بسم الله الرحمن الرحیم

به‌نام یگانه مهندس گیتی

وَ جَعَلْنَا السّماءَ سَقْفاً مَحْفُوظاً

و آسمان را سقفی محفوظ قرار دادیم. " انبیا ۳۲"

معرفی سیستم نوین اجرای اسکلت

دال مشبک ساهک وافل

در حال حاضر با توجه به پیشرفت تکنولوژی و افزایش روزافزون نیاز کشور به مسکن ایمن، استفاده از فناوری های نوین صنعت ساختمان، ضرورتی اجتناب ناپذیر بوده و روش های سنتی دیگر جوابگوی کمی و کیفی صنعت ساختمان نمی باشد. روشهای سنتی ساخت و ساز در کشور که آمار قابل توجهی را نیز شامل می‌شود، دارای معایب و البته محاسن متعددی است که در ادامه به تشریح مشکلات و معایب آن خواهیم پرداخت.

برای پرهیز از اطاله‌ی کلام و با توجه به اینکه این سیستم به منظور اجرای دال دوطرفه و یکطرفه طراحی گردیده، فقط مشکلات و معایب در دال های یکطرفه و دوطرفه‌ی موجود ذکر شده و مشکلات و معایب سایر سیستم ها زیاد مورد بحث قرار نمی گیرد. در ابتدا به معایب و مشکلات سیستم های دال دوطرفه و در ادامه به معایب و مشکلات سیستم های دال یکطرفه می پردازیم.

- **مشکلات و معایب در دال های دوطرفه:**

چنانچه ایده استفاده شده در سقف تیرچه بلوک را بتوان در دو جهت متعامد پیاده کرد، سقف دال مشبک ایجاد خواهد شد. دال های مشبک معمولاً شامل ترکیب یک صفحه‌ی رویه تخت (کف)، به اضافه مجموعه ای از تیرچه های موازی با فاصله برابر و به صورت شبکه، که به یکی از دو شکل متعامد یا ترکیب مورب با فصل مشترک یکپارچه ایجاد می گردد.

لازم به ذکر است دال های مشبک مزایای فنی نسبتاً زیادی نسبت به دیگر سیستم های سقف سازه ای دارند که این مزایا بر هیچ مهندسی پوشیده نیست و تاکنون نیز استقبال خوبی از سیستم دال مشبک کلاسیک شده است.

دال مشبک ساهک وافل نوعی جدید با سبکی متفاوت از سیستم دال های مشبک می باشد که عملکرد آن در دال های مشبک به صورت بالا بوده ولی با این تفاوت که با ایجاد حفره هایی در داخل تیرها، نحوه آرماتورگذاری، شاکله‌ی اصلی قالب با ملحقات آن، نحوه ی چیدمان و مونتاژ قالب ها با توجه به وجود حفره ها در سقف و تقویت آن، به محاسن این سیستم افزوده و آن را کاملاً متمایز از سایر سیستم های مشابه نموده است و با توجه به نوآوری آن در طراحی و نوع قالب و نحوه اجرا، مزیتهای متعددی نسبت به دالهای مشبک کلاسیک دارد.

در سیستم دال مشبک ساهک وافل مشکلات مربوط به سیستم های دال مشبک کلاسیک به طور کامل برطرف گردیده و نیز یکسری مزیت های دیگر و عملکردی کاملاً متفاوت در این سیستم مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته و باعث شده که این سیستم با قابلیت های متعدد طراحی شود و با اطمینان می توان این سیستم را یک سر و گردن از سایر سیستم های دیگر سقف از هر دو منظر فنی و اقتصادی بالاتر دانست.

- **مشکلات و معایب در دال های یکطرفه:**

دال های یکطرفه مانند انواع سقف های تیرچه بلوک علیرغم اینکه سالهاست در خارج از کشور از رده خارج شده اند ولی در ایران به علت ارزان تمام شدن این سقفها، ناشی از عدم رعایت استانداردها هنوز بصورت وافر مورد استفاده قرار می گیرند و بنا به آمار شهرداری های کل کشور حدود ۷۸ درصد سقف ساختمان‌ها، دال یکطرفه (انواع تیرچه با بلوک سیمانی، سفالی و یونولیتی) می‌باشد.

مشکل اصلی که این سقف ها دارند فروپاشی آنها هنگام زلزله به شکل آوار، ناشی از وزن سنگین سقف، اتصال ضعیف سقف به اسکلت و کیفیت پایین ساخت و اجرا به خصوص در تیرچه های بتنی و فلزی می باشد. هر چند برای سبک سازی چند سالیست که از بلوک های پلی استایرن بجای سفالی و سیمانی استفاده می شود ولی متاسفانه اکثراً از بلوک های با دانسیته بسیار پایین و مستعد حریق استفاده می‌کنند و علیرغم اینکه آئین نامه، اجرای سقف کاذب را در این سقف‌ها الزامی نموده، مجریان برای پایین آوردن هزینه، مستقیماً روی یونولیت، گچ و خاک اجرا می کنند.

از جمله معایب دال های یکطرفه شامل انواع سقف های تیرچه بلوک، یونولیت و ...

۱. به دلیل آنکه معمولاً تیرچه در کارگاه هایی جداگانه تولید می‌شود، نظارت کامل و دائم بر ساخت آن ممکن نیست ولی در این سیستم تیرچه درجا روی سقف اجرا می شود و بتن آن همزمان با بتن سقف ریخته شده و بنابراین سقفی یکپارچه خواهیم داشت.
۲. علی رغم ابلاغ شیوه نامه ی تیرچه استاندارد از تاریخ ۹۶,۱۲,۰۱ و الزام استفاده از نقطه جوش، همچنان در بسیاری مناطق از انواع جوشکاری های الکترود و Co_2 استفاده می شود و جوشکاری‌هایی که معمولاً برای ساخت تیرچه با این جوش ها انجام می گیرد به دلیل ایجاد تنش در میلگرد از نظر فنی کاملاً مردود است.
۳. بتن پاشنه تیرچه در واقع ملات سیمانی است، در صورتی که مقاومت این بتن در محاسبات با بتن سقف یکسان فرض شده است.
۴. به دلیل ماندگار بودن بلوک و عدم نمایان شدن بتن تیرچه بعد از بتن ریزی، در خیلی از موارد ویبره زدن بتن تیرچه به درستی صورت نمی‌گیرد. ولی با این روش بعد از بازکردن قالب زیر سقف کاملاً نمایان می باشد.

۵. سطح بتن داخل تیرچه در محاسبات به بتن اختصاص داده شده است که این قسمت نشیمن بلوک های یونولیتی، سیمانی و غیره می باشد.
۶. به دلیل عدم استقامت بلوک های پلی استایرن در حین اجرای سقف، خطرات فراوانی را برای نیروهای اجرایی حین اجرا به وجود می‌آورد.
۷. در هنگام قراردادن تیرچه بر روی سقف در اغلب موارد بتن سر تیرچه تخریب می‌گردد، به شکلی که میلگرد تیرچه نمایان است و معمولاً در زمان بتن ریزی این محل نیز خالی می‌ماند، یعنی تیرچه در محل تکیه گاه به تیر اصلی اتصال ندارد!!!

۸. اتصال بتن پاشنه تیرچه با بتن جان به دلیل اتصال سرد به درستی انجام نمی گیرد.
۹. در هنگام جازدن تیرچه، آرایش و فاصله خاموت ها از بین می رود و جهت مرتب کردن خاموت‌ها نیاز به صرف هزینه و زمان می باشد.
۱۰. به دلیل ماهیت بلوک های پلی استایرن و فرو رفتن اسپیسر در آن معمولاً میلگرد حرارتی به بلوک می چسبد، که این مورد با حذف میلگرد حرارتی تفاوتی ندارد. در این روش اسپیسرها روی قالب قرار می گیرند.
۱۱. به دلیل حرکت بلوک های پلی استایرن حین بتن ریزی معمولاً جان تیرچه و یا عرض تای بیم (شناژ مخفی) کمتر از عرض طراحی اجرا می شود.

عدم رعایت عرض تای‌بیم (شناژ مخفی) و سایر ایرادات

قطع بتن در تای‌بیم (کلاف عرضی)

۱۲. استفاده از بلوک های پلی استایرن و برش کاری آن باعث پخش شدن تکه های آن بر روی سقف می گردد که تمیز کردن محل تیرها و تیرچه ها در این گونه موارد دشوار و هزینه بر است و در اکثر موارد ذرات فوم به جای بتن داخل تیرها و تیرچه ها را پر می کند.

۱۳. دفن بلوک در بتن، هدر دادن سرمایه ملی و آسیب رساندن به محیط زیست است.

۱۴. به دلیل شکل تیرچه و آسیب پذیر بودن آن حین جابجایی، حمل و انتقال آن به محل مصرف توسط ماشین های کوچک و با رفت و آمدهای زیاد انجام می‌شود که باعث تحمیل هزینه به کارفرما خواهد شد.

۱۵. آتش سوزی بلوک های پلی‌استایرن حتی از نوع کندسوز آن بسیار غیرقابل کنترل بوده و علاوه بر آنکه سرعت انتشار آتش آن بالا است، انتشار گازهای سمی و دودزا حاصل از آن نیز بسیار خطرناک است. بلوک های پلی‌استایرن در واقع آتش پنهانی است که هر لحظه باید نگران افروخته شدن آن بود که متاسفانه در چند سال اخیر شاهد آتش سوزی در این نوع سیستم و ذوب شدن یونولیت ها و شعله ور شدن و تشدید آتش سوزی بوده ایم.

۱۶. مشکل دیگر استفاده از یونولیت‌های سقفی نداشتن قابلیت اجرای مستقیم پوسته گچی سقف طبقه زیرین بر روی آنهاست. این مواد در اثر گرما و حتی مرور زمان دچار تغییر شکل می‌شوند و نمی توانند به عنوان یک بستر مقاوم برای نگه داشتن پوسته گچی سقف عمل نمایند. لذا آئین نامه اجرای لایه گچ زیر سقف را منوط به ایجاد زیرسازی مکانیکی توسط میلگرد و رابیتس با رعایت فاصله ۵ سانتیمتری از آنها نموده است. کاهش ارتفاع سقف، زمان و هزینه بالای ایجاد لایه زیرسازی با رابیتس و در نهایت عدم داشتن قابلیت نصب تجهیزات به سقف بدلیل نازکی پوسته ایجاد شده با رابیتس و گچ بر روی سقف را می توان مشکلات استفاده از بلوک های یونولیتی عنوان کرد. گرچه مشکل عدم وجود کنترل صحیح از سوی نهادهای نظارتی بر ساختمان سازی در کشور نیز موجب شده است بسیاری از مجریان بخاطر سود و صرفه جوئی اقتصادی لایه گچی زیر سقف را مستقیماً بر روی یونولیت ها اجرا کنند ضمن اینکه از یونولیت با دانسیته بسیار پائین تر از وزن استاندارد نیز استفاده می نمایند.

- **اهداف:**

یک فناوری نوین و سیستم سقف، سازه ای است که مشکلات سقف های موجود را مرتفع نموده و تمامی مشخصه های فنی، اجرایی و صنعتی را دارا باشد.

در واقع هدف از طراحی این سیستم افزایش ایمنی و مقاومت سازه در برابر زلزله، جلوگیری از هدر رفتن سرمایه ملی، صنعتی سازی اجرای سقف های بتنی، کاهش وزن سازه و کاهش هزینه های ساخت و اجرا، حفظ محیط زیست، مقاومت در برابر آتش سوزی، کاهش مصرف سوخت و مواد اولیه، افزایش عمر مفید سازه، کنترل کیفیت اجرا، افزایش سرعت اجرا، حذف مرحله ساخت، تولید و حمل هر نوع تیرچه و بلوک بوده و امید است که با طراحی این سیستم بتوانیم تمامی معایب دال های دوطرفه و یکطرفه که در بالا قید شد را مرتفع نماییم.

وضعیت دانش پیشین

از زمانی که انسان در این دنیا پا نهاد همواره به دنبال سرپناه امن برای زندگی بوده است، انسان‌های‌اولیه، غار را به علت استحکام خوب آن برای سکونت خود انتخاب کردند. اما با افزایش جمعیت و نیاز به تهیه غذا از مناطق دورتر و محدود بودن فضای غارها به ناچار باید دشت و جنگل را به عنوان خانه و سرپناه خود انتخاب می‌کردند از این رو از اولین چالش های بشر ساخت سقف بود. سقفی با مقاومت بالا در مقابل باد و باران و حتی‌المقدور سبک که تا به امروز چالشی بین مهندسین عمران و معماری بوده است.

شکل ۲- سقف مشبک در تابلوی نقاشی معروف شام آخر

عملکرد سازه‌ای دال‌های مشبک از هزاران سال پیش توسط بشر شناخته شده و مورد استفاده قرار گرفته است که نمونه‌ی بارز آن سقف موجود در نقاشی شام آخر دوره حضرت مسیح می باشد.

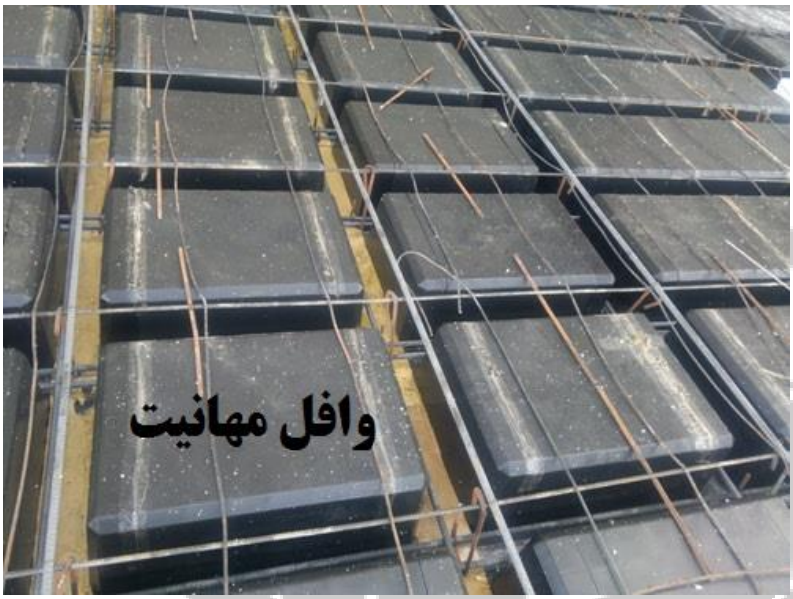
شکل ۳- کاربرد سقف مشبک در معبد رم

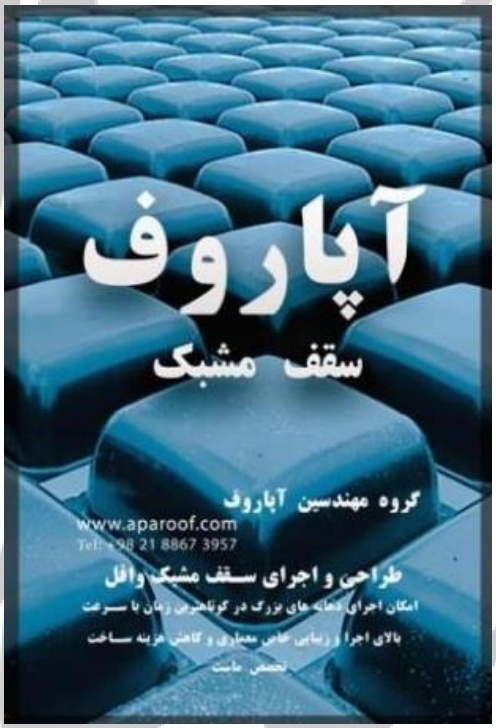
نمونه دیگر از نوع سقف‌های مشبک، سقف معبد معروف رم در ایتالیاست که در سال 118میلادی ساخته شده و هنوز پابرجاست.

دالهای مشبک بتن مسلح از دهه 40 میلادی در آمریکا و کشورهای اروپایی به کثرت مورد استفاده قرار گرفته و به دلیل اجرای بتن نمایان و زیبایی خاص آن، از گزینه‌های مورد علاقه معماران در سازه‌های مختلف نظیر ترمینال‌های مسافربری فرودگاه، پارکینگ‌ها، ساختمانهای مسکونی، برجها، هتلها، آمفی تئاترها، سالنهای اجتماعات و ... می‌باشد . در شکلهای زیر نمونه‌هایی از سازه های معروف دنیا که از سیستم سقف مشبک در آنها استفاده شده، نشان داده شده است.

شکل ۴- نمای بیرونی از سازه و سقف ترمینال ۲ فرودگاه بمبئی، هند

شکل ۵- نمای داخلی از سازه و سقف ترمینال ۲ فرودگاه بمبئی، هند





همانطور که در تصاویر مشاهده می شود تمامی دال های مشبک رایج فقط در نوع زیرسازی با هم تفاوت های اندکی دارند و امثال این سقف با نام های مختلف کم نیست.

دال مشبک حفره دار ساهک وافل با طراحی منحصر به فرد در نوع قالب و اجرای حفره هایی در داخل تیرچه ها و روی قالب ها توانسته مزایای تمامی دال های مشبک رایج را برآورده کرده و قابلیت های فراوان بسیاری را نیز هم به لحاظ فنی، اقتصادی و اجرایی به این سیستم اضافه کند.

در ادامه مزایا و تصاویر مربوط به این سیستم به تفصیل ارائه خواهد شد.

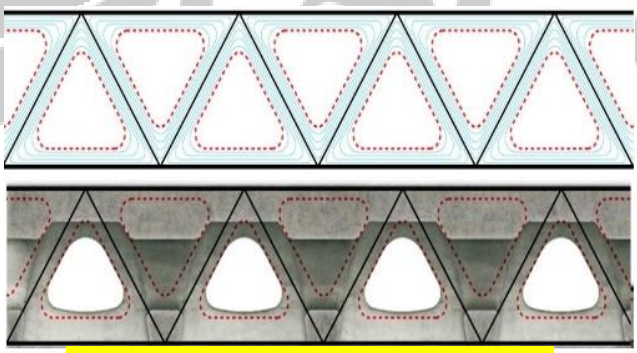
ارائه راه حل همراه با شرح دقیق سیستم ساهک وافل:

سقف ها بـه عنـوان دیـافراگم سـازه بایسـتی دارای سـختی یـا صـلبیت کـافی باشـند تـا بـدون تغییـر شـکل در صفحه افقی داخل سقف، نیروهای ناشـی از بـار زلزلـه را بـه فونداسـیون انتقـال دهنـد. عـلاوه بـر ایـن، هـر چـه وزن سقف (بار مرده سـقف) کمتـر باشـد، بـار مـرده سـاختمان کمتـر و در نتیجـه نیـروی زلزلـه کمتـری بـه سـازه وارد می گردد.

مبانی طراحی سیستم دال مشبک حفره دار ساهک وافل مراجع ذیل می‌باشند:

- ✓ آئین نامه ACI
- ✓ آئین نامه بتن ایران
- ✓ کلیه‌ی مباحث مقررات ملی ساختمان
- ✓ نشریه ی 94 و کلیه ی نشریات و بخشنامه های مرتبط
- ✓ آئین نامه بارگذاری نشریه (519)
- ✓ آئین نامه زلزله ایران (۲۸۰۰)

مبنای طراحـی قالـب و اجـرای سـقف بـا سیسـتم دال مشـبک سـاهل وافـل از سیسـتم سـاختار اسـتخوان الگـو گرفته شده است.



ایجاد شکل خرپایی

در سیستم دال مشبک حفره دار ساهل وافل

الهام گرفتن از ساختار استخوان

در سیستم دال مشبک حفره دار ساهل وافل

نکته‌ی حائز اهمیت در طراحی این سیستم ایجاد حفره های موجود در ضخامت سقف و استفاده از آن به عنوان کانال های تاسیسات می‌باشد که این مهم با طراحی دقیق در قالب ایجاد شده است که علاوه بر استفاده از آن جهت کانال-کشی تاسیسات در کاهش مصرف بتن نقش موثری داشته و مهم تر اینکه این حفره ها در مواجهه با نیروهای جانبی سازه نقش موثری را ایفا می کنند.

راه حل و تشریح قالب در دال های یکطرفه:

سالهاست که در سقف و جهت پرکردن فضای خالی بین تیرچه های سقف از بلوکهای بتنی، سفالی، فلزی، چوبی و یونولیتی بعنوان قالب استفاده می‌شود که به استناد مفاد صفحه ۱۱ نشریه ۹۴ سازمان برنامه می‌توان با پیشرفت علم و تکنولوژی به جای آن از قالب های پلاستیکی و غیره نیز استفاده نمود.

با توجه به گرانی، سنگینی، محدودبودن منابع طبیعی در قالب های فلزی، بتنی، چوبی و نیز هزینه بالا، خطر آتش-سوزی، تولید گازهای زیان آور و نیز آلودگی زیست محیطی ناشی از بلوکهای یونولیتی (پلی استایرن) بشکل موقت یا مدفون در بتن در حال حاضر یکی از بهترین گزینه ها استفاده از قالبهای فایبرگلاس یا پلاستیکی غیرماندگار ساهک وافل می‌باشد که بدلیل طراحی مناسب و سبکی، امکان استفاده مکرر، قابل تعمیر و بازیافت بودن، شکل پذیری آسان و هزینه های مناسب اجرای آسان آن می‌توان با رعایت کلیه آئین نامه ها و روشهای اجرایی موجود به سادگی تحولی در صنعت ساختمان ایجاد کرد.

در این روش جان تیرچه ها و تای بیم (شناژ مخفی) ها به صورت دقیق اجرا می گردد و دیگر نگرانی از کنترل جان در این سقف وجود ندارد. این قالب جهت جداسازی نیاز به چرب کردن ندارد و به دلیل جنس آن می توان تا زمان بازکردن قالب از عمل آوری بتن اطمینان حاصل کرد.

این سیستم اغلب محدودیت ها را از سازه و معماری برداشته و بدلیل کاهش بارهای اضافی، یکپارچگی سازه با المانهای معماری و صلبیت عالی، مقاومت بسیار بالایی در تحمل بارهای قائم و زلزله، مقاومت در برابر عوامل جوّی و فرسایش از خود نشان می دهد.

حفره های موجود در این سیستم علاوه بر طراحی خاص خود در دال های دوطرفه، می تواند با یک بازنگری در طراحی سقف های موجود (دال های یکطرفه) امکان حفره های موجود در داخل سقف را در طراحی دیده و بدون بر هم زدن ابزار و روشهای موجود و تحمیل هزینه های سنگین، با اصلاح الگوی مصرف مصالح و روش اجرا (سبک سازی) از دفن مصالح، (میلگرد، بتن، سفال، یونولیت و...) پرت مصالح و منابع ملی جلوگیری می نماید و تمام مزیت های این سیستم را در سیستم هایی که طراحی شده اند، پیاده و اجرا نماید. با استفاده از قالب ساهل وافل، سقف بصورت تیرچه درجا و بدون نیاز به انواع بلوک سقفی و یونولیت اجرا می شود. در دال های یکطرفه نیز امکان اجرای حفره‌های داخل تیرچه ها و اجرای تاسیسات از داخل این حفره ها امکان‌پذیر می باشد.

ابعاد قالب:

قالب های ساهک وافل با ابعاد ۶۰*۶۰ و ارتفاع ۲۵ سانتی متر طراحی شده است (طول و ارتفاع قالب بسته به نوع کاربری سازه متفاوت است). این قطعات روی قطعات زیرین که در جهت تیرچه و بصورت ریلی قرار گرفته اند قرار می-گیرند و مابین فضای بین تیرچه‌ها قطعاتی به عنوان کانکتور اجرا می شوند. ضخامت کلی سقف با احتساب ۵سانتی متر بتن روی قالب ۳۰ سانتی متر بوده و در مجموع وزن بتن این سقف برای هر متر مربع سقف معادل ۲۵۰ کیلوگرم می باشد که این مقدار بتن در بین سقف های مشابه، حداقل می باشد.

نحوه ی اجرا:

نحوه اجرا به این صورت است که ابتدا زیرسازی انجام شده و قالب ها در کنار همدیگر چیده می‌شوند و بعد از آرماتوربندی میلگرد کف تیرچه، قالب های کانکتور یا متصل‌کننده بین قالب ها کار گذاشته می شوند تا بعد بتن ریزی، مسیر عبور تاسیسات از این محل ها ایجاد شود. بعد از نصب کانکتورهای قالب ادامه ی آرماتوربندی سقف انجام شده بدین صورت که زیگزاگی ها و میلگرد بالای تیرچه اجرا می شود و سپس میلگرد افت و حرارت روی سقف مشابه سقف های تیرچه بلوک اجرا می شود و بدین ترتیب سقف آماده ی بتن ریزی می گردد.

نمای زیر سقف :

در صورت استفاده از بتن با کیفیت مناسب، پخش، تسطیح و ویبره مناسب آن، می توان با خروج آسان قالب شاهد سطح مطلوب بتن نمایان یا اکسپوز بود و حتی در صورت تمایل در مشاعات و پارکینگ ها سطح بتن را رنگ آمیزی کرده و سایر آیتم‌های نازک کاری را حذف نمود.

با طراحی منحصر به فرد این سیستم می توان بین قالب ها و در محل تیرچه و ژوئن ها محل عبور تاسیسات را بدون نیاز به تخریب و کنده کاری داخل سقف ها پیش بینی نمود که این امر باعث حذف عملیات پوکه ریزی یا کف سازی جهت تاسیسات، جلوگیری از پوسیدگی، عایق کاری و تعمیر ارزان و در نهایت سبک سازی اسکلت خواهد شد.

باز کردن قالب :

پس از گذشت زمان حداقل ۷ روز از بتن ریزی سقف و با توجه به جدول ۹-۶-۸ مبحث ۹ مقررات ملی ساختمان با توجه به دمای هوای محیط می توان اقدام به باز کردن قالبها نمود پس از باز کردن زیر سازی سقف و قالبهای تیرها به علت جنس پلاستیکی قالب (عدم نیاز به چرب کردن قالب ها)، قالبها براحتی از سطح بتن جدا شده و شاهد بتنی نمایان در زیر سقف خواهیم بود. این قالب جهت اجرای سقف بوده و پس از هر بار اجرا برچیده و در سقف بعدی استفاده می شود.

قالب های حفره دار ساهک وافل بعنوان قالب غیرماندگار سقف :

با این سیستم بسیاری از مصالح دفن شدنی و ماندگار در بتن مانند یونولیت و آیتم های تیرچه و مجوف نمودن سقف های دال از حجم بتن و میلگرد اضافی جلوگیری نموده و قابل استفاده در سازه های طراحی شده با طراحی دوباره‌ی سازه با بارگذاری این سیستم می توان سازه را سبک نمود که این اتفاق بصورت کاهش در مقاطع تیر و ستون، کاهش تعداد میلگرد، کاهش ضخامت سقف، کاهش در حجم بتن مصرفی، حذف تیرچه های دوبل و غیره می شود.

این قالب بین حداقل ۵۰ تا ۱۰۰ بار قابل استفاده بوده و بسیار مناسب جهت پروژه های انبوه سازی می باشد.

امکان عبور تاسیسات از داخل سقف:

طبق آیین نامه مبحث نهم می توان حفره در بتن با توجه به ارتفاع تیرچه و قطر حفره تعبیه نمود. با توجه به این مورد با طراحی یک قطعه در قالب و مابین فضای تیرچه ها این امکان وجود دارد که قبل از بتن ریزی بتوانیم با استفاده از این قطعه محل ارتباط بین قالب ها را خالی بگذاریم تا بعد از بتن ریزی و بازکردن قالب ها امکان عبور لوله های تاسیسات از زیر سقف میسر گردد و این امر باعث حذف پوکه ریزی و کفسازی با فوم بتن شده و امکان دسترسی و تعمیر آسان تاسیسات را فراهم می نماید. عبور آزاد تأسیسات از داخل سقف باعث جلوگیری از پوسیدگی، عایق کاری آسان و تعمیر ارزان تاسیسات می‌شود .

مقایسه قیمت :

با توجه به مقاومت و صلبیت قابل ملاحظه در دال های دوطرفه و سادگی اجرا و مصرف پایین بتن و میلگرد، قیمت تمام شده ی یک مترمربع سقف ساهک وافل در مقایسه با سیستم های متعارف دیگر نظیر دال تخت، دال پس تنیده، کامپوزیت و عرشه فولادی ارزان تر می باشد و با افزایش دهانه این تفاوت به مراتب محسوس تر می شود.

شیوه نامه و توصیه های فنی اجرای سقف در دال های یکطرفه :

۱. زیر سازی با استفاده از قطعاتی است که در طراحی، شیارهایی روی آن قرار گرفته تا قطعات اصلی قالب بتواند روی آن قرار بگیرد و امکان هیچگونه دررفتگی قالب و هدررفت شیره ی بتن نباشد. این قطعات در جهت تیرچه ها و ژوئن ها اجرا و روی آن قطعات اصلی قالب چیده می شود. قالب ها می توانند به صورت ریلی روی قطعات زیرین حرکت کنند.

۲. در این روش هیچ‌گونه نیازی به استفاده از نوار خطر پلاستیکی، کارتن پلاست و یا چسب ۵ سانتی جهت درزگیری بین قالب ها در محل تیرچه ها، ژوئن عمود بر تیرچه ها یا کلاف های عرضی و در محل رسیدن قالب به تیرها نمی باشد چرا که با طراحی دقیق و شیارهای روی قالب امکان هیچ‌گونه هدررفت شیره ی بتن نمی باشد و قالب ها دقیقاً به شکل کام و زبانه کنار و روی همدیگر قرار گرفته اند.

۳. با توجه به اینکه تیرچه بصورت درجا اجرا خواهد شد فواصل و تعداد جک ها باید مانند سقف های تیرچه و بلوک متناسب با طول دهانه ۱ تا ۱,۵ متر باشد.

۴. جهت افزایش سرعت و کیفیت و کاهش هزینه ها می توان موارد ذیل را انجام داد:

- ✓ استفاده از تیرچه درجا بصورت میلگرد گذاری بدون خرپا یا خرپای بدون بتن پاشنه.
- ✓ به جای استفاده از کلاف ۶ میلیمتر حرارتی می توان از شبکه میلگرد جوش شده نمره ۴,۵ میلیمتر تا ۶ میلیمتر با چشمه های حداکثر 25×25 cm استفاده نمود. که این امر باعث می‌شود فاصله مناسب بین قالب‌ها و میلگرد حرارتی ایجاد شود.

راه حل و تشریح قالب در دال های دوطرفه:

تمامی سیستم های دال مشبک رایج در ایران بصورت مشابه و با عملکردی یکسان طراحی و اجرا می گردند و تفاوت آن ها فقط با اندکی تغییر در قالب آن ها می باشد.

۱. این سیستم با طراحی خاص و منحصر به فرد قالب (استفاده از قطعات مختلف جهت اجرای دقیق در سازه های با اسکلت بتنی هم در دال یکطرفه و هم دوطرفه و نیز در ساختمان های با اسکلت فلزی و ایجاد شیار و زائده هایی روی قطعات به منظور جلوگیری از دررفتن قطعات و مشکلات حین اجرا و عدم خروج شیرابه‌ی بتن) باعث شده که اجرای این سیستم کاملاً متفاوت با سایر سیستم های دال مشبک موجود باشد. این مهم باعث شده که مشکلات قالب بندی و هزینه های اجرای دال های مشبک برطرف گردد.

۲. طراحی و محاسبه‌ی این نوع دال مشبک با احتساب حفره های موجود در جان تیرچه ها نیز باعث شده رفتار و عملکرد این سیستم با تمامی سیستم های رایج دال مشبک متفاوت بوده و سازه از نظر عملکرد کاملاً متفاوت از سایر سیستم ها باشد. این قابلیت نیز محاسن متعددی دارد که در ادامه مختصر به مزایای این قابلیت ها خواهم پرداخت.

امکان عبور تاسیسات از داخل سقف

مهمترین مزیت این سیستم نسبت به سایر سیستم‌های دال مشبک، عبور تاسیسات از داخل سقف و بدون نیاز به اجرای سقف کاذب است.

حفره های موجود در ضخامت سقف، جهت اجرای تاسیسات و حذف کانال های تاسیسات می باشد. عبور تاسیسات از داخل سقف باعث سبک شدن وزن کف سازی و در نتیجه بار مرده‌ی ساختمان خواهد شد. همچنین این مهم باعث افزایش ارتفاع مفید سازه بوده و امکان دسترسی راحت و آسان جهت تعمیرات تاسیسات در زمان بهره برداری را میسر می سازد.

دسترسی آسان به تاسیسات بدون نیاز به تخریب سقف

با استفاده از این سیستم ، تاسیسات مکانیکی به راحتی قابلیت تعمیر و تغییر موقعیت دارند که این امر هزینه های بازآرایی و نگهداری تاسیسات را تا حد زیادی کاهش می دهد.

امکان اجرای دال با توجه به طراحی سازه و کاربری آن

این قالب‌ها با اضافه کردن چند قطعه به آن قابلیت ترکیب شدن با هم و امکان اجرای سقف به صورت تکی و چندتایی را دارد که این مهم باعث می شود در طراحی سازه با هر نوع کاربری هیچ نوع محدودیتی وجود نداشته باشد.

افزایش تعداد طبقات در سازه

در این سیستم با حذف سقف کاذب و عبور تاسیسات از داخل سقف ضخامت سقف کاهش می یابد. با توجه به کاهش ضخامت سقف، از این سیستم می توان برای ساخت سازه های با طبقات بیشتر استفاده نمود.

یکی از مهم ترین کاربردهای این سیستم در مناطقی است که سازه با محدودیت ارتفاع مواجه است. با توجه به قابلیت این سیستم در کاهش ضخامت سقف در نتیجه امکان ساخت سازه با تعداد طبقات بیشتر فراهم خواهد بود.

اجرای سیستم دال مشبک ساهک وافل در اسکلت فلزی

اجرای سیستم ساهک وافل محدود به سازه‌های بتنی نبوده و سازه های با اسکلت فلزی نیز می‌توانند از قابلیتهای این سیستم بهره‌مند شوند.

اجرای سیستم دال مشبک ساهک وافل در سازه‌های فلزی بر اساس شرایط تکیه‌گاهی سقف به دو دسته کلی تقسیم میشود:

۱. سیستم متکی بر ستون و دیوار بتنی : در این سیستم کلیه تیرهای فلزی حذف شده و سقف ساهک وافل بر روی براکت ستونها نشسته و به دیوارهای بتنی متصل می شود.
۲. سیستم متکی بر ستون و تیر : در این سیستم کلیه تیرهای فلزی فرعی حذف شده و سقف ساهک وافل بر روی براکت ستونها نشسته و به بال پایینی تیرهای اصلی تکیه می کند.

مزایای سیستم دال مشبک ساهک وافل:

سقف یکی از اصلی‌ترین بخش های ساختمان است. اجرای سقف سبک باعث کاهش وزن کلی ساختمان خواهد شد و این امر موجب عملکرد بهتر سازه در مقابل زلزله خواهد بود. محاسبات سیستم ساهک وافل به گونه ای انجام شده تا با طراحی و ایجاد حفره‌هایی در قالب و سقف، باعث سبک سازی و مقاومت در مقابل بارهای جانبی و زلزله گردد. این مهم باعث کاهش حجم بتن مصرفی در کل سازه شده و ضمن حذف کانال های تاسیساتی، از این حفره ها بعنوان کانال های تاسیسات استفاده شود و بدین صورت هزینه های اجرای سقف کاذب را نیز از هزینه های ساختمان کسر می‌کند.

- **مزایای کلی سیستم ساهک وافل در دال های دوطرفه و یک طرفه:**

۱. غیرماندگار بودن قالبها و امکان استفاده بیش از پنجاه بار در پروژه باعث کاهش هزینه‌ها می‌گردد.
۲. زیرسازی این سقف مشابه سایر سقف ها است و نیاز به تمهیدات خاصی جهت زیرسازی ندارد و از اجرای دال کوبی و هزینه های اجرای آن اعم از دستمزد، خرید تخته های پلای وود، قالب های فلزی و غیره جلوگیری می شود.
۳. با توجه به مشبک بودن سقف و اکسپوز بودن سطح بتن، پس از باز کردن قالب‌ها، در کاربری های مختلف، در مشاعات و پارکینگ‌ها، هزینه‌های اجرای سقف کاذب حذف می گردد.
۴. با توجه به امکان عبور تاسیسات از داخل سقف، ضخامت کف‌سازی به حداقل رسیده که این امر هم باعث سبک‌سازی سازه و کاهش هزینه های سازه می گردد.
۵. از نظر اقتصادی که مهمترین پارامتر از دیدگاه سازندگان می باشد نسبت به سایر سقفها کم هزینه‌تر است، بخصوص اگر اسکلت ساختمان بر مبنای این سقف طراحی شده باشد.
۶. ضریب باربری سیستم ساهک وافل (نسبت وزن قابل تحمل به وزن سقف) نسبت به سایر سقفها بالا است.
۷. قابلیت جایگزین شدن در سقفهای متداول منتظم و قناس با کمترین هزینه تغییرات در طراحی و اجرا را دارد.
۸. تنوع طراحی و شکل هندسی مناسب
۹. پیوستگی خوب با اسکلت و عدم لرزش سقف تحت بارهای دینامیکی مانند پارکینگ ها و ... .
۱۰. ایجاد سقفی یکپارچه بتن و تشکیل یک دیافراگم صلب – انسجام و یکپارچگی سقف ساختمان
۱۱. کاهش لرزش و ارتعاش در سقف نسبت به سقف های موجود
۱۲. قابلیت مناسب کنترل ارتعاش
۱۳. کاهش قابل ملاحظه ی صدای هوابرد و خصوصیات آکوستیکی مناسب (برای کاهش صدای کوبه ای می توان از سقف کاذب یا کف شناور استفاده کرد).
۱۴. جاذب طیف وسیعی از امواج صوتی
۱۵. سهولت اجرا برای کارگران و ایمنی افراد هنگام راه رفتن روی سقف قبل از بتن ریزی

۱۶. امکان کنترل و نظارت راحت و بصری روی کیفیت اجرای سقف و کاهش پارامترهای تاثیرگذار و غیر قطعی روی کیفیت و استحکام
۱۷. قابلیت اجرا در انواع اسکلت فلزی، بتنی
۱۸. پرت کم بتن هنگام بتن ریزی سقف
۱۹. کاهش هزینه های اجرا
۲۰. کاهش میزان فولاد و بتن مصرفی
۲۱. کاهش وزن ساختمان تا 23 ٪
۲۲. کاهش وزن تمام شده سقف نسبت به سایر سقف های موجود
۲۳. کاهش نیروهای زلزله در ساختمان
۲۴. مقاومت بیشتر سقف در برابر بارگذاری و تنش‌های افقی (زلزله)
۲۵. مقاومت بالا در برابر انتقال حرارت
۲۶. کاهش چشمگیر وزن سازه
۲۷. امکان عبور تاسیسات از داخل سقف
۲۸. سهولت تعبیه و اجرای بازشو حتی پس از اجرای سقف
۲۹. دسترسی آسان به تاسیسات بدون نیاز به تخریب سقف
۳۰. پایین آمدن بار مرده سقف نسبت به سایر سقف‌های متداول
۳۱. سقف به شکل تیرچه درجا، بدون بلوک سقفی اجرا شده و بتن ریزی سقف و تیرچه بصورت یکپارچه خواهد بود.
۳۲. کارآمد بودن سقف در اجراهای بعدی از قبیل برق و تاسیسات
۳۳. کاهش ضخامت سقف و در نتیجه افزایش تعداد طبقات سازه
۳۴. افزایش مقاومت و ایمنی در برابر آتش سوزی و خوردگی
۳۵. با توجه به قرارگیری میلگردها داخل بتن با پوشش مناسب، بین سقف‌های رایج از بیشترین میزان ایمنی به حریق و خوردگی، برخوردار می باشد.
۳۶. کاهش هزینه ها و افزایش سرعت اجرا
۳۷. سهولت اجرا
۳۸. افزایش عمر مفید سازه
۳۹. اجرای سازه سقف با دهانه آزاد ستون تا ستون تا ۱۵ متر و بار زنده تا ۴۰۰ کیلوگرم بر متر مربع.
۴۰. عدم نیاز به روغن کاری قالب ها (بتن به سطح قالبها نمی چسبد لذا سطح بتن نمای بسیار مناسبی را ارائه می‌دهد).
۴۱. قابلیت اجرا با سیستم های پس تنیده
۴۲. آموزش آسان به نیروهای اجرایی و عدم استفاده از لوازم جدید جهت زیرسازی و کفراژبندی سقف. با توجه به اینکه در اکثر ساخت و سازها جهت زیرسازی سقف از وسایل معمول اجرای سقف مثل چهار تراش، قوطی فلزی، لوله داربست، جک های معمول، اسکافولد و ... سقف استفاده می شود زیرسازی اجرای این سقف نیز مشابه سایر سقف ها بوده و نیاز به نیروهای تخصصی با آموزش‌های ویژه‌ای ندارد.

مزایای سیستم ساهک وافل در دال های یکطرفه:

۱. به دلیل طراحی خاص قالب، تیرچه به صورت درجا اجرا می گردد. با این روش تمامی مشکلات ساخت تیرچه و حمل آن نیز حذف می‌شود. با توجه به عدم محدودیت در طراحی تیرچه، با این روش می توان تیرچه های دوبل را حذف کرد که این امر سبب می‌شود به دلیل کاهش وزن بتن، وزن سقف تا ۷۰ کیلوگرم بر متر مربع کاهش یابد.

۲. این قالب به عنوان یک قالب غیرماندگار سقف محسوب می شود. یعنی پس از بتن ریزی سقف، از بتن جدا شده و امکان استفاده مجدد از قالب در سقف های بعدی یا پروژه های بعدی را دارا می باشد. با این خصوصیت، تمامی بلوک های سقفی را می‌توان از ساختمان حذف کرد و این مهم علاوه بر حفظ منابع ملی، به استحکام، سبک سازی و ایمنی بیشتر ساختمان در زمان وقوع زلزله کمک خواهد کرد.

۳. به دلیل اجرای سقف بصورت تیرچه درجا با وجود وزن کم و وجود حفره های داخل تیرچه ها و سقف، دارای کمترین لرزش بوده که این امر ضمن افزایش ایمنی، از پایین‌ترین میزان انتقال صدا برخوردار است. (به مراتب کمتر از کلیه دالهای هم وزن می باشد.)

۴. سقف به شکل تیرچه درجا، بدون بلوک سقفی اجرا شده و بتن ریزی سقف و تیرچه بصورت یکپارچه خواهد بود.

۵. با توجه به شکل قالب تمامی تیرچه های پیش ساخته به همراه مشکلات نصب آنها در سقف حذف شده و با اجرای تیرچه درجا سقفی یکپارچه بتن (بتن ریزی همزمان سقف و تیرچه) خواهیم داشت.

۶. به دلیل استحکام قالب و مونتاژ دقیق قالب ها، حین اجرای سقف، نیروهای اجرایی به راحتی می توانند بر روی قالب عبور و مرور داشته باشند بدون آنکه نگران شکستن قالب یا در رفتن آن از محل باشند (قطعات بصورت کام و زبانه کنار و روی یکدیگر قرار می گیرند) و این ویژگی به امنیت جان کارگران کمک زیادی خواهد کرد و با توجه به مونتاژ دقیق قطعات و زائده و شیارهای طراحی شده روی قالب امکان هدررفت شیرابه ی بتن از قالب نخواهد بود و سقفی کاملاً همگن و مقاوم خواهیم داشت.

۷. قالب از نوعی مواد کامپوزیتی و پلاستیک تولید شده است که سطح صیقلی و جنس آن باعث می شود به عنوان یک قالب مناسب برای بتن شناخته شود که جدا سازی آن از بتن بسیار آسان است. معمولا اجرای سقف های پلی استایرن و بلوک های سیمانی باعث کثیف شدن سقف از بلوک های خرد شده می شود و همیشه داخل تیرها و تیرچه ها ذرات بتن باقی می ماند که با بتن مخلوط شده و موجب ضعف در سازه می گردد. با استفاده از قالب مذکور این مشکل نیز برطرف شده و روی قالب کاملاً تمیز بتن ریزی انجام می شود.

۸. جنس قالب های ساهک وافل از موادی ساخته شده که ۱۰۰٪ قابل بازیافت بوده و از این رو سازگار با محیط زیست می باشند. از طرف دیگر، عدم استفاده از مصالح پرکننده نظیر پلی استایرن در ساخت سقف، که قابل بازیافت نبوده و آلودگی های زیست محیطی به همراه دارد، انطباق بیشتر سیستم ساهک وافل را با محیط زیست را نشان می دهد.

مزایای سیستم ساهک وافل در دال های دوطرفه:

۱. امکان اجرای دهانه های بلند تا ۱۵ متر

دال مشبک ساهک وافل با ضخامت حدود ۴۰ سانتیمتر و وزنی معادل دال تخت ۲۰ سانتیمتری، قابلیت پوشش دهانه هایی به طول ۱۵ متر را دارا می باشد. با تغییر ضخامت دال، می توان دهانه هایی به طول بیش از ۲۰ متر را نیز با این نوع سیستم پوشش داد.

۲. زیبایی خاص معماری و بی نیاز از پوشش زیر سقف

نمای زیبای دال مشبک ساهک وافل از زیر سقف، این امکان را فراهم می سازد که در اغلب فضاها بدون نیاز به هرگونه آماده سازی و یا عملیات پرداخت، از بتن نمایان (Exposed Concrate) به عنوان سطح نهایی استفاده شود. در مقابل، با توجه به وجود تیرهای فرعی در زیر سقف های کامپوزیت و عرشه فولادی، نمای نهایی جالب نبوده و استفاده از سقف کاذب در آنها اجتناب ناپذیر است.

۳. آزادی عمل در طراحی فضا و چیدمان ستون ها

نظر به اینکه دال مشبک ساهک وافل مقاوم ترین دال از لحاظ سختی خمشی محسوب می شود و نحوه آرایش قالب ها تنوع بالایی دارد، لذا معمار سازه بدون وجود محدودیت خاصی از لحاظ ابعاد دهانه و یا شکل هندسی چشمه ها قادر به آرایش ستون ها برای تطبیق هرچه بیشتر با نیازهای معماری فضا می باشد.

۴. سختی خمشی زیاد و کاهش قابل ملاحظه تغییرشکل

بعلت حذف آویز هوشمندانه بتن کششی غیرسازه ای و حذف بتن تار خنثی مقطع، با توجه به تفاوت قابل توجه ممان اینرسی مقطع T شکل در دال مشبک نسبت به ممان اینرسی مقطع مستطیلی با وزن معادل در دال تخت، سختی دال مشبک به دال بتنی تخت با وزن معادل، حدود ۴ برابر بیشتر می باشد. این امر کمک شایانی در کاهش تغییر شکل های دال خصوصاً در دهانه های بزرگ دارد. بعلاوه مشکلات ناشی از تغییرشکل های بلندمدت ناشی از خزش جمع شدگی که چالش بزرگی در طراحی دال های تخت و پس تنیده می باشد، در دال مشبک حفره دار ساهک وافل با توجه به سختی قابل ملاحظه آن، به سادگی حل شده است.

۵. قابلیت تحمل بارهای بسیار سنگین

از آنجا که دال مشبک ساهک وافل مقاومترین سیستم از لحاظ سختی خمشی می باشد، قابلیت تحمل بارهای زنده بسیار سنگین از نوع گسترده (بیش از یک تن بر مترمربع) و یا متمرکز (بیش از ۵ تن) را دارا می باشد.

۶. سرعت بالای اجرا

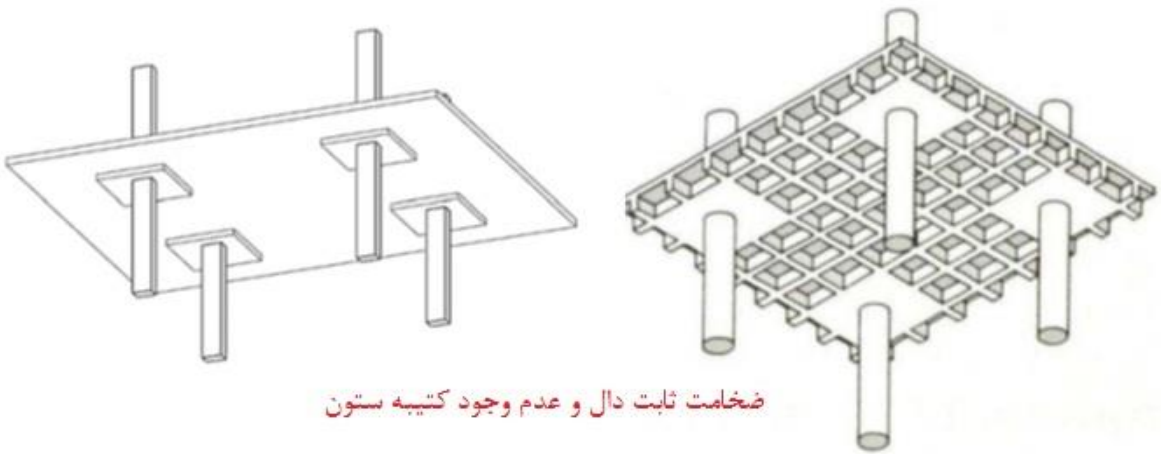
با توجه به مدولار بودن قالب ها و قالب بندی راحت سقف و همچنین حجم اندک میلگردهای به کار برده شده در سقف، سرعت اجرای آن همتراز با دال تخت و بسیار سریعتر از دال های پس تنیده یا سایر سیستم های دال بتنی می باشد. با توجه به سادگی اجرای دال و طراحی منحصر به فرد قالب های این سیستم، نیازی به نیروی انسانی با مهارت خاص وجود ندارد و پیمانکاران معمول ساختمانی که تجربه اجرای اسکلت را دارا باشند با اندکی آموزش قادر خواهند بود تا این سیستم را با کیفیت مناسبی اجرا کنند.

۷. سهولت اجرا

با توجه به سادگی اجرای دال مشبک ساهک وافل، نیازی به نیروی انسانی با مهارت خاص وجود ندارد و پیمانکاران معمول ساختمانی که تجربه اجرای اسکلت را دارا باشند، با اندکی آموزش قادر خواهند بود تا دال مشبک ساهک وافل را با کیفیت مناسبی اجرا کنند. لازم به ذکر است که دال مشبک ساهک وافل نیاز به تکنولوژی خاصی نداشته و برخلاف دال های پس تنیده حساسیت های مربوط به تکنولوژی و مصالح کابل، تاندون، گیره و گوه و ... وجود ندارد.

۸. ضخامت ثابت دال و عدم وجود کتیبه ستون

با توجه به مشبک بودن دال، در نواحی اطراف ستون و یا نواحی که در آن بار متمرکز بزرگی وارد می شود، به سادگی با پرکردن چشمه های زیرین می توان الزامات سازه ای را بدون تغییر در ضخامت دال برآورده کرد. لازم به ذکر است که در دال های تخت و پس تنیده، افزایش مقاومت دال در نواحی مذکور با تعبیه کتیبه در اطراف ستون که منجر به افزایش ضخامت دال در این نواحی می گردد، جبران می شود. وجود کتیبه علاوه بر کاستن زیبایی معماری منجر به بروز مشکلاتی در عبور لوله های تاسیساتی از زیر دال می گردد.



ضخامت ثابت دال و عدم وجود کتیبه ستون

۹. سهولت تعبیه و اجرای بازشو حتی پس از اجرای سقف

نظر به سختی خمشی قابل ملاحظه دال مشبک ساهک وافل، اجرای بازشو در محل چشمه ها به ابعاد ۵۰*۵۰ سانتیمتر حتی بعد از بتن‌ریزی بدون ایجاد کوچکترین خللی در باربری سقف میسر است. همچنین در صورت نیاز به اجرای بازشوهای بزرگتر، این امر با تقویت اندک میلگردهای اطراف بازشو میسر بوده و به صورت کلی محدودیتی در ابعاد بازشو برای این سقف وجود ندارد.

۱۰. عملکرد موثر سازه ای

با توجه به کاهش جرم واحد سطح دال مشبک حفره دار ساهک وافل نسبت به گزینه های دال تخت، پس تنیده، تیردال، و تیرچه بلوک، نیروی اینرسی وارد به سازه ناشی از زلزله کاهش قابل ملاحظه ای خواهد داشت. همچنین به دلیل وجود دال یکپارچه ۵ تا ۷ سانتیمتری بر روی تیرچه ها، عملکرد کف به صورت دیافراگم کاملا صلب بوده و توزیع برش طبقه بین المان های مقاوم به شکل مناسبی صورت می گیرد. ممان اینرسی مقطع در این سیستم در مقایسه با سیستم های مشابهی از دال بتنی ۱۸ برابر بزرگتر است. سیستم دال مشبک حفره دار ساهک وافل وزن سازه را در مقایسه با دال مشبک معمولی تا حدود ۱۵ ٪ کاهش می دهد که این امر موجب می شود مولفه افقی زلزله از ۸ تا ۱۰ درصد کاهش یابد.

۱۱. کاهش وزن مرده

عامل تعیین کننده بار مرده ساختمان، وزن اجزای سازه ای بتنی است و عمده بتن مصرفی هم در دال ها متمرکز شده است. کاهش بتن مصرفی در دال ها علاوه بر صرفه جویی در هزینه بتن مصرفی موجب کاهش بارهای وارد بر ساختمان می شود و در نتیجه ابعاد و اندازه و حجم مصالح مصرفی برای اعضای باربر سازه نظیر فونداسیون، تیرها، ستون ها و ... نیز کاهش می یابند. سیستم دال مشبک حفره دار ساهک وافل به گونه ای طراحی شده که حداکثر صرفه جویی در بتن مصرفی انجام شود و بتن ناحیه کششی عمدتاً حذف شده است. جنس و حفره های قالب ها این امکان را می دهد که با کنج های قائم و زوایای تند و حفره های موجود در قالب حداکثر بهینه سازی وزن مصرفی صورت پذیرد. از این رو تا حدود قابل ملاحظه ای صرفه جویی در مصرف بتن سقف ها صورت گرفته است. کاهش مصرف بتن غیرسازه ای تقریباً به گونه ای انجام می شود که سختی و مقاومت بدون تغییر باقی می ماند و صرفه جویی قابل توجهی در مصرف بتن بدون کاهش مشخصات کلیدی سازه ای صورت می پذیرد.

۱۲. مقایسه کاهش حجم بتن مصرفی با انواع دال مسطح و مشبک

در شکل زیر می‌توان عمکرد دال مشبک حفره دار ساهک وافل را با سیستم های دال تخت و دال مشبک کلاسیک مشاهده نمود.

در سیستم دال مشبک حفره دار ساهک وافل حجم بتن مصرفی تا حدود ۵۴٪ نسبت به سیستم های دال تخت و حدود ۱۵٪ نسبت به دال مشبک کلاسیک کاهش می یابد

کاهش حجم بتن مصرفی تا ۵۴٪ نسبت به دال تخت

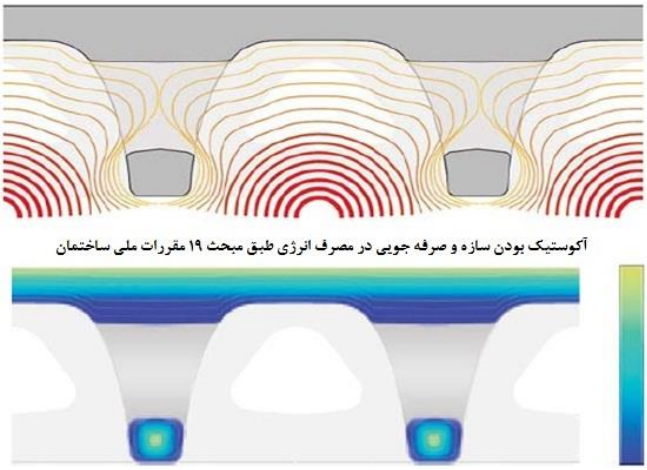
کاهش حجم بتن مصرفی تا ۱۵٪ نسبت به دال مشبک کلاسیک

۱۳. کاهش هزینه ساخت

با توجه به کاهش مصالح مصرفی نظیر بتن و میلگرد نسبت به گزینه های دال تخت، تیردال، تیرچه بلوک و پس تنیده، قیمت تمام شده هر مترمربع از سیستم ساهک وافل نسبت به گزینه های ذکر شده کمتر می باشد. در صورت استفاده از سیستم ساهک وافل در طبقات زیرزمین سازه های فلزی، نظر به حذف کلیه تیرهای فلزی فرعی و اصلی و سبک شدن اسکلت سازه، صرفه جویی قابل ملاحظه ای در هزینه ساخت حاصل می شود.

۱۴. کنترل بهینه سر و صدا و آکوستیک بودن سقف - قابلیت مناسب کنترل ارتعاش

چشمه های توخالی زیر سقف و حفره های موجود در تیرچه ها باعث عدم انعکاس صوت شده و این امر در پارکینگ ها، آمفی تئاترها، سالن های اجتماعات و ... بسیار مفید بوده و به کارآیی و آرامش محیط بسیار کمک می کند. این شکل هندسی طیف وسیعی از امواج صوتی را جذب می نماید. در این سیستم زمان انعکاس امواج در مقایسه با دال مسطح معمولی تا ۱,۵٪ کاهش می یابد. استفاده از این سیستم در سازه موجب کاهش هدر رفت انرژی تا حدود ۲۰٪ می شود.


آکوستیک بودن سازه و صرفه جویی در مصرف انرژی طبق مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان

سختی منحصر به فرد سیستم حفره دار ساهک وافل عامل بسیار مهمی در کنترل ارتعاشات سقف ناشی از راه رفتن و دویدن افراد، حرکت ماشین آلات و ضربه های ناشی از سقوط اشیاء از ارتفاع دارد. این در حالیست که، اکثر سقف های بتنی به دلیل سختی اندکشان رفتار مناسبی در برابر ارتعاشات نداشته که این مورد موجب سلب آسایش کاربران سازه می گردد.

۱۵. امکان اجرای مدولار و ساده سقفهای کاذب

فاصله مرکز به مرکز 60 سانتیمتری تیرچه‌ها، امکان نصب سریع مدولهای مربعی 60 سانتیمتری سقفهای کاذب را در نواحی که نیاز به پوشش دارند، به راحتی میسر میکند.

استفاده از حفره‌های سقف مشبک جهت نورپردازی فضا

۱۶. امکان استفاده از فضای توخالی دال

از فضای توخالی زیر سقف میتوان به منظور نورپردازی، تعبیه دوشهای سیستم اطفاء حریق، تعبیه سیستم روشنایی و ... استفاده کرد.

۱۷. مقاومت در برابر آتش سوزی

دال مشبک حفره دار ساهک وافل مقاومت قابل قابل قبولی در برابر آتش سوزی از خود نشان می دهد که با تغییر ضخامت دال و تیرچه می توان مدت زمان مقاومت در برابر آتش سوزی را به میزان دلخواه افزایش داد. در سقف های کامپوزیت و عرشه فولادی به دلیل وجود تیرهای فلزی فرعی و اصلی، سیستم سقف در مقابل حریق بسیار آسیب پذیر بوده و بدون اعمال پوشش ضدحریق بر روی عناصر فلزی که هزینه بالایی را تحمیل می کند، امکان ضدحریق کردن آن وجود ندارد و با تمهیدات ویژه تا حدودی می توان دوام سازه را در مقابل حریق بیشتر کرد.

همچنین عدم استفاده از مواد پرکننده پلی استایرنی در سیستم ساهک وافل، مشکلات این ماده در آتش سوزی نظیر بخارات سمی و شعله ور شدن که در آن سقف های تیرچه یونولیت وجود دارد به طور کامل از بین می رود.

۱۸. اجرای تیرچه بصورت درجا

به دلیل طراحی خاص قالب، تیرچه به صورت درجا اجرا می گردد. از محاسن اجرای تیرچه درجا، عدم نیاز به جابجایی خاموت در تیرهای اصلی هنگام بستن آرماتور تیرچه است. در اجرای تیرچه درجا پیوستگی بتن و صلبیت سقف به خوبی رعایت می‌گردد که این امر موجب کاهش لرزش سقف در زمان بهره برداری می‌گردد. همچنین می توان نظارت و کنترل دقیق بر سایز آرماتور و آرایش آن تا زمان قبل از بتن ریزی انجام گیرد.

۱۹. امکان اجرای خرپای آماده به جای تیرچه درجا

در سیستم حفره دار ساهک وافل امکان اجرای تیرچه درجا با استفاده از خرپای آماده نیز می باشد. که خرپای آماده هم ضعف های تیرچه و سنگینی بتن پاشنه و سایر مشکلات و معایب را ندارد.

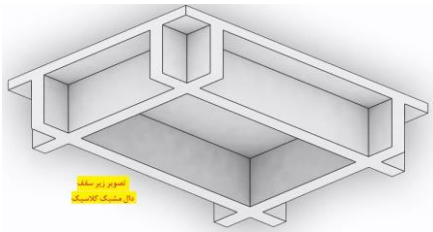
۲۰. چیدمان قالب

در این روش جان تیرچه ها و تای بیم (شناژ مخفی) ها به صورت دقیق اجرا می گردد و دیگر نگرانی از کنترل جان در این سقف وجود ندارد. همچنین به دلیل استحکام قالب، عبور و مرور بر روی آن به آسانی انجام می‌گیرد. این قالب جهت جداسازی نیاز به چرب کردن ندارد و به دلیل جنس آن می توان تا زمان بازکردن قالب از عمل آوری بتن اطمینان حاصل کرد.

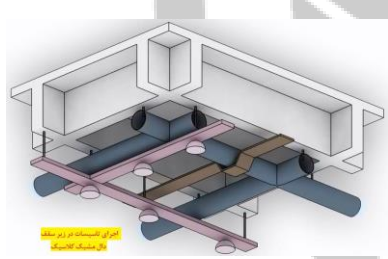
۲۱. نمای زیر سقف

نمای زیر سقف کاملاً اکسپوز می‌باشد و می توان از این نما در سقف پارکینگ ها و مشاعات، بدون نیاز به نازک‌کاری بهره برداری کرد. همچنین با توجه به ممنوعیت استفاده از بلوک های پلی استایرن در سقف پارکینگ‌ها، مدارس و ... سیستم ساهک وافل هم از نظر کیفیت اجرا و هم از نظر هزینه کمتر، بهترین جایگزین خواهد بود.

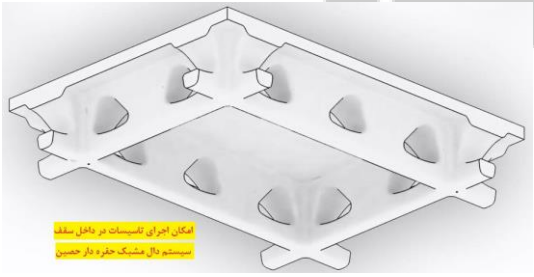
۲۲. امکان عبور تاسیسات از داخل سقف

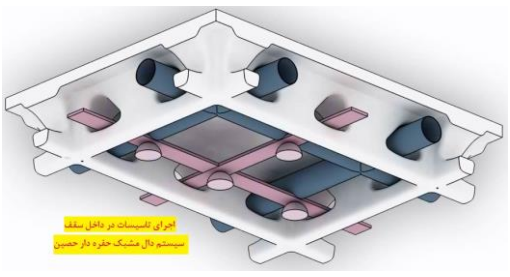


مهمترین مزیت این قالب نسبت به سایر قالب‌ها و همچنین سایر سیستم‌های دال مشبک، عبور تاسیسات از داخل سقف و بدون نیاز به اجرای سقف کاذب است. در شکل زیر قابلیت های این سیستم نمایش داده شده است.



حفره های موجود در ضخامت سقف، جهت اجرای تاسیسات و حذف کانال های تاسیسات می باشد. عبور تاسیسات از داخل سقف باعث سبک شدن وزن کف سازی و در نتیجه بار مرده‌ی ساختمان خواهد شد. همچنین این مهم باعث افزایش ارتفاع مفید سازه بوده و امکان دسترسی راحت و آسان جهت تعمیرات تاسیسات در زمان بهره برداری را میسر می سازد.

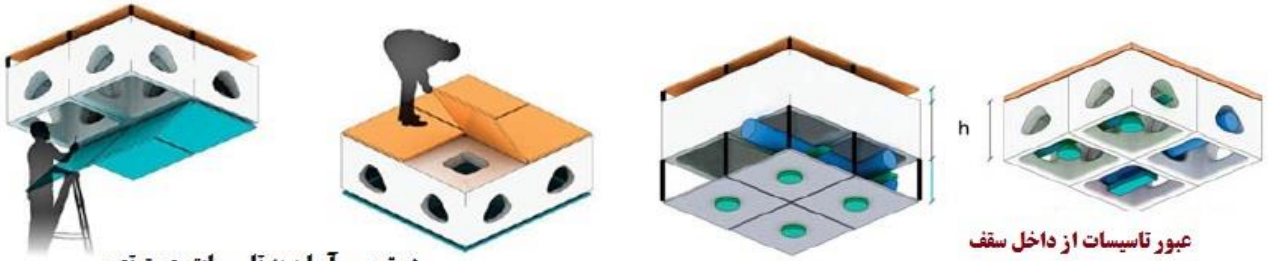




امکان عبور تاسیسات گرمایی از داخل حفره‌ها و روی سقف

۲۳. دسترسی آسان به تاسیسات بدون نیاز به تخریب سقف

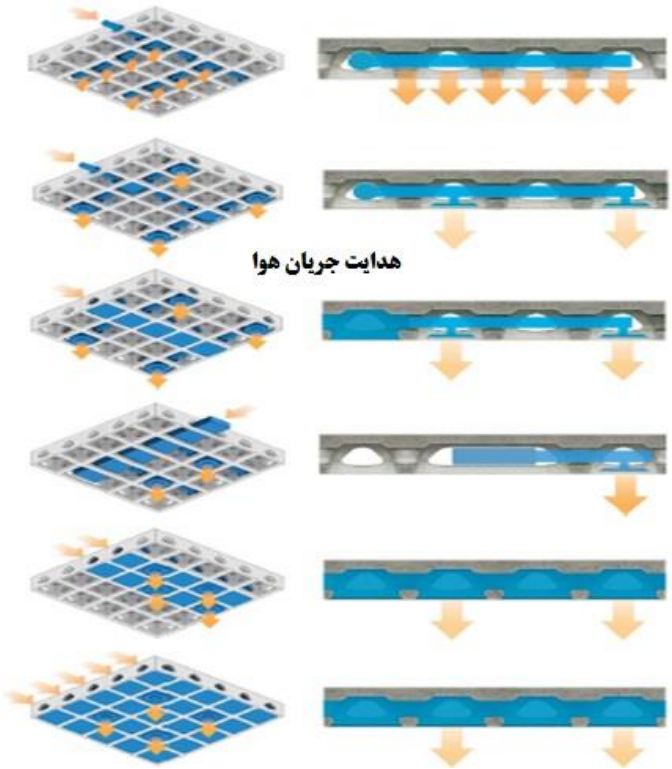
با استفاده از این سیستم ،تاسیسات مکانیکی به راحتی قابلیت تعمیر و تغییر موقعیت دارند که این امر هزینه های بازآرایی و نگهداری تاسیسات را تاحد زیادی کاهش می دهد.



دسترسی آسان به تاسیسات جهت تعمیر

عبور تاسیسات از داخل سقف

۲۴. حذف کانال کشی و عبور جریان هوا از سقف در مسیر دلخواه



هدایت جریان هوا

همانطور که در شکل مشهود است با اجرای این سیستم می‌توان به کلی کانال‌کشی را در ساختمان حذف نمود و از طریق حفره‌های موجود در سقف، جریان هوا را در مسیر دلخواه عبور داد. در ۶ طرح زیر می‌توان انواع عبور دادن جریان هوا را در سقف مشاهده نمود.

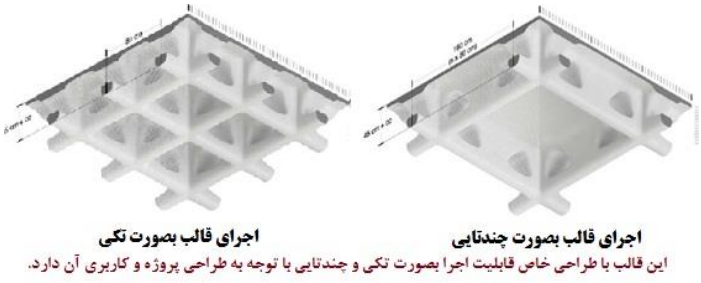
۲۵. امکان ایجاد دال یک طرفه و دال دوطرفه

این قالب‌ها با قابلیت ترکیب شدن با هم امکان اجرای سقف با سیستم دال یکطرفه را نیز دارند که این مزیت کارکرد قالب ها را دوچندان می کند.

طراحی این قالب به صورتی است که می توان با اضافه کردن چند قطعه از آن در دال های یکطرفه نیز استفاده کرد.

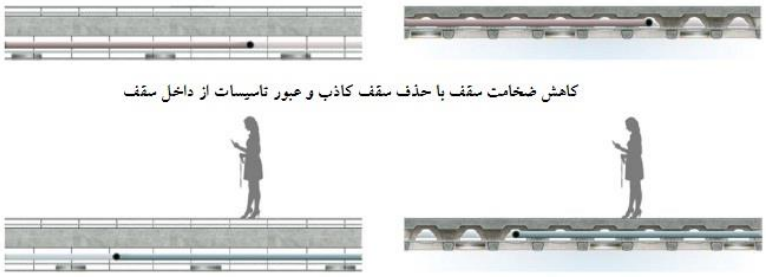
۲۶. امکان اجرای دال با توجه به طراحی سازه و کاربری آن

این قالب‌ها با اضافه کردن چند قطعه به آن قابلیت ترکیب شدن با هم و امکان اجرای سقف به صورت تکی و چندتایی را دارد که این مهم باعث می شود در طراحی سازه با هر نوع کاربری هیچ نوع محدودیتی وجود نداشته باشد.

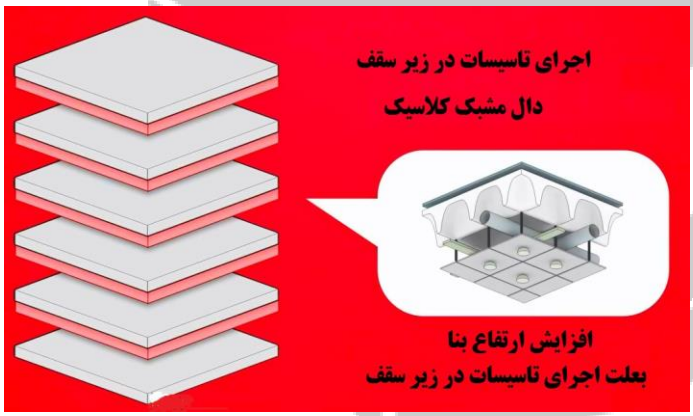


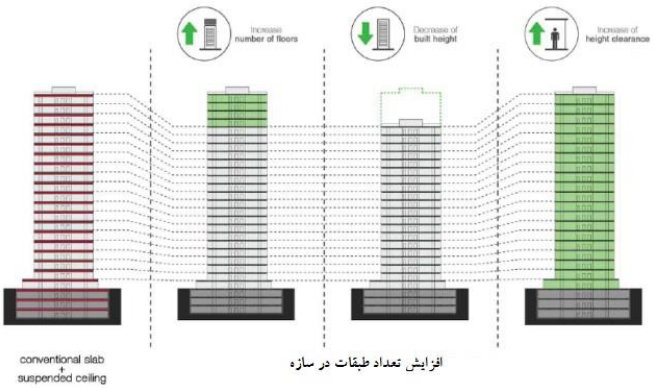
۲۷. افزایش تعداد طبقات در سازه

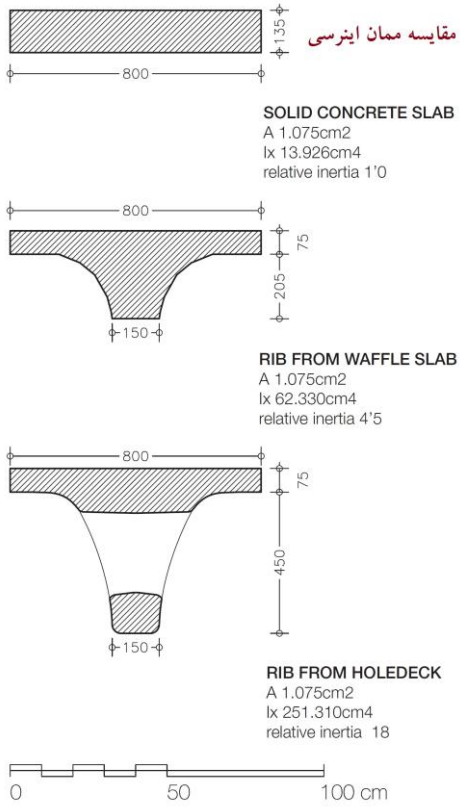
در این سیستم با حذف سقف کاذب و عبور تاسیسات از داخل سقف ضخامت سقف کاهش می یابد. با توجه به کاهش ضخامت سقف، از این سیستم می توان برای ساخت سازه های با طبقات بیشتر استفاده نمود.



یکی از مهم ترین کاربردهای این سیستم در مناطقی است که سازه با محدودیت ارتفاع مواجه است. با توجه به قابلیت این سیستم در کاهش ضخامت سقف در نتیجه امکان ساخت سازه با تعداد طبقات بیشتر فراهم خواهد بود.

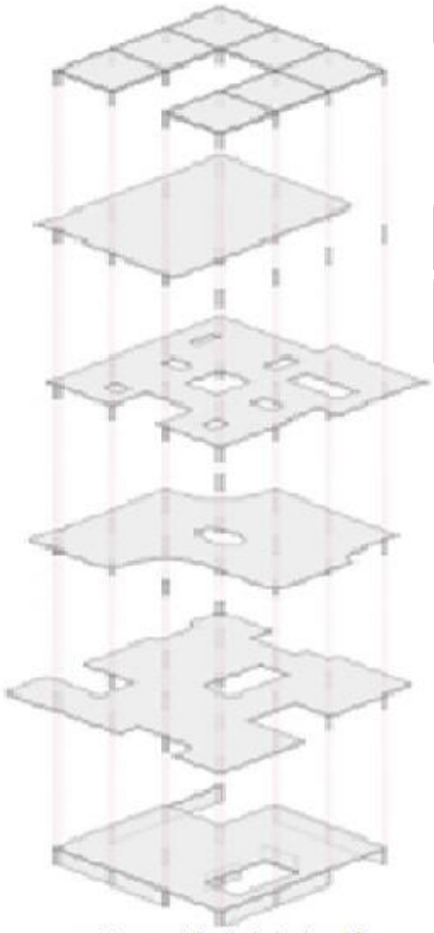






۲۸. مقایسه ممان اینرسی سیستم ساهک وافل

ممان اینرسی مقطع در این سیستم در مقایسه با سیستم های مشابه از دال بتنی ۱۸ برابر بزرگتر است.

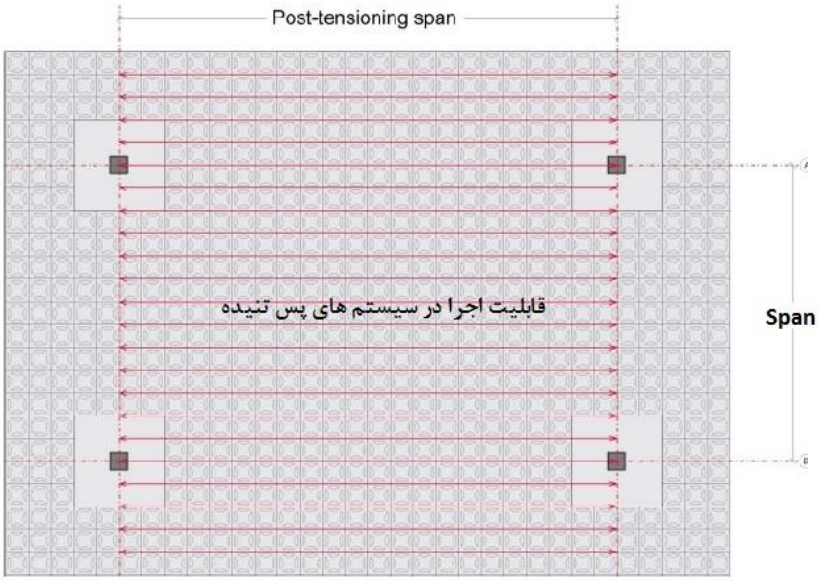


قابلیت ایجاد انواع بازشو در سقف

۲۹. قابلیت ایجاد انواع بازشو در سقف

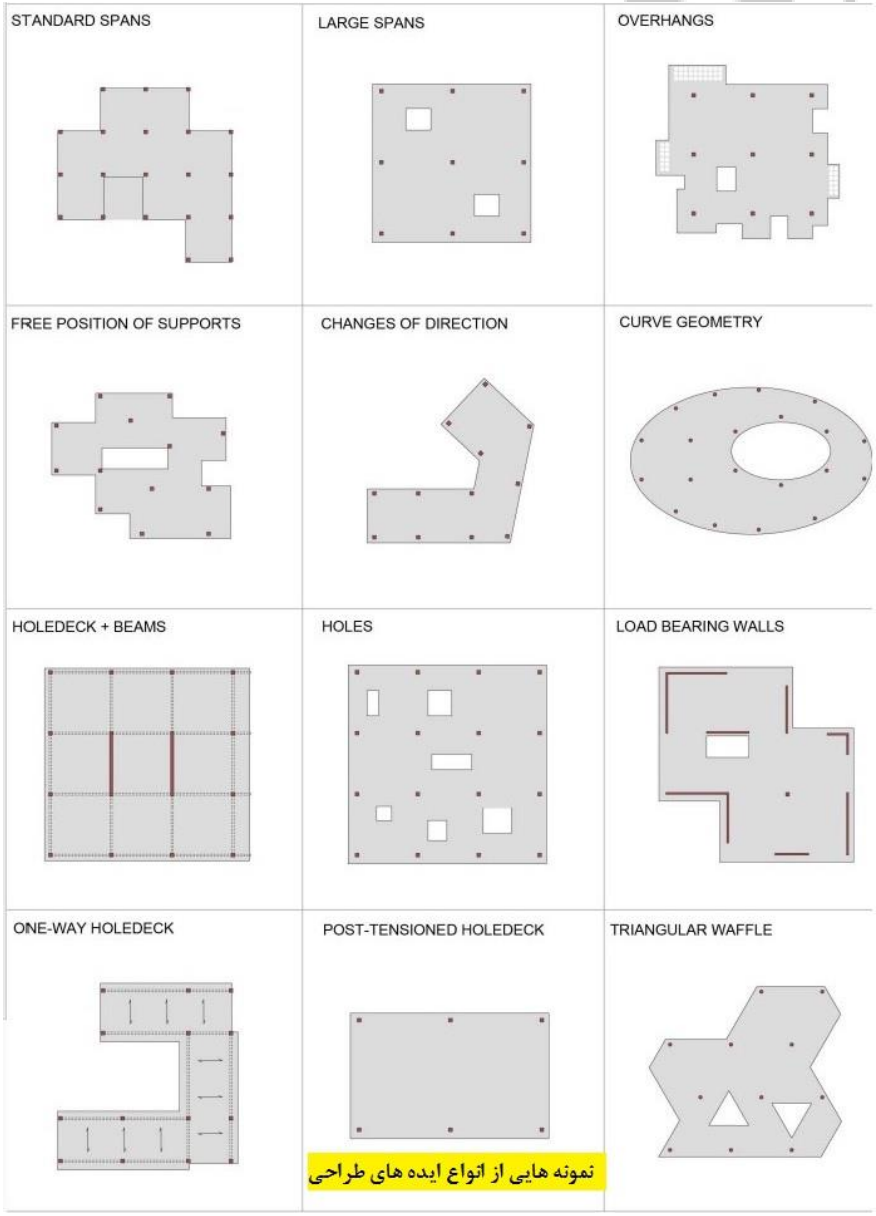
۳۰. قابلیت اجرا با سیستم های پس تنیده

با اجرای سیستم پس تنیدگی می‌توان تا دهانه ها بلند را پوشش داد.



۳۱. تنوع طراحی

این سیستم دست معمار و طراح را برای انتخاب باز گذاشته و قابلیت اجرا سازه ها با هر نوع شکل معماری را داراست. در شکل نمونه هایی از انواع ایده های طراحی آمده است.



۳۲. اجرای سیستم دال مشبک حفره دار ساهک وافل در اسکلت فلزی

اجرای سیستم ساهک وافل محدود به سازه‌های بتنی نبوده و سازه های با اسکلت فلزی نیز میتوانند از قابلیتهای این سیستم بهره‌مند شوند.

اجرای سیستم دال مشبک حفره دار ساهک وافل در سازه‌های فلزی بر اساس شرایط تکیه‌گاهی سقف به دو دسته کلی تقسیم میشود:

۳. سیستم متکی بر ستون و دیوار بتنی : در این سیستم کلیه تیرهای فلزی حذف شده و سقف ساهک وافل بر روی براکت ستونها نشسته و به دیوارهای بتنی متصل می شود.

۴. سیستم متکی بر ستون و تیر : در این سیستم کلیه تیرهای فلزی فرعی حذف شده و سقف ساهک وافل بر روی براکت ستونها نشسته و به بال پایینی تیرهای اصلی تکیه می کند.

سیستم متکی بر ستون و دیوار بتنی

- ✓ **طبقات زیرزمین با دیوار پیرامونی** (با توجه به اینکه طبقات زیرزمین در صورت اجرای دیوار پیرامونی، پایین‌تر از تراز پایه لرزهای قرار می‌گیرند، تنها باربری ثقلی از قاب مدنظر می باشد.)
- ✓ **سیستم مقاوم جانبی از نوع دیوار برشی بتنی** (در این سیستم دیوار برشی بتنی وظیفه انتقال بارهای جانبی را بر عهده داشته و ستونها و سقف ساهک وافل بایستی برای تحمل بارهای ثقلی طراحی شوند.)

سیستم متکی بر ستون و تیر

سیستم مقاوم جانبی از نوع قاب خمشی

وزن کم سقف حفره دار ساهک وافل امکان اجرای آن را در قابهای خمشی فلزی نیز میسر می‌سازد . اگر چه وزن واحد سطح سقف ساهک وافل از سقف کامپوزیت و عرشه فولادی اندکی بیشتر است، منتهی صرفه‌جویی اقتصادی ناشی از حذف کلیه تیرهای فلزی فرعی در سقف کامپوزیت و همچنین حذف ورق عرشه و تیرهای فلزی فرعی در سقف عرشه، نسبت به اضافه وزن اندک تیرهای اصلی و ستونها در سقف ساهک وافل بسیار بیشتر است.

سیستم مقاوم جانبی از نوع مهاربند

قابهای مهاربندی شده وظیفه تحمل نیروهای جانبی ناشی از زلزله را برعهده داشته و مجموعه ستون، سقف ساهک وافل و تیرهای موجود در قابهای مهاربندی بارهای ثقلی را به پی منتقل می‌کنند. براکت ستونها و لبه پایینی تیرهای قاب به عنوان تکیه‌گاههای سقف ساهک وافل عمل می‌کنند.

کاربرد:

این سیستم قابل اجرا در انواع اسکلت های بتنی و اسکلت های فلزی بوده و قابل اجرا برای انواع سازه ها با کاربری های متفاوت می باشد.

یکی از مهم ترین کاربردهای این سیستم در مناطقی است که سازه با محدودیت ارتفاع مواجه است. با توجه به قابلیت این سیستم در کاهش ضخامت سقف در نتیجه امکان ساخت سازه با تعداد طبقات بیشتر فراهم خواهد بود.

شکل هندسی سقف باعث عدم انعکاس صوت شده و این امر سبب می شود سقف ساهک وافل بهترین انتخاب برای پارکینگ ها، آمفی تئاترها، سالن های اجتماعات ، سالن های کنسرت، مساجد و اماکن مذهبی و ... باشد و به کارآیی و آرامش محیط بسیار کمک می کند.

سیستم حفره دار ساهک وافل علاوه بر اینکه در سقف ساختمان‌ها، پارکینگ های طبقاتی، سوله ها و سالن ها کاربرد دارد، می توان در کاربری‌های زیر نیز از آن استفاده کرد:

- ✓ روی پل های سنگین و پل های خیابانی
- ✓ پل های عابر پیاده با طول زیاد

خلاصه توصیف

سیستم دال مشبک حفره دار ساهک وافل با تکنولوژی جدید و با استفاده از قالب های حفره دار بسیاری از انتظارات بشر برای ساخت سازه های ایمن و مقاوم با کمترین هزینه را مرتفع می سازد.

محاسبات سیستم حفره دار ساهک وافل به گونه ای انجام شده تا با طراحی و ایجاد حفره‌هایی در قالب و سقف، باعث سبک سازی و مقاومت در مقابل بارهای جانبی و زلزله گردد. این مهم باعث کاهش حجم بتن مصرفی تا ۵۴٪ نسبت به سیستم های دال تخت و ۱۵٪ نسبت به دال های مشبک کلاسیک در کل سازه شده و ضمن حذف کانال های تاسیساتی از این حفره ها بعنوان کانال های تاسیسات استفاده شود و بدین صورت هزینه های اجرای سقف کاذب را نیز از هزینه های ساختمان کسر میکند.

کاهش ضخامت سقف این اجازه را به طراح می دهد که ساختمان های با تعداد طبقات بیشتری را طراحی نماید. این سیستم دال با ضخامت های متعارف ۳۰ و ۴۵ سانتی متری و به صورت Expose در سازه ها مورد استفاده قرار می گیرد و سقفی مسطح را در اختیار تیم معماری پروژه قرار می دهد تا ایده های خود را به بهترین شکل ممکن پیاده سازی نماید. همچنین حفره های تعبیه شده در بین شبکه های قالب سقف این امکان را فراهم می آورد تا تمامی تاسیسات اعم از روشنایی ها و سیستم تهویه در این فضا ها جا نمایی و اجرا گردند.

مزایای سیستم دال مشبک حفره دار ساهک وافل

۱. اجرای سازه سقف با دهانه آزاد ستون تا ستون تا ۱۵ متر و بار زنده تا ۴۰۰ کیلوگرم بر متر مربع.
۲. قالب های با دوام با قابلیت تا ۱۰۰ بار استفاده در قالب بندی.
۳. عدم نیاز به قطعات مدفون در بتن که هزینه‌بر و غیراقتصادی هستند نظیر بلوکهای مورد استفاده در سایر سیستم های دال مجوف و تیرچه بلوک.
۴. عدم نیاز به روغن کاری (بتن به سطح قالبها نمی چسبد لذا سطح بتن نمای بسیار مناسبی را ارائه می‌دهد).
۵. خاصیت آکوستیک (جاذب و مستهلک کننده صوت) این نوع سازه سقف مناسب برای سالن‌های اجتماعات و محیط های پر ازدحام و پر سر و صداست.
۶. مصرف کمتر بتن و آرماتور در نتیجه کاهش وزن سازه و به تبع کاهش قابل توجه هزینه های اجرایی در مقایسه با سایر روش های مشابه

همانگونه که ذکر شد قالبهای حفره دار ساهک وافل ضمن رعایت ضوابط آئین نامه ای، بدلیل فرم پذیری آسان، سبکی، سادگی حمل و اجرا، یکپارچگی بتن تیرچه با سقف در نتیجه صلبیت بالای سقف، امکان رعایت ضوابط ویژه در برابر حریق (فصل ۱۹ مقررات ملی)، امکان استفاده مکرر، تعمیر ساده، قابل بازیافت بودن و عدم نیاز به دفن قالب در بتن باعث کاهش هزینه ها، مصرف مصالح، و کاهش وزن ساختمان و در نتیجه افزایش مقاومت در برابر زلزله می‌گردد.

خدایا چنان کن سرانجام کار تو خشنود باشی و ما رستگار