.52 5.81	13.20 4.80	12.10 4.03	11.17 3.44	10.37 2.96
INP 400			55.30 73.73	42.05 42.05	33.64 26.91	28.03 18.69	24.03 13.73	21.02 10.51	18.69 8.31	16.82 6.73	15.29 5.56	14.02 4.67	12.94 3.98	12.01 3.43

جدول ۲-۳- واکنش تیر ساده نظیر مقاومت خمشی برای نیمرخ تک لانه‌زنبوری CIPE (F_b=1440 kg/cm^2)

V(ton) q(ton/m)	دهانه (متر)										
PROFILE NO.	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
CIPE 140	3.46	2.76	2.30	1.97	1.73	1.54	1.38	1.26	1.15	1.06	
	3.46	2.21	1.54	1.13	0.86	0.68	0.55	0.46	0.38	0.33	
CIPE 160	4.87	3.89	3.24	2.78	2.43	2.16	1.95	1.77	1.62	1.50	1.39
	4.87	3.12	2.16	1.59	1.22	0.96	0.78	0.64	0.54	0.46	0.40
CIPE 180	6.54	5.23	4.36	3.74	3.27	2.91	2.62	2.38	2.18	2.01	1.87
	6.54	4.18	2.91	2.13	1.63	1.29	1.05	0.86	0.73	0.62	0.53
CIPE 200	8.67	6.94	5.78	4.95	4.33	3.85	3.47	3.15	2.89	2.67	2.48
	8.67	5.55	3.85	2.83	2.17	1.71	1.39	1.15	0.96	0.82	0.71
CIPE 220	11.29	9.03	7.53	6.45	5.64	5.02	4.52	4.11	3.76	3.47	3.23
	11.29	7.23	5.02	3.69	2.82	2.23	1.81	1.49	1.25	1.07	0.92
CIPE 240	14.49	11.59	9.66	8.28	7.24	6.44	5.79	5.27	4.83	4.46	4.14
	14.49	9.27	6.44	4.73	3.62	2.86	2.32	1.92	1.61	1.37	1.18
CIPE 270	19.15	15.32	12.77	10.94	9.58	8.51	7.66	6.96	6.38	5.89	5.47
	19.15	12.26	8.51	6.25	4.79	3.78	3.06	2.53	2.13	1.81	1.56
CIPE 300	24.83	19.86	16.55	14.19	12.41	11.03	9.93	9.03	8.28	7.64	7.09
	24.83	15.89	11.03	8.11	6.21	4.90	3.97	3.28	2.76	2.35	2.03

* فرض شده است که در هر طرف تکیه‌گاه از بر ستون، حداقل دو سوراخ توسط ورقی هم‌ضخامت با جان پر شده است.

جدول ۲-۴- واکنش تیر ساده نظیر مقاومت خمشی برای نیمرخ تک UNP (F_b=1440kg/cm^2)

V(ton) q(ton/m)	دهانه (متر)													
PROFILE NO.	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
UNP 80	3.05 12.2	1.53 3.1	1.02 1.36	0.76 0.76	0.61 0.49									
UNP 100	4.75 19.0	2.37 4.7	1.58 2.11	1.19 1.19	0.95 0.76	0.79 0.53								
UNP 120	6.99 28.0	3.50 7.0	2.33 3.11	1.75 1.75	1.40 1.12	1.17 0.78	1.00 0.57							
UNP 140	9.41 37.6	4.98 10.0	3.32 4.42	2.49 2.49	1.99 1.59	1.66 1.11	1.42 0.81	1.24 0.62						
UNP 160	11.52 46.1	6.68 13.4	4.45 5.94	3.34 3.34	2.67 2.14	2.23 1.48	1.91 1.09	1.67 0.84	1.48 0.66	1.34 0.53				
UNP 180	13.82 55.3	8.64 17.3	5.76 7.68	4.32 4.32	3.46 2.76	2.88 1.92	2.47 1.41	2.16 1.08	1.92 0.85	1.73 0.69	1.57 0.57			
UNP 200	16.32 65.3	11.00 22.0	7.33 9.78	5.50 5.50	4.40 3.52	3.67 2.44	3.14 1.80	2.75 1.38	2.44 1.09	2.20 0.88	2.00 0.73	1.83 0.61		
UNP 220	19.01 76.0	14.11 28.2	9.41 12.54	7.06 7.06	5.64 4.52	4.70 3.14	4.03 2.30	3.53 1.76	3.14 1.39	2.82 1.13	2.57 0.93	2.35 0.78	2.17 0.67	
UNP 240	21.89 87.6	17.28 34.6	11.52 15.36	8.64 8.64	6.91 5.53	5.76 3.84	4.94 2.82	4.32 2.16	3.84 1.71	3.46 1.38	3.14 1.14	2.88 0.96	2.66 0.82	2.47 0.71
UNP 260	24.96 99.8	21.37 42.7	14.25 19.00	10.68 10.68	8.55 6.84	7.12 4.75	6.11 3.49	5.34 2.67	4.75 2.11	4.27 1.71	3.89 1.41	3.56 1.19	3.29 1.01	3.05 0.87
UNP 280	26.88 107.5	25.80 51.6	17.20 22.94	12.90 12.90	10.32 8.26	8.60 5.73	7.37 4.21	6.45 3.23	5.73 2.55	5.16 2.06	4.69 1.71	4.30 1.43	3.97 1.22	3.69 1.05
UNP 300		28.80 57.6	20.54 27.39	15.41 15.41	12.33 9.86	10.27 6.85	8.80 5.03	7.70 3.85	6.85 3.04	6.16 2.47	5.60 2.04	5.14 1.71	4.74 1.46	4.40 1.26
UNP 320	43.01 172.0	39.11 78.2	26.07 34.76	19.56 19.56	15.64 12.52	13.04 8.69	11.17 6.39	9.78 4.89	8.69 3.86	7.82 3.13	7.11 2.59	6.52 2.17	6.02 1.85	5.59 1.60
UNP 350	47.04 188.2	42.28 84.6	28.19 37.58	21.14 21.14	16.91 13.53	14.09 9.40	12.08 6.90	10.57 5.28	9.40 4.18	8.46 3.38	7.69 2.80	7.05 2.35	6.50 2.00	6.04 1.73
UNP 380	49.25 197.0	47.75 95.5	31.83 42.44	23.88 23.88	19.10 15.28	15.92 10.61	13.64 7.80	11.94 5.97	10.61 4.72	9.55 3.82	8.68 3.16	7.96 2.65	7.35 2.26	6.82 1.95
UNP 400		53.76 107.5	39.17 52.22	29.38 29.38	23.50 18.80	19.58 13.06	16.79 9.59	14.69 7.34	13.06 5.80	11.75 4.70	10.68 3.88	9.79 3.26	9.04 2.78	8.39 2.40

جدول ۲ـ۵ ـ واکنش تیر ساده نظیر مقاومت خمشی برای نیمرخ زوج $2IPE$ $(F_b=1440kg/cm^2)$

V(ton) q(ton/m)	دهانه (متر)													
PROFILE NO.	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
2IPE 80	4.61 18.4	2.30 4.6	1.54 2.05	1.15 1.15	0.92 0.74									
2IPE 100	7.87 31.5	3.94 7.9	2.63 3.50	1.97 1.97	1.58 1.26	1.31 0.88								
2IPE 120	10.14 40.6	6.11 12.2	4.07 5.43	3.05 3.05	2.44 1.95	2.04 1.36	1.74 1.00							
2IPE 140	12.63 50.5	8.90 17.8	5.94 7.92	4.45 4.45	3.56 2.85	2.97 1.98	2.54 1.45	2.23 1.11						
2IPE 160	15.36 61.4	12.56 25.1	8.37 11.16	6.28 6.28	5.02 4.02	4.19 2.79	3.59 2.05	3.14 1.57	2.79 1.24	2.51 1.00				
2IPE 180	18.32 73.3	16.82 33.6	11.21 14.95	8.41 8.41	6.73 5.38	5.61 3.74	4.81 2.75	4.20 2.10	3.74 1.66	3.36 1.35	3.06 1.11			
2IPE 200		21.50 43.0	14.90 19.87	11.17 11.17	8.94 7.15	7.45 4.97	6.39 3.65	5.59 2.79	4.97 2.21	4.47 1.79	4.06 1.48	3.72 1.24		
2IPE 220		24.92 49.8	19.35 25.80	14.52 14.52	11.61 9.29	9.68 6.45	8.29 4.74	7.26 3.63	6.45 2.87	5.81 2.32	5.28 1.92	4.84 1.61	4.47 1.37	
2IPE 240		28.57 57.1	24.88 33.18	18.66 18.66	14.93 11.94	12.44 8.29	10.66 6.09	9.33 4.67	8.29 3.69	7.46 2.99	6.79 2.47	6.22 2.07	5.74 1.77	5.33 1.52
2IPE 270		34.21 68.4	32.95 43.93	24.71 24.71	19.77 15.81	16.47 10.98	14.12 8.07	12.36 6.18	10.98 4.88	9.88 3.95	8.99 3.27	8.24 2.75	7.60 2.34	7.06 2.02
2IPE 300			40.90 54.53	32.08 32.08	25.67 20.53	21.39 14.26	18.33 10.48	16.04 8.02	14.26 6.34	12.83 5.13	11.67 4.24	10.69 3.56	9.87 3.04	9.17 2.62
2IPE 330			47.52 63.36	41.07 41.07	32.86 26.28	27.38 18.25	23.47 13.41	20.53 10.27	18.25 8.11	16.43 6.57	14.93 5.43	13.69 4.56	12.64 3.89	11.73 3.35
2IPE 360			55.30 73.73	52.07 52.07	41.66 33.33	34.71 23.14	29.75 17.00	26.04 13.02	23.14 10.29	20.83 8.33	18.93 6.89	17.36 5.79	16.02 4.93	14.88 4.25
2IPE 400				66.05 66.05	53.45 42.76	44.54 29.70	38.18 21.82	33.41 16.70	29.70 13.20	26.73 10.69	24.30 8.84	22.27 7.42	20.56 6.33	19.09 5.45

جدول ۲-۶- واکنش تیر ساده نظیر مقاومت خمشی برای نیمرخ زوج $(F_b=1440\ kg/cm^2)$2INP

V(ton) q(ton/m)	دهانه (متر)													
PROFILE NO.	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
2INP 80	4.49 17.97	2.25 4.49	1.50 2.00	1.12 1.12	0.90 0.72									
2INP 100	7.88 31.52	3.94 7.88	2.63 3.50	1.97 1.97	1.58 1.26	1.31 0.88								
2INP 120	11.75 47.00	6.30 12.60	4.20 5.60	3.15 3.15	2.52 2.02	2.10 1.40	1.80 1.03							
2INP 140	15.32 61.29	9.43 18.87	6.29 8.39	4.72 4.72	3.77 3.02	3.14 2.10	2.70 1.54	2.36 1.18						
2INP 160	19.35 77.41	13.48 26.96	8.99 11.98	6.74 6.74	5.39 4.31	4.49 3.00	3.85 2.20	3.37 1.68	3.00 1.33	2.70 1.08				
2INP 180	23.85 95.39	18.55 37.09	12.36 16.49	9.27 9.27	7.42 5.94	6.18 4.12	5.30 3.03	4.64 2.32	4.12 1.83	3.71 1.48	3.37 1.23			
2INP 200	28.80 115.2	24.65 49.31	16.44 21.91	12.33 12.33	9.86 7.89	8.22 5.48	7.04 4.02	6.16 3.08	5.48 2.43	4.93 1.97	4.48 1.63	4.11 1.37		
2INP 220	34.21 136.8	32.03 64.05	21.35 28.47	16.01 16.01	12.81 10.25	10.68 7.12	9.15 5.23	8.01 4.00	7.12 3.16	6.41 2.56	5.82 2.12	5.34 1.78	4.93 1.52	
2INP 240		40.09 80.18	27.19 36.25	20.39 20.39	16.31 13.05	13.59 9.06	11.65 6.66	10.20 5.10	9.06 4.03	8.16 3.26	7.41 2.70	6.80 2.27	6.27 1.93	5.83 1.66
2INP 260		46.92 93.85	33.95 45.26	25.46 25.46	20.37 16.29	16.97 11.32	14.55 8.31	12.73 6.36	11.32 5.03	10.18 4.07	9.26 3.37	8.49 2.83	7.83 2.41	7.27 2.08
2INP 280		54.30 108.6	41.63 55.50	31.22 31.22	24.98 19.98	20.81 13.88	17.84 10.19	15.61 7.80	13.88 6.17	12.49 5.00	11.35 4.13	10.41 3.47	9.61 2.96	8.92 2.55
2INP 300		62.21 124.4	50.15 66.87	37.61 37.61	30.09 24.07	25.08 16.72	21.49 12.28	18.81 9.40	16.72 7.43	15.05 6.02	13.68 4.97	12.54 4.18	11.57 3.56	10.75 3.07
2INP 320		70.66 141.3	60.06 80.08	45.04 45.04	36.03 28.83	30.03 20.02	25.74 14.71	22.52 11.26	20.02 8.90	18.02 7.21	16.38 5.96	15.01 5.00	13.86 4.26	12.87 3.68
2INP 340		79.64 159.2	70.89 94.52	53.16 53.16	42.53 34.03	35.44 23.63	30.38 17.36	26.58 13.29	23.63 10.50	21.27 8.51	19.33 7.03	17.72 5.91	16.36 5.03	15.19 4.34
2INP 360		89.86 179.7	83.71 111.6	62.78 62.78	50.23 40.18	41.86 27.90	35.88 20.50	31.39 15.70	27.90 12.40	25.11 10.05	22.83 8.30	20.93 6.98	19.32 5.94	17.94 5.13
2INP 380		99.96 199.9	96.77 129.0	72.58 72.58	58.06 46.45	48.38 32.26	41.47 23.70	36.29 18.14	32.26 14.34	29.03 11.61	26.39 9.60	24.19 8.06	22.33 6.87	20.74 5.92
2INP 400			110.5 147.4	84.10 84.10	67.28 53.82	56.06 37.38	48.05 27.46	42.05 21.02	37.38 16.61	33.64 13.46	30.58 11.12	28.03 9.34	25.88 7.96	24.03 6.86

جدول ۲-۷- واکنش تیر ساده نظیر مقاومت خمشی برای نیمرخ زوج لانه‌زنبوری $2CIPE\ (F_b=1440\ kg/cm^2)$

V(ton) q(ton/m)	دهانه (متر)										
PROFILE NO.	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
2CIPE140	6.91 6.91	5.53 4.42	4.61 3.07	3.95 2.26	3.46 1.73	3.07 1.37	2.76 1.11	2.51 0.91	2.30 0.77	2.13 0.65	
2CIPE160	9.73 9.73	7.79 6.23	6.49 4.33	5.56 3.18	4.87 2.43	4.33 1.92	3.89 1.56	3.54 1.29	3.24 1.08	3.00 0.92	2.78 0.79
2CIPE180	13.08 13.08	10.46 8.37	8.72 5.81	7.47 4.27	6.54 3.27	5.81 2.58	5.23 2.09	4.75 1.73	4.36 1.45	4.02 1.24	3.74 1.07
2CIPE200	17.34 17.34	13.87 11.10	11.56 7.71	9.91 5.66	8.67 4.33	7.71 3.42	6.94 2.77	6.30 2.29	5.78 1.93	5.33 1.64	4.95 1.42
2CIPE220	22.58 22.58	18.06 14.45	15.05 10.04	12.90 7.37	11.29 5.64	10.04 4.46	9.03 3.61	8.21 2.99	7.53 2.51	6.95 2.14	6.45 1.84
2CIPE240	28.97 28.97	23.18 18.54	19.32 12.88	16.56 9.46	14.49 7.24	12.88 5.72	11.59 4.64	10.54 3.83	9.66 3.22	8.91 2.74	8.28 2.37
2CIPE270	38.30 38.30	30.64 24.51	25.54 17.02	21.89 12.51	19.15 9.58	17.02 7.57	15.32 6.13	13.93 5.06	12.77 4.26	11.79 3.63	10.94 3.13
2CIPE300	49.65 49.65	39.72 31.78	33.10 22.07	28.37 16.21	24.83 12.41	22.07 9.81	19.86 7.94	18.05 6.57	16.55 5.52	15.28 4.70	14.19 4.05

* فرض شده است که در هر طرف تکیه‌گاه از بر ستون، حداقل دو سوراخ توسط ورقی هم‌ضخامت با جان پر شده است.

جدول ۲ـ۸ ـ واکنش تیر ساده نظیر مقاومت خمشی برای نیمرخ زوج $2UNP$ $(F_b=1440kg/cm^2)$

V(ton) q(ton/m)	دهانه (متر)													
PROFILE NO.	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
2UNP 80	6.1 24.4	3.1 6.1	2.04 2.7	1.53 1.53	1.22 0.98									
2UNP 100	9.5 38.0	4.7 9.5	3.16 4.2	2.37 2.37	1.90 1.52	1.58 1.05								
2UNP 120	14.0 55.9	7.0 14.0	4.66 6.2	3.50 3.50	2.80 2.24	2.33 1.55	2.00 1.14							
2UNP 140	18.8 75.3	10.0 19.9	6.64 8.8	4.98 4.98	3.98 3.19	3.32 2.21	2.84 1.63	2.49 1.24						
2UNP 160	23.0 92.2	13.4 26.7	8.91 11.9	6.68 6.68	5.35 4.28	4.45 2.97	3.82 2.18	3.34 1.67	2.97 1.32	2.67 1.07				
2UNP 180	27.6 110.6	17.3 34.6	11.52 15.4	8.64 8.64	6.91 5.53	5.76 3.84	4.94 2.82	4.32 2.16	3.84 1.71	3.46 1.38	3.14 1.14			
2UNP 200	32.6 130.6	22.0 44.0	14.67 19.6	11.00 11.00	8.80 7.04	7.33 4.89	6.29 3.59	5.50 2.75	4.89 2.17	4.40 1.76	4.00 1.45	3.67 1.22		
2UNP 220	38.0 152.1	28.2 56.4	18.82 25.1	14.11 14.11	11.29 9.03	9.41 6.27	8.06 4.61	7.06 3.53	6.27 2.79	5.64 2.26	5.13 1.87	4.70 1.57	4.34 1.34	
2UNP 240	43.8 175.1	34.6 69.1	23.04 30.7	17.28 17.28	13.82 11.06	11.52 7.68	9.87 5.64	8.64 4.32	7.68 3.41	6.91 2.76	6.28 2.28	5.76 1.92	5.32 1.64	4.94 1.41
2UNP 260	49.9 199.7	42.7 85.5	28.49 38.0	21.37 21.37	17.10 13.68	14.25 9.50	12.21 6.98	10.68 5.34	9.50 4.22	8.55 3.42	7.77 2.83	7.12 2.37	6.58 2.02	6.11 1.74
2UNP 280	53.8 215.0	51.6 103.2	34.41 45.9	25.80 25.80	20.64 16.52	17.20 11.47	14.75 8.43	12.90 6.45	11.47 5.10	10.32 4.13	9.38 3.41	8.60 2.87	7.94 2.44	7.37 2.11
2UNP 300		57.6 115.2	41.09 54.8	30.82 30.82	24.65 19.72	20.54 13.70	17.61 10.06	15.41 7.70	13.70 6.09	12.33 4.93	11.21 4.07	10.27 3.42	9.48 2.92	8.80 2.52
2UNP 320	86.0 344.1	78.2 156.4	52.15 69.5	39.11 39.11	31.29 25.03	26.07 17.38	22.35 12.77	19.56 9.78	17.38 7.73	15.64 6.26	14.22 5.17	13.04 4.35	12.03 3.70	11.17 3.19
2UNP 350	94.1 376.3	84.6 169.1	56.37 75.2	42.28 42.28	33.82 27.06	28.19 18.79	24.16 13.81	21.14 10.57	18.79 8.35	16.91 6.76	15.37 5.59	14.09 4.70	13.01 4.00	12.08 3.45
2UNP 380	98.5 394.0	95.5 191.0	63.67 84.9	47.75 47.75	38.20 30.56	31.83 21.22	27.29 15.59	23.88 11.94	21.22 9.43	19.10 7.64	17.36 6.31	15.92 5.31	14.69 4.52	13.64 3.90
2UNP 400		107.5 215.0	78.34 104.4	58.75 58.75	47.00 37.60	39.17 26.11	33.57 19.18	29.38 14.69	26.11 11.61	23.50 9.40	21.36 7.77	19.58 6.53	18.08 5.56	16.79 4.80

فصل ۳

واکنشهای تکیه‌گاهی تیرهای دوسرگیردار

۳ـ۱ـ مقدمه

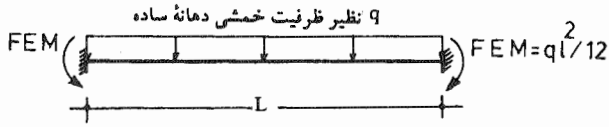
در این فصل واکنشهای تکیه‌گاهی تیرهای دوسرگیردار در دو حالت مختلف تعیین می‌شود:

الف: تیر دوسرگیردار تحت بار قائم

ب: تیر دوسرگیردار به‌عنوان عضوی از یک قاب خمشی که قاب تحت بار جانبی قرار دارد.

۳ـ۲ـ تیر دوسرگیردار تحت بار قائم

در جداول ۳ـ۱ تا ۳ـ۸ واکنشهای تکیه‌گاهی تیرهای دوسرگیردار برای دهانه‌های مختلف که تحت بار گستردهٔ یکنواخت نظیر مقاومت خمشی قرار دارند، ارائه می‌شود (شکل ۳ـ۱). جداول برای نیمرخهای IPE، INP، CIPE (IPE لانه زنبوری)، UNP، 2IPE، 2INP، 2CIPE و 2UNP تنظیم شده‌اند. در هر چشمه جدول ۲ عدد وجود دارد، که عدد فوقانی نشان‌دهندهٔ واکنش تکیه‌گاهی و عدد پایینی نشان‌دهندهٔ شدت بارگسترده نظیر مقاومت خمشی در حالت دوسرگیردار است. با در دست داشتن این جداول می‌توان تنها با داشتن دهانه و شماره تیر حداکثر نیروی برشی تکیه‌گاهی را که اتصال تیردوسرگیردار تحت بارهای قائم باید برای آن محاسبه شود به‌دست آورد.



شکل ۳ـ۱

مثال ۳ـ۱:

حداکثر نیروی برشی نظیر ظرفیت خمشی نیمرخ 2CIPE200 را برای دهانهٔ ۴/۵ متر تعیین نمایید.

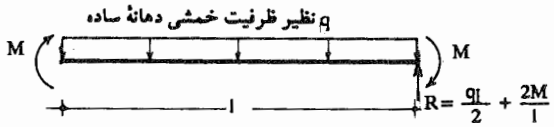
حل:

در جدول ۳ـ۷ در محل تقاطع ردیف 2CIPE200 با دهانهٔ ۴/۵ متر، عدد ۱۱/۵۶ تن به‌عنوان واکنش تکیه‌گاهی و عدد ۵/۱۴ تن بر متر به‌عنوان شدت بارگستردهٔ یکنواخت نظیر مقاومت خمشی تیر دوسرگیردار قرائت می‌شود.

۳ـ۳ـ تیر دوسرگیردار به‌عنوان عضوی از یک قاب خمشی تحت بار جانبی

در جداول ۳ـ۹ تا ۳ـ۱۴ واکنشهای تکیه‌گاهی تیرهای دوسرگیردار برای دهانه‌های مختلف که تحت بار گستردهٔ

یکنواخت نظیر مقاومت خمشی مجاز آنها در حالت دهانهٔ ساده (فصل ۲) به‌علاوهٔ دو لنگر هم‌جهت انتهایی به‌اندازهٔ ظرفیت خمشی مجاز قرار دارند، ارائه می‌شود (شکل ۳ـ۲). جداول برای نیمرخهای IPE، INP، CIPE (IPE لانه زنبوری)، UNP، 2IPE، 2INP، 2CIPE و 2UNP تنظیم شده‌اند. در هر چشمهٔ جدول ۲ عدد وجود دارد که عدد فوقانی نشان‌دهندهٔ واکنش تکیه‌گاهی و عدد پایینی نشان‌دهندهٔ شدت بار گسترده نظیر ظرفیت خمشی مجاز تیر در حالت دهانهٔ ساده است. تمام مفروضاتی که در فصل قبل در مورد تیرهای با دهانه ساده به‌کار گرفته شده بود اینجا نیز به‌کار رفته است.



$M=0.6F_yS$

S = اساس مقطع تیر

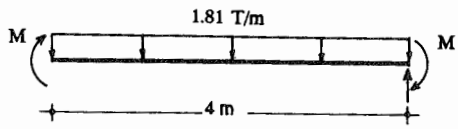
شکل ۳ـ۲

مثال ۲

حداکثر نیروی برشی نظیر ظرفیت خمشی نیمرخ IPE220 را در دهانهٔ ۴ متر که تحت دو لنگر هم‌جهت قرار دارد، تعیین نمایید.

حل:

در جدول ۳ـ۹، درمحل تقاطع ردیف IPE220 با ستون دهانهٔ ۴ متر، عدد ۵/۴۴ تن به‌عنوان واکنش تکیه‌گاهی و عدد ۱/۸۱ تن بر متر به‌عنوان شدت بار گستردهٔ یکنواخت نظیر مقاومت خمشی مجاز در دهانهٔ ساده قرائت می‌شود (شکل ۳ـ۳).



شکل ۳ـ۳

جدول ۳-۱-واکنش تیر دوسرگیردار، نظیر مقاومت خمشی برای نیمرخ تک IPE (F_b=1440 kg/cm²)

V (ton) q(ton/m)	دهانه (متر)													
PROFILE NO.	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
IPE 80	2.92 11.7	1.73 3.5	1.15 1.54	0.86 0.86	0.69 0.55									
IPE 100	3.94 15.7	2.95 5.9	1.97 2.63	1.48 1.48	1.18 0.95	0.98 0.66								
IPE 120	5.07 20.3	4.58 9.2	3.05 4.07	2.29 2.29	1.83 1.47	1.53 1.02	1.31 0.75							
IPE 140		6.32 12.6	4.45 5.94	3.34 3.34	2.67 2.14	2.23 1.48	1.91 1.09	1.67 0.83						
IPE 160		7.68 15.4	6.28 8.37	4.71 4.71	3.77 3.01	3.14 2.09	2.69 1.54	2.35 1.18	2.09 0.93	1.88 0.75				
IPE 180		9.16 18.3	8.41 11.21	6.31 6.31	5.05 4.04	4.20 2.80	3.60 2.06	3.15 1.58	2.80 1.25	2.52 1.01	2.29 0.83			
IPE 200			10.75 14.34	8.38 8.38	6.70 5.36	5.59 3.72	4.79 2.74	4.19 2.10	3.72 1.66	3.35 1.34	3.05 1.11	2.79 0.93		
IPE 220			12.46 16.61	10.89 10.89	8.71 6.97	7.26 4.84	6.22 3.55	5.44 2.72	4.84 2.15	4.35 1.74	3.96 1.44	3.63 1.21	3.35 1.03	
IPE 240			14.28 19.05	14.00 14.00	11.20 8.96	9.33 6.22	8.00 4.57	7.00 3.50	6.22 2.76	5.60 2.24	5.09 1.85	4.67 1.56	4.31 1.33	4.00 1.14
IPE 270				17.11 17.11	14.83 11.86	12.36 8.24	10.59 6.05	9.27 4.63	8.24 3.66	7.41 2.97	6.74 2.45	6.18 2.06	5.70 1.75	5.30 1.51
IPE 300				20.45 20.45	19.25 15.40	16.04 10.69	13.75 7.86	12.03 6.02	10.69 4.75	9.62 3.85	8.75 3.18	8.02 2.67	7.40 2.28	6.87 1.96
IPE 330					23.76 19.01	20.53 13.69	17.60 10.06	15.40 7.70	13.69 6.08	12.32 4.93	11.20 4.07	10.27 3.42	9.48 2.92	8.80 2.51
IPE 360					27.65 22.12	26.04 17.36	22.32 12.75	19.53 9.76	17.36 7.71	15.62 6.25	14.20 5.16	13.02 4.34	12.02 3.70	11.16 3.19
IPE 400						33.02 22.02	28.64 16.36	25.06 12.53	22.27 9.90	20.04 8.02	18.22 6.63	16.70 5.57	15.42 4.74	14.32 4.09

جدول ۳-۲- واکنش تیر دوسرگیردار، نظیر مقاومت خمشی برای نیمرخ تک INP (F_b=1440 kg/cm^2)

V(ton) q(ton/m)	دهانه (متر)													
PROFILE NO.	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
INP 80	3.00 11.98	1.68 3.37	1.12 1.50	0.84 0.84	0.67 0.54									
INP 100	4.32 17.28	2.95 5.91	1.97 2.63	1.48 1.48	1.18 0.95	0.98 0.66								
INP 120	5.88 23.50	4.73 9.45	3.15 4.20	2.36 2.36	1.89 1.51	1.58 1.05	1.35 0.77							
INP 140	7.66 30.64	7.08 14.15	4.72 6.29	3.54 3.54	2.83 2.26	2.36 1.57	2.02 1.16	1.77 0.88						
INP 160		9.68 19.35	6.74 8.99	5.05 5.05	4.04 3.23	3.37 2.25	2.89 1.65	2.53 1.26	2.25 1.00	2.02 0.81				
INP 180		11.92 23.85	9.27 12.36	6.96 6.96	5.56 4.45	4.64 3.09	3.97 2.27	3.48 1.74	3.09 1.37	2.78 1.11	2.53 0.92			
INP 200		14.40 28.80	12.33 16.44	9.24 9.24	7.40 5.92	6.16 4.11	5.28 3.02	4.62 2.31	4.11 1.83	3.70 1.48	3.36 1.22	3.08 1.03		
INP 220		17.11 34.21	16.01 21.35	12.01 12.01	9.61 7.69	8.01 5.34	6.86 3.92	6.00 3.00	5.34 2.37	4.80 1.92	4.37 1.59	4.00 1.33	3.70 1.14	
INP 240			20.04 26.73	15.29 15.29	12.23 9.79	10.20 6.80	8.74 4.99	7.65 3.82	6.80 3.02	6.12 2.45	5.56 2.02	5.10 1.70	4.71 1.45	4.37 1.25
INP 260			23.46 31.28	19.09 19.09	15.28 12.22	12.73 8.49	10.91 6.23	9.55 4.77	8.49 3.77	7.64 3.06	6.94 2.52	6.36 2.12	5.88 1.81	5.46 1.56
INP 280			27.15 36.20	23.41 23.41	18.73 14.99	15.61 10.41	13.38 7.65	11.71 5.85	10.41 4.63	9.37 3.75	8.51 3.10	7.80 2.60	7.20 2.22	6.69 1.91
INP 300			31.10 41.47	28.21 28.21	22.57 18.05	18.81 12.54	16.12 9.21	14.10 7.05	12.54 5.57	11.28 4.51	10.26 3.73	9.40 3.13	8.68 2.67	8.06 2.30
INP 320			35.33 47.10	33.78 33.78	27.03 21.62	22.52 15.01	19.30 11.03	16.89 8.45	15.01 6.67	13.51 5.41	12.28 4.47	11.26 3.75	10.39 3.20	9.65 2.76
INP 340				39.82 39.82	31.90 25.52	26.58 17.72	22.78 13.02	19.94 9.97	17.72 7.88	15.95 6.38	14.50 5.27	13.29 4.43	12.27 3.78	11.39 3.25
INP 360				44.93 44.93	37.67 30.14	31.39 20.93	26.91 15.38	23.54 11.77	20.93 9.30	18.84 7.53	17.12 6.22	15.70 5.23	14.49 4.46	13.45 3.84
INP 380				49.98 49.98	43.55 34.84	36.29 24.19	31.10 17.77	27.22 13.61	24.19 10.75	21.77 8.71	19.79 7.20	18.14 6.05	16.75 5.15	15.55 4.44
INP 400				55.30 55.30	50.46 40.37	42.05 28.03	36.04 20.59	31.54 15.77	28.03 12.46	25.23 10.09	22.94 8.34	21.02 7.01	19.41 5.97	18.02 5.15

جدول ۳-۳- واکنش تیر دوسرگیردار، نظیر مقاومت خمشی برای نیمرخ تک CIPE (F_b=1440 kg/cm²)

V(TON) q(ton/m)	دهانه (متر)										
PROFILE NO.	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
CIPE 140	5.18 5.18	4.15 3.32	3.46 2.30	2.96 1.69	2.59 1.30	2.30 1.02	2.07 0.83	1.89 0.69	1.73 0.58	1.60 0.49	
CIPE 160	7.30 7.30	5.84 4.67	4.87 3.24	4.17 2.38	3.65 1.83	3.24 1.44	2.92 1.17	2.65 0.97	2.43 0.81	2.25 0.69	2.09 0.60
CIPE 180	9.81 9.81	7.85 6.28	6.54 4.36	5.60 3.20	4.90 2.45	4.36 1.94	3.92 1.57	3.57 1.30	3.27 1.09	3.02 0.93	2.80 0.80
CIPE 200	13.00 13.00	10.40 8.32	8.67 5.78	7.43 4.25	6.50 3.25	5.78 2.57	5.20 2.08	4.73 1.72	4.33 1.44	4.00 1.23	3.72 1.06
CIPE 220	16.93 16.93	13.55 10.84	11.29 7.53	9.68 5.53	8.47 4.23	7.53 3.35	6.77 2.71	6.16 2.24	5.64 1.88	5.21 1.60	4.84 1.38
CIPE 240	21.43 21.43	17.38 13.91	14.49 9.66	12.42 7.10	10.86 5.43	9.66 4.29	8.69 3.48	7.90 2.87	7.24 2.41	6.69 2.06	6.21 1.77
CIPE 270	25.66 25.66	22.98 18.39	19.15 12.77	16.42 9.38	14.36 7.18	12.77 5.67	11.49 4.60	10.45 3.80	9.58 3.19	8.84 2.72	8.21 2.35
CIPE 300	30.67 30.67	29.79 23.83	24.83 16.55	21.28 12.16	18.62 9.31	16.55 7.36	14.90 5.96	13.54 4.92	12.41 4.14	11.46 3.53	10.64 3.04

* فرض شده است که در هر طرف تکیه‌گاه از بر ستون، حداقل دو سوراخ توسط ورقی هم‌ضخامت با جان پر شده است.

جدول ۳-۴- واکنش تیر دوسرگیردار، نظیر مقاومت خمشی برای نیمرخ ناودانی تک (F_b=1440 kg/cm²)

V (ton) q (ton/m)	دهانه (متر)													
PROFILE NO.	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
UNP 80	4.58 18.3	2.29 4.6	1.53 2.04	1.14 1.14	0.92 0.73									
UNP 100	5.76 23.0	3.56 7.1	2.37 3.16	1.78 1.78	1.42 1.14	1.19 0.79								
UNP 120	8.06 32.3	5.24 10.5	3.50 4.66	2.62 2.62	2.10 1.68	1.75 1.17	1.50 0.86							
UNP 140	9.41 37.6	7.46 14.9	4.98 6.64	3.73 3.73	2.99 2.39	2.49 1.66	2.13 1.22	1.87 0.93						
UNP 160	11.52 46.1	10.02 20.0	6.68 8.91	5.01 5.01	4.01 3.21	3.34 2.23	2.86 1.64	2.51 1.25	2.23 0.99	2.00 0.80				
UNP 180	13.82 55.3	12.96 25.9	8.64 11.52	6.48 6.48	5.18 4.15	4.32 2.88	3.70 2.12	3.24 1.62	2.88 1.28	2.59 1.04	2.36 0.86			
UNP 200		16.32 32.6	11.00 14.67	8.25 8.25	6.60 5.28	5.50 3.67	4.71 2.69	4.13 2.06	3.67 1.63	3.30 1.32	3.00 1.09	2.75 0.92		
UNP 220		19.01 38.0	14.11 18.82	10.58 10.58	8.47 6.77	7.06 4.70	6.05 3.46	5.29 2.65	4.70 2.09	4.23 1.69	3.85 1.40	3.53 1.18	3.26 1.00	
UNP 240		21.89 43.8	17.28 23.04	12.96 12.96	10.37 8.29	8.64 5.76	7.41 4.23	6.48 3.24	5.76 2.56	5.18 2.07	4.71 1.71	4.32 1.44	3.99 1.23	3.70 1.06
UNP 260		24.96 49.9	21.37 28.49	16.03 16.03	12.82 10.26	10.68 7.12	9.16 5.23	8.01 4.01	7.12 3.17	6.41 2.56	5.83 2.12	5.34 1.78	4.93 1.52	4.58 1.31
UNP 280		26.88 53.8	25.80 34.41	19.35 19.35	15.48 12.39	12.90 8.60	11.06 6.32	9.68 4.84	8.60 3.82	7.74 3.10	7.04 2.56	6.45 2.15	5.95 1.83	5.53 1.58
UNP 300			28.80 38.40	23.11 23.11	18.49 14.79	15.41 10.27	13.21 7.55	11.56 5.78	10.27 4.57	9.24 3.70	8.40 3.06	7.70 2.57	7.11 2.19	6.60 1.89
UNP 320			39.11 52.15	29.33 29.33	23.47 18.77	19.56 13.04	16.76 9.58	14.67 7.33	13.04 5.79	11.73 4.69	10.67 3.88	9.78 3.26	9.03 2.78	8.38 2.39
UNP 350			42.28 56.37	31.71 31.71	25.37 20.29	21.14 14.09	18.12 10.35	15.85 7.93	14.09 6.26	12.68 5.07	11.53 4.19	10.57 3.52	9.76 3.00	9.06 2.59
UNP 380			47.75 63.67	35.81 35.81	28.65 22.92	23.88 15.92	20.46 11.69	17.91 8.95	15.92 7.07	14.33 5.73	13.02 4.74	11.94 3.98	11.02 3.39	10.23 2.92
UNP 400			53.76 71.68	44.06 44.06	35.25 28.20	29.38 19.58	25.18 14.39	22.03 11.02	19.58 8.70	17.63 7.05	16.02 5.83	14.69 4.90	13.56 4.17	12.59 3.60

جدول ۳-۵- واکنش تیر دوسرگیردار، نظیر مقاومت خمشی برای نیمرخ زوج 2IPE (F_b=1440 kg/cm²)

V(ton) q(ton/m)	دهانه (متر)													
PROFILE NO.	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
2IPE 80	5.8 23.3	3.5 6.9	2.30 3.1	1.73 1.73	1.38 1.11									
2IPE 100	7.9 31.5	5.9 11.8	3.94 5.3	2.95 2.95	2.36 1.89	1.97 1.31								
2IPE 120	10.1 40.6	9.2 18.3	6.11 8.1	4.58 4.58	3.66 2.93	3.05 2.04	2.62 1.50							
2IPE 140		12.6 25.3	8.90 11.9	6.68 6.68	5.34 4.27	4.45 2.97	3.82 2.18	3.34 1.67						
2IPE 160		15.4 30.7	12.56 16.7	9.42 9.42	7.53 6.03	6.28 4.19	5.38 3.08	4.71 2.35	4.19 1.86	3.77 1.51				
2IPE 180		18.3 36.6	16.82 22.4	12.61 12.61	10.09 8.07	8.41 5.61	7.21 4.12	6.31 3.15	5.61 2.49	5.05 2.02	4.59 1.67			
2IPE 200			21.50 28.7	16.76 16.76	13.41 10.73	11.17 7.45	9.58 5.47	8.38 4.19	7.45 3.31	6.70 2.68	6.10 2.22	5.59 1.86		
2IPE 220			24.92 33.2	21.77 21.77	17.42 13.93	14.52 9.68	12.44 7.11	10.89 5.44	9.68 4.30	8.71 3.48	7.92 2.88	7.26 2.42	6.70 2.06	
2IPE 240			28.57 38.1	27.99 27.99	22.39 17.92	18.66 12.44	16.00 9.14	14.00 7.00	12.44 5.53	11.20 4.48	10.18 3.70	9.33 3.11	8.61 2.65	8.00 2.29
2IPE 270				34.21 34.21	29.65 23.72	24.71 16.47	21.18 12.10	18.53 9.27	16.47 7.32	14.83 5.93	13.48 4.90	12.36 4.12	11.40 3.51	10.59 3.03
2IPE 300				40.90 40.90	38.50 30.80	32.08 21.39	27.50 15.71	24.06 12.03	21.39 9.51	19.25 7.70	17.50 6.36	16.04 5.35	14.81 4.56	13.75 3.93
2IPE 330					47.52 38.02	41.07 27.38	35.20 20.12	30.80 15.40	27.38 12.17	24.64 9.86	22.40 8.15	20.53 6.84	18.95 5.83	17.60 5.03
2IPE 360					55.30 44.24	52.07 34.71	44.63 25.50	39.05 19.53	34.71 15.43	31.24 12.50	28.40 10.33	26.04 8.68	24.03 7.39	22.32 6.38
2IPE 400						66.05 44.03	57.27 32.73	50.11 25.06	44.54 19.80	40.09 16.04	36.45 13.25	33.41 11.14	30.84 9.49	28.64 8.18

جدول ۳ـ۶ـ واکنش تیر دوسرگیردار، نظیر مقاومت خمشی برای نیمرخ زوج $(F_b=1440\ kg/cm^2)$2INP

V(ton) q(ton/m)	دهانه (متر)													
PROFILE NO.	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
2INP 80	5.99 23.96	3.37 6.74	2.25 3.00	1.68 1.68	1.35 1.08									
2INP 100	8.64 34.56	5.91 11.82	3.94 5.25	2.95 2.95	2.36 1.89	1.97 1.31								
2INP 120	11.75 47.00	9.45 18.90	6.30 8.40	4.73 4.73	3.78 3.02	3.15 2.10	2.70 1.54							
2INP 140	15.32 61.29	14.15 28.30	9.43 12.58	7.08 7.08	5.66 4.53	4.72 3.14	4.04 2.31	3.54 1.77						
2INP 160		19.35 38.71	13.48 17.97	10.11 10.11	8.09 6.47	6.74 4.49	5.78 3.30	5.05 2.53	4.49 2.00	4.04 1.62				
2INP 180		23.85 47.69	18.55 24.73	13.91 13.91	11.13 8.90	9.27 6.18	7.95 4.54	6.96 3.48	6.18 2.75	5.56 2.23	5.06 1.84			
2INP 200		28.80 57.60	24.65 32.87	18.49 18.49	14.79 11.83	12.33 8.22	10.57 6.04	9.24 4.62	8.22 3.65	7.40 2.96	6.72 2.44	6.16 2.05		
2INP 220		34.21 68.43	32.03 42.70	24.02 24.02	19.22 15.37	16.01 10.68	13.73 7.84	12.01 6.00	10.68 4.74	9.61 3.84	8.73 3.18	8.01 2.67	7.39 2.27	
2INP 240			40.09 53.45	30.59 30.59	24.47 19.57	20.39 13.59	17.48 9.99	15.29 7.65	13.59 6.04	12.23 4.89	11.12 4.04	10.20 3.40	9.41 2.90	8.74 2.50
2INP 260			46.92 62.57	38.19 38.19	30.55 24.44	25.46 16.97	21.82 12.47	19.09 9.55	16.97 7.54	15.28 6.11	13.89 5.05	12.73 4.24	11.75 3.62	10.91 3.12
2INP 280			54.30 72.40	46.83 46.83	37.46 29.97	31.22 20.81	26.76 15.29	23.41 11.71	20.81 9.25	18.73 7.49	17.03 6.19	15.61 5.20	14.41 4.43	13.38 3.82
2INP 300			62.21 82.94	56.42 56.42	45.14 36.11	37.61 25.08	32.24 18.42	28.21 14.10	25.08 11.14	22.57 9.03	20.52 7.46	18.81 6.27	17.36 5.34	16.12 4.61
2INP 320			70.66 94.21	67.86 67.56	54.05 43.24	45.04 30.03	38.61 22.06	33.78 16.89	30.03 13.35	27.03 10.81	24.57 8.93	22.52 7.51	20.79 6.40	19.30 5.52
2INP 340				79.64 79.64	63.80 51.04	53.16 35.44	45.57 26.04	39.87 19.94	35.44 15.75	31.90 12.76	29.00 10.55	26.58 8.86	24.54 7.55	22.78 6.51
2INP 360				89.86 89.86	75.34 60.27	62.78 41.86	53.81 30.75	47.09 23.54	41.86 18.60	37.67 15.07	34.25 12.45	31.39 10.46	28.98 8.98	26.91 7.69
2INP 380				99.96 99.96	87.09 69.67	72.58 49.38	62.21 35.55	54.43 27.22	48.38 21.50	43.55 17.42	39.59 14.40	36.29 12.10	33.50 10.31	31.10 8.89
2INP 400				110.5 110.5	100.9 80.73	84.10 56.06	72.08 41.19	63.07 31.54	56.06 24.92	50.46 20.18	45.87 16.68	42.05 14.02	38.81 11.94	36.04 10.30

جدول ۳-۷-واکنش تیر دوسرگیردار، نظیر مقاومت خمشی برای نیمرخ زوج 2CIPE (F_b=1440 kg/cm²)

V(ton) q(ton/m)	دهانه (متر)										
PROFILE NO.	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
2CIPE 140	10.37 10.37	8.29 6.64	6.91 4.61	5.92 3.39	5.18 2.59	4.61 2.05	4.15 1.66	3.77 1.37	3.46 1.15	3.19 0.98	
2CIPE 160	14.60 14.60	11.68 9.35	9.73 6.49	8.34 4.77	7.30 3.65	6.49 2.88	5.84 2.34	5.31 1.93	4.87 1.62	4.49 1.38	4.17 1.19
2CIPE 180	19.61 19.61	15.69 12.55	13.08 8.72	11.21 6.40	9.81 4.90	8.72 3.87	7.85 3.14	7.13 2.59	6.54 2.18	6.03 1.86	5.60 1.60
2CIPE 200	26.01 26.01	20.81 16.64	17.34 11.56	14.86 8.49	13.00 6.50	11.56 5.14	10.40 4.16	9.46 3.44	8.67 2.89	8.00 2.46	7.43 2.12
2CIPE 220	33.87 33.87	27.10 21.68	22.58 15.05	19.35 11.06	16.93 8.47	15.05 6.69	13.55 5.42	12.32 4.48	11.29 3.76	10.42 3.21	9.68 2.76
2CIPE 240	42.85 42.85	34.77 27.81	28.97 19.32	24.83 14.19	21.73 10.86	19.32 8.58	17.38 6.95	15.80 5.75	14.49 4.83	13.37 4.11	12.42 3.55
2CIPE 270	51.32 51.32	45.96 36.77	38.30 25.54	32.83 18.76	28.73 14.36	25.54 11.35	22.98 9.19	20.89 7.60	19.15 6.38	17.68 5.44	16.42 4.69
2CIPE 300	61.34 61.34	59.58 47.67	49.65 33.10	42.56 24.32	37.24 18.62	33.10 14.71	29.79 11.92	27.08 9.85	24.83 8.28	22.92 7.05	21.28 6.08

* فرض شده است که در هر طرف تکیه‌گاه از بر ستون، حداقل دو سوراخ توسط ورقی هم‌ضخامت با جان پر شده است.

جدول ۳-۸ ـ واکنش تیر دوسرگیردار، نظیر مقاومت خمشی $F_b=1440\ kg/cm^2$) 2UNP

V(ton) q(ton/m)	دهانه (متر)													
PROFILE NO.	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
2UNP 80	9.2 36.6	4.6 9.2	3.05 4.1	2.29 2.29	1.83 1.47									
2UNP 100	11.5 46.1	7.1 14.2	4.75 6.3	3.56 3.56	2.85 2.28	2.37 1.58								
2UNP 120	16.1 64.5	10.5 21.0	6.99 9.3	5.24 5.24	4.20 3.36	3.50 2.33	3.00 1.71							
2UNP 140	18.8 75.3	14.9 29.9	9.95 13.3	7.46 7.46	5.97 4.78	4.98 3.32	4.27 2.44	3.73 1.87						
2UNP 160	23.0 92.2	20.0 40.1	13.36 17.8	10.02 10.02	8.02 6.41	6.68 4.45	5.73 3.27	5.01 2.51	4.45 1.98	4.01 1.60				
2UNP 180	27.6 110.6	25.9 51.8	17.28 23.0	12.96 12.96	10.37 8.29	8.64 5.76	7.41 4.23	6.48 3.24	5.76 2.56	5.18 2.07	4.71 1.71			
2UNP 200		32.6 65.3	22.00 29.3	16.50 16.50	13.20 10.56	11.00 7.33	9.43 5.39	8.25 4.13	7.33 3.26	6.60 2.64	6.00 2.18	5.50 1.83		
2UNP 220		38.0 76.0	28.22 37.6	21.17 21.17	16.93 13.55	14.11 9.41	12.10 6.91	10.58 5.29	9.41 4.18	8.47 3.39	7.70 2.80	7.06 2.35	6.51 2.00	
2UNP 240		43.8 87.6	34.56 46.1	25.92 25.92	20.74 16.59	17.28 11.52	14.81 8.46	12.96 6.48	11.52 5.12	10.37 4.15	9.43 3.43	8.64 2.88	7.98 2.45	7.41 2.12
2UNP 260		49.9 99.8	42.74 57.0	32.05 32.05	25.64 20.51	21.37 14.25	18.32 10.47	16.03 8.01	14.25 6.33	12.82 5.13	11.66 4.24	10.68 3.56	9.86 3.03	9.16 2.62
2UNP 280		53.8 107.5	51.61 68.8	38.71 38.71	30.97 24.77	25.80 17.20	22.12 12.64	19.35 9.68	17.20 7.65	15.48 6.19	14.08 5.12	12.90 4.30	11.91 3.66	11.06 3.16
2UNP 300			57.60 76.8	46.22 46.22	36.98 29.58	30.82 20.54	26.41 15.09	23.11 11.56	20.54 9.13	18.49 7.40	16.81 6.11	15.41 5.14	14.22 4.38	13.21 3.77
2UNP 320		86.0 172.0	78.22 104.3	58.67 58.67	46.93 37.55	39.11 26.07	33.52 19.16	29.33 14.67	26.07 11.59	23.47 9.39	21.33 7.76	19.56 6.52	18.05 5.55	16.76 4.79
2UNP 350		94.1 188.2	84.56 112.7	63.42 63.42	50.73 40.59	42.28 28.19	36.24 20.71	31.71 15.85	28.19 12.53	25.37 10.15	23.06 8.39	21.14 7.05	19.51 6.00	18.12 5.18
2UNP 380		98.5 197.0	95.50 127.3	71.63 71.63	57.30 45.84	47.75 31.83	40.93 23.39	35.81 17.91	31.83 14.15	28.65 11.46	26.05 9.47	23.88 7.96	22.04 6.78	20.46 5.85
2UNP 400			107.5 143.4	88.13 88.13	70.50 56.40	58.75 39.17	50.36 28.78	44.06 22.03	39.17 17.41	35.25 14.10	32.05 11.65	29.38 9.79	27.12 8.34	25.18 7.19

جدول ۳-۹- واکنش تیر دوسرگیردار، نظیر مقاومت خمشی تحت بارهای قائم در وسط دهانه و لنگرهای خمشی نظیر مقاومت خمشی در تکیه‌گاهها برای نیمرخ IPE تک ($F_b=1440\ kg/cm^2$)

V (ton) q(ton/m)	دهانه (متر)													
PROFILE NO.	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
IPE 80	2.92 9.2	1.73 2.3	1.15 1.02	0.86 0.58	0.69 0.37									
IPE 100	3.94 15.8	2.95 3.9	1.97 1.75	1.48 0.98	1.18 0.63	0.98 0.44								
IPE 120	5.07 24.4	4.58 6.1	3.05 2.71	2.29 1.53	1.83 0.98	1.53 0.68	1.31 0.50							
IPE 140		6.32 8.9	4.45 3.96	3.34 2.23	2.67 1.42	2.23 0.99	1.91 0.73	1.67 0.56						
IPE 160		7.68 12.6	6.28 5.58	4.71 3.14	3.77 2.01	3.14 1.40	2.69 1.03	2.35 0.78	2.09 0.62	1.88 0.50				
IPE 180		9.16 16.8	8.41 7.48	6.31 4.20	5.05 2.69	4.20 1.87	3.60 1.37	3.15 1.05	2.80 0.83	2.52 0.67	2.29 0.56			
IPE 200			10.75 9.93	8.38 5.59	6.70 3.58	5.59 2.48	4.79 1.82	4.19 1.40	3.72 1.10	3.35 0.89	3.05 0.74	2.79 0.62		
IPE 220			12.46 12.90	10.89 7.26	8.71 4.64	7.26 3.23	6.22 2.37	5.44 1.81	4.84 1.43	4.35 1.16	3.96 0.96	3.63 0.81	3.35 0.69	
IPE 240			14.28 16.59	14.00 9.33	11.20 5.97	9.33 4.15	8.00 3.05	7.00 2.33	6.22 1.84	5.60 1.49	5.09 1.23	4.67 1.04	4.31 0.88	4.00 0.76
IPE 270				17.11 12.36	14.83 7.91	12.36 5.49	10.59 4.03	9.27 3.09	8.24 2.44	7.41 1.98	6.74 1.63	6.18 1.37	5.70 1.17	5.30 1.01
IPE 300				20.45 16.04	19.25 10.27	16.04 7.13	13.75 5.24	12.03 4.01	10.69 3.17	9.62 2.57	8.75 2.12	8.02 1.78	7.40 1.52	6.87 1.31
IPE 330					23.76 13.14	20.53 9.13	17.60 6.71	15.40 5.13	13.69 4.06	12.32 3.29	11.20 2.72	10.27 2.28	9.48 1.94	8.80 1.68
IPE 360					27.65 16.66	26.04 11.57	22.32 8.50	19.53 6.51	17.36 5.14	15.62 4.17	14.20 3.44	13.02 2.89	12.02 2.46	11.16 2.13
IPE 400						33.02 14.85	28.64 10.91	25.06 8.35	22.27 6.60	20.04 5.35	18.22 4.42	16.70 3.71	15.42 3.16	14.32 2.73

جدول ۳-۱۰-واکنش تیر دوسرگیردار، نظیر مقاومت خمشی تحت بارهای قائم در وسط دهانه و لنگرهای خمشی نظیر مقاومت خمشی در تکیه‌گاهها برای نیمرخ INP تک (F_b=1440 kg/cm²)

V(ton) q(ton/m)	دهانه (متر)													
PROFILE NO.	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
INP 80	3.00 8.99	1.68 2.25	1.12 1.00	0.84 0.56	0.67 0.36									
INP 100	4.32 15.76	2.95 3.94	1.97 1.75	1.48 0.98	1.18 0.63	0.98 0.44								
INP 120	5.88 25.21	4.73 6.30	3.15 2.80	2.36 1.58	1.89 1.01	1.58 0.70	1.35 0.51							
INP 140	7.66 37.74	7.08 9.43	4.72 4.19	3.54 2.36	2.83 1.51	2.36 1.05	2.02 0.77	1.77 0.59						
INP 160		9.68 13.48	6.74 5.99	5.05 3.37	4.04 2.16	3.37 1.50	2.89 1.10	2.53 0.84	2.25 0.67	2.02 0.54				
INP 180		11.92 18.55	9.27 8.24	6.96 4.64	5.56 2.97	4.64 2.06	3.97 1.51	3.48 1.16	3.09 0.92	2.78 0.74	2.53 0.61			
INP 200		14.40 24.65	12.33 10.96	9.24 6.16	7.40 3.94	6.16 2.74	5.28 2.01	4.62 1.54	4.11 1.22	3.70 0.99	3.36 0.81	3.08 0.68		
INP 220		17.11 32.03	16.01 14.23	12.01 8.01	9.61 5.12	8.01 3.56	6.86 2.61	6.00 2.00	5.34 1.58	4.80 1.28	4.37 1.06	4.00 0.89	3.70 0.76	
INP 240			20.04 18.12	15.29 10.20	12.23 6.52	10.20 4.53	8.74 3.33	7.65 2.55	6.80 2.01	6.12 1.63	5.56 1.35	5.10 1.13	4.71 0.97	4.37 0.83
INP 260			23.46 22.63	19.09 12.73	15.28 8.15	12.73 5.66	10.91 4.16	9.55 3.18	8.49 2.51	7.64 2.04	6.94 1.68	6.36 1.41	5.88 1.21	5.46 1.04
INP 280			27.15 27.75	23.41 15.61	18.73 9.99	15.61 6.94	13.38 5.10	11.71 3.90	10.41 3.08	9.37 2.50	8.51 2.06	7.80 1.73	7.20 1.48	6.69 1.27
INP 300			31.10 33.43	28.21 18.81	22.57 12.04	18.81 8.36	16.12 6.14	14.10 4.70	12.54 3.71	11.28 3.01	10.26 2.49	9.40 2.09	8.68 1.78	8.06 1.54
INP 320			35.33 40.04	33.78 22.52	27.03 14.41	22.52 10.01	19.30 7.35	16.89 5.63	15.01 4.45	13.51 3.60	12.28 2.98	11.26 2.50	10.39 2.13	9.65 1.84
INP 340				39.82 26.58	31.90 17.01	26.58 11.81	22.78 8.68	19.94 6.65	17.72 5.25	15.95 4.25	14.50 3.52	13.29 2.95	12.27 2.52	11.39 2.17
INP 360				44.93 31.39	37.67 20.09	31.39 13.95	26.91 10.25	23.54 7.85	20.93 6.20	18.84 5.02	17.12 4.15	15.70 3.49	14.49 2.97	13.45 2.56
INP 380				49.98 36.29	43.55 23.22	36.29 16.13	31.10 11.85	27.22 9.07	24.19 7.17	21.77 5.81	19.79 4.80	18.14 4.03	16.75 3.44	15.55 2.96
INP 400				55.30 42.05	50.46 26.91	42.05 18.69	36.04 13.73	31.54 10.51	28.03 8.31	25.23 6.73	22.94 5.56	21.02 4.67	19.41 3.98	18.02 3.43

جدول ۳-۱۱-واکنش تیر دوسرگیردار، نظیر مقاومت خمشی تحت بارهای قائم در وسط دهانه و لنگرهای خمشی نظیر مقاومت خمشی در تکیه‌گاهها برای نیمرخ CIPE تک ($F_b=1440\ kg/cm^2$)

V(TON) q(ton/m)	دهـــانـه (متـــر)										
PROFILE NO.	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
CIPE 140	5.18 3.46	4.15 2.21	3.46 1.54	2.96 1.13	2.59 0.86	2.30 0.68	2.07 0.55	1.89 0.46	1.73 0.38	1.60 0.33	
CIPE 160	7.30 4.87	5.84 3.12	4.87 2.16	4.17 1.59	3.65 1.22	3.24 0.96	2.92 0.78	2.65 0.64	2.43 0.54	2.25 0.46	2.09 0.40
CIPE 180	9.81 6.54	7.85 4.18	6.54 2.91	5.60 2.13	4.90 1.63	4.36 1.29	3.92 1.05	3.57 0.86	3.27 0.73	3.02 0.62	2.80 0.53
CIPE 200	13.00 8.67	10.40 5.55	8.67 3.85	7.43 2.83	6.50 2.17	5.78 1.71	5.20 1.39	4.73 1.15	4.33 0.96	4.00 0.82	3.72 0.71
CIPE 220	16.93 11.29	13.55 7.23	11.29 5.02	9.68 3.69	8.47 2.82	7.53 2.23	6.77 1.81	6.16 1.49	5.64 1.25	5.21 1.07	4.84 0.92
CIPE 240	21.43 14.49	17.38 9.27	14.49 6.44	12.42 4.73	10.86 3.62	9.66 2.86	8.69 2.32	7.90 1.92	7.24 1.61	6.69 1.37	6.21 1.18
CIPE 270	25.66 19.15	22.98 12.26	19.15 8.51	16.42 6.25	14.36 4.79	12.77 3.78	11.49 3.06	10.45 2.53	9.58 2.13	8.84 1.81	8.21 1.56
CIPE 300	30.67 24.83	29.79 15.89	24.83 11.03	21.28 8.11	18.62 6.21	16.55 4.90	14.90 3.97	13.54 3.28	12.41 2.76	11.46 2.35	10.64 2.03

* فرض شده است که در هر طرف تکیه‌گاه از بر ستون، حداقل دو سوراخ توسط ورقی هم‌ضخامت با جان پر شده است.

جدول ۳-۱۲-واکنش تیر دوسرگیردار، نظیر مقاومت خمشی تحت بارهای قائم در وسط دهانه و لنگرهای خمشی نظیر مقاومت خمشی در تکیه‌گاهها برای نیمرخ UNP تک ($F_b=1440\ kg/cm^2$)

V (ton) q(ton/m)	دهانه (متر)													
PROFILE NO.	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
UNP 80	4.58 12.2	2.29 3.1	1.53 1.36	1.14 0.76	0.92 0.49									
UNP 100	5.76 19.0	3.56 4.7	2.37 2.11	1.78 1.19	1.42 0.76	1.19 0.53								
UNP 120	8.06 28.0	5.24 7.0	3.50 3.11	2.62 1.75	2.10 1.12	1.75 0.78	1.50 0.57							
UNP 140	9.41 39.8	7.46 10.0	4.98 4.42	3.73 2.49	2.99 1.59	2.49 1.11	2.13 0.81	1.87 0.62						
UNP 160	11.52 53.5	10.02 13.4	6.68 5.94	5.01 3.34	4.01 2.14	3.34 1.48	2.86 1.09	2.51 0.84	2.23 0.66	2.00 0.53				
UNP 180	13.82 69.1	12.96 17.3	8.64 7.68	6.48 4.32	5.18 2.76	4.32 1.92	3.70 1.41	3.24 1.08	2.88 0.85	2.59 0.69	2.36 0.57			
UNP 200		16.32 22.0	11.06 9.78	8.25 5.50	6.60 3.52	5.50 2.44	4.71 1.80	4.13 1.38	3.67 1.09	3.30 0.88	3.00 0.73	2.75 0.61		
UNP 220		19.01 28.2	14.11 12.54	10.58 7.06	8.47 4.52	7.06 3.14	6.05 2.30	5.29 1.76	4.70 1.39	4.23 1.13	3.85 0.93	3.53 0.78	3.26 0.67	
UNP 240		21.89 34.6	17.28 15.36	12.96 8.64	10.37 5.53	8.64 3.84	7.41 2.82	6.48 2.16	5.76 1.71	5.18 1.38	4.71 1.14	4.32 0.96	3.99 0.82	3.70 0.71
UNP 260		24.96 42.7	21.37 19.00	16.03 10.68	12.82 6.84	10.68 4.75	9.16 3.49	8.01 2.67	7.12 2.11	6.41 1.71	5.83 1.41	5.34 1.19	4.93 1.01	4.58 0.87
UNP 280		26.88 51.6	25.80 22.94	19.35 12.90	15.48 8.26	12.90 5.73	11.06 4.21	9.68 3.23	8.60 2.55	7.74 2.06	7.04 1.71	6.45 1.43	5.95 1.22	5.53 1.05
UNP 300			28.80 27.39	23.11 15.41	18.49 9.86	15.41 6.85	13.21 5.03	11.56 3.85	10.27 3.04	9.24 2.47	8.40 2.04	7.70 1.71	7.11 1.46	6.60 1.26
UNP 320			39.11 34.76	29.33 19.56	23.47 12.52	19.56 8.69	16.76 6.39	14.67 4.89	13.04 3.86	11.73 3.13	10.67 2.59	9.78 2.17	9.03 1.85	8.38 1.60
UNP 350			42.28 37.58	31.71 21.14	25.37 13.53	21.14 9.40	18.12 6.90	15.85 5.28	14.09 4.18	12.68 3.38	11.53 2.80	10.57 2.35	9.76 2.00	9.06 1.73
UNP 380		49.25 95.5	47.75 42.44	35.81 23.88	28.65 15.28	23.88 10.61	20.46 7.80	17.91 5.97	15.92 4.72	14.33 3.82	13.02 3.16	11.94 2.65	11.02 2.26	10.23 1.95
UNP 400			53.76 52.22	44.06 29.38	35.25 18.80	29.38 13.06	25.18 9.59	22.03 7.34	19.58 5.80	17.63 4.70	16.02 3.88	14.69 3.26	13.56 2.78	12.59 2.40

جدول ۳-۱۳- واکنش تیر دوسرگیردار، نظیر مقاومت خمشی تحت بارهای قائم در وسط دهانه و لنگرهای خمشی نظیر مقاومت خمشی در تکیه‌گاهها برای نیمرخ زوج 2 IPE ($F_b=1440\ kg/cm^2$)

V(ton) q(ton/m)	دهانه (متر)													
PROFILE NO.	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
2IPE 80	5.8 18.4	3.5 4.6	2.30 2.05	1.73 1.15	1.38 0.74									
2IPE 100	7.9 31.5	5.9 7.9	3.94 3.50	2.95 1.97	2.36 1.26	1.97 0.88								
2IPE 120	10.1 48.8	9.2 12.2	6.11 5.43	4.58 3.05	3.66 1.95	3.05 1.36	2.62 1.00							
2IPE 140		12.6 17.8	8.90 7.92	6.68 4.45	5.34 2.85	4.45 1.98	3.82 1.45	3.34 1.11						
2IPE 160		15.4 25.1	12.56 11.16	9.42 6.28	7.53 4.02	6.28 2.79	5.38 2.05	4.71 1.57	4.19 1.24	3.77 1.00				
2IPE 180		18.3 33.6	16.82 14.95	12.61 8.41	10.09 5.38	8.41 3.74	7.21 2.75	6.31 2.10	5.61 1.66	5.05 1.35	4.59 1.11			
2IPE 200			21.50 19.87	16.76 11.17	13.41 7.15	11.17 4.97	9.58 3.65	8.38 2.79	7.45 2.21	6.70 1.79	6.10 1.48	5.59 1.24		
2IPE 220			24.92 25.80	21.77 14.52	17.42 9.29	14.52 6.45	12.44 4.74	10.89 3.63	9.68 2.87	8.71 2.32	7.92 1.92	7.26 1.61	6.70 1.37	
2IPE 240			28.57 33.18	27.99 18.66	22.39 11.94	18.66 8.29	16.00 6.09	14.00 4.67	12.44 3.69	11.20 2.99	10.18 2.47	9.33 2.07	8.61 1.77	8.00 1.52
2IPE 270				34.21 24.71	29.65 15.81	24.71 10.98	21.18 8.07	18.53 6.18	16.47 4.88	14.83 3.95	13.48 3.27	12.36 2.75	11.40 2.34	10.59 2.02
2IPE 300				40.90 32.08	38.50 20.53	32.08 14.26	27.50 10.48	24.06 8.02	21.39 6.34	19.25 5.13	17.50 4.24	16.04 3.56	14.81 3.04	13.75 2.62
2IPE 330					47.52 26.28	41.07 18.25	35.20 13.41	30.80 10.27	27.38 8.11	24.64 6.57	22.40 5.43	20.53 4.56	18.95 3.89	17.60 3.35
2IPE 360					55.30 33.33	52.07 23.14	44.63 17.00	39.05 13.02	34.71 10.29	31.24 8.33	28.40 6.89	26.04 5.79	24.03 4.93	22.32 4.25
2IPE 400						66.05 29.70	57.27 21.82	50.11 16.70	44.54 13.20	40.09 10,69	36.45 8.84	33.41 7.42	30.84 6.33	28.64 5.45

جدول ۳-۱۴- واکنش تیر دوسرگیردار، نظیر مقاومت خمشی تحت بارهای قائم در وسط دهانه و لنگرهای خمشی نظیر مقاومت خمشی در تکیه‌گاهها برای نیمرخ زوج 2INP (F_b=1440 kg/cm²)

V(ton) q(ton/m)	دهانه (متر)													
PROFILE NO.	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
2INP 80	5.99 17.97	3.37 4.49	2.25 2.00	1.68 1.12	1.35 0.72									
2INP 100	8.64 31.52	5.91 7.88	3.94 3.50	2.95 1.97	2.36 1.26	1.97 0.88								
2INP 120	11.75 50.41	9.45 12.60	6.30 5.60	4.73 3.15	3.78 2.02	3.15 1.40	2.70 1.03							
2INP 140	15.32 75.48	14.15 18.87	9.43 8.39	7.08 4.72	5.66 3.02	4.72 2.10	4.04 1.54	3.54 1.18						
2INP 160		19.35 26.96	13.48 11.98	10.11 6.74	8.09 4.31	6.74 3.00	5.78 2.20	5.05 1.68	4.49 1.33	4.04 1.08				
2INP 180		23.85 37.09	18.55 16.49	13.91 9.27	11.13 5.94	9.27 4.12	7.95 3.03	6.96 2.32	6.18 1.83	5.56 1.48	5.06 1.23			
2INP 200		28.80 49.31	24.65 21.91	18.49 12.33	14.79 7.89	12.33 5.48	10.57 4.02	9.24 3.08	8.22 2.43	7.40 1.97	6.72 1.63	6.16 1.37		
2INP 220		34.21 64.05	32.03 28.47	24.02 16.01	19.22 10.25	16.01 7.12	13.73 5.23	12.01 4.00	10.68 3.16	9.61 2.56	8.73 2.12	8.01 1.78	7.39 1.52	
2INP 240			40.09 36.25	30.59 20.39	24.47 13.05	20.39 9.06	17.48 6.66	15.29 5.10	13.59 4.03	12.23 3.26	11.12 2.70	10.20 2.27	9.41 1.93	8.74 1.66
2INP 260			46.92 45.26	38.19 25.46	30.55 16.29	25.46 11.32	21.82 8.31	19.09 6.36	16.97 5.03	15.28 4.07	13.89 3.37	12.73 2.83	11.75 2.41	10.91 2.08
2INP 280			54.30 55.50	46.83 31.22	37.46 19.98	31.22 13.88	26.76 10.19	23.41 7.80	20.81 6.17	18.73 5.00	17.03 4.13	15.61 3.47	14.41 2.96	13.38 2.55
2INP 300			62.21 66.87	56.42 37.61	45.14 24.07	37.61 16.72	32.24 12.28	28.21 9.40	25.08 7.43	22.57 6.02	20.52 4.97	18.81 4.18	17.36 3.56	16.12 3.07
2INP 320			70.66 80.08	67.56 45.04	54.05 28.83	45.04 20.02	38.61 14.71	33.78 11.26	30.03 8.90	27.03 7.21	24.57 5.96	22.52 5.00	20.79 4.26	19.30 3.68
2INP 340				79.64 53.16	63.80 34.03	53.16 23.63	45.57 17.36	39.87 13.29	35.44 10.50	31.90 8.51	29.00 7.03	26.58 5.91	24.54 5.03	22.78 4.34
2INP 360				89.86 62.78	75.34 40.18	62.78 27.90	53.81 20.50	47.09 15.70	41.86 12.40	37.67 10.05	34.25 8.30	31.39 6.98	28.98 5.94	26.91 5.13
2INP 380				99.96 72.58	87.09 46.45	72.58 32.26	62.21 23.70	54.43 18.14	48.38 14.34	43.55 11.61	39.59 9.60	36.29 8.06	33.50 6.87	31.10 5.92
2INP 400				110.5 84.10	100.9 53.82	84.10 37.38	72.08 27.46	63.07 21.02	56.06 16.61	50.46 13.46	45.87 11.12	42.05 9.34	38.81 7.96	36.04 6.86

جدول ۳-۱۵- واکنش تیر دوسرگیردار، نظیر مقاومت خمشی تحت بارهای قائم در وسط دهانه و لنگرهای خمشی نظیر مقاومت خمشی در تکیه‌گاهها برای نیمرخ زوج 2CIPE (F_b=1440 kg/cm²)

V(ton) q(ton/m)	دهانه (متر)										
PROFILE NO.	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
2CIPE 140	10.37 6.91	8.29 4.42	6.91 3.07	5.92 2.26	5.18 1.73	4.61 1.37	4.15 1.11	3.77 0.91	3.46 0.77	3.19 0.65	
2CIPE 160	14.60 9.73	11.68 6.23	9.73 4.33	8.34 3.18	7.30 2.43	6.49 1.92	5.84 1.56	5.31 1.29	4.87 1.08	4.49 0.92	4.17 0.79
2CIPE 180	19.61 13.08	15.69 8.37	13.08 5.81	11.21 4.27	9.81 3.27	8.72 2.58	7.85 2.09	7.13 1.73	6.54 1.45	6.03 1.24	5.60 1.07
2CIPE 200	26.01 17.34	20.81 11.10	17.34 7.71	14.86 5.66	13.00 4.33	11.56 3.42	10.40 2.77	9.46 2.29	8.67 1.93	8.00 1.64	7.43 1.42
2CIPE 220	33.87 22.58	27.10 14.45	22.58 10.04	19.35 7.37	16.93 5.64	15.05 4.46	13.55 3.61	12.32 2.99	11.29 2.51	10.42 2.14	9.68 1.84
2CIPE 240	42.85 28.97	34.77 18.54	28.97 12.88	24.83 9.46	21.73 7.24	19.32 5.72	17.38 4.64	15.80 3.83	14.49 3.22	13.37 2.74	12.42 2.37
2CIPE 270	51.32 38.30	45.96 24.51	38.30 17.02	32.83 12.51	28.73 9.58	25.54 7.57	22.98 6.13	20.89 5.06	19.15 4.26	17.68 3.63	16.42 3.13
2CIPE 300	61.34 49.65	59.58 31.78	49.65 22.07	42.56 16.21	37.24 12.41	33.10 9.81	29.79 7.94	27.08 6.57	24.83 5.52	22.92 4.70	21.28 4.05

* فرض شده است که در هر طرف تکیه‌گاه از بر ستون، حداقل دو سوراخ توسط ورقی هم‌ضخامت با جان پر شده است.

جدول ۳ـ۱۶ـ واکنش تیر دوسرگیردار، نظیر مقاومت خمشی تحت بارهای قائم در وسط دهانه و لنگرهای خمشی نظیر مقاومت خمشی در تکیه‌گاهها برای نیمرخ زوج 2UNP (F_b=1440 kg/cm²)

V(ton) q(ton/m)	دهانه (متر)													
PROFILE NO.	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
2UNP 80	9.2 24.4	4.6 6.1	3.05 2.71	2.29 1.53	1.83 0.98									
2UNP 100	11.5 38.0	7.1 9.5	4.75 4.22	3.56 2.37	2.85 1.52	2.37 1.05								
2UNP 120	16.1 55.9	10.5 14.0	6.99 6.22	5.24 3.50	4.20 2.24	3.50 1.55	3.00 1.14							
2UNP 140	18.8 79.6	14.9 19.9	9.95 8.85	7.46 4.98	5.97 3.19	4.98 2.21	4.27 1.63	3.73 1.24						
2UNP 160	23.0 106.9	20.0 26.7	13.36 11.88	10.02 6.68	8.02 4.28	6.68 2.97	5.73 2.18	5.01 1.67	4.45 1.32	4.01 1.07				
2UNP 180	27.6 138.2	25.9 34.6	17.28 15.36	12.96 8.64	10.37 5.53	8.64 3.84	7.41 2.82	6.48 2.16	5.76 1.71	5.18 1.38	4.71 1.14			
2UNP 200		32.6 44.0	22.00 19.56	16.50 11.00	13.20 7.04	11.00 4.89	9.43 3.59	8.25 2.75	7.33 2.17	6.60 1.76	6.00 1.45	5.50 1.22		
2UNP 220		38.0 56.4	28.22 25.09	21.17 14.11	16.93 9.03	14.11 6.27	12.10 4.61	10.58 3.53	9.41 2.79	8.47 2.26	7.70 1.87	7.06 1.57	6.51 1.34	
2UNP 240		43.8 69.1	34.56 30.72	25.92 17.28	20.74 11.06	17.28 7.68	14.81 5.64	12.96 4.32	11.52 3.41	10.37 2.76	9.43 2.28	8.64 1.92	7.98 1.64	7.41 1.41
2UNP 260		49.9 85.5	42.74 37.99	32.05 21.37	25.64 13.68	21.37 9.50	18.32 6.98	16.03 5.34	14.25 4.22	12.82 3.42	11.66 2.83	10.68 2.37	9.86 2.02	9.16 1.74
2UNP 280		53.8 103.2	51.61 45.88	38.71 25.80	30.97 16.52	25.80 11.47	22.12 8.43	19.35 6.45	17.20 5.10	15.48 4.13	14.08 3.41	12.90 2.87	11.91 2.44	11.06 2.11
2UNP 300			57.60 54.78	46.22 30.82	36.98 19.72	30.82 13.70	26.41 10.06	23.11 7.70	20.54 6.09	18.49 4.93	16.81 4.07	15.41 3.42	14.22 2.92	13.21 2.52
2UNP 320		86.0 156.4	78.22 69.53	58.67 39.11	46.93 25.03	39.11 17.38	33.52 12.77	29.33 9.78	26.07 7.73	23.47 6.26	21.33 5.17	19.56 4.35	18.05 3.70	16.76 3.19
2UNP 350		94.1 169.1	84.56 75.16	63.42 42.28	50.73 27.06	42.28 18.79	36.24 13.81	31.71 10.57	28.19 8.35	25.37 6.76	23.06 5.59	21.14 4.70	19.51 4.00	18.12 3.45
2UNP 380		98.5 191.0	95.50 84.89	71.63 47.75	57.30 30.56	47.75 21.22	40.93 15.59	35.81 11.94	31.83 9.43	28.65 7.64	26.05 6.31	23.88 5.31	22.04 4.52	20.46 3.90
2UNP 400			107.5 104.4	88.13 58.75	70.50 37.60	58.75 26.11	50.36 19.18	44.06 14.69	39.17 11.61	35.25 9.40	32.05 7.77	29.38 6.53	27.12 5.56	25.18 4.80

فصل ٤

جداول مقاومت برشی نبشی‌های جان

۴ـ۱ـ مقدمه

نبشی‌های جان از انواع اتصالات ساده هستند که تنها برش تکیه‌گاهی تیر را تحمل نموده به تکیه‌گاه منتقل می‌سازند. این اتصالات متشکل از دو نبشی می‌باشند که دو بال آنها توسط جوش A به‌جان تیر و دو بال دیگر آنها توسط جوش B به صفحهٔ تکیه‌گاه متصل شده‌اند (شکل ۴ـ۱). جوش A برای برش و پیچش ناشی از نیروی برشی خارج از مرکز جوش طراحی می‌شود. جوش B با استفاده از روش پیشنهادی سالمون و جانسون برای برش و خمش ناشی از خروج از مرکزیت نیروی برشی طراحی خواهد شد. فرض شده که در جوش B پیچش ایجاد نمی‌گردد. در جداول عرضه شده در این فصل ظرفیت باربری جوشهای A و B با اندازه‌های مختلف ساق برای نبشی‌های ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ با طولهای متغیر از ۶ تا ۳۰ سانتیمتر ارائه شده است. در انتخاب اندازهٔ جوشهای A و B حداقل‌های آیین‌نامه‌ای باید رعایت گردد. درضمن با بزرگتر انتخاب کردن اندازهٔ جوش B و کوچک انتخاب‌کردن اندازهٔ جوش A، سعی شده است که ظرفیت آنها حدوداً مساوی درآید، زیرا ظرفیت باربری جوش A یا B هر کدام کمتر باشد معرف مقاومت برشی خواهد بود. مقاومت گسیختگی جان تیر نباید از مقاومت جوش A کمتر باشد لذا حداقل ضخامت جان تیر که ارضاکنندهٔ این شرط می‌باشد در ستون آخر جداول آمده است.

مثال ۱:

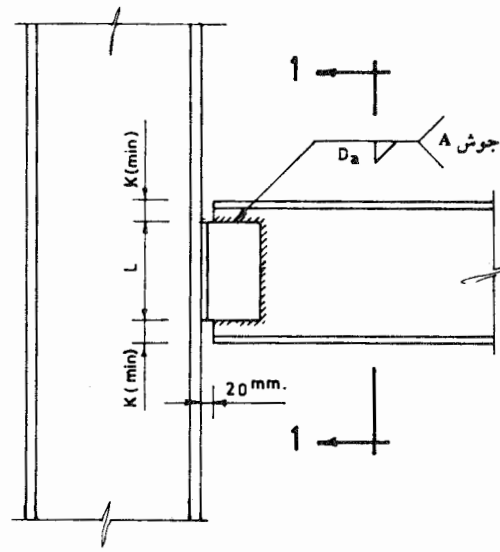
با توجه به‌جدول ۴ ـ ۵، برای نبشی ۱۰×۱۰۰×۱۰۰ میلیمتر، با طول ۲۱ سانتیمتر، ظرفیت مجاز جوش A با اندازهٔ ساق ۴ میلیمتر مساوی ۹/۳۷ تن و ظرفیت مجاز جوش B با اندازهٔ ساق ۸ میلیمتر مساوی ۸/۵۱ تن به‌دست می‌آید که ظرفیت مجاز این نبشی مساوی ۸/۵۱ تن خواهد بود. حداقل ضخامت جان تیر نیز باید ۵/۴۲ میلیمتر باشد.

۴ـ۲ـ طراحی اتصال

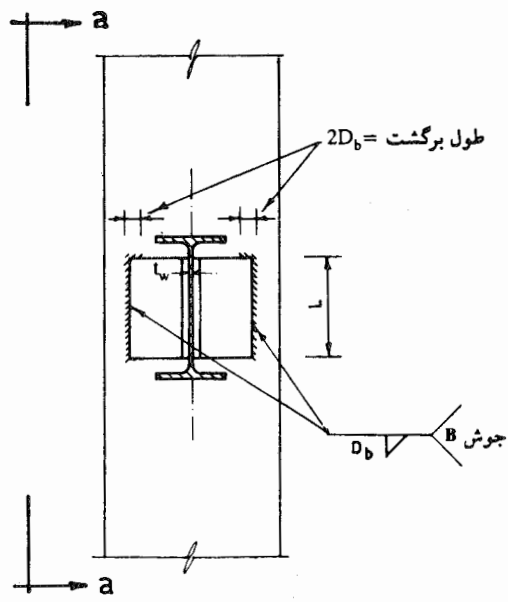
با ترکیب جداول فصل دوم و این فصل می‌توان اقدام به‌طراحی اتصال تیرهای ساده نمود. روش کار در مثال زیر شرح داده می‌شود.

مثال ۲:

فرض کنید که بخواهیم اتصال تیر IPE180 را در دهانهٔ ۴ متر طراحی کنیم. با استفاده از جدول ۲ـ۱ مقدار واکنش تکیه‌گاهی این تیر مساوی ۲/۱ تن به‌دست می‌آید. حال با استفاده از جدول ۴ـ۴ از نبشی ۸۰×۸۰×۸۰ به‌طول ۱۱ سانتیمتر با اندازهٔ ساق جوش $D_a=3^{mm}$ و اندازهٔ ساق جوش $D_b=6mm$ که ظرفیتی مساوی ۲/۳۵ تن به‌دست می‌دهد استفاده می‌شود. ضمناً ضخامت جان تیر ۵/۳۰ سانتیمتر می‌باشد که از حداقل ضخامت ۴/۰۶ بیشتر است.



نمای a-a



برش 1-1

شکل ۴-۱- نبشی‌های جان

جدول ۴-۱- مقاومت جوشهای A و B برای نبشی ۵۰

جوش A		جوش B		طول نبشی	ابعاد نبشی	ضخامت حداقل جان تیر
ظرفیت (ton)	Da (mm)	ظرفیت (ton)	Db (mm)	L(mm)	(mm)	(mm)
14.03	4.0	11.31	4.0	300	¬ 50* 50* 5	5.42
13.48	4.0	10.76	4.0	290	¬ 50* 50* 5	5.42
12.93	4.0	10.22	4.0	280	¬ 50* 50* 5	5.42
12.38	4.0	9.68	4.0	270	¬ 50* 50* 5	5.42
11.84	4.0	9.14	4.0	260	¬ 50* 50* 5	5.42
11.30	4.0	8.61	4.0	250	¬ 50* 50* 5	5.42
10.76	4.0	8.09	4.0	240	¬ 50* 50* 5	5.42
10.22	4.0	7.57	4.0	230	¬ 50* 50* 5	5.42
7.26	3.0	7.06	4.0	220	¬ 50* 50* 5	4.06
6.87	3.0	6.55	4.0	210	¬ 50* 50* 5	4.06
6.47	3.0	6.06	4.0	200	¬ 50* 50* 5	4.06
6.08	3.0	5.57	4.0	190	¬ 50* 50* 5	4.06
5.69	3.0	5.09	4.0	180	¬ 50* 50* 5	4.06
5.31	3.0	4.63	4.0	170	¬ 50* 50* 5	4.06
4.93	3.0	4.18	4.0	160	¬ 50* 50* 5	4.06
4.56	3.0	3.74	4.0	150	¬ 50* 50* 5	4.06
4.19	3.0	3.32	4.0	140	¬ 50* 50* 5	4.06
3.83	3.0	2.92	4.0	130	¬ 50* 50* 5	4.06
3.48	3.0	2.53	4.0	120	¬ 50* 50* 5	4.06
3.13	3.0	2.17	4.0	110	¬ 50* 50* 5	4.06
2.80	3.0	1.83	4.0	100	¬ 50* 50* 5	4.06
2.47	3.0	1.51	4.0	90	¬ 50* 50* 5	4.06
2.15	3.0	1.22	4.0	80	¬ 50* 50* 5	4.06
1.85	3.0	0.95	4.0	70	¬ 50* 50* 5	4.06
1.56	3.0	0.71	4.0	60	¬ 50* 50* 5	4.06

جدول ۴-۲- مقاومت جوشهای A و B برای نبشی ۶۰

جوش A		جوش B		طول نبشی	ابعاد نبشی	ضخامت حداقل جان تیر
ظرفیت (ton)	Da (mm)	ظرفیت (ton)	Db (mm)	L(mm)	(mm)	(mm)
13.93	4.0	13.01	5.0	300	¬ 60* 60* 6	5.42
13.39	4.0	12.36	5.0	290	¬ 60* 60* 6	5.42
12.85	4.0	11.71	5.0	280	¬ 60* 60* 6	5.42
12.31	4.0	11.06	5.0	270	¬ 60* 60* 6	5.42
11.78	4.0	10.42	5.0	260	¬ 60* 60* 6	5.42
11.24	4.0	9.80	5.0	250	¬ 60* 60* 6	5.42
10.71	4.0	9.18	5.0	240	¬ 60* 60* 6	5.42
10.19	4.0	8.57	5.0	230	¬ 60* 60* 6	5.42
9.67	4.0	7.97	5.0	220	¬ 60* 60* 6	5.42
9.15	4.0	7.38	5.0	210	¬ 60* 60* 6	5.42
6.48	3.0	6.80	5.0	200	¬ 60* 60* 6	4.06
6.10	3.0	6.24	5.0	190	¬ 60* 60* 6	4.06
5.72	3.0	5.69	5.0	180	¬ 60* 60* 6	4.06
5.35	3.0	5.16	5.0	170	¬ 60* 60* 6	4.06
4.98	3.0	4.65	5.0	160	¬ 60* 60* 6	4.06
4.62	3.0	4.16	5.0	150	¬ 60* 60* 6	4.06
4.26	3.0	3.68	5.0	140	¬ 60* 60* 6	4.06
3.91	3.0	3.23	5.0	130	¬ 60* 60* 6	4.06
3.57	3.0	2.80	5.0	120	¬ 60* 60* 6	4.06
3.23	3.0	2.39	5.0	110	¬ 60* 60* 6	4.06
2.90	3.0	2.02	5.0	100	¬ 60* 60* 6	4.06
2.58	3.0	1.66	5.0	90	¬ 60* 60* 6	4.06
2.27	3.0	1.34	5.0	80	¬ 60* 60* 6	4.06
1.97	3.0	1.05	5.0	70	¬ 60* 60* 6	4.06
1.69	3.0	0.79	5.0	60	¬ 60* 60* 6	4.06

جدول ۴-۳- مقاومت جوشهای A و B برای نبشی ۷۰

جوش A		جوش B		طول نبشی	ابعاد نبشی	ضخامت حداقل جان تیر
ظرفیت (ton)	Da (mm)	ظرفیت (ton)	Db (mm)	L(mm)	(mm)	(mm)
13.87	4.0	12.03	5.0	300	¬ 70* 70* 7	5.42
13.33	4.0	11.41	5.0	290	¬ 70* 70* 7	5.42
12.80	4.0	10.79	5.0	280	¬ 70* 70* 7	5.42
12.27	4.0	10.17	5.0	270	¬ 70* 70* 7	5.42
11.75	4.0	9.57	5.0	260	¬ 70* 70* 7	5.42
11.23	4.0	8.98	5.0	250	¬ 70* 70* 7	5.42
10.71	4.0	8.40	5.0	240	¬ 70* 70* 7	5.42
7.64	3.0	7.82	5.0	230	¬ 70* 70* 7	4.06
7.26	3.0	7.26	5.0	220	¬ 70* 70* 7	4.06
6.88	3.0	6.72	5.0	210	¬ 70* 70* 7	4.06
6.51	3.0	6.18	5.0	200	¬ 70* 70* 7	4.06
6.13	3.0	5.66	5.0	190	¬ 70* 70* 7	4.06
5.76	3.0	5.16	5.0	180	¬ 70* 70* 7	4.06
5.40	3.0	4.67	5.0	170	¬ 70* 70* 7	4.06
5.04	3.0	4.20	5.0	160	¬ 70* 70* 7	4.06
4.69	3.0	3.75	5.0	150	¬ 70* 70* 7	4.06
4.34	3.0	3.32	5.0	140	¬ 70* 70* 7	4.06
4.00	3.0	2.91	5.0	130	¬ 70* 70* 7	4.06
3.66	3.0	2.52	5.0	120	¬ 70* 70* 7	4.06
3.33	3.0	2.15	5.0	110	¬ 70* 70* 7	4.06
3.01	3.0	1.81	5.0	100	¬ 70* 70* 7	4.06
2.70	3.0	1.49	5.0	90	¬ 70* 70* 7	4.06
2.39	3.0	1.20	5.0	80	¬ 70* 70* 7	4.06
2.10	3.0	0.94	5.0	70	¬ 70* 70* 7	4.06
1.82	3.0	0.71	5.0	60	¬ 70* 70* 7	4.06

جدول ۴-۴- مقاومت جوشهای A و B برای نبشی ۸۰

جوش A		جوش B		طول نبشی	ابعاد نبشی	ضخامت حداقل جان تیر
ظرفیت (ton)	Da (mm)	ظرفیت (ton)	Db (mm)	L(mm)	(mm)	(mm)
13.83	4.0	13.42	6.0	300	¬ 80* 80* 8	5.42
13.31	4.0	12.70	6.0	290	¬ 80* 80* 8	5.42
12.79	4.0	12.00	6.0	280	¬ 80* 80* 8	5.42
12.27	4.0	11.30	6.0	270	¬ 80* 80* 8	5.42
11.75	4.0	10.62	6.0	260	¬ 80* 80* 8	5.42
11.24	4.0	9.95	6.0	250	¬ 80* 80* 8	5.42
10.73	4.0	9.29	6.0	240	¬ 80* 80* 8	5.42
10.22	4.0	8.64	6.0	230	¬ 80* 80* 8	5.42
9.72	4.0	8.02	6.0	220	¬ 80* 80* 8	5.42
9.22	4.0	7.40	6.0	210	¬ 80* 80* 8	5.42
8.73	4.0	6.81	6.0	200	¬ 80* 80* 8	5.42
8.24	4.0	6.23	6.0	190	¬ 80* 80* 8	5.42
5.82	3.0	5.67	6.0	180	¬ 80* 80* 8	4.06
5.47	3.0	5.13	6.0	170	¬ 80* 80* 8	4.06
5.11	3.0	4.61	6.0	160	¬ 80* 80* 8	4.06
4.77	3.0	4.11	6.0	150	¬ 80* 80* 8	4.06
4.43	3.0	3.63	6.0	140	¬ 80* 80* 8	4.06
4.09	3.0	3.18	6.0	130	¬ 80* 80* 8	4.06
3.76	3.0	2.75	6.0	120	¬ 80* 80* 8	4.06
3.44	3.0	2.35	6.0	110	¬ 80* 80* 8	4.06
3.12	3.0	1.98	6.0	100	¬ 80* 80* 8	4.06
2.82	3.0	1.63	6.0	90	¬ 80* 80* 8	4.06
2.52	3.0	1.31	6.0	80	¬ 80* 80* 8	4.06
2.24	3.0	1.02	6.0	70	¬ 80* 80* 8	4.06
1.96	3.0	0.77	6.0	60	¬ 80* 80* 8	4.06

جدول ۴-۵- مقاومت جوشهای A و B برای نبشی ۱۰۰

جوش A		جوش B		طول نبشی	ابعاد نبشی	ضخامت حداقل جان تیر
ظرفیت (ton)	Db (mm)	ظرفیت (ton)	Da (mm)	L(mm)	(mm)	(mm)
17.29	5.0	15.67	8.0	300	¬100*100*10	6.77
16.66	5.0	14.81	8.0	290	¬100*100*10	6.77
16.02	5.0	13.96	8.0	280	¬100*100*10	6.77
15.39	5.0	13.12	8.0	270	¬100*100*10	6.77
14.77	5.0	12.31	8.0	260	¬100*100*10	6.77
14.15	5.0	11.51	8.0	250	¬100*100*10	6.77
13.53	5.0	10.73	8.0	240	¬100*100*10	6.77
10.33	4.0	9.97	8.0	230	¬100*100*10	5.42
9.85	4.0	9.23	8.0	220	¬100*100*10	5.42
9.37	4.0	8.51	8.0	210	¬100*100*10	5.42
8.89	4.0	7.81	8.0	200	¬100*100*10	5.42
8.42	4.0	7.14	8.0	190	¬100*100*10	5.42
7.96	4.0	6.49	8.0	180	¬100*100*10	5.42
5.62	3.0	5.86	8.0	170	¬100*100*10	4.06
5.29	3.0	5.26	8.0	160	¬100*100*10	4.06
4.95	3.0	4.69	8.0	150	¬100*100*10	4.06
4.62	3.0	4.14	8.0	140	¬100*100*10	4.06
4.30	3.0	3.62	8.0	130	¬100*100*10	4.06
3.98	3.0	3.13	8.0	120	¬100*100*10	4.06
3.67	3.0	2.67	8.0	110	¬100*100*10	4.06
3.37	3.0	2.25	8.0	100	¬100*100*10	4.06
3.07	3.0	1.85	8.0	90	¬100*100*10	4.06
2.79	3.0	1.49	8.0	80	¬100*100*10	4.06
2.52	3.0	1.16	8.0	70	¬100*100*10	4.06
2.26	3.0	0.87	8.0	60	¬100*100*10	4.06

جدول ۴-۶- مقاومت جوشهای A و B برای نبشی ۱۲۰

جوش A		جوش B		طول نبشی	ابعاد نبشی	ضخامت حداقل جان تیر
ظرفیت (ton)	Da (mm)	ظرفیت (ton)	Db (mm)	L(mm)	(mm)	(mm)
17.38	5.00	17.44	10.0	300	¬120*120*12	6.77
16.76	5.00	16.46	10.0	290	¬120*120*12	6.77
16.14	5.00	15.50	10.0	280	¬120*120*12	6.77
15.53	5.00	14.56	10.0	270	¬120*120*12	6.77
14.92	5.00	13.64	10.0	260	¬120*120*12	6.77
14.32	5.00	12.74	10.0	250	¬120*120*12	6.77
13.72	5.00	11.87	10.0	240	¬120*120*12	6.77
13.13	5.00	11.01	10.0	230	¬120*120*12	6.77
10.03	4.00	10.19	10.0	220	¬120*120*12	5.42
9.56	4.00	9.38	10.0	210	¬120*120*12	5.42
9.10	4.00	8.61	10.0	200	¬120*120*12	5.42
8.65	4.00	7.86	10.0	190	¬120*120*12	5.42
8.20	4.00	7.14	10.0	180	¬120*120*12	5.42
7.75	4.00	6.44	10.0	170	¬120*120*12	5.42
5.48	3.00	5.78	10.0	160	¬120*120*12	4.06
5.16	3.00	5.14	10.0	150	¬120*120*12	4.06
4.84	3.00	4.54	10.0	140	¬120*120*12	4.06
4.53	3.00	3.97	10.0	130	¬120*120*12	4.06
4.22	3.00	3.43	10.0	120	¬120*120*12	4.06
3.92	3.00	2.92	10.0	110	¬120*120*12	4.06
3.63	3.00	2.46	10.0	100	¬120*120*12	4.06
3.35	3.00	2.02	10.0	90	¬120*120*12	4.06
3.08	3.00	1.62	10.0	80	¬120*120*12	4.06
2.82	3.00	1.27	10.0	70	¬120*120*12	4.06
2.57	3.00	0.95	10.0	60	¬120*120*12	4.06

جدول ۴-۷- مقاومت جوشهای A و B برای نبشی ۱۲۰

جوش A		جوش B		طول نبشی	ابعاد نبشی	ضخامت حداقل جان تیر
ظرفیت (ton)	Da (mm)	ظرفیت (ton)	Db (mm)	L(mm)	(mm)	(mm)
13.91	4.0	13.95	8.0	300	¬120*120*12	5.42
13.41	4.0	13.17	8.0	290	¬120*120*12	5.42
12.92	4.0	12.40	8.0	280	¬120*120*12	5.42
12.42	4.0	11.65	8.0	270	¬120*120*12	5.42
11.94	4.0	10.91	8.0	260	¬120*120*12	5.42
11.45	4.0	10.19	8.0	250	¬120*120*12	5.42
10.98	4.0	9.49	8.0	240	¬120*120*12	5.42
10.50	4.0	8.81	8.0	230	¬120*120*12	5.42
10.03	4.0	8.15	8.0	220	¬120*120*12	5.42
9.56	4.0	7.51	8.0	210	¬120*120*12	5.42
6.83	3.0	6.89	8.0	200	¬120*120*12	4.06
6.48	3.0	6.29	8.0	190	¬120*120*12	4.06
6.15	3.0	5.71	8.0	180	¬120*120*12	4.06
5.81	3.0	5.15	8.0	170	¬120*120*12	4.06
5.48	3.0	4.62	8.0	160	¬120*120*12	4.06
5.16	3.0	4.11	8.0	150	¬120*120*12	4.06
4.84	3.0	3.63	8.0	140	¬120*120*12	4.06
4.53	3.0	3.17	8.0	130	¬120*120*12	4.06
4.22	3.0	2.74	8.0	120	¬120*120*12	4.06
3.92	3.0	2.34	8.0	110	¬120*120*12	4.06
3.63	3.0	1.96	8.0	100	¬120*120*12	4.06
3.35	3.0	1.62	8.0	90	¬120*120*12	4.06
3.08	3.0	1.30	8.0	80	¬120*120*12	4.06
2.82	3.0	1.01	8.0	70	¬120*120*12	4.06
2.57	3.0	0.76	8.0	60	¬120*120*12	4.06

فصل ۵

اتصال سادهٔ تیر توسط نبشی‌های جان

(جداول استفادهٔ مستقیم)

۵ـ۱ـ مقدمه

در این فصل جداول استفاده مستقیم جهت طراحی اتصالات سادهٔ نیمرخهای IPE، CIPE و UNP توسط نبشی جان ارائه می‌شود. جداول این فصل با ترکیب جداول فصول ۲ (واکنشهای نظیر مقاومت خمشی) و جداول فصل ۴ (ظرفیت نبشی‌های جان) تهیه شده است. همان‌طور که جداول فصل ۲ نشان می‌دهد، با افزایش طول دهانه واکنش نظیر مقاومت خمشی کاهش و با کاهش طول دهانه، واکنش نظیر مقاومت خمشی افزایش می‌یابد. لذا لازم است برای جداول استفادهٔ مستقیم، تعادلی بین واکنشها ایجاد گردد. برای این‌کار طول دهانه (l) مساوی ۱۵ برابر ارتفاع نیمرخ (h) انتخاب شده است که با توجه به‌اینکه طولهای معمول دهانه در حدود ۲۰ تا ۲۵ برابر ارتفاع نیمرخ است، یک انتخاب در جهت اطمینان بوده و از طرف دیگر خیلی هم محافظه‌کارانه نیست.

در جداول این فصل پروفیلهایی که با علامت * مشخص شده‌اند، مقدار $\frac{l}{h}$ حداقل برای آنها بیشتر از ۱۵ می‌باشد و حداقل این نسبت در زیر جداول آورده شده است.

در ادامهٔ این فصل اتصال سادهٔ نیمرخهای زوج 2IPE، 2CIPE و 2UNP آورده شده است.

مثال ۱:

مشخصات اتصال ساده با نبشی جان یک تیر IPE180 به‌طول ۴/۰ متر را به‌دست آورید.

حل:

ابتدا مقدار $\frac{l}{h}$ را به‌دست می‌آوریم.

$$\frac{l}{h} = \frac{400(\text{cm})}{18(\text{cm})} = 22.2 > 15$$

بنابر این می‌توان از جداول این فصل استفاده نمود.

با مراجعه به‌جدول ۵ـ۱، برای نیمرخ IPE180 از دو نبشی L۸۰×۸۰×۸ به‌طول ۱۳cm و جوش‌هایی به‌اندازهٔ D_a=۳mm (روی تیر) و D_b=۶mm (روی تکیه‌گاه) استفاده می‌نماییم.

در صورتی‌که بخواهیم در طرح از مقادیر اقتصادی‌تری استفاده کنیم می‌توان از جداول فصل ۴ به‌ازاء واکنش تکیه‌گاهی اقدام به‌انتخاب اتصال موردنظر نمود.

جدول ۵ ـ ۱ ـ مشخصات نبشی جان و جوشهای آن برای نیمرخ تک *IPE(l≥15h)* با دهانه ساده

نیمرخ	واکنش نظیر ظرفیت‌خمشی‌تیر (ton)	طول نبشی L(mm)	شمارهٔ‌نبشی (mm)	اندازهٔ جوش A D_a(mm)	اندازهٔ جوش B D_b(mm)
IPE 100	1.313	75	50×50×5	3	5
IPE 120	1.696	85	50×50×5	3	5
IPE 140	2.120	105	60×60×6	3	5
IPE 160	2.616	120	60×60×6	3	5
IPE 180	3.115	130	80×80×8	3	6
IPE 200	3.725	150	80×80×8	3	6
IPE 220	4.398	160	80×80×8	3	6
IPE 240	5.184	170	100×100×10	4	8
IPE 270	6.101	180	100×100×10	4	8
IPE 300	7.130	190	100×100×10	4	8

جدول ۵ ـ ۲ ـ مشخصات نبشی جان و جوشهای آن برای نیمرخ تک *CIPE(l≥15h)* با دهانه ساده

نیمرخ	واکنش نظیر ظرفیت خمشی تیر (ton)	طول نبشی L(mm)	شمارهٔ نبشی (mm)	اندازه جوش A D_a(mm)	اندازهٔ جوش B D_b(mm)
CIPE 140	3.291	140	80×80×8	3	6
CIPE 160	4.056	150	80×80×8	3	6
CIPE 180	4.843	170	80×80×8	3	6
CIPE 200	5.779	190	80×80×8	3	6
CIPE 220	6.842	210	80×80×8	3	6
CIPE 240	8.048	230	100×100×10	4	8
CIPE 270	9.458	250	100×100×10	4	8
CIPE 300	11.034	270	100×100×10	4	8

جدول ۵ـ۳ـ مشخصات نبشی جان و جوشهای آن برای نیمرخ تک UNP($l \geq 15h$) با دهانه ساده

نیمرخ	واکنش نظیر ظرفیت خمشی تیر (ton)	طول نبشی L(mm)	شمارهٔ نبشی (mm)	اندازهٔ جوش A D_a(mm)	اندازهٔ جوش B D_b(mm)
UNP 100*	1.03	65	50×50×5	3	5
UNP 120**	1.46	80	50×50×5	3	5
UNP 140***	1.97	100	60×60×6	3	5
UNP 160	2.78	120	60×60×6	3	5
UNP 180	3.20	130	80×80×8	3	6
UNP 200	3.67	150	80×80×8	3	6
UNP 220	4.28	160	80×80×8	3	6
UNP 240	4.80	160	100×100×10	4	8
UNP 260	5.48	170	100×100×10	4	8
UNP 280	6.14	180	100×100×10	4	8
UNP 300	6.85	190	100×100×10	4	8

* $-L \geq 23h = 2.30m$
** $-L \geq 20h = 2.40m$
*** $-L \geq 18h = 2.50m$

۵ـ۲ـ اتصال سادهٔ تیرهای زوج

اتصال سادهٔ تیرهای زوج به‌دلیل زیاد بودن واکنش تکیه‌گاهی نظیر ظرفیت خمشی آنها به‌کمک نبشی‌های جان تنها امکان‌پذیر نیست و برای همین از نبشی‌های نشیمن انعطاف‌پذیر برای کمک به‌نبشی‌های جان استفاده می‌نماییم. (شکل ۵ ـ ۱).

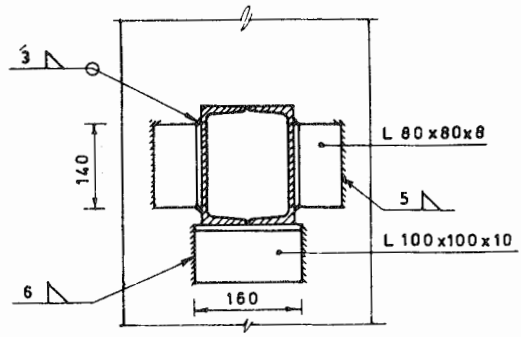
در این بخش مشخصات اتصال تیرهای زوج IPE، CIPE و UNP به‌ترتیب در جداول ۵ـ۴، ۵ ـ ۵ و ۵ ـ ۶ آورده شده است. لازم به‌یادآوری است که این اتصالات نیز برای واکنش تکیه‌گاهی نظیر ظرفیت خمشی تیر به‌ازاء $\frac{l}{h}=15$ طرح شده است. مقدار مزبور در ستون دوم جداول آورده شده است.

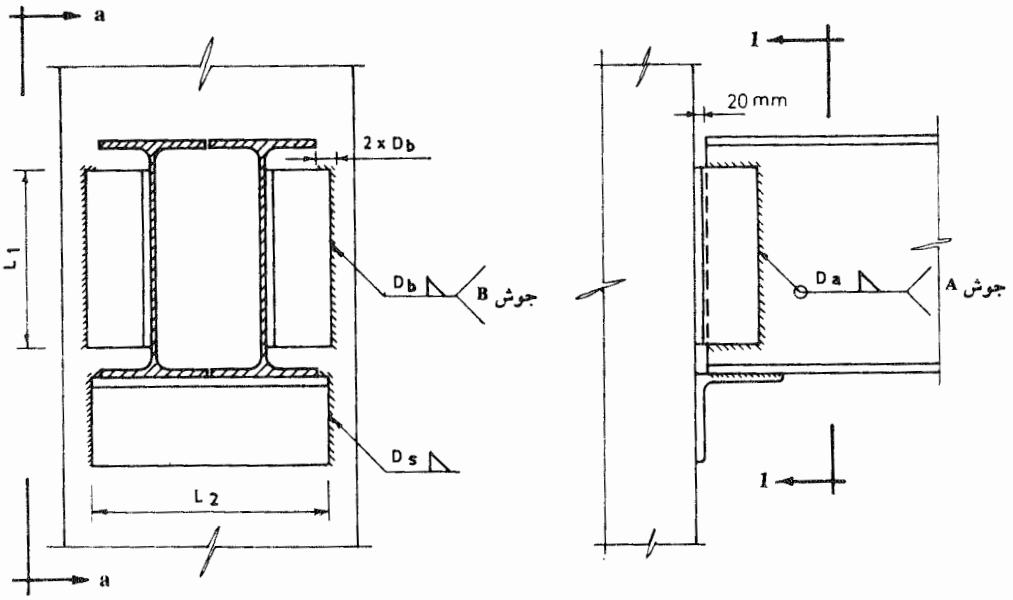
مثال ۲:

مشخصات اتصال سادهٔ تیر زوج 2UNP180 را به‌کمک نبشی‌های جان و نبشی نشیمن تقویت نشده به‌دست آورید.

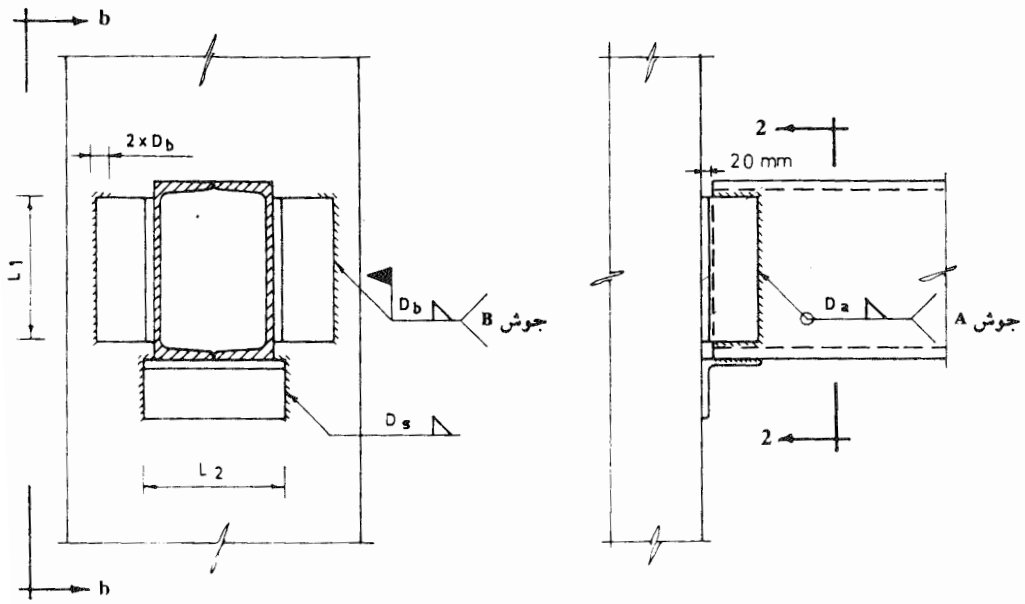
حل:

با مراجعه به‌جدول ۵ـ۶، در ردیف نیمرخ 2UNP180 مشخصات اتصال به‌شرح زیر می‌باشد:





الف ـ اتصال IPE و CIPE



ب ـ اتصال UNP

شکل ۵ـ۱ـ اتصال سادهٔ نیمرخهای زوج

جدول ۵ ـ ۴ـ مشخصات اتصال سادهٔ تیرهای زوج IPE به‌وسیلهٔ ترکیب نبشی‌های جان و نشیمن تقویت‌نشده ($l \geq 15h$)

نیمرخ	واکنش تکیه‌گاهی نظیر ظرفیت خمشی تیر (ton)	نبشی‌های جان				نبشی نشیمن		
		شمارهٔ نبشی (mm)	طول نبشی L_1(mm)	اندازه جوش		شمارهٔ نبشی (mm)	طول نبشی L_2(mm)	اندازه جوش D_s(mm)
				D_a(mm)	D_b(mm)			
2IPE 100	2.63	50×50×5	70	3	5	80×80×8	130	4
2IPE 120	3.39	50×50×5	85	3	5	80×80×8	150	4
2IPE 140	4.24	60×60×6	100	3	5	100×100×10	160	5
2IPE 160	5.23	60×60×6	110	3	5	100×100×10	180	5
2IPE 180	6.23	80×80×8	130	3	5	100×100×10	200	6
2IPE 200	7.45	80×80×8	150	3	6	100×100×10	220	6
2IPE 220	8.80	80×80×8	160	3	6	120×120×12	240	6
2IPE 240	10.37	100×100×10	180	4	7	120×120×12	260	6
2IPE 270	12.20	100×100×10	200	4	7	120×120×12	290	7
2IPE 300	14.26	100×100×10	230	4	7	120×120×12	320	7

کنترل اندازهٔ جوش حداقل براساس بخش ۱ ـ ۹ (جدول ۱ ـ ۱) این راهنما لازم است.

جدول ۵ ـ ۵ ـ مشخصات اتصال سادهٔ تیرهای زوج CIPE به‌وسیلهٔ ترکیب نبشی‌های جان و نشیمن تقویت‌نشده ($l \geq 15h$)

نیمرخ	واکنش تکیه‌گاهی نظیر ظرفیت خمشی تیر (ton)	نبشی‌های جان				نبشی نشیمن		
		شمارهٔ نبشی (mm)	طول نبشی L_1(mm)	اندازه جوش D_a(mm)	اندازه جوش D_b(mm)	شمارهٔ نبشی (mm)	طول نبشی L_2(mm)	اندازه جوش D_s(mm)
2CIPE 140	4.39	60×60×6	120	3	5	100×100×10	160	4
2CIPE 160	5.41	60×60×6	140	3	5	100×100×10	180	4
2CIPE 180	6.46	80×80×8	160	3	5	100×100×10	200	5
2CIPE 200	7.71	80×80×8	180	3	5	100×100×10	220	5
2CIPE 220	9.12	80×80×8	200	3	5	120×120×12	240	6
2CIPE 240	10.73	100×100×10	210	3	6	120×120×12	260	6
2CIPE 270	12.61	100×100×10	230	3	6	120×120×12	290	7
2CIPE 300	14.71	100×100×10	250	4	7	120×120×12	320	7

کنترل اندازهٔ جوش حداقل براساس بخش ۱ ـ ۹ (جدول ۱ ـ ۱) این راهنما لازم است.

جدول ۵ ـ ۶ ـ مشخصات اتصال سادهٔ تیرهای زوج UNP به‌وسیلهٔ ترکیب نبشی‌های جان و نشیمن تقویت‌نشده ($l \geq 15h$)

نیمرخ	واکنش تکیه‌گاهی نظیر ظرفیت خمشی تیر (ton)	نبشی‌های جان				نبشی نشیمن		
		شمارهٔ نبشی (mm)	طول نبشی L_1 (mm)	اندازه جوش		شمارهٔ نبشی (mm)	طول نبشی L_2 (mm)	اندازه جوش D_s (mm)
				D_a (mm)	D_b (mm)			
2UNP 100	3.16	50×50×5	80	3	5	80×80×8	120	4
2UNP 120	3.88	50×50×5	100	3	5	80×80×8	130	4
2UNP 140	4.74	60×60×6	110	3	5	100×100×10	140	5
2UNP 160	5.57	60×60×6	130	3	5	100×100×10	150	5
2UNP 180	6.40	80×80×8	140	3	5	100×100×10	160	6
2UNP 200	7.33	80×80×8	150	3	6	100×100×10	170	6
2UNP 220	8.55	80×80×8	160	3	6	120×120×12	180	6
2UNP 240	9.60	100×100×10	180	4	7	120×120×12	190	6
2UNP 260	10.96	100×100×10	200	4	7	120×120×12	200	7
2UNP 280	12.29	100×100×10	210	4	7	120×120×12	210	7
2UNP 300	13.70	100×100×10	230	4	7	120×120×12	220	7

کنترل اندازهٔ جوش حداقل براساس بخش ۱ ـ ۹ (جدول ۱ ـ ۱) این راهنما لازم است.

فصل ٦

اتصال سادهٔ تیرها توسط نشیمن تقویت‌نشده (انعطاف‌پذیر) و تقویت شده

۶ـ۱ـ۱ـ اتصال سادهٔ تیرهای تک با نبشی نشیمن تقویت‌نشده

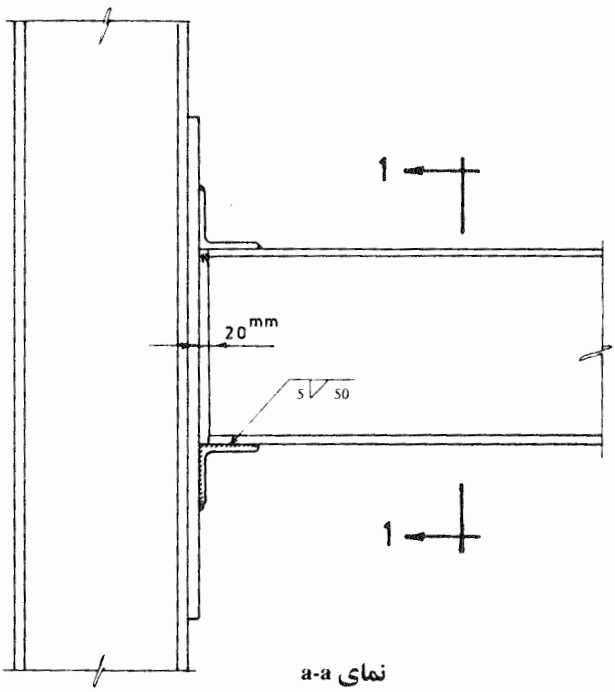
در شکل ۶ـ۱ جزییات تیپ اتصال سادهٔ تیر تک به‌ستون توسط نبشی نشیمن نشان داده شده است. بر حسب نیروی برشی حداکثر نظیر مقاومت خمشی دهانهٔ ساده (با $\frac{l}{h}>15$) طول نبشی b، اندازهٔ ساق جوش D و شمارهٔ نبشی برای نیمرخهای IPE، CIPE و UNP در جداول ۶ـ۱ الی ۶ـ۳ ارائه شده است.

در طراحی این اتصالات فرض شده که نبشی نشیمن به‌حد جاری شدن در خمش خواهد رسید. نحوه توزیع عکس‌العمل تکیه‌گاهی بر روی نبشی با این فرض به‌دست آمده که طولی از انتهای تیر در انتقال بار شرکت می‌کند که جان تیر در آن طول دچار لهیدگی نشود.

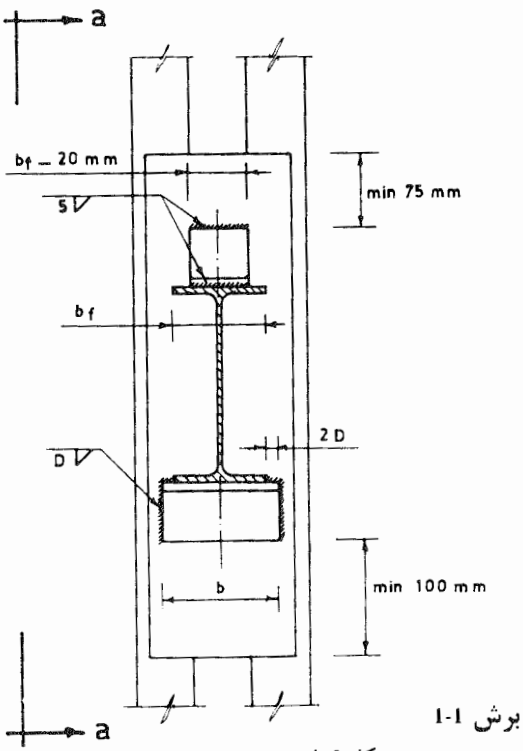
برای محاسبه جوش علاوه بر نیروی برشی وارده لنگر ناشی از خروج از مرکزیت نقطه اثر بار نسبت به‌مرکز سطح جوش نیز در نظر گرفته شده است.

مثال:

مشخصات اتصال سادهٔ تیر IPE240 به‌کمک نبشی نشیمن تقویت نشده مطابق جدول ۶ـ۱ عبارت است از: نبشی ۱۲۰×۱۲۰×۱۲ به‌طول ۱۶۰ و اندازهٔ جوش ۸ میلیمتر.



نمای a-a



برش 1-1

شکل ۶-۱

جدول ۶ـ۱ـ مشخصات اتصال سادهٔ تیر با نبشی نشیمن تقویت نشده برای نیمرخ IPE(l≥15h)

شمارهٔ نیمرخ	واکنش تکیه‌گاهی نظیرظرفیت خمشی تیر (ton)	شمارهٔ نبشی (mm)	طول نبشی b(mm)	اندازهٔ جوش D(mm)
IPE 100	1.31	80×80×8	100	5
IPE 120	1.70	80×80×8	100	5
IPE 140	2.12	100×100×10	100	5
IPE 160	2.62	100×100×10	100	6
IPE 180	3.11	100×100×10	120	6
IPE 200	3.72	100×100×10	140	6
IPE 220	4.40	100×100×10	160	8
IPE 240	5.18	120×120×12	160	8
IPE 270	6.10	120×120×12	180	8
IPE 300	7.13	120×120×12 150×150×15	220 180	10 10

جدول ۶ـ۲ـ مشخصات اتصال سادهٔ تیر با نبشی نشیمن تقویت نشده برای نیمرخ *CIPE(l≥15h)*

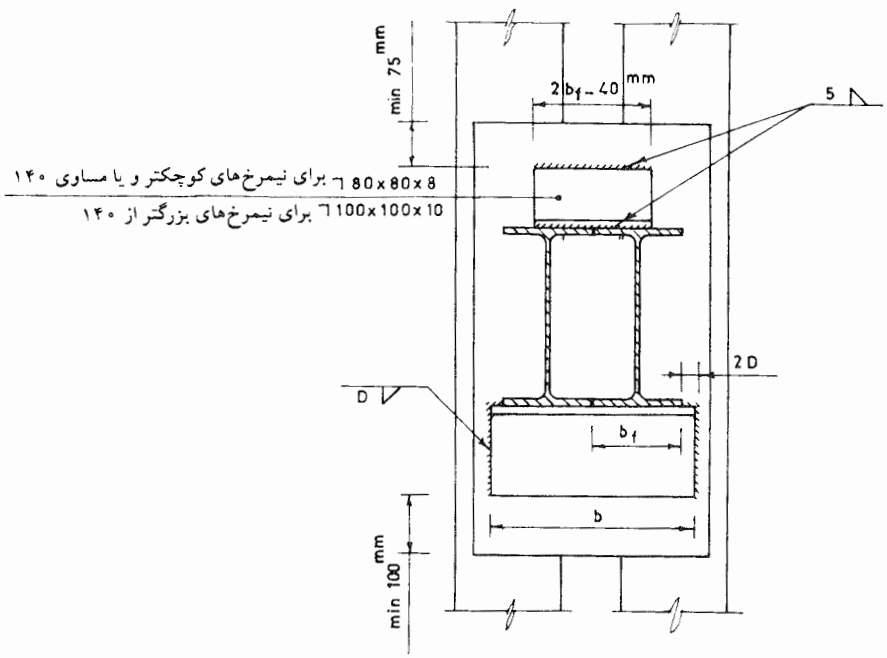
شمارهٔ نیمرخ	واکنش تکیه‌گاهی نظیرظرفیت خمشی تیر (ton)	شمارهٔ نبشی (mm)	طول نبشی b(mm)	اندازهٔ جوش D(mm)
CIPE 140	3.29	100×100×10	100	5
CIPE 160	4.06	100×100×10	100	5
CIPE 180	4.84	100×100×10	120	5
CIPE 200	5.78	100×100×10	140	7
CIPE 220	6.84	120×120×12	160	7
CIPE 240	8.05	120×120×12	160	7
CIPE 270	9.46	120×120×12	200	8
CIPE 300	11.03	120×120×12	250	10
		150×150×15	200	10

جدول ۶ـ۳ـ مشخصات اتصال سادهٔ تیر با نبشی نشیمن تقویت نشده برای نیمرخ UNP(l≥15h)

شمارهٔ نیمرخ	واکنش تکیه‌گاهی نظیرظرفیت خمشی تیر (ton)	شمارهٔ نبشی (mm)	طول نبشی b(mm)	اندازهٔ جوش D(mm)
UNP 100	1.58	80×80×8	100	4
UNP 120	1.94	100×100×10	100	4
UNP 140	2.37	100×100×10	100	4
UNP 160	2.78	120×120×12	100	4
UNP 180	3.20	120×120×12	100	4
UNP 200	3.67	120×120×12	100	5
UNP 220	4.28	120×120×12	120	6
UNP 240	4.80	150×150×15	120	6
UNP 260	5.48	150×150×15	120	6
UNP 280	6.14	150×150×15	120	6
UNP 300	6.85	150×150×15	130	7

۶ـ۲ـ اتصال سادهٔ تیرهای زوج با نشیمن تقویت‌نشده

برای اتصال تیرهای زوج توسط نشیمن، دو حالت سخت نشده و سخت شده در نظر گرفته شده است. در شکل ۶ـ۲ جزییات نشیمن سخت نشده و در جداول ۶ـ۴، ۶ـ۵ و ۶ـ۶ مشخصات این نوع نشیمن به‌ترتیب برای نیمرخهای 2IPE، 2CIPE و 2UNP ارائه شده است.



شکل ۶ـ۲ـ نبشی نشیمن سخت‌نشده برای تیرهای زوج

جدول ۶ ـ۴ـ مشخصات اتصال سادهٔ تیر با نبشی نشیمن تقویت نشده برای نیمرخ های زوج 2IPE(l≥15h)

شمارهٔ نیمرخ	واکنش تکیه‌گاهی نظیرظرفیت خمشی تیر (ton)	شمارهٔ نبشی نشیمن (mm)	طول نبشی b(mm)	اندازهٔ جوش D(mm)
2IPE 100	2.63	80×80×8	130	6
2IPE 120	3.39	100×100×10	150	6
2IPE 140	4.24	100×100×10	170	7
2IPE 160	5.23	100×100×10	180	8
2IPE 180	6.23	120×120×12	200	8
2IPE 200	7.45	120×120×12	220	9
2IPE 220	8.80	150×150×15	240	9
2IPE 240	10.37	150×150×15	260	9
2IPE 270	12.20	150×150×15	290	11
2IPE 300	14.26	150×150×15	320	13

جدول ۶ ـ ۵ ـ مشخصات اتصال سادهٔ تیر با نبشی نشیمن تقویت نشده برای نیمرخ‌های زوج 2CIPE(l≥15h)

نیمرخ	واکنش تکیه‌گاهی نظیرظرفیت خمشی تیر(ton)	شمارهٔ نبشی (mm)	طول نبشی b(mm)	اندازهٔ جوش D(mm)
2CIPE 140	4.39	100×100×10	170	7
2CIPE 160	5.41	120×120×12	180	7
2CIPE 180	6.46	120×120×12	200	8
2CIPE 200	7.71	120×120×12	220	9
2CIPE 220	9.12	150×150×15	240	9
2CIPE 240	10.73	150×150×15	260	9
2CIPE 270	12.61	150×150×15	290	11
2CIPE 300	14.71	150×150×15	320	14

جدول ۶ ـ ۶ ـ مشخصات اتصال سادهٔ تیر با نبشی نشیمن تقویت نشده برای نیمرخ‌های زوج 2UNP(l≥15h)

نیمرخ	واکنش تکیه‌گاهی نظیرظرفیت خمشی تیر (ton)	شمارهٔ نبشی (mm)	طول نبشی b(mm)	اندازهٔ جوش D(mm)
2UNP 100	3.16	100×100×10	120	5
2UNP 120	3.88	100×100×10	130	7
2UNP 140	4.74	120×120×12	140	7
2UNP 160	5.57	120×120×12	150	7
2UNP 180	6.40	120×120×12	160	8
2UNP 200	7.33	150×150×15	170	8
2UNP 220	8.55	150×150×15	180	8
2UNP 240	9.60	150×150×15	190	9
2UNP 260	10.96	150×150×15	200	10
2UNP 280	12.29	150×150×15	210	12
2UNP 300	13.70	150×150×15	260	13

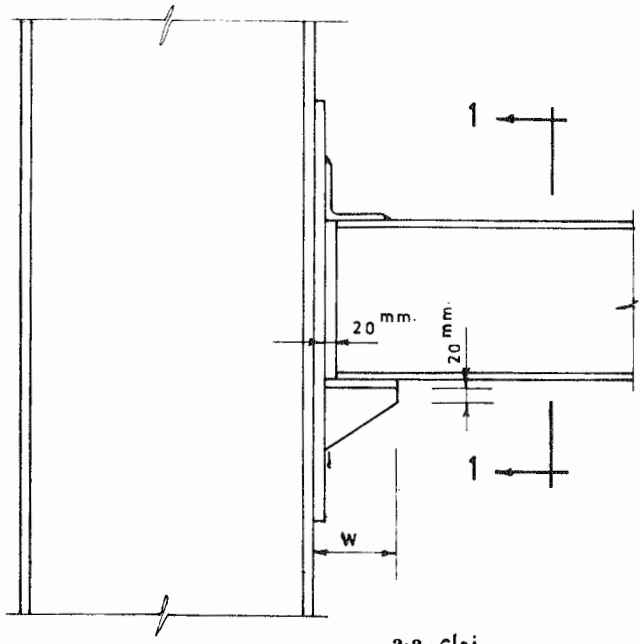
۶ـ۳ـ اتصال سادهٔ تیرهای زوج با نشیمن تقویت‌شده

اتصال نبشی نشیمن بدون تقویت نمی‌تواند بارهای سنگین را تحمل ومنتقل سازد. لذا برای جبران ضعف این‌گونه اتصالات معمولاً آنها را با یک یا چند ورق در زیر تکیه‌گاه تقویت می‌سازند. این ورقهای تقویتی علاوه بر جلوگیری از خمش تکیه‌گاه می‌توانند بر طول جوش اتصال نیز بیافزاید. شکل ۶ـ۳ جزئیات نشیمن سخت شده را به‌نمایش می‌گذارد.

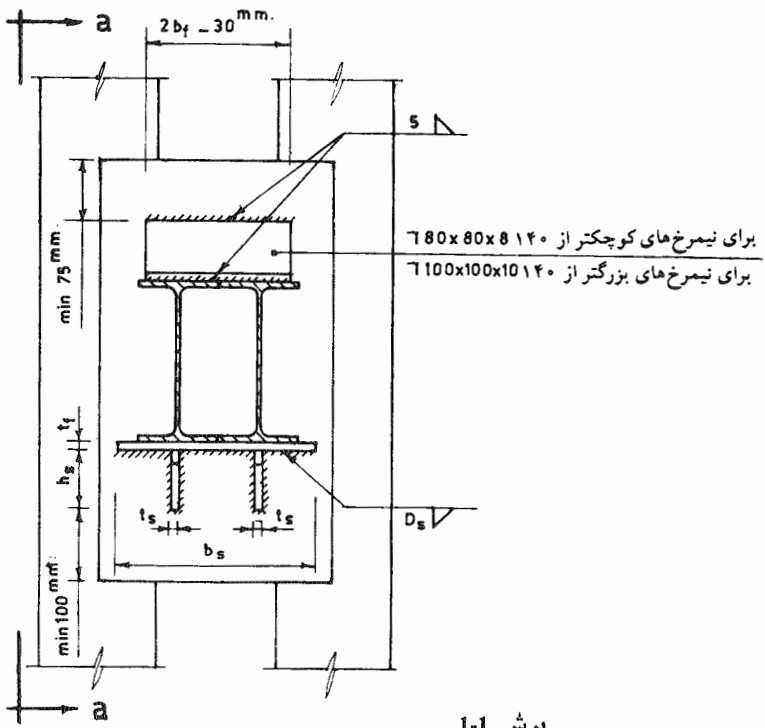
با این‌که این اتصالات برای نیمرخ‌های تک هم قبل استفاده است ولی نیمرخ‌های زوج به‌دلیل عکس‌العمل های تکیه‌گاهی بالاترشان نیاز بیشتری به‌تکیه‌گاههای تقویت شده دارند.

لذا در جداول شماره ۶ـ۷، ۶ـ۸، ۶ـ۹ مشخصات این نشیمن به‌ترتیب برای نیمرخ‌های 2IPE، 2CIPE و 2UNP ارائه شده است.

در محاسبه این اتصالات جوش برای برش و خمش ناشی از خروج از مرکزیت بار طراحی گردیده است. عکس‌العمل تکیه‌گاهی مطابق توصیه بلاجت مثلثی و قاعده آن به‌سمت دهانه تیر فرض گردیده است. ابعاد ورق تقویت طوری انتخاب شده‌اند که در اثر نیروی فشاری دچار کمانش نگردند.



نمای a-a



برش 1-1

شکل ۶-۳- جزییات نشیمن سخت‌شده برای تیرهای زوج

جدول ۶-۷- مشخصات نشیمن سخت‌شده در اتصال سادهٔ نیمرخهای زوج 2IPE($l \geq 15h$)

نیمرخ	واکنش تکیه‌گاهی نظیر ظرفیت خمشی تیر (ton)	ضخامت سخت کننده‌ها t_s(mm)	ضخامت ورق نشیمن t_f(mm)	عرض نشیمن سخت شده w(mm)	طول نشیمن سخت شده b_s(mm)	ارتفاع نشیمن سخت شده h_s(mm)	اندازهٔ جوش D_s(mm)
2IPE 100	2.63	8	6	80	130	80	5
2IPE 120	3.39	8	8	80	150	90	5
2IPE 140	4.24	10	8	100	170	100	7
2IPE 160	5.23	10	8	100	180	110	7
2IPE 180	6.23	10	8	100	200	120	7
2IPE 200	7.45	10	10	100	220	130	7
2IPE 220	8.80	12	10	120	240	140	8
2IPE 240	10.37	12	10	120	260	150	8
2IPE 270	12.20	12	12	120	290	170	8
2IPE 300	14.26	12	12	120	320	180	8

جدول ۶ـ۸ ـ مشخصات نشیمن سخت‌شده در اتصال سادهٔ نیمرخهای زوج 2CIPE(l≥15h)

نیمرخ	واکنش تکیه‌گاهی نظیر ظرفیت خمشی تیر (ton)	ضخامت سخت کننده‌ها t_s(mm)	ضخامت ورق نشیمن t_f(mm)	عرض نشیمن سخت شده w(mm)	طول نشیمن سخت شده b_s(mm)	ارتفاع نشیمن سخت شده h_s(mm)	اندازهٔ جوش D_s(mm)
2CIPE 140	4.39	10	8	100	170	100	7
2CIPE 160	5.41	10	8	100	180	110	7
2CIPE 180	6.46	10	8	100	200	120	7
2CIPE 200	7.71	10	10	100	220	130	7
2CIPE 220	9.12	12	10	120	240	140	8
2CIPE 240	10.73	12	10	120	260	160	8
2CIPE 270	12.61	12	12	120	290	170	8
2CIPE 300	14.71	12	12	120	320	180	8

جدول ۶ـ۹ـ مشخصات نشیمن سخت‌شده در اتصال سادهٔ نیمرخهای زوج 2UNP ($l \geq 15h$)

نیمرخ	واکنش تکیه‌گاهی نظیر ظرفیت خمشی تیر (ton)	ضخامت سخت کننده‌ها t_s(mm)	ضخامت ورق نشیمن t_f(mm)	عرض نشیمن سخت شده w(mm)	طول نشیمن سخت شده b_s(mm)	ارتفاع نشیمن سخت شده h_s(mm)	اندازهٔ جوش D_s(mm)
2UNP 100	3.16	8	10	80	120	80	6
2UNP 120	3.88	8	10	80	130	90	6
2UNP 140	4.74	10	10	100	140	100	7
2UNP 160	5.57	10	12	100	150	110	7
2UNP 180	6.40	10	12	100	160	120	7
2UNP 200	7.33	10	12	100	170	130	7
2UNP 220	8.55	12	14	120	180	140	8
2UNP 240	9.60	12	14	120	190	150	8
2UNP 260	10.96	12	14	120	200	160	8
2UNP 280	12.29	12	16	120	210	170	8
2UNP 300	13.70	12	16	120	220	180	8

فصل ۷

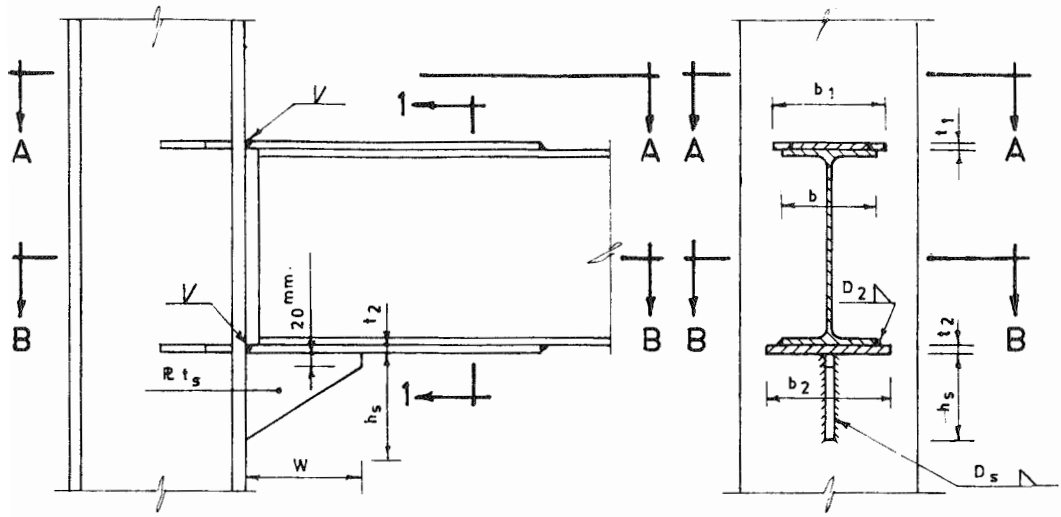
اتصال گیردار تیر به‌ستون (تیرهای تک)

در این فصل اتصال گیردار نیمرخهای تک IPE و CIPE (IPE لانه زنبوری) مورد توجه قرار گرفته است. در شکل ۷ـ۱ شکل کلی اتصال و در جداول ۷ـ۱ و ۷ـ۲ مشخصات هندسی ورقهای فوقانی و تحتانی و جوشهای مربوط به‌ترتیب برای نیمرخهای IPE و CIPE ارائه شده است. برای انتقال برش دو جزییات نشیمن سخت شده و نبشی جان در نظر گرفته شده است. در جداول ۷ـ۳ و ۷ـ۴ مشخصات نشیمن سخت شده و در جداول ۷ـ۵ و ۷ـ۶ مشخصات نبشی جان برای انتقال برش* (با $\frac{l}{h}>15$) ارائه شده است. انتخاب یکی از این جزییات برای انتقال برش کافی می‌باشد. فرض شده است که ورقهای بالا و پایین و جوشهای اتصال با شکل‌پذیری کافی بتوانند حداکثر نیروهای ناشی از خمش در بالها را تحمل نموده و آنها را منتقل سازند.

کنترل لزوم وجود سخت‌کننده در اتصالات گیردار یکی از موارد مهم است، اما چون برای کنترل آن مشخصات ستون هم وارد می‌شوند، کنترل آن را به‌عهدهٔ کاربر نهاده‌ایم.

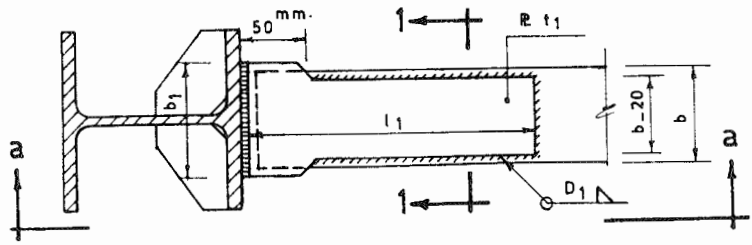
---

* *برش مبنای طراحی واکنش تیر دوسر گیردار، نظیر مقاومت خمشی (فصل سوم) انتخاب شده است.*

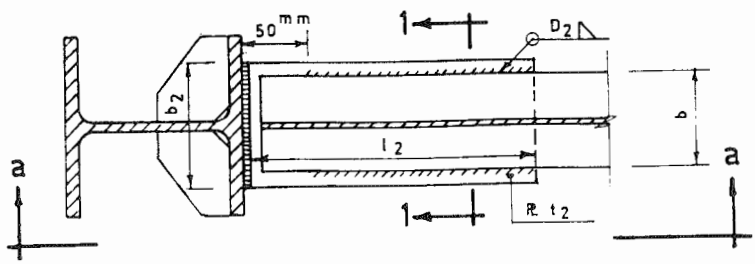


نمای a-a

برش 1-1

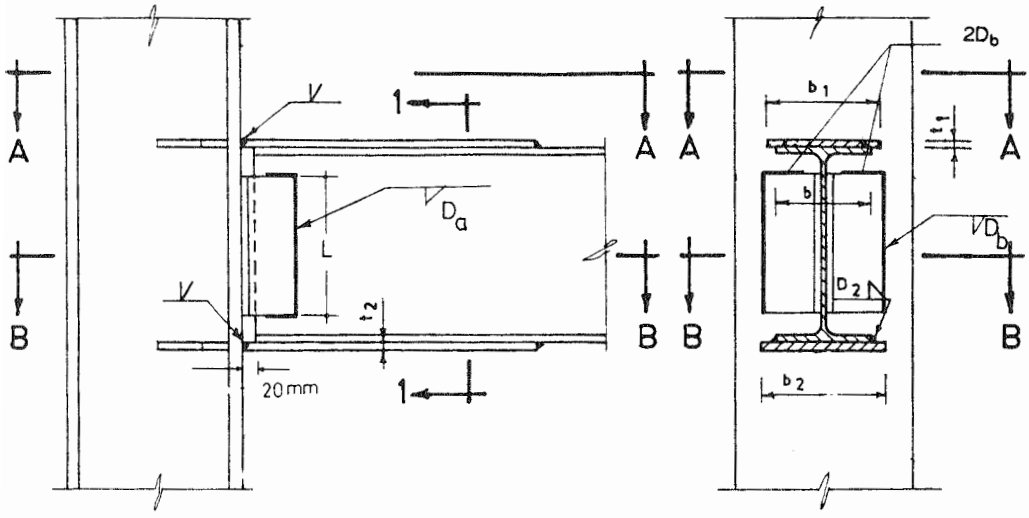


برش A-A



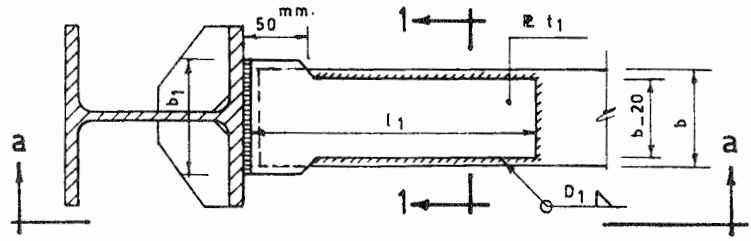
برش B-B

شکل ۷-۱-الف - اتصال گیردار با نشیمن سخت‌شده

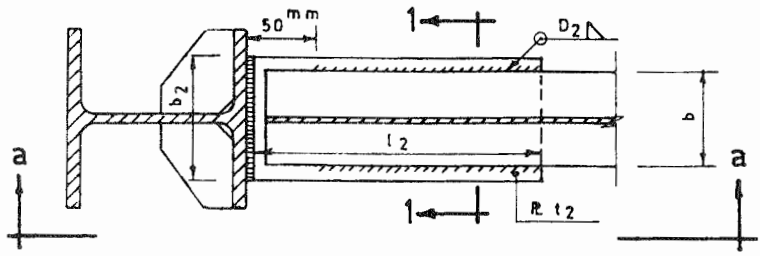


نمای a-a

برش 1-1



برش A-A



برش B-B

شکل ۷-۱-ب - اتصال گیردار با نبشی جان

جدول ۷-۱- مشخصات ورقهای فوقانی و تحتانی و جوشهای مربوطه برای اتصال گیردار تیرهای تک IPE

نیمرخ	ورق فوقانی				ورق تحتانی			
	ضخامت t_1(mm)	پهنای کله b_1(mm)	طول l_1(mm)	اندازه جوش D_1(mm)	ضخامت t_2(mm)	پهنا b_2(mm)	طول l_2(mm)	اندازهٔ جوش D_2(mm)
IPE 100	12	55	170	4	6	75	170	4
IPE 120	12	65	190	4	6	85	190	5
IPE 140	12	75	200	4	8	95	200	5
IPE 160	14	85	220	5	8	105	220	6
IPE 180	14	95	230	5	10	110	230	6
IPE 200	16	110	240	6	10	120	240	7
IPE 220	16	130	260	6	12	130	260	7
IPE 240	16	140	270	7	12	140	270	8
IPE 270	16	155	290	7	12	155	290	9
IPE 300	18	170	310	7	14	170	310	9

جدول ۷-۲- مشخصات ورقهای فوقانی و تحتانی و جوشهای مربوطه برای اتصال گیردار تیرهای لانه زنبوری تک CIPE

نیمرخ	ورق فوقانی				ورق تحتانی			
	ضخامت t_1(mm)	پهنای کله b_1(mm)	طول l_1(mm)	اندازه جوش D_1(mm)	ضخامت t_2(mm)	پهنا b_2(mm)	طول l_2(mm)	اندازهٔ جوش D_2(mm)
CIPE 140	14	95	200	4	8	95	200	5
CIPE 160	14	105	220	5	8	105	220	6
CIPE 180	14	110	230	5	10	110	230	6
CIPE 200	16	120	240	6	10	120	240	7
CIPE 220	16	130	260	6	12	130	260	8
CIPE 240	16	140	270	7	12	140	270	8
CIPE 270	18	155	290	7	14	155	290	9

جدول ۷-۳- مشخصات نشیمن سخت‌شده در اتصال گیردار نیمرخهای تک IPE($l \geq 15h$)

نیمرخ	واکنش تکیه‌گاهی نظیر ظرفیت خمشی تیر (ton)	ضخامت سخت کننده t_s(mm)	عرض نشیمن سخت شده w(mm)	ارتفاع سخت کننده h_s(mm)	اندازهٔ جوش D_s(mm)
IPE 100	1.97	8	80	60	6
IPE 120	2.54	8	80	70	6
IPE 140	3.18	10	100	80	7
IPE 160	3.92	10	100	90	7
IPE 180	4.67	10	100	90	7
IPE 200	5.59	10	100	100	7
IPE 220	6.60	12	120	110	8
IPE 240	7.78	12	120	120	8
IPE 270	9.15	12	120	130	8
IPE 300	10.69	12	120	140	8

جدول ۷-۴- مشخصات نشیمن سخت‌شده در اتصال گیردار نیمرخهای تک CIPE($l \geq 15h$)

نیمرخ	واکنش تکیه‌گاهی نظیر ظرفیت خمشی تیر (ton)	ضخامت سخت کننده t_s(mm)	عرض نشیمن سخت شده w(mm)	ارتفاع سخت کننده h_s(mm)	اندازهٔ جوش D_s(mm)
CIPE 140	3.29	10	100	80	7
CIPE 160	4.06	10	100	90	7
CIPE 180	4.84	10	100	100	7
CIPE 200	5.78	10	100	100	7
CIPE 220	6.84	12	120	120	8
CIPE 240	8.05	12	120	130	8
CIPE 270	9.46	12	120	130	8
CIPE 300	11.03	12	120	140	8

در هنگام استفاده از نشیمن سخت شده برای انتقال برش، استفاده از یک نبشی جان با اندازهٔ اسمی، برای اتصال قابل توصیه است.

جدول ۷-۵ ـ مشخصات نبشی جان در اتصال گیردار نیمرخهای تک IPE(l≥15h)

نیمرخ	واکنش تکیه‌گاهی نظیر ظرفیت خمشی تیر (ton)	طول نبشی L(mm)	شمارهٔ نبشی (mm)	اندازهٔ جوش A D_a(mm)	اندازهٔ جوش B D_b(mm)
IPE 100	1.97	–	–	–	–
IPE 120	2.54	–	–	–	–
IPE 140	3.18	–	–	–	–
IPE 160	3.92	–	–	–	–
IPE 180	4.67	145	120×120×12	3	10
IPE 200	5.59	160	120×120×12	4	10
IPE 220	6.60	175	120×120×12	4	10
IPE 240	7.78	190	120×120×12	4	10
IPE 270	9.15	210	120×120×12	4	10
IPE 300	10.70	240	120×120×12	5	10

* وجود خط تیره به‌این معناست که طول موجود برای نبشی جان کافی برای انتقال برش نیست.

جدول ۷-۶ ـ مشخصات نبشی جان در اتصال گیردار نیمرخهای تک CIPE(l≥15h)

نیمرخ	واکنش تکیه‌گاهی نظیر ظرفیت خمشی تیر (ton)	طول نبشی L(mm)	شمارهٔ نبشی (mm)	اندازهٔ جوش A D_a(mm)	اندازهٔ جوش B D_b(mm)
CIPE 140	4.94	180	80×80×8	3	6
CIPE 160	6.08	200	80×80×8	4	6
CIPE 180	7.26	220	100×100×10	4	7
CIPE 200	8.67	240	100×100×10	4	7
CIPE 220	10.26	260	100×100×10	4	7
CIPE 240	12.07	280	120×120×12	4	8
CIPE 270	14.19	310	120×120×12	5	8
CIPE 300	16.55	350	120×120×12	5	8

فصل ۸

اتصال گیردار تیر به ستون (تیرهای زوج)

در این فصل اتصال گیردار نیمرخهای زوج 2IPE، 2CIPE (لانه زنبوری) و 2UNP مورد توجه قرار گرفته است. در شکل ۸ـ۱ شکل کلی اتصال و در جداول ۸ـ۱، ۸ـ۲ و ۸ـ۳ مشخصات هندسی ورقهای فوقانی و تحتانی و جوشهای مربوط به‌ترتیب برای نیمرخهای 2IPE، 2CIPE و 2UNP ارائه شده است. برای انتقال برش فقط جزییات نشیمن سخت‌شده منظور شده، چون جزییات با نبشی جان قادر به انتقال نیروی برشی کل نمی‌باشد (جداول ۸ـ۴ ، ۸ـ۵و ۸ـ۶). برای اینکه اتصال به‌ظرفیت کامل خمیری برسد، استفاده از دو نبشی جان با اندازهٔ اسمی در دو طرف اتصال قابل توصیه می‌باشد. البته باید توجه داشت که این نبشی جان نقشی در انتقال برش ندارد.

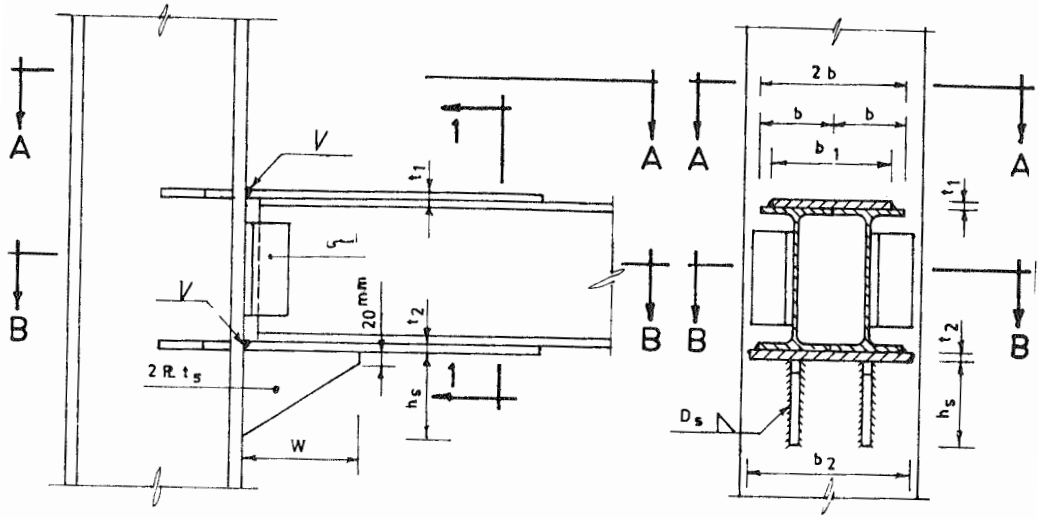
کنترل لزوم وجود سخت‌کننده در اتصالات گیردار یکی از موارد مهم است، اما چون برای کنترل آن مشخصات ستون هم وارد می‌شوند، کنترل آن را به‌عهدهٔ کاربر نهاده‌ایم.

جدول ۸ ـ ۱ ـ اتصال گیردار نیمرخ زوج 2IPE

نیمرخ	ورق فوقانی				ورق تحتانی			
	ضخامت t_1(mm)	پهنای کله b_1(mm)	طول l_1(mm)	اندازه جوش D_1(mm)	ضخامت t_2(mm)	پهنا b_2(mm)	طول l_2(mm)	اندازهٔ جوش D_2(mm)
2IPE 100	12	90	270	4	6	140	270	4
2IPE 120	12	110	300	4	8	160	300	5
2IPE 140	14	125	330	4	8	180	330	5
2IPE 160	14	145	360	5	8	200	360	6
2IPE 180	16	165	390	5	10	215	390	6
2IPE 200	16	180	420	6	10	230	420	7
2IPE 220	18	200	450	6	12	250	450	7
2IPE 240	18	220	480	7	12	270	480	8
2IPE 270	20	250	520	7	14	300	520	9
2IPE 300	20	280	570	7	14	330	570	9

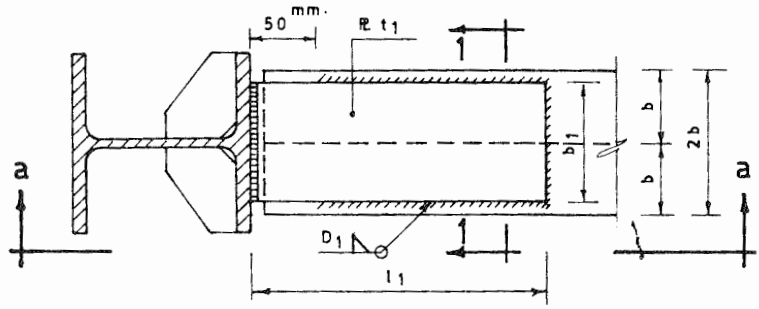
جدول ۸ ـ ۲ ـ اتصال گیردار نیمرخ زوج 2CIPE

نیمرخ	ورق فوقانی				ورق تحتانی			
	ضخامت t_1(mm)	پهنای کله b_1(mm)	طول l_1(mm)	اندازه جوش D_1(mm)	ضخامت t_2(mm)	پهنا b_2(mm)	طول l_2(mm)	اندازهٔ جوش D_2(mm)
2CIPE 140	14	125	330	5	8	175	330	5
2CIPE 160	16	145	360	5	10	195	360	6
2CIPE 180	16	165	390	5	10	215	390	7
2CIPE 200	18	180	420	6	10	230	420	7
2CIPE 220	18	200	450	6	12	250	450	8
2CIPE 240	20	220	480	7	12	270	480	8
2CIPE 270	20	250	520	7	14	300	520	9
2CIPE 300	20	280	570	8	14	330	570	9

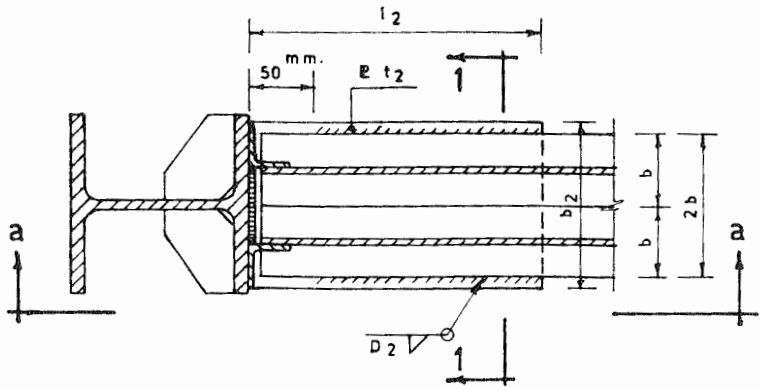


نمای a-a

برش a-a



برش A-A



برش B-B

شکل ۸ـ۱

جدول ۸ ـ۳ـ اتصال گیردار نیمرخ زوج 2UNP

نیمرخ	ورق فوقانی				ورق تحتانی			
	ضخامت t_1(mm)	پهنای کله b_1(mm)	طول l_1(mm)	اندازه جوش D_1(mm)	ضخامت t_2(mm)	پهنا b_2(mm)	طول l_2(mm)	اندازهٔ جوش D_2(mm)
2UNP 100	12	100	210	6	8	130	210	7
2UNP 120	14	110	230	6	10	140	230	7
2UNP 140	16	120	250	7	10	150	250	8
2UNP 160	18	130	260	7	12	160	260	9
2UNP 180	18	140	280	8	12	170	280	10
2UNP 200	20	150	290	8	14	180	290	10
2UNP 220	22	160	310	9	14	190	310	11
2UNP 240	22	170	330	9	16	200	330	12
2UNP 260	24	180	340	10	16	210	340	13
2UNP 280	26	190	360	10	18	220	360	13
2UNP 300	26	200	370	11	18	230	370	14

جدول ۸ـ۴ـ مشخصات نشیمن سخت‌شده در اتصال گیردار نیمرخهای زوج 2IPE ($l \geq 15h$)

نیمرخ	واکنش تکیه‌گاهی نظیر ظرفیت خمشی تیر (ton)	ضخامت سخت کننده t_s(mm)	عرض نشیمن سخت شده w(mm)	ارتفاع سخت کننده h_s(mm)	اندازهٔ جوش D_s(mm)
2IPE 100	3.94	8	80	60	6
2IPE 120	5.09	8	80	70	6
2IPE 140	6.36	10	100	80	7
2IPE 160	7.85	10	100	90	7
2IPE 180	9.34	10	100	90	7
2IPE 200	11.17	10	100	100	7
2IPE 220	13.20	10	120	120	8
2IPE 240	15.55	10	120	130	8
2IPE 270	18.30	12	120	130	8
2IPE 300	21.39	12	120	140	8

جدول ۸ ـ ۵ ـ مشخصات نشیمن سخت‌شده در اتصال گیردار نیمرخهای زوج 2CIPE ($l \geq 15h$)

نیمرخ	واکنش تکیه‌گاهی نظیر ظرفیت خمشی تیر (ton)	ضخامت سخت کننده t_s(mm)	عرض نشیمن سخت شده w(mm)	ارتفاع سخت کننده h_s(mm)	اندازهٔ جوش D_s(mm)
2CIPE 140	6.58	10	100	80	7
2CIPE 160	8.11	10	100	90	7
2CIPE 180	9.69	10	100	100	7
2CIPE 200	11.56	10	100	110	7
2CIPE 220	13.68	12	120	120	8
2CIPE 240	16.10	12	120	130	8
2CIPE 270	18.92	12	120	140	8
2CIPE 300	22.07	12	120	140	8

جدول ۸ ـ ۶ ـ مشخصات نشیمن سخت‌شده در اتصال گیردار نیمرخهای زوج 2UNP ($l \geq 15h$)

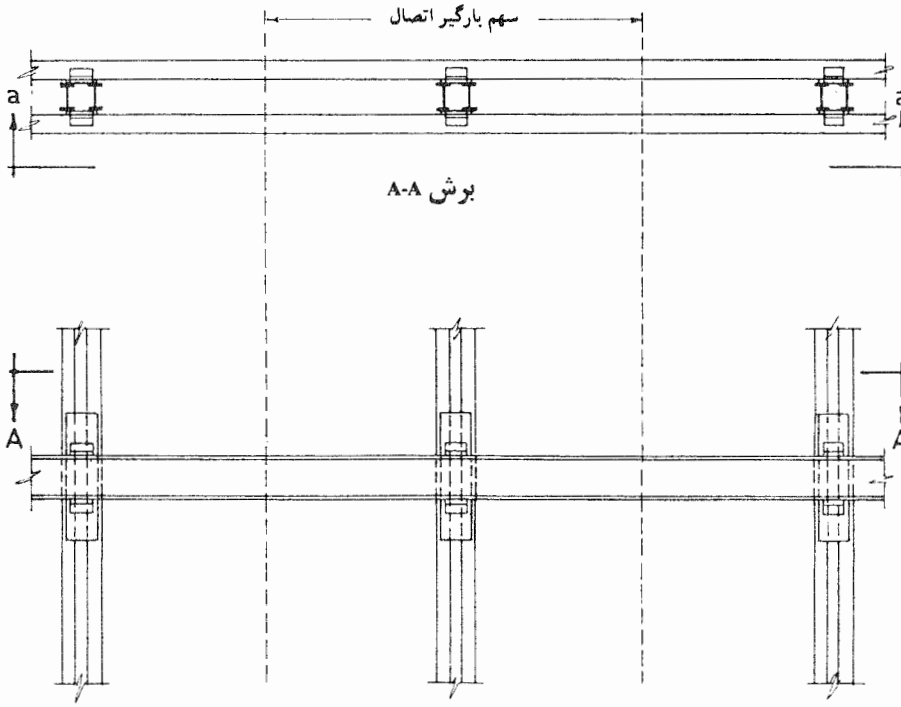
نیمرخ	واکنش تکیه‌گاهی نظیر ظرفیت خمشی تیر (ton)	ضخامت سخت کننده t_s(mm)	عرض نشیمن سخت شده w(mm)	ارتفاع سخت کننده h_s(mm)	اندازهٔ جوش D_s(mm)
2UNP 100	4.75	8	80	70	6
2UNP 120	5.83	10	80	70	7
		8	80	80	6
2UNP 140	7.11	10	100	90	7
2UNP 160	8.35	10	100	100	7
2UNP 180	9.60	10	100	110	7
2UNP 200	11.00	10	100	120	7
2UNP 220	12.83	12	120	130	8
		14	120	110	10
2UNP 240	14.40	12	120	140	8
		14	120	120	10
2UNP 260	16.44	12	120	150	8
		14	120	130	10
2UNP 280	18.43	12	120	160	8
		14	120	140	10
2UNP 300	20.54	14	120	170	8
		14	120	150	10

فصل ۹

اتصال خورجینی تیر به‌ستون

۹ـ۱ـ مقدمه

در اتصال خورجینی تیر به ستون، تیرها به‌طور یکسره از کنار ستون عبور کرده و از پایین به‌روی نبشی نشیمن نشسته و از بالا توسط نبشی کوچکتر نگه داشته می‌شوند (شکل ۹ـ۱). هر چند که با تعبیهٔ بعضی جزییات خاص می‌توان گیرداریهایی در اتصال به‌وجود آورد، لیکن اکثر قریب به‌اتفاق اتصالاتی که در عمل مورد استفاده قرار می‌گیرند، به هیچ‌وجه دارای شرایط صلبیت نمی‌باشند و رفتار آنها ساده است و باید در ساختمان سیستم مقاومی در مقابل بارهای جانبی، نظیر بادبند و یا دیوار برشی، تعبیه نمود. در این راهنما نیز فرض بر این است که اتصال خورجینی تیر به‌ستون ساده است و اجزای اتصال فقط برای واکنش قائم تکیه‌گاه طراحی می‌شوند. مزیت این اتصال، به اتصالات سادهٔ دیگر مثل اتصال با نبشی جان و یا اتصال نبشی نشیمن، استفاده از خواص یکسرگی در تیر است که باعث کاهش اساس مقطع لازم و هم‌چنین تغییر شکل و لرزش تیر می‌شود.



برش A-A

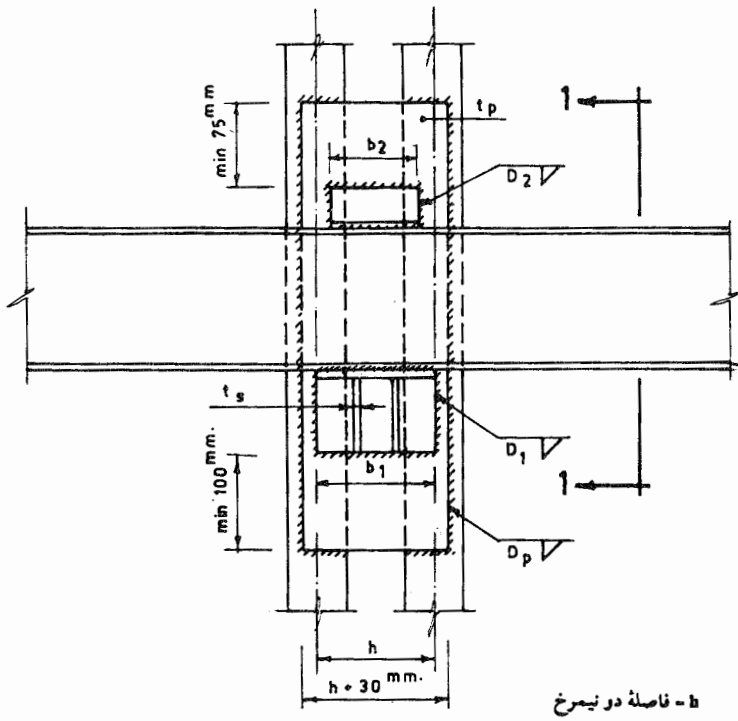
نمای B-B

۹ـ۲ـ واکنش تکیه‌گاهی

همان‌طور که شکل ۹ـ۱ نشان می‌دهد، نبشی نشیمن در اتصال خورجینی از هر دو دهانهٔ مجاور سهم می‌گیرد، در نتیجه مقدار واکنش تکیه‌گاهی هر تیر دوبرابر واکنش مندرج در جداول فصل دوم می‌باشد. به‌عنوان مثال اگر مقدار متوسط دو دهانهٔ مجاور برای یک نیمرخ IPE220 مساوی ۴ متر باشد، با استفاده از جدول ۲ـ۱ فصل دوم مقدار واکنش تکیه‌گاهی نظیر مقاومت خمشی نیمرخ IPE220 در دهانهٔ ۴ متر مساوی ۳/۶۳ تن به‌دست می‌آید که برای استفاده در اتصال خورجینی مقدار آن باید دوبرابر شود. یعنی مقدار واکنش به ۷/۲۶ تن می‌رسد. محاسبات این فصل نیز بر اساس $l \geq 15h$ انجام شده است.

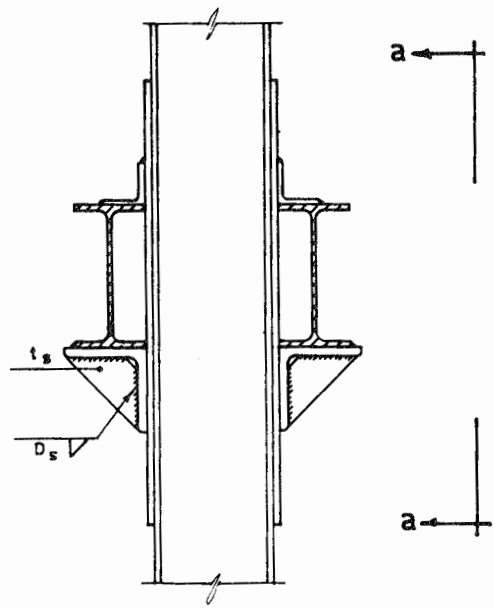
۹ـ۳ـ جداول استفادهٔ مستقیم

شکل ۹ـ۲ نشان‌دهندهٔ یک اتصال تیپ خورجینی می‌باشد. قابل ذکر است که در اتصال خورجینی به‌علت بزرگ بودن واکنش تکیه‌گاهی، در اغلب اوقات وجود سخت‌کننده در نبشی تحتانی الزامی است. لذا در جداول تنظیمی دو عرض b برای نبشی ارائه شده است. یکی برای حالت بدون سخت‌کننده و دیگری با وجود سخت‌کننده. در هنگام طراحی هر یک از این دو عرض که متناسب با وضعیت موجود باشد، می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. تذکر این نکته لازم است که بعضی از طولهای ذکر شده برای حالت بدون سخت‌کننده ممکن است مقدار غیرمنطقی به‌نظر برسد. به‌هر حال، اگر در ستون مربوط به‌سخت‌کننده اعدادی برای t_s و D_s مشاهده شد، بدین معناست که طول نبشی تحتانی با توجه به‌وجود سخت‌کننده داده شده است و اگر خط تیره مشاهده شد، بدین معناست که طول نبشی تحتانی بدون وجود سخت‌کننده می‌باشد.



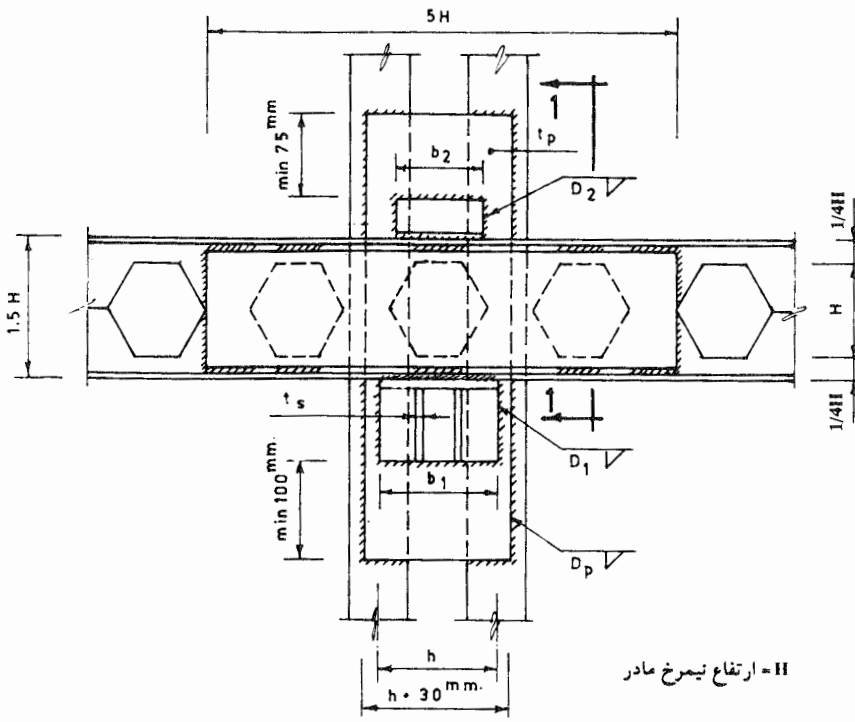
h = فاصلهٔ دو نیمرخ

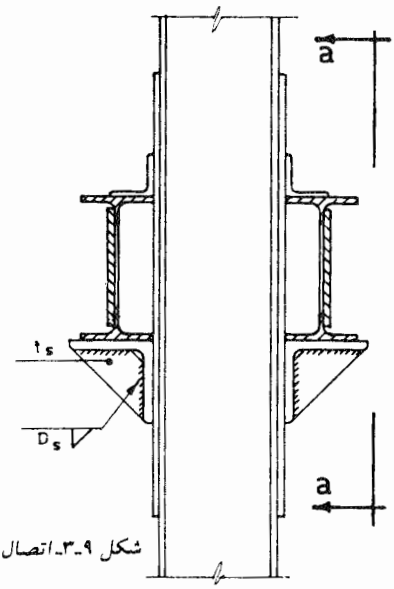
نمای a-a



برش 1-1

شکل ۹-۲-اتصال خورجینی برای نیمرخ‌های IPE





شکل ۹ـ۳ـ اتصال خورجینی برای نیمرخهای *CIPE*

جدول ۹ـ۱ـ اتصال خورجینی نیمرخهای IPE($l \geq 15h$)

	ورق اتصال به‌ستون		ورق سخت کننده		نبشی فوقانی			نبشی تحتانی			واکنش تکیه‌گاهی	نیمرخ
	D_1(mm)	t_P(mm)	D_S(mm)	t_S(mm)	D_2(mm)	b_2(mm)	شمارهٔ‌نبشی(mm)	D_1(mm)	b_1(mm)	شمارهٔ‌نبشی(mm)	(ton)	
–	3	6	–	–	3	70	40×40×4	3	70	80×80×8	2.63	IPE 100
–	3	6	–	–	3	90	40×40×4	3	90	100×100×10	3.39	IPE 120
–	4	6	–	–	3	120	50×50×5	4	120	120×120×12	4.24	IPE 140
–	4	8	–	–	4	120	60×60×6	4	190	120×120×12	5.23	IPE 160
با سخت‌کننده	4	8	3	6	4	120	60×60×6	4	120	120×120×12		
–	4	8	–	–	4	120	60×60×6	4	300	120×120×12	6.23	IPE 180
با سخت‌کننده	4	8	3	6	4	120	60×60×6	5	120	120×120×12		
با سخت‌کننده	5	10	4	8	6	140	80×80×8	6	140	120×120×12	7.45	IPE 200
با سخت‌کننده	5	10	4	8	6	160	80×80×8	6	160	120×120×12	8.80	IPE 220
با سخت‌کننده	5	12	5	10	6	180	100×100×10	6	180	120×120×12	10.37	IPE 240
با سخت‌کننده	5	12	5	10	6	160	100×100×10	8	160	150×150×15		
با سخت‌کننده	6	12	5	10	8	180	120×120×12	8	180	150×150×15	12.20	IPE 270
با سخت‌کننده	6	12	5	10	8	200	120×120×12	10	200	150×150×15	14.26	IPE 300

جدول ۹-۲-اتصال خورجینی نیمرخهای CIPE($l \geq 15h$)

نیمرخ	واکنش تکیه‌گاهی (ton)	نبشی تحتانی			نبشی فوقانی			ورق سخت کننده		ورق اتصال به‌ستون		
		شمارهٔ‌نبشی(mm)	b_1(mm)	D_1(mm)	شمارهٔ‌نبشی(mm)	b_2(mm)	D_2(mm)	t_S(mm)	D_S(mm)	t_P(mm)	D_P(mm)	
CIPE 140	6.58	120×120×12	170	4	50×50×5	120	3	–	–	6	4	–
CIPE 160	8.11	120×120×12	300	4	60×60×6	120	4	–	–	8	4	–
		120×120×12	120	5	60×60×6	120	4	6	3	8	4	با سخت‌کننده
CIPE 180	9.69	120×120×12	140	6	60×60×6	120	4	6	3	8	4	با سخت‌کننده
		150×150×15	260	4	60×60×6	120	4	–	–	8	4	–
CIPE 200	11.56	120×120×12	150	8	80×80×8	140	6	8	4	10	5	با سخت‌کننده
CIPE 220	13.68	120×120×12	170	10	80×80×8	160	6	8	4	10	5	با سخت‌کننده
CIPE 240	16.10	150×150×15	180	9	100×100×10	180	6	10	5	12	5	با سخت‌کننده
CIPE 270	18.92	150×150×15	400	10	120×120×12	180	8	10	5	12	6	با سخت‌کننده
CIPE 300	22.07	150×150×15	400	14	120×120×12	200	8	10	5	12	6	با سخت‌کننده

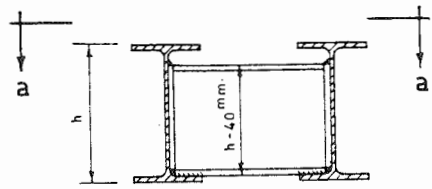
جدول ۹ـ۳ـ اتصال خورجینی نیمرخهای UNP ($l \geq 15h$)

	ورق اتصال به‌ستون		ورق سخت کننده		نبشی فوقانی			نبشی تحتانی			واکنش تکیه‌گاهی	نیمرخ
	D_P(mm)	t_P(mm)	D_S(mm)	t_S(mm)	D_2(mm)	b_2(mm)	شمارهٔ نبشی (mm)	D_1(mm)	b_1(mm)	شمارهٔ نبشی (mm)	(ton)	
–	3	6	–	–	3	80	40×40×4	3	80	80×80×8	3.16	UNP 100
–	3	6	–	–	3	100	40×40×4	3	100	100×100×10	4.00	UNP 120
–	4	6	–	–	3	120	50×50×5	4	160	120×120×12	5.00	UNP 140
–	4	8	–	–	4	120	60×60×6	4	190	120×120×12	5.20	UNP 160
–	4	8	–	–	4	120	60×60×6	4	120	120×120×12		
–	4	8	–	–	4	120	60×60×6	4	300	120×120×12	6.40	UNP 180
با سخت‌کننده	4	8	3	6	4	120	60×60×6	5	120	120×120×12		
با سخت‌کننده	5	10	4	8	6	140	70×70×7	6	140	120×120×12	7.34	UNP 200
با سخت‌کننده	5	12	4	8	6	160	70×70×7	6	160	120×120×12	9.00	UNP 220
با سخت‌کننده	5	12	5	10	6	160	80×80×8	6	180	120×120×12	9.80	UNP 240
با سخت‌کننده	6	12	5	10	6	160	80×80×8	8	180	120×120×12	10.68	UNP 260
با سخت‌کننده	6	12	5	10	8	160	80×80×8	8	180	120×120×12	12.20	UNP 280
با سخت‌کننده	6	12	5	10	8	160	80×80×8	10	180	120×120×12	13.70	UNP 300

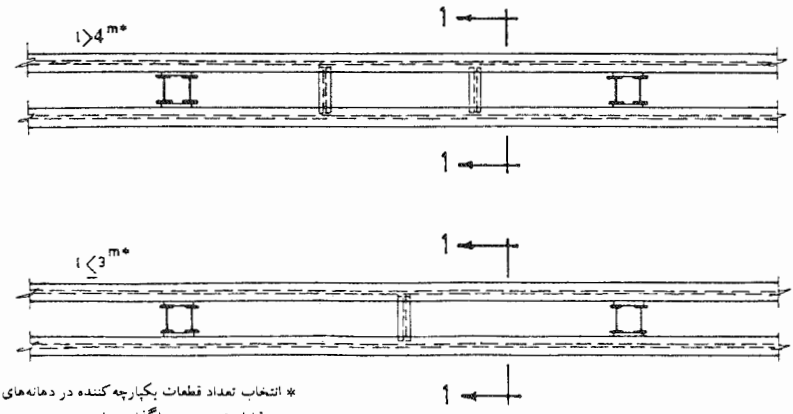
فصل ۱۰

اتصال عرضی دو تیر موازی

در اغلب ساختمانها با اسکلت فولادی مرسوم در ایران، شاهتیرها متشکل از دو تیر می‌باشند که به‌موازات یکدیگر از طرفین ستون گذشته و با اتصال خورجینی به‌ستون متصل می‌شوند. علاوه بر طرح مناسب اتصال خورجینی که در فصل گذشته مورد توجه قرار گرفت، تیرها باید با اتصال کافی به‌یکدیگر متصل شوند تا عملکرد خمشی آنها یکپارچه گردد. در شکل ۱۰-۱ یکی از اتصالات متداول نشان داده شده است که در آنها تیرهای زوج توسط یک نیمرخ عرضی با شماره‌ای در حدود یک تا دو شماره کوچکتر از نیمرخهای اصلی در نقاط وسط (دهانه‌های کوچک) یا $\frac{1}{3}$ دهانه (دهانه‌های بزرگتر) به‌یکدیگر متصل می‌شوند. در تیرهای زوج پیرامونی حداکثر فاصله این وصله‌ها ۱/۵ متر توصیه می‌شود. با این‌که می‌توان سختی لازم برای یکسان نمودن تغییر شکل‌های دو لنگهٔ تیر تحت بارهای وارد بر یک تیر را محاسبه نمود ولی تجربه نشان می‌دهد جزئیات ارائه شده بدون انجام محاسبه برای این منظور کفایت می‌نماید.



برش 1-1



* انتخاب تعداد قطعات یکپارچه کننده در دهانه‌های ۳-۴ متر به قضاوت مهندس واگذار می‌شود.

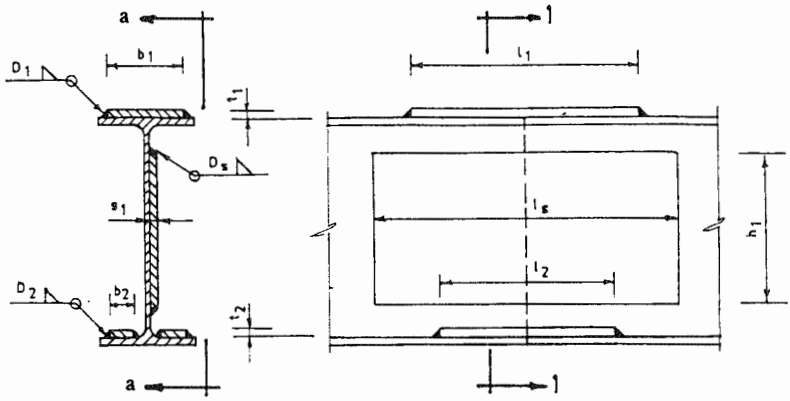
نمای a-a

شکل ۱۰-۱

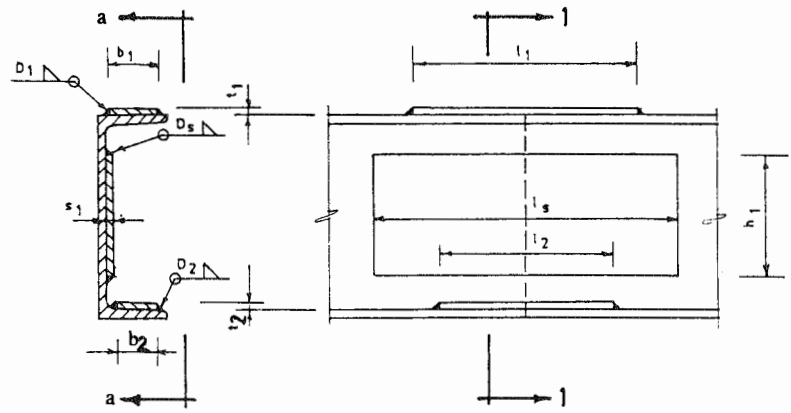
فصل ۱۱

وصله تیرها با ورق جان و بال

در این فصل، وصلهٔ تیرهای با نیمرخ IPE، CIPE و UNP مورد توجه قرار گرفته است. در شکل ۱۱-۱ شکل کلی وصلهٔ این تیرها و پارامترهای مورد استفاده به‌نمایش درآمده است. در جداول ۱۱-۱، ۱۱-۲، ۱۱-۳ مشخصات ورقهای فوقانی و تحتانی و ورق جان به‌ترتیب برای نیمرخ‌های IPE، CIPE و UNP نشان داده شده است.



الف - وصلهٔ تیرهای IPE و CIPE



برش 1-1 نمای a-a

ب - وصله تیرهای UNP

شکل ۱۱-۱

جدول ۱۱-۱ ـ مشخصات وصلهٔ تیرها برای نیمرخ *IPE*

نیمرخ	ورق فوقانی				ورق تحتانی				ورق جان			
	ضخامت t_1(mm)	پهنا b_1(mm)	طول l_1(mm)	اندازهٔجوش D_1(mm)	ضخامت t_2(mm)	پهنا b_2(mm)	طول l_2(mm)	اندازهٔجوش D_2(mm)	ضخامت s_1(mm)	پهنا h_1(mm)	طول l_s(mm)	اندازهٔجوش D_s(mm)
IPE 100	10	35	100	6	16	10	70	5	8	55	100	6
IPE 120	10	45	120	6	14	15	85	5	8	75	100	6
IPE 140	12	55	140	7	14	20	100	5	8	95	140	5
IPE 160	12	65	160	7	14	25	115	6	8	110	180	5
IPE 180	12	70	180	7	14	30	130	6	8	125	220	5
IPE 200	12	80	200	8	14	35	140	6	8	140	260	5
IPE 220	14	90	220	8	14	40	155	7	8	160	260	6
IPE 240	14	100	240	9	14	45	170	7	8	170	300	6
IPE 270	14	115	270	9	14	50	190	7	10	200	360	6
IPE 300	14	130	300	9	14	55	210	8	10	230	420	6

جدول ۱۱-۲ - مشخصات وصلهٔ تیرها برای نیمرخ *CIPE*

نیمرخ	ورق فوقانی				ورق تحتانی				ورق جان			
	ضخامت t_1(mm)	پهنا b_1(mm)	طول l_1(mm)	اندازهٔجوش D_1(mm)	ضخامت t_2(mm)	پهنا b_2(mm)	طول l_2(mm)	اندازهٔجوش D_2(mm)	ضخامت s_1(mm)	پهنا h_1(mm)	طول l_s(mm)	اندازهٔجوش D_s(mm)
CIPE 140	12	55	170	6	14	20	110	6	6	165	160	4
CIPE 160	12	65	200	6	14	25	120	6	6	190	220	4
CIPE 180	12	70	220	7	14	30	140	7	8	220	280	4
CIPE 200	12	80	240	7	14	35	150	7	8	240	340	4
CIPE 220	14	90	270	7	14	40	170	8	8	270	400	4
CIPE 240	14	100	290	8	14	45	180	8	8	290	460	4
CIPE 270	14	115	330	8	14	50	210	9	8	335	550	4
CIPE 300	14	130	360	8	14	55	230	9	8	380	640	4

جدول ۱۱-۳ـ مشخصات وصلهٔ تیرها برای نیمرخ *UNP*

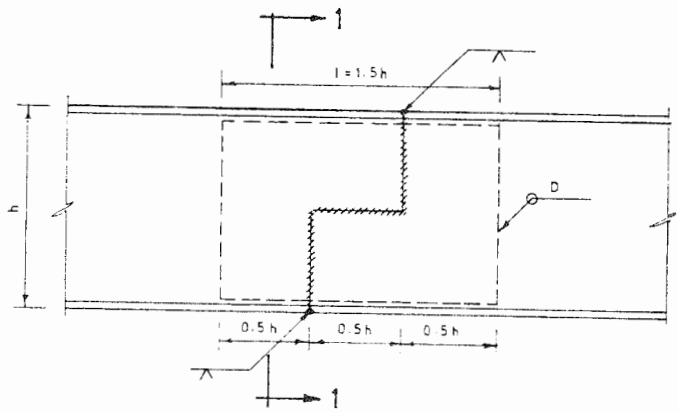
نیمرخ	ورق فوقانی				ورق تحتانی				ورق جان			
	ضخامت t_1(mm)	پهنا b_1(mm)	طول l_1(mm)	اندازهٔ‌جوش D_1(mm)	ضخامت t_2(mm)	پهنا b_2(mm)	طول l_2(mm)	اندازهٔ‌جوش D_2(mm)	ضخامت s_1(mm)	پهنا h_1(mm)	طول l_s(mm)	اندازهٔ‌جوش D_s(mm)
UNP 100	16	30	100	8	14	30	100	8	12	45	100	6
UNP 120	16	35	120	8	14	35	120	8	12	65	100	7
UNP 140	16	40	140	8	16	40	140	8	12	80	140	6
UNP 160	18	45	160	8	16	45	160	8	12	95	180	6
UNP 180	18	50	180	8	16	50	180	8	12	115	220	5
UNP 200	18	55	200	8	16	55	200	8	12	135	260	5
UNP 220	18	60	220	9	18	60	220	9	12	150	260	6
UNP 240	20	65	240	9	18	60	240	9	14	165	300	6
UNP 260	20	70	260	9	20	65	260	9	14	180	340	6
UNP 280	22	75	280	10	20	70	280	10	14	200	380	6
UNP 380	22	80	300	10	22	75	300	10	14	220	420	6

فصل ۱۲

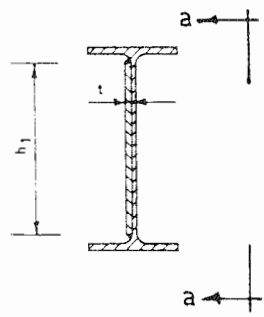
وصلهٔ مستقیم تیرها

در این فصل، وصلهٔ تیرها به‌صورت مستقیم و بدون استفاده از ورق‌های تحتانی و فوقانی مورد توجه قرار گرفته است. این شکل وصله بیشتر در مواردی که ملاحظات معماری اجازهٔ استفاده از ورق‌های تحتانی و فوقانی را نمی‌دهد قابل کاربرد است.

شکل ۱۲ـ۱ جزئیات وصلهٔ مستقیم تیرها و پارامترهای مورد استفاده را نشان می‌دهد، در جداول ۱۲ـ۱ و ۱۲ـ۲ مشخصات این اتصال به‌ترتیب برای نیمرخ‌های IPE و UNP آورده شده است.



نمای a-a



برش 1-1

شکل ۱۲ـ۱

جدول ۱۲-۱- مشخصات وصلهٔ مستقیم تیرهای *IPE*

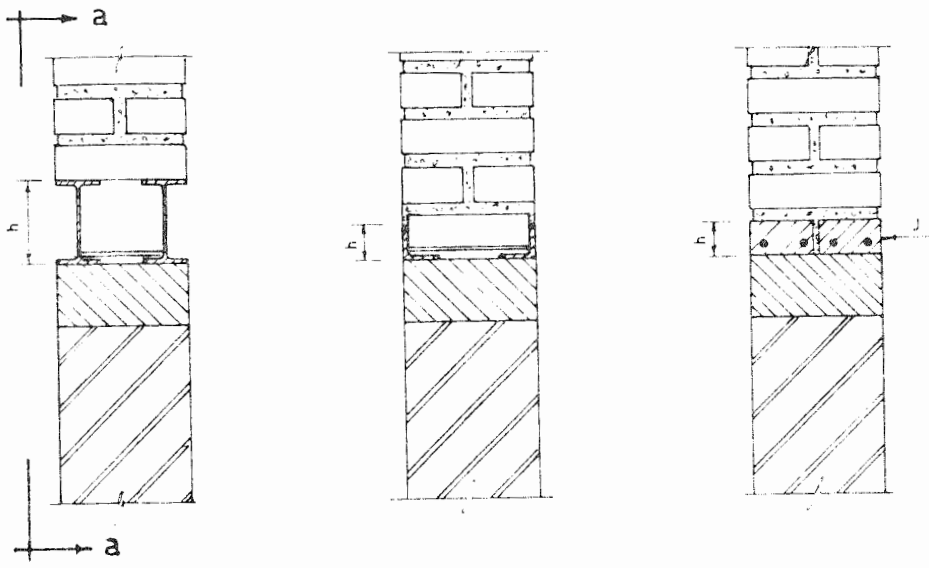
نیمرخ	ضخامت t(mm)	پهنا h_1(mm)	طول l(mm)	اندازهٔ جوش D(mm)
IPE 100	8	70	150	3
IPE 120	8	90	180	3
IPE 140	8	110	210	3
IPE 160	8	120	240	4
IPE 180	8	140	270	4
IPE 200	8	150	300	4
IPE 220	8	170	330	4
IPE 240	10	180	360	5
IPE 270	10	210	400	5
IPE 300	10	240	450	5

جدول ۱۲-۲- مشخصات وصلهٔ مستقیم تیرهای *UNP*

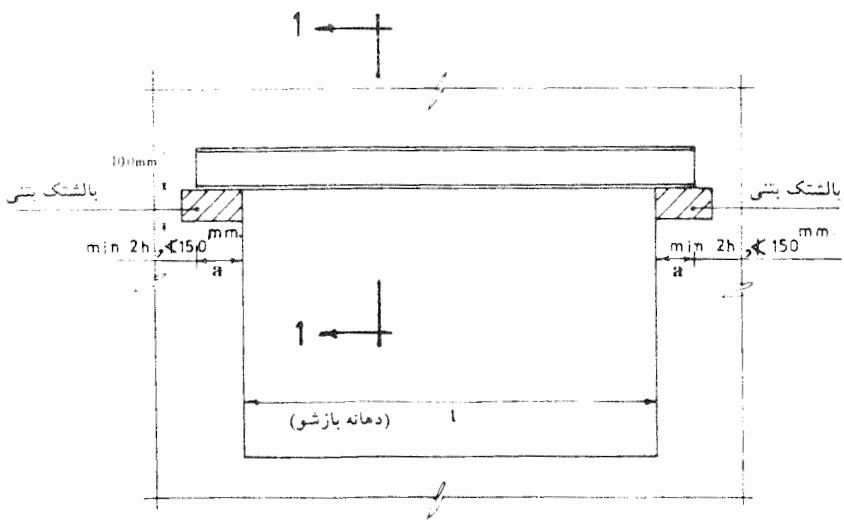
نیمرخ	ضخامت t(mm)	پهنا h_1(mm)	طول l(mm)	اندازهٔ جوش D(mm)
UNP 100	12	60	150	3
UNP 120	12	80	180	4
UNP 140	12	90	210	4
UNP 160	12	110	240	4
UNP 180	12	130	270	4
UNP 200	14	150	300	4
UNP 220	14	160	330	5
UNP 240	14	180	360	5
UNP 260	14	190	390	5
UNP 280	14	210	420	5
UNP 300	14	230	450	5

فصل ۱۳

نعل درگاهیها



برش 1-1



نمای a-a

توضیح ـ در صورتی‌که دهانه ـ یا نور از ۲/۰ متر کمتر ـ شد، می‌توان از بالشتک‌های بتنی صرف نظر نمود، مشروط بر آنکه طول تکیه گاههای طرفین (a) از ۲/۵h و از ۲۰۰ میلیمتر کمتر نباشد.

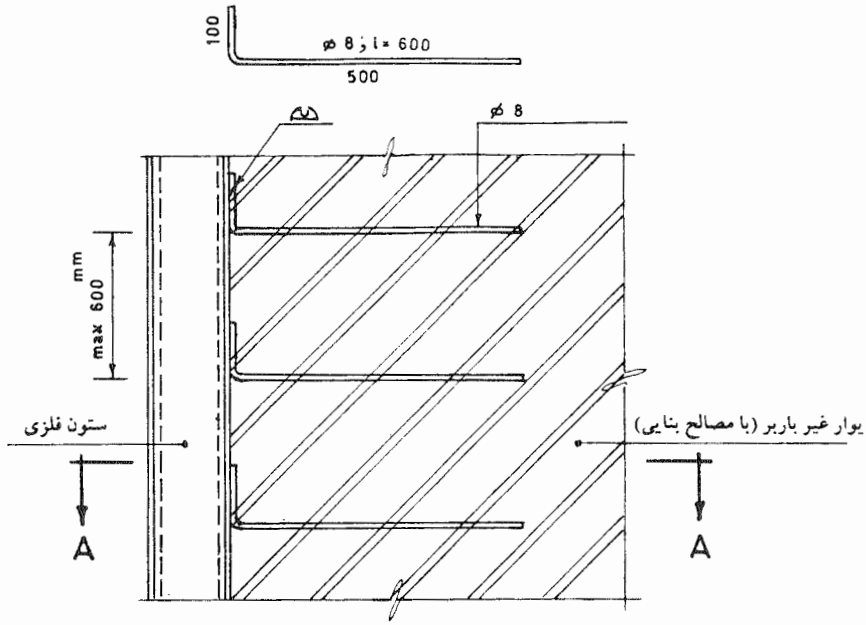
شکل ۱۳ـ۲

جدول ۱۳-۱- نیمرخهای مناسب برای نعل درگاه

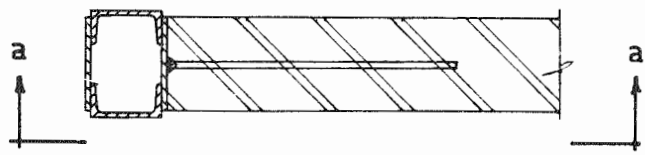
l(m)	ضخامت دیوار =11cm				ضخامت دیوار =22cm				ضخامت دیوار =35cm				ضخامت دیوار =45cm			
	S (cm^3)	J	2⌐	2IPE	S (cm^3)	J	2⌐	2IPE	S (cm^3)	J	2⌐	2IPE	S (cm^3)	J	2⌐	2IPE
				II				II				II				II
0.50	0.25	J6	40	–	0.50	2J6	40	–	0.80	3J6	40	–	1.0	4J6	40	–
0.75	0.59	J6	40	–	1.20	2J6	40	–	1.90	3J6	40	–	2.40	4J6	40	–
1.00	1.15	J6	40	–	2.30	2J6	40	–	3.70	3J6	50	–	4.70	4J6	50	–
1.25	1.99	J6	40	–	4.00	2J6	50	–	6.30	3J8	50	–	8.10	4J8	60	–
1.50	3.16	J8	40	–	6.30	2J8	50	–	10.0	3J8	60	–	12.9	4J10	70	–
1.75	4.70	J10	50	–	9.40	2J10	60	–	15.0	3J10	70	–	19.3	4J10	80	–
2.00	6.70	J10	50	–	13.4	2J12	70	–	21.4	3J10	80	–	27.5	4J12	80	80
2.25	9.20	J12	60	–	18.4	2J12	80	–	29.3	3J12	80	80	37.7	–	100	80
2.50	12.3	–	70	–	24.5	–	80	–	39.0	–	100	80	50.1	–	100	100
2.75	15.9	–	70	–	31.8	–	100	80	50.6	–	100	100	65.1	–	–	120
3.00	20.2	–	80	–	40.5	–	100	80	64.4	–	–	100	82.8	–	–	120
3.25	25.3	–	80	–	50.5	–	100	100	80.4	–	–	120	103.4	–	–	120
3.50	31.1	–	100	80	62.1	–	120	100	98.9	–	–	120	127.1	–	–	140
3.75	37.7	–	100	80	75.4	–	120	120	120.0	–	–	140	154.3	–	–	140
4.00	45.2	–	100	100	90.5	–	120	120	143.9	–	–	140	185.1	–	–	160

فصل ۱۴

جزییات مهار دیوارهای غیر باربر با مصالح بنایی به ستونهای فلزی



نمای a-a



برش A-A

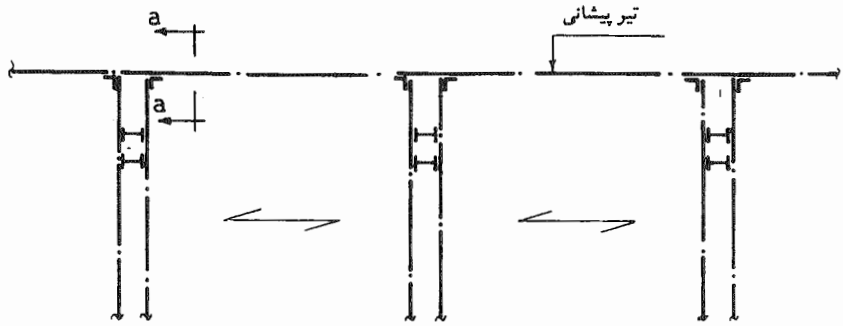
شکل ۱۴-۱- جزئیات تیپ مهار جانبی دیوارهای غیر باربر (با مصالح بنایی) به ستونهای فلزی

فصل ۱۵

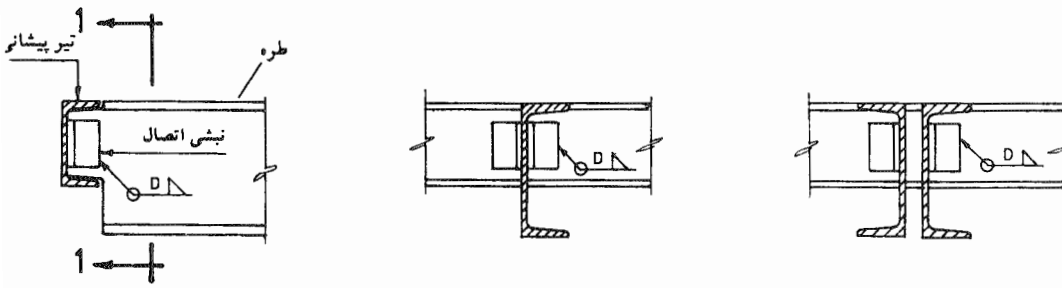
اتصال تیرهای پیشانی یکسره به‌انتهای تیر اصلی

در این فصل اتصالات تیرهای پیشانی از نوع نیمرخ ناودانی ارائه شده است.این تیرها معمولاً برای به‌هم بستن لبه طره‌ها به‌کار می‌رود (شکل ۱۵-۱). این اتصالات بر مبنای نیروی برشی نظیر ظرفیت خمشی تیرهای پیشانی (با $\frac{l}{h}>15$) تنظیم شده‌اند. بنابر این جوابگوی حالتی که از تیر پیشانی به‌عنوان باربر هم استفاده شده، می‌باشند. غالباً تیرهای پیشانی به‌عنوان باربر دیوار خارجی، دست‌انداز بام و گاهی مواقع قسمتی از بار کف مورد استفاده قرار می‌گیرند. از نبشی‌های معرفی شده می‌توان با اطمینان برای تیر پیشانی از نیمرخ IPE با شمارهٔ مشابه استفاده کرد.

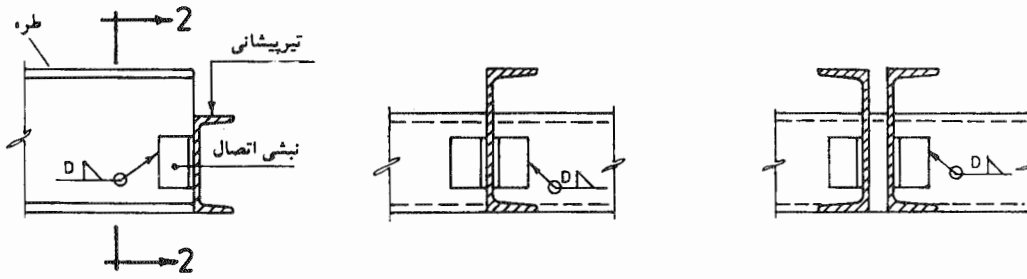
لازم به‌تذکر است که جوش نبشی به‌تیر پیشانی و تیر اصلی به‌صورت دور تادور می‌باشد.



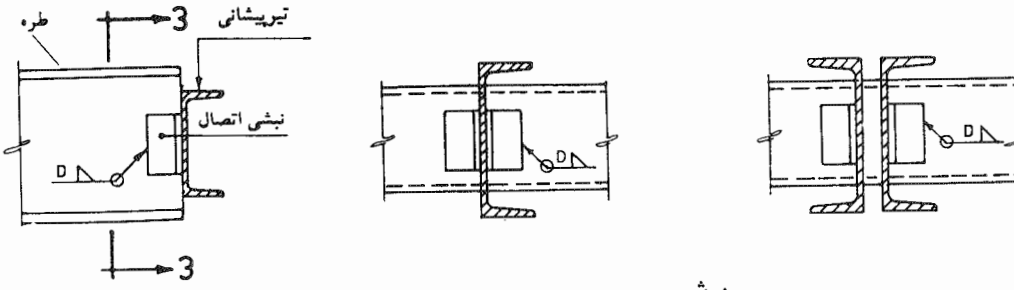
پلان



برش 1-1



برش 2-2



برش 3-3

برش a-a

شکل ۱۵-۱

جدول ۱۵-۱-اتصال تیرهای پیشانی یکسره به‌انتهای تیر اصلی

نیمرخ	شمارهٔ نبشی (mm)	ارتفاع‌نبشی l(mm)	اندازهٔ جوش D(mm)
UNP 100	60×60×6	60	5
UNP 120	60×60×6	80	5
UNP 140	60×60×6	90	5
UNP 160	60×60×6	110	5
UNP 180	80×80×8	130	5
UNP 200	80×80×8	150	5
UNP 220	80×80×8	170	5
UNP 240	100×100×10	170	6
UNP 260	100×100×10	190	6
UNP 280	100×100×10	190	7
UNP 300	100×100×10	200	7

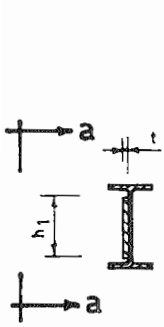
فصل ۱۶

جزییات ساخت تیرهای پله در محل خم‌ها

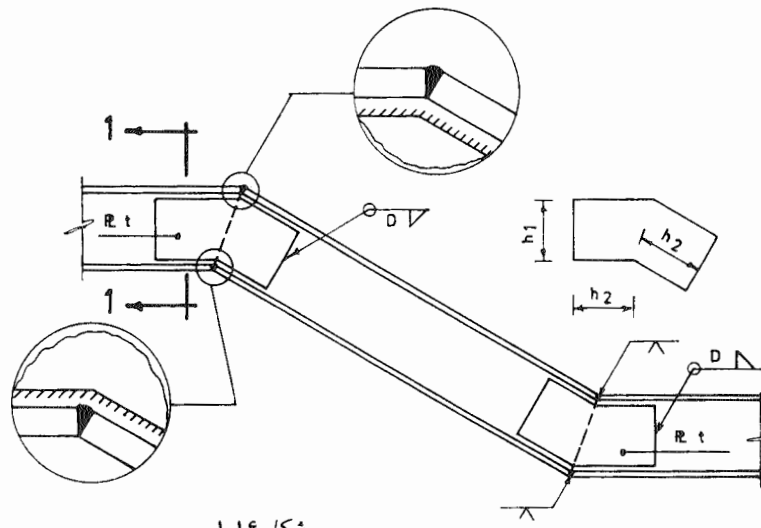
جزییات ساخت تیر پله در محل خیمه در شکل ۱۶-۱ به‌نمایش درآمده است.ورق وصله جان که در یک طرف جوش می‌شود و اتصال لب به‌لب بالها امکان برقراری یک اتصال تمام قدرت را فراهم می‌آورند. در جدول ۱۶-۱ ابعاد ورق وصله جان و جوش اتصال آن برای نیمرخ‌های IPE داده شده است.

جدول ۱۶-۱- جزئیات اتصال تیرهای پله در محل خم‌ها

نیمرخ	ضخامت ورق t(mm)	اندازهٔ جوش D(mm)	h_1(mm)	h_2(mm)
IPE 100	8	5	70	70
IPE 120	10	6	90	90
IPE 140	10	6	110	110
IPE 160	10	6	120	120
IPE 180	12	7	140	140
IPE 200	12	7	150	150



برش 1-1

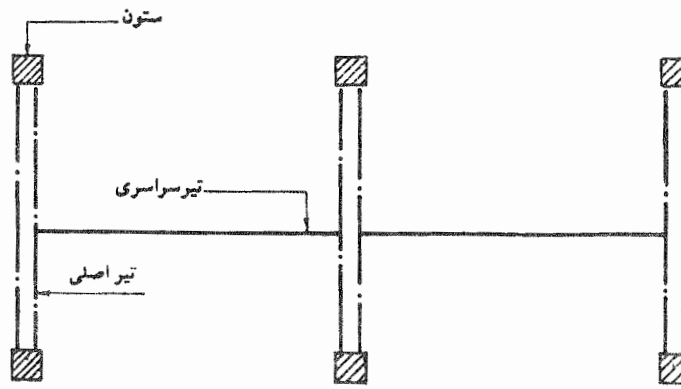


شکل ۱۶-۱

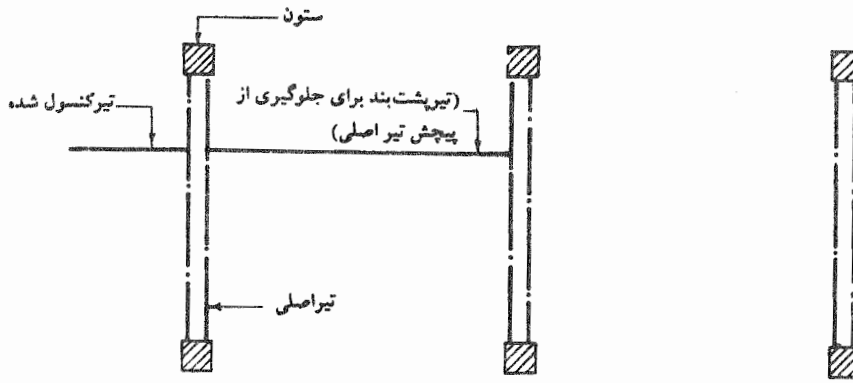
فصل ۱۷

اتصال تیرهای یکسره و یا کنسول شده از تیر اصلی با استفاده از صفحهٔ اتصال و تیر پشت‌بند

در بعضی موارد در ساختمان‌های فلزی لازم می‌شود که تیرها را به‌صورت سراسری از روی تیرهای اصلی بگذرانند (شکل ۱۷ـ۱). همچنین در پاره‌ای حالات، به‌خصوص در کناره‌ها، تیر را به‌صورت کنسول شده از تیر اصلی قرار می‌دهند که در این موارد معمولاً به‌منظور جلوگیری از پیچش تیر اصلی، تیر دیگری در امتداد تیر کنسول شده در یک دهانه نصب می‌نمایند (شکل ۱۷ـ۲).



شکل ۱۷ـ۱

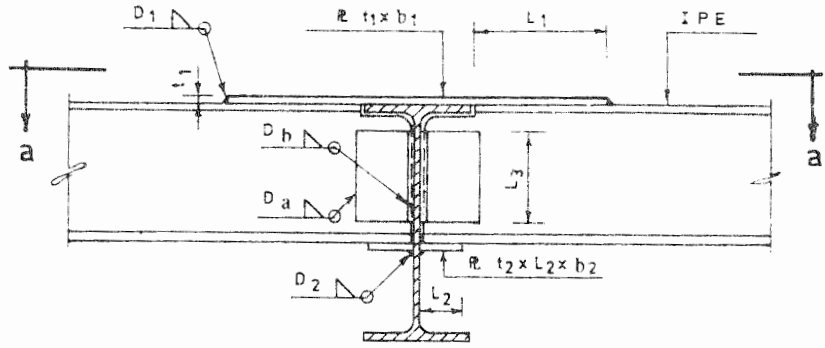


شکل ۱۷ـ۲

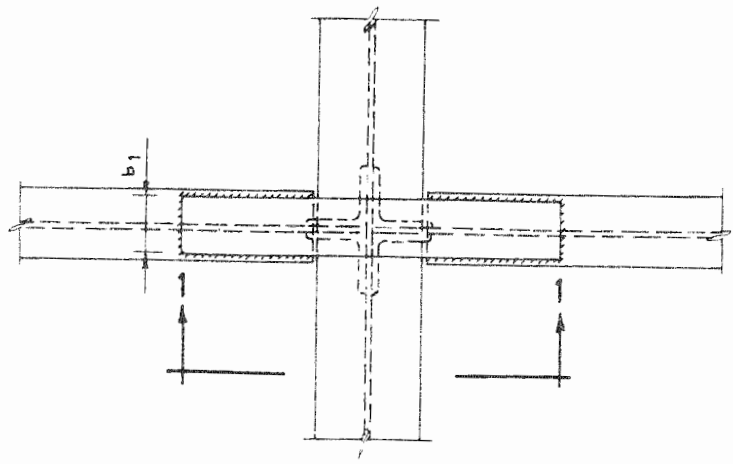
جزییات اتصال تیرهای یکسره و یا کنسول شده از تیر اصلی تک را می‌توان مطابق شکل ۱۷ـ۳ در نظر گرفت. در این اتصال لنگر موجود توسط ورق فوقانی و جوش بال پایینی تیر انتقال می‌یابد. نیروی برشی ناشی از واکنش تکیه‌گاهی *(با فرض $\frac{l}{h} > 15$) نیز توسط نبشی‌های جان تحمل می‌گردد.

در حالتی‌که تیر اصلی از دو نیمرخ تشکیل شده باشد، جزییات اتصال عیناً شبیه تیرنک است، به‌جز اینکه در این‌مورد بخاطر جلوگیری از لهیدگی جان نیمرخ تیر اصلی، از قطعات میانی که بتوانند نیروی فشاری موجود در بال پایینی را به‌طرف دیگر انتقال دهند استفاده می‌شود. این قطعهٔ میانی می‌تواند از همان نیمرخ تیر سراسری و یا کنسول شده با دو شمارهٔ کوچکتر باشد (شکل ۱۷ـ۴).

در جداول ۱۷ـ۱ و ۱۷ـ۲ مشخصات اتصال تیرهای یکسره و یا کنسول شده از تیر اصلی به‌ترتیب برای نیمرخ‌های IPE و CIPE آورده شده است.



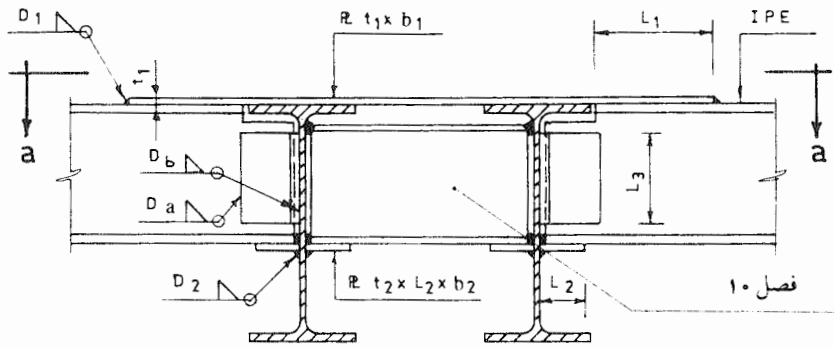
برش 1-1



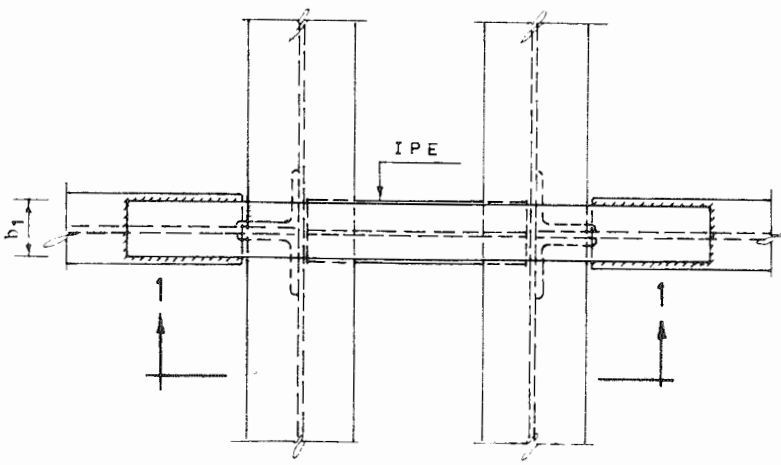
نمای a-a

شکل ۱۷ـ۳

* نیروی برشی مبناء واکنش تکیه‌گاهی نظیر ظرفیت خمشی تیر دوسرگیردار انتخاب شده است.



برش 1-1



نمای a-a

شکل ۱۷ـ۴

جدول ۱۷ـ۱ـ مشخصات اتصال تیر یکسره و یا کنسول شده از تیر اصلی برای نیمرخ IPE ($l \geq 15h$)

شمارهٔ نیمرخ	واکنش تکیه‌گاهی نظیر ظرفیت خمشی تیر یکسره (ton)	ورق فوقانی				ورق تحتانی				نبشی جان			
		t_1(mm)	L_1(mm)	b_1(mm)	D_1(mm)	t_2(mm)	L_2(mm)	b_2(mm)	D_2(mm)	ابعاد نبشی (mm)	L_3(mm)	D_a(mm)	D_b(mm)
IPE 100	1.97	10	80	35	4	8	60	70	3	50×50×5	60	3	4
IPE 120	2.54	10	80	45	5	8	60	80	3	50×50×5	80	3	5
IPE 140	3.18	10	100	50	5	8	70	90	3	80×80×8	100	3	6
IPE 160	3.92	12	120	60	5	8	70	100	4	100×100×10	110	3	8
IPE 180	4.67	12	120	70	6	8	70	110	4	120×120×12	120	3	10
IPE 200	5.59	12	140	80	6	10	70	120	4	120×120×12	150	4	10
IPE 220	6.60	12	170	90	6	10	80	130	4	120×120×12	160	4	10
IPE 240	7.78	14	170	100	7	10	80	140	4	120×120×12	180	4	10
IPE 270	9.15	14	200	110	7	12	80	160	4	120×120×12	200	4	10
IPE 300	10.70	14	200	120	8	12	80	170	4	120×120×12	230	5	10

جدول ۱۷-۲- مشخصات اتصال تیر یکسره و یا کنسول شده از تیر اصلی برای نیمرخ CIPE(I≥15h)

شمارهٔ نیمرخ	واکنش تکیه‌گاهی نظیر ظرفیت خمشی تیر یکسره (ton)	ورق فوقانی				ورق تحتانی				نشیمن جان			
		t_1(mm)	L_1(mm)	b_1(mm)	D_1(mm)	t_2(mm)	L_2(mm)	b_2(mm)	D_2(mm)	ابعاد نبشی (mm)	L_3(mm)	D_a(mm)	D_b(mm)
CIPE 140	3.29	12	110	50	5	8	70	90	4	80×80×8	140	3	6
CIPE 160	4.06	12	130	60	5	8	70	100	4	100×100×10	140	3	8
CIPE 180	4.84	12	150	70	5	8	70	110	4	100×100×10	160	3	8
CIPE 200	5.78	12	150	80	6	10	70	120	4	100×100×10	180	4	8
CIPE 220	6.84	12	180	90	6	10	80	130	4	120×120×12	180	4	10
CIPE 240	8.05	14	180	100	7	12	80	160	4	120×120×12	200	4	10
CIPE 270	9.46	14	210	110	7	12	80	170	4	120×120×12	220	4	10

فصل ۱۸

تیرهای لانه زنبوری

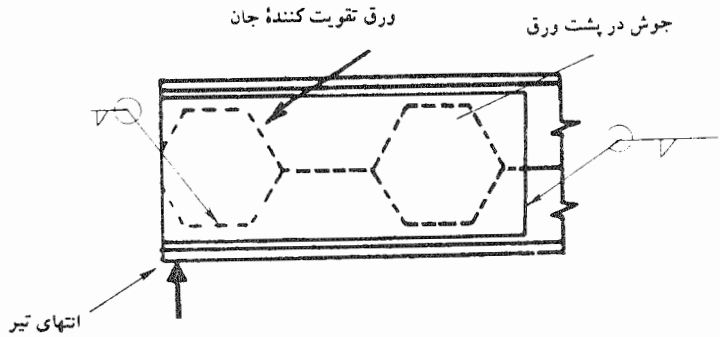
۱۸ـ۱ـ هندسهٔ برش

هندسهٔ معمول برای برش تیرآهن به‌منظور حصول تیر لانه زنبوری، برش پای نر می‌باشد که در شکل ۱۸ـ۱ مشخصات کامل آن نشان داده شده است. لازم به‌تذکر است که این هندسه، انطباق خوبی با هندسهٔ توصیه شده در پیوست مقررات ملی ساختمانی ایران (مبحث ۱۰ ـ طرح و اجرای ساختمانهای فولادی) دارد. با برش پای نر، ارتفاع به‌دست آمده برای تیر لانه زنبوری، مساوی ۱/۵ برابر ارتفاع تیر مادر می‌باشد.

۱۸ـ۲ـ تقویت جان در محل نیروهای متمرکز

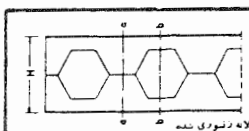
هر چند که با لانه زنبوری کردن تیر، مقاومت خمشی آن افزایش می‌یابد، لیکن باید به کاهش ظرفیت برشی توجه کامل داشت. به‌عنوان یک قانون طراحی، جان تیر لانه زنبوری در محل نیروهای متمرکز (به‌خصوص تکیه‌گاهها) باید توسط ورق جان تقویت شود. ضخامت ورق جان که از یک طرف به جان وصل می‌شود، معمولاً در حدود ضخامت جان تیرآهن در نظر گرفته می‌شود. در شکل ۱۸ـ۲ نحوهٔ تقویت جان تیر لانه زنبوری در محل تکیه‌گاه نشان داده شده است. در جداول ۱۸ـ۱ ، ۱۸ـ۲ و ۱۸ـ۳ به‌ترتیب مشخصات هندسی تیرهای لانه‌زنبوری CIPE، CINP و CIPB آورده شده است.

شکل ۱۸-۱- هندسهٔ تیر لانه زنبوری - برش پای‌نر



شکل ۱۸-۲- تقویت جان تیر لانه‌زنبوری

جدول ۱۸-۱- مشخصات هندسی تیرآهن لانه زنبوری از IPE

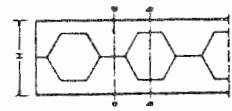


CAST IPE
یا
CAST IPA

تیرآهن ایرانی لانه زنبوری شده

IPA	H	s	t	a − a			b − b		
				F	I_x	W_x	F	I_x	W_x
	Cm	Cm.	Cm	Cm^2	Cm^4	Cm^3	Cm^2	Cm^4	Cm^3
	20			19.2	1227	122	13.6	1159	115
14	21	0.47	0.69	19.7	1374	130	13.1	1266	120
	22			20.2	1530	139	12.8	1369	124
	22			23.1	1801	163	17.1	1729	157
	23			23.6	1998	173	16.6	1881	163
16	24	0.50	0.74	24.1	2202	183	16.1	2031	169
	25			24.6	2420	193	15.6	2177	174
	25			27.6	2792	223	20.2	2670	213
	26			28.1	3058	235	19.7	2875	221
18	27	0.53	0.80	28.7	3333	248	19.1	3075	227
	28			29.2	3625	458	18.6	3271	233
	28			31.9	3526	271	25.1	3445	285
	28			33.0	4170	298	24.0	3987	284
20	30	0.56	0.85	34.1	4088	326	22.9	4525	301
	32			35.2	5088	355	21.8	5040	315
	30			38.1	5617	374	28.7	5415	361
	32			39.3	6514	407	27.5	6120	382
22	33	0.55	0.92	39.9	6991	423	26.9	6468	392
	35			43.1	8007	457	25.7	7147	408
	32			44.1	7470	488	34.1	7258	453
	34			45.3	8579	504	32.9	8185	480
24	38	0.62	0.98	48.5	9776	543	31.7	9063	503
	38			47.8	11071	582	30.4	9938	522
	34			50.5	9759	574	41.3	9808	565
	37			52.5	11832	639	39.3	11392	615
27	40.5	0.66	1.02	54.8	14550	718	37.0	13467	665
	43			58.5	18698	776	35.3	14893	832
	40			60.9	18044	802	46.7	15570	778
	42			62.3	17934	854	45.3	17116	815
30	45	0.71	1.07	64.5	21005	933	43.2	19407	882
	48			66.8	24388	1015	41.0	21805	900

جدول ۱۸ـ۲ـ مشخصات هندسی تیرآهن لانه زنبوری از *INP*

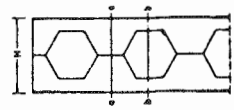


CAST INP

تیرآهن معمولی لانه زنبوری شده

INP	H	s	t	a – a			b – b		
				F	I_a	W_a	F	I_x	W_x
	Cm	Cm	Cm	Cm^2	Cm^4	Cm^3	Cm^2	Cm^4	Cm^3
	20			21.62	1318	131	16.78	1237	123
14	21	0.57	0.86	22.18	1479	140	14.21	1349	128
	22			22.76	1651	150	13.84	1456	132
	27			26.58	1997	176	18.02	1876	170
	23			27.21	2184	188	18.39	2040	177
16	24	0.63	0.95	27.84	2414	201	17.76	2198	183
	25			28.47	2658	212	17.13	2352	188
	25			32.73	3138	249	23.07	2881	236
	26			33.42	3420	263	22.38	3184	244
18	27	0.69	1.04	34.11	3738	276	21.69	3407	252
	28			34.80	4072	290	21.00	3812	258
	26			37.90	3954	304	28.80	3868	295
	28			39.40	4706	336	27.40	4450	317
20	30	0.75	1.13	40.90	5537	369	25.80	5037	335
	32			42.40	6450	403	24.40	5586	349
	30			45.98	6318	421	33.02	6041	402
	32			47.80	7354	458	31.40	6816	425
22	33	0.81	1.22	48.41	7908	478	30.59	7189	435
	35			50.03	9068	518	28.97	7902	451
	32			53.06	8320	520	38.14	8023	501
	34			54.80	9595	584	37.40	9015	530
24	36	0.87	1.31	56.54	10978	609	35.66	9976	554
	38			58.28	12475	658	33.92	10884	572
	33			59.88	10017	607	46.72	9802	594
	36			62.70	12290	682	43.90	11863	647
26	39	0.94	1.41	65.52	14645	761	41.08	13468	690
	42			68.34	17695	842	38.26	15128	720
	38			71.1	15518	816	50.9	14864	781
28	40			73.1	17515	875	48.9	16351	817
	42	1.01	1.52	75.1	19657	936	46.9	17809	868
	45			78.2	23154	1029	43.8	19845	882
	46			78.6	19234	961	56.2	18514	925
	42			81.8	21583	1027	56.1	20338	968
30	45	1.08	1.62	85.2	25414	1328	52.8	22986	1021
	48			88.4	28828	1234	49.6	25428	1059
	42			89.2	23668	1128	66.2	22021	1081
	46			93.8	28378	1277	61.6	27272	1185
32	48	1.15	1.73	96.1	32499	1356	59.3	28358	1223
	52			100.7	38326	1512	54.7	33182	1276
	45			100.1	30337	1348	73.2	28254	1300
	50			106.2	38545	1557	67.2	35613	1424
34	51	1.22	1.83	107.6	40823	1600	65.8	38827	1464
	55			112.3	48880	1777	61.1	41348	1503
	48			110.0	34903	1517	84.0	34036	1478
	50			115.2	42524	1700	78.8	40146	1605
36	54	1.30	1.95	120.4	51066	1891	73.6	45011	1704
	58			125.8	60572	2088	68.4	51343	1770
	50			121.-	45843	1833	90.6	44284	1770
	54			128.9	55037	2038	85.1	51285	1899
38	57	1.37	2.05	133.0	62606	2196	81.0	56343	1976
	60			137.1	70778	2358	76.9	61050	2035
	55			138.6	61982	2253	86.4	58722	2135
	58			143.9	70319	2424	82.1	64720	2231
40	60	1.44	2.16	146.8	76248	2541	89.2	68568	2285
	65			154.0	92172	2842	82.0	77372	2380

جدول ۱۸-۳- مشخصات هندسی تیرآهن لانه زنبوری از IPB



CAST IPB

تیرآهن بال پهن لانه زنبوری شده

IPB	H	s	t	a − a			b − b		
	Cm.	Cm	Cm	F Cm.²	I_x Cm.⁴	W_x Cm.³	F Cm.²	I_x Cm.⁴	W_x Cm.³
10	16	0.60	1.0	28.0	1140	152	23.0	1080	145
12	18	0.65	1.1	37.0	2172	241	30.1	2078	230
	20	"	"	47.2	3385	338	38.8	3286	328
14	21	0.70	1.2	47.9	3778	350	38.1	3517	344
	22			48.6	4195	381	37.4	3856	350
	22			59.1	5117	465	48.5	5001	454
	23			59.9	5655	481	48.7	5472	475
16	24	0.80	1.3	60.7	6224	518	47.9	5950	485
	25			61.5	6824	548	47.1	6435	514
	25			71.3	8020	642	59.3	7833	626
	26			72.1	8767	674	58.5	8478	652
18	27	0.85	1.4	73.0	8541	706	57.6	8127	676
	28			73.8	10353	739	56.8	8786	688
	26			83.5	10271	790	72.7	10141	780
	28			85.3	12123	865	70.9	11815	843
20	30	0.90	1.5	87.1	14147	943	69.1	13547	803
	32			88.9	16345	1021	67.3	15308	856
	30			96.6	18210	1080	83.4	15885	1059
	32			100.5	16724	1170	81.5	18090	1130
22	33	0.95	1.6	101.5	20056	1215	80.5	19213	1164
	35			103.4	22872	1306	78.6	21480	1227
	32			114.0	21430	1339	98.0	21086	1318
	34			116.0	24533	1443	96.0	23888	1403
24	36	1.00	1.7	118.0	27867	1548	94.0	26715	1484
	38			120.0	31438	1654	92.0	29606	1556
	33			125.0	25366	1537	111.0	25138	1523
	36			128.0	30773	1708	108.0	30106	1672
26	39	1.00	1.75	131.0	36754	1884	105.0	35288	1809
	42			134.0	43325	2063	102.0	40594	1933
	36			141.5	37872	1986	120.5	37272	1681
	40			143.6	42545	2127	118.4	41335	2066
28	42	1.05	1.80	145.7	47605	2257	118.3	45484	2155
	45			148.8	55242	2455	113.2	51802	2302
	40			160.0	47668	2383	136.0	44032	2348
	42			162.2	53108	2528	135.8	51840	2468
30	45	1.10	1.90	165.5	61880	2750	132.5	59405	2640
	48			168.8	71387	2874	129.2	67120	2798
	42			172.5	58340	2862	149.5	55573	2846
	46			177.1	68031	2987	144.9	66827	2905
32	48	1.15	2.05	179.4	75756	3158	142.6	72615	3025
	52			184.0	90488	3460	138.0	84352	3244
	45			184.2	86385	3038	157.8	87300	2891
34	50			190.2	86413	3456	151.8	83138	3325
	51	1.20	2.15	181.4	90305	3541	150.6	86376	3387
	55			198.2	106838	3885	145.8	98429	3615
	48			185.5	74819	3244	168.5	73765	3208
36	50			188.5	88864	3594	163.5	87577	3503
	54	1.25	2.25	203.5	108898	3951	158.5	101838	3771
	58			208.5	125159	4315	153.5	118278	4008
	55			218.2	17797	4283	177.8	114750	4173
	58			222.3	132883	4575	173.7	127444	4394
40	60	1.35	2.40	225.0	143178	4772	171.0	135878	4532
	65			231.7	171375	5273	164.3	157312	4840

فصل ۱۹

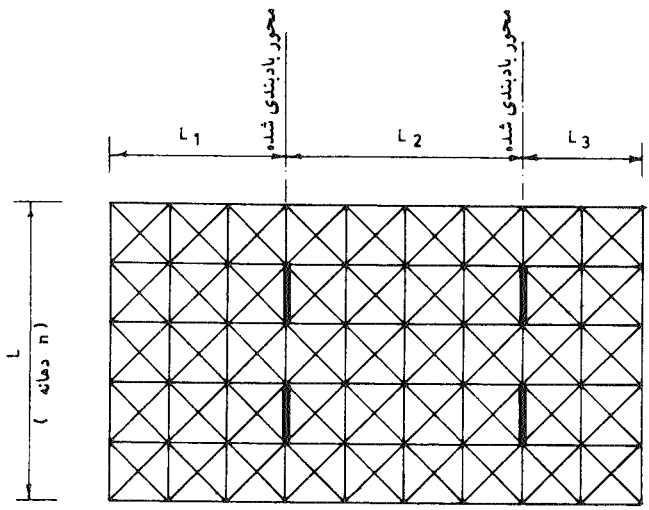
محاسبه اعضای قطری یکپارچه کنندهٔ سقف‌های طاق ضربی

در این فصل، روابط سادهٔ محاسبهٔ مهاربندهای سقف‌های طاق ضربی در دو حالت:

الف ـ ساختمان‌هایی که سیستم مقاوم جانبی به‌صورت بادبند دارند و

ب ـ ساختمان‌هایی که فاقد سیستم مقاوم جانبی به‌صورت بادبند می‌باشند، آورده شده است.

۱۹ـ۱ـ محاسبهٔ مهاربند سقف برای ساختمانهای با بادبند قائم



S: سطح محصور بین دو محور بادبندی شده (به‌متر مربع) $S=L \times L_2$

S′: سطح محصور بین محور بادبندی شده و محور لبه ساختمان (به مترمربع) $S' = L \times L_1$ یا $S' = L \times L_3$

A: سطح مقطع هر کدام از بادبندهای افقی در چشمه‌های داخلی (به سانتیمتر مربع) $A=0.04 \times \frac{S}{n}$

A′: سطح مقطع هر کدام از بادبندهای افقی در چشمه‌های خارجی (به سانتیمتر مربع) $A' =0.08 \times \frac{S'}{n}$

n: تعداد دهانه در مسیر بادبندی شده

* حداقل قطر میلگرد ضربدری، مطابق آیین‌نامه ۲۸۰۰ برابر ۱۰ میلیمتر می‌باشد.

شکل ۱۹ـ۱ـ پلان بادبندی سقف

مثال

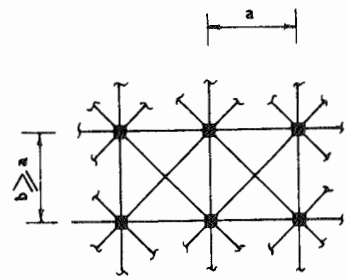
در صورتی‌که $L_1=10$، $L_2=16$، $L_3=7$، $L=25m$ و $n=5$ باشد داریم:

$$A=0.04\times\frac{(16\times25)}{5}=3.2\ cm^2 \rightarrow \begin{cases}\phi22\\ \text{یا}\\ PL\ 60\times6\end{cases}$$

$$A'=0.08\times\frac{(10\times25)}{5}=4.0\ cm^2 \rightarrow \begin{cases}\phi24\\ \text{یا}\\ PL\ 50\times8\end{cases} \quad (\text{مربوط به } L_1)$$

$$A'=0.08\times\frac{(7\times25)}{5}=2.8\ cm^2 \rightarrow \begin{cases}\phi20\\ \text{یا}\\ PL\ 50\times6\end{cases} \quad (\text{مربوط به } L_3)$$

۱۹ـ۲ـ محاسبهٔ مهاربند سقف برای ساختمان‌های بدون بادبند قائم (شامل قاب خمشی)



a: بعد کوچک یک چشمه (به متر)

d: قطر چشمه (به متر) $d=\sqrt{a^2+b^2}$

A: سطح مقطع هر بادبند افقی ضربدری (به سانتیمتر مربع) $A=0.04\times a\times d$

شکل ۱۹ـ۲ـ پلان مهاربندی سقف

مثال :

در صورتی‌که ابعاد چشمه ۴×۳ متر باشد داریم:

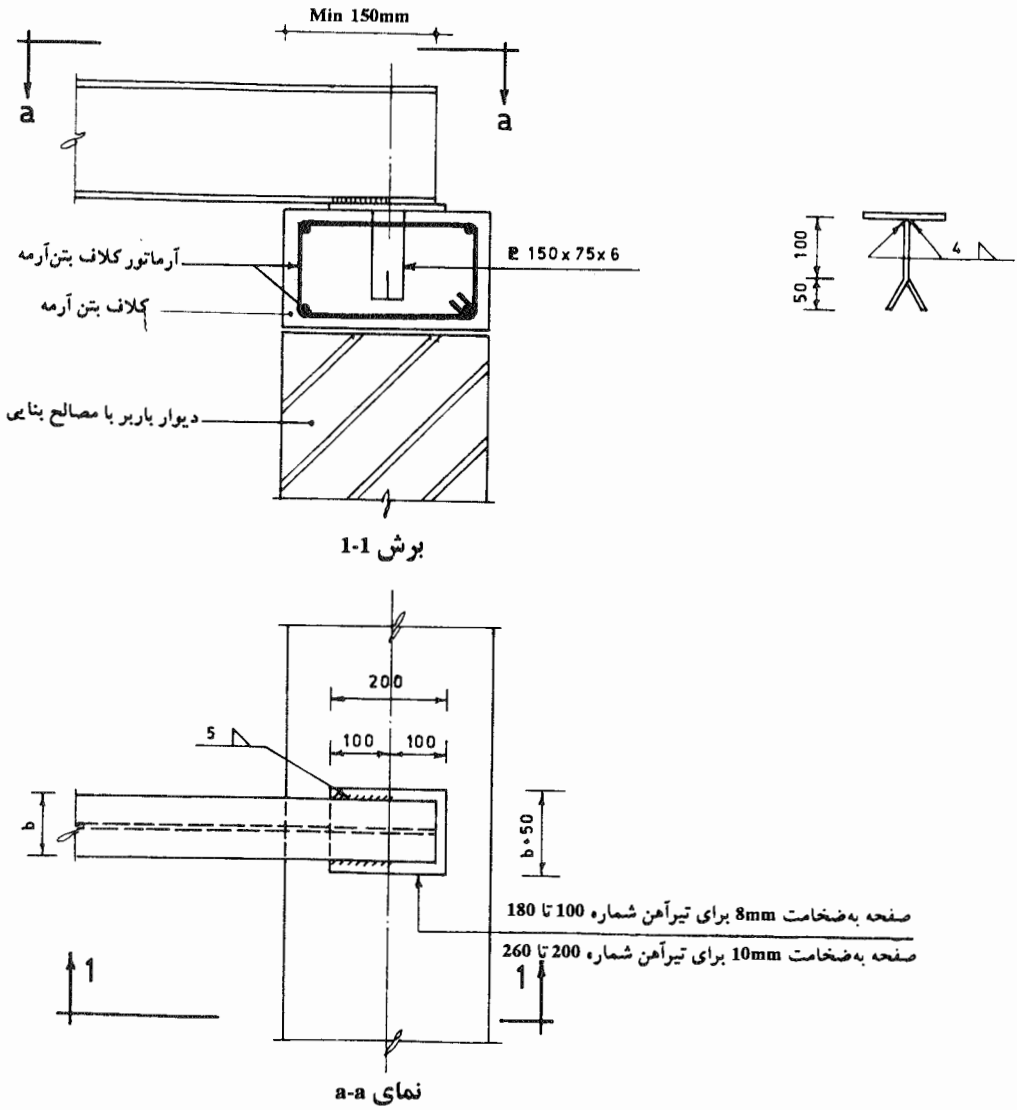
$$A=0.04\times3\times5=0.6\ cm^2 \rightarrow \phi10$$

فصل ۲۰

اتصال تیپ تیر طاق ضربی بر روی کلاف بتنی

اتصال طاق ضربی به کلافهای بتنی روی دیوار باید به‌نحوی باشد که امکان افتادن سقف از روی دیوارهای تکیه‌گاه آن به‌هنگام زلزله را به‌حداقل رساند.

به‌این منظور صفحات فولادی با شاخک نظیر آنچه در شکل ۲۰ـ۱ آمده در داخل بتن کلاف گیر داده می‌شود تابتوان تیرچه‌های طاق ضربی را بر روی آن جوش کرد.

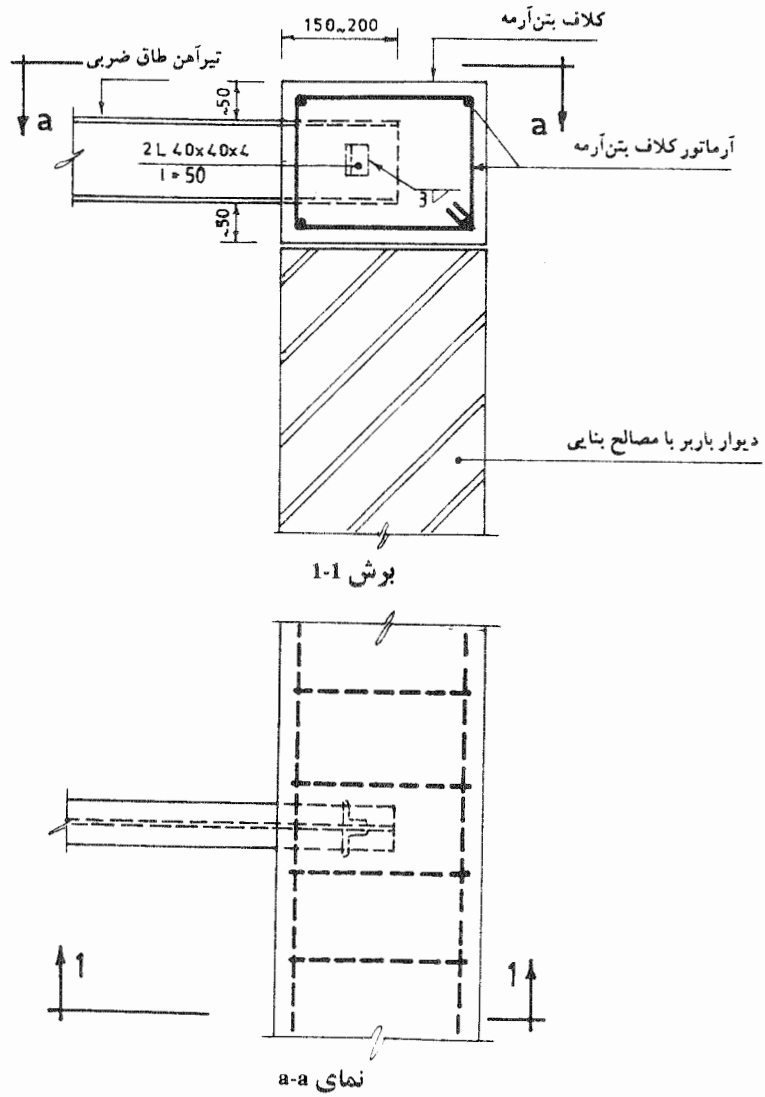


شکل ۲۰ـ۱ـ جزییات اتصال تیرآهن‌های طاق ضربی به‌روی کلاف بتن آرمه

فصل ۲۱

اتصال تیپ تیر طاق ضربی در داخل کلاف بتنی سقف

اگر امکان کارگذاری صفحه و گیردادن آن داخل بتن کلاف موجود نباشد می‌توان سر تیرچه‌ها را مستقیماً در داخل کلاف بتنی مهار نمود.برای این منظور دو نبشی کوچک به‌انتهای تیرچه جوش می‌شود. شکل ۲۱-۱ این نحوه اتصال و جزییات آن‌را به‌نمایش می‌گذارد.



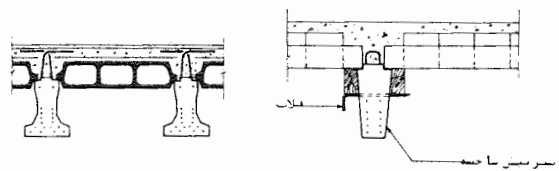
شکل ۲۱-۱- جزییات تثبیت تیرآهنهای طاق ضربی در داخل کلاف بتنی روی دیوارهای باربر با مصالح بنایی

فصل ۲۲

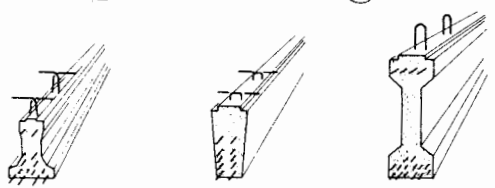
جزییات تیپ سقف تیرچه بلوک در ساختمانهای فلزی

سازمان برنامه و بودجه
معاونت فنی
دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

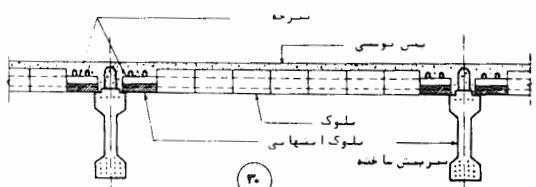
۱۰ عنوان: استقرار سقف، روی تیرهای پیش ساخته بتنی



۲۷ ۲۸



۲۹



۳۰

توضیح:

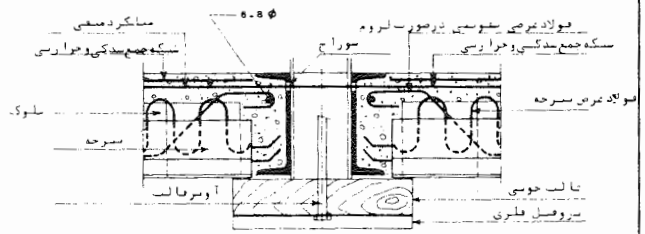
۲۷ و ۳۰. نحوه قالب‌بندی و استقرار تیرچه‌ها، روی تیر پیش ساخته بتنی.

۲۸. قالب خاص سقف تیرچه و بلوک، برای دهانه‌های بزرگ و بارهای سنگین.

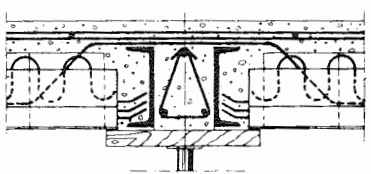
۲۹. سه مقطع نمونه از تیرهای پیش ساخته بتنی.

سازمان برنامه و بودجه
معاونت فنی
دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

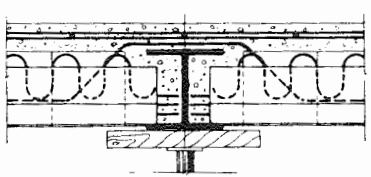
۱۱ عنوان: استقرار سقف روی تیرآهن، با ارتفاع مساوی و یا با ارتفاع کمتر از ضخامت سقف و نحوهٔ قالب‌بندی کلاف (تیرهای پیش ساخته)



۳۱



۳۲

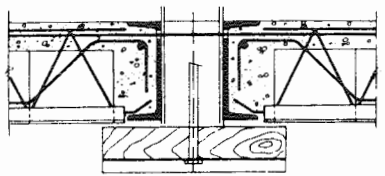


۳۳

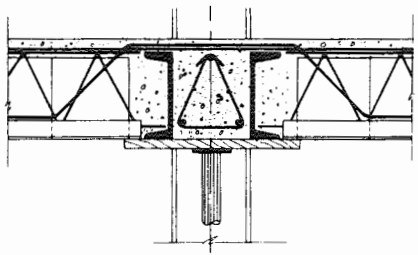
توضیح:

۳۱، ۳۲ و ۳۳. نحوه استقرار سقف تیرچه و بلوک روی تیر بارپر فولادی، شامل قالب بندی کلاف و جگونگی اجرای اتصالها.

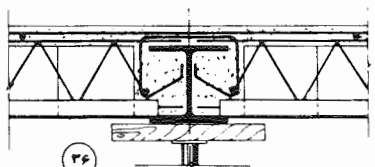
۱۲ عنوان: استقرار سقف روی تیرآهن، با ارتفاع مساوی و یا با ارتفاع کمتر از ضخامت سقف ونحوه قالب‌بندی کلاف (تیرچه‌های خرپایی)



۳۴



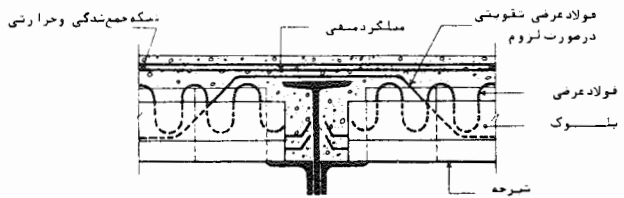
۳۵



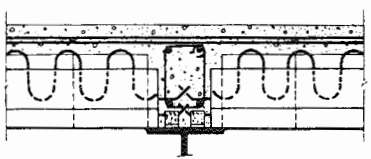
۳۶

توضیح:
۳۴، ۳۵ و ۳۶، نحوه استقرار سقف تیرچه و بلوک روی تیر یا ریر فولادی، شامل قالب‌بندی کلاف و چگونگی اجرای اتصالها.

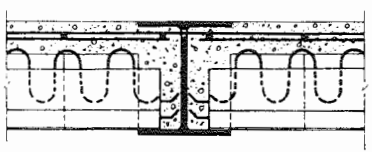
۱۳ عنوان: استقرار سقف روی تیرآهن، با ارتفاع مساوی و یا با ارتفاع بیشتر از ضخامت سقف تیرچه بیش نسبده.



۳۷

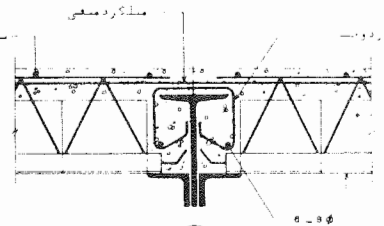


۳۸

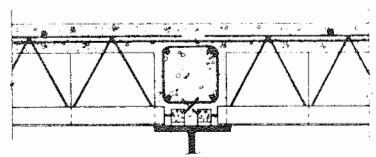


۳۹

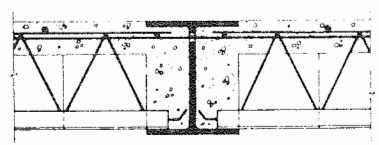
توضیح:
۳۷، ۳۸ و ۳۹، نحوه استقرار سقف تیرچه و بلوک روی تیرپاریر فولادی.



۴۰



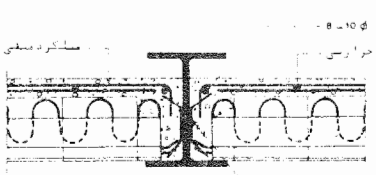
۴۱



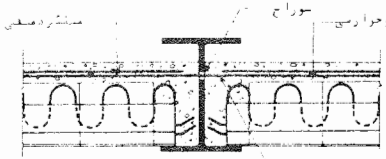
۴۲

توضیح:

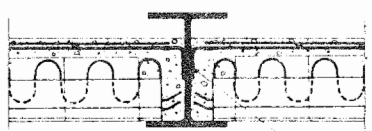
۴۰، ۴۱ و ۴۲ ـ نحوه استقرار سرحه و شبرک روی تیرآرمه فولادی.



۴۳



۴۴



۴۵

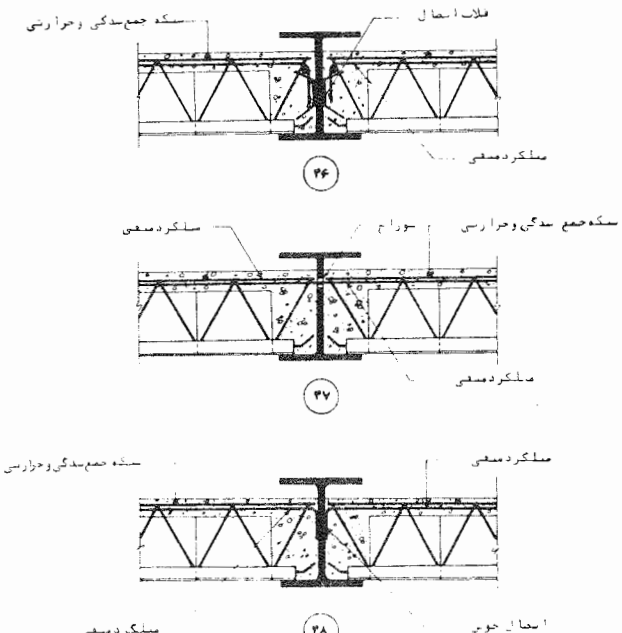
توضیح:

۴۳، ۴۴ و ۴۵ ـ نحوه استقرار سقف سرحه و شبرک روی تیرآرمه فولادی.

سازمان برنامه و بودجه
معاونت فنی
دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

۱۶

عنوان : استقرار سقف روی تیرآهن ، با ارتفاع متغیر از ضخامت سقف (تیرچه خرپایی) .



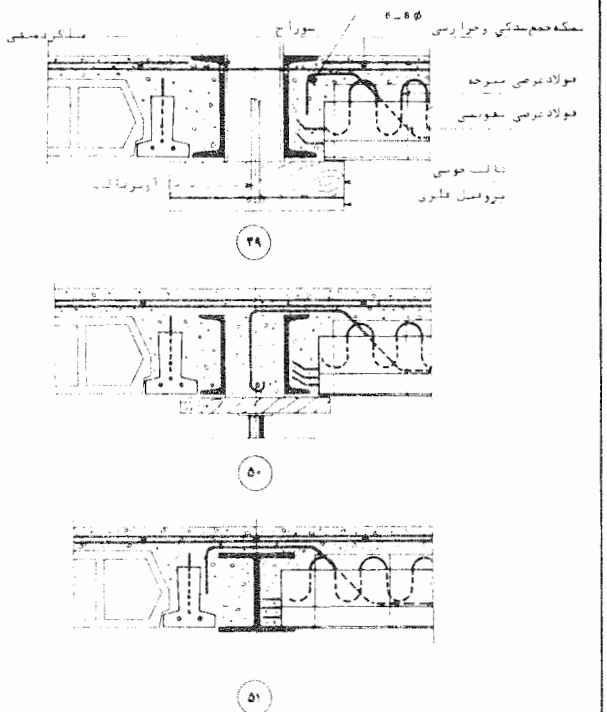
توضیح

۴۶ ، ۴۷ و ۴۸ - جهت اتصال سقف ... (خوانا نیست) روی تیرآهن ...

سازمان برنامه و بودجه
معاونت فنی
دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

۱۷

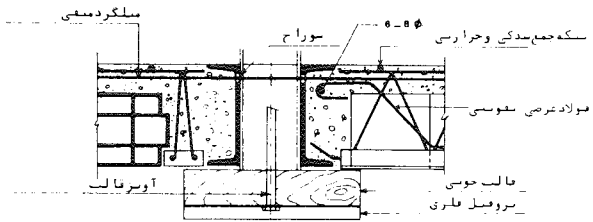
عنوان : استقرار سقف روی تیرآهن ، با تیرچه‌های موازی و عمود بر آن (تیرچه بتنی شده) .



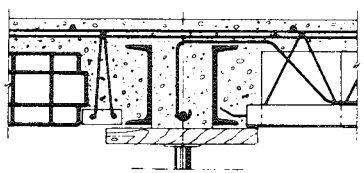
توضیح :

۴۹ ، ۵۰ و ۵۱ - نحوه تاقه‌بندی و استقرار ... تیرچه و آبلوک روی بیم یا پروفیل فولادی ، در حالتی که ... امتداد تیرچه‌ها ... ، عمود بر امتداد موازی تیرآهن‌ها و در غیر این صورت سقف عمود بر آن باشد .

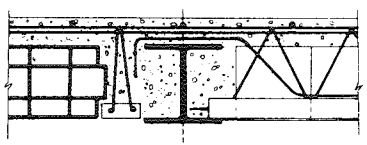
سازمان برنامه و بودجه	عنوان: استقرار سقف روی تیرآهن، با تیرچه‌های موازی و عمود بر آن (تیرچه حرفه‌ای)	۱۸
معاونت فنی		
دفتر تحقیقات و معیارهای فنی		



۵۲



۵۳

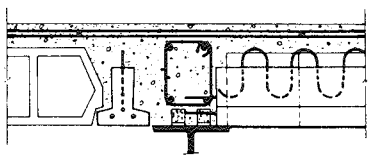


۵۴

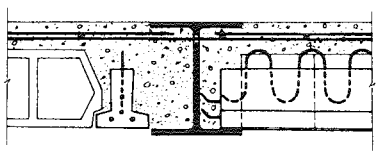
توضیح:

۵۲، ۵۳ و ۵۴. نحوه قالب‌بندی و استقرار سقف تیرچه و بلوک روی تیرآربر فولادی، درحالتی که امتداد تیرچه‌ها، در یک طرف موازی با تیرآربر و در طرف دیگر عمود بر آن باشد.

سازمان برنامه و بودجه	عنوان: استقرار سقف روی تیرآهن، با تیرچه‌های موازی و عمود بر آن (تیرچه پیش ساخته)	۱۹
معاونت فنی		
دفتر تحقیقات و معیارهای فنی		



۵۵



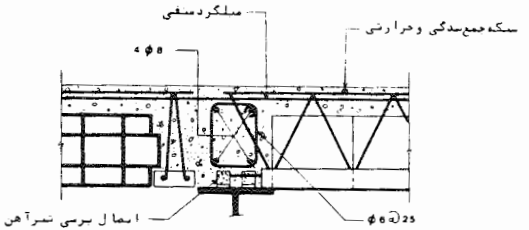
۵۶

توضیح:

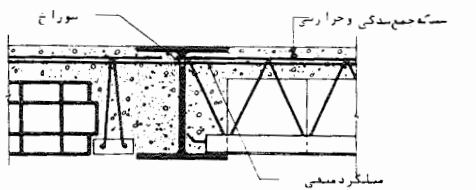
۵۵ و ۵۶. نحوه استقرار سقف تیرچه و بلوک روی تیرآربر فولادی، درحالتی که امتداد تیرچه‌ها، در یک طرف موازی با تیر و در طرف دیگر عمود بر آن باشد.

سازمان برنامه و بودجه
معاونت فنی
دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

۲۰ عنوان : استقرار سقف روی تیرآهن ، با تیرچه‌های موازی و عمود برآن (تیرچه خرپایی) .



۵۷



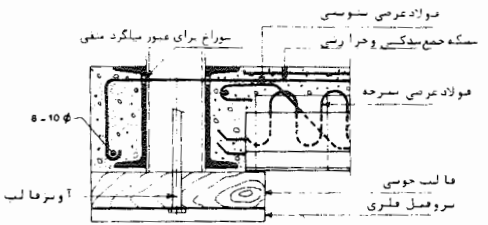
۵۸

توضیح :

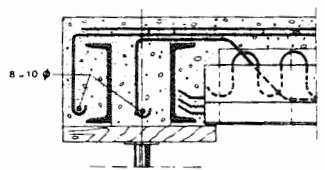
۵۷ و ۵۸ . نحوه استقرار سقف تیرچه و بلوک روی تیربارپر فولادی ، در حالتی که امتداد تیرچه‌ها ، در یک طرف موازی امتداد تیربارپر و در طرف دیگر عمود برآن باشد .

سازمان برنامه و بودجه
معاونت فنی
دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

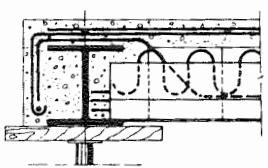
۲۱ عنوان : استقرار سقف روی تیرآهن ، با ارتفاع مساوی و یا با ارتفاع کمتر از ضخامت سقف و بنحوه قالب‌بندی کلاف (تیرچه بتن شده) .



۵۹



۶۰

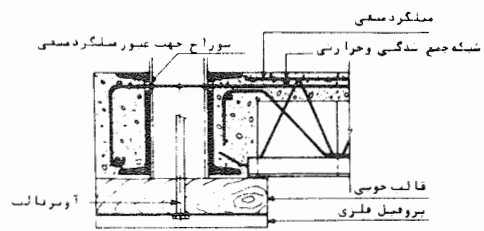


۶۱

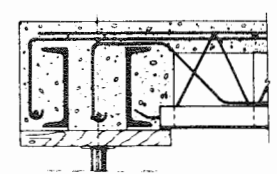
توضیح :

۵۹ ، ۶۰ و ۶۱ . نحوه استقرار سقف تیرچه و بلوک روی تیربارپر فولادی ، در تکیه‌گاه کناری شامل نحوه قالب‌بندی و جزئیات اتصالها .

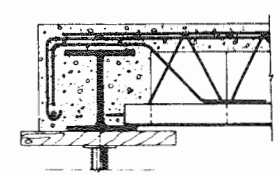
عنوان: استقرار سقف روی تیرآهن، با ارتفاع مساوی یا با ارتفاع کمتر از ضخامت سقف و نحوه قالب‌بندی کلاف (تیرچه پیش‌ساخته).



۶۲



۶۳

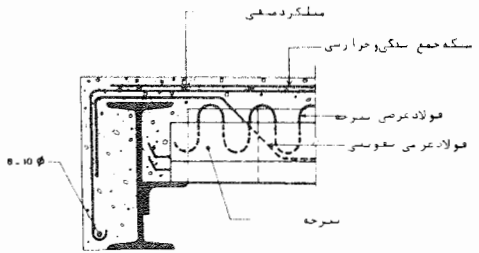


۶۴

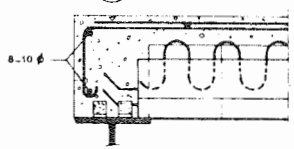
توضیح:

۶۳، ۶۳ و ۶۴، نحوه استقرار سقف تیرچه و بلوک روی تیرآهن فولادی، در تکیه‌گاه کناری شامل نحوه قالب‌بندی و جزئیات اتصالها.

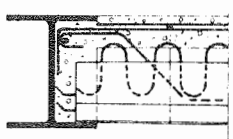
عنوان: استقرار سقف تیرچه و بلوک روی تیرآهن، با ارتفاع مساوی و یا بزرگتر از ضخامت سقف (تیرچه پیش‌ساخته)



۶۵



۶۶

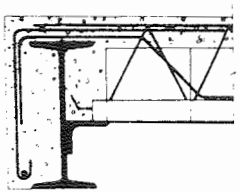


۶۷

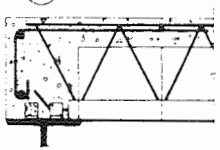
توضیح:

۶۵، ۶۶ و ۶۷، نحوه استقرار سقف تیرچه و بلوک روی تیرآهن فولادی، در تکیه‌گاه کناری.

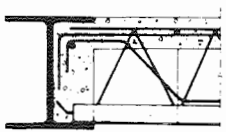
۲۴ عنوان: استقرار سقف سرحه و بلوک روی سرآهن I با ارتفاع مساوی برگرفته از صحابت سقف سرحه خرمایی



۶۸



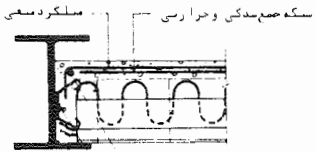
۶۹



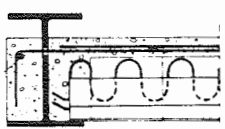
۷۰

توضیح:
۶۸، ۶۹ و ۷۰. نحوه استقرار سقف سرحه و بلوک روی سرآهن I فولادی، در تکیه‌گاه کناری.

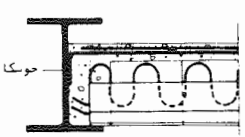
۲۵ عنوان: استقرار سقف سرحه و بلوک روی تیرآهن I با ارتفاع بیشتر از ضخامت سقف (سرحه نشان داده شده)



۷۱



۷۲

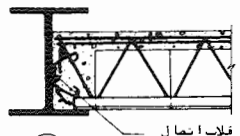


۷۳

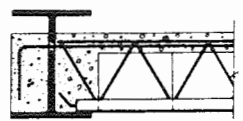
توضیح:
۷۱، ۷۲ و ۷۳. نحوه استقرار سقف سرحه و بلوک روی تیرآهن فولادی، در تکیه‌گاه کناری.

سازمان برنامه و بودجه
معاونت فنی
دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

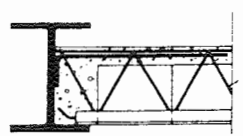
۲۶ عنوان: استقرار سقف تیرچه و بلوک روی تیرآهن، با ارتفاع متغیر از ضخامت سقف (تیرچه حرباتی).



۷۴



۷۵

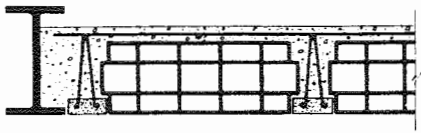


۷۶

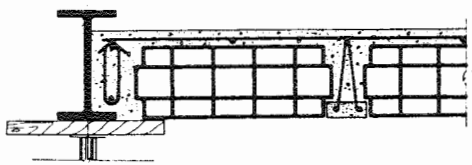
توضیح:
۷۴، ۷۵ و ۷۶. نحوه استقرار سقف تیرچه و بلوک روی تیرآهن فولادی، در تکیه‌گاه کناری.

سازمان برنامه و بودجه
معاونت فنی
دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

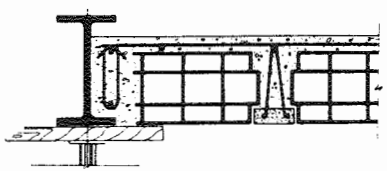
۲۷ عنوان: حالتهای مختلف اتصال سقف به تیرآهن غیرآهن، ارتفاع تیرآهن بیشتر از ضخامت سقف.



۷۷



۷۸



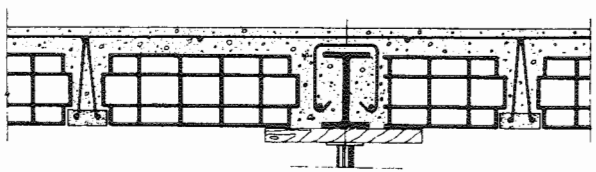
۷۹

توضیح:
۷۷. شروع نصب تیرچه‌ها از کنار تیر غیرآهن
۷۸. شروع نصب تیرچه‌ها پس از نصب اولین ردیف بلوکها در مجاورت تیرآهن
۷۹. نصب آخرین ردیف بلوکها در مجاورت تیرآهن، درصورت لزوم پس از شکستن آنها

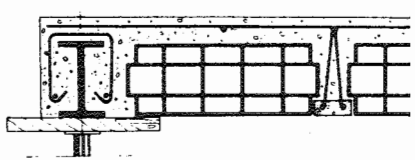
سازمان برنامه و بودجه
معاونت فنی
دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

۲۸

عنوان : اتصال سقف به تیرآهن غیرباربر ، ارتفاع تیرآهن کمتر از ضخامت سقف .



۸۰



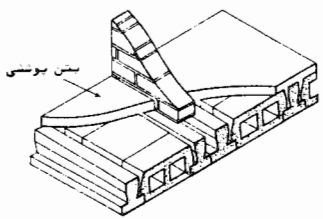
۸۱

توضیح :
۸۰ ، نمونه‌ای از اتصال ، در نکه‌گاه میانی .
۸۱ ، نمونه‌ای از اتصال ، در نکه‌گاه کناری .

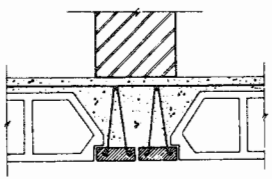
سازمان برنامه و بودجه
معاونت فنی
دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

۲۹

عنوان : محل تسمه روی سقف تیرچه و بلوک .



۸۲



۸۳

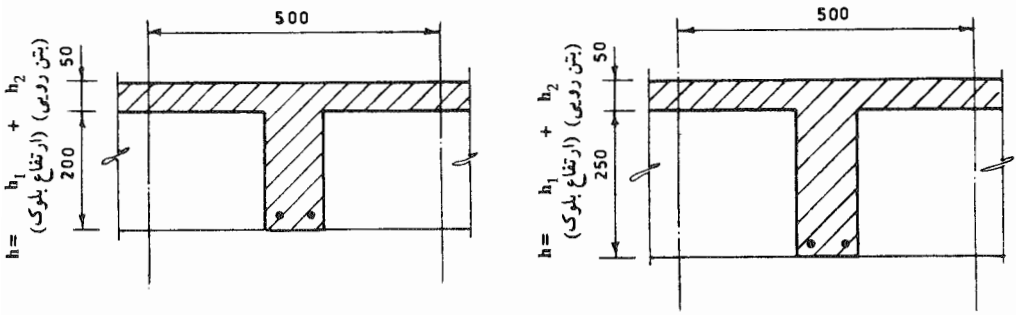
توضیح :
۸۲ و ۸۳ ، اجرای تیرچه‌های مضاعف ، در محل استقرار تیغه غیرباربر .

فصل ۲۳

جداول و منحنی‌های طرح سقف تیرچه بلوک

۲۳ـ۱ـ مقدمه

در این فصل نمودارهای محاسباتی برای تعیین آرماتورهای خمشی تیرچه‌ها ارائه می‌شود. جداول این فصل برای حالات زیر تنظیم شده‌اند:



F_y= 2400 kg/cm² (نمودار ۲۳ـ۱)
F_y= 3000 kg/cm² (نمودار ۲۳ـ۲)
F_y= 4000 kg/cm² (نمودار ۲۳ـ۳)

F_y= 2400 kg/cm² (نمودار ۲۳ـ۴)
F_y= 3000 kg/cm² (نمودار ۲۳ـ۵)
F_y= 4000 kg/cm² (نمودار ۲۳ـ۶)

شکل ۲۳ـ۱

برای استفاده از نمودارها تعیین بار ضریبدار واحد سطح و طول دهانهٔ محاسباتی تیرچه لازم است. بار واحد ضریبدار سطح از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$q_u = 1.4D + 1.7L$ = بار ضریبدار وارد بر واحد سطح (kg/m²)

D = بار مردهٔ بدون ضریب واحد سطح شامل وزن سقف تیرچه بلوک و کف‌سازی (kg/m²)

L = بار زندهٔ بدون ضریب واحد سطح (kg/m²)

برای تعیین آرماتورهای طولی لازم، با انتخاب یکی از حالات شکل ۲۳ـ۱ به‌نمودار مربوطه می‌رویم. بار ضریبدار واحد سطح را در روی محور قائم و طول دهانه را در روی محور افقی می‌بریم. محل تقاطع آنها در روی نمودار آرماتورهای طولی را تعیین می‌نماید.

مثال:

مطلوب است تعیین آرماتورهای یک تیرچه به‌دهانهٔ ۴ متر و ارتفاع ۵+۲۰ سانتیمتر. نوع فولاد مصرفی $F_y=3000\ kg/cm^2$ و بارهای وارد بر سقف به‌قرار زیر می‌باشند:

$D=600\ Kg/m^2$ (بار مرده شامل وزن سقف و کف‌سازی)

$L=200\ Kg/m^2$ (بار زنده)

حل:

$$q_u=1.4\times600+1.7\times200=1180\ kg/m^2$$

با توجه به‌ارتفاع ۵+۲۰ سانتیمتر و فولاد $F_y=3000\ kg/cm^2$ به‌نمودار ۲۳ـ۲ مراجعه کرده و $1180\ kg/m^2$ را روی محور قائم و ۴ متر را روی محور افقی برده و محل تقاطع آنها را تعیین می‌نماییم. با توجه به‌نقطهٔ تقاطع، میلگرد لازم به‌صورت زیر درمی‌آید:

$2\Phi10+1\Phi8$

تذکر: در روی هر نمودار در ناحیهٔ فوقانی و سمت راست، سه منحنی با $f'_c=300kg/cm^2$ و 250 و 200 مشاهده می‌شود. این منحنی‌ها حدود قابل قبول تیرچه را از نقطه نظر برش تعیین می‌کنند. بدین‌ترتیب که نقاط واقع در زیر منحنی از نقطه نظر برش قابل قبول هستند و نقاط واقع در بالای منحنی، از لحاظ برشی ضعیف می‌باشند و باید با تمهیداتی مقاومت برشی را افزایش داد.

۲۳ـ۲ـ محاسبهٔ وزن سقف تیرچه و بلوک در واحد سطح با استفاده از نمودار

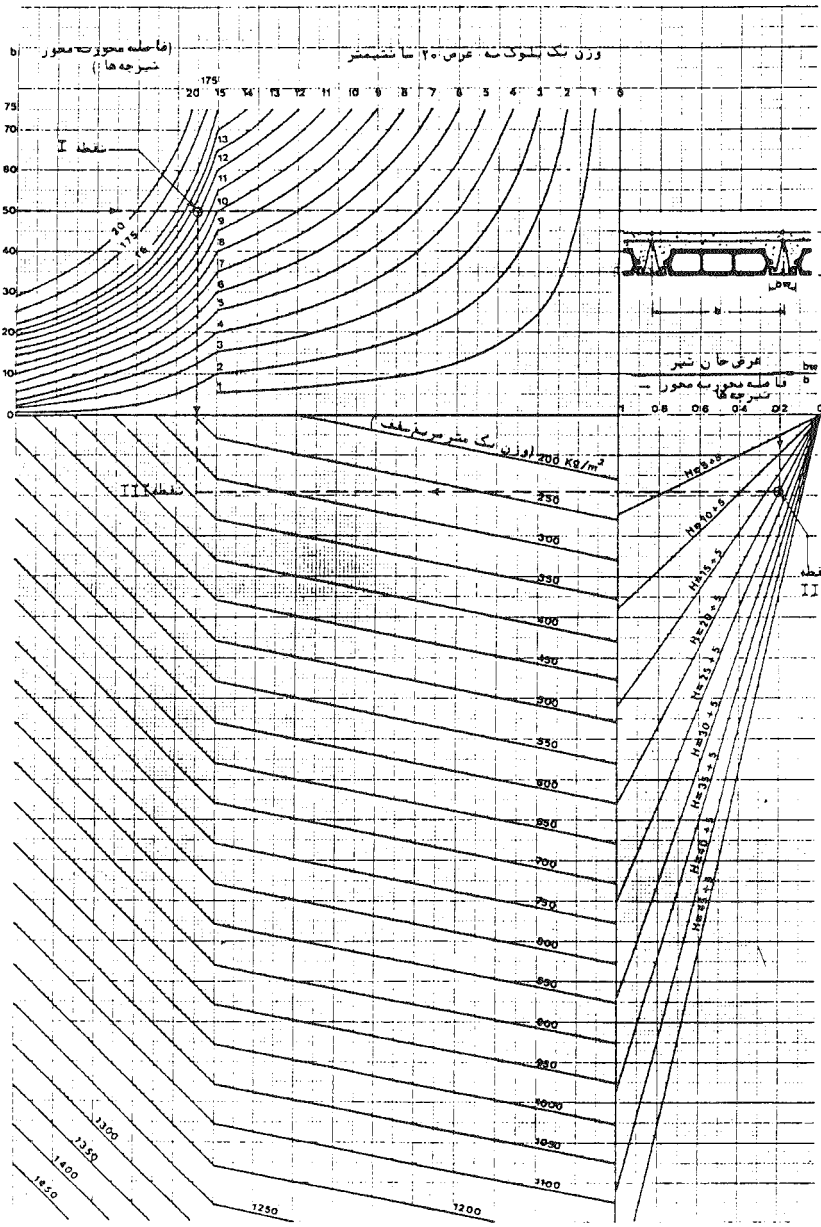
با داشتن وزن بلوک، فاصلهٔ محور تا محور تیرچه‌ها، ضخامت سقف و نیز عرض جان (عرض پاشنه تیرچه) می‌توان توسط نمودار شکل ۲۳ـ۲ به‌راحتی وزن واحد سطح سقف تیرچه و بلوک را به‌دست آورد.

این نمودار متشکل از سه قسمت مجزا (بالا، پایین سمت راست و پایین سمت چپ) می‌باشد. در قسمت بالا روی محور عرضها، نقاط مربوط به‌فاصلهٔ محور به محور تیرچه‌ها را تعیین کرده و از آن خطی به‌موازات محور طولها رسم می‌کنیم تا منحنی مربوط به‌وزن بلوک مورد استفاده را قطع کند (نقطه I). لازم به‌یادآوری است چنانچه عرض بلوک مورد استفاده کمتر یا بیشتر از ۲۰ سانتیمتر باشد، وزن نظیر بلوک به‌عرض ۲۰ سانتیمتر را منظور می‌کنیم.

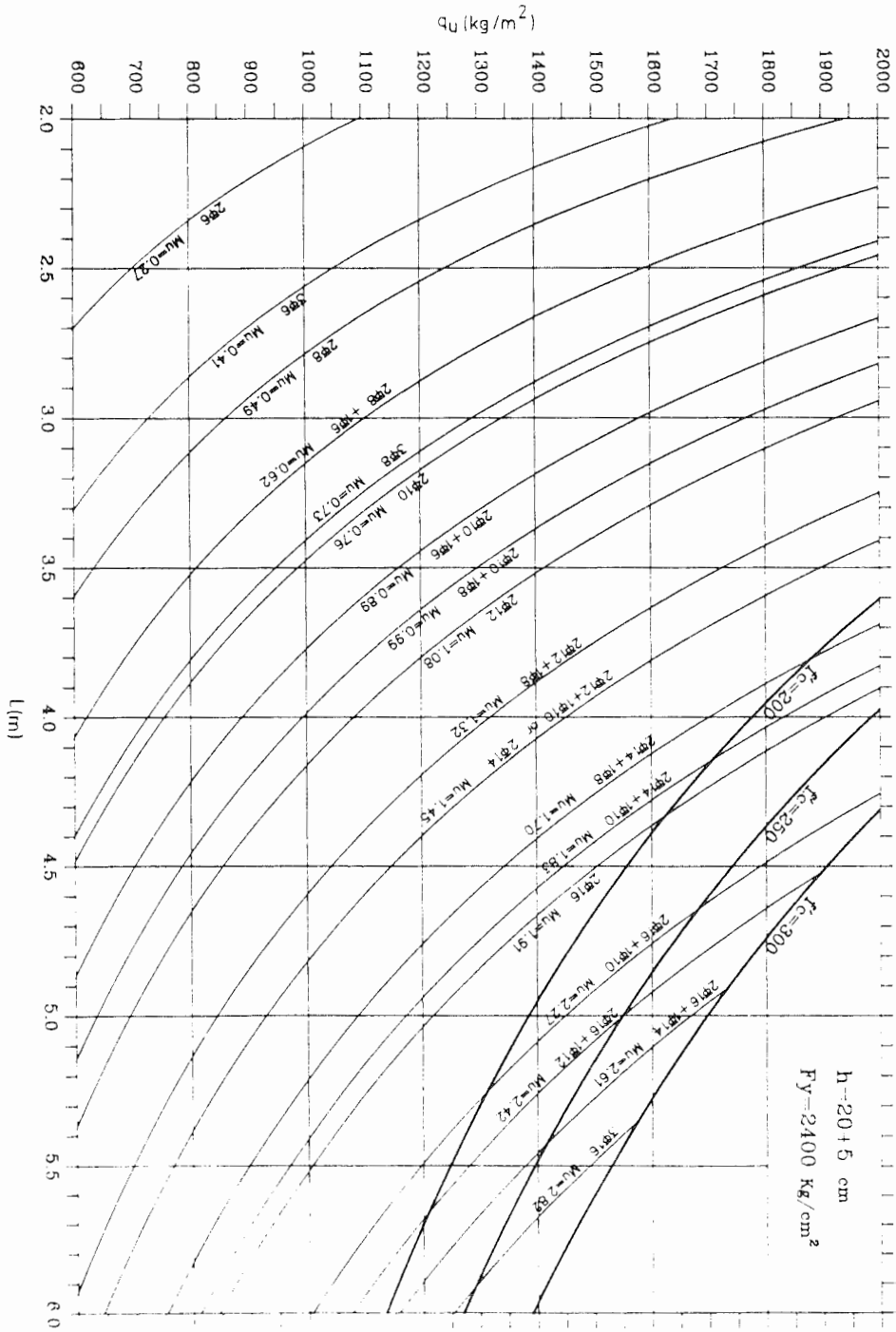
سپس، در روی محور طولها در بخش پایین سمت راست نمودار، نسبت عرض جان تیر به‌فاصله محور به‌محور تیرچه‌ها را مشخص نموده و از آن خطی به‌موازات محور عرضها رسم می‌کنیم، به‌طوری که خط مربوط به‌ضخامت سقف مورد نظر (ارتفاع تیرچه + ضخامت بتن پوششی) را در نقطه II قطع کند.

خط قائمی که از نقطهٔ I و خط افقی که از نقطه II رسم می‌شوند، همدیگر را در نقطه III واقع در قسمت پایین سمت چپ نمودار قطع می‌کند. این نقطه اگر روی یکی از خطوط این قسمت واقع شود، وزن سقف برابر اندازهٔ مربوط به‌این خط خواهد بود. در غیر این‌صورت، با استفاده از تناسب مقدار وزن سقف تعیین می‌شود.

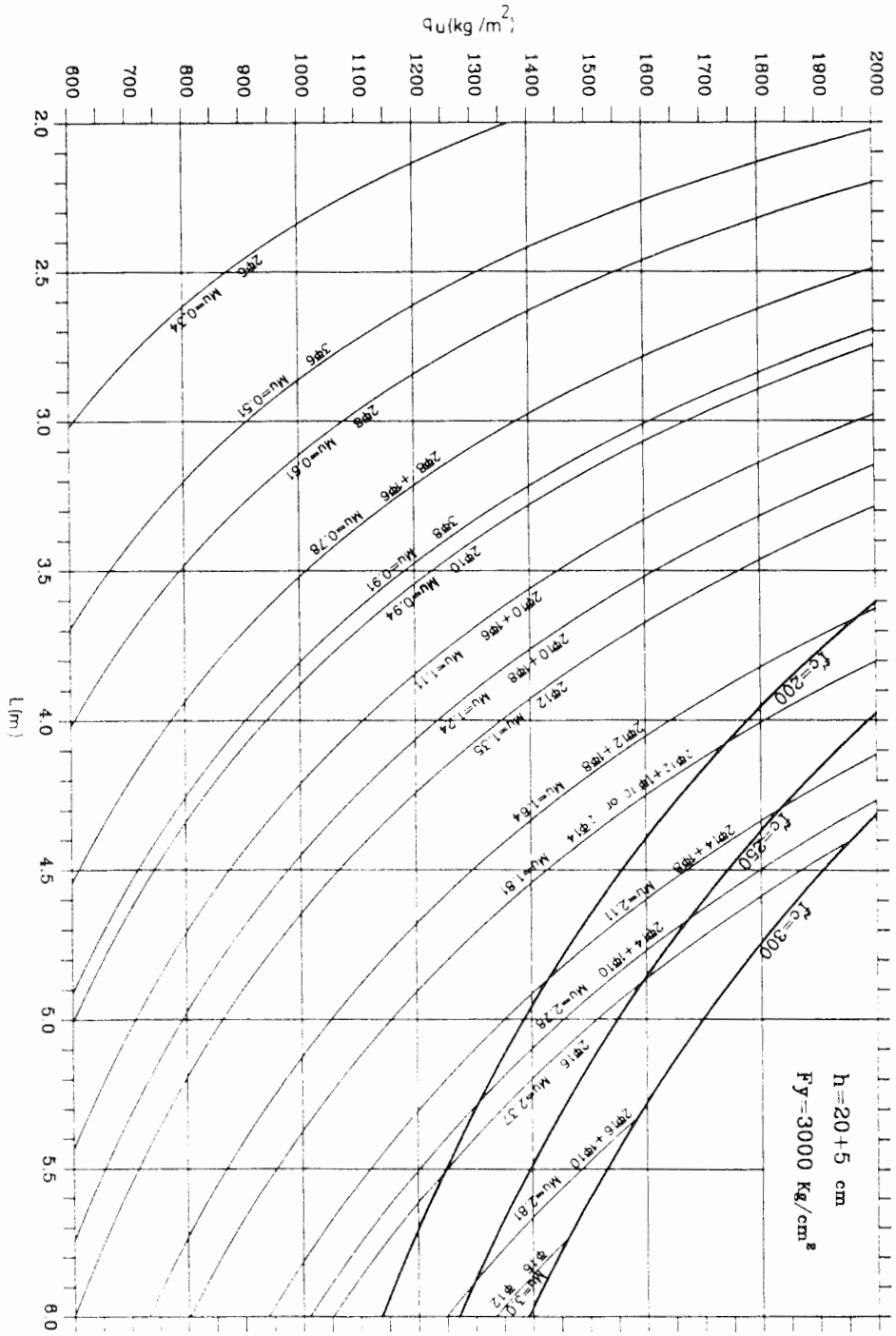
برای مثال، وزن سقفی به‌ضخامت (۵+۲۰) سانتیمتر، با فاصلهٔ محور به‌محور تیرچه‌ها برابر ۵۰ سانتیمتر و عرض جان تیر ۱۰ سانتیمتر که با استفاده از بلوکهایی به‌عرض ۲۰ سانتیمتر به‌وزن ۱۲ کیلوگرم اجرا شود، به‌روش یاد شده، ۳۳۵ کیلوگرم بر مترمربع تعیین می‌گردد.



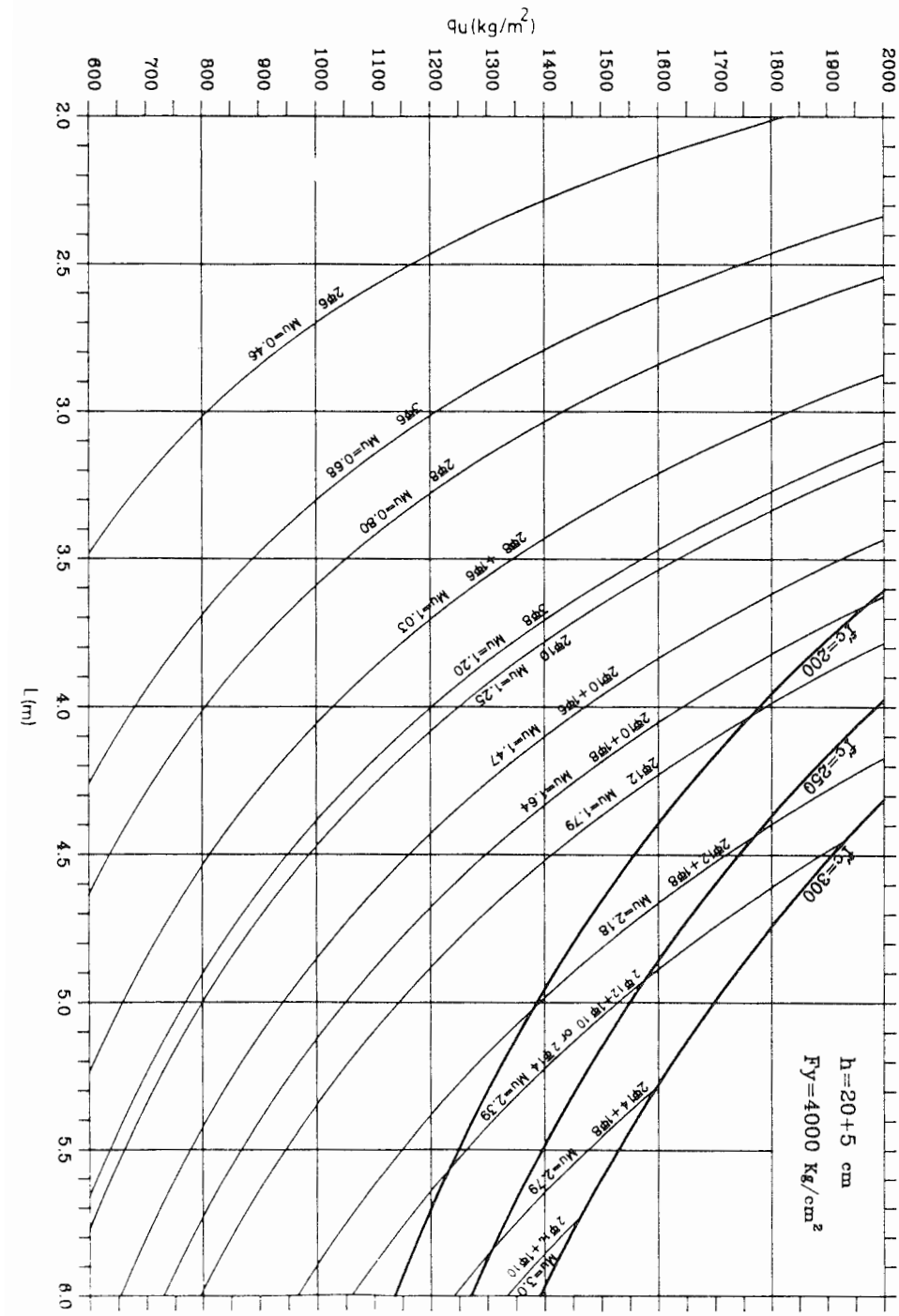
شکل ۲۳ـ۲ ـ نمودار محاسبهٔ وزن سقف تیرچه و بلوک


qu (kg/m²)
L(m)
h=20+5 cm
Fy=2400 Kg/cm²
fc=200
fc=250
fc=300
2ϕ6 Mu=0.27
2ϕ8 Mu=0.41
2ϕ8 Mu=0.49
2ϕ8+1ϕ6 Mu=0.62
3ϕ8 Mu=0.73
2ϕ10 Mu=0.76
2ϕ10+1ϕ6 Mu=0.89
2ϕ10+1ϕ8 Mu=0.99
2ϕ12 Mu=1.08
2ϕ12+1ϕ8 Mu=1.32
2ϕ12+1ϕ10 or 2ϕ14 Mu=1.45
2ϕ14+1ϕ8 Mu=1.70
2ϕ14+1ϕ10 Mu=1.83
2ϕ16 Mu=1.91
2ϕ16+1ϕ10 Mu=2.27
2ϕ16+1ϕ12 Mu=2.42
2ϕ16+1ϕ14 Mu=2.61
3ϕ16 Mu=2.89

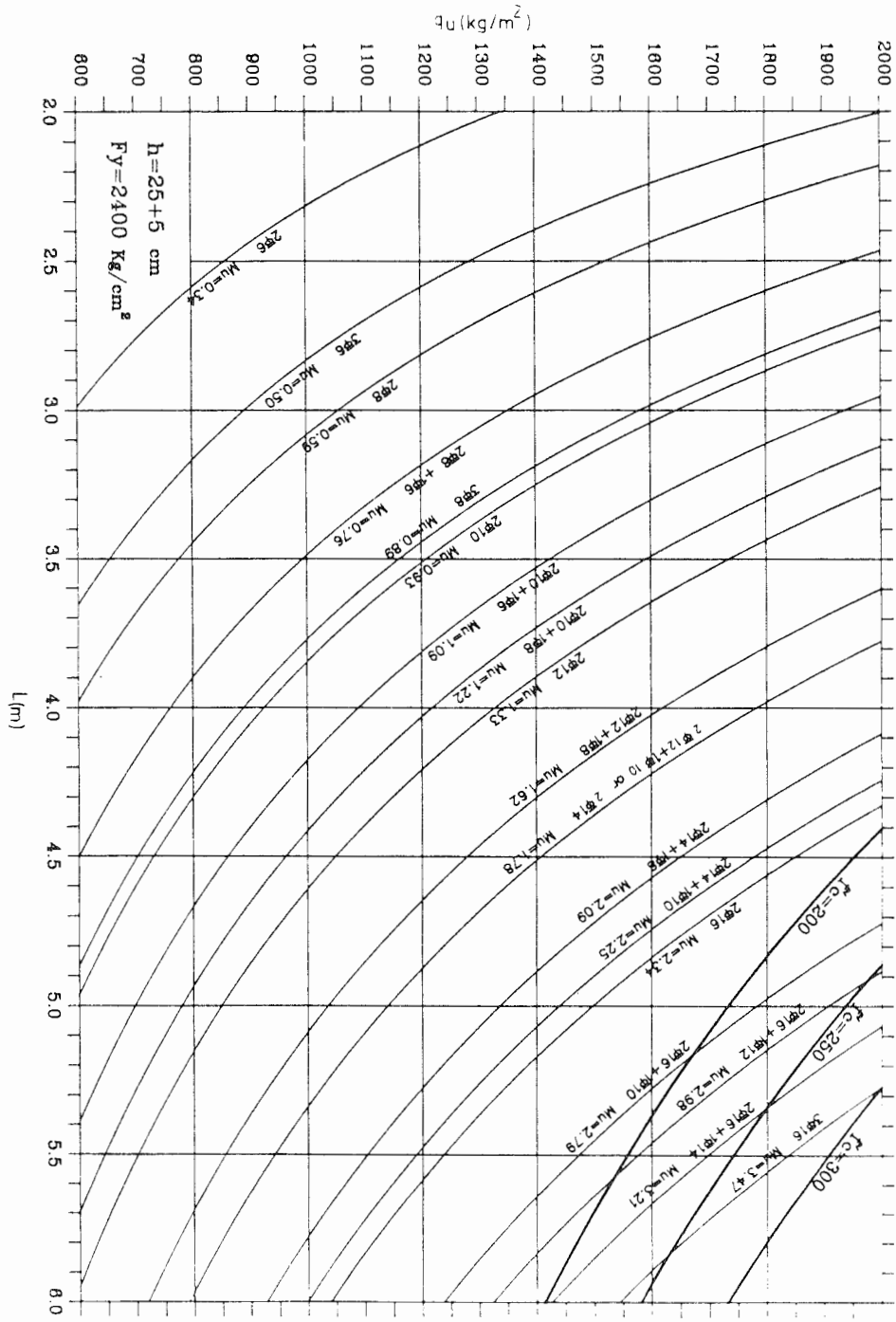
نمودار ۱-۲۳



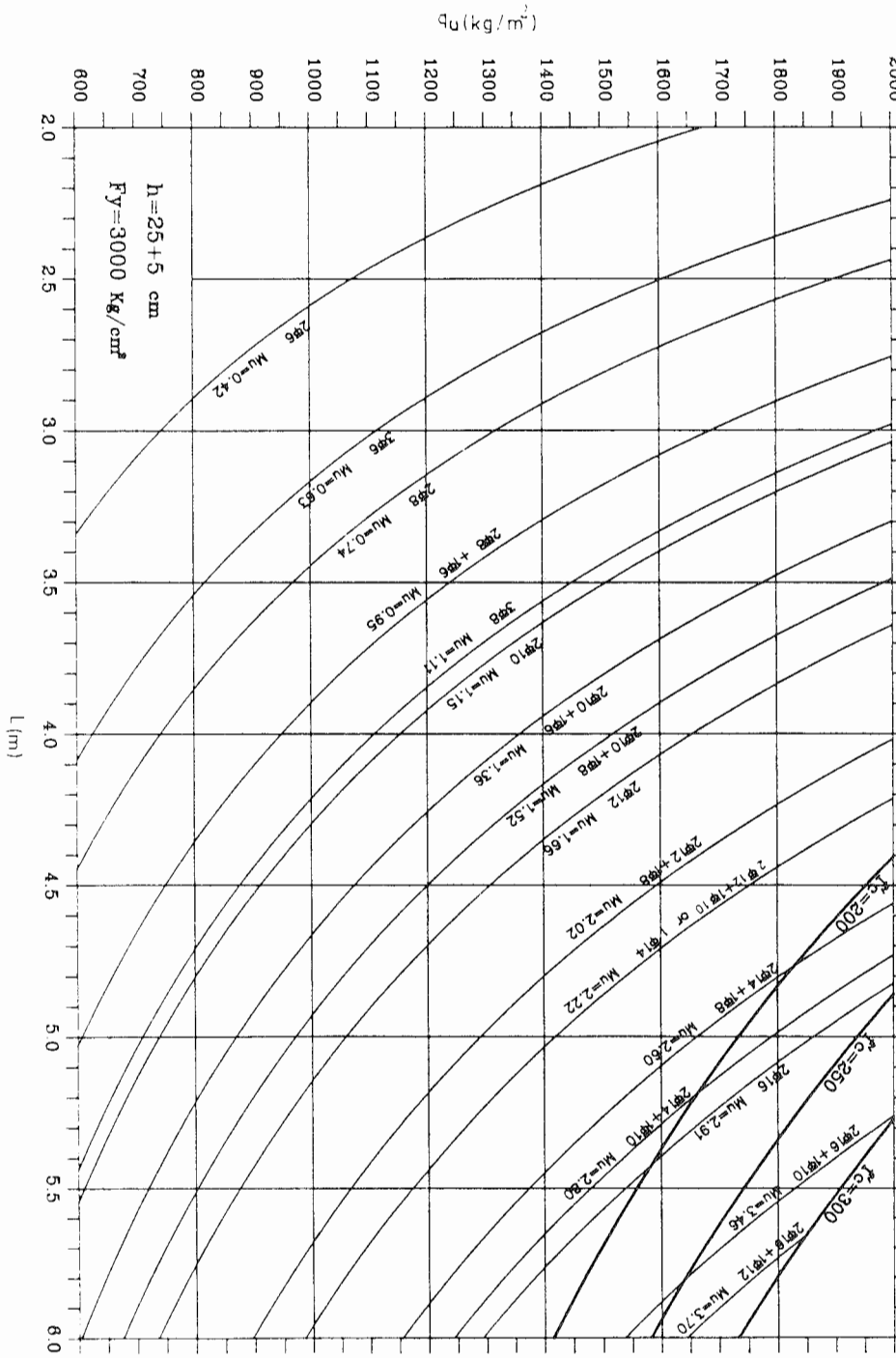
نمودار ۲۳ـ۲


qu(kg/m²)
L(m)
h=20+5 cm
Fy=4000 Kg/cm²
f'c=200
f'c=250
f'c=300
2Φ6 Mu=0.46
2Φ8 Mu=0.68
2Φ8 Mu=0.80
2Φ8+1Φ6 Mu=1.03
2Φ8 Mu=1.20
2Φ10 Mu=1.25
2Φ10+1Φ6 Mu=1.47
2Φ10+1Φ8 Mu=1.64
2Φ12 Mu=1.79
2Φ12+1Φ8 Mu=2.18
2Φ12+1Φ10 or 2Φ14 Mu=2.39
2Φ14+1Φ8 Mu=2.79
2Φ14+1Φ10 Mu=3.0

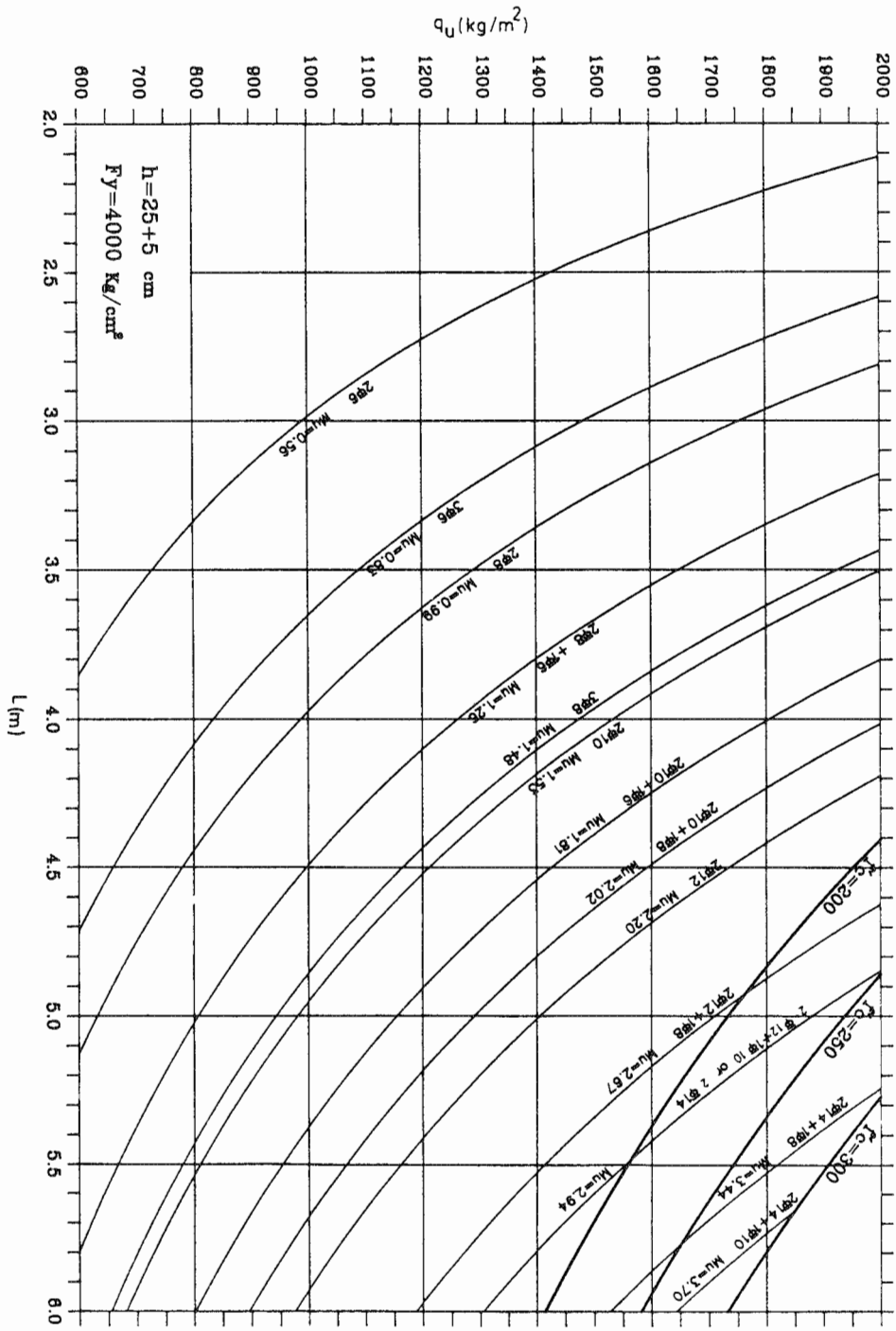
نمودار ۲۳_۳


qu(kg/m²)
L(m)
h=25+5 cm
Fy=2400 Kg/cm²
2φ6 Mu=0.34
3φ6 Mu=0.50
2φ8 Mu=0.59
2φ8 +1φ6 Mu=0.76
3φ8 Mu=0.89
2φ10 Mu=0.93
2φ10 +1φ6 Mu=1.09
2φ10 +1φ8 Mu=1.22
2φ12 Mu=1.33
2φ12+1φ8 Mu=1.62
2φ12+1φ8 ó 2φ14 Mu=1.78
2φ14 +1φ8 Mu=2.09
2φ14 +1φ10 Mu=2.25
2φ16 Mu=2.34
2φ16 +1φ10 Mu=2.78
2φ16 +1φ12 Mu=2.98
3φ16 Mu=3.47
f'c=200
f'c=250
f'c=300

نمودار ۲۳-۴


qu(kg/m²)
600
700
800
900
1000
1100
1200
1300
1400
1500
1600
1700
1800
1900
2000
L(m)
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0
5.5
6.0
h=25+5 cm
Fy=3000 Kg/cm²
2Φ6 Mu=0.42
2Φ8 Mu=0.63
2Φ8 Mu=0.74
2Φ8 +1Φ6 Mu=0.95
3Φ8 Mu=1.13
2Φ10 Mu=1.15
2Φ10 +1Φ6 Mu=1.36
2Φ10 +1Φ8 Mu=1.52
2Φ12 Mu=1.66
2Φ12 +1Φ8 Mu=2.02
2Φ12+1Φ10 or 1Φ14 Mu=2.22
2Φ14 +1Φ8 Mu=2.60
2Φ14 +1Φ10 Mu=2.80
2Φ16 Mu=2.97
2Φ16 +1Φ10 Mu=3.46
2Φ16 +1Φ12 Mu=3.70
fc=200
fc=250
fc=300

نمودار ۲۳ـ۵


$q_u(kg/m^2)$
600
700
800
900
1000
1100
1200
1300
1400
1500
1600
1700
1800
1900
2000
L(m)
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0
5.5
6.0
h=25+5 cm
Fy=4000 Kg/cm²
2φ8 Mu=0.56
3φ8 Mu=0.52
2φ8 Mu=0.99
2φ8 + 1φ6 Mu=1.26
3φ8 Mu=1.48
2φ10 Mu=1.55
2φ10 + 1φ6 Mu=1.81
2φ10 + 1φ8 Mu=2.02
2φ12 Mu=2.20
2φ12 + 1φ8 Mu=2.67
2φ14 + 1φ8 Mu=3.44
2φ14 + 1φ10 Mu=3.70
Mu=2.94
fc=200
fc=250
fc=300

نمودار ۲۳-۶

فصل ۲۴

جزییات تیپ کف ستونها

(بدون وجود لنگر در پای ستون)

۲۴-۱- مقدمه

در این بخش ابعاد صفحات زیر ستون و جزییات اتصال مربوطه، برای ستونهایی که اتصال پایه آنها مفصلی است و هیچ لنگری به‌شالوده انتقال نمی‌دهند برای ستونهای ساخته شده از پروفیلهای تکی و دوبل که در ساختمانهای متعارف کاربرد دارند به‌صورت جدول ارائه شده است. به‌علاوه محل و قطر سوراخهای لازم برای پیچهای مهاری و ابعاد نبشی‌هایی که احیاناً برای ثابت ساختن پای ستون به‌کار گرفته می‌شوند به‌همراه قطر پیچهای مهاری و جوشهای لازم ارائه گردیده است.

۲۴-۲- فرضیات محاسبات

پیچهای مهاری برای تحمل لنگرها و برشهای اتفاقی وارد بر پای ستون مثلاً ضربه‌هایی که هنگام نصب ممکن است بر ستون وارد آید، انتخاب گردیده‌اند. بنابر این برای ستونهای مجاور بادبندی‌ها در ساختمان که پیچهای مهاری تحت تنشهای محاسباتی قرار می‌گیرند باید پیچهای مهاری را که جداول به‌دست می‌دهند کنترل نمود و در صورت لزوم قطر و یا تعداد آنها را افزایش داد.

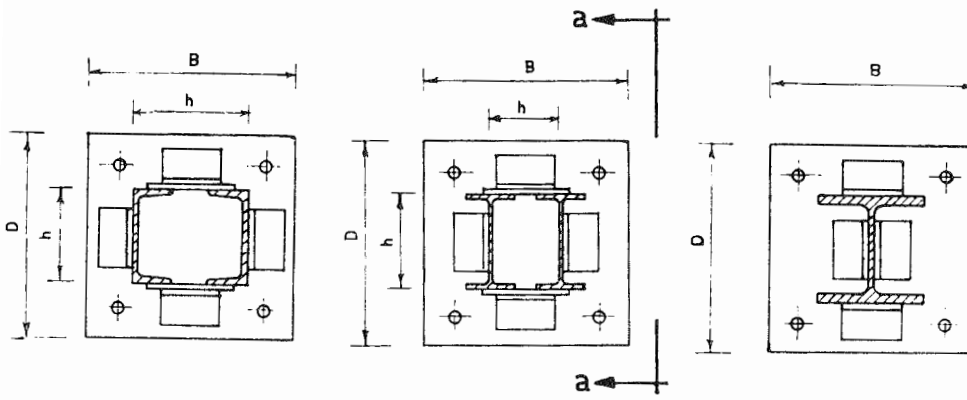
در محاسبهٔ فشار پای ستون فرض گردیده است که ستون با طول متعارف، تا حد مقاومت مجاز فشاری خود بارگذاری گردیده است.

طول و عرض صفحه زیر ستون به‌نحوی انتخاب شده است که تنش فشاری روی بتن از تنش مجاز فشاری که برابر ۹۰ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع فرض گردیده است تجاوز نکند. در ضمن تناسبات هندسی به‌نحوی انتخاب می‌گردند که طول لبه‌های آزاد صفحه زیر ستون زیاد نشوند. در بسیاری از موارد سعی شده است تا به‌قیمت مقداری افزایش ابعاد صفحه زیر ستون این صفحه مربع شکل انتخاب گردد تا در هنگام نصب آن یکسان نبودن ابعاد موجب اشتباه نگردد. در ضمن هنگامی که ابعاد به‌دست آمده از محاسبات جوابگوی قرارگیری پیچهای مهاری و مهرهٔ آنها نباشد به‌این ابعاد مقداری اضافه شده تا حداقل ابعاد هندسی لازم به‌دست آید.

۲۴-۳- تیپ‌بندی کف ستونها

مطابق شکل ۲۴-۱-الف، جداول برای سه نوع ستون شامل نیمرخ تک IPB، نیمرخ دوبل IPE و نیمرخ دوبل UNP تهیه شده‌اند. اتصال ستون به‌کف ستون توسط چهار نبشی تأمین شده است که این نبشی‌ها و جوشهای مربوطه قادر به انتقال تمام بار طراحی ستون می‌باشند.

در محاسبهٔ ضخامت کف ستونها، با فرض توزیع فشار یکنواخت در سطح تماس کف ستون با شالوده،لنگر



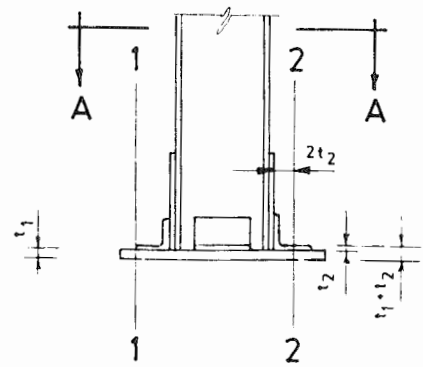
الف ـ ستون IPB ب ـ ستون دوبل IPE پ ـ ستون دوبل UNP

شکل ۲۴ـ۱ـ الف ـ انواع کف ستون

خمشی در مقاطع بحرانی تعیین شده و با استفاده از تنش مجاز $0.75F_y=1800\ kg/cm^2$، ضخامت t از رابطهٔ زیر تعیین شده است:

$$t=\sqrt{\frac{6M}{1800}}$$

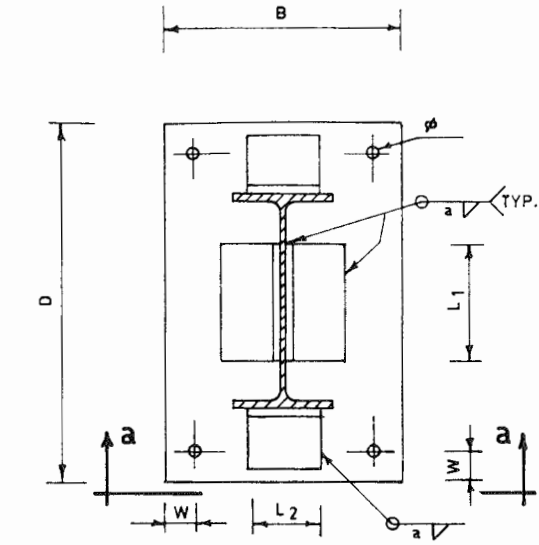
در شکل ۲۴ـ۱ـ ب مقاطع بحرانی از نظر خمش برای کنترل صفحه زیرستون به نمایش درآمده‌اند. در مقطع ۱ـ۱ فرض می‌شود که تنها صفحه زیر ستون به‌ضخامت t_1 باید خمش وارده را تحمل نماید، اما در مقطع ۲ـ۲ ضخامت مقطع مقاوم از جمع t_1 و t_2 به‌دست می‌آید.



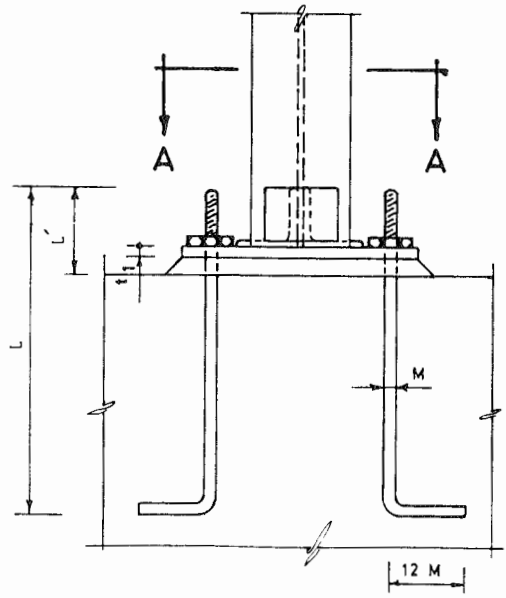
شکل ۲۴ـ۱ـ ب ـ مقاطع بحرانی برای کنترل خمش

۲۴ـ۴ـ پارامترهای هندسی

در شکل ۲۴ـ۲ پارامترهای هندسی مورد استفاده در جداول نشان داده شده است. با داشتن نوع و شمارهٔ ستون بر حسب مورد به‌یکی از جداول ۲۴ـ۱ تا ۲۴ـ۳ مراجعه کرده و مقادیر پارامترهای نشان داده شده در شکل ۲۴ـ۲ از سطر مربوطه در جدول قرائت می‌شود.



برش A-A



نمای a-a

شکل ۲۴ـ۲ـ پارامترهای هندسی

جدول ۲۴-۱- مشخصات صفحه زیر ستون برای ستونهای تکی نیمرخ *IPB*

شمارهٔ نیمرخ	ظرفیت ستون (ton)	D (mm)	B (mm)	t (mm)	شمارهٔ نبشی (mm)	طول نبشی جان L_1 (mm)	طول نبشی بال L_2 (mm)	a (mm)	w (mm)	ϕ (mm)	M (mm)	L (mm)	L (mm)
IPB 100	23.19	250	300	20	60×60×6	55	80	5	50	24	20	500	100
IPB 120	34.78	300	300	18	80×80×8	60	70	6	50	24	20	500	100
IPB 140	47.53	350	300	20	80×80×8	90	110	7	50	24	20	500	100
IPB 160	62.86	400	350	20	100×100×10	90	120	8	50	24	20	500	100
IPB 180	78.39	450	350	20	120×120×12	120	150	8	50	28	24	600	120
IPB200	96.19	500	400	24	120×120×12	120	140	10	50	28	24	600	120
		550	400	26	150×150×15	100	120	9	50				
IPB220	114.37	550	400	26	150×150×15	120	160	10	50	28	24	600	120
IPB240	135.24	600	450	30	150×150×15	150	200	11	75	32	27	700	150
IPB260	152.44	600	500	28	150×150×15	160	220	12	75	32	27	700	150
IPB280	171.00	650	500	32	150×150×15	170	240	13	75	32	27	700	150
IPB300	196.12	650	550	38	150×150×15	200	280	14	75	32	27	700	150

جدول ۲۴-۲- مشخصات صفحه زیر ستون برای ستونهای زوج 2IPE

شمارهٔ نیمرخ	ظرفیت ستون (ton)	D (mm)	B (mm)	t (mm)	شمارهٔ نبشی (mm)	طول نبشی جان L_1(mm)	طول نبشی بال L_2(mm)	a (mm)	w (mm)	ϕ (mm)	M (mm)	L (mm)	L' (mm)
2IPE 100	23.90	250	300	12	60×60×6	50	80	5	50	20	16	400	75
2IPE 120	32.27	300	300	12	80×80×8	80	100	5	50	20	16	400	75
2IPE 140	41.43	350	350	14	80×80×8	90	120	6	50	24	20	500	100
2IPE 160	51.93	400	400	14	100×100×10	110	160	6	50	24	20	500	100
2IPE 180	62.77	450	450	18	100×100×10	120	170	7	50	24	20	500	100
2IPE 200	75.74	450	450	18	100×100×10	130	200	8	50	28	24	600	120
		500	500	18	120×120×12	150	200	7					
2IPE 220	89.61	500	500	18	120×120×12	160	220	8	50	28	24	600	120
2IPE 240	105.71	550	550	20	120×120×12	180	240	9	75	32	27	700	150
		600	600	20	150×150×15	180	240	8					
2IPE 270	125.16	600	600	18	150×150×15	200	270	9	75	32	27	700	150
		600	650	18	150×150×15	200	270	9					
2IPE 300	147.65	650	650	20	150×150×15	240	300	10	75	32	27	700	150

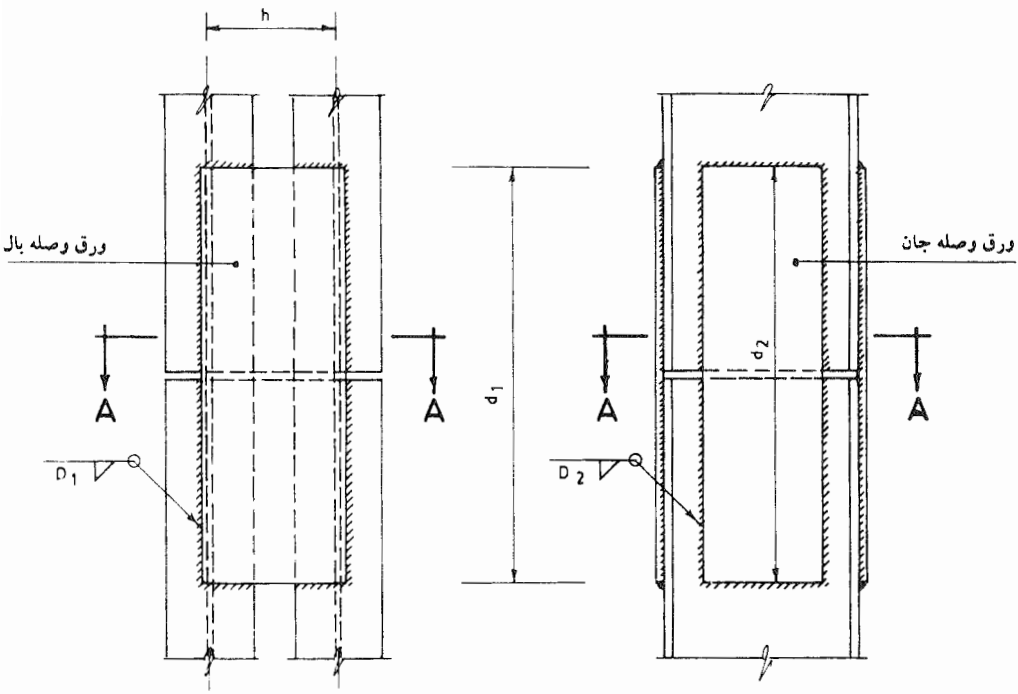
جدول ۲۴-۳- مشخصات صفحه زیر ستون برای ستونهای زوج 2UNP

شمارهٔ نیمرخ	ظرفیت ستون (ton)	D (mm)	B (mm)	t (mm)	شمارهٔ نبشی (mm)	طول نبشی جان L_1(mm)	طول نبشی بال L_2(mm)	a (mm)	w (mm)	ϕ (mm)	M (mm)	L (mm)	L' (mm)
2UNP 100	30.41	300	300	12	80×80×8	80	70	5	50	20	16	500	100
2UNP 120	40.95	350	350	14	100×100×10	70	60	6	50	20	16	500	100
2UNP 140	51.02	400	400	16	100×100×10	90	70	7	50	24	20	500	100
2UNP 160	61.45	400	400	16	100×100×10	100	90	8	50	24	20	500	100
		450	450	16	120×120×12	110	90	7					
2UNP 180	72.89	450	450	16	120×120×12	120	100	8	50	24	20	600	120
2UNP 200	84.92	500	500	18	120×120×12	180	160	8	50	28	24	600	120
2UNP 220	99.67	500	500	18	120×120×12	200	170	9	50	28	24	600	120
2UNP 240	113.62	550	550	22	120×120×12	200	190	10	75	32	27	700	150
		600	600	20	150×150×15	200	170	9					
2UNP 260	130.60	600	600	20	150×150×15	220	180	10	75	32	27	700	150
2UNP 280	145.00	650	650	24	150×150×15	260	250	10	75	32	27	700	150
		650	650	24	150×150×15	220	190	11					
2UNP 300	160.75	650	650	22	150×150×15	270	250	11	75	32	27	700	150

فصل ۲۵

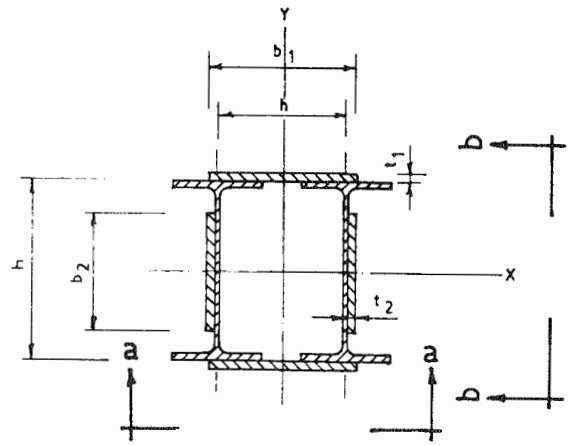
وصلهٔ ستونهای مرکب

در این فصل وصلهٔ ستون‌های مرکب 2IPE و 2UNP به‌وسیلهٔ ورقهای وصلهٔ جان و بال مورد توجه قرار گرفته است. اشکال ۲۵-۱ و ۲۵-۲ پارامترهای مورد استفاده در این اتصال را به‌ترتیب برای ستون نیمرخ 2IPE و 2UNP نشان می‌دهند. ابعاد هندسی ورقهای اتصال برای ستونهای نیمرخ 2IPE و 2UNP به‌ترتیب در جداول ۲۵-۱ و ۲۵-۲ آورده شده است. اتصالات همه تمام قدرت طراحی شده‌اند.



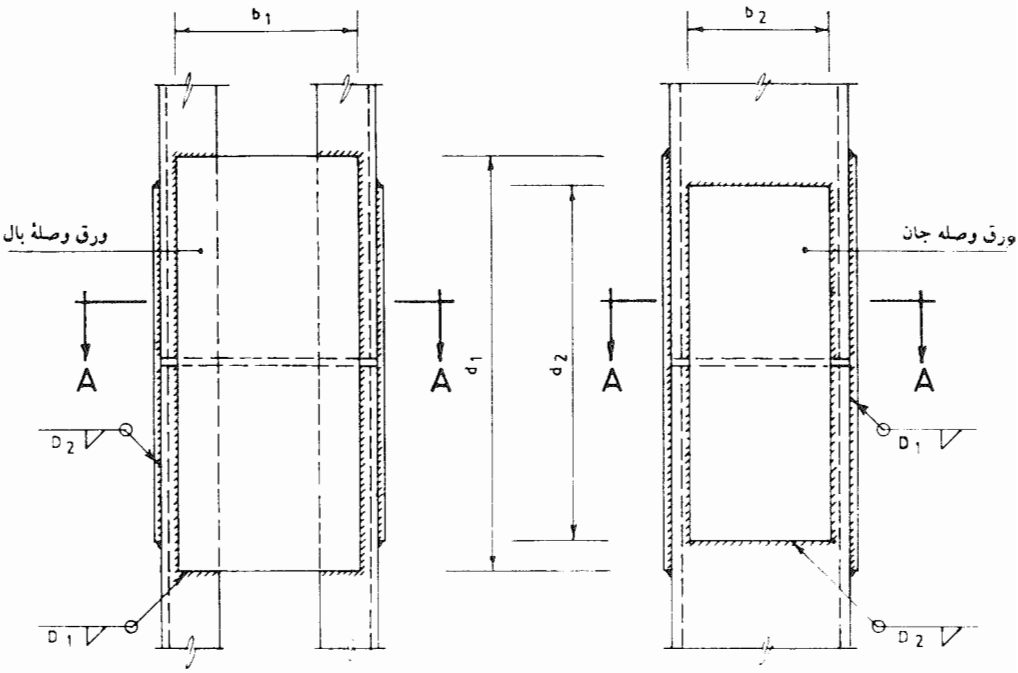
نمای a-a

نمای b-b



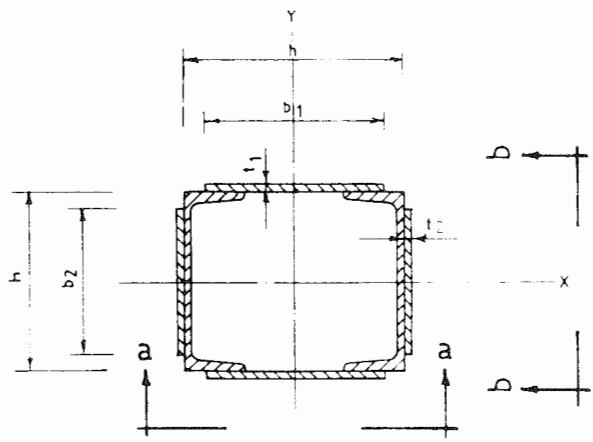
برش A-A

شکل ۲۵-۱- وصله ستونهای مرکب 2IPE



نمای a-a

نمای b-b



برش A-A

شکل ۲۵-۲-۰ وصلهٔ ستونهای مرکب 2UNP

جدول ۲۵-۱- مشخصات ورقهای وصله ستونهای مرکب *2IPE*

نیمرخ	ورق وصلـــه بـــال				ورق وصلـــه جـــان			
	b_1 (mm)	t_1 (mm)	D_1 (mm)	d_1 (mm)	b_2 (mm)	t_2 (mm)	D_2 (mm)	d_2 (mm)
2IPE 100	120	6	5	250	70	6	5	120
2IPE 120	140	6	5	270	90	6	5	150
2IPE 140	160	8	6	360	110	6	5	180
2IPE 160	180	8	6	420	120	8	6	240
2IPE 180	200	8	6	460	140	8	6	270
2IPE 200	220	8	6	500	150	10	8	270
2IPE 220	240	10	8	520	170	10	8	300
2IPE 240	260	10	8	560	190	10	8	340
2IPE 270	280	10	8	650	210	10	8	370
2IPE 300	320	10	8	700	240	12	10	400

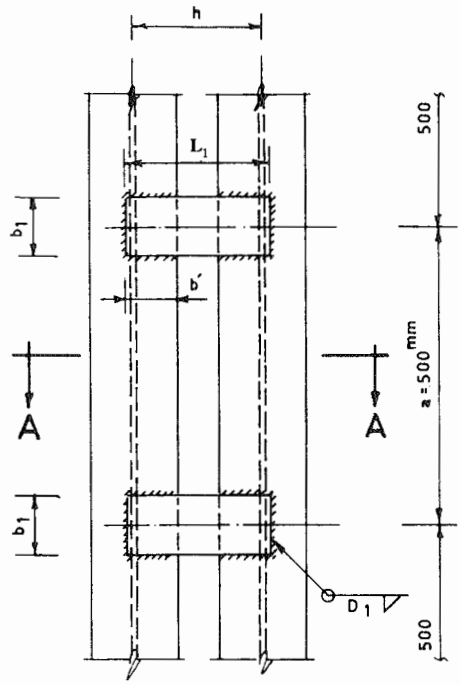
جدول ۲۵-۲- مشخصات ورقهای وصله ستونهای مرکب 2UNP

نیمرخ	ورق وصلـــه بـــال				ورق وصلـــه جـــان			
	b_1 (mm)	t_1 (mm)	D_1 (mm)	d_1 (mm)	b_2 (mm)	t_2 (mm)	D_2 (mm)	d_2 (mm)
2UNP 100	80	10	6	250	90	8	6	180
2UNP 120	100	12	6	270	100	10	8	180
2UNP 140	120	12	6	300	120	10	8	220
2UNP 160	120	12	8	350	140	10	8	250
2UNP 180	140	12	8	400	160	10	8	300
2UNP 200	160	12	8	420	170	12	10	300
2UNP 220	180	12	8	450	190	12	10	340
2UNP 240	200	12	8	500	210	12	10	380
2UNP 260	200	14	8	580	230	12	10	420
2UNP 280	220	16	8	650	250	12	10	450
2UNP 300	250	16	8	720	270	12	10	480

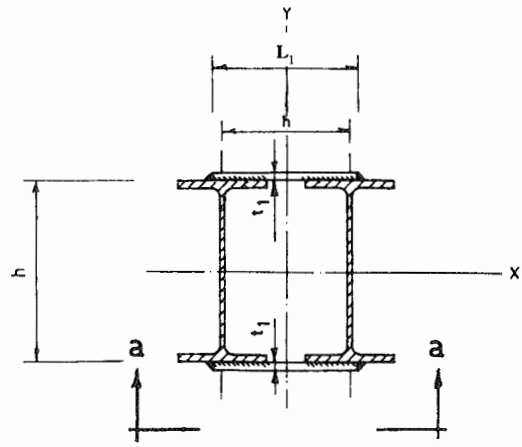
فصل ۲۶

جزییات تیپ بستهای ستونها

در این فصل مشخصات بستهای موازی ستونهای زوج از نیمرخ IPE و نیمرخ UNP ارائه شده است. در تمام حالات فاصلهٔ بستها مساوی ۵۰ سانتیمتر انتخاب گردیده که عرف متداول اجرا در ایران است. کلیهٔ ابعاد بستها بر مبنای نیروی برشی نظیر کمانش به‌مقدار $V=0.02P$ محاسبه گشته‌اند که مقدار P حدود ظرفیت جاری شدن ستون یعنی $1400A$ فرض شده است. A سطح مقطع ستون می‌باشد. در صورتی‌که ستون در حول محور Y خمش تحمل نماید، نیروی برشی علاوه بر برش نظیر کمانش در آن ایجاد می‌شود که در محاسبات انجام شده برای تهیه جداول منظور نشده است. در برخورد به‌چنین حالاتی محاسبات خاص لازم بوده و جداول این فصل برای آنها غیرقابل استفاده خواهد بود. فاصله دو نیمرخ طوری انتخاب شده که شعاع ژیراسیون در دو جهت اصلی حدوداً مساوی باشد.

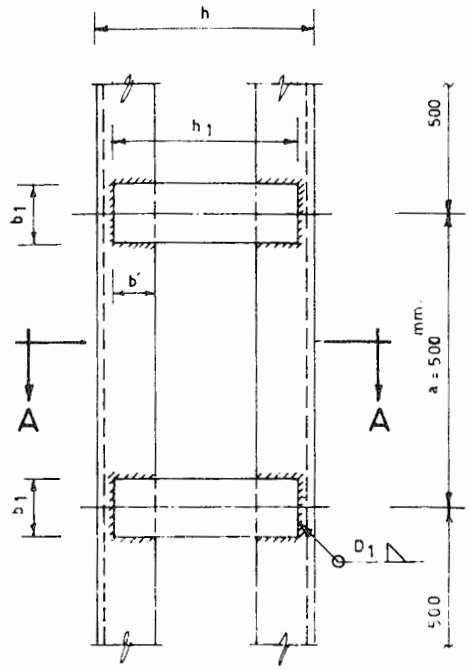


نمای a-a

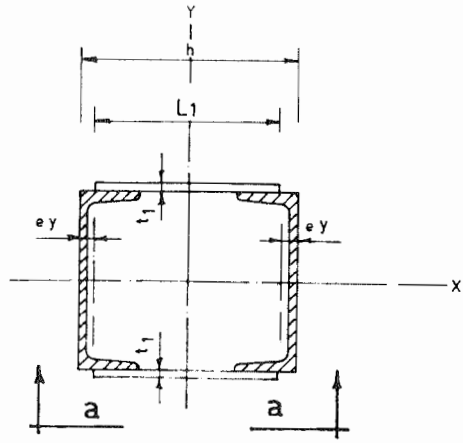


برش A-A

شکل ۲۶ـ۱ ـ صفحات بست ستون برای نیمرخ IPE



نمای a-a



برش A-A

شکل ۲۶-۲ ـ صفحات بست ستون برای نیمرخ UNP

جدول ۲۶-۱- مشخصات هندسی بستهای موازی ستونهای مرکب از دو نیمرخ IPE

نیمرخ	ابعاد تسمهٔ بست ستون				
	ضخامت t_1(mm)	پهنا b_1(mm)	طول L_1(mm)	b′ (mm)	D_1 (mm)
2IPE 100	4	90	120	35	3
2IPE 120	4	100	140	40	3
2IPE 140	6	100	160	45	5
2IPE 160	6	100	180	50	5
2IPE 180	6	110	200	55	5
2IPE 200	6	120	220	60	5
2IPE 220	8	120	240	65	7
2IPE 240	8	120	260	70	7
2IPE 270	10	120	290	77.5	8
2IPE 300	10	130	320	85	8

جدول ۲۶-۲- مشخصات هندسی بستهای موازی ستونهای مرکب از دو نیمرخ UNP

نیمرخ	ابعاد تسمهٔ بست ستون				
	ضخامت t_1(mm)	پهنا b_1(mm)	طول L_1(mm)	b′ (mm)	D_1 (mm)
2UNP 100	4	90	80	34.5	3
2UNP 120	6	100	100	39.0	3
2UNP 140	8	100	120	42.5	5
2UNP 160	8	100	120	46.6	5
2UNP 180	8	110	140	50.8	5
2UNP 200	8	120	160	54.9	5
2UNP 220	10	120	180	58.6	7
2UNP 240	10	120	200	62.7	7
2UNP 260	12	130	200	66.4	7
2UNP 280	12	130	220	69.7	8
2UNP 300	12	130	250	73.0	8

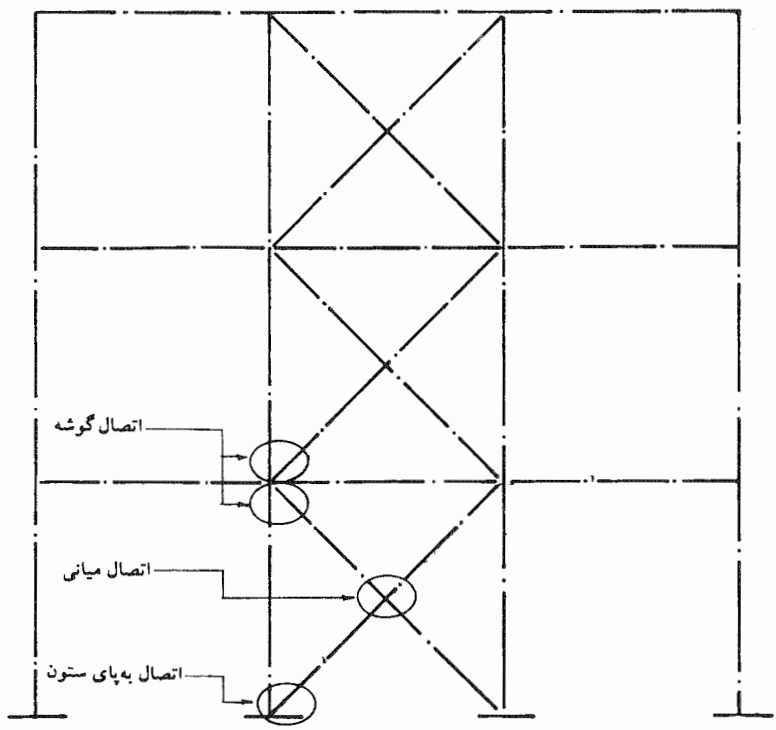
فصل ۲۷

جزییات اتصال بادبندها

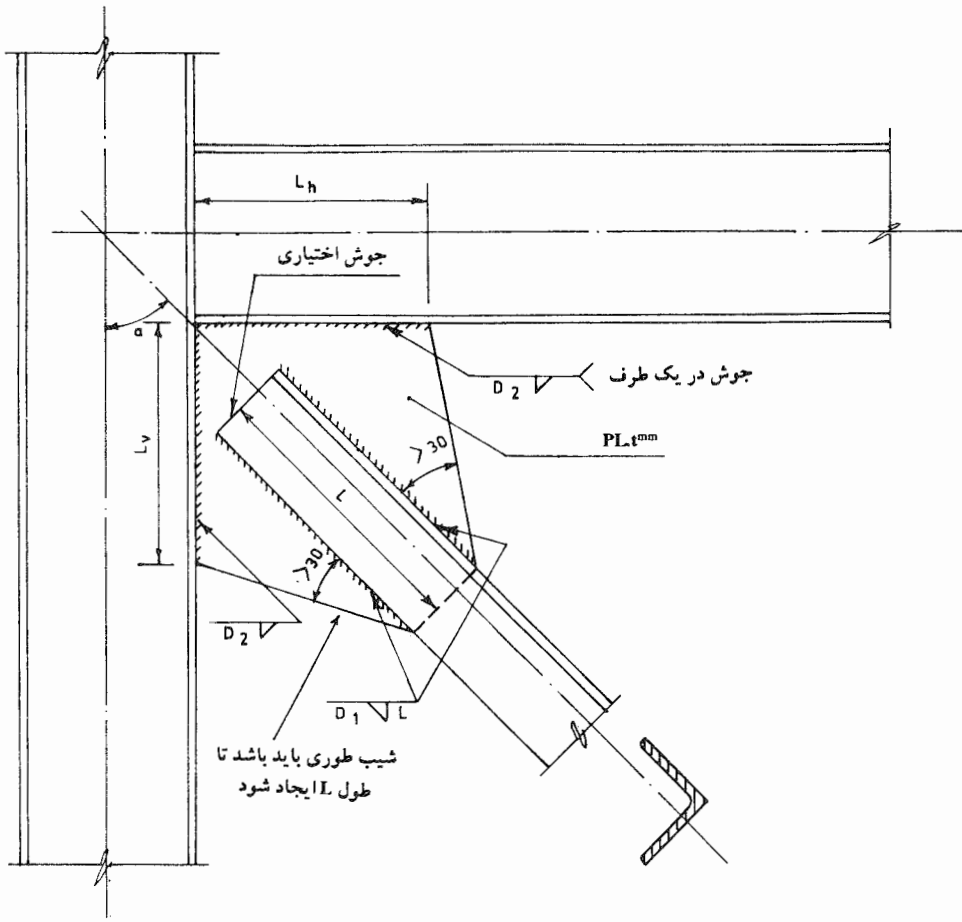
(شامل تک نبشی، زوج نبشی، تک ناودانی و زوج ناودانی)

در این فصل اتصال بادبندیهای ساختمانهای فولادی مورد توجه قرار می‌گیرد. معمولترین بادبندها در اسکلتهای فولادی بادبندیهای ضربدری (X) می‌باشد، لذا در تهیهٔ جداول در درجهٔ اول اینگونه بادبندیها مد نظر بوده‌اند. البته همان‌طور که مشاهده خواهد شد، شکل هندسی اتصال بادبند فقط بستگی به‌زاویه‌ای دارد که بادبند با امتداد ستون می‌سازد، لذا از اتصالات معرفی شده می‌توان در سایر بادبندیها نیز استفاده نمود.

سه نوع اتصال مورد توجه بوده است: اتصال عضو بادبند به‌گوشه (محل تقاطع تیر و ستون)، اتصال میانی و اتصال به‌پای ستون (شکل ۲۷-۱). هر کدام از این اتصالات نیز برای چهارنوع نیمرخ یعنی نبشی تک ، نبشی زوج، ناودانی تک و ناودانی زوج مورد بررسی قرار گرفته‌اند. جداول ۲۷-۱ تا ۲۷-۳ مربوط به‌نبشی تک، جداول ۲۷-۴ تا ۲۷-۶ مربوط به‌نبشی زوج، جداول ۲۷ - ۷ تا ۲۷ - ۹ مربوط به‌ناودانی تک و جداول ۲۷-۱۰ تا ۲۷-۱۲ مربوط به‌ناودانی زوج می‌باشند.

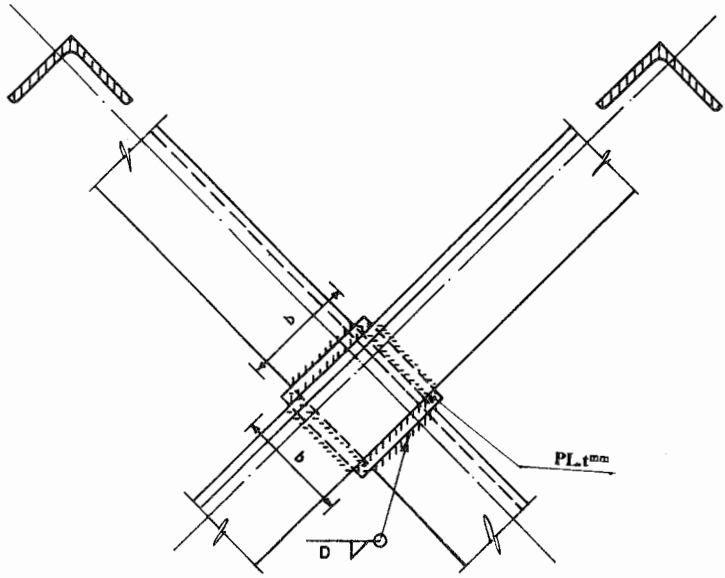


شکل ۲۷-۱



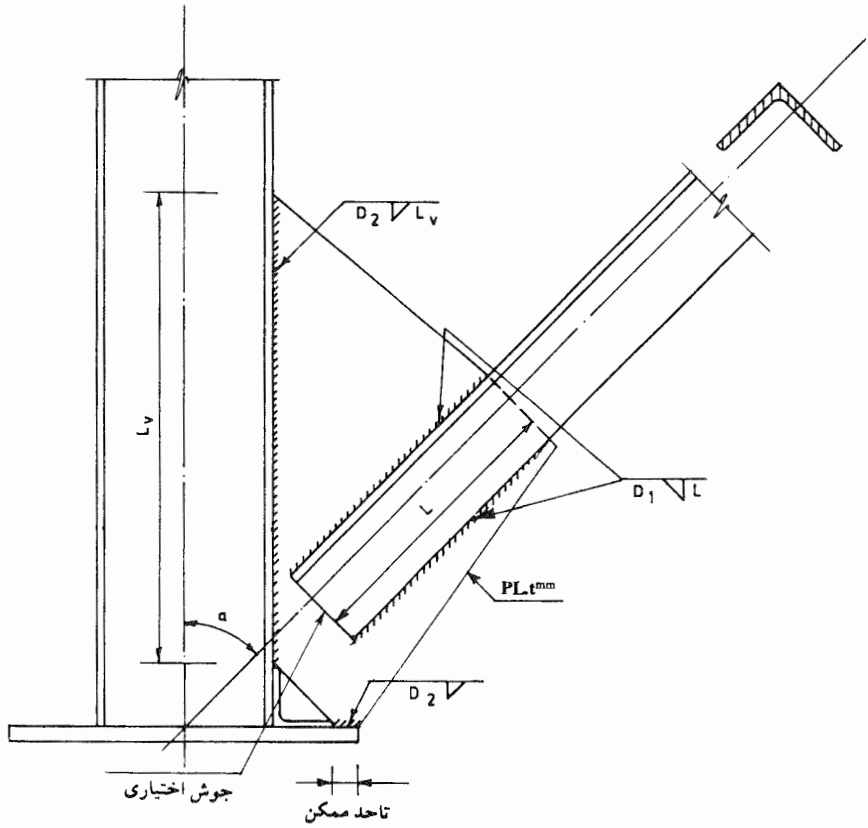
جدول ۲۷-۱-اتصال گوشه در بادبند از نیمرخ نبشی تک

شمارهٔ نبشی (mm)	اتصال نبشی به ورق		t (mm)	D_2 (mm)	α =30°		α =35°		α =40°		α =45°	
	L(mm)	D_1(mm)			L_h	L_v	L_h	L_v	L_h	L_v	L_h	L_v
50×50×5	200	3	4	4	200	300	200	300	250	250	250	250
60×60×6	220	4	4	4	250	350	250	350	300	300	300	300
70×70×7	240	5	5	5	250	350	250	350	300	300	300	300
80×80×8	260	6	5	5	300	450	300	450	400	400	400	400
100×100×10	300	8	6	6	350	600	400	600	450	550	450	450
120×120×12	420	8	8	8	350	650	400	600	450	550	500	500
150×150×15	480	10	10	10	500	800	550	750	600	700	650	650



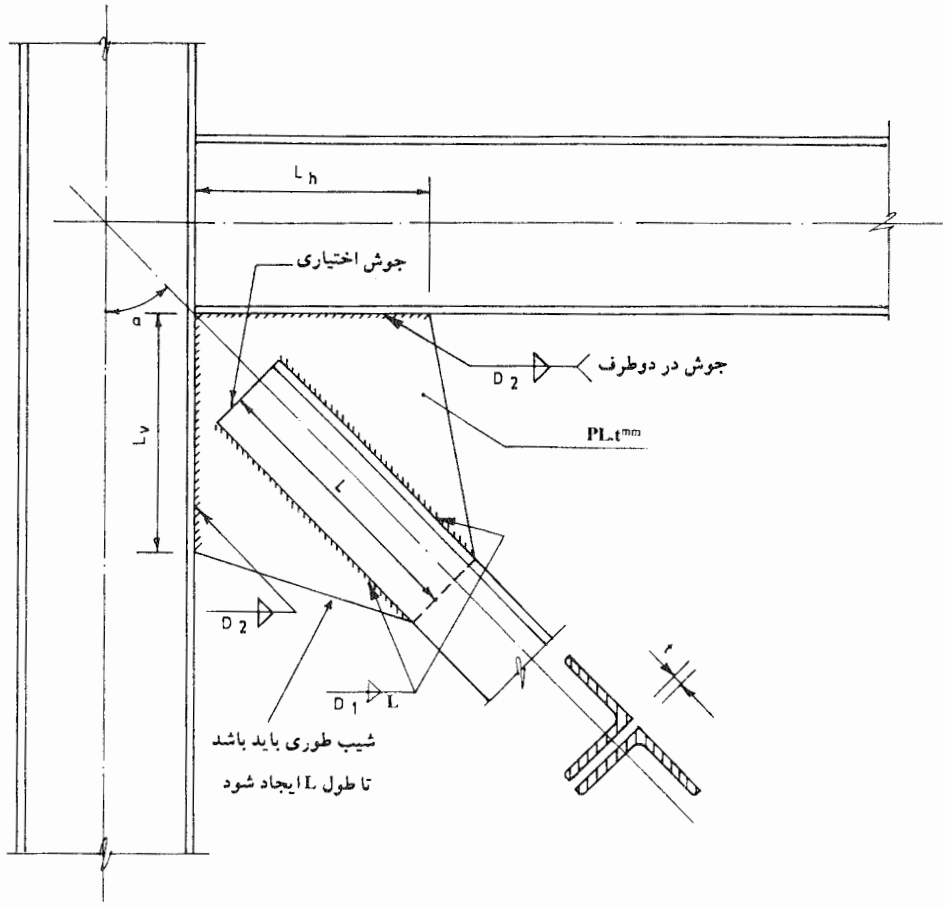
جدول ۲۷-۲-اتصال میانی در بادبند از نیمرخ نبشی تک

شمارهٔ نبشی (mm)	t(mm)	b(mm)	D(mm)
50×50×5	3	90	3
60×60×6	4	100	3
70×70×7	5	110	3
80×80×8	6	120	3
100×100×10	8	140	4
120×120×12	8	160	4
150×150×15	10	190	5



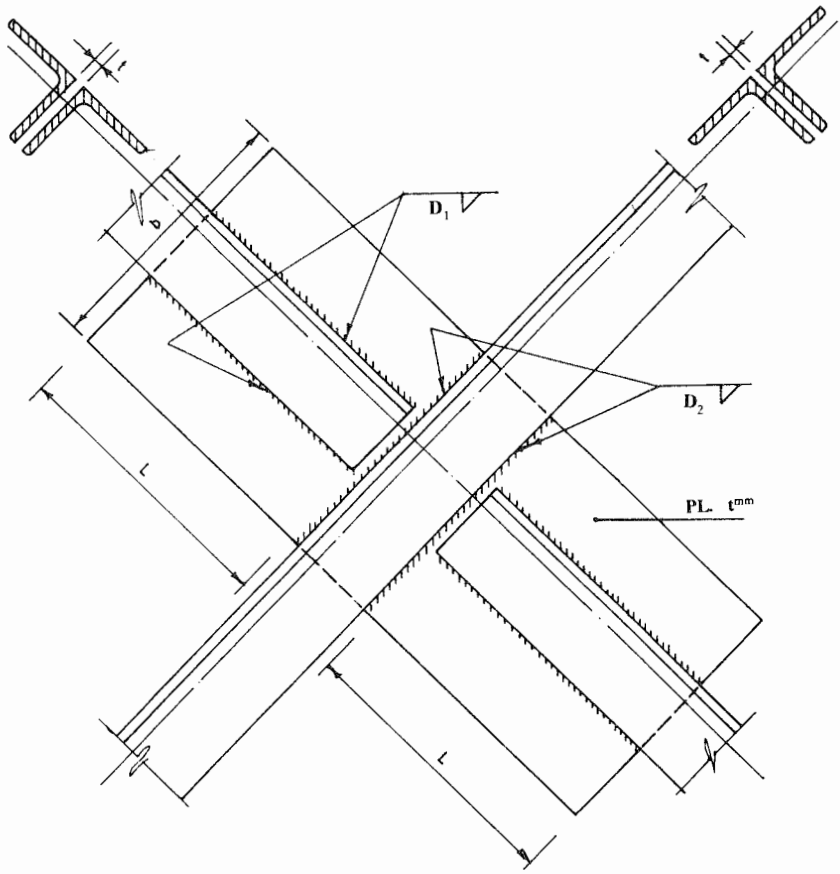
جدول ۲۷-۳-اتصال به پای ستون در بادبند از نیمرخ نبشی تک

شمارهٔ نبشی (mm)	اتصال نبشی به‌ورق		t (mm)	D_2 (mm)	l_v(mm)						
	L(mm)	D_1(mm)			α =30 °	α =35 °	α =40 °	α =45 °	α =50 °	α =55 °	α =60 °
50×50×5	200	3	4	4	350	400	450	450	500	500	550
60×60×6	220	4	4	5	400	450	500	500	550	550	600
70×70×7	240	5	6	6	450	500	550	600	650	650	700
80×80×8	260	6	6	8	550	600	650	700	750	750	800
100×100×10	300	8	8	10	600	650	700	750	800	850	900
120×120×12	420	8	10	12	700	750	850	900	950	1000	1050
150×150×15	480	10	12	15	900	1000	1050	1150	1200	1300	1350



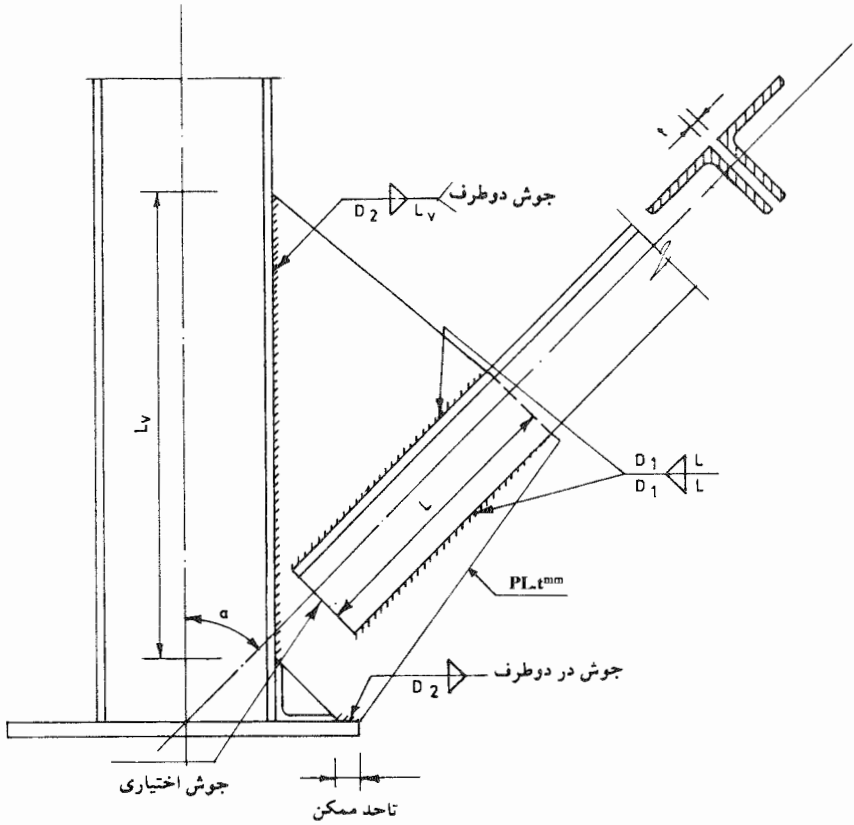
جدول ۲۷-۴-اتصال گوشه در بادبند از نیمرخ نبشی زوج

شمارهٔ نبشی (mm)	اتصال نبشی به ورق		t (mm)	D_2 (mm)	α =30°		α =35°		α =40°		α =45°	
	L(mm)	D_1(mm)			L_h	L_v	L_h	L_v	L_h	L_v	L_h	L_v
50×50×5	200	3	5	3	200	300	200	300	250	250	250	250
60×60×6	220	4	6	4	250	350	250	350	300	300	300	300
70×70×7	240	5	8	5	250	350	250	350	300	300	300	300
80×80×8	260	6	8	5	300	450	300	450	400	400	400	400
100×100×10	300	8	12	6	350	600	400	600	450	550	450	450
120×120×12	420	8	16	8	350	650	400	600	450	550	500	500
150×150×15	480	10	18	10	500	800	550	750	600	700	650	650



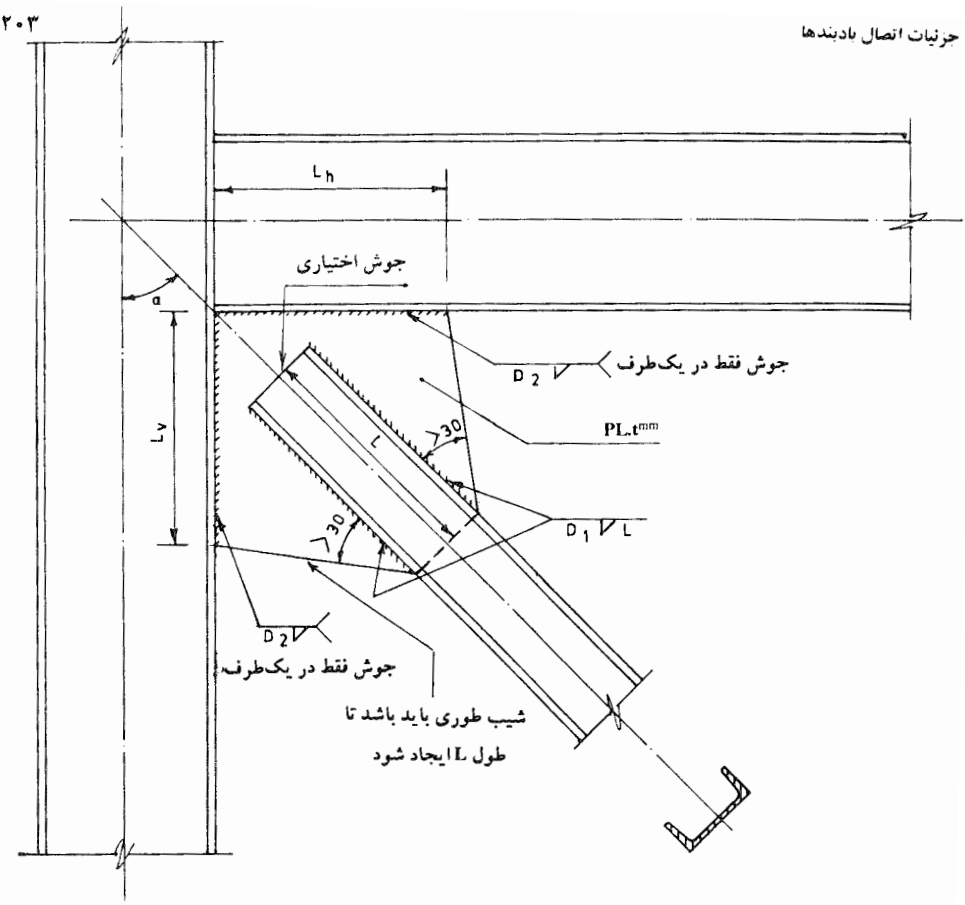
جدول ۲۷-۵ ـ اتصال میانی در بادبند از نیمرخ نبشی زوج

شمارهٔ نبشی (mm)	t(mm)	b(mm)	L(mm)	D_1(mm)	D_2(mm)
50×50×5	5	200	200	3	3
60×60×6	6	240	220	4	3
70×70×7	8	240	240	5	3
80×80×8	8	300	260	6	4
100×100×10	12	320	300	8	4
120×120×12	16	350	420	8	4
150×150×15	18	450	480	10	5



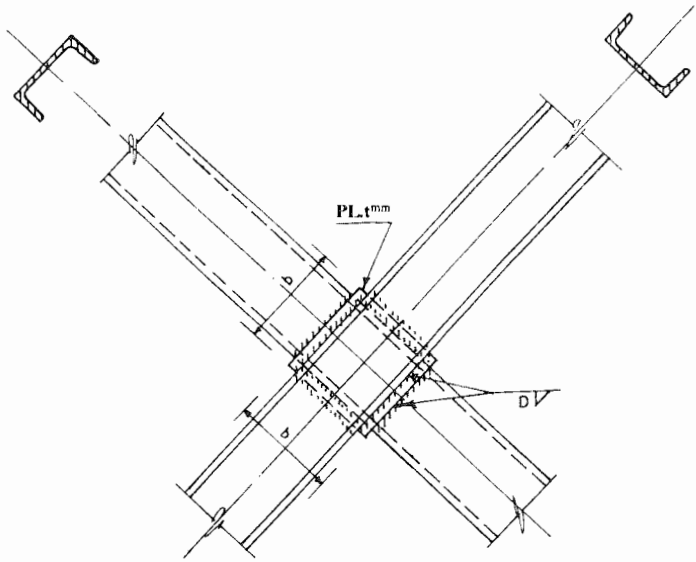
جدول ۲۷-۶- اتصال به‌پای ستون در بادبند از نیمرخ نبشی زوج

شمارهٔ نبشی (mm)	اتصال نبشی به ورق		t (mm)	D_2 (mm)	L_v(mm)						
	L(mm)	D_1(mm)			$\alpha=30°$	$\alpha=35°$	$\alpha=40°$	$\alpha=45°$	$\alpha=50°$	$\alpha=55°$	$\alpha=60°$
50×50×5	200	3	5	4	350	400	450	450	500	500	550
60×60×6	220	4	7	5	400	450	500	500	550	550	600
70×70×7	240	5	8	6	450	500	550	600	650	650	700
80×80×8	260	6	12	8	550	600	650	700	750	750	800
100×100×10	300	8	14	10	600	650	700	750	800	850	900
120×120×12	420	8	16	12	700	750	850	900	950	1000	1050
150×150×15	480	10	20	15	900	1000	1050	1150	1200	1300	1350



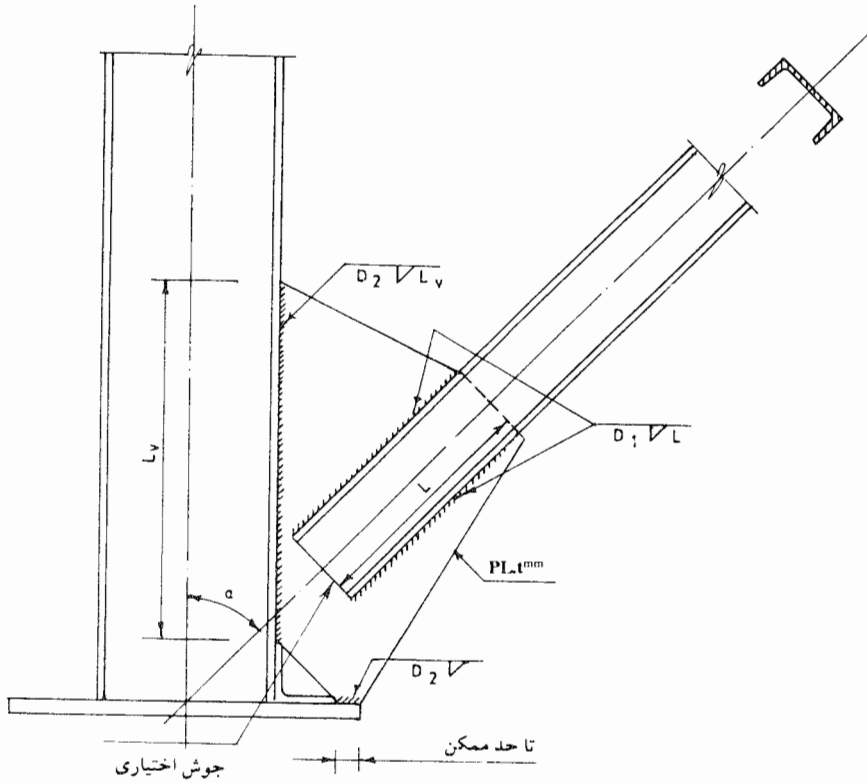
جدول ۲۷-۷-اتصال گوشه در بادبند از نیمرخ ناودانی تک

ناودانی	اتصال ناودانی به ورق		t	D_2	α =30°		α =35°		α =40°		α =45°	
	L(mm)	D_1(mm)	(mm)	(mm)	L_h	L_v	L_h	L_v	L_h	L_v	L_h	L_v
UNP100	320	5	4	5	250	400	300	400	350	350	350	350
UNP120	360	6	6	6	300	450	300	450	400	400	400	400
UNP140	400	6	6	6	300	550	300	550	450	450	450	450
UNP160	420	7	8	8	300	550	300	550	450	450	450	450
UNP180	480	7	8	8	400	600	400	600	500	500	500	500
UNP200	500	8	8	10	400	600	400	600	450	550	500	500
UNP220	580	8	8	10	400	700	450	650	500	600	550	550
UNP240	600	9	10	12	400	700	450	650	500	600	550	550
UNP260	650	9	10	12	450	750	500	700	550	650	600	600
UNP280	600	10	10	12	500	800	550	750	600	700	650	650
UNP300	650	10	10	12	550	850	600	800	650	750	700	700



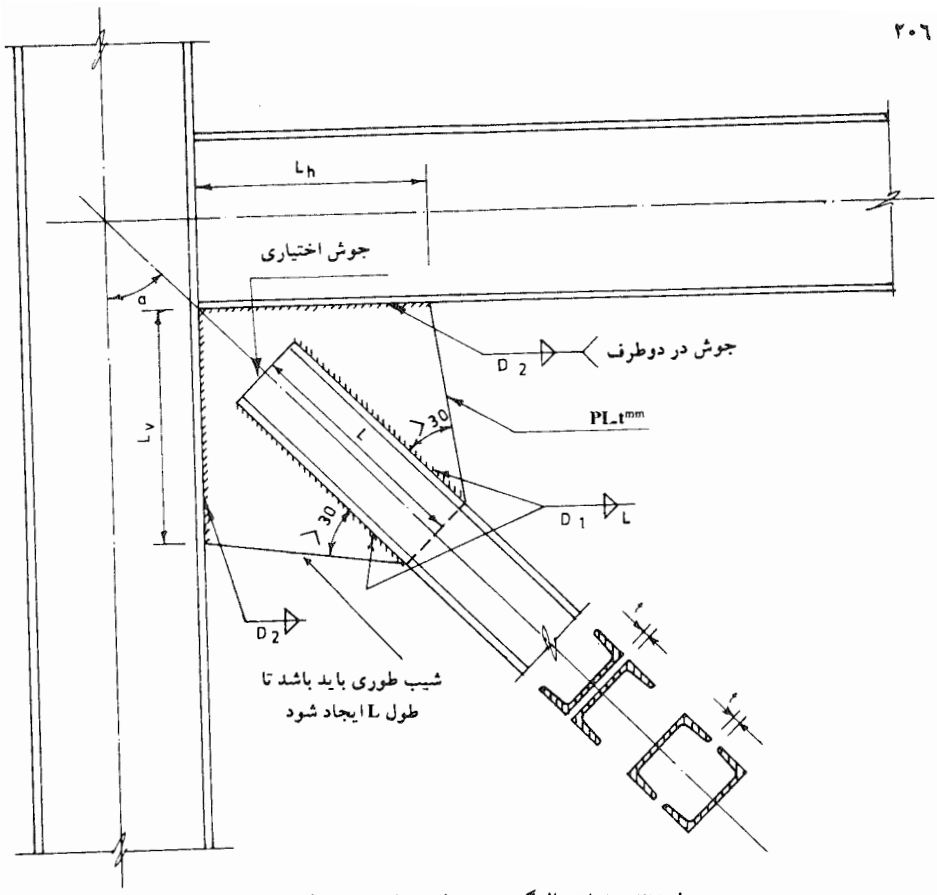
جدول ۲۷ـ۸ ـ اتصال میانی در بادبند از نیمرخ ناودانی تک

ناودانی	t(mm)	b(mm)	D (mm)
UNP 100	4	140	3
UNP 120	6	160	3
UNP 140	6	180	3
UNP 160	8	200	4
UNP 180	8	220	4
UNP 200	8	240	4
UNP 220	8	260	4
UNP 240	10	280	5
UNP 260	10	300	5
UNP 280	10	320	5
UNP 300	10	340	5



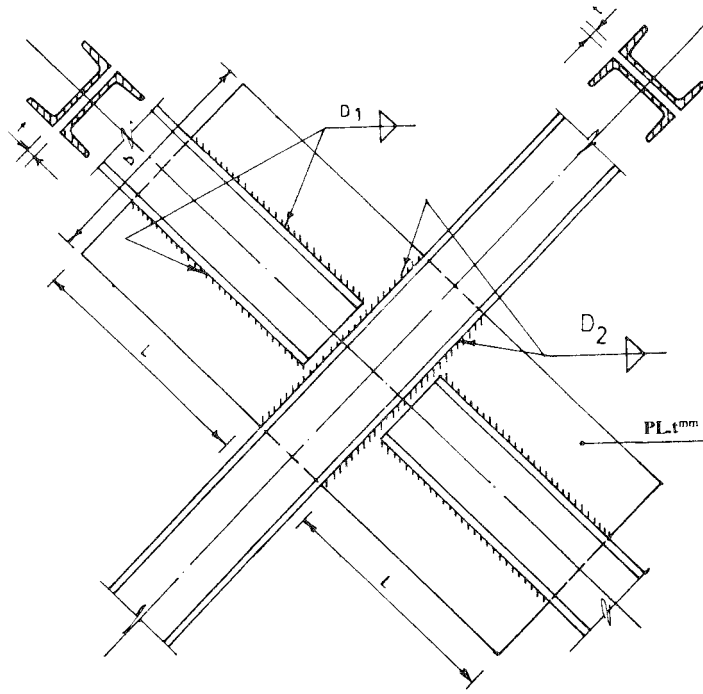
جدول ۲۷-۹-اتصال به پای ستون در بادبند از نیمرخ ناودانی تک

ناودانی	اتصال بیشی به ورق		t	D	L_v(mm)						
	L_v(mm)	D_2(mm)	(mm)	(mm)	$\alpha=30°$	$\alpha=35°$	$\alpha=40°$	$\alpha=45°$	$\alpha=50°$	$\alpha=55°$	$\alpha=60°$
UNP 100	320	5	8	[illegible]	350	400	450	500	500	550	550
UNP120	360	6	10	[illegible]	400	450	500	500	550	600	600
UNP140	400	6	10	12	450	500	550	600	650	700	750
UNP160	420	7	10	[illegible]	550	600	650	700	800	800	850
UNP180	480	7	12	15	550	600	650	700	750	800	850
UNP200	500	8	12	15	600	650	750	800	850	900	950
UNP220	580	8	12	15	700	800	850	950	1000	1050	1100
UNP240	600	9	12	15	850	900	1000	1050	1150	1200	1250
UNP260	650	9	14	18	850	850	1000	1050	1150	1200	1250
UNP280	600	10	14	[illegible]	900	950	1050	1100	1200	1250	1300
UNP300	650	10	14	18	950	1000	1150	1250	1350	1400	1550



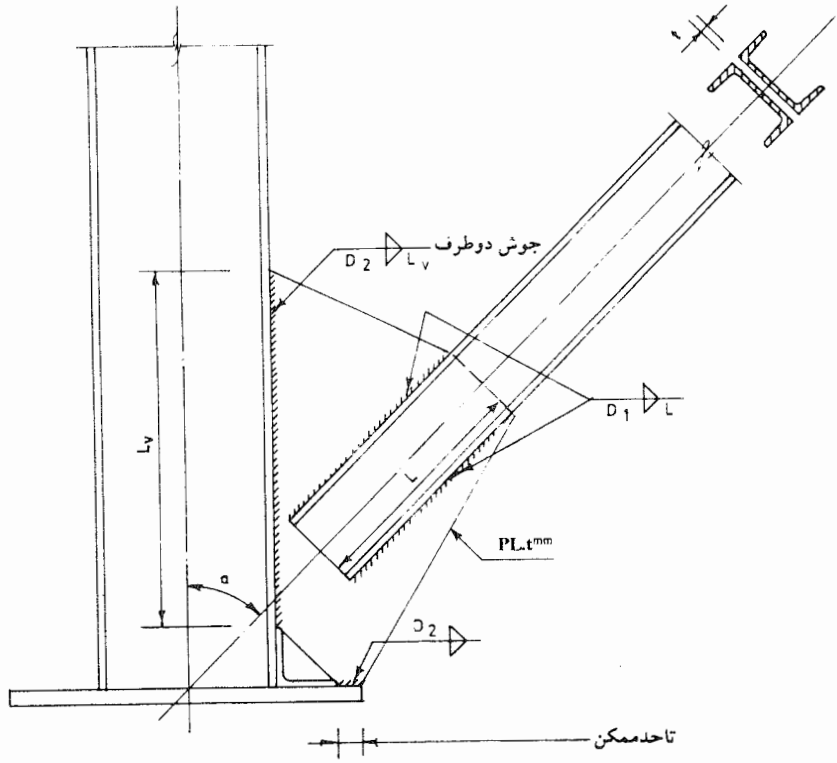
جدول ۲۷-۱۰-اتصال گوشه در بادبند از نیمرخ ناودانی زوج

ناودانی	اتصال نبشی به ورق		t	D_2	α =30°		α =35°		α =40°		α =45°	
	L(mm)	D_1(mm)	(mm)	(mm)	L_h	L_v	L_h	L_v	L_h	L_v	L_h	L_v
UNP 100	320	5	8	5	250	400	300	400	350	350	350	350
UNP 120	360	6	8	6	300	450	300	450	400	400	400	400
UNP 140	400	6	10	6	300	550	300	550	450	450	450	450
UNP 160	420	7	10	8	300	550	300	550	450	450	450	450
UNP 180	480	7	12	8	400	600	400	600	500	500	500	500
UNP 200	500	8	12	10	450	650	400	650	450	550	500	500
UNP 220	580	8	12	10	400	700	450	650	500	600	550	550
UNP 240	600	9	14	12	400	700	450	650	500	600	550	550
UNP 260	650	9	14	12	450	750	500	700	550	650	600	600
UNP 280	650	10	16	12	500	800	550	750	600	700	650	650
UNP 300	650	10	16	12	550	850	600	800	650	750	700	700



جدول ۲۷-۱۱ ـ اتصال میانی در بادبند از نیمرخ ناودانی زوج

ناودانی	t(mm)	b(mm)	L(mm)	D_1(mm)	D_2(mm)
UNP 100	8	350	320	5	3
UNP 120	8	400	360	6	3
UNP 140	10	400	400	6	4
UNP 160	10	450	420	7	4
UNP 180	12	450	480	7	4
UNP 200	12	550	500	8	4
UNP 220	12	600	580	8	5
UNP 240	14	600	600	9	5
UNP 260	14	650	650	9	5
UNP 280	16	650	650	10	5
UNP 300	16	750	650	10	5



جدول ۲۷-۱۲-اتصال به پای ستون در بادبند از نیمرخ ناودانی زوج

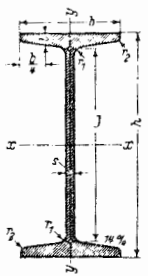
ناودانی	اتصال نبشی به ورق		t		L_v(mm)						
	L(mm)	D_1(mm)	(mm)	D_2(mm)	α =30 °	α =35 °	α =40 °	α =45 °	α =50 °	α =55 °	α =60 °
UNP 100	320	5	14	10	350	400	450	500	500	550	550
UNP 120	360	6	16	12	400	450	500	500	550	600	600
UNP 140	400	6	16	12	450	500	550	600	650	700	750
UNP 160	420	7	16	12	550	600	650	700	800	800	850
UNP 180	480	7	20	15	550	600	650	700	750	800	850
UNP 200	500	8	20	15	600	650	750	800	850	900	950
UNP 220	580	8	20	15	700	800	850	950	1000	1050	1100
UNP 240	600	9	20	15	850	900	1000	1050	1150	1200	1250
UNP 260	650	9	25	18	800	850	950	1000	1100	1150	1200
UNP 280	600	10	25	18	900	950	1050	1100	1200	1250	1300
UNP 300	650	10	25	18	950	1050	1150	1250	1350	1400	1550

فصل ۲۸

جداول مشخصات هندسی نیمرخها و روابط استاتیکی

الف ـ مشخصات هندسی نیمرخها

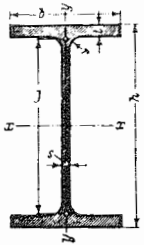
نیمرخ معمولی INP



A= سطح مقطع
G= وزن واحد طول
U= سطح جانبی واحد طول
I= ممان اینرسی
S= اساس مقطع
r= شعاع ژیراسیون
Q= لنگر استاتیک نصف مقطع حول محور خنثی (محور x)
J= فاصله‌ٔ بین مراکز نیروهای کششی و فشاری

I	ابعاد به میلیمتر h	b	$s=r_1$	t	r_2	A cm²	G kg/m	U m²/m	x−x I_x cm⁴	S_x cm³	r_x cm	y−y I_y cm⁴	S_y cm³	r_y cm	Q cm³	J cm
80	80	42	3,9	5,9	2,3	7,57	5,94	0,304	77,8	19,5	3,20	6,29	3,00	0,91	11,4	6,84
100	100	50	4,5	6,8	2,7	10,6	8,34	0,370	171	34,2	4,01	12,2	4,88	1,07	19,9	8,57
120	120	58	5,1	7,7	3,1	14,2	11,1	0,439	328	54,7	4,81	21,5	7,41	1,23	31,8	10,3
140	140	66	5,7	8,6	3,4	18,2	14,3	0,502	573	81,9	5,61	35,2	10,7	1,40	47,7	12,0
160	160	74	6,3	9,5	3,8	22,8	17,9	0,575	935	117	6,40	54,7	14,8	1,55	68,0	13,7
180	180	82	6,9	10,4	4,1	27,9	21,9	0,640	1 450	161	7,20	81,3	19,8	1,71	93,4	15,5
200	200	90	7,5	11,3	4,5	33,4	26,2	0,709	2 140	214	8,00	117	26,0	1,87	125	17,2
220	220	98	8,1	12,2	4,9	39,5	31,1	0,775	3 060	278	8,80	162	33,1	2,02	162	18,9
240	240	106	8,7	13,1	5,2	46,1	36,2	0,844	4 250	354	9,59	221	41,7	2,20	206	20,6
260	260	113	9,4	14,1	5,6	53,3	41,9	0,906	5 740	442	10,4	288	51,0	2,32	257	22,3
280	280	119	10,1	15,2	6,1	61,0	47,9	0,966	7 590	542	11,1	364	61,2	2,45	316	24,0
300	300	125	10,8	16,2	6,5	69,0	54,2	1,03	9 800	653	11,9	451	72,2	2,56	381	25,7
320	320	131	11,5	17,3	6,9	77,7	61,0	1,09	12 510	782	12,7	555	84,7	2,67	457	27,4
340	340	137	12,2	18,3	7,3	86,7	68,0	1,15	15 700	923	13,5	674	98,4	2,80	540	29,1
360	360	143	13,0	19,5	7,8	97,0	76,1	1,21	19 610	1 090	14,2	818	114	2,90	638	30,7
380	380	149	13,7	20,5	8,2	107	84,0	1,27	24 010	1 260	15,0	975	131	3,02	741	32,4
400	400	155	14,4	21,6	8,6	118	92,4	1,33	29 210	1 460	15,7	1 160	149	3,13	857	34,1
425	425	163	15,3	23,0	9,2	132	104	1,41	36 970	1 740	16,7	1 440	176	3,30	1 020	36,2
450	450	170	16,2	24,3	9,7	147	115	1,48	45 850	2 040	17,7	1 730	203	3,43	1 200	38,3
475	475	178	17,1	25,6	10,3	163	128	1,55	56 480	2 380	18,6	2 090	235	3,60	1 400	40,4
500	500	185	18,0	27,0	10,8	179	141	1,63	68 740	2 750	19,6	2 480	268	3,72	1 620	42,4
550	550	200	19,0	30,0	11,9	212	166	1,80	99 180	3 610	21,6	3 540	349	4,02	2 120	46,8
600	600	215	21,6	32,4	13,0	254	199	1,92	139 000	4 630	23,4	4 670	434	4,30	2 730	50,9

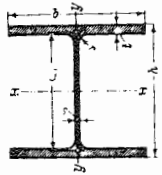
نیمرخ نیم پهن IPE



A= سطح مقطع
G= وزن واحد طول
U= سطح جانبی واحد طول
I= ممان اینرسی
S= اساس مقطع
r= شعاع ژیراسیون
Q= لنگر استاتیک نصف مقطع حول محور خنثی (محور x)
J= فاصله‌ٔ بین مراکز نیروهای کششی و فشاری

IPE	ابعاد به میلیمتر h	b	s	t	r	A cm²	G kg/m	U m²/m	x−x I_x cm⁴	S_x cm³	r_x cm	y−y I_y cm⁴	S_y cm³	r_y cm	Q cm³	J cm
80	80	46	3,8	5,2	5	7,64	6,00	0,328	80,1	20,0	3,24	8,49	3,69	1,05	11,6	6,90
100	100	55	4,1	5,7	7	10,3	8,10	0,400	171	34,2	4,07	15,9	5,79	1,24	19,7	8,68
120	120	64	4,4	6,3	7	13,2	10,4	0,475	318	53,0	4,90	27,7	8,65	1,45	30,4	10,5
140	140	73	4,7	6,9	7	16,4	12,9	0,551	541	77,3	5,74	44,9	12,3	1,65	44,2	12,3
160	160	82	5,0	7,4	9	20,1	15,8	0,623	869	109	6,58	68,3	16,7	1,84	61,9	14,0
180	180	91	5,3	8,0	9	23,9	18,8	0,698	1320	146	7,42	101	22,2	2,05	83,2	15,8
200	200	100	5,6	8,5	12	28,5	22,4	0,768	1940	194	8,26	142	28,5	2,24	110	17,6
220	220	110	5,9	9,2	12	33,4	26,2	0,848	2770	252	9,11	205	37,3	2,48	143	19,4
240	240	120	6,2	9,8	15	39,1	30,7	0,922	3890	324	9,97	284	47,3	2,69	183	21,2
270	270	135	6,6	10,2	15	45,9	36,1	1,041	5790	429	11,2	420	62,2	3,02	242	23,9
300	300	150	7,1	10,7	15	53,8	42,2	1,159	8360	557	12,5	604	80,5	3,35	314	26,6
330	330	160	7,5	11,5	18	62,6	49,1	1,254	11770	713	13,7	788	98,5	3,55	402	29,3
360	360	170	8,0	12,7	18	72,7	57,1	1,353	16270	904	15,0	1040	123	3,79	510	31,9
400	400	180	8,6	13,5	21	84,5	66,3	1,467	23130	1160	16,5	1320	146	3,95	654	35,4
450	450	190	9,4	14,6	21	98,8	77,6	1,605	33740	1500	18,5	1680	176	4,12	851	39,7
500	500	200	10,2	16,0	21	116	90,7	1,744	48200	1930	20,4	2140	214	4,31	1100	43,9
550	550	210	11,1	17,2	24	134	106	1,877	67120	2440	22,3	2670	254	4,45	1390	48,2
600	600	220	12,0	19,0	24	156	122	2,015	92080	3070	24,3	3390	308	4,66	1760	52,4

تیرهرج بال پهن سبک IPB$_l$



A= سطح مقطع

G= وزن واحد طول

U= سطح جانبی واحد طول

I= ممان اینرسی

S= اساس مقطع

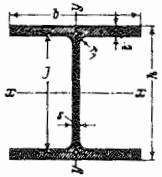
r= شعاع ژیراسیون

Q= لنگر استاتیک نصف مقطع حول محور خنثی (محور x)

J= فاصلهٔ بین مراکز نیروهای کششی و فشاری

IPBl	ابعاد به میلیمتر h	b	s	t	r	A cm²	G kg/m	U m²/m	x-x I_x cm⁴	x-x S_x cm³	x-x r_x cm	y-y I_y cm⁴	y-y S_y cm³	y-y r_y cm	Q cm³	J cm
100	96	100	5	8	12	21,2	16,7	0,561	349	72,8	4,06	134	26,8	2,51	41,5	8,41
120	114	120	5	8	12	25,3	19,9	0,677	606	106	4,89	231	38,5	3,02	59,7	10,1
140	133	140	5,5	8,5	12	31,4	24,7	0,794	1030	155	5,73	389	55,6	3,52	86,7	11,9
160	152	160	6	9	15	38,8	30,4	0,906	1670	220	6,57	616	76,9	3,98	123	13,6
180	171	180	6	9,5	15	45,3	35,5	1,02	2510	294	7,45	925	103	4,52	162	15,5
200	190	200	6,5	10	18	53,8	42,3	1,14	3690	389	8,28	1340	134	4,98	215	17,2
220	210	220	7	11	18	64,3	50,5	1,26	5410	515	9,17	1950	178	5,51	284	19,0
240	230	240	7,5	12	21	76,8	60,3	1,37	7760	675	10,1	2770	231	6,00	372	20,9
260	250	260	7,5	12,5	24	86,8	68,2	1,48	10450	836	11,0	3670	282	6,50	460	22,7
280	270	280	8	13	24	97,3	76,4	1,60	13670	1010	11,9	4760	340	7,00	556	24,6
300	290	300	8,5	14	27	113	88,3	1,72	18260	1260	12,7	6310	421	7,49	692	26,4
320	310	300	9	15,5	27	124	97,6	1,76	22930	1480	13,6	6990	466	7,49	814	28,2
340	330	300	9,5	16,5	27	133	105	1,79	27690	1680	14,4	7440	496	7,46	923	29,9
360	350	300	10	17,5	27	143	112	1,83	33090	1890	15,2	7890	526	7,43	1040	31,7
400	390	300	11	19	27	159	125	1,91	45070	2310	16,8	8560	571	7,34	1280	35,2
450	440	300	11,5	21	27	178	140	2,01	63720	2900	18,9	9470	631	7,29	1610	39,6
500	490	300	12	23	27	198	155	2,11	86970	3550	21,0	10370	691	7,24	1970	44,1
550	540	300	12,5	24	27	212	166	2,21	111900	4150	23,0	10820	721	7,15	2310	48,4
600	590	300	13	25	27	226	178	2,31	141200	4790	25,0	11270	751	7,06	2680	52,8
650	640	300	13,5	26	27	242	190	2,41	175200	5470	26,9	11720	782	6,97	3070	57,1
700	690	300	14,5	27	27	260	204	2,50	215300	6240	28,8	12180	812	6,84	3520	61,2
800	790	300	15	28	30	286	224	2,70	303400	7680	32,6	12640	843	6,65	4350	69,8
900	890	300	16	30	30	321	252	2,90	422100	9480	36,3	13550	903	6,50	5410	78,1
1000	990	300	16,5	31	30	347	272	3,10	553800	11190	40,0	14000	934	6,35	6410	86,4

تیرهرج بال پهن معمولی IPB



A= سطح مقطع

G= وزن واحد طول

U= سطح جانبی واحد طول

I= ممان اینرسی

S= اساس مقطع

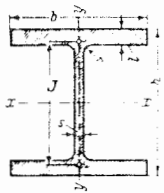
r= شعاع ژیراسیون

Q= لنگر استاتیک نصف مقطع حول محور خنثی (محور x)

J= فاصلهٔ بین مراکز نیروهای کششی و فشاری

IPB	ابعاد به میلیمتر h	b	s	t	r_1 brw. r_2	r_2	A cm²	G kg/m	U m²/m	x-x I_x cm⁴	x-x S_x cm³	x-x r_x cm	y-y I_y cm⁴	y-y S_y cm³	y-y r_y cm	Q cm³	J cm
100	100	100	6	10	12	—	26,0	20,4	0,567	450	89,9	4,16	167	33,5	2,53	52,1	8,63
120	120	120	6,5	11	12	—	34,0	26,7	0,686	864	144	5,04	318	52,9	3,06	82,6	10,5
140	140	140	7	12	12	—	43,0	33,7	0,806	1510	216	5,93	550	78,5	3,58	123	12,3
160	160	160	8	13	15	—	54,3	42,6	0,918	2490	311	6,78	889	111	4,05	177	14,1
180	180	180	8,5	14	15	—	65,3	51,2	1,04	3830	426	7,66	1360	151	4,57	241	15,9
200	200	200	9	15	18	—	78,1	61,3	1,15	5700	570	8,54	2000	200	5,07	321	17,7
220	220	220	9,5	16	18	—	91,0	71,5	1,27	8090	736	9,43	2840	258	5,59	414	19,6
240	240	240	10	17	21	—	106	83,2	1,38	11260	938	10,3	3920	327	6,08	527	21,4
260	260	260	10	17,5	24	—	118	93,0	1,50	14920	1150	11,2	5130	395	6,58	641	23,3
280	280	280	10,5	18	24	—	131	103	1,62	19270	1380	12,1	6590	471	7,09	767	25,1
300	300	300	11	19	27	—	149	117	1,73	25170	1680	13,0	8560	571	7,58	934	26,9
320	320	300	11,5	20,5	27	—	161	127	1,77	30820	1930	13,8	9240	616	7,57	1070	28,7
340	340	300	12	21,5	27	—	171	134	1,81	36660	2160	14,6	9690	646	7,53	1200	30,4
360	360	300	12,5	22,5	27	—	181	142	1,85	43190	2400	15,5	10140	676	7,49	1340	32,2
400	400	300	13,5	24	27	—	198	155	1,93	57680	2880	17,1	10820	721	7,40	1620	35,7
450	450	300	14	26	27	—	218	171	2,03	79890	3550	19,1	11720	781	7,33	1990	40,1
500	500	300	14,5	28	27	—	239	187	2,12	107200	4290	21,2	12620	842	7,27	2410	44,5
550	550	300	15	29	27	—	254	199	2,22	136700	4970	23,2	13080	872	7,17	2800	48,9
600	600	300	15,5	30	27	—	270	212	2,32	171000	5700	25,2	13530	902	7,08	3210	53,2
650	650	300	16	31	27	—	286	225	2,42	210600	6480	27,1	13980	932	6,99	3660	57,5
700	700	300	17	32	27	—	306	241	2,52	256900	7340	29,0	14440	963	6,87	4160	61,7
800	800	300	17,5	33	30	—	334	262	2,71	359100	8980	32,8	14900	994	6,68	5110	70,2
900	900	300	18,5	35	30	—	371	291	2,91	494100	10980	36,5	15820	1050	6,53	6200	78,5
1000	1000	300	19	36	30	—	400	314	3,11	644700	12890	40,1	16280	1090	6,38	7430	86,8

نیمرخ نبشی با بالهٔ پهن سنگین IPB_V



A = سطح مقطع

G = وزن واحد طول

U = سطح جانبی واحد طول

I = ممان اینرسی

S = اساس مقطع

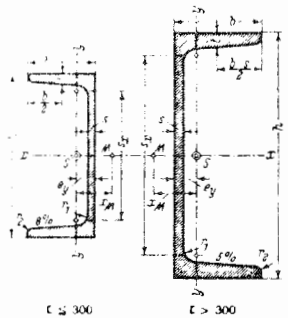
r = شعاع ژیراسیون

Q = لنگر استاتیک نصف مقطع حول محور خنثی (محور x)

J = فاصلهٔ بین مراکز نیروهای کششی و فشاری

IPBv	ابعاد به میلیمتر h	b	s	t	r	A cm²	G kg/m	U m²/m	x-x I_x cm⁴	S_x cm³	r_x cm	y-y I_y cm⁴	S_y cm³	r_y cm	Q cm³	J cm
100	120	106	12	20	12	53,2	41,8	0,619	1140	190	4,63	399	75,3	2,74	188	9,69
120	140	126	12,5	21	12	66,4	52,1	0,738	2020	288	5,51	703	112	3,25	175	11,5
140	160	146	13	22	12	80,6	63,2	0,857	3290	411	6,39	1140	157	3,77	247	13,3
160	180	166	14	23	15	97,1	76,2	0,970	5100	566	7,25	1760	212	4,26	337	15,1
180	200	186	14,5	24	15	113	88,9	1,09	7480	748	8,13	2580	277	4,77	442	16,9
200	220	206	15	25	18	131	103	1,20	10640	967	9,00	3650	354	5,27	568	18,7
220	240	226	15,5	26	18	149	117	1,32	14600	1220	9,89	5010	444	5,79	710	20,6
240	270	248	18	32	21	200	157	1,46	24290	1800	11,0	8150	657	6,39	1000	22,9
260	290	268	18	32,5	24	220	172	1,57	31310	2160	11,9	10450	780	6,90	1260	24,8
280	310	288	18,5	33	24	240	189	1,69	39550	2550	12,8	13160	914	7,40	1480	26,7
300	340	310	21	39	27	303	238	1,82	59200	3480	14,0	19400	1250	8,00	2040	29,0
320/305	320	305	16	29	27	225	177	1,78	40950	2560	13,5	13740	901	7,81	1460	28,0
320	359	309	21	40	27	312	245	1,8	68130	3800	14,8	19710	1280	7,95	2220	30,7
340	377	309	21	40	27	316	248	1,90	76370	4050	15,6	19710	1280	7,90	2300	32,4
360	395	308	21	40	27	319	250	1,93	84870	4300	16,3	19520	1270	7,83	2490	34,0
400	432	307	21	40	27	326	256	2,00	104180	4820	17,9	19340	1260	7,70	2790	37,4
450	478	307	21	40	27	335	263	2,10	131500	5500	19,8	19340	1260	7,59	3120	41,5
500	524	306	21	40	27	344	270	2,18	161000	6180	21,7	19150	1250	7,46	3550	45,7
550	572	306	21	40	27	354	278	2,28	198000	6920	23,6	19160	1250	7,35	3970	49,9
600	620	305	21	40	27	364	285	2,37	237400	7660	25,6	18980	1240	7,22	4390	54,1
650	668	305	21	40	27	374	293	2,47	281700	8430	27,5	18980	1240	7,13	4830	58,3
700	716	304	21	40	27	383	301	2,56	329300	9200	29,3	18800	1240	7,01	5270	62,5
800	814	303	21	40	30	404	317	2,75	442000	10870	33,1	18630	1230	6,79	6240	70,9
900	910	302	21	40	30	424	333	2,93	570400	12540	36,7	18450	1220	6,60	7220	79,0
1000	1008	302	21	40	30	444	349	3,13	722100	14330	40,3	18460	1220	6,45	8240	87,2

نیمرخ ناودانی UNP



A = سطح مقطع

G = وزن واحد طول

U = سطح جانبی واحد طول

I = ممان اینرسی

S = اساس مقطع

r = شعاع ژیراسیون

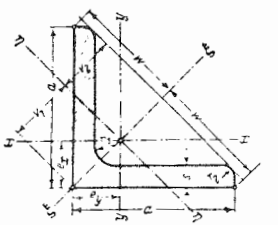
Q = لنگر استاتیک نصف مقطع حول محور خنثی

J = فاصلهٔ بین مراکز نیروهای کششی و فشاری

z_M = محل مرکز برش

UNP	ابعاد به میلیمتر h	b	s	t−r_1	r_2	A cm²	G kg/m	U m²/m	x-x I_x cm⁴	S_x cm³	r_x cm	y-y I_y cm⁴	S_y cm³	r_y cm	Q cm³	J cm	e_y cm	z_M cm
30 - 15	30	15	4	4,5	2	2,21	1,74	0,103	2,53	1,69	1,07	0,38	0,39	0,42	—	—	0,52	0,74
30	30	33	5	7	3,5	5,44	4,27	0,174	6,39	4,26	1,08	5,33	2,88	0,99	—	—	1,31	2,22
40 - 20	40	20	5	5,5*)	2,5	3,66	2,87	0,142	7,58	3,79	1,44	1,14	0,86	0,56	—	—	0,87	1,01
40	40	35	5	7	3,5	6,21	4,87	0,199	14,1	7,05	1,50	5,58	3,08	1,04	—	—	1,33	2,32
50 - 25	50	25	5	8	3	4,92	3,86	0,181	16,8	6,73	1,85	2,49	1,48	0,71	—	—	0,81	1,34
50	50	38	5	7	3,5	7,12	5,59	0,232	26,4	10,6	1,92	9,12	3,75	1,13	—	—	1,37	2,47
60	60	30	6	6	3	6,46	5,07	0,215	31,6	10,5	2,21	4,51	2,18	0,84	—	—	0,91	1,80
65	65	42	5,5	7,5	4	9,03	7,09	0,273	57,5	17,7	2,52	14,1	5,07	1,25	—	—	1,42	2,60
80	80	45	6	8	4	11,0	8,64	0,312	106	26,5	3,10	19,4	6,36	1,33	15,9	6,65	1,45	2,67
100	100	50	6	8,5	4,5	13,5	10,6	0,372	206	41,2	3,91	29,3	8,49	1,47	24,5	8,42	1,55	2,93
120	120	55	7	9	4,5	17,0	13,4	0,434	364	60,7	4,62	43,2	11,1	1,59	38,3	10,0	1,60	3,05
140	140	60	7	10	5	20,4	16,0	0,489	605	86,4	5,45	62,7	14,8	1,75	51,4	11,8	1,75	3,37
160	160	65	7,5	10,5	5,5	24,0	18,8	0,546	925	116	6,21	85,3	18,3	1,89	68,8	13,3	1,84	3,56
180	180	70	8	11	5,5	28,0	22,0	0,611	1350	150	6,96	114	22,4	2,02	89,6	15,1	1,92	3,75
200	200	75	8,5	11,5	6	32,2	25,3	0,661	1910	191	7,70	148	27,0	2,14	114	16,8	2,01	3,94
220	220	80	9	12,5	6,5	37,4	29,4	0,718	2690	245	8,48	197	33,6	2,30	146	18,5	2,14	4,20
240	240	85	9,5	13	6,5	42,3	33,2	0,775	3600	300	9,22	248	39,6	2,42	179	20,1	2,23	4,39
260	260	90	10	14	7	48,3	37,9	0,834	4820	371	9,99	317	47,7	2,56	221	21,8	2,36	4,66
280	280	95	10	15	7,5	53,3	41,8	0,890	6280	448	10,6	399	57,2	2,74	266	23,6	2,53	5,02
300	300	100	10	16	8	58,8	46,2	0,950	8030	535	11,7	495	67,8	2,90	316	25,4	2,70	5,41
320	320	100	14	17,5	8,75	75,8	59,5	0,982	10870	679	12,1	597	80,6	2,81	413	26,3	2,60	4,82
350	350	100	14	16	8	77,3	60,6	1,047	12840	734	12,9	570	78,0	2,72	459	28,6	2,40	4,45
380	380	102	13,5	16	8	80,4	63,1	1,110	15760	829	14,0	615	78,7	2,77	507	31,1	2,38	4,58
400	400	110	14	18	9	91,5	71,8	1,182	20350	1020	14,9	846	102	3,04	618	32,9	2,68	5,11

نیمرخ نبشی با بالهای مساوی



A = سطح مقطع
G = وزن واحد طول
U = سطح
I = ممان اینرسی
S = اساس مقطع
r = شعاع ژیراسیون
محور $\eta-\eta$ محور اصلی حداقل نیمرخ است

L	ابعاد به میلیمتر a	s	t_1	r_1	A cm²	G kg/m	U m²/m	e_x e_y cm	w cm	$x-x=y-y$ $I_x=I_y$ cm⁴	$S_x=S_y$ cm³	$r_x=r_y$ cm	$\xi-\xi$ I_ξ cm⁴	r_ξ cm	$\eta-\eta$ I_η cm⁴	S_η cm³	$r_\eta=r_{(min)}$ cm
20 × 20	20	3	3,5	2	1,12	0,88	0,077	0,60	1,41	0,45	0,28	0,59	0,62	0,74	0,15	0,18	0,37
		4			1,45	1,14		0,64		0,90	0,71		0,48	0,35	0,58	0,77	0,73	0,19	0,21	0,36
25 × 25	25	3	3,5	2	1,42	1,12	0,097	0,73	1,77	1,03	0,87		0,79	0,45	0,75	1,27	0,95	0,31	0,30	0,47
		4			1,85	1,45		0,76		1,08	0,89		1,01	0,58	0,74	1,61	0,93	0,40	0,37	0,47
		5			2,26	1,77		0,80		1,13	0,91		1,18	0,69	0,72	1,87	0,91	0,50	0,44	0,47
30	30	3	5	2,5	1,74	1,36	0,116	0,84	2,12	1,18	1,04		1,41	0,65	0,90	2,24	1,14	0,57	0,48	0,57
		4			2,27	1,78		0,89		1,24	1,05		1,81	0,86	0,89	2,85	1,12	0,76	0,61	0,58
		5			2,78	2,18		0,92		1,30	1,07		2,16	1,04	0,88	3,41	1,11	0,91	0,70	0,57
35	35	3	5	2,5	2,04	1,60	0,136	0,96	2,47	1,36	1,23		2,29	0,90	1,06	3,63	1,34	0,95	0,70	0,68
		4			2,67	2,10		1,00		1,41	1,24		2,96	1,18	1,05	4,68	1,33	1,24	0,88	0,68
		5			3,28	2,57		1,04		1,47	1,25		3,56	1,45	1,04	5,63	1,31	1,49	1,10	0,67
		6			3,87	3,04		1,04		1,53	1,27		4,14	1,71	1,04	6,50	1,30	1,77	1,16	0,68
40	40	3	6	3	2,35	1,84	0,155	1,07	2,83	1,52	1,40		3,45	1,18	1,21	5,45	1,52	1,44	0,95	0,78
		4			3,08	2,42		1,12		1,58	1,40		4,48	1,56	1,21	7,09	1,52	1,86	1,18	0,78
		5			3,79	2,97		1,16		1,64	1,42		5,43	1,91	1,20	8,64	1,51	2,22	1,35	0,77
		6			4,48	3,52		1,20		1,70	1,43		6,33	2,26	1,19	9,98	1,49	2,67	1,57	0,77
45	45	4	7	3,5	3,49	2,74	0,174	1,23	3,18	1,75	1,57		6,43	1,97	1,36	10,2	1,71	2,68	1,53	0,88
		5			4,30	3,38		1,28		1,81	1,58		7,83	2,43	1,35	12,4	1,70	3,25	1,80	0,87
		6			5,09	4,00		1,32		1,87	1,59		9,16	2,88	1,34	14,5	1,69	3,83	2,05	0,87
		7			5,86	4,60		1,36		1,92	1,61		10,4	3,31	1,33	16,4	1,67	4,39	2,29	0,87
50	50	4	7	3,5	3,89	3,06	0,194	1,36	3,54	1,92	1,75		8,97	2,46	1,52	14,2	1,91	3,73	1,94	0,98
		5			4,80	3,77		1,40		1,98	1,76		11,0	3,05	1,51	17,4	1,90	4,59	2,32	0,98
		6			5,69	4,47		1,45		2,04	1,77		12,8	3,61	1,50	20,4	1,89	5,24	2,57	0,96
		7			6,56	5,15		1,49		2,11	1,78		14,6	4,15	1,49	23,1	1,88	6,02	2,85	0,96
		8			7,41	5,82		1,52		2,16	1,80		16,3	4,68	1,48	25,7	1,86	6,87	3,19	0,96
		9			8,24	6,47		1,56		2,21	1,82		17,9	5,20	1,47	28,1	1,85	7,67	3,47	0,97
55	55	5	8	4	5,32	4,18	0,213	1,52	3,89	2,15	1,94		14,7	3,70	1,66	23,3	2,09	6,11	2,84	1,07
		6			6,31	4,95		1,56		2,21	1,94		17,3	4,40	1,66	27,4	2,08	7,24	3,28	1,07
		8			8,23	6,46		1,64		2,32	1,97		22,1	5,72	1,64	34,8	2,06	9,35	4,03	1,07
		10			10,1	7,90		1,72		2,43	2,00		26,3	6,97	1,62	41,4	2,02	11,3	4,55	1,06
60 × 60	60	5	8	4	5,82	4,57	0,233	1,64	4,24	2,32	2,11		19,4	4,45	1,82	30,7	2,30	8,03	3,46	1,17
		6			6,91	5,42		1,69		2,39	2,11		22,8	5,29	1,82	36,1	2,29	9,43	3,95	1,17
		8			9,03	7,09		1,77		2,50	2,14		29,1	6,88	1,80	46,1	2,26	12,1	4,84	1,16
		10			11,1	8,69		1,85		2,62	2,17		34,9	8,41	1,78	55,1	2,23	14,6	5,57	1,15
65 × 65	65	6	9	4,5	7,53	5,91	0,252	1,80	4,60	2,55	2,28		29,2	6,21	1,97	46,3	2,48	12,1	4,74	1,27
		7			8,70	6,83		1,85		2,62	2,29		33,4	7,18	1,96	53,0	2,47	13,8	5,27	1,26
		8			9,85	7,73		1,89		2,67	2,31		37,5	8,13	1,95	59,4	2,46	15,6	5,84	1,26
		9			11,0	8,62		1,93		2,71	2,32		41,3	9,04	1,94	65,4	2,44	17,2	6,30	1,25
		11			13,2	10,3		2,00		2,83	2,36		48,8	10,8	1,91	76,8	2,42	20,7	7,31	1,25

L	a	s	r_1	r_2	F cm²	G kg/m	U m²/m	e cm	w cm	$x-x=y-y$ $I_x=I_y$ cm⁴	$S_x=S_y$ cm³	$r_x=r_y$ cm	$\xi-\xi$ I_ξ cm⁴	r_ξ cm	$\eta-\eta$ I_η cm⁴	S_η cm³	$r_\eta=r_{(min)}$ cm
70 × 70	70	6	9	4,5	8,13	6,38	0,272	1,93	4,95	36,9	7,27	2,13	58,5	2,68	15,3	5,60	1,37
		7			9,40	7,38		1,97		42,4	8,43	2,12	67,1	2,67	17,6	6,31	1,37
		9			11,9	9,34		2,05		52,6	10,6	2,10	83,1	2,64	22,0	7,59	1,36
		11			14,3	11,2		2,13		61,8	12,7	2,08	97,6	2,61	26,0	8,64	1,35
75 × 75	75	6	10	5	8,75	6,87	0,291	2,04	5,30	45,6	8,36	2,28	72,2	2,87	18,9	6,54	1,47
		7			10,1	7,94		2,09		52,4	9,67	2,28	83,6	2,88	21,1	7,15	1,45
		8			11,5	9,03		2,13		58,9	11,0	2,26	93,3	2,85	24,4	8,11	1,46
		10			14,1	11,1		2,21		71,4	13,5	2,25	113	2,83	29,8	9,55	1,45
		12			16,7	13,1		2,29		82,4	15,8	2,22	130	2,79	34,7	10,7	1,44
80 × 80	80	7	10	5	10,8	8,49	0,311	2,21	6,66	64,2	11,1	2,44	102	3,07	26,5	8,48	1,57
		8			12,3	9,66		2,26		72,3	12,6	2,42	115	3,06	29,6	9,25	1,55
		10			15,1	11,9		2,34		87,5	15,5	2,41	139	3,03	35,9	10,9	1,54
		12			17,9	14,1		2,41		102	18,2	2,39	161	3,00	43,0	12,6	1,53
		14			20,6	16,1		2,48		115	20,8	2,36	181	2,96	48,6	13,9	1,54
90 × 90	90	8	11	5,5	13,9	10,9	0,351	2,50	6,36	104	16,1	2,74	166	3,45	43,0	12,2	1,76
		9			15,5	12,2		2,54		116	18,0	2,74	184	3,45	47,8	13,3	1,76
		11			18,7	14,7		2,62		138	21,6	2,72	218	3,41	57,1	15,4	1,75
		13			21,8	17,1		2,70		158	25,1	2,69	250	3,39	66,9	17,3	1,74
		16			26,4	20,7		2,81		186	30,1	2,66	294	3,34	79,1	19,9	1,73
100 × 100	100	8	12	6	15,5	12,2	0,390	2,74	7,07	145	19,9	3,06	230	3,85	59,9	15,5	1,96
		10			19,2	15,1		2,82		177	24,7	3,04	280	3,82	73,3	18,4	1,95
		12			22,7	17,8		2,90		207	29,2	3,02	328	3,80	86,2	21,0	1,95
		14			26,2	20,6		2,98		235	33,5	3,00	372	3,77	98,3	23,4	1,94
		16			29,6	23,2		3,06		262	37,7	2,97	413	3,74	111	25,6	1,93
		20			36,2	28,4		3,20		311	45,7	2,93	487	3,67	135	29,8	1,93
110 × 110	110	10	12	6	21,2	16,6	0,430	3,07	7,78	239	30,1	3,36	379	4,23	98,6	22,7	2,16
		12			25,1	19,7		3,15		280	35,7	3,34	444	4,21	116	26,1	2,15
		14			29,0	22,8		3,21		319	41,0	3,32	505	4,18	133	29,3	2,14
120 × 120	120	11	13	6,5	25,4	19,9	0,469	3,36	8,49	341	39,5	3,66	541	4,62	140	29,5	2,35
		12			27,5	21,6		3,40		368	42,7	3,65	584	4,60	152	31,6	2,35
		13			29,7	23,3		3,44		394	46,0	3,64	625	4,59	162	33,3	2,34
		15			33,9	26,6		3,51		446	52,5	3,63	705	4,56	186	37,5	2,34
130 × 130	130	12	14	7	30,0	23,6	0,508	3,64	9,19	472	50,4	3,97	750	5,00	194	37,7	2,54
		14			34,7	27,2		3,72		540	58,2	3,94	857	4,97	223	42,4	2,53
		16			39,3	30,9		3,80		605	65,8	3,92	959	4,94	251	46,7	2,52
140 × 140	140	13	15	7,5	35,0	27,5	0,547	3,92	9,90	638	63,3	4,27	1010	5,38	262	47,3	2,74
		15			40,0	31,4		4,00		723	72,3	4,25	1150	5,36	298	52,7	2,73
150 × 150	150	12	16	8	34,8	27,3	0,586	4,12	10,6	733	67,7	4,60	1170	5,80	303	52,0	2,95
		14			40,3	31,6		4,21		845	78,2	4,58	1340	5,77	347	59,3	2,94
		15			43,0	33,8		4,25		898	83,5	4,57	1430	5,76	370	61,6	2,93
		16			45,7	35,9		4,29		949	88,7	4,56	1510	5,74	391	64,4	2,93
		18			51,0	40,1		4,36		1050	99,3	4,54	1670	5,70	438	71,0	2,93
		20			56,3	44,2		4,44		1150	109	4,51	1820	5,68	477	76,0	2,91
160 × 160	160	15	17	8,5	46,1	36,2	0,625	4,49	11,3	1100	95,6	4,88	1750	6,15	453	71,3	3,14
		17			51,8	40,7		4,57		1230	108	4,86	1950	6,13	506	78,3	3,13
		19			57,5	45,1		4,65		1350	118	4,84	2140	6,10	558	84,8	3,12
180 × 180	180	16	18	9	55,4	43,5	0,705	5,02	12,7	1680	130	5,51	2690	6,96	679	95,5	3,50
		18			61,9	48,6		5,10		1870	145	5,49	2970	6,93	757	105	3,49
		20			68,4	53,7		5,18		2040	160	5,47	3260	6,90	830	113	3,48
		22			74,7	58,6		5,26		2210	174	5,44	3510	6,86	916	123	3,50
200 × 200	200	18	20	9	61,8	48,5	0,785	5,52	14,1	2340	162	6,15	3740	7,78	943	121	3,91
		20			69,1	54,3		5,60		2600	181	6,13	4150	7,75	1050	33	3,90
		24			76,4	59,9		5,68		2850	199	6,11	4540	7,72	1160	144	3,89
		28			90,6	71,1		5,84		3330	235	6,06	5280	7,64	1380	167	3,90
					105	82,0		5,99		3780	270	6,02	5990	7,67	1580	86	3,89

میلگرد و چهارسو

A = سطح مقطع

G = وزن واحد طول

U = سطح جانبی واحد طول

d mm	A cm²	G kg/m	U cm²/m
5*	0,196	0,154	157
5,5	0,238	0,187	173
6*	0,283	0,222	188
6,5	0,332	0,260	204
7*	0,385	0,302	220
7,5	0,442	0,347	236
8*	0,503	0,395	251
8,5	0,567	0,445	267
9	0,636	0,499	283
9,5	0,709	0,556	298
10*	0,785	0,617	314
10,5	0,866	0,680	330
11	0,950	0,746	346
11,5	1,04	0,815	361
12*	1,13	0,888	377
12,5	1,23	0,963	393
13	1,33	1,04	408
13,5	1,43	1,12	424
14*	1,54	1,21	440
14,5	1,65	1,30	456
15	1,77	1,39	471
15,5	1,89	1,48	487
16*	2,01	1,58	503
16,5	2,14	1,68	518
17	2,27	1,78	534
17,5	2,41	1,89	550
18*	2,54	2,00	565
18,5	2,69	2,11	581
19	2,84	2,23	597
19,5	2,99	2,34	613
20*	3,14	2,47	628
20,5	3,30	2,59	644
21	3,46	2,72	660
21,5	3,63	2,85	675
22*	3,80	2,98	691
22,5	3,98	3,12	707
23	4,15	3,26	723
23,5	4,34	3,40	738
24*	4,52	3,55	754
24,5	4,71	3,70	770
25	4,91	3,85	785
25,5	5,11	4,01	801
26*	5,31	4,17	817
26,5	5,52	4,33	833
27	5,73	4,49	848
27,5	5,94	4,66	864
28*	6,16	4,83	880
28,5	6,38	5,01	895
29	6,61	5,19	911
29,5	6,83	5,37	927
30*	7,07	5,55	942
31	7,55	5,92	974
31,5	7,79	6,12	990
32*	8,04	6,31	1010
33	8,55	6,71	1040
34*	9,08	7,13	1070
35	9,62	7,55	1100
36*	10,2	7,99	1130
37	10,8	8,44	1160
38*	11,3	8,90	1190
39	11,9	9,38	1230
40*	12,6	9,86	1260
41	13,2	10,4	1290
42	13,9	10,9	1320
43	14,5	11,4	1350
44	15,2	11,9	1380
45*	15,9	12,5	1410
46	16,6	13,0	1450
47	17,3	13,6	1480
48	18,1	14,2	1510
49	18,9	14,8	1540
50*	19,6	15,4	1570
51	20,4	16,0	1600
52	21,2	16,7	1630
53	22,1	17,3	1670
54	22,9	18,0	1700
55	23,8	18,7	1730
56	24,6	19,4	1760
57	25,5	20,0	1790
58	26,4	20,7	1820
59	27,3	21,5	1850
60	28,3	22,2	1880
62	30,2	23,7	1950
63	31,2	24,5	1980
64	32,2	25,3	2010
65	33,2	26,0	2040
66	34,2	26,8	2070
67	35,3	27,7	2100
68	36,3	28,5	2140
70	38,5	30,2	2200
72	40,7	32,0	2260
73	41,9	32,9	2290
75	44,2	34,7	2360
76	45,4	35,6	2390
78	47,8	37,5	2450
80	50,3	39,5	2510
83	54,1	42,5	2610
85	56,7	44,5	2670
88	60,8	47,7	2760
90	63,6	49,9	2830
95	70,9	55,6	2980
100	78,5	61,7	3140
105	86,6	68,0	3300
110	95,0	74,6	3460
115	104	81,5	3610
120	113	88,8	3770
125	123	96,3	3930
130	133	101	4080
135	143	112	4240
140	154	121	4400
145	165	130	4560
150	177	139	4710
155	189	148	4870
160	201	158	5030
165	214	168	5190
170	227	178	5340
(175)	241	189	5500
180	254	200	5650
(185)	269	211	5810
190	284	223	5970
200	314	247	6280
210	346	272	6600
220	380	298	6910

a mm	A cm²	G kg/m	U cm²/m
6	0,360	0,283	240
7	0,490	0,385	280
8	0,640	0,502	320
9	0,810	0,636	360
10	1,00	0,785	400
(11)	1,21	0,950	440
12	1,44	1,13	480
13	1,69	1,33	520
14	1,96	1,54	560
15	2,25	1,77	600
16	2,56	2,01	640
17	2,89	2,27	680
18	3,24	2,54	720
19	3,61	2,83	760
20	4,00	3,14	800
21	4,41	3,46	840
21,5	4,62	3,63	860
22	4,84	3,80	880
23	5,29	4,15	920
24	5,76	4,52	950
25	6,25	4,91	1000
26	6,76	5,31	1040
26,5	7,02	5,51	1060
28	7,84	6,15	1120
29	8,41	6,60	1160
30	9,00	7,07	1200
32	10,2	8,04	1280
(33)	10,9	8,55	1320
34	11,6	9,07	1360
35	12,3	9,62	1400
(36)	13,0	10,2	1440
37	13,7	10,7	1480
38	14,4	11,3	1520
40	16,0	12,6	1600
42	17,6	13,8	1680
43	18,5	14,5	1720
45	20,3	15,9	1800
47	22,1	17,3	1880
48	23,0	18,1	1920
50	25,0	19,6	2000
52	27,0	21,2	2080
55	30,3	23,7	2200
56	31,4	24,6	2240
(57)	32,5	25,5	2280
60	36,0	28,3	2400
63	39,7	31,2	2520
65	42,3	33,3	2600
70	49,0	38,5	2800
(73)	53,3	41,8	2920
75	56,3	44,2	3000
80	64,0	50,2	3200
(83)	68,9	54,1	3320
85	72,3	56,7	3400
90	81,0	63,6	3600
(93)	86,5	67,9	3720
100	100	78,5	4000
(103)	106	83,3	4120
110	121	95,0	4400
120	144	113	4800
130	169	133	5200
140	196	154	5600
150	225	177	6000

اساس مقطع خمیری نیمرخها

نیمرخ INP		نیمرخ IPE		نیمرخ IPB	
نمرهٔ نیمرخ	$Z(cm^3)$	نمرهٔ نیمرخ	$Z(cm^3)$	نمرهٔ نیمرخ	$Z(cm^3)$
100	40	100	39	100	104.2
120	63	120	60	120	165.2
140	95	140	88	140	246
160	136	160	12 3	160	354
180	186	180	166	180	482
200	250	200	220	200	642
220	324	220	286	220	828
240	412	240	366	240	1054
260	514	270	484	260	1282
280	632	300	628	280	1534
300	762	330	804	300	1868
320	914	360	1020	320	2140
340	1080	400	1308	340	2400
360	1276	450	1702	360	2680
380	1482	500	2200	400	3240
400	1714	550	2780	450	3980
450	2400	600	3520	500	4820
500	3240			550	5600
550	4240			600	6420
600	5460			650	7320

مقطوع زوج INP

F = سطح مقطع

a = ممان اينرسي

W = اساس مقطع

i = شعاع ژيراسيون

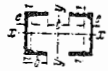
Profil	II 140	F = 36,6	II 160	F = 45,6	II 180	F = 55,8	II 200	F = 67,0	II 220	F = 79,2
a	J_x = 1 150 W_x = 164 i_x = 5,61; i_1 = 1,40		J_x = 1 970 W_x = 234 i_x = 6,40; i_1 = 1,55		J_x = 2 900 W_x = 322 i_x = 7,20; i_1 = 1,71		J_x = 4 280 W_x = 428 i_x = 8,00; i_1 = 1,87		J_x = 6 120 W_x = 556 i_x = 8,80; i_1 = 2,02	
mm	J_y	W_y i_y	J_y	W_y i_y	J_y	W_y i_y	J_y	W_y i_y	J_y	W_y i_y
80	656	90 4,24	839	109 4,29	—	— —	—	— —	—	— —
90	812	104 4,77	1 030	126 4,75	1 290	150 4,81	—	— —	—	— —
100	985	119 5,19	1 250	144 5,24	1 560	171 5,29	1 910	201 5,34	2 300	232 5,39
110	1 180	134 5,68	1 490	162 5,72	1 850	193 5,76	2 260	226 5,81	2 720	262 5,86
120	1 390	149 6,16	1 750	180 6,19	2 170	215 6,24	2 650	252 6,29	3 170	291 6,33
130	1 620	165 6,65	2 040	200 6,69	2 520	238 6,72	3 060	278 6,76	3 670	322 6,81
140	1 860	181 7,13	2 340	219 7,16	2 900	260 7,20	3 520	305 7,25	4 200	353 7,28
150	2 130	197 7,63	2 670	238 7,65	3 300	284 7,69	4 000	333 7,72	4 790	395 7,77
160	2 410	213 8,11	3 030	259 8,15	3 730	308 8,18	4 520	362 8,21	5 390	418 8,25
170	2 710	230 8,60	3 400	279 8,63	4 190	333 8,67	5 070	390 8,70	6 050	451 8,74
180	3 030	246 9,10	3 800	299 9,13	4 680	357 9,16	5 660	419 9,19	6 740	485 9,23
190	3 370	263 9,60	4 220	320 9,62	5 200	382 9,65	6 280	449 9,68	7 470	519 9,71
200	3 730	280 10,1	4 670	341 10,1	5 740	407 10,1	6 930	478 10,2	8 240	553 10,2
210	4 110	298 10,6	5 140	362 10,6	6 310	432 10,6	7 620	508 10,7	9 060	588 10,7
220	4 500	315 11,1	5 630	383 11,1	6 910	458 11,1	8 340	538 11,2	9 910	623 11,2
230	4 910	332 11,6	6 140	404 11,6	7 540	483 11,6	9 090	568 11,7	10 800	659 11,7
240	5 340	349 12,1	6 680	425 12,1	8 200	509 12,1	9 880	599 12,1	11 730	694 12,2
250	5 790	366 12,6	7 230	446 12,6	8 880	535 12,6	10 700	629 12,6	12 700	730 12,7
260	6 260	384 13,1	7 820	468 13,1	9 590	561 13,1	11 560	661 13,1	13 710	766 13,2
280	7 240	419 14,1	9 050	511 14,1	11 100	613 14,1	13 370	723 14,1	15 850	839 14,1
300	8 310	454 15,1	10 370	555 15,1	12 720	666 15,1	15 310	785 15,1	18 140	912 15,1
Profil	II 240	F = 92,2	II 260	F = 107	II 280	F = 122	II 300	F = 138	II 320	F = 156
a	J_x = 8 500 W_x = 708 i_x = 9,59; i_1 = 2,20		J_x = 11 480 W_x = 884 i_x = 10,4; i_1 = 2,32		J_x = 15 180 W_x = 1 080 i_x = 11,1; i_1 = 2,45		J_x = 19 600 W_x = 1 310 i_x = 11,9; i_1 = 2,56		J_x = 25 020 W_x = 1 560 i_x = 12,7; i_1 = 2,67	
mm	J_y	W_y i_y	J_y	W_y i_y	J_y	W_y i_y	J_y	W_y i_y	J_y	W_y i_y
130	4 340	368 6,86	5 090	419 6,90	5 890	473 6,95	6 740	529 6,99	—	— —
140	4 960	403 7,33	5 810	459 7,37	6 720	519 7,42	7 670	579 7,45	8 730	644 7,49
150	5 630	440 7,87	6 580	500 7,84	7 600	565 7,89	8 680	631 7,93	9 860	703 7,95
160	6 340	477 8,29	7 410	543 8,32	8 550	613 8,37	9 750	684 8,41	11 070	763 8,42
170	7 100	514 8,77	8 290	586 8,80	9 560	662 8,85	10 890	738 8,89	12 350	822 8,90
180	7 910	553 9,26	9 230	630 9,29	10 630	711 9,34	12 100	793 9,36	13 710	883 9,37
190	8 760	592 9,75	10 210	674 9,77	11 760	761 9,82	13 370	849 9,84	15 150	946 9,85
200	9 660	631 10,2	11 260	719 10,3	12 950	812 10,3	14 720	906 10,3	16 670	1 010 10,3
210	10 610	672 10,7	12 350	765 10,7	14 200	863 10,8	16 140	964 10,8	18 260	1 070 10,8
220	11 600	712 11,2	13 500	811 11,2	15 510	915 11,3	17 620	1 020 11,3	19 940	1 140 11,3
230	12 640	752 11,7	14 700	857 11,7	16 890	968 11,8	19 180	1 080 11,8	21 690	1 200 11,8
240	13 720	793 12,2	15 950	904 12,2	18 320	1 020 12,3	20 800	1 140 12,3	23 520	1 270 12,3
250	14 850	834 12,7	17 260	951 12,7	19 820	1 070 12,8	22 500	1 200 12,8	25 420	1 340 12,8
260	16 020	875 13,2	18 630	999 13,2	21 380	1 130 13,2	24 260	1 260 13,3	27 410	1 400 13,3
280	18 510	959 14,2	21 510	1 090 14,2	24 680	1 240 14,2	27 990	1 380 14,2	31 610	1 540 14,2
300	21 190	1 040 15,2	24 610	1 190 15,2	28 220	1 350 15,2	32 000	1 510 15,2	36 120	1 680 15,2
320	24 050	1 130 16,1	27 920	1 290 16,2	32 010	1 460 16,2	36 280	1 630 16,2	40 940	1 820 16,2
340	27 090	1 210 17,1	31 440	1 390 17,2	36 040	1 570 17,2	40 840	1 760 17,2	46 080	1 960 17,2
350	28 680	1 260 17,6	33 280	1 440 17,7	38 150	1 630 17,7	43 230	1 820 17,7	48 760	2 030 17,7

مقطوع زوج INP (تابع)

Profil	II 340	F = 174	II 360	F = 191	II 380	F = 214	II 400	F = 236	II 425	F = 264
a	J_x = 31 430 W_x = 1 850 i_x = 13,5; i_1 = 2,80		J_x = 39 220 W_x = 2 180 i_x = 14,2; i_1 = 2,90		J_x = 48 510 W_x = 2 520 i_x = 15,0; i_1 = 3,02		J_x = 59 420 W_x = 2 920 i_x = 15,7; i_1 = 3,13		J_x = 73 340 W_x = 3 480 i_x = 16,7; i_1 = 3,30	
mm	J_y	W_y i_y	J_y	W_y i_y	J_y	W_y i_y	J_y	W_y i_y	J_y	W_y i_y
150	11 110	774 7,99	12 560	857 8,03	—	— —	—	— —	—	— —
160	12 440	839 8,45	14 090	928 8,53	15 850	1 010 8,53	17 420	1 110 8,59	—	— —
170	13 860	905 8,94	15 670	1 000 8,99	17 410	1 090 9,02	19 370	1 190 9,05	—	— —
180	15 410	972 9,41	17 370	1 080 9,46	19 280	1 170 9,49	21 430	1 280 9,52	24 260	1 430 9,59
190	17 010	1 040 9,89	19 160	1 150 9,94	21 260	1 250 9,97	23 610	1 370 10,0	26 700	1 550 10,1
200	18 710	1 110 10,4	21 060	1 230 10,4	23 350	1 340 10,4	25 920	1 460 10,5	29 280	1 670 10,5
210	20 490	1 180 10,9	23 050	1 310 10,9	25 540	1 430 10,9	28 340	1 550 11,0	31 990	1 790 11,0
220	22 350	1 250 11,3	25 130	1 380 11,4	27 840	1 510 11,4	30 870	1 650 11,4	34 820	1 920 11,5
230	24 310	1 320 11,8	27 320	1 460 11,9	30 250	1 600 11,9	33 530	1 740 11,9	37 790	1 920 12,0
240	26 350	1 400 12,3	29 600	1 550 12,4	32 770	1 680 12,5	36 300	1 840 12,4	40 890	2 030 12,5
250	28 470	1 470 12,8	31 980	1 630 12,8	35 390	1 770 12,8	39 190	1 940 12,9	44 120	2 140 12,9
260	30 690	1 550 13,3	34 460	1 710 13,3	38 120	1 860 13,3	42 200	2 030 13,4	47 500	2 250 13,4
280	35 370	1 700 14,3	39 700	1 880 14,3	43 890	2 050 14,3	48 510	2 230 14,3	54 620	2 470 14,4
300	40 410	1 850 15,2	45 330	2 050 15,3	50 100	2 230 15,3	55 420	2 440 15,3	62 270	2 690 15,4
310	43 060	1 930 15,7	48 290	2 130 15,8	53 360	2 330 15,8	59 020	2 540 15,8	66 310	2 800 15,8
320	45 790	2 000 16,2	51 350	2 220 16,3	56 730	2 420 16,3	62 730	2 640 16,3	70 460	2 920 16,3
330	48 610	2 080 16,7	54 510	2 300 16,8	60 210	2 510 16,8	66 570	2 750 16,8	74 750	3 030 16,8
340	51 520	2 160 17,2	57 760	2 390 17,3	63 800	2 610 17,3	70 520	2 850 17,3	79 180	3 150 17,3
350	54 510	2 240 17,7	61 110	2 480 17,7	67 490	2 710 17,8	74 590	2 950 17,8	83 740	3 260 17,8
360	57 590	2 320 18,2	64 560	2 570 18,2	71 290	2 800 18,3	78 780	3 060 18,3	88 430	3 380 18,3
380	64 020	2 480 19,2	71 740	2 740 19,2	79 200	2 990 19,3	87 510	3 270 19,3	98 180	3 623 19,3
400	70 790	2 640 20,2	79 320	2 920 20,2	87 550	3 190 20,2	96 720	3 490 20,2	108 500	3 850 20,3
425	79 740	2 840 21,4	89 330	3 150 21,4	98 580	3 430 21,5	108 900	3 750 21,5	122 100	4 150 21,5
Profil	II 450	F = 294	II 475	F = 326	II 500	F = 360	II 550	F = 426	II 600	F = 508
a	J_x = 91 700 W_x = 4 080 i_x = 17,7; i_1 = 3,43		J_x = 113 000 W_x = 4 760 i_x = 18,6; i_1 = 3,60		J_x = 137 500 W_x = 5 500 i_x = 19,6; i_1 = 3,72		J_x = 198 400 W_x = 7 220 i_x = 21,6; i_1 = 4,02		J_x = 278 000 W_x = 9 260 i_x = 23,4; i_1 = 4,30	
mm	J_y	W_y i_y	J_y	W_y i_y	J_y	W_y i_y	J_y	W_y i_y	J_y	W_y i_y
180	27 260	1 560 9,93	—	— —	—	— —	—	— —	—	— —
190	29 980	1 670 10,1	33 600	1 830 10,2	37 450	2 000 10,2	—	— —	—	— —
200	32 850	1 780 10,6	36 780	1 950 10,5	40 960	2 130 10,7	—	— —	—	— —
210	35 870	1 890 11,0	40 120	2 070 11,1	44 650	2 260 11,1	53 950	2 630 11,2	—	— —
220	39 020	2 000 11,5	43 620	2 190 11,6	48 520	2 400 11,6	58 520	2 790 11,7	70 800	3 260 11,8
230	42 340	2 120 12,0	47 290	2 320 12,0	52 570	2 530 12,1	63 320	2 950 12,2	76 520	3 440 12,3
240	45 790	2 230 12,5	51 120	2 450 12,5	56 800	2 670 12,6	68 320	3 110 12,7	82 490	3 630 12,7
250	49 390	2 350 13,0	55 110	2 580 13,0	61 210	2 810 13,0	73 540	3 270 13,1	88 710	3 820 13,2
260	53 150	2 470 13,4	59 270	2 710 13,5	65 800	2 960 13,5	78 910	3 430 13,6	95 190	4 010 13,7
280	61 090	2 710 14,4	68 070	2 970 14,5	75 520	3 250 14,5	90 470	3 770 14,6	108 900	4 400 14,6
300	69 600	2 960 15,4	77 530	3 240 15,4	85 960	3 540 15,5	102 800	4 110 15,5	123 600	4 800 15,6
320	78 710	3 210 16,4	87 630	3 520 16,4	97 120	3 850 16,4	116 000	4 460 16,5	139 400	5 210 16,6
340	88 430	3 470 17,3	98 390	3 800 17,4	109 000	4 150 17,4	130 100	4 820 17,5	156 200	5 630 17,5
350	93 490	3 600 17,8	104 900	3 940 17,9	115 200	4 310 17,9	137 400	5 000 18,0	164 900	5 840 18,0
360	98 720	3 730 18,3	109 800	4 080 18,4	121 500	4 460 18,4	145 000	5 180 18,4	173 900	6 050 18,5
370	104 100	3 850 18,8	115 800	4 220 18,8	128 200	4 620 18,9	152 800	5 360 18,9	183 200	6 260 19,0
380	109 600	3 990 19,3	121 900	4 370 19,3	134 900	4 780 19,4	160 900	5 540 19,4	192 700	6 480 19,5
390	115 300	4 120 19,8	128 100	4 510 19,8	141 900	4 930 19,9	169 000	5 730 19,9	202 500	6 690 20,0
400	121 100	4 250 20,3	134 600	4 660 20,3	149 000	5 090 20,3	177 400	5 910 20,4	212 500	6 910 20,5
425	136 200	4 580 21,5	151 400	5 020 21,5	167 500	5 490 21,6	199 300	6 340 21,6	238 700	7 460 21,7
450	152 300	4 910 22,8	169 200	5 390 22,8	187 200	5 900 22,9	222 600	6 850 22,9	266 500	8 020 22,9
475	169 300	5 250 24,0	188 100	5 750 24,0	208 000	6 300 24,0	247 300	7 330 24,1	295 900	8 580 24,1
500	187 200	5 590 25,2	207 900	6 130 25,3	230 000	6 720 25,3	273 200	7 810 25,3	326 800	9 140 25,4
550	225 800	6 270 27,7	250 700	6 890 27,7	277 200	7 540 27,7	329 100	8 780 27,8	393 500	10 200 27,8
600	268 100	6 960 30,2	297 600	7 650 30,2	329 000	8 380 30,2	390 400	9 760 30,3	466 500	11 450 30,3

نیمرخ زوج ناودانی

F = سطح مقطع
J = ممان اینرسی
W = اساس مقطع
i = شعاع ژیراسیون



$$J_x = 2\,J_{x_1}$$
$$J_y = 2\,J_{y_1} + F\,(b - e + \tfrac{1}{2}\,t)^2$$
$$W_y = \frac{J_y}{b + \tfrac{1}{2}\,t}$$

Profil [	F cm²	G kg/m	J_x cm⁴	i_x cm	i_1 cm		0	8	10	12	15	20
80	22,0	17,3	212	3,10	1,33	W_y	243	301	316	332	356	—
						J_y	54	61	63	65	68	—
						i_y	3,33	3,70	3,79	3,85	4,03	—
100	27,0	21,2	412	3,91	1,47	W_y	380	459	480	501	535	—
						J_y	76	85	87	89	93	—
						i_y	3,75	4,12	4,22	4,31	4,45	—
120	34,0	26,7	728	4,62	1,59	W_y	604	715	745	775	822	—
						J_y	110	121	124	127	132	—
						i_y	4,21	4,59	4,68	4,77	4,92	—
140	40,8	32,0	1 210	5,45	1,75	W_y	862	1 010	1 050	1 090	1 150	—
						J_y	144	158	162	165	170	—
						i_y	4,59	4,97	5,06	5,16	5,30	—
160	48,0	37,7	1 850	6,21	1,89	W_y	1 210	1 400	1 450	1 500	1 580	—
						J_y	186	203	207	211	218	—
						i_y	5,03	5,40	5,49	5,59	5,73	—
180	56,0	44,0	2 700	6,95	2,02	W_y	1 670	1 910	1 970	2 030	2 130	—
						J_y	239	258	263	267	275	—
						i_y	5,47	5,84	5,93	6,03	6,17	—
200	64,4	50,6	3 820	7,70	2,14	W_y	2 240	—	2 610	2 680	2 800	3 020
						J_y	299	—	326	331	339	355
						i_y	5,89	—	6,36	6,46	6,60	6,84
220	74,8	58,7	5 380	8,48	2,30	W_y	2 960	—	3 420	3 520	3 660	3 920
						J_y	370	—	402	409	418	436
						i_y	6,29	—	6,76	6,86	7,00	7,24
240	84,6	66,4	7 200	9,22	2,42	W_y	3 820	—	4 370	4 490	4 670	4 970
						J_y	449	—	486	493	505	523
						i_y	6,72	—	7,19	7,28	7,43	7,65
260	96,6	75,8	9 640	9,99	2,56	W_y	4 890	—	5 360	5 700	5 910	6 200
						J_y	543	—	585	594	606	620
						i_y	7,12	—	7,59	7,68	7,82	8,00
280	107	84,0	12 560	10,9	2,74	W_y	5 980	—	6 750	6 910	7 150	7 600
						J_y	629	—	675	684	698	724
						i_y	7,49	—	7,96	8,05	8,19	8,32
300	118	92,6	16 060	11,7	2,90	W_y	7 260	—	8 140	8 330	8 610	9 090
						J_y	726	—	775	786	801	826
						i_y	7,86	—	8,32	8,42	8,56	8,77

مشخص زوج ناودانی (دنباله)

Profil	IE 200 F=64,4			IE 220 F=74,8			IE 240 F=84,6			IE 260 F=96,6			IE 280 F=107		
a	J_x=3 820 W_x= 382 i_x=7,70; i_y=2,14			J_x=5 380 W_x= 490 i_x=8,48; i_y=2,30			J_x=7 200 W_x= 600 i_x=9,22; i_y=2,42			J_x=9 640 W_x= 742 i_x=9,99; i_y=2,56			J_x=12 560 W_x= 896 i_x=10,9; i_y=2,74		
mm	J_y	W_y	i_y	J_y	W_y	i_y	J_y	W_y	i_y	J_y	W_y	i_y	J_y	W_y	i_y
110	3 930	302	7,81	4 760	353	*7,98*	5 550	396	*8,10*	6 600	455	*8,27*	7 670	511	*8,48*
120	4 430	328	8,29	5 350	382	*8,46*	6 230	430	*8,58*	7 390	493	*8,75*	8 550	552	*8,95*
130	4 960	354	8,78	5 980	412	8,94	6 940	463	*9,06*	8 220	530	*9,22*	9 490	593	*9,43*
140	5 520	381	9,26	6 640	443	9,42	7 700	497	9,54	9 100	569	*9,70*	10 480	635	*9,92*
150	6 120	408	9,75	7 340	474	9,91	8 500	531	10,0	10 020	607	10,2	11 520	678	*10,4*
160	6 750	435	10,2	8 080	505	10,4	9 350	567	10,5	11 000	647	10,7	12 620	721	10,9
180	8 100	491	11,2	9 680	569	11,4	11 160	638	11,5	13 100	728	11,6	14 970	809	11,8
200	9 580	547	12,2	11 420	634	12,4	13 150	711	12,5	15 390	810	12,6	17 530	899	12,8
220	11 200	605	13,2	13 310	701	13,3	15 500	785	13,4	17 880	894	13,6	20 310	991	13,8
240	12 940	664	14,2	15 350	768	14,3	17 630	860	14,4	20 550	979	14,6	23 300	1 080	14,8
250	13 860	693	14,7	16 430	801	14,8	18 850	898	14,9	21 960	1 020	15,1	24 880	1 130	15,2
260	14 810	722	15,2	17 540	835	15,3	20 120	936	15,4	23 420	1 060	15,6	26 510	1 180	15,7
280	16 800	781	16,2	19 980	904	16,3	22 780	1 010	16,4	26 490	1 150	16,6	29 930	1 270	16,7
300	18 930	841	17,1	22 370	973	17,3	25 610	1 090	17,4	29 750	1 240	17,6	33 560	1 370	17,7
320	21 160	901	18,1	25 010	1 040	18,3	28 610	1 170	18,4	33 200	1 330	18,5	37 400	1 470	18,7
350	24 810	992	19,6	29 250	1 150	19,8	33 430	1 290	19,9	38 730	1 460	20,0	43 570	1 610	20,2
380	28 720	1 080	21,1	33 820	1 260	21,3	38 650	1 400	21,4	44 710	1 590	21,5	50 210	1 760	21,7
400	31 490	1 150	22,1	37 000	1 320	22,3	42 300	1 480	22,4	48 930	1 690	22,5	54 910	1 860	22,7
450	38 960	1 300	24,6	45 810	1 500	24,7	52 240	1 690	24,9	60 340	1 920	25,0	67 560	2 110	25,1
500	47 340	1 460	27,1	55 490	1 680	27,2	63 220	1 890	27,3	72 950	2 160	27,5	81 590	2 340	27,6

Profil	IE 300 F=118			IE 330 F=152			IE 350 F=155			IE 380 F=161			IE 400 F=183		
a	J_x=16 060 W_x= 1 070 i_x=11,7; i_y=2,90			J_x=21 740 W_x= 1 360 i_x=12,1; i_y=2,81			J_x=25 680 W_x= 1 470 i_x=12,9; i_y=2,72			J_x=31 520 W_x= 1 660 i_x=14,0; i_y=2,77			J_x=40 700 W_x= 2 040 i_x=14,9; i_y=3,04		
mm	J_y	W_y	i_y	J_y	W_y	i_y	J_y	W_y	i_y	J_y	W_y	i_y	J_y	W_y	i_y
0	1 650	185	*3,97*	2 220	222	*3,82*	2 030	203	*3,62*	2 140	210	*3,65*	2 960	271	*4,04*
10	2 190	209	*4,32*	2 650	252	*4,18*	2 440	232	*3,97*	2 570	240	*3,99*	3 510	305	*4,33*
12	2 270	214	*4,40*	2 750	259	*4,25*	2 530	239	*4,04*	2 660	246	*4,06*	3 620	312	*4,45*
15	2 390	222	*4,51*	2 900	270	*4,37*	2 670	248	*4,15*	2 810	256	*4,18*	3 810	324	*4,56*
20	2 600	236	*4,70*	3 160	287	*4,56*	2 930	266	*4,35*	3 070	274	*4,37*	4 130	344	*4,75*
25	2 820	251	*4,90*	3 440	306	*4,76*	3 200	284	*4,54*	3 350	293	*4,56*	4 480	366	*4,95*
30	3 060	266	*5,11*	3 740	325	*4,96*	3 490	303	*4,75*	3 650	312	*4,76*	4 840	387	*5,14*
35	3 320	283	*5,31*	4 060	346	*5,17*	3 800	323	*4,95*	3 980	333	*4,97*	5 230	410	*5,34*
40	3 590	299	*5,53*	4 400	367	*5,38*	4 130	344	*5,16*	4 320	354	*5,18*	5 650	435	*5,56*
45	3 870	316	*5,74*	4 760	389	*5,60*	4 480	366	*5,38*	4 680	376	*5,39*	6 090	460	*5,77*
50	4 170	334	*5,96*	5 140	411	*5,82*	4 850	388	*5,59*	5 060	399	*5,61*	6 550	485	*5,98*
60	4 810	370	*6,40*	5 950	458	*6,26*	5 650	435	*6,01*	5 890	446	*6,05*	7 530	538	*6,41*
70	5 510	408	*6,85*	6 840	507	*6,71*	6 520	483	*6,48*	6 800	496	*6,50*	8 610	594	*6,86*
80	6 270	448	*7,30*	7 800	557	*7,16*	7 470	534	*6,94*	7 780	548	*6,95*	9 780	652	*7,31*
90	7 090	489	*7,76*	8 840	610	*7,63*	8 500	586	*7,41*	8 850	602	*7,41*	11 050	713	*7,77*
100	7 960	531	*8,23*	9 950	663	*8,09*	9 610	641	*7,87*	10 000	658	*7,88*	12 400	775	*8,23*
110	8 900	574	*8,70*	11 140	719	*8,56*	10 790	696	*8,34*	11 230	715	*8,35*	13 850	839	*8,70*
120	9 890	618	*9,17*	12 410	776	*9,04*	12 050	753	*8,82*	12 540	774	*8,82*	15 380	905	*9,17*
130	10 540	663	*9,65*	13 750	833	*9,51*	13 390	812	*9,29*	13 930	834	*9,30*	17 010	972	*9,64*
140	12 050	709	*10,1*	15 170	892	*9,99*	14 800	871	*9,77*	15 460	895	*9,78*	18 730	1 040	*10,2*
150	13 220	755	*10,6*	16 660	952	*10,5*	16 250	931	*10,3*	16 950	957	*10,3*	20 550	1 110	*10,6*
160	14 450	803	*11,1*	18 230	1 010	*11,0*	17 860	992	*10,7*	18 580	1 020	*10,7*	22 450	1 180	*11,1*
180	17 060	899	12,0	21 590	1 140	*11,9*	21 230	1 120	*11,7*	22 080	1 150	*11,7*	26 530	1 330	*12,0*
200	19 960	998	13,0	25 260	1 260	12,9	24 910	1 250	*12,7*	25 910	1 280	*12,7*	30 980	1 480	*13,0*
220	23 060	1 100	14,0	29 230	1 390	13,9	28 960	1 380	13,7	30 050	1 420	*13,7*	35 790	1 630	*14,0*
240	26 400	1 200	15,0	33 510	1 520	14,8	33 200	1 510	14,6	34 520	1 560	14,6	40 950	1 780	15,0
250	28 160	1 250	15,5	35 760	1 590	15,3	35 460	1 580	15,1	36 860	1 620	15,1	43 600	1 860	15,4
260	30 000	1 300	15,9	38 090	1 660	15,8	37 800	1 640	15,6	39 310	1 690	15,6	46 510	1 940	15,9
280	33 750	1 410	16,9	42 970	1 790	16,8	42 720	1 780	16,6	44 420	1 840	16,6	52 420	2 100	16,9
300	37 630	1 510	17,9	48 150	1 930	17,8	47 950	1 920	17,6	49 860	1 980	17,6	58 700	2 260	17,9
320	42 110	1 620	18,9	53 640	2 060	18,8	53 480	2 060	18,6	55 620	2 120	18,6	65 340	2 420	18,9
350	48 960	1 780	20,4	62 440	2 270	20,3	62 360	2 270	20,1	64 860	2 340	20,1	76 990	2 670	20,4
380	56 370	1 940	21,9	71 920	2 480	21,8	71 940	2 480	21,5	74 820	2 560	21,6	87 470	2 920	21,9
400	61 560	2 050	22,8	78 630	2 620	22,7	78 710	2 620	22,5	81 870	2 710	22,6	95 580	3 080	22,9
450	75 670	2 330	25,3	96 700	2 980	25,2	96 880	2 980	25,0	100 900	3 090	25,0	117 400	3 510	25,3
500	91 220	2 610	27,8	116 700	3 330	27,7	117 200	3 350	27,5	121 900	3 460	27,5	141 600	3 930	27,8
550	108 200	2 890	30,3	138 500	3 690	30,2	139 400	3 720	30,0	145 000	3 850	30,0	168 600	4 360	30,3
600	126 700	3 170	32,8	162 300	4 060	32,7	163 400	4 090	32,5	170 000	4 230	32,5	197 600	4 800	32,8

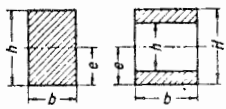
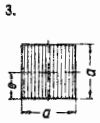
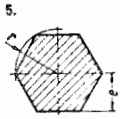
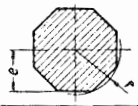
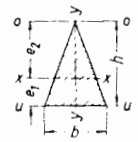
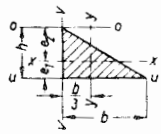
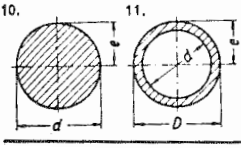
مشخص زوج ناودانی

F = سطح مقطع
I = ممان اینرسی
W = اساس مقطع
i = شعاع ژیراسیون

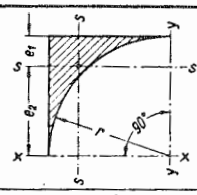
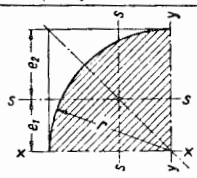
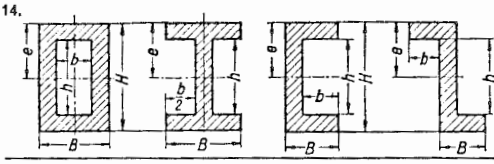
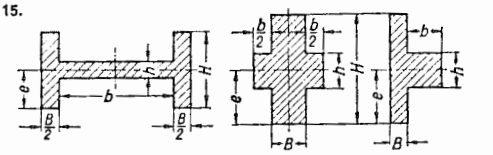
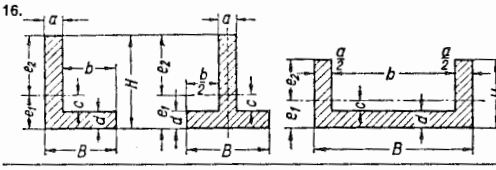
Profil	IE 80 F 22,0			IE 100 F 27,0			IE 120 F=34,0			IE 140 F 40,8			IE 160 F 48,0			IE 180 F=56,0		
a	J_x=212 W_x= 53,0 i_x=3,10; i_y=1,33			J_x=412 W_x= 82,4 i_x=3,91; i_y=1,47			J_x= 728 W_x=121 i_x=4,62; i_y=1,59			J_x=1 210 W_x= 173 i_x=5,45; i_y=1,75			J_x=1 850 W_x= 232 i_x=6,21; i_y=1,8			J_x=2 700 W_x= 300 i_x=6,96; i_y=2,02		
mm	J_y	W_y	i_y	J_y	W_y	i_y	J_y	W_y	i_y	J_y	W_y	i_y	J_y	W_y	i_y	J_y	W_y	i_y
0	85	18,9	*1,96*	123	24,6	*2,13*	173	31,5	*2,26*	250	41,7	*2,48*	334	50,4	*2,63*	433	62,0	*2,78*
8	114	23,3	*2,28*	161	29,8	*2,33*	222	37,6	*2,36*	314	49,3	*2,57*	411	59,6	*2,72*	530	71,9	*2,87*
10	122	24,4	*2,35*	172	31,3	*2,37*	236	39,3	*2,39*	332	51,5	*2,61*	433	61,9	*2,75*	555	74,9	*2,91*
12	131	25,7	*2,43*	183	32,7	*2,40*	251	41,1	*2,43*	350	53,0	*2,64*	456	64,2	*2,78*	584	76,7	*2,93*
15	145	27,6	*2,57*	201	35,0	*2,52*	274	43,8	*2,57*	380	56,3	*2,69*	494	68,0	*2,82*	627	80,9	*2,98*
20	171	31,1	*2,79*	234	39,0	*2,74*	316	48,6	*2,93*	434	62,0	*2,85*	558	74,1	*2,98*	705	88,1	*3,12*
25	199	34,6	*3,01*	270	43,2	*2,96*	362	53,6	*3,16*	493	68,0	*3,03*	630	81,3	*3,17*	791	95,9	*3,30*
30	230	38,3	*3,23*	310	47,7	*3,19*	413	59,0	*3,38*	556	74,1	*3,19*	706	88,3	*3,33*	883	104	*3,45*
35	264	42,2	*3,47*	353	52,3	*3,42*	468	64,6	*3,61*	625	80,6	*3,42*	788	95,6	*3,57*	984	112	*3,72*
40	301	46,3	*3,70*	399	57,0	*3,64*	527	70,3	*3,83*	700	87,5	*3,64*	874	103	*3,78*	1 090	121	*3,98*
45	340	50,4	*3,93*	449	61,9	*4,04*	590	76,1	*4,17*	775	94,3	*4,37*	974	111	*4,43*	1 200	130	*4,25*
50	382	54,6	*4,17*	501	66,8	*4,31*	658	82,3	*4,40*	862	101	*4,59*	1 070	119	*4,72*	1 320	139	*4,96*
60	474	63,2	*4,64*	618	77,3	*4,78*	809	94,8	*4,87*	1 050	117	*5,06*	1 290	136	*5,19*	1 580	158	*5,33*
70	578	72,3	*5,13*	747	87,9	*5,26*	971	108	*5,34*	1 250	132	*5,54*	1 530	154	*5,67*	1 870	178	*5,72*
80	692	81,4	*5,61*	890	98,9	*5,74*	1 150	121	*5,82*	1 470	147	*6,00*	1 810	172	*6,14*	2 190	199	*6,25*
90	818	90,9	*6,10*	1 050	111	*6,23*	1 350	135	*6,30*	1 720	164	*6,49*	2 100	191	*6,61*	2 540	221	*6,73*
100	954	100	*6,58*	1 220	122	*6,72*	1 570	150	*6,79*	1 980	180	*6,97*	2 420	210	*7,10*	2 910	243	*7,21*
110	1 100	110	*7,04*	1 400	133	*7,20*	1 800	164	*7,28*	2 270	197	*7,46*	2 760	230	*7,58*	3 310	265	*7,69*
120	1 260	120	*7,51*	1 600	145	*7,70*	2 050	178	*7,76*	2 580	215	*7,93*	3 120	250	*8,06*	3 740	284	*8,17*
130	1 430	130	*8,06*	1 810	157	*8,19*	2 320	193	*8,26*	2 900	232	*8,41*	3 510	270	*8,55*	4 200	311	*8,66*
140	1 610	140	*8,55*	2 030	169	*8,67*	2 600	208	*8,75*	3 250	250	*8,93*	3 920	290	*9,04*	4 680	334	*9,14*
150	1 800	150	*9,05*	2 270	182	*9,17*	2 900	223	*9,24*	3 620	268	*9,42*	4 360	311	*9,53*	5 200	359	*9,64*
160	2 000	160	*9,54*	2 520	194	*9,66*	3 220	239	*9,73*	4 000	286	*9,90*	4 820	332	*10,0*	5 740	383	*10,1*
180	2 440	181	*10,5*	3 060	219	*10,6*	3 910	270	*10,7*	4 840	323	*10,9*	5 810	375	*11,0*	6 910	432	*11,1*
200	2 920	202	*11,5*	3 660	244	*11,6*	4 660	301	*11,7*	5 760	360	*11,9*	6 900	418	*12,0*	8 180	481	*12,1*
220	3 450	223	*12,5*	4 310	269	*12,6*	5 480	332	*12,7*	6 760	398	*12,9*	8 080	462	*13,0*	9 580	532	*13,1*
240	4 020	244	*13,5*	5 020	295	*13,6*	6 380	365	*13,7*	7 840	436	*13,9*	9 360	506	*14,0*	11 080	583	*14,1*
250	4 320	254	*14,0*	5 390	308	*14,1*	6 850	381	*14,2*	8 410	455	*14,4*	10 040	528	*14,5*	11 870	609	*14,6*
260	4 630	265	*14,5*	5 770	321	*14,6*	7 330	396	*14,7*	9 000	474	*14,9*	10 740	551	*15,0*	12 690	635	*15,1*
280	5 290	286	*15,5*	6 590	347	*15,6*	8 360	429	*15,7*	10 250	513	*15,9*	12 210	596	*16,0*	14 420	667	*16,0*
300	5 990	307	*16,5*	7 450	373	*16,6*	9 460	461	*16,7*	11 570	551	*16,8*	13 760	641	*16,9*	16 260	739	*17,0*
320	6 740	329	*17,5*	8 370	399	*17,6*	10 620	494	*17,7*	12 980	590	*17,8*	15 450	687	*17,9*	18 210	792	*18,0*
350	7 940	361	*19,0*	9 860	438	*19,1*	12 490	543	*19,2*	15 240	649	*19,3*	18 120	755	*19,4*	21 350	871	*19,5*
380	9 240	393	*20,5*	11 460	478	*20,6*	14 510	592	*20,7*	17 690	708	*20,8*	21 020	824	*20,9*	24 740	952	*21,0*
400	10 160	415	*21,5*	12 600	504	*21,6*	15 950	625	*21,7*	19 430	747	*21,8*	23 070	871	*21,9*	27 140	1 010	*22,0*

Profil	IE 200 F=64,4			IE 220 F=74,8			IE 240 F 84,6			IE 260 F=96,6			IE 280 F=107		
a	J_x=3 820 W_x= 382 i_x=7,70; i_y=2,14			J_x=5 380 W_x= 490 i_x=8,48; i_y=2,30			J_x=7 200 W_x= 600 i_x=9,22; i_y=2,42			J_x=9 640 W_x= 742 i_x=9,99; i_y=2,56			J_x=12 560 W_x= 896 i_x=10,9; i_y=2,74		
mm	J_y	W_y	i_y	J_y	W_y	i_y	J_y	W_y	i_y	J_y	W_y	i_y	J_y	W_y	i_y
0	556	74,1	*2,94*	736	92,0	*3,16*	916	108	*3,29*	1 170	130	*3,47*	1 480	156	*3,72*
8	670	84,8	*3,23*	877	104	*3,43*	1 080	121	*3,57*	1 370	146	*3,76*	1 710	173	*4,01*
10	702	87,8	*3,32*	915	108	*3,50*	1 130	126	*3,65*	1 420	149	*3,84*	1 780	178	*4,07*
12	735	90,7	*3,38*	956	111	*3,57*	1 170	129	*3,73*	1 480	154	*3,91*	1 840	182	*4,15*
15	787	95,4	*3,51*	1 020	117	*3,69*	1 250	135	*3,84*	1 570	161	*4,03*	1 940	189	*4,27*
20	880	104	*3,70*	1 130	126	*3,89*	1 390	145	*4,04*	1 720	172	*4,23*	2 120	202	*4,47*
25	981	112	*3,90*	1 250	135	*4,09*	1 520	156	*4,23*	1 890	184	*4,43*	2 320	215	*4,67*
30	1 090	121	*4,12*	1 380	145	*4,31*	1 670	167	*4,45*	2 070	197	*4,63*	2 530	230	*4,87*
35	1 210	131	*4,33*	1 530	157	*4,52*	1 840	180	*4,66*	2 270	211	*4,84*	2 750	244	*5,08*
40	1 330	140	*4,55*	1 680	168	*4,73*	2 010	191	*4,88*	2 470	225	*5,05*	2 980	259	*5,29*
45	1 460	150	*4,77*	1 830	179	*4,95*	2 190	204	*5,09*	2 690	239	*5,28*	3 230	275	*5,51*
50	1 600	160	*5,00*	2 000	190	*5,18*	2 390	217	*5,31*	2 910	253	*5,50*	3 490	291	*5,72*
60	1 910	182	*5,45*	2 370	215	*5,63*	2 810	244	*5,76*	3 410	284	*5,94*	4 060	325	*6,17*
70	2 250	205	*5,91*	2 770	241	*6,09*	3 270	275	*6,22*	3 950	316	*6,40*	4 670	359	*6,62*
80	2 620	228	*6,38*	3 210	268	*6,56*	3 780	302	*6,69*	4 540	348	*6,86*	5 340	396	*7,08*
90	3 030	253	*6,86*	3 690	295	*7,03*	4 330	333	*7,15*	5 180	384	*7,32*	6 070	434	*7,54*
100	3 460	277	*7,33*	4 210	324	*7,50*	4 920	364	*7,62*	5 870	419	*7,79*	6 840	472	*8,01*

ب ـ روابط تیرهای تک‌دهانه و تیرهای سراسری

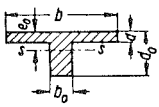
شکل مقطع	محل تار خنثی e	ممان اینرسی حول تار خنثی J	اساس مقطع $W = J/e$
1.  2.	1) $\frac{h}{2}$ 2) $\frac{H}{2}$	1) $\frac{bh^3}{12}$ 2) $\frac{b}{12}(H^3-h^3)$	1) $\frac{bh^2}{6}$ 2) $\frac{b}{6H}(H^3-h^3)$
3.  4.	3) $\frac{a}{2}$ 4) $\frac{a}{2}\sqrt{2}$	3) $\frac{a^4}{12}$ 4) $\frac{a^4}{12}$	3) $\frac{a^3}{6}$ 4) $0{,}1179\,a^3$
5.  6.	5) $0{,}866\,r$ 6) r	5) $0{,}5413\,r^4$ 6) $0{,}5413\,r^4$	5) $\frac{5}{8}r^3 = 0{,}625\,r^3$ 6) $0{,}5413\,r^3$
7. 	$0{,}924\,r$	$0{,}6381\,r^4$	$0{,}6906\,r^3$
8. 	$e_1 = \frac{h}{3}$ $e_2 = \frac{2}{3}h$	$J_x = \frac{bh^3}{36}$ $J_y = \frac{hb^3}{48}$	$W_{xo} = \frac{bh^2}{24}$ $W_{xu} = \frac{bh^2}{12}$ $W_y = \frac{hb^2}{24}$
9. 	$e_1 = \frac{h}{3}$ $e_2 = \frac{2}{3}h$	$J_x = \frac{b \cdot h^3}{36}$ $J_y = \frac{hb^3}{36}$ $J_{xy} = -\frac{b^2h^2}{72}$	$W_{xo} = \frac{bh^2}{24}$ $W_{xu} = \frac{bh^2}{12}$ $W_{yv} = \frac{hb^2}{12}$
10. 11. 	10) $\frac{d}{2}$ 11) $\frac{D}{2}$	10) $\frac{\pi d^4}{64} \approx 0{,}05d^4$ 11) $\frac{\pi}{64}(D^4-d^4)$	10) $\frac{\pi d^3}{32} \approx 0{,}1\,d^3$ 11) $\frac{\pi}{32}\cdot\frac{D^4-d^4}{D}$

(ادامه)

12. 	$e_1 = 0{,}2234r$ $e_2 = 0{,}7766r$	$J_s = 0{,}0075\,r^4$ $J_x = J_y \approx 0{,}137r^4$ $J_{xy} = -\frac{r^4}{8}$ $J_{ss} = 0{,}0044r^4$	$W_{s1} = \frac{J_s}{e_1} = 0{,}0336\,r^3$ $W_{s2} = \frac{J_s}{e_2} = 0{,}00966r^3 \approx 0{,}01r^3$
13. 	$e_1 = \frac{4r}{3\pi} = 0{,}4244r$ $e_2 = 0{,}5756r$	$J_s = 0{,}055r^4$ $J_x = J_y = 0{,}19635r^4$ $J_{xy} = -\frac{r^4}{8}$ $J_{ss} = 0{,}0165r^4$	$W_{s1} = \frac{J_s}{e_1} = 0{,}1296r^3$ $W_{s2} = \frac{J_s}{e_2} = 0{,}0956r^4$
14. 			$e = \frac{H}{2}$ $J = \frac{1}{12}(BH^3 - bh^3)$ $W = \frac{1}{6H}(BH^3 - bh^3)$
15. 			$e = \frac{H}{2}$ $J = \frac{1}{12}(BH^3 + bh^3)$ $W = \frac{1}{6H}(BH^3 + bh^3)$
16. 			$e_1 = \frac{1}{2} \cdot \frac{aH^2 + bd^2}{aH + bd}$ $e_2 = H - e_1$ $J = \frac{1}{3}(Be_1^3 - bc^3 + ae_2^3)$ $W_1 = \frac{J}{e_1} \quad W_2 = \frac{J}{e_2}$

با $F_p = bd$ و $F_{St} = b_0(d_0 - d)$ $\qquad J_p = \frac{F_p d^2}{12}$ و

$$J_{St} = \frac{F_{St}(d_0 - d)^2}{12} \qquad \text{با} \qquad e_0 = \frac{d_0}{2} \cdot \frac{F_{St}}{F_p + F_{St}} + \frac{d}{2}$$



$$J_s = J_p + J_{St} + \frac{F_p \cdot F_{St}}{F_p + F_{St}} \left(\frac{d_0}{2}\right)^2$$

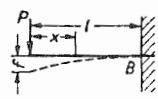
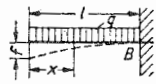
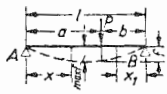
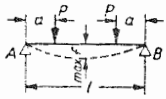
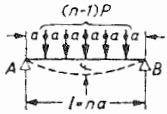
$$J_s = \mu b d_0^3$$

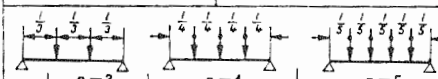
$\frac{b_0}{b}$	$d:d_0$										
	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,50	0,55	0,60
0,05	97	109	111	111	112	115	122	132	169	196	231
0,06	110	125	129	129	129	132	137	147	181	207	241
0,07	122	140	145	146	146	148	152	161	193	218	251
0,08	133	154	161	162	162	163	167	175	205	229	260
0,09	143	167	176	178	178	178	182	189	217	240	270
0,10	154	179	190	192	192	193	196	202	228	250	279
0,11	164	192	203	206	207	207	209	215	240	260	288
0,12	173	204	216	220	221	221	223	227	251	271	298
0,13	182	215	229	233	234	234	236	240	262	281	307
0,14	191	226	241	246	247	247	248	252	272	290	316
0,15	200	236	252	258	260	260	261	264	283	300	324
0,16	209	245	263	270	272	272	273	276	293	310	333
0,17	217	255	273	282	284	284	285	287	304	319	342
0,18	225	265	284	293	296	296	296	298	314	329	350
0,19	234	274	295	304	307	308	307	309	324	338	359
0,20	242	283	304	314	318	319	319	320	333	347	367
0,22	258	301	323	334	339	340	340	341	353	365	384
0,24	275	318	342	354	359	360	360	361	371	382	400
0,26	291	334	360	373	378	380	380	381	389	399	417
0,28	306	350	376	390	397	399	399	400	407	416	431
0,30	320	366	392	407	415	417	418	418	424	432	446
0,32	336	380	408	424	432	435	435	435	441	448	461
0,34	352	396	424	440	448	452	452	452	457	464	475
0,36	367	410	438	455	464	468	468	469	473	479	490
0,38	382	426	453	470	480	484	485	485	488	497	504
0,40	397	441	468	485	495	499	500	500	503	508	517
0,42	412	454	482	499	509	514	515	515	518	522	530
0,44	427	468	496	513	523	528	530	530	532	536	544
0,46	441	482	509	527	537	542	544	544	546	549	557
0,48	456	496	523	540	551	556	558	558	560	563	569
0,50	470	509	533	553	564	569	571	572	573	576	582
0,55	505	544	567	585	596	601	604	604	605	607	612
0,60	544	575	599	616	626	631	634	635	636	637	641
0,65	581	609	630	645	655	660	663	664	664	665	668
0,70	616	642	660	674	683	688	691	691	692	692	695
0,75	652	675	691	702	709	714	717	718	718	718	720
0,80	689	706	720	729	736	740	742	743	743	743	744
0,90	761	770	779	782	786	788	789	790	790	790	791
1,00	833	833	833	833	833	833	833	833	833	833	833

مثال : $b = 1{,}50$ m $\quad b_0 = 0{,}30$ m $\quad d = 0{,}15$ m $\quad d_0 = 0{,}60$ m

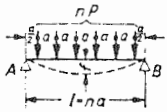
برای $b_0/b = 0{,}30/1{,}50 = 0{,}20$ و $d/d_0 = 0{,}15/0{,}60 = 0{,}25$ با استفاده از جدول : $10^4\,\mu = 318$,

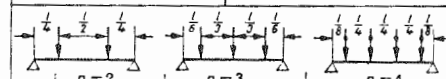
یا $\mu = 0{,}0318$. همچنین $J_s = 0{,}0318 \cdot 1{,}50 \cdot 0{,}60^3 = 103{,}03 \cdot 10^{-4}$ m^4.

	بارگذاری	واکنش تکیه‌گاهی	لنگر خمشی	افت
1.		$B=P$	$M_x=-Px$ $\max M=M_B=-Pl$	$f=\frac{1}{3}\cdot\frac{Pl^3}{EJ}$
2.		$B=ql$	$M_x=-\frac{qx^2}{2}$ $\max M=M_B=-\frac{ql^2}{2}$	$f=\frac{1}{8}\cdot\frac{ql^4}{EJ}$
3.		$B=\frac{ql}{2}$	$M_x=-\frac{qx^3}{6l}$ $\max M=M_B=-\frac{ql^2}{6}$	$f=\frac{1}{30}\cdot\frac{ql^4}{EJ}$
4.		$A=\frac{Pb}{l}$ $B=\frac{Pa}{l}$	$M_x=\frac{Pb}{l}x \quad M_{x1}=\frac{Pa}{l}x_1$ $\max M=\frac{Pab}{l}$	$f=\frac{1}{3}\cdot\frac{P}{EJ}\cdot\frac{a^2b^2}{l}$ محل حداکثر f $x=a\sqrt{\frac{1}{3}+\frac{2}{3}\cdot\frac{b}{a}} \quad : a>b$ $x_1=b\sqrt{\frac{1}{3}+\frac{2}{3}\cdot\frac{a}{b}} \quad : a<b$
5.	$a=b=\frac{l}{2}$	$A=B=\frac{P}{2}$	$M_x=\frac{P}{2}x \quad \max M=\frac{Pl}{4}$	$f=\frac{1}{48}\cdot\frac{Pl^3}{EJ}$
6.		$A=B=P$	$\max M=Pa$	$\max f=\frac{Pa}{24EJ}(3l^2-4a^2)$
7.		$A=B=\frac{n-1}{2}P$	$\max M=k_M Pl$	$f=k_f\frac{Pl^3}{EJ}$



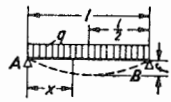
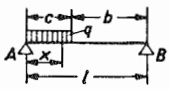
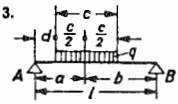
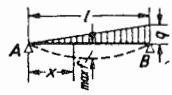
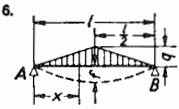
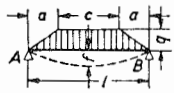
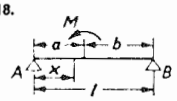
	$n=3$	$n=4$	$n=5$
k_M	1/3	1/2	3/5
k_f	23/648	19/384	63/1000

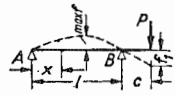
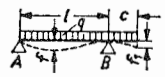
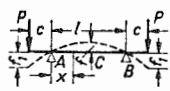
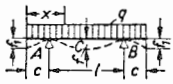
	بارگذاری	واکنش تکیه‌گاهی	لنگر خمشی	افت
8		$A=B=\frac{n}{2}P$	$\max M=k_M Pl$	$f=k_f\frac{Pl^3}{EJ}$

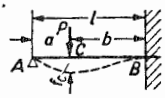
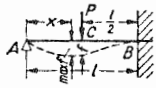
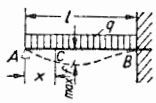
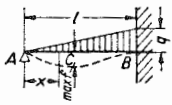
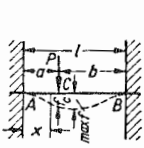
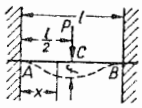
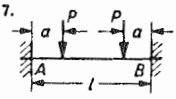


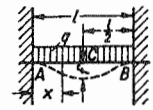
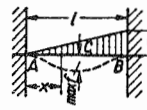
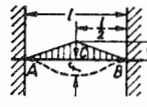
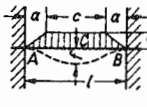
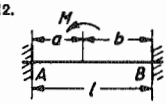
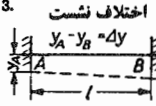
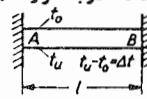
	$n=2$	$n=3$	$n=4$
k_M	1/4	5/12	1/2
k_f	11/384	53/1296	41/768

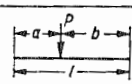
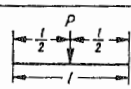
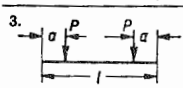
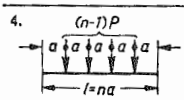
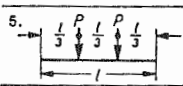
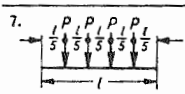
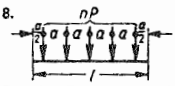
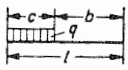
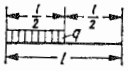
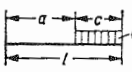
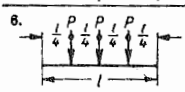
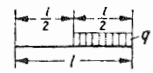
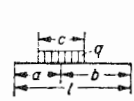
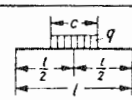
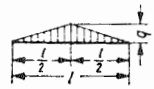
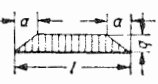
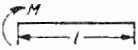
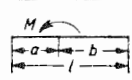
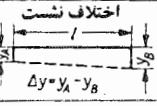
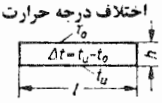
برای 6 یا $n\geq 5$ می‌توان به‌جای استفاده از حالات ۷ یا ۸ از حالت ۱۰ با $q=\sum P/l$ استفاده نمود.

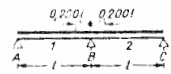
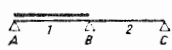
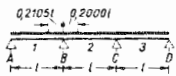
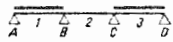
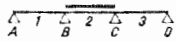
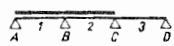
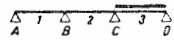
بارگذاری	واکنش تکیه‌گاهی	لنگر خمشی	تغییرشکل حداکثر
10. 	$A=B=\frac{ql}{2}$	$M_x=\frac{qx}{2}(l-x)$ $\max M=\frac{ql^2}{8}$	$f=\frac{5}{384}\cdot\frac{ql^4}{EJ}$
11. 	$A=\frac{qc}{2l}(2l-c)$ $B=\frac{qc^2}{2l}$	$M_x=Ax-\frac{qx^2}{2}$ $\max M=\frac{qc^2}{8l^2}(2l-c)^2$ در $x=\frac{A}{q}$	$f=\frac{q\cdot b\cdot c^3}{24EJ}\left(4-3\frac{c}{l}\right)$ در $x=c$
12. $c=\frac{l}{2}$	$A=\frac{3}{8}ql\ B=\frac{1}{8}ql$	$\max M=\frac{9}{128}ql^2$	$f=\frac{5}{768}\cdot\frac{q\cdot l^4}{EJ}$ در $x=l/2$
13. 	$A=\frac{qbc}{l}$ $B=\frac{qac}{l}$	$\max M=\frac{qabc}{2l^2}(2l-c)$ در $x=\frac{A}{q}+d$	
14. $a=b=\frac{l}{2}$	$A=B=\frac{qc}{2}$	$\max M=\frac{qc}{8}(2l-c)$	
15. 	$A=\frac{1}{6}ql$ $B=\frac{1}{3}ql$	$M_x=\frac{qlx}{6}\left(1-\frac{x^2}{l^2}\right)$ $\max M=\frac{ql^2}{15,6}$ در $x=0,577l$	$\max f=0,00652\frac{ql^4}{EJ}$ در $x=0,5193\,l$
16. 	$A=B=\frac{ql}{4}$	$M_x=\frac{qlx}{2}\left(\frac{1}{2}-\frac{2}{3}\cdot\frac{x^2}{l^2}\right)$ $\max M=\frac{ql^2}{12}$	$f=\frac{1}{120}\cdot\frac{ql^4}{EJ}$
17. 	$A=B$ $=\frac{q(l-a)}{2}$	$\max M=\frac{q}{24}(3l^2-4a^2)$	$f=\frac{q(5l^2-4a^2)^2}{1920EJ}$
18. 	$A=-B=\frac{M}{l}$	$M_x=M\frac{x}{l}$: $x\leqq a$ $M_x=-M\frac{l-x}{l}$: $x\geqq a$	

بارگذاری	واکنش تکیه‌گاهی	لنگر خمشی	افت
19. 	$A=-\frac{Pc}{l}$ $B=\frac{P(l+c)}{l}$	$M_x=Ax=-\frac{Pcx}{l}$ $M_B=-Pc$	$\max f=\frac{Pl^2}{9EJ}\cdot\frac{c}{\sqrt{3}}$ $x=0{,}577l$ $f_1=\frac{Pc^2}{3EJ}(l+c)$
20. 	$A=\frac{q}{2l}(l^2-c^2)$ $B=\frac{q}{2l}(l+c)^2$	$\max M_F=\frac{q}{8l^2}(l^2-c^2)^2$ $M_B=-\frac{qc^2}{2}$ $\max M_F=\lvert M_B\rvert$ $c=l(\sqrt{2}-1)$	$f=\frac{ql^2}{384EJ}(5l^2-12c^2)$ $x=\frac{l}{2}$ $f_1=\frac{qc}{24EJ}[c^2(4l+3c)-l^3]$
21. 	$A=B=P$	$M_A=M_B=-Pc$	$f=\frac{Pl^2c}{8EJ}$ bei $\frac{l}{2}$ $f_1=\frac{Pc^2}{3EJ}\left(c+\frac{3l}{2}\right)$
	روابط فوق برای حالتی که تکیه‌گاهها در دو انتهای تیر بوده و محل تأثیر بارها در نقاط A و B باشند، نیز صادق هستند و تنها مقدار افت در وسط دهانه از مجموع افت‌های فوق به‌دست می‌آید (به‌حالت ۶ رجوع شود): $f+f_1=\frac{Pc}{24EJ}[3(l+2c)^2-4c^2]$		
22. 	$A=B=\frac{q}{2}(l+2c)$	$M_x=Ax\left(1-\frac{c}{x}-\frac{x}{l+2c}\right)$ برای $x\leqq c$: $M_x=-\frac{qx^2}{2}$ $M_A=M_B=-\frac{qc^2}{2}$ $M_C=\frac{ql^2}{2}\left(\frac{1}{4}-\frac{c^2}{l^2}\right)$ برای $c=0{,}3535l$: $M_A=M_C=\pm\frac{ql^2}{16}$	$f=\frac{1}{16}\cdot\frac{ql^4}{EJ}\left(\frac{5}{24}-\frac{c^2}{l^2}\right)$ $f_1=\frac{1}{24}\cdot\frac{ql^4}{EJ}$ $\cdot\left(3\frac{c^4}{l^4}+6\frac{c^3}{l^3}-\frac{c}{l}\right)$

1. 	$A=\frac{Pb^2}{2l^3}(2l+a)$ $B=\frac{Pa}{2l^3}(3l^2-a^2)$	$M_B=-\frac{Pab}{2l^2}(l+a)$ $M_C=\frac{Pab^2}{2l^3}(2l+a)$	$f_C=\frac{Pa^2b^3}{12EJl^3}(3l+a)$
2. 	$A=\frac{5}{16}P$ $B=\frac{11}{16}P$	$\max M=M_B=-\frac{3}{16}Pl$ $M_C=\frac{5}{32}Pl$	$f=\frac{7}{768}\cdot\frac{Pl^3}{EJ}$ $\max f=\frac{1}{485}\cdot\frac{Pl^3}{EJ}$ در $x=0{,}447l$
3. 	$A=\frac{3}{8}ql$ $B=\frac{5}{8}ql$	$M_x=\frac{qlx}{2}\left(\frac{3}{4}-\frac{x}{l}\right)$ $\max M=M_B=-\frac{ql^2}{8}$ $M_C=\frac{9}{128}ql^2\ :\ x=\frac{3}{8}l$	$\max f=\frac{2}{369}\cdot\frac{ql^4}{EJ}$ در $x=0{,}4215l$
4. 	$A=\frac{1}{10}ql$ $B=\frac{2}{5}ql$	$M_x=\frac{qlx}{2}\left(\frac{1}{5}-\frac{x^2}{3l^2}\right)$ $\max M=M_B=-\frac{ql^2}{15}$ $M_C=0{,}0298ql^2$ در $x=0{,}447l$	$\max f=\frac{1}{420}\cdot\frac{ql^4}{EJ}$ در $x=0{,}447l$
5. 	$A=\frac{Pb^2}{l^3}(l+2a)$ $B=\frac{Pa^2}{l^3}(l+2b)$	$M_A=-P\frac{ab^2}{l^2}$ $M_B=-P\frac{a^2b}{l^2}$ $\max M=M_C=2P\frac{a^2b^2}{l^3}$	$f_C=\frac{1}{3l^3}\cdot\frac{Pa^3b^3}{EJ}$ $\max f=\frac{2}{3(3l-2a)^2}\cdot\frac{Pa^2b^3}{EJ}$ در $x=\frac{l^2}{3l-2a}$
6. 	$A=B=\frac{P}{2}$	$M_x=\frac{P}{2}\left(x-\frac{l}{4}\right)$ $M_A=M_B=-\frac{Pl}{8}$ $\max M=M_C=\frac{Pl}{8}$	$f=\frac{1}{192}\cdot\frac{Pl^3}{EJ}$
7. 	$A=B=P$	$M_A=M_B=-\frac{Pa}{l}(l-a)$ $\max M=\frac{Pa^2}{l}$	

بارگذاری	واکنش تکیه‌گاهی	لنگر خمشی	افت
8. 	$A=B=\frac{ql}{2}$	$M_x=-\frac{ql^2}{2}\left(\frac{1}{6}-\frac{x}{l}+\frac{x^2}{l^2}\right)$ $\max M=M_A=M_B=-\frac{ql^2}{12}$ $M_C=\frac{ql^2}{24}$	$f=\frac{1}{384}\cdot\frac{ql^4}{EJ}$
9. 	$A=\frac{3}{20}ql$ $B=\frac{7}{20}ql$	$M_x=-\frac{ql^2}{60}\left(2-9\frac{x}{l}+10\frac{x^3}{l^3}\right)$ $M_A=-\frac{ql^2}{30}$ $\max M=M_B=-\frac{ql^2}{20}$ $M_C=\frac{ql^2}{46{,}6}$ در $x=0{,}548\,l$	$\max f=\frac{1}{764}\cdot\frac{ql^4}{EJ}$ در $x=0{,}525\,l$
10. 	$A=B=\frac{ql}{4}$	$\max M=M_A=M_B=-\frac{5}{96}ql^2$ $M_C=\frac{ql^2}{32}$ لنگر حداکثر در وسط دهانه	$f=\frac{1}{549}\cdot\frac{ql^4}{EJ}$
11. 	$A=B$ $=\frac{q(l-a)}{2}$	$\max M=M_A=M_B$ $=-\frac{q}{12}\left(l^2-2a^2+\frac{a^3}{l}\right)$ $M_C=\frac{q}{24}\left(l^2-\frac{2a^3}{l}\right)$ لنگر حداکثر در وسط دهانه	$f=\frac{q}{1920EJ}\cdot$ $\cdot(5l^4-20a^3l+16a^4)$
12. 	$A=-B$ $=6M\frac{ab}{l^3}$	$M_A=-M\frac{b}{l^2}(3a-l)$ $M_B=M\frac{a}{l^2}(3b-l)$	
13. اختلاف نشست 	$A=-B=$ $-\frac{12EJ}{l^3}\Delta y$	$M_A=-M_B-\frac{6EJ}{l^2}\Delta y$	
14. اختلاف درجه حرارت 	$A=B=0$	$M_A=M_B=-\frac{EJ}{h}\alpha_T\Delta t$ ارتفاع تیر h	

بارگذاری	یکسر گیردار	دوسر گیردار
1. 	$M_B = -\frac{Pab}{2l^2}(l+a)$	$M_A = -\frac{Pab^2}{l^2}$ $M_B = -\frac{Pa^2b}{l^2}$
2. 	$M_B = -\frac{3}{16}Pl$	$M_A = M_B = -\frac{Pl}{8}$
3. 	$M_B = -\frac{3}{2}\cdot\frac{Pa}{l}(l-a)$	$M_A = M_B = -\frac{Pa}{l}(l-a)$
4. 	$M_B = -\frac{Pl}{8}\left(n-\frac{1}{n}\right)$	$M_A = M_B = -\frac{Pl}{12}\left(n-\frac{1}{n}\right)$
5. 	$M_B = -\frac{Pl}{3}$	$M_A = M_B = -\frac{2}{9}Pl$
6.	$M_B = -\frac{15}{32}Pl$	$M_A = M_B = -\frac{5}{16}Pl$
7. 	$M_B = -\frac{3}{5}Pl$	$M_A = M_B = -\frac{2}{5}Pl$
8. 	$M_B = -\frac{Pl}{8}\left(n+\frac{1}{2n}\right)$	$M_A = M_B = -\frac{Pl}{12}\left(n+\frac{1}{2n}\right)$
9.	$M_B = -\frac{ql^2}{8}$	$M_A = M_B = -\frac{ql^2}{12}$
10. 	$M_B = -\frac{qc^2}{8l^2}(2l^2-c^2)$	$M_A = -\frac{qc^2}{12l^2}(6b^2+4bc+c^2)$ $M_B = -\frac{qc^3}{12l^2}(4b+c)$
11. 	$M_B = -\frac{7}{128}ql^2$	$M_A = -\frac{11}{192}ql^2$ $M_B = -\frac{5}{192}ql^2$
12. 	$M_B = -\frac{qc^2}{8l^2}(l+a)^2$	$M_A = -\frac{qc^3}{12l^2}(4a+c)$ $M_B = -\frac{qc^2}{12l^2}(6a^2+4ac+c^2)$

بارگذاری	یکسر گیردار	دوسر گیردار
13. 	$M_B = -\frac{9}{128} q l^2$	$M_A = -\frac{5}{192} q l^2 \quad M_B = -\frac{11}{192} q l^2$
14. 	$M_B = -\frac{q a c}{8 l^2} \cdot [4(l^2 - a^2) - c^2]$	$M_A = -\frac{q c}{12 l^2} \cdot [(4l^2 - c^2)(2b - a) - 4(2b^3 - a^3)]$ $M_B = -\frac{q c}{12 l^2} \cdot [(4l^2 - c^2)(2a - b) - 4(2a^3 - b^3)]$
15. 	$M_B = -\frac{q c}{16 l}(3l^2 - c^2)$	$M_A = M_B = -\frac{q c}{24 l}(3l^2 - c^2)$
16.	$M_B = -\frac{q l^2}{15}$ اگر q روی نقطهٔ A باشد: $M_B = -\frac{7}{120} q l^2$	$M_A = -\frac{q l^2}{30} \quad M_B = -\frac{q l^2}{20}$ هنگامی‌که q روی A باشد می‌توان مقدار M_A و M_B را با هم عوض نمود
17. 	$M_B = -\frac{5}{64} q l^2$	$M_A = M_B = -\frac{5}{96} q l^2$
18. 	$M_B = -\frac{q}{8}\left(l^2 - 2a^2 + \frac{a^3}{l}\right)$	$M_A = M_B = -\frac{q}{12}\left(l^2 - 2a^2 + \frac{a^3}{l}\right)$
19. 	$M_B = -\frac{M}{2}$	$M_A = -M \quad M_B = 0$
20. 	$M_B = \frac{M}{2l^2}(l^2 - 3a^2)$	$M_A = -\frac{M b}{l^2}(3a - l)$ $M_B = \frac{M a}{l^2}(3b - l)$
21. اختلاف نشست 	$M_B = -\frac{3EJ}{l^2}\Delta y$	$M_A = -M_B = \frac{6EJ}{l^2}\Delta y$
22. اختلاف درجه حرارت 	$M_B = -\frac{3EJ}{2h}\alpha_T \Delta t$	$M_A = M_B = -\frac{EJ}{h}\alpha_T \Delta t$ h = ارتفاع تیر

شکل تیر	نیروهای داخلی	$x=0,4$ $0,5l$ q	$\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ q	$0,2l$ q	$0,4l$ q	فاکتور
تیر یکسرهٔ دودهانه 	M_1	0,070	0,048	0,056	0,062	ql^2
	$\min M_B$	−0,125	−0,078	−0,093	−0,106	ql^2
	A	0,375	0,172	0,207	0,244	ql
	$\max B$	1,250	0,656	0,786	0,911	ql
	$\min Q_{Bl}$	−0,625	−0,328	−0,393	−0,456	ql
	$\max M_1$	0,098	0,065	0,076	0,035	ql^2
	M_B	−0,063	−0,039	−0,047	−0,053	ql^2
	$\max A$	0,438	0,211	0,253	0,297	ql
	$\min C$	−0,063	−0,039	−0,047	−0,053	ql
تیر یکسرهٔ سه دهانه 	M_1	0,080	0,054	0,064	0,071	ql^2
	M_2	0,025	0,021	0,024	0,025	ql^2
	M_B	−0,100	−0,063	−0,074	−0,085	ql^2
	A	0,400	0,188	0,226	0,265	ql
	B	1,100	0,563	0,674	0,785	ql
	Q_{Bl}	−0,600	−0,313	−0,374	−0,435	ql
	Q_{Br}	0,500	0,250	0,300	0,350	ql
	$\max M_1$	0,101	0,068	0,080	0,090	ql^2
	M_B	−0,050	−0,032	−0,037	−0,043	ql^2
	$\max A$	0,450	0,219	0,263	0,307	ql
	$\max M_2$	0,075	0,052	0,061	0,067	ql^2
	M_B	−0,050	−0,032	−0,037	−0,043	ql^2
	$\min A$	−0,050	−0,032	−0,037	−0,043	ql
	$\min M_B$	−0,117	−0,073	−0,087	−0,099	ql^2
	MC	−0,033	−0,021	−0,025	−0,029	ql^2
	$\max B$	1,200	0,626	0,749	0,871	ql
	$\min Q_{Bl}$	−0,617	−0,323	−0,387	−0,449	ql
	$\max Q_{Br}$	0,583	0,303	0,362	0,421	ql
	$\max M_B$	0,017	0,011	0,013	0,015	ql^2
	MC	−0,067	−0,042	−0,050	−0,057	ql^2
	$\max Q_{Bl}$	0,017	0,011	0,013	0,015	ql
	$\min Q_{Br}$	−0,083	−0,053	−0,062	−0,071	ql

شکل تیر	تیروهای داخلی	$x=0{,}4\cdot 0{,}5l$	$\frac{1}{2}\ \frac{1}{2}$	$0{,}2l$	$0{,}4l$	فاکتور
تیر یکسرهٔ چهاردهانه	M_1	0,077	0,052	0,062	0,069	ql^2
	M_2	0,036	0,028	0,032	0,034	ql^2
	M_B	−0,107	−0,067	−0,080	−0,091	ql^2
	M_C	−0,071	−0,045	−0,053	−0,060	ql^2
	A	0,393	0,183	0,220	0,259	ql
	B	1,143	0,590	0,707	0,822	ql
	C	0,929	0,455	0,546	0,638	ql
	Q_{Bl}	−0,607	−0,317	−0,380	−0,441	ql
	Q_{Br}	0,536	0,273	0,327	0,381	ql
	Q_{Cl}	−0,464	−0,228	−0,273	−0,319	ql
	$\max M_1$	0,100	0,067	0,079	0,088	ql^2
	M_B	−0,054	−0,034	−0,040	−0,046	ql^2
	M_C	−0,036	−0,023	−0,027	−0,031	ql^2
	$\max A$	0,446	0,217	0,260	0,298	ql
	$\max M_2$	0,080	0,056	0,065	0,071	ql^2
	M_B	−0,054	−0,034	−0,040	−0,046	ql^2
	M_C	−0,036	−0,023	−0,027	−0,031	ql^2
	$\min A$	−0,054	−0,034	−0,040	−0,046	ql
	$\min M_B$	−0,121	−0,076	−0,090	−0,102	ql^2
	M_C	−0,018	−0,012	−0,013	−0,015	ql^2
	M_D	−0,058	−0,036	−0,043	−0,049	ql^2
	$\max B$	1,223	0,640	0,767	0,889	ql
	$\min Q_{Bl}$	−0,621	−0,326	−0,390	−0,452	ql
	$\max Q_{Br}$	0,603	0,314	0,377	0,437	ql
	$\max M_B$	0,013	0,009	0,010	0,011	ql^2
	M_C	−0,054	−0,033	−0,040	−0,045	ql^2
	M_D	−0,049	−0,031	−0,037	−0,042	ql^2
	$\min B$	−0,080	−0,050	−0,060	−0,067	ql
	$\max Q_{Bl}$	0,013	0,009	0,010	0,011	ql
	$\min Q_{Br}$	−0,067	−0,042	−0,050	−0,056	ql
	M_B	−0,036	−0,023	−0,027	−0,031	ql^2
	$\min M_C$	−0,107	−0,067	−0,080	−0,091	ql^2
	$\max C$	1,143	0,589	0,706	0,820	ql
	$\min Q_{Cl}$	−0,571	−0,295	−0,353	−0,410	ql
	M_B	−0,071	−0,045	−0,053	−0,060	ql^2
	$\max M_C$	0,036	0,023	0,027	0,031	ql^2
	$\min C$	−0,214	−0,134	−0,160	−0,182	ql
	$\max Q_{Cl}$	0,107	0,067	0,080	0,091	ql

	نیروهای داخلی	$x=0.4\ldots0.5\,l$	$\frac{1}{2}\ \frac{1}{2}$	$0.2l$	$0.4l$	فاکتور
تیر یکسرهٔ پنج‌دهانه	M_1	0,078	0,053	0,062	0,069	ql^2
	M_2	0,033	0,026	0,030	0,032	ql^2
	M_3	0,046	0,034	0,040	0,043	ql^2
	M_B	−0,105	−0,066	−0,078	−0,089	ql^2
	M_C	−0,079	−0,050	−0,059	−4,067	ql^2
	A	0,395	0,185	0,222	0,261	ql
	B	1,132	0,582	0,697	0,811	ql
	C	0,974	0,484	0,581	0,678	ql
	Q_{Bl}	−0,605	−0,316	−0,378	−0,439	ql
	Q_{Br}	0,526	0,266	0,319	0,372	ql
	Q_{Cl}	−0,474	−0,234	−0,281	−0,328	ql
	Q_{Cr}	0,500	0,250	0,300	0,350	ql
	$\max M_1$	0,100	0,068	0,079	0,088	ql^2
	$\max M_3$	0,086	0,059	0,070	0,076	ql^2
	M_B	−0,053	−0,033	−0,040	−0,045	ql^2
	M_C	−0,039	−0,025	−0,030	−0,034	ql^2
	$\max A$	0,447	0,217	0,260	0,305	ql
	$\max M_2$	0,079	0,055	0,064	0,071	ql^2
	M_B	−0,053	−0,033	−0,040	−0,045	ql^2
	M_C	−0,039	−0,025	−0,030	−0,034	ql^2
	$\min A$	−0,053	−0,033	−0,040	−0,045	ql
	$\min M_B$	−0,120	−0,075	−0,089	−0,101	ql^2
	M_C	−0,022	−0,014	−0,016	−0,019	ql^2
	M_D	−0,044	−0,028	−0,033	−0,037	ql^2
	M_E	−0,051	−0,032	−0,038	−0,043	ql^2
	$\max B$	1,218	0,636	0,761	0,883	ql
	$\min Q_{Bl}$	−0,620	−0,325	−0,389	−0,451	ql
	$\max Q_{Br}$	0,598	0,311	0,373	0,432	ql
	$\max M_B$	0,014	0,009	0,011	0,012	ql^2
	M_C	−0,057	−0,036	−0,043	−0,048	ql^2
	M_D	−0,035	−0,022	−0,026	−0,030	ql^2
	M_E	−0,054	−0,034	−0,040	−0,046	ql^2
	$\min B$	−0,086	−0,054	−0,065	−0,072	ql
	$\max Q_{Bl}$	0,014	0,009	0,011	0,012	ql
	$\min Q_{Br}$	−0,072	−0,045	−0,053	−0,060	ql
	M_B	−0,035	−0,022	−0,026	−0,029	ql^2
	$\min M_C$	−0,111	−0,070	−0,083	−0,094	ql^2
	M_D	−0,020	−0,013	−0,015	−0,017	ql^2
	M_E	−0,057	−0,036	−0,043	−0,048	ql^2
	$\max C$	1,167	0,605	0,725	0,841	ql
	$\min Q_{Cl}$	−0,578	−0,298	−0,357	−0,414	ql
	$\max Q_{Cr}$	0,591	0,307	0,368	0,427	ql
	M_B	−0,071	−0,044	−0,052	−0,060	ql^2
	$\max M_C$	0,032	0,020	0,024	0,027	ql^2
	M_D	−0,059	−0,037	−0,044	−0,050	ql^2
	M_E	−0,048	−0,030	−0,035	−0,041	ql^2
	$\min C$	−0,194	−0,121	−0,144	−0,163	ql
	$\max Q_{Cl}$	0,103	0,064	0,076	0,086	ql
	$\min Q_{Cr}$	−0,091	−0,057	−0,068	−0,077	ql