

معرفی سیستم های نوین سازه ای و دیوارهای غیر سازه ای

دکتر فرهنگ فرحبد

دانشیار و رئیس بخش مهندسی سازه و ابنیه فنی
مرکز تحقیقات راه و مسکن و شهرسازی



برخی از چالش ها در زمینه صنعتی سازی و استفاده از فناوری های نوین



- عدم سازگاری برخی از سیستم ها و فناوری های نوین با ضوابط و مقررات ملی یا بین المللی و همچنین مسائل فرهنگی یا فنی و اجرایی
- عدم آشنایی مهندسين با اصول طراحی یا نکات فنی - اجرایی سیستم ها و فناوری های نوین
- عدم وجود مهارت کافی و نیروی متخصص ماهر و فنی در اجرای سیستم های جدید
- ناسازگاری برخی از سیستم های نوین با شرایط لرزه ای، اقلیمی و فرهنگی نقاط مختلف کشور
- برخی از فناوری های نوین و حتی برخی از سیستم های سازه ای سنتی دارای سرعت مناسب در اجرای اسکلت و سقف های سازه می باشند، ولی راهکاری در سرعت ساخت و توجیه اقتصادی برای اجرای سایر اجزای ساختمان مانند اجرای غیرسازه ای معماری، نازک کاری، نما و اجرای تاسیسات مکانیکی و برقی، در آن ها لحاظ نشده است
- تعطیلی برخی از کارخانجات تولیدی محصولات و فناوری ها به علت رکورد اقتصادی در سنوات گذشته و عدم وجود تقاضا
- عدم به کارگیری دستگاه نظارت لازم، توانمند، با تجربه و آشنا با سیستم های نوین در برخی از پروژه های انبوه سازی دولت

فصل ۱

سیستم‌های سازه‌ای

سیستم‌های سازه‌ای معرفی شده

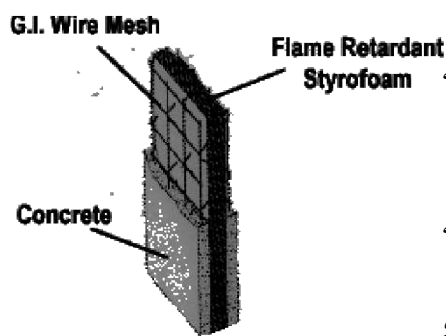


۱. سیستم ساختمان نیمه پیش ساخته با صفحات منفرد ساندویچی سقف و دیوار و بتن پاششی (3D)
۲. سیستم دیوار باربر بتن مسلح با قالب های عایق ماندگار (ICF)
۳. سیستم قابهای بتن آرمه پیش ساخته و نیمه پیش ساخته
۴. سیستم قاب خمشی مختلط بتنی - فولادی RCS
۵. سیستم ساختمانی مبتنی بر پانل های دیواری و سقفی باربر AAC
۶. سیستم دیوارهای سه بعدی پیش ساخته آبتوس
۷. سیستم ساختمان ساخته شده با پرینت سه بعدی
۸. سیستم مهاربندهای کمانش تاب BRB



ساختمان نیمه پیش ساخته با صفحات منفرد ساندویچی سقف و دیوار و بتن پاششی (3D)

معرفی سیستم:



✓ ساخت شبکه سه بعدی با میلگردهای جوش شده به همراه لایه هسته پلی استایرن در کارخانه

✓ اجرای بتن کارگاهی در محل سایت به روش "بتن پاشی"

✓ سیستم باربر ثقلی، پانلهای سقفی با عملکرد یکطرفه و پانلهای دیواری به صورت دیوارهای باربر بتن مسلح

✓ سیستم باربر جانبی، سیستم دیوارهای باربر متشکل از پانلهای دیواری و سقفی

✓ اتصالات، به صورت اتصالات خطی حاصل از تقاطع صفحات دیواری و سقفی

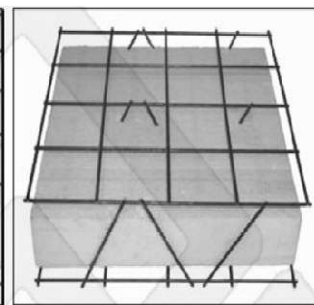
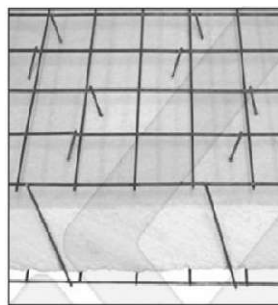
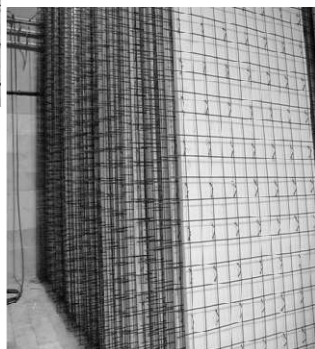
۵



ساختمان نیمه پیش ساخته با صفحات منفرد ساندویچی سقف و دیوار و بتن پاششی (3D)

معرفی سیستم:

- هسته پلی استایرن به ضخامت ۴۰ الی ۱۰۰ میلی متر
- شبکه فولادی ساده جوش شده به قطر ۲/۵ الی ۶ میلی متر در طرفین لایه میانی
- مفتولهای مورب فولادی با قطر حداقل ۳ میلی متر به یکدیگر متصل می شوند
- بتن پاششی با ضخامت حداقل ۴۰ میلی متر در طرفین دیوار



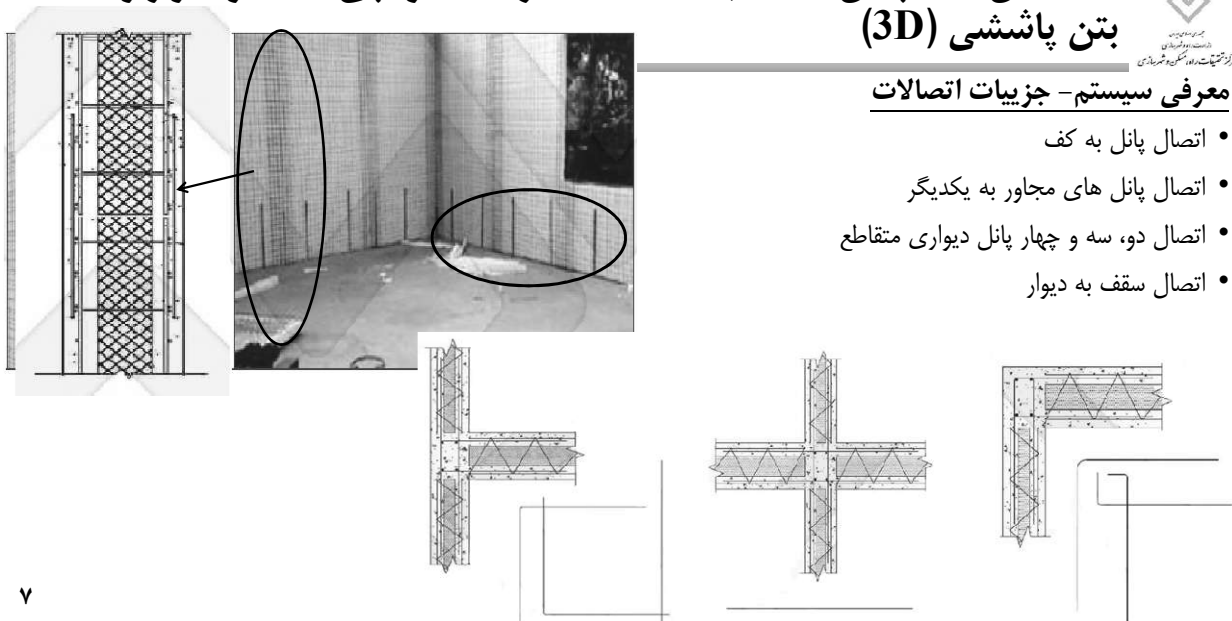
۶



ساختمان نیمه پیش ساخته با صفحات منفرد ساندویچی سقف و دیوار و بتن پاششی (3D)

معرفی سیستم - جزییات اتصالات

- اتصال پانل به کف
- اتصال پانل های مجاور به یکدیگر
- اتصال دو، سه و چهار پانل دیواری متقاطع
- اتصال سقف به دیوار

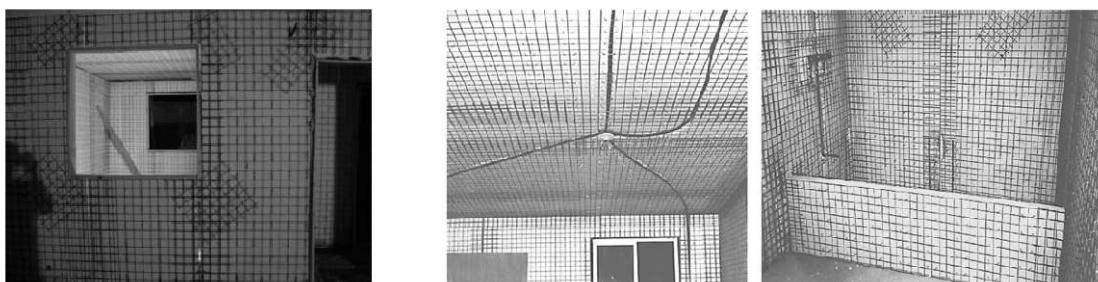


۷



ساختمان نیمه پیش ساخته با صفحات منفرد ساندویچی سقف و دیوار و بتن پاششی (3D)

معرفی سیستم - جزییات مربوط به اجرای مدارهای تاسیساتی و بازشوها



شکل ۲- جزییات مربوط به تقویت پیرامون بازشوها

شکل ۱- جزییات اجرایی مربوط به تعبیه مدارهای تاسیسات برقی و مکانیکی و نحوه تقویت محل آنها

۸



مرکز تحقیقات، راهبردی و مهندسی
دانشگاه صنعتی امیرکبیر

ساختمان نیمه پیش ساخته با صفحات منفرد ساندویچی سقف و دیوار به روش 3D

دامنه کاربرد و الزامات فنی

- استفاده از سیستم به عنوان سیستم دیوار باربر مطابق استاندارد ۲۸۰۰ در تمام مناطق لرزه خیز کشور تا حداکثر ۱۰ متر از تراز پایه مجاز است.
- طراحی سیستم سازه ای بر اساس مبحث نهم مقررات ملی ساختمان و نشریه شماره ۳۸۵ سازمان برنامه و بودجه کشور باید انجام شود.
- ضریب رفتار سیستم را می توان $R_u=3$ در نظر گرفت.
- زمان تناوب اصلی سازه پانلی را می توان بر مبنای رابطه $T=0.03H^{3/4}$ محاسبه نمود.
- ساختمان باید در پلان و ارتفاع منظم باشد و حداکثر دهانه باربر ثقلی به ۶ متر و حداکثر ارتفاع آزاد طبقه به ۳.۲ متر محدود شود.
- به منظور تامین شکل پذیری لازم، باید در محل برخورد دیوارها از کلاف بندی قائم استفاده شود.
- کلاف های قائم باید در گوشه های اصلی ساختمان و در طول دیوار، ترجیحا در نقاط تقاطع دیوارها با فواصل حداکثر ۵ متر از یکدیگر تعبیه شوند.
- برای تامین یکپارچگی سقف باید از کلاف بندی افقی در بالای دیوارهای پانلی به پهنای دیوار و ضخامت سقف استفاده شود.
- کلاف بندی قائم و افقی باید به گونه ای طراحی شود که یک شبکه کلاف پیوسته فضایی و سیستم سه بعدی پیوسته تشکیل شود.
- در اطراف بازشوها باید فولاد تقویتی با سطحی معادل میل گردهای قطع شده در هر جهت، به صورت فولاد متمرکز در همان راستا قرار داده شود.
- در هر پانل دیواری، سطح بازشو نباید از یک سوم سطح کامل دیوار بیشتر باشد.
- فاصله بازشوها تا کناره های دیوار باید حداقل برابر ۷۵۰ میلی متر در نظر گرفته شود.

۹



مرکز تحقیقات، راهبردی و مهندسی
دانشگاه صنعتی امیرکبیر

دیوار باربر بتن مسلح با قالب های عایق ماندگار (ICF)

معرفی سیستم:

- سیستم ICF یک سیستم نوین سازه ای شامل قالب بندی و عایق کاری همزمان ساختمان به همراه اجرای سازه می باشد.
- مبنای سیستم استفاده از دو لایه قالب عایق در دو طرف و بتن ریزی سازه های مابین آنها پس از عملیات آرماتور بندی می باشد.
- سیستم سازه ای حاصل از آن، سیستم دیوارهای باربر بتن آرمه می باشد.
- در این سیستم دیوارهای بتن مسلح وظیفه انتقال بارهای ثقلی و جانبی را از سقف به شالوده عهده دار هستند.

۱۰



دیوار باربر بتن مسلح با قالب‌های عایق ماندگار (ICF)

معرفی سیستم:

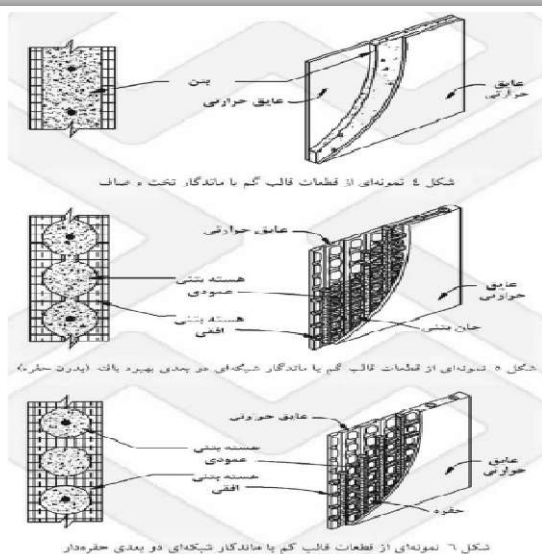
- سیستم ICF یک سیستم نوین سازه ای شامل قالب بندی و عایق کاری همزمان ساختمان به همراه اجرای سازه می باشد.
- مبنای سیستم استفاده از دو لایه قالب عایق در دو طرف و بتن ریزی سازه‌ای مابین آنها پس از عملیات آرماتور بندی می باشد.
- دو لایه ماندگار پلی استایرن، ساختمان را در مقابل ورود و خروج سرما ، گرما، صوت و رطوبت تا میزان ۷۰ درصد محافظت می نماید
- سیستم سازه ای حاصل از آن، سیستم دیوارهای باربر بتن آرمه می‌باشد.
- در این سیستم دیوارهای بتن مسلح وظیفه انتقال بارهای ثقلی و جانبی را از سقف به شالوده عهده دار هستند.

۱۱



دیوار باربر بتن مسلح با قالب‌های عایق ماندگار (ICF)

معرفی سیستم از نظر انواع قالب بندی :



- فناوری قالب های عایق ماندگار (ICF) با روشها و سیستم های مختلفی اجرا می شود.
- الف - قالب نوع تخت یا صاف
- ب- قالب نوع شبکه ای بدون حفره
- ج- قالب نوع شبکه ای حفره دار
- هر یک از این سیستم ها مزایا و معایب مربوط به خود را دارد



دیوار باربر بتن مسلح با قالب‌های عایق ماندگار (ICF)

معرفی سیستم - انواع قالب عایق ماندگار نوع تخت

- به طور کلی سیستم های قالب عایق ماندگار نوع تخت یا صاف به دلیل محدودیت کمتر در میلگردگذاری و تامین یکپارچگی بتن لایه میانی دامنه کاربرد بیشتری دارند و می توان آنها را به سه دسته زیر تقسیم نمود.

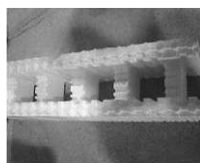
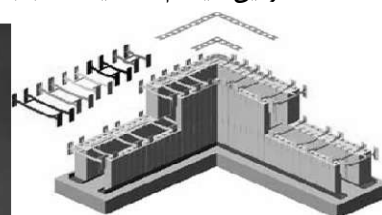
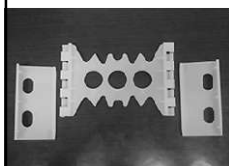
- سیستم های افقی (یا بلوکی) ICF
- سیستم های عمودی (نواری) ICF
- سیستم های پانلی (صفحه ای) ICF



دیوار باربر بتن مسلح با قالب‌های عایق ماندگار (ICF)

معرفی سیستم - قالب عایق ماندگار تخت نوع افقی یا بلوکی

- در این سیستم ها عملیات قالب بندی به صورت افقی انجام می پذیرد.





دیوار باربر بتن مسلح با قالب‌های عایق ماندگار (ICF)

معرفی سیستم - قالب عایق ماندگار تخت نوع عمودی یا نواری

در این سیستمها قالبها به صورت نوارهای عمودی در کنار یکدیگر نصب می شوند. سائز قالبها به نسبت سیستمهای افقی بزرگتر می باشد. عملیات آرماتور بندی بسته به نیاز طرح در کارگاه صورت می پذیرد



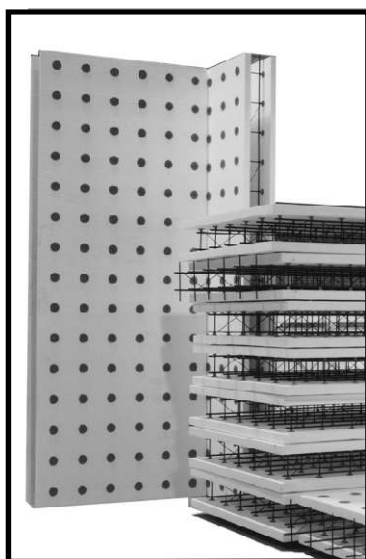
۱۵



دیوار باربر بتن مسلح با قالب‌های عایق ماندگار (ICF)

معرفی سیستم - قالب عایق ماندگار تخت نوع پانلی یا صفحه ای

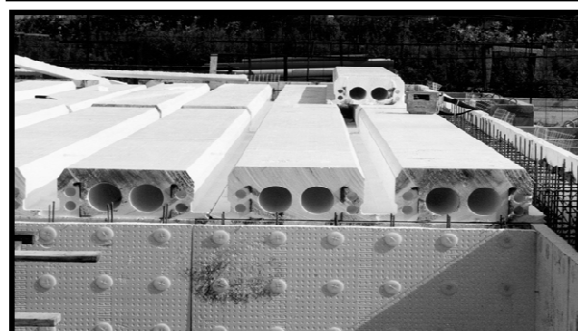
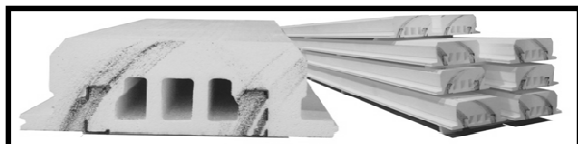
- در این سیستم قالبها در ابعاد بزرگ و به صورت پانلی به کارگاه حمل و نصب می شوند.
- در برخی سیستمهای پانلی حتی درصد عمده ای از عملیات آرماتور بندی نیز در کارخانه صورت می پذیرد.
- ابعاد قالب: عرض ۱۲۰ سانتیمتر، ارتفاع مطابق ارتفاع طبقه، ضخامت مقطع بتن مسلح از ۱۰ تا ۴۵ سانتیمتر بر اساس محاسبات سازه
- دولایه پلی استایرن به ضخامت حد اقل ۵ سانتیمتر در طرف داخلی و ضخامت متغیر از ۵ تا ۱۵ سانتیمتر در لایه بیرونی
- میلگرد قائم در دو سفره از سائز ۸ تا ۱۲ میلی متر بصورت شبکه با جوش استاندارد و با قابلیت افزایش در سایت بر اساس محاسبات سازه
- اتصال دو سفره توسط:
- الف - میلگردهای عمود بر سطح دیوار و دو سر رزوه به قطر ۵ میلیمتر در فواصل ۲۰ سانتیمتری
- ب - میلگرد قطری در صفحه عمود بر سطح دیوار به قطر ۳ میلی متر
- میلگرد گذاری افقی بر اساس محاسبات سازه



۱۶



دیوار باربر بتن مسلح با قالب‌های عایق ماندگار (ICF)



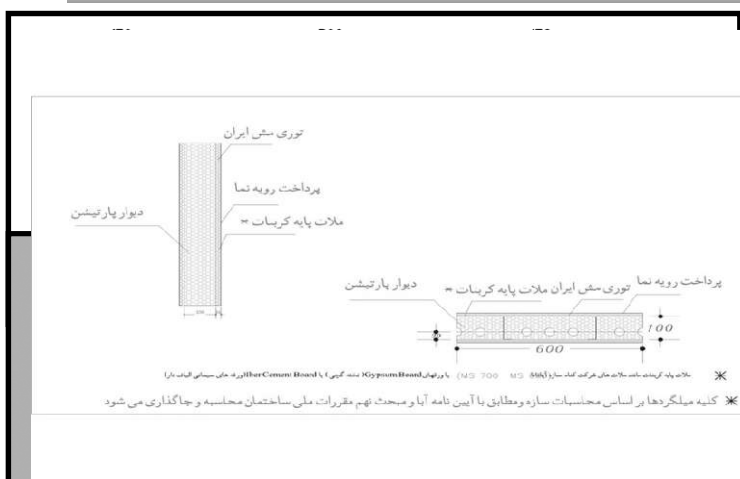
۱۷

معرفی سیستم - قالب سقف سیستم ICF

- عرض ۶۰ و ضخامت از ۲۰ تا ۳۵ سانتی متر در طول دهانه طبق سفارش
- بکارگیری پروفیل از ناودانی گالوانیزه در طول کل قطعه، مقاومت مناسبی جهت بارهای وارده در هنگام نصب و ساخت جهت اتصال سقف کاذب، آویز و ...
- عدم نیاز به تیرچه و فوندوله و اجرای تیرچه به صورت درجا
- لبه‌های پایین مقطع به صورت کام و زبانه با پانلهای مجاور در هم قفل می‌شوند و در بالا، فضای لازم جهت میلگرد گذاری فراهم می‌شود



دیوار باربر بتن مسلح با قالب‌های عایق ماندگار (ICF)



۱۸

معرفی سیستم - دیوار جدا کننده با سیستم ICF

- عرض ۶۰ سانتی متر
- ضخامت ۶ تا ۲۰ سانتی متر و در ارتفاع نامحدود
- بنا به سفارش
- استفاده از پروفیل ۰/۸ میلیمتری گالوانیزه پنج شده در ارتفاع، جهت استحکام دیوار



دیوار باربر بتن مسلح با قالب‌های عایق ماندگار (ICF)

مراحل اجرای سازه دیوار باربر بتن مسلح با سیستم ICF پانلی

- بر روی فونداسیون دقیقاً در محل قرارگیری دیوار با ریسمان رنگی امتداد دیوار مشخص میشود
- در روی امتداد مذکور نبشی و یا ناودانی از ورق خم خورده قرار میگیرد و توسط تفنگ هیلتی در جای خود محکم میشود.



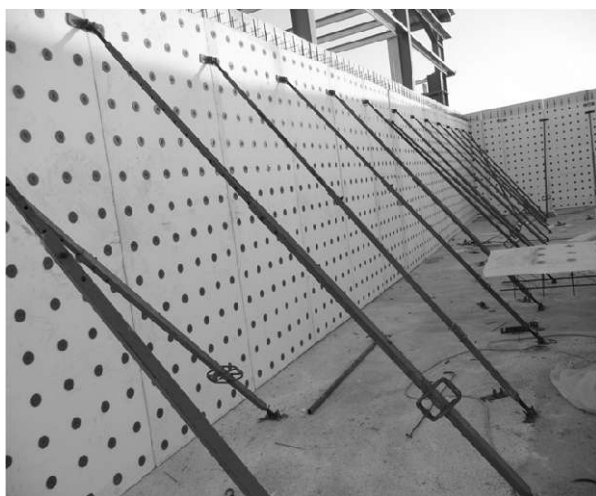
۱۹



دیوار باربر بتن مسلح با قالب‌های عایق ماندگار (ICF)

مراحل اجرای سازه دیوار باربر بتن مسلح با سیستم ICF پانلی

- قطعه دیواری در کنار نبشی قرار گرفته و پس از شاقول کردن و قراردادن میلگردهای افقی و آرماتورهای انتظار طبقات بالاتر، دیوار بتن ریزی میشود.
- به علت استفاده از میلگردهای رزوه شده در هر ۲۰ سانتیمتر که فشار بتن ریزی را تحمل می نمایند، قطعه دیواری تا ارتفاع ۳ متر در یک مرحله بتن ریزی میشود.



۲۰



دیوار باربر بتن مسلح با قالب‌های عایق ماندگار (ICF)

دامنه کاربرد و الزامات فنی

- در صورتی که ضوابط شکل پذیری بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ و مبحث نهم مقررات ملی ساختمان نشود، کاربرد این سیستم صرفاً در مناطق با خطر نسبی کم و متوسط و برای ساختمانهای با اهمیت کم و متوسط تا حداکثر ارتفاع ۱۰ متر مجاز است.
- در صورتی که ضوابط شکل پذیری رعایت شود، ضمن رعایت ضوابط مقاومت در برابر آتش، حداکثر ارتفاع ساختمان بر اساس ضوابط استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم، به عنوان سیستم دیوار باربر بتن آرمه تا حداکثر ۵۰ متر از تراز پایه مجاز است.
- در صورت استفاده از رابط‌های پلاستیکی، حداکثر ارتفاع مجاز ساختمان به دو طبقه محدود می‌شود.
- طراحی این سیستم برای ساختمانهای بیش از سه طبقه، باید بر اساس دیوارهای بتن آرمه ویژه انجام شود.
- بارگذاری ثقلی و لرزه‌ای باید بر اساس مبحث ششم مقررات ملی ساختمان و آخرین ویرایش استاندارد ۲۸۰۰ صورت گیرد.
- طراحی و اجرای سیستم بر اساس مبحث نهم مقررات ملی ساختمان و نشریه ۵۷۵ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی انجام میشود.
- پلی‌استایرن منبسط شده مورد استفاده در این سیستم باید از نوع خودخاموش شو (کندسوز) باشد و با انجام قابلیت آفرزش حداقل رده E را احراز نماید.
- نحوه محافظت این پلی‌استایرن با ضخامت کافی از آلوده‌های مناسب با توجه به شرایط داخلی و خارجی صورت گیرد.

۲۱



قابهای بتن آرمه پیش ساخته و نیمه پیش ساخته

معرفی سیستم



- ❖ در سال‌های اخیر استفاده از قاب‌های بتن آرمه پیش ساخته به علت ارتقای کیفیت ساخت ناشی از تولید کارخانه‌ای قطعات، افزایش سرعت و کاهش زمان ساخت، کاهش عملیات اجرایی در سایت (محل پروژه)، امکان اجرا و نصب سیستم سازه در فصول نامناسب، رشد فزاینده‌ای داشته است.
- ❖ قاب‌های بتن آرمه پیش ساخته در زمره سیستم‌های سازه‌ای خطی به شمار می‌روند؛ به عبارتی، سیستم‌هایی که در آن‌ها اجزای خطی تیر و ستون به یکدیگر متصل شده و اتصالات ساده (گره‌های مفصلی) یا اتصالات خمشی (گره‌های گیردار) را به وجود می‌آورند.
- ❖ تمایز عمده قاب‌های بتن آرمه پیش ساخته با قاب‌های بتن آرمه درجا، در اتصالات آن‌ها است.
- ❖ اتصالات قابهای پیش ساخته را با توجه به روش ساخت و اجرا می‌توان به انواع زیر تقسیم نمود.

- ۱- سازه‌های با ستون‌های پیوسته
- ۲- سازه‌های با ستون‌های منقطع
- ۳- سازه‌های با قطعات قاب پرتال

۲۲

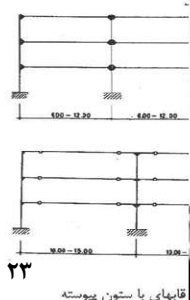


وزارت مسکن و شهرسازی
مرکز تحقیقات، راهبردی و فناوری

قابهای بتن آرمه پیش ساخته و نیمه پیش ساخته

۱- معرفی سیستم- قاب های بتن مسلح پیش ساخته با ستون های پیوسته

- ستون ها در ارتفاع یکپارچه بوده و تیرها در طول دهانه قاب با اتصال عمدتا مفصلی یا نیمه گیردار به ستون ها متصل و به عنوان سیستم باربر ثقلی استفاده می شوند.
- به عنوان سیستم باربر جانبی از دیوارهای برشی بتن آرمه یا مهاربندهای فولادی استفاده می شود.
- محل اتصال تیر به ستون



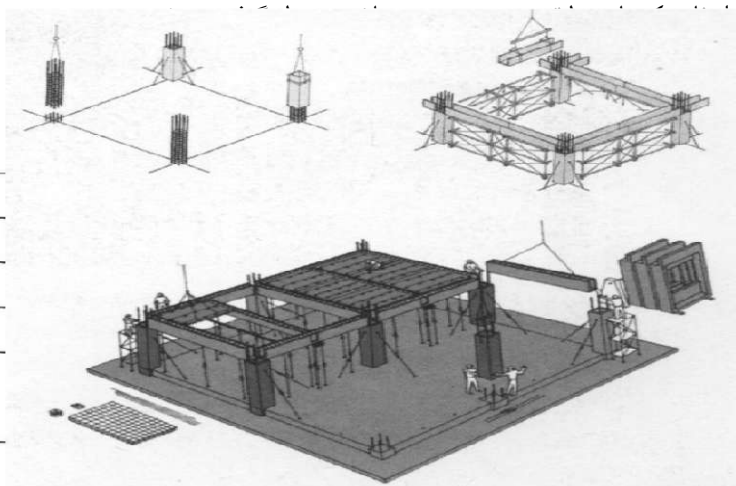
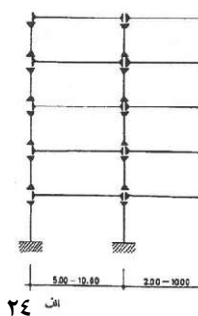
قابهای بتن آرمه پیش ساخته و نیمه پیش ساخته



وزارت مسکن و شهرسازی
مرکز تحقیقات، راهبردی و فناوری

۲- معرفی سیستم- قاب های بتن مسلح پیش ساخته با ستون های منقطع

- ستون ها در این سیستم برای
- اتصال تیر به ستون در این

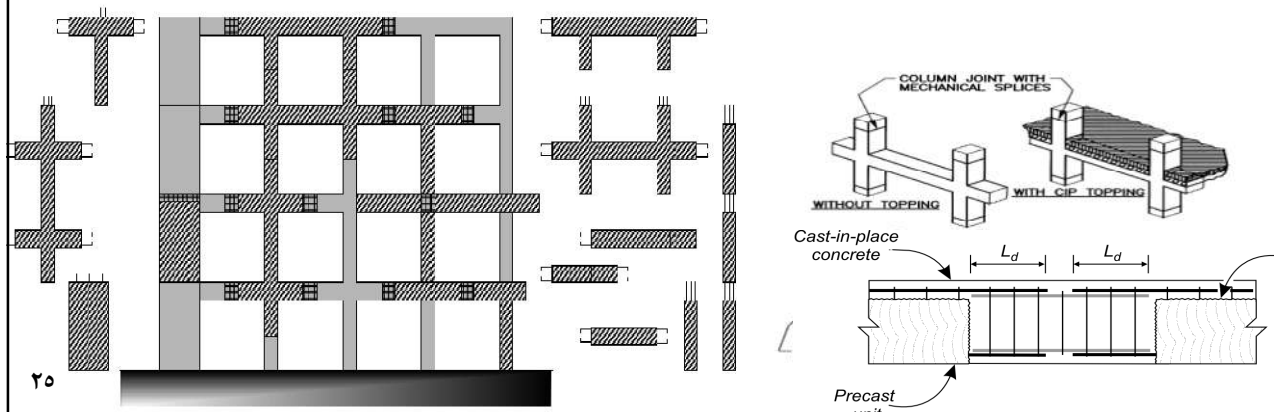




قابهای بتن آرمه پیش ساخته و نیمه پیش ساخته

۳- معرفی سیستم - قاب های بتن مسلح پیش ساخته با قطعات قاب پرتال

- در این سیستم قطعات تیر و ستون در هر طبقه به صورت یکپارچه و به شکل های T، H یا صلیبی ساخته و در محل نصب می شوند.
- تعداد قطعات و اتصالات نسبت به دو سیستم دیگر کاهش می یابد. به علت سنگینی قطعات و هندسه غیر مستقیم آنها، حمل و نصب دشوار است.



۲۵



قابهای بتن آرمه پیش ساخته و نیمه پیش ساخته

معرفی سیستم - انواع اتصالات با توجه به عملکرد سازه ای و لرزه ای

- قاب های بتن مسلح پیش ساخته را با توجه به نوع عملکرد سازه ای و لرزه ای اتصالات آن ها می توان به دو دسته اصلی زیر تقسیم نمود:

۱- اتصالات همگون یا یکپارچه معادل

Emulation or Equivalent monolithic connections

۲- اتصالات غیر همگون

Jointed system or Non-Emulative connections

۲۶



قابهای بتن آرمه پیش ساخته و نیمه پیش ساخته

۱- معرفی سیستم- اتصالات همگون یا یکپارچه معادل

- این نوع اتصالات در قاب های بتن مسلح پیش ساخته که عمدتاً از نوع اتصال تر هستند، از نظر سختی، مقاومت، شکل پذیری و مشخصه های استهلاک انرژی، رفتاری مشابه و همگون با اتصالات درجای قاب های بتن مسلح متداول دارند.
- قطعات تیر و ستون و دال سقف بتن مسلح عمدتاً از نوع نیمه پیش ساخته هستند.
- با توجه به همگون سازی و معادل سازی، لذا طرح لرزه ای قاب های بتن مسلح درجا و اتصالات آن ها، برای این نوع قاب پیش ساخته نیز صادق خواهد بود.
- رفتار غیر خطی اتصالات همگون با اجازه چرخش در مفاصل پلاستیک ایجاد شده در تیر و خارج از ناحیه چشمه اتصال شکل می گیرد.

اتصالات همگون را می توان به دو دسته زیر تقسیم نمود:

۱-۱- اتصال قوی با شکل پذیری محدود

۲-۱- اتصال شکل پذیر

۲۷

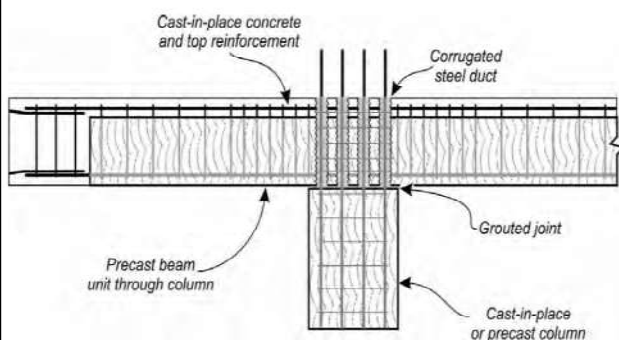


قابهای بتن آرمه پیش ساخته و نیمه پیش ساخته

۱- معرفی سیستم- اتصالات همگون یا یکپارچه معادل

۱-۱- اتصال قوی با شکل پذیری محدود

- این اتصال همگون شده با اتصال درجا باید به اندازه ای قوی طراحی شده باشد که چشمه اتصال به هنگام اعمال نیروهای شدید زلزله، در محدوده خطی باقی بماند.
- در این شرایط، تسلیم شدگی و تشکیل مفاصل پلاستیک ممکن است در هر نقطه دیگری از اعضای پیش ساخته به غیر از گره اتصال رخ دهد.



الف- استفاده از غلاف فولادی کنگره ای در محل اتصال تیر- ستون نیمه پیش ساخته و گروت ریزی داخل غلاف

۲۸

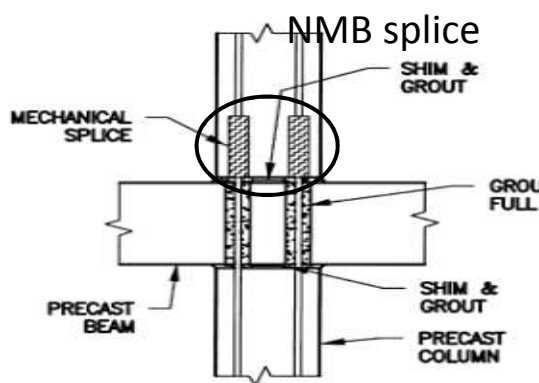
قابهای بتن آرمه پیش ساخته و نیمه پیش ساخته



۱- معرفی سیستم-اتصالات همگون یا یکپارچه معادل

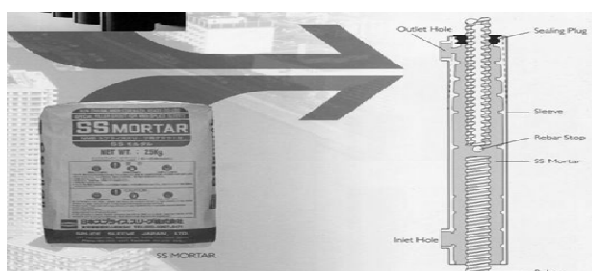
۱-۱- اتصال قوی با شکل پذیری محدود

- به عبارتی، این نوع اتصال باید به گونه‌ای طراحی شود که مفصل پلاستیک در ناحیه چشمه اتصال تشکیل نگردد
- لذا شکل پذیری اتصال تحت اثر نیروهای رفت و برگشتی زلزله می‌تواند محدود شود.



ب- اتصال تیر- ستون پیش ساخته و اتصال ستون پیش ساخته فوقانی
به تحتانی از طریق وصله مکانیکی غلافی

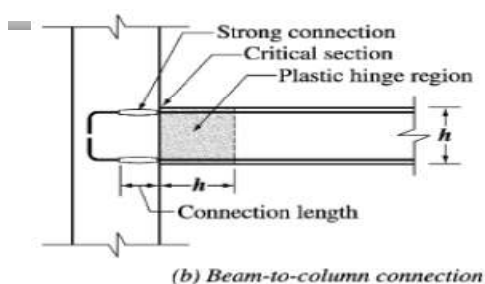
۲۹



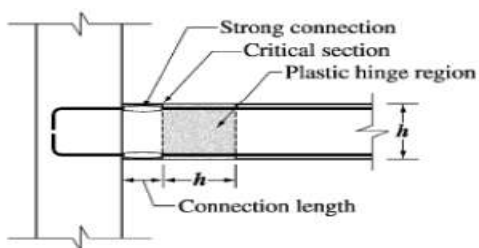
قابهای بتن آرمه پیش ساخته و نیمه پیش ساخته



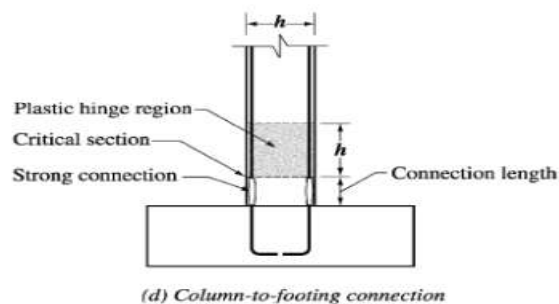
- معرفی سیستم- نمونه هایی از اتصالات قوی ارائه شده مطابق ACI 318-19



(b) Beam-to-column connection



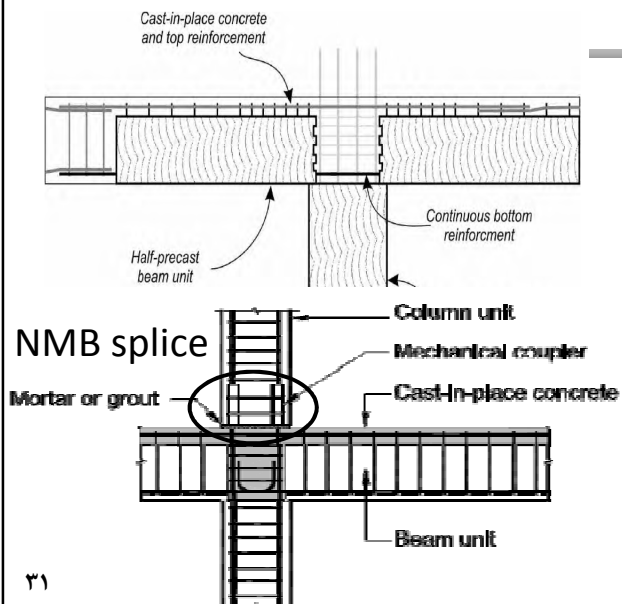
(c) Beam-to-column connection



(d) Column-to-footing connection

۳۰

قابهای بتن آرمه پیش ساخته و نیمه پیش ساخته

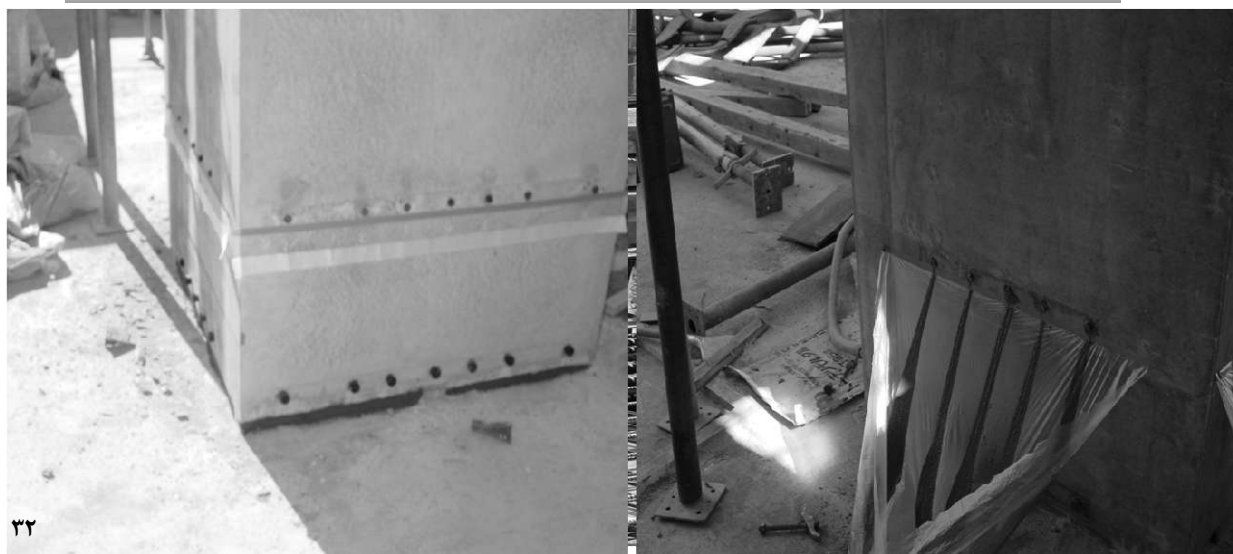


۱- معرفی سیستم- اتصالات همگون یا یکپارچه معادل

۱-۲- اتصال شکل پذیر

- انتظار می‌رود که مفصل پلاستیک در تیر و در وجه ستون تشکیل شده، و جاری شدگی در ناحیه چشمه اتصال توسعه یابد.
- لازم است دقت خاصی نیز در انتهای تیر یا وجه ستون از طریق اتصال با کلید مکانیکی یا تامین زبری مناسب برای انتقال نیروی برشی عمودی و جلوگیری از وقوع لغزش در ناحیه اتصال به عمل آید.
- مقاومت برشی اسمی در این نوع اتصال نباید کمتر از ۲ برابر نیروی برشی متناظر با لنگر خمشی محتمل باشد.

نمونه ای از ساختمان اجرا شده با اتصال خمشی تیر- ستون پیش ساخته و تجویزی کمیته ۱R-02. ACI 550 از نوع اتصال تر و اتصال غلافی ستون ها





قابهای بتن آرمه پیش ساخته و نیمه پیش ساخته

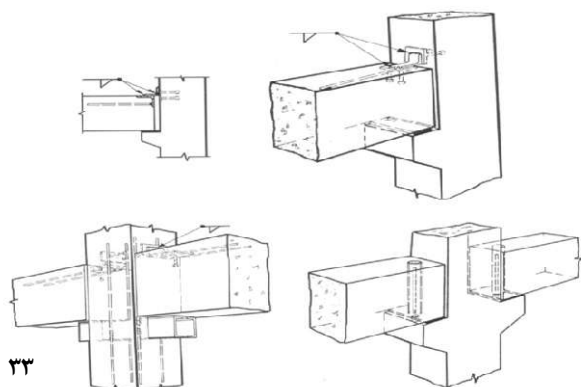
۲- معرفی سیستم - اتصالات غیر همگون

- در سیستم‌های اتصال غیر همگون، به طور معمول اتصالات ضعیف‌تر از اعضای پیش ساخته مجاور خود هستند.
- به عبارتی در این نوع سیستم اتصال، همگون سازی با اتصالات سازه‌های بتن درجا به عمل نخواهد آمد.
- اعضای تیر یا ستون در این نوع سیستم اتصال به طور معمول از نوع قطعات کاملاً پیش ساخته می‌باشند.

اتصالات غیر همگون را می‌توان به دو دسته تقسیم نمود:

۱-۲ اتصالات غیر همگون با شکل پذیری محدود

۲-۲ اتصالات غیر همگون با شکل پذیری زیاد



۱-۲ اتصال غیر همگون با شکل پذیری محدود

- این نوع اتصالات معمولاً از نوع اتصال خشک به صورت جوشی، یا پیچ و مهره، به همراه ورق‌های فولادی جای‌گذاری شده در قطعه پیش ساخته یا لقمه‌های لاستیکی خشک هستند.
- این نوع اتصالات به طور کلی شکل پذیری محدودی دارند

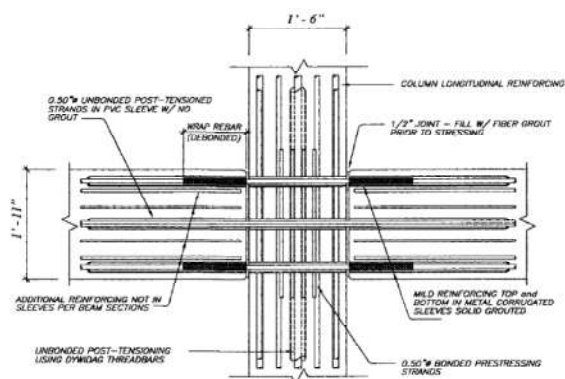
قابهای بتن آرمه پیش ساخته و نیمه پیش ساخته



۲- معرفی سیستم - اتصالات غیر همگون

۲-۲ اتصال غیر همگون شکل پذیر

- در این نوع اتصال، از ترکیب میل‌گرد فولادی در نواحی کششی و فشاری اتصال تیر به ستون و کابل‌های پس کشیده بدون چسبندگی با غلاف در مرکز اتصال، به منظور اتصال اعضای بتن مسلح پیش ساخته به یکدیگر استفاده می‌شوند.
- رفتار غیر خطی با اجازه چرخش ناشی از باز شدگی در محل اتصال تیر به ستون بوجود می‌آید. چنین اتصالاتی می‌توانند به عنوان اتصالات شکل پذیر طرح و اجرا شوند.



الف - اتصال هیبریدی شامل کابل پس کشیده در هسته اتصال و میلگرد

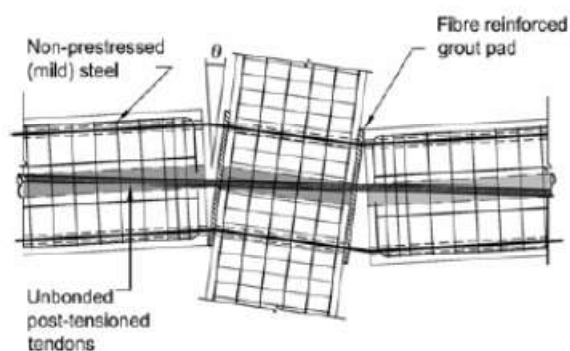
فولادی نرمه غیر پیش تنیده در بالا و پایین گره اتصال



قابهای بتن آرمه پیش ساخته و نیمه پیش ساخته

۱- اتصالات غیر همگون

۱-۲- اتصال غیر همگون شکل پذیر هیبریدی



- تغییر شکل غیر ارتجاعی عضو به هنگام وقوع زلزله در وجه اعضای پیش ساخته که در آن‌ها ترک‌ها باز و بسته خواهند شد، متمرکز می‌شود. کابل پس کشیده بدون چسبندگی نیز در محدوده ارتجاعی باقی می‌ماند.

ب- تغییر شکل اتصال هیبریدی تحت اثر بارهای جانبی

۳۵



قابهای بتن آرمه پیش ساخته و نیمه پیش ساخته

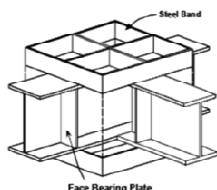
دامنه کاربرد و الزامات فنی

۱. اتصالات همگون یا یکپارچه معادل، قابلیت طرح و اجرا برای مناطق مختلف لرزه خیز کشور به ویژه مناطق با لرزه خیزی بسیار زیاد کشور را دارا هستند.
۲. اتصالات غیر همگون با شکل پذیری زیاد که اتصالات هیبریدی در این دسته قرار می‌گیرند، می‌توان در مناطق مختلف لرزه خیز کشور به ویژه مناطق با لرزه خیزی شدید کشور طرح و اجرا نمود.
۳. اتصالات غیر همگون با شکل پذیری محدود که اتصالات جوشی یا پیچ و مهره نشان داده شده در این دسته قرار می‌گیرند، با توجه به شکل پذیری کم به هیچ عنوان برای مناطق لرزه خیز شدید کشور مجاز نمی‌باشند.
۴. عملکرد مطلوب لرزه ای در قاب های خمشی بتن مسلح پیش ساخته، منوط بر طرح، ساخت و اجرای صحیح است

۳۶



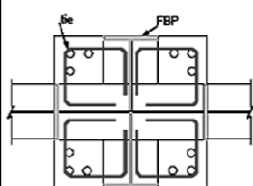
قاب خمشی مختلط بتنی- فولادی (RCS) با تیر پیوسته



معرفی سیستم

❖ سیستم قاب خمشی مختلط بتنی- فولادی RCS شامل ستون‌های بتن مسلح درجا، تیرهای فولادی و اتصالات مختلط بتنی-فولادی مطابق شکل می‌باشد
Reinforced Concrete column with Steel beam

❖ این سیستم به وسیله اتصالات ممان گیر آن در مقابل بارهای جانبی مقاومت می‌کند.



❖ در سیستم قاب خمشی RCS که به عنوان جایگزینی برای قاب خمشی فولادی می‌باشد، جهت کم کردن هزینه‌ها، ستون بتنی با مقاومت بالا جایگزین ستون فولادی می‌گردد

❖ همچنین در دهانه‌های بزرگ (بالای ۶ متر)، تیرهای فولادی سبک جایگزین تیرهای بتن آرمه سنگین خواهند شد.

۳۷



قاب خمشی مختلط بتنی- فولادی (RCS) با تیر پیوسته

دامنه کاربرد و الزامات فنی

- ❖ استفاده از این سیستم مشروط بر رعایت الزامات آن تا حداکثر ۵۰ متر از تراز پایه در کلیه پهنه‌های لرزه خیزی کشور مجاز است.
- ❖ حداقل مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه استوانه‌ای استاندارد بتن سازه باید برابر ۲۵ مگاپاسکال باشد.
- ❖ بارگذاری ثقلی این سیستم باید بر اساس آخرین ویرایش مبحث ششم مقررات ملی ساختمان و بارگذاری لرزه‌ای آن با در نظر گرفتن ضریب رفتار $R=7$ بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ انجام شود.
- ❖ طراحی کلیه اجزاء و اتصالات آن باید بر اساس ضوابط قاب‌های خمشی ویژه مختلط (C-SMF) مطابق با آیین‌نامه AISC 341-16، راهنمای طراحی اتصالات تیر فولادی به ستون بتنی ASCE1994 و گزارش شماره ۱۵۵ دانشگاه استنفورد (آقایان کوردبا و دیرلین) صورت گیرد.
- ❖ اجرای تسمه‌های فولادی دور ستون در بالا و پایین تیر و ورق‌های اتکایی جانبی در جان تیر در محل اتصال طبق ضوابط ASCE1994 الزامی است.
- ❖ ستون‌های بتنی در محل اتصال با تیر فولادی باید دارای خاموت گذاری طبق ضوابط ASCE1994 و یا ورق پوششی باشد.
- ❖ حداکثر جابجایی جانبی نسبی مجاز در این سیستم ۵۰ درصد مقادیر مجاز در استاندارد ۲۸۰۰ برای قاب خمشی فولادی ویژه می‌باشد.
- ❖ رعایت کلیه ضوابط آیین‌نامه ACI 318-19 به خصوص ضوابط ویژه لرزه‌ای (شکل‌پذیری ویژه) فصل ۲۱ این آیین‌نامه برای طراحی مقاطع بتن مسلح الزامی است.
- ❖ ضوابط مربوط به طراحی و جوشکاری تمام اتصالات به ویژه چشمه اتصال پیش ساخته شامل اتصال تیر فولادی به حلقه نواری بالا و پایین تیر در چشمه اتصال، اتصال ورق‌های سخت کننده داخل چشمه اتصال به بال تیر و حلقه نواری بالا و پایین و همچنین اتصال سخت کننده‌های جان تیر در وجه ستون، باید بر اساس آیین‌نامه‌های AWS و AISC رعایت شود.

۳۸



سیستم ساختمانی مبتنی بر پانلهای دیواری و سقفی باربر AAC

• معرفی سیستم

- ❖ دیوارها و سقف های پانلی باربر بتن مسلح AAC نوع جدیدی از سیستم سازه ای است که قابلیت اجرای ساختمان تا سه طبقه را به عنوان نوعی سیستم دیوار باربر دارد.
- ❖ بتن هوادار اتوکلاو شده (AAC) از سیلیس، سیمان، آهک، پودر آلومینیوم و آب ساخته می شود که با جرم حجمی خشک حدود ۶۰۰ تا ۸۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب، ویژگی سبکی وزن و عایق حرارتی بودن را دارا است.
- ❖ بتن هوادار اتوکلاو شده به همراه المانهای مسلح کننده که عموماً دو لایه شبکه میلگرد فولادی جوش شده می باشند، در ساخت پانلهای بتن مسلح پیش ساخته AAC مورد استفاده قرار می گیرد.
- ❖ به طور کلی مقاومت برشی درون صفحه پانل AAC به مقاومت برشی AAC غیر مسلح محدود می شود.
- ❖ در رفتار خمشی خارج از صفحه این پانلها، پیوستگی میان میلگرد فولادی و بتن سبک از طریق لهیدگی بتن در تماس با میلگردهای متقاطع مش تامین میشود.
- ❖ آجدار بودن یا بدون آج بودن میلگرد در این پانلها، تفاوتی را در طراحی ایجاد نمی نماید.

۳۹



سیستم ساختمانی مبتنی بر پانلهای دیواری و سقفی باربر AAC

• معرفی سیستم

- یکی از اجزا مهم و به روز سیستم های بتن هوادار اتوکلاو شده پانل های مسلح AAC می باشند. این پانل ها به دو صورت باربر و غیر باربر در برای دیوارها، و به صورت باربر برای کف و سقف طراحی و در کارخانه تولید می گردند.



در تولید پانل های مسلح بتن هوادار اتوکلاو شده، به منظور تسلیح از مشهای فولادی جوشی استفاده می شود.

۴۰

سیستم ساختمانی مبتنی بر پانلهای دیواری و سقفی باربر AAC

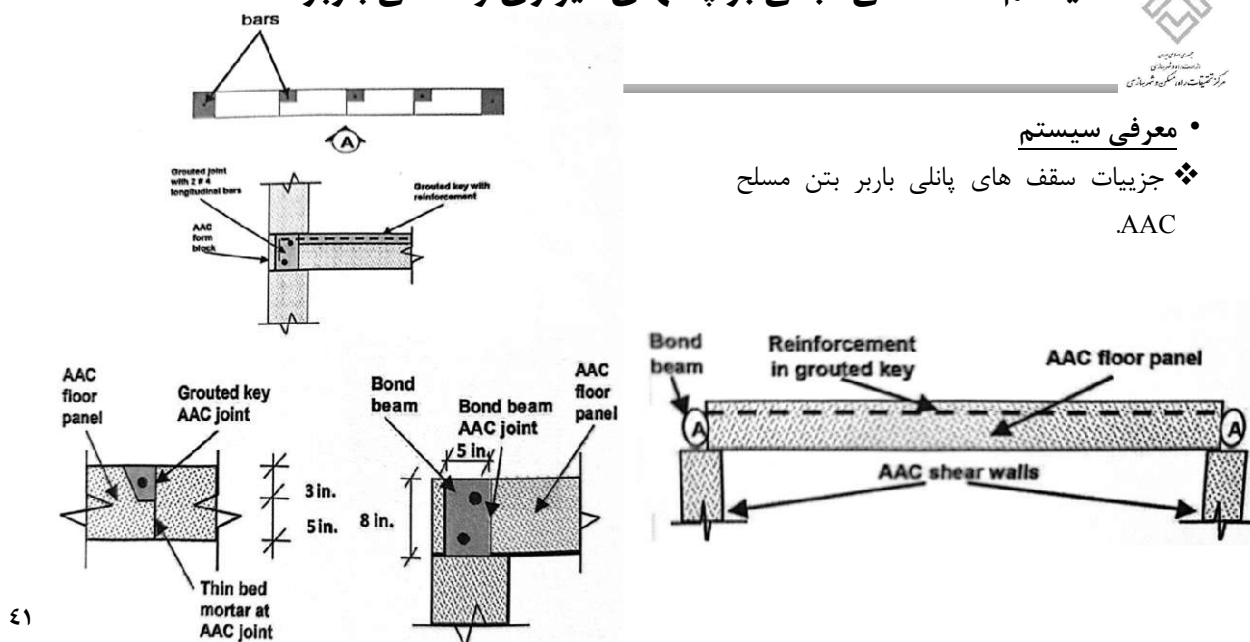


وزارت مسکن و شهرسازی
مرکز تحقیقات، راهبردی و مهندسی

• معرفی سیستم

❖ جزییات سقف های پانلی باربر بتن مسلح

AAC



۴۱

سیستم ساختمانی مبتنی بر پانلهای دیواری و سقفی باربر AAC



وزارت مسکن و شهرسازی
مرکز تحقیقات، راهبردی و مهندسی

معرفی سیستم - پانل های مسلح AAC - نمونه های اجرا شده از پانل های سازه ای



۴۲



مرکز تحقیقات، راهبردی و فناوری
سازمان پژوهش‌های راهبردی و فناوری

سیستم ساختمانی مبتنی بر پانلهای دیواری و سقفی باربر AAC

• دامنه کاربرد و الزامات فنی

- ❖ استفاده از این سیستم در تمام پهنه های لرزه خیزی کشور با در نظر گرفتن ضریب رفتار $R_u=2.5$ و $C_d=2.5$ و ضریب مقاومت افزون برابر با ۲، مجاز است.
- ❖ حداکثر تعداد طبقات مجاز ساختمان ساخته شده با این سیستم، ۳ طبقه یا ۱۰ متر از روی فونداسیون می باشد.
- ❖ طراحی سازه ای سیستم باید بر اساس آیین نامه ACI 529R-19 انجام شود.
- ❖ حداقل مقاومت فشاری بتن AAC در پانلهای دیواری و سقفی باید برابر ۴ مگاپاسکال باشد.
- ❖ میلگردهای طولی و عرضی در پانلهای دیواری و سقفی و خاموت مورد استفاده در کلافها باید از نوع S340 باشد.
- ❖ حداقل ضخامت پانلهای دیوارهای باربر بتن مسلح AAC برابر ۲۰ سانتی متر میباشد، و میزان ضخامت پانل و آرماتورگذاری باید بر اساس شرایط ساختمان و تعداد طبقات طراحی شود.
- ❖ پانلهای دیواری در دو سمت آن به صورت کام بوده و در فضای خالی ایجاد شده بین پانلهای پس از تعبیه میلگرد با بتن یا گروت پر شود.
- ❖ پانلهای سقفی در دو طرف باید فرورفتگی به صورت L شکل بوده که پس از میلگرد گذاری در داخل فرورفتگی باید گروت ریزی شود.
- ❖ بتن مورد استفاده در محل اتصال دو پانل سقفی یا دیواری مجاور یکدیگر باید از نوع C30 باشد.
- ❖ در صورت استفاده از گروت در فضای خالی مجاور پانل ها یا سایر موارد باید از نوع غیر انقباضی با مقاومت فشاری حداقل ۴۰ مگاپاسکال باشد.
- ❖ در تراز سقف و بر روی دیوارها باید یک کلاف افقی بتن مسلح طراحی و اجرا شود.
- ❖ چسب لایه نازک که در محل اتصال پانلهای دیواری و سقفی به کار می رود، باید مطابق استاندارد ۷۰۶-۲ باشد.

۴۳



مرکز تحقیقات، راهبردی و فناوری
سازمان پژوهش‌های راهبردی و فناوری

سیستم ساختمان پیش ساخته بتنی سریع الاحداث

• معرفی سیستم

- ❖ این سیستم مبتنی بر اجرای ساختمانهای بتن مسلح پیش ساخته با استفاده از قطعات سه بعدی مدولار است.
- ❖ قطعات پیش ساخته سه بعدی مدولار به پهنای ۱۲۰ سانتی متر شامل کف، سقف و دیوار بتن آرمه که با قرار گیری در کنار یکدیگر در تراز افقی، یا قرار گیری بر روی یکدیگر در تراز قائم، و با استفاده از اتصالات پیچ و مهره ای، ساختمانهای یک یا دو طبقه را ایجاد مینمایند.
- ❖ این سیستم در جهت عرضی (پهنای ۱۲۰ سانتیمتری) بلوکها، به صورت دیوار برشی باربر بتن آرمه و در جهت طولی رفتاری مشابه قاب خمشی دارد.
- ❖ هر بلوک شامل یک پوسته بتن آرمه به ضخامت ۷۵ میلیمتر است که در کلیه لبه های هر دو طرف بلوک، با کلاف های پیرامونی به ابعاد ۱۵ سانتی متر در عمق ۲۲.۵ سانتیمتر تقویت شده اند.
- ❖ در این سیستم برای لوله های برقی و تاسیساتی، سوراخهای لازم در کف و سقف و دیوارهای هر بلوک، پیش بینی شده است تا هیچ گونه تخریبی در زمان اجرا مورد نیاز نباشد.

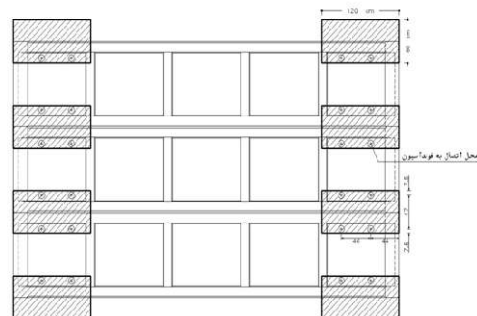
۴۴

سیستم ساختمان پیش ساخته بتنی سریع الاحداث



وزارت مسکن و شهرسازی
مرکز تحقیقات، راهبردی و عمرانی

• معرفی سیستم



شکل ۱- پلان اتصال قطعات سه بعدی پیش ساخته به یکدیگر و به فونداسیون پیش ساخته منفرد توسط چهار عدد میل مهار

شکل ۲- جزئیات سوراخ های لازم برای اتصال قطعات مجاور هم با میل مهارها، سوراخهای لازم برای عبور مدارهای تاسیسات برقی و مکانیکی، و نوار لاستیکی درزبندی در لبه هر قطعه پیش ساخته

۴۵

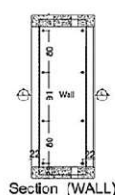
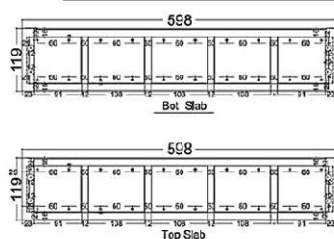
سیستم ساختمان پیش ساخته بتنی سریع الاحداث



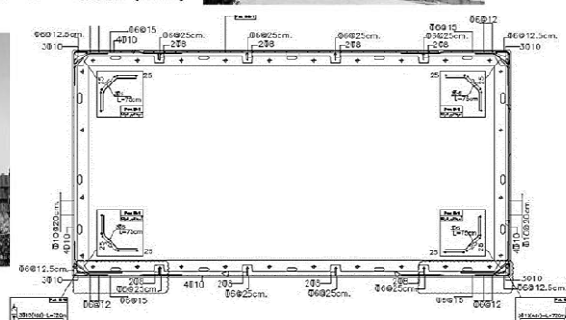
وزارت مسکن و شهرسازی
مرکز تحقیقات، راهبردی و عمرانی

• معرفی سیستم

- ❖ مقاطع هندسی بلوکهای بتنی پیش ساخته در پلان و ارتفاع نمایش داده شده است.
- ❖ فونداسیون این سیستم به صورت پی منفرد پیش ساخته بتن آرمه می باشد.
- ❖ قرارگیری بلوکهای بتن آرمه پیش ساخته بر روی یکدیگر و نمونه ای از احداث ساختمان دو طبقه با این سیستم



۴۶





مرکز تحقیقات، راهبردی و عمرانی

سیستم ساختمان پیش ساخته بتنی سریع الاحداث

• دامنه کاربرد و الزامات فنی

- ❖ استفاده از این سیستم در تمام پهنه های لرزه خیزی کشور مجاز است.
- ❖ حداکثر تعداد طبقات مجاز ساختمان پیش ساخته با این سیستم، حداکثر دو طبقه یا ۷ متر از روی تراز پایه می باشد.
- ❖ ضریب رفتار این سیستم در جهت عرضی (عملکرد دیوار برشی باربر) $R_u=3$ ، $C_d=3$ با ضریب مقاومت افزون برابر با ۲، و در جهت طولی (عملکرد قاب خمشی) $R_u=4$ ، $C_d=4$ با ضریب مقاومت افزون برابر با ۲.۵ می باشد.
- ❖ حداقل عرض پوسته دیوارهای بتنی باید برابر ۷.۵ سانتیمتر و حداقل عرض کلاف ها باید ۱۵ سانتیمتر باشد.
- ❖ طراحی سازه ای سیستم باید بر اساس آیین نامه مبحث نهم مقررات ملی ساختمان انجام شود.
- ❖ حداقل مقاومت فشاری بتن سازه باید ۴۰ مگاپاسکال و میلگردهای طولی و عرضی از نوع S400 باشد.
- ❖ هر بلوک سه بعدی پیش ساخته باید در هر انتها و در چهار نقطه از طریق میل مهار فولادی رده S400 با قطر حداقل ۱۸ میلیمتر به فونداسیون منفرد پیش ساخته متصل شود.
- ❖ هر دو بلوک مجاور هم باید توسط ۱۶ عدد میل مهار تمام رزوه (در هر وجه کف، سقف و دیوارها حداقل به تعداد ۴ عدد) با قطر حداقل ۱۸ میلیمتر متصل شود.

۴۷



مرکز تحقیقات، راهبردی و عمرانی

سیستم ساختمان ساخته شده با پرینت سه بعدی

• معرفی سیستم

- ❖ در سالهای اخیر استفاده از چاپگرهای سه بعدی بتن با وجود قیمت بالای پرینترها، رشد فزاینده ای یافته است.
- ❖ مزایایی همچون سرعت بالا و کاهش زمان ساخت، کاهش نیروی انسانی و دستمزد ساخت، افزایش دقت ساخت و بهبود ایمنی از مزایای این روش و این سیستم به شمار می رود.
- ❖ امکان ساخت سازه ها و سیستم انعطاف پذیر با استفاده از دستگاه ربات و پرینت هر جدار خارجی و داخلی دیوار و سپس پرینت جدار میانی S شکل یا مربعی شکل در هر لایه پرینت شده شده به ضخامت ۳ سانتیمتر فراهم می شود.



۴۸



وزارت راه و ترابری
سازمان برنامه و بودجه
گروه تخصصی راه و ترابری

سیستم ساختمان ساخته شده با پرینت سه بعدی

معرفی سیستم



❖ با پرینت سه بعدی، امکان احداث ساختمانهای یک تا سه طبقه بتنی فراهم می گردد.

❖ سیستم سازه ای حاصل از این روش اجرا، سیستم دیوارهای باربر بتنی است.

❖ با تعبیه میلگردهای طولی قائم در داخل سوراخهای S شکل حد فاصل دو لایه پرینت شده و نیز تعبیه میلگردهای عرضی افقی (میلگردهای بستر) در صورت لزوم، امکان تسلیح دیوار باربر بتنی فراهم می شود.

❖ سپس داخل سوراخهای S شکل میلگرد گذاری شده با بتن پر خواهد شد.

❖ در این سیستم، پس از اجرای دیوارهای بتنی توسط ربات تا تراز سقف، سپس سقف سازه ای و کلافهای مربوطه در محل کارگاه اجرا خواهد شد.

❖ پس از اجرای دیوارهای باربر بتنی، اجرای انواع سقفها نظیر، تیرچه بلوک، سقفهای پانلی باربر بتن سبک AAC، یا هر نوع سقف دیگری به صورت درجا یا پیش ساخته امکان پذیر می باشد.



۴۹



وزارت راه و ترابری
سازمان برنامه و بودجه
گروه تخصصی راه و ترابری

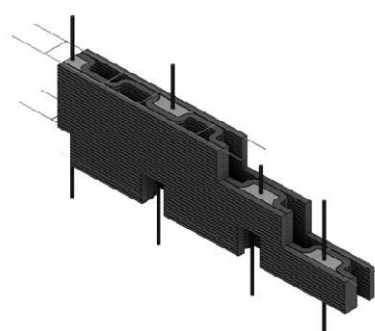
سیستم ساختمان ساخته شده با پرینت سه بعدی

معرفی سیستم

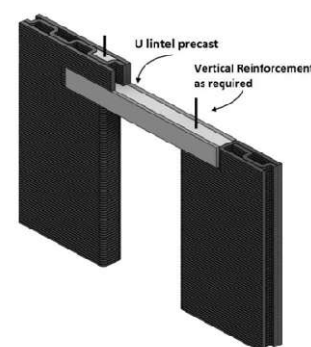
امکان ایجاد مدارهای تاسیساتی در حد فاصل بین دو لایه دیوار وجود دارد



شکل ۱- پرینت سه بعدی با رابط های بین لایه ای دندانه ای شکل به جای رابط های سینوسی S شکل



شکل ۲- جزییات تعبیه میلگردهای طولی قائم و میلگردهای بستر افقی در دیوار پرینت شده



شکل ۳- جزییات اجرای نعل درگاه بتنی پیش ساخته در دیوار پرینت شده



سیستم ساختمان ساخته شده با پرینت سه بعدی



• دامنه کاربرد و الزامات فنی

- استفاده از این سیستم در تمام پهنه های لرزه خیزی کشور با رعایت ضوابط مربوطه مجاز است.
- سیستم سازه پرینت سه بعدی در هر دو جهت دارای ضریب رفتار $R_u=2$ ، $C_d=2$ با ضریب مقاومت افزون برابر با ۲، میباشد.
- حداکثر ارتفاع مجاز ساختمان با این سیستم، ۳ طبقه یا ده متر تا تراز سقف است.
- پی در این سیستم بسته می تواند از نوع پی نواری باشد و اتصال میلگردهای قائم به پی از طریق کوپلرهای کار گذاشته شده در پی انجام می شود.
- حداقل ضخامت دیوارهای باربر پرینتی، ۲۵۰ میلی متر می باشد و ضخامت جدارهای داخلی و خارجی و جدار میانی (S شکل) حداقل به ضخامت ۵۰ میلی متر باید باشد.
- بتن مصرفی در دیوارهای پرینت سه بعدی باید حداقل ۴۰ مگاپاسکال باشد.
- در دیوارهای پرینتی باربر باید فضای بین S شکلهای، در فواصلی که بر اساس طراحی تعیین میشود با میلگرد قائم مسلح شده و با بتن با حداقل مقاومت فشاری ۲۵ مگاپاسکال پر شود. حداقل قطر میلگرد قائم برابر با ۱۰ میلیمتر و حداکثر فاصله بین میلگردهای قائم باید ۳ متر باشد.
- دیوارهای پرینتی باربر باید با میلگردهای بستر افقی در فواصل حداکثر یک متر به نحوی که جدارهای داخلی و خارجی را به هم متصل نمایند، مسلح شوند.
- در ابتدا و انتهای بازشوها دیوارهای باربر باید در فضای خالی بین S شکلهای، میلگرد قائم تعبیه و با بتن C25 پر شود.
- دیوار پرینتی غیر سازه ای باید از پرینت دو جداره چسبیده به هم با ضخامت ۵۰ حداقل میلی متر اجرا شود.
- در تراز سقف و بر روی دیوار باید یک کلاف افقی بتن مسلح اجرا شود.

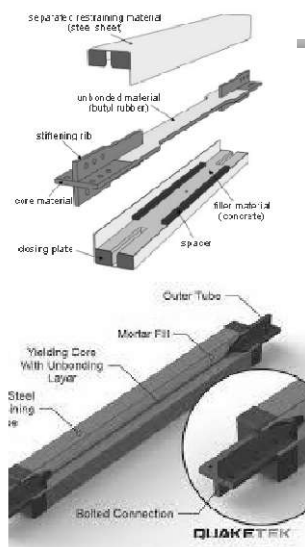
۵۱

سیستم مهاربندهای کمانش تاب BRB



• معرفی سیستم

- ❖ سیستم مهاربندی کمانش تاب (کمانش ناپذیر) نوع جدیدی از سیستمهای مهاربندی همراه با شکل-پذیری و اتلاف انرژی قابل توجه هستند که با هدف بهبود رفتار لرزه‌ای مهاربندهای متداول طراحی شده‌اند.
- ❖ این نوع مهاربندها دارای یک هسته فولادی هستند که درون غلافی از جنس فولاد قرار گرفته و درون این غلاف باگروت یا بتن پر میشود. هسته فولادی می-تواند مقطعی همچون ورق مسطح یا صلیبی شکل باشد.
- ❖ مهاربندهای کمانش تاب به گونه ای ساخته و طراحی می شوند که هسته مهاربند بتواند در راستای طولی مستقل از مکانیزم جلوگیری از کمانش، عمل کند.
- ❖ به عبارتی، تمام نیروی محوری که به مهاربند وارد می-شود توسط هسته تحمل می شود.
- ❖ با جلوگیری از کمانش هسته، این المان می-تواند در فشار همانند کشش جاری شده و بدین ترتیب توانایی جذب انرژی آن به طور چشمگیری افزایش می-یابد.



۵۲



سیستم مهاربندهای کمانش تاب BRB

- نمونه های از ساختمان های جدیدالاحداث با مهاربندهای کمانش تاب



(ب)



(الف)

- شکل ۱ الف) بیمارستان Kaiser Santa Clara، ب) بکارگیری بادبندهای BRB

۵۳



سیستم مهاربندهای کمانش تاب BRB

- نمونه های از ساختمان های مقاوم سازی شده با مهاربندهای کمانش تاب



(ب)



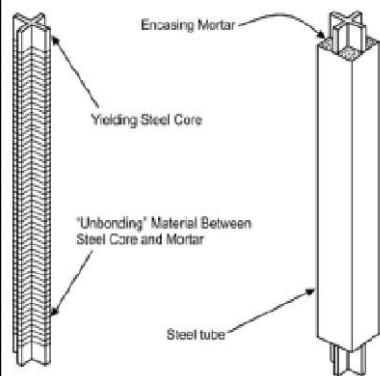
(الف)

- شکل ۲ الف) ساختمان فدرال Wallace F. Bennett، ب) مقاوم سازی با بادبندهای BRB

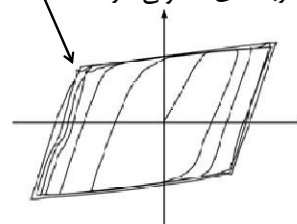
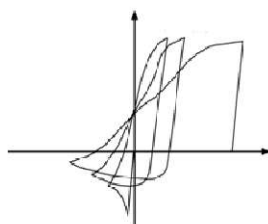
۵۴



سیستم مهارندهای کمانش تاب BRB



الف



ب

• **معرفی سیستم** - مزیت و تمایز مهارندهای کمانش تاب نسبت به مهارندهای معمولی

❖ مهارندهای کمانش تاب منحنی های چرخه ای پایدار و نسبتا متقارنی تحت فشار و کشش از خود به نمایش می گذارند.

❖ مهارندهای کمانش تاب، قابلیت استهلاک و جذب انرژی بالاتری در برابر نیروهای زلزله در مقایسه با مهارندهای معمولی دارند

شکل: الف) بادبند دارای هسته فلزی با خاصیت جاری شدگی، ب) مقایسه رفتار چرخه ای بادبند کمانش ناپذیر با بادبند معمولی ۵۵



سیستم مهارندهای کمانش تاب BRB

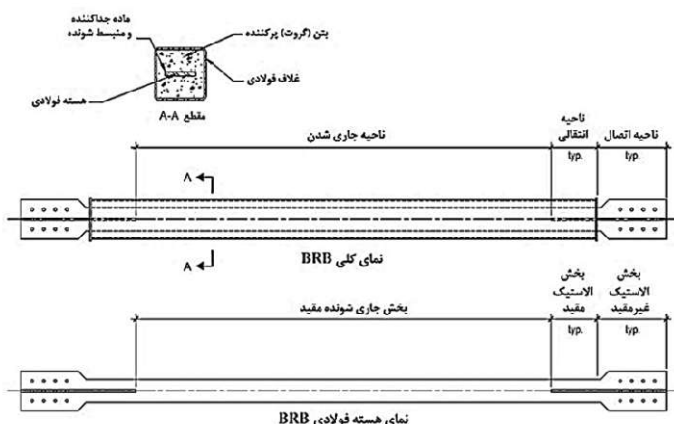
• **معرفی سیستم**

❖ هر مهاربند کمانش تاب از سه ناحیه تشکیل میشود

(۱) ناحیه جاری شونده - هسته مهاربند که توسط بتن و غلاف پیرامونی در برابر کمانش مقید میشود. این ناحیه با جاری شدن هسته به صورت فیوز عمل نموده و وارد ناحیه غیر ارتجاعی میگردد.

(۲) ناحیه انتقالی - که معمولا سطح مقطعی بزرگتر از هسته جاری شونده دارد و با تعبیه سخت کننده فولادی، بتن و غلاف پیرامونی مقید شده و در محدوده ارتجاعی باقی می ماند

(۳) ناحیه اتصال - این ناحیه با افزایش سطح مقطع مهاربند و تعبیه سخت کننده های لازم خارج ناحیه غلاف پیرامونی قرار گرفته، غیر مقید محسوب می شود و در محدوده ارتجاعی باقی می ماند. این ناحیه میتواند با ادوات اتصال مناسب مانند پین، پیچ یا جوش به صفحه اتصال انتهایی قاب مهاربندی (گاسلت پلیت) متصل شود.





سیستم مهاربندهای کمانش تاب BRB

• دامنه کاربرد و الزامات فنی

سیستم سازه	R	Ω_0	C_d	H_m (m)
قاب ساختمانی + مهاربند کمانش تاب	7	2.5	5	50*
سیستم دوگانه (قاب خمشی + مهاربند کمانش تاب)	8	2.5	5	200

- * ارتفاع مجاز در سیستم قاب ساختمانی با مهاربند کمانش تاب، در صورتیکه شرایط زیر موجود باشد، می-تواند از ۵۰ متر به ۷۵ متر افزایش یابد:
- الف) زمین ساختگاه از نوع I، II یا III جدول ۲-۴ استاندارد ۲۸۰۰ باشد.
- ب) ساختمان دارای نامنظمی در پلان از نوع شدید پیچشی نباشد.
- ج) ساختمان در هر امتداد اصلی دارای سیستم مقاوم جانبی در دو طرف مرکز جرم باشد.

۵۷

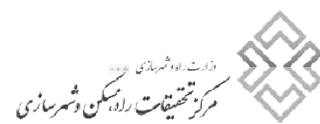


سیستم مهاربندهای کمانش تاب BRB

• دامنه کاربرد و الزامات فنی

- طراحی و ساخت سازه-های جدید و همچنین مقاوم سازی سازه-های موجود با شکل-پذیری، اتلاف انرژی و سطح عملکرد بالاتر در برابر انواع نیروهای جانبی.
- برای ارزیابی و تایید عملکرد مهاربند کمانش تاب، انجام آزمایش بارگذاری سیکلیک رفت و برگشتی بر روی مهاربند کمانش تاب با مقیاس واقعی، مطابق مبحث دهم مقررات ملی ساختمان، یک بار به صورت تنها و بار دیگر در داخل قاب مهاربندی شده برای هر تیپ مهاربند الزامی است.
- طراحی، آزمایش و جزییات بندی مهاربند باید به نحوی باشد که تغییرشکلهای مورد انتظار که بیشترین مقدار به دست آمده از بین دو درصد تغییرمکان جانبی نسبی ارتفاع طبقه و دو برابر تغییرمکان جانبی نسبی غیر خطی محاسبه شده برای طبقه است، را تامین نماید.
- نمودار تاریخچه نیروی اعمالی نسبت به تغییرمکان باید نشان دهنده رفتار پایدار و قابل تکرار همراه با سختی افزاینده مثبت باشد.
- با انجام آزمایش ضروری است مقدار ضریب β (ضریب نسبت حداکثر نیروی فشاری به حداکثر نیروی کششی نمونه مهاربند) و ضریب ω (ضریب تعدیل سخت-شدگی کرنشی) در این نوع مهاربندها بر اساس نمونه-های آزمایش شده در تغییرمکان جانبی نسبی مختلف تعیین شود.
- در آزمایش نمونه مهاربند کمانش تاب تنها، در هر چرخه با تغییر شکل بیش از حد جاری شدن هسته مهاربند، ضریب β باید همواره کوچکتر از 1.5 باشد.
- بخشهای انتقالی و متصل شونده انتهایی مهاربند باید قادر به تحمل مقاومت اصلاح شده مهاربند در فشار که از حاصل ضرب ضریب β ، ضرب در ضریب ω ، ضرب در سطح مقطع هسته مهاربند، ضرب در تنش تسلیم واقعی مورد انتظار مهاربند به دست می آید، باشد.

۵۸



با تشکر از توجه شما

معرفی سیستم های نوین سازه ای و دیوارهای غیر سازه ای

دکتر فرهنگ فرجبد

دانشیار و رئیس بخش مهندسی سازه و ابنیه فنی

مرکز تحقیقات راه و مسکن و شهرسازی



فصل ۲

سقف های سازه ای



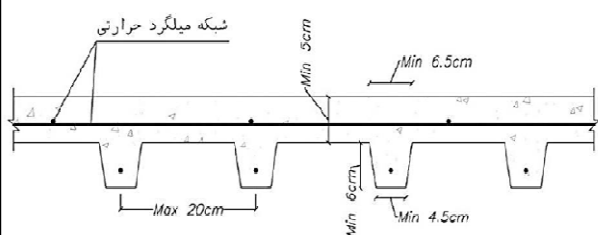
سیستم سقف های معرفی شده

۱. سیستم سقف مرکب فولادی و بتنی با دال بتنی دندانه ای
۲. سیستم سقف مرکب با قالبهای فولادی قوسی
۳. سیستم سقف پیش ساخته سبک موسوم به LCP
۴. سیستم سقف دالهای نیمه پیش ساخته بتن مسلح دابل تی با بتن رویه
۵. سقف مجوف بتن مسلح با استفاده از گوی های توخالی ماندگار (U-BOOT)
۶. سقف مجوف بتن مسلح با استفاده از بلوک تو خالی ماندگار (Cobiax)



سقف مرکب فولادی و بتنی با دال بتنی دندانه ای

معرفی سیستم



- (۱) سقف مرکب فولادی و بتنی با دال بتنی دندانه ای نوعی سقف مرکب است که از دال دندانه ای بتن مسلح و تیرهای فولادی با مقطع مرکب ماهیچه ای تشکیل شده است و در جهت عمود بر دندانه های دال بتنی قرار دارد و دال دندانه ای به صورت دال یک طرفه عمل می نماید.
- (۲) عملکرد مرکب بتن و فولاد صرفاً در لنگر مثبت تحت بارهای ثقیلی در محاسبات مقطع منظور می شود.
- (۳) در این سیستم، فاصله محور تا محور تیرچه ها نباید از ۳۰۰ سانتی متر بیشتر باشد.
- (۴) تیرچه ها و تیرهای اصلی به منظور محافظت در برابر حریق در بتن یا بتن سبک مدفون می شوند. بدیهی است که بتن محافظ حریق در محاسبات سازه وارد نخواهد شد.

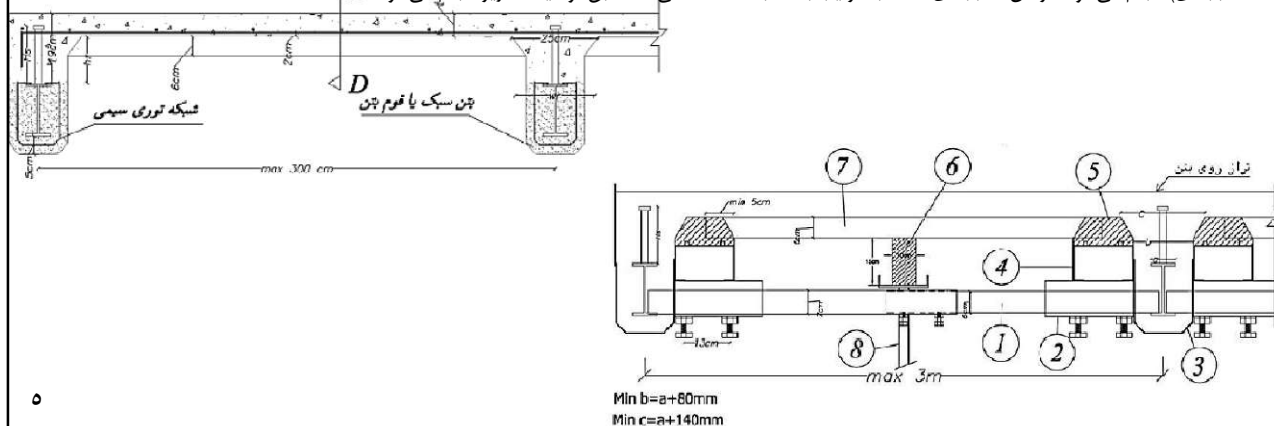


وزارت مسکن و شهرسازی
مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

سقف مرکب فولادی و بتنی با دال بتنی دندانه ای

معرفی سیستم

قالب بندی این سقف با استفاده از قالب های موقت فوقانی مطابق شکل (قطعه ۷، به عنوان قالب زیرین دال دندانه ای)، قالب کناری (قطعات ۴ و ۵، به عنوان نشیمن گاه قالب فوقانی)، قالب تحتانی (قطعه ۳، به عنوان قالب اطراف تیرچه ها و تیرهای اصلی) و قوطی های کشویی (قطعات ۱ و ۲، به عنوان تکیه گاه مجموعه قالب بندی) انجام می شود. مراحل قالب بندی سقف به ترتیب با نصب قطعات ۱ الی ۸ مطابق توضیحات زیر انجام می شود. D



سقف مرکب فولادی و بتنی با دال بتنی دندانه ای



وزارت مسکن و شهرسازی
مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

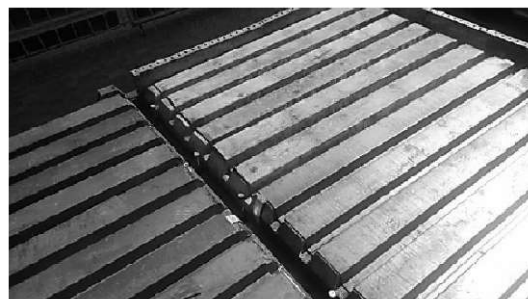
دامنه کاربرد

سقف مرکب فولادی و بتنی با دال بتنی دندانه ای با قالب بندی ویژه برای سازه های فولادی قابل استفاده می باشد.



۶

جزئیات قالب بندی و شمع بندی (دید از زیر سقف)



جزئیات قالب بندی (دید از بالای سقف)



سقف مرکب فولادی و بتنی با دال بتنی دندانه ای

• الزامات فنی

- ❖ طراحی و کنترل کفایت مقاطع فولادی تیرچه‌ها، تیرهای اصلی، اتصالات و ابعاد مقطع دال بتنی و دندانه‌های آن باید بر اساس مقدار بارهای وارده بر مبنای ضوابط مبحث نهم و دهم مقررات ملی ساختمان ایران انجام شود. در طراحی این نوع سقف باید محدودیت‌هایی که در ادامه ذکر شده است مد نظر قرار گیرد.
- ❖ حداقل ضخامت بتن دال رویه ۵۰ میلی‌متر می‌باشد.
- ❖ حداکثر قطر سنگ‌دانه بتن ۱۹ میلی‌متر می‌باشد. روانی بتن باید به حدی باشد که به راحتی در داخل قالب جای گرفته و با حداقل عملیات ویبره، حداکثر تراکم حاصل شود. بدین منظور استفاده از روان کننده‌های مجاز بتن توصیه می‌شود.
- ❖ فاصله محور تا محور تیرچه‌ها نباید از ۳۰۰ سانتی‌متر بیشتر باشد.
- ❖ حداقل پوشش زیر میلگردها بر اساس شرایط جوی و اقلیمی مطابق بند ۹-۶-۸-۳ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران و همچنین ضوابط محافظت در برابر حریق تعیین می‌شود. تحت هر شرایطی پوشش بتنی روی میلگردها نباید از ۲۰ میلی‌متر کمتر باشد.

۷



سقف مرکب فولادی و بتنی با دال بتنی دندانه ای

• الزامات فنی

- ❖ ارتفاع برشگیرها بایستی طوری در نظر گرفته شود که سطح فوقانی آن حداقل ۳۰ میلی‌متر بالاتر از سطح قالب فوقانی قرار گیرد و حداقل ۱۵ میلی‌متر بتن روی راس گلمیخ وجود داشته باشد.
- ❖ ضخامت بتن در محل تیرچه‌ها که از سطح روی دال فوقانی تیرچه تا سطح تمام شده بتن اندازه‌گیری می‌شود نباید از ۱۱۰ میلی‌متر کمتر باشد. محاسبات مقطع مرکب تیرها با توجه به ضخامت بتن در نظر گرفته شده روی تیر و صرفاً تحت تاثیر لنگر مثبت حاصل از بارهای ثقلی انجام می‌شود.
- ❖ عرض موثر دال بتنی رویه بر مبنای ضوابط بند ۱۰-۲-۸-۳-۱ مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ایران محاسبه می‌گردد.
- ❖ اجرای میلگردهای حرارتی در دال بتنی فوقانی الزامیست. مقدار فولادگذاری حرارتی و فواصل آن بر اساس بند ۹-۱۵-۴-۱ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران محاسبه می‌شود.
- ❖ در طراحی و اجرای سقف، تامین ضوابط دیافراگم صلب و کنترل آن باید با توجه به مفاد بند ۳-۸ و پیوست ۴ استاندارد ۲۸۰۰ ایران انجام شود.

۸



سقف مرکب فولادی و بتنی با دال بتنی دندانه ای

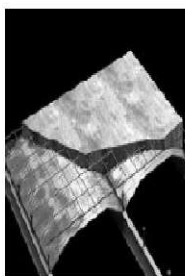
• الزامات فنی

- ❖ در طراحی تیرچه‌ها و تیرهای اصلی مرکب در صورت عدم استفاده از شمع بندی زیر سقف در حین اجرا، باید تنش‌های حاصل از وزن شبکه میلگردی، بتن تازه و بارهای حین اجرا به تنش‌های حاصل از بارگذاری پس از گیرش بتن اضافه شده و این مقاطع فولادی بر اساس مجموع تنش‌ها محاسبه شوند.
- ❖ در نظرگرفتن جزئیات دقیق مسیر و محل نصب کلیه اجزای تاسیسات مکانیکی و برقی در مرحله طراحی و اجرای سقف ضروری است.
- ❖ رعایت کلیه ضوابط و ملاحظات طراحی و اجرا منطبق بر ضوابط مقررات ملی ساختمان ایران الزامی می‌باشد.



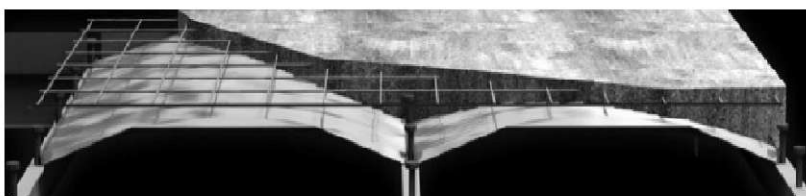
سقف مرکب با قالبهای فولادی قوسی

معرفی سیستم



- ❖ قالب فولادی قوسی، همان طور که در تصاویر مقابل نشان داده شده است، نوعی قالب برای قالب بندی دال بتنی در سقف‌های مرکب بتنی-فولادی است.
- ❖ در این سقف‌ها، ورق‌های قوسی شکل تنها نقش قالب بتن را ایفا می‌کند و مقاومت فولاد آن نباید در محاسبات منظور شود.
- ❖ به منظور استقرار قالب فولادی قوسی، ضروری است دو پروفیل نبشی $L30 \times 30 \times 3$ به لبه‌های تیرچه‌ها و تیرهای قاب اصلی سازه با زاویه مناسب به عنوان نشیمن‌گاه قالب با جوش متصل شود. لبه‌های قالب باید به نحو مناسب (مانند اتصال جوشی یا پیچی) در داخل نبشی‌های نشیمن مهار شود.

Max 1.5 m





سقف مرکب با قالبهای فولادی قوسی

دامنه کاربرد و الزامات فنی

- قالب فولادی قوسی برای قالب بندی دال بتنی در سقفهای مرکب بتنی-فولادی و مختص سازههای فولادی می باشد.
- ضخامت ورق قالب باید حداقل ۰/۶ میلی متر باشد.
- حداقل ضخامت بتن موجود در راس قالب ۵۰ میلی متر می باشد.
- حداقل پوشش زیر میلگردها در محل راس قالب به اندازه ۱ سانتی متر می باشد.
- حداکثر فاصله محور تا محور تیرچهها در این روش ۱۵۰ سانتی متر می باشد.
- حداقل ضخامت بتن در محل تیرچهها که از سطح روی تیرچه تا سطح تمام شده بتن اندازه گیری می شود، ۱۷ سانتی متر می باشد.
- عرض موثر دال بتنی رویه که در محاسبات تیرچه منظور می شود (be) برابر است با نصف عرض موثر محاسباتی حاصل از ضوابط بند ۱۰-۹-۱-۱ میحث دهم مقررات ملی ساختمان ایران.
- با توجه به مشخصات سقف مورد نظر و نحوه طراحی آن (از جمله مقدار بار ثقلی، طول دهانه، فاصله تیرچهها، موقعیت تار خنثی در مقطع مرکب و ...) لازم است برشگیرها و اتصال آنها به تیرچهها بر اساس تلاشهای وارده طراحی شده و در صورت لزوم از سخت کنندههای مناسب استفاده شود.
- ارتفاع برش گیرها باید طوری در نظر گرفته شود که سطح فوقانی آن حداقل ۲ سانتی متر بالاتر از راس قالب قرار گیرد.
- به منظور بهبود عملکرد تیرهای کناری در برابر کمانش جانبی-پیچشی، ضروری است تیرچههای متعامد به فواصل حداکثر ۵/۲ متر در چشمههای کناری به تیرچههای سقف جوش شود.

۱۱



سقف مرکب با قالبهای فولادی قوسی

دامنه کاربرد و الزامات فنی

- در طراحی و اجرای سقف، تامین ضوابط دیافراگم صلب با توجه به مفاد بند ۲-۹ و پیوست ۶ استاندارد ۲۸۰۰ ایران الزامی است.
- قالب فولادی قوسی (که یک قالب ماندگار است)، باید مقاومت لازم در برابر وزن شبکه میلگردی، بتن تازه و بارهای حین اجرا را داشته باشد.
- ضوابط مربوط به محافظت در مقابل خوردگی به خصوص در مناطق مرطوب و حاشیه دریاها باید رعایت شود.
- در اجرا با این قالب باید تمهیدات مناسب برای بستن ابتدا و انتهای قالبها و جلوگیری از خروج بتن و یا شیره بتن در نظر گرفته شود.
- در صورت عدم استفاده از شمع بندی زیر سقف در حین اجرا، باید تنشهای حاصل از وزن شبکه میلگردی، بتن تازه و بارهای حین اجرا به تنشهای حاصل از بارگذاری پس از گیرش بتن اضافه شده و مقطع تیرچه بر اساس مجموع تنشها محاسبه شود.

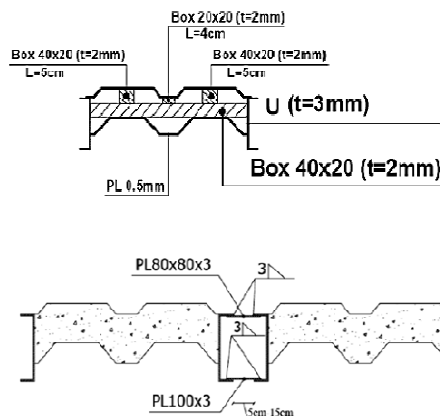
۱۲



وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی
مرکز تحقیقات، راهبردی و فناوری

پانلهای سقفی پیش ساخته سبک موسوم به LCP

معرفی سیستم



❖ سیستم باربر ثقیلی LCP، نوعی سقف نیمه پیش ساخته برای استفاده در سازه‌های فولادی است که از ورق فولادی و بتن سبک ساخته می‌شود و از لحاظ وزن می‌توان آن را به طور نسبی در زمره سقف‌های سبک بر شمرد.

❖ پانل‌ها به صورت موازی در کنار یکدیگر قرار گرفته و با عملیات جوشکاری درجا به اسکلت اصلی ساختمان متصل می‌شود.

❖ پانل‌های پیش ساخته سقفی متشکل از ناودانی‌های سرد نورد شده و بتن سبک با دانه‌های پلی استایرن در هسته میانی پانل و ورق فولادی دوزنقه‌ای برای پوشش سطوح رویه و تحتانی پانل می‌باشد.

❖ پانل‌های سقفی پیش ساخته مورد نظر با پهنای ۵۰ تا ۶۰ سانتی متر طراحی و ساخته می‌شوند.

❖ استفاده از پانل‌های سقفی پیش ساخته مورد نظر در سازه‌های فولادی فقط به عنوان سیستم باربر ثقیلی مورد استفاده قرار می‌گیرند

۱۳



وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی
مرکز تحقیقات، راهبردی و فناوری

پانلهای سقفی پیش ساخته سبک موسوم به LCP

دامنه کاربرد و الزامات فنی

❖ بتن سبک مورد استفاده در هسته میانی پانل پیش ساخته باید از نوع بتن سبک سلولی (بتن کفی) با دانسیته حداقل ۵۰۰ و حداکثر ۷۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب باشد.

❖ در این پانل‌ها مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه‌های مکعبی بتن سبک، به ابعاد ۱۰۰×۱۰۰×۱۰۰ میلی متر، نباید کمتر از ۲/۵ مگاپاسکال باشد.

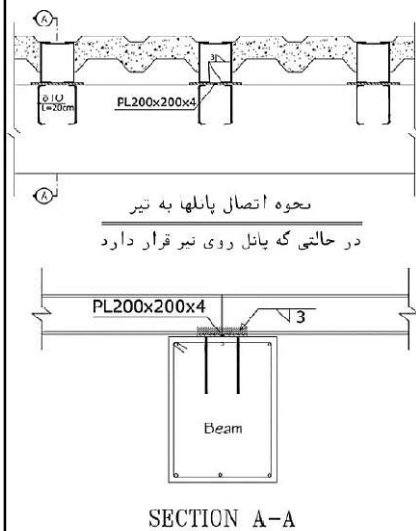
❖ حداقل تنش تسلیم فولاد مورد استفاده در ساخت مقاطع ناودانی سرد نورد نباید کمتر از ۲۴۰ مگاپاسکال و ازدیاد طول نسبی آن در طول ۵۰ میلی متر نباید از ۱۰ درصد کمتر باشد.

❖ ورق‌های پوشش سطوح رویه و تحتانی پانل‌ها باید با مقطع دوزنقه‌ای، از نوع ورق گالوانیزه با حداقل ضخامت ۰/۴ میلی متر باشد.

۱۴



پانلهای سقفی پیش ساخته سبک موسوم به LCP



۱۵

• دامنه کاربرد و الزامات فنی

- ❖ برای اتصال کافی بین دو ورق رویه و تحتانی و عملکرد یکپارچه پانل از قوطیهای عرضی استفاده می شود. ورق ها به ناودانی ها و قوطی ها پیچ می شود. فواصل قوطی ها با توجه به طول پانل تعیین می گردد و حداکثر ۱/۳۰ متر می باشد.
- ❖ اتصال پانل های باربر به تیرهای پیرامونی با قراردادن پانل بر روی تیر و جوش بال ناودانی به بال تیر به طول حداقل ۳۰ میلی متر و بُعد ۳ میلی متر اجرا می شوند. ایجاد این اتصال با پیچ نیز میسر می باشد.
- ❖ در صورت کاربرد پانل ها به صورت تودلی، اتصال از طریق نبشی نشین توسط جوش یا پیچ الزامی است. اتصال به نبشی های نشین باید در ابتدا و انتهای هریک از ناودانی های پانل پیش ساخته صورت گیرد.
- ❖ حداکثر طول دهانه سقف که با این نوع پانل ها پوشش داده می شود، ۵ متر می باشد.

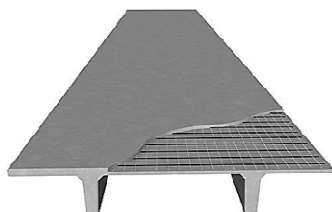


دالهای نیمه پیش ساخته بتن مسلح دابل تی با بتن رویه



معرفی سیستم

دال های نیمه پیش ساخته بتن مسلح دابل تی همانطور که از نام آن مشخص است از یک جفت تیر T شکل تشکیل شده است. این سقف ها به صورت پیش ساخته در کارخانه تولید شده و به محل اجرای پروژه انتقال می یابند. استفاده از این دال های نیمه پیش ساخته به علت حذف مراحل مربوط به قالب بندی درجا و دوره انتظار به مقاومت رسیدن بتن، می تواند موجب افزایش سرعت اجرای سقف شود. این نوع سقف عمدتاً در اسکلت های بتنی مورد استفاده قرار می گیرد.



۱۶



دالهای نیمه پیش ساخته بتن مسلح دابل تی با بتن رویه



دامنه کاربرد و الزامات فنی

❖ این سقف‌ها بسته به نوع کاربری به دو صورت بتن مسلح معمولی یا بتن مسلح پیش‌تنیده در کارخانه تولید و به محل اجرای پروژه انتقال داده می‌شوند.

❖ دال‌های دابل تی ضمن دارا بودن مزیت‌هایی نظیر افزایش طول دهانه باربری و افزایش ظرفیت باربری، دارای ملاحظات اجرایی و کیفی متعددی هستند که لزوم استفاده از یک تیم متخصص را در زمان تولید این قطعات، همچنین انتقال و اجرای آن‌ها به کارگاه الزامی می‌نماید.



۱۷



دالهای نیمه پیش ساخته بتن مسلح دابل تی با بتن رویه

دامنه کاربرد و الزامات فنی

- طراحی دال‌های دابل تی بر مبنای تئوری‌های خمش و برش مقاطع تی شکل و ضوابط مندرج در مبحث نهم مقررات ملی، آیین‌نامه ACI 318 انجام می‌شود. آیین‌نامه طراحی و اجرای سازه‌های پیش ساخته بتنی آمریکا ضوابط ساده شده‌ای برای این نوع سقف تدوین کرده است. در مرجع مذکور الزامات مربوط به عملکرد دیافراگمی سقف و انتقال برش به طور کامل ذکر شده است.
- بررسی صلبیت دیافراگم سقف‌های دابل تی باید براساس بند ۲-۸ و پیوست شماره ۴ استاندارد ۲۸۰۰ ایران صورت گرفته و تمهیدات لازم برای تامین یکپارچگی سقف و صلبیت براساس ضوابط دستورالعمل PCI در نظر گرفته شود. در تامین عملکرد دیافراگمی این نوع سقف، اجرای حداقل ۵ سانتی‌متر بتن رویه الزامیست.
- از نکات حائز اهمیت در اجرای سقف‌های مجوف پیش-ساخته، اتصال این قطعات به سیستم باربر جانبی و مقاومت برشی در این ناحیه می‌باشد که با تعبیه میلگردهای قلابی و انجام محاسبات و کنترل‌های مربوطه تامین می‌شود.
- در مراجع یاد شده به منظور تامین یکپارچگی سقف، اجرای میل مهار کافی در محل اتصال پانل‌های سقفی پیش ساخته به یکدیگر و اجرای تیرچه در پیرامون بازشوهای سقفی و همچنین اجرای کلاف‌های پیرامونی سقف الزامی می‌باشد. همچنین در محل اتصال دال نیمه پیش-ساخته به تیر پیرامونی، لازم است، میلگردهای تامین-کننده یکپارچگی اعضا به طور مناسب طراحی و اجرا شوند.

۱۸



سقف مجوف بتن مسلح با استفاده از بلوک توخالی ماندگار (U-BOOT)

معرفی سیستم



دال مجوف قبل از بتن ریزی

- ❖ دال‌های بتن مسلح بطور گسترده در ساخت سقف ساختمان‌ها بکار می‌روند. عملکرد باربری این اجزاء سازه‌ای مبتنی بر خمش یک طرفه یا خمش دو طرفه است.
- ❖ وزن مرده دال از مهم‌ترین بارهای وارد بر آن است که کاهش آن تا حد ممکن از اهداف اصلی طراحان و سازندگان ساختمان به شمار می‌رود. کاهش وزن مرده دال از طرق مختلف قابل انجام است که یکی از آن‌ها حذف بتن از بخش‌هایی از دال است که در باربری سازه‌ای آن نقش اندکی دارند.
- ❖ بر این اساس، یک گروه از سقف‌های مجوف از دولایه بتن مسلح تشکیل شده است که در بالا و پائین دال و بطور گسترده قرار می‌گیرند و حد فاصل این دو لایه با بلوک‌های توخالی از جنس پلی‌اتیلن پر شده است.
- ❖ این بلوک‌ها همانند بلوک‌های سفالی یا پلی‌استایرنی دارای هندسه‌ای مکعبی اما مجوف می‌باشد که با توجه به نیاز پروژه و محاسبات طراحی، ابعاد مختلفی دارند.
- ❖ در روند اجرای دال‌های مجوف با استفاده از بلوک پلیمری، پس از آرماتورگذاری لایه زیرین، بلوک‌ها کنارهم روی شبکه آرماتور زیرین قرار گرفته و پس از قرارگیری آرماتورهای برشی میانی و همچنین آرماتوربندی لایه فوقانی، بتن‌روئی ریخته می‌شود.

۱۹



سقف مجوف بتن مسلح با استفاده از بلوک توخالی ماندگار (U-BOOT)

معرفی سیستم



حذف بلوک‌ها در نزدیکی ستون‌ها و در راستای تیرها

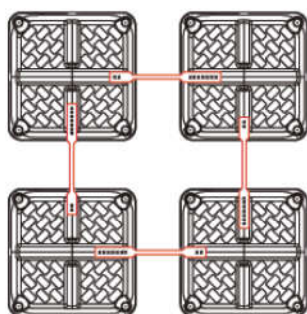
- ❖ در نهایت مقطع دال متشکل از تیرچه‌های I شکل متعامد در دو جهت پدید می‌آید و عملکرد بهتری نسبت به مقطع مستطیل کامل خواهد داشت.
- ❖ در نقاطی از دال سقف که نیروی برشی از حد قابل تحمل سقف بیشتر است، دال بدون بلوک و به صورت توپر ساخته می‌شود.
- ❖ همچنین در صورت تعبیه تیر مابین ستون‌ها در طرح سازه‌ای سقف، از بلوک در محدوده تیرها استفاده نمی‌شود.
- ❖ از آن‌جا که در برخی از پروژه‌های بزرگ، لزوم در نظر گرفتن فواصل زیاد ستون‌ها و امکان تعبیه دهانه بزرگ برای تأمین پارکینگ در ساختمان وجود دارد، می‌توان این سقف را به عنوان گزینه مناسبی برای اجرا در چنین پروژه‌هایی معرفی کرد.
- ❖ در این نوع سقف، فاصله بین بلوک‌های ماندگار در هر دو جهت باید حداقل ۱۰ سانتیمتر باشد و باید در هر دو جهت متعامد اصلی مانند تیرچه با فولادهای طولی و عرضی مسلح شود.

۲۰



سقف مجوف بتن مسلح با استفاده از بلوک توخالی ماندگار (U-BOOT)

معرفی سیستم - بلوکهای مجوف پلی اتیلن و رابط های مربوطه



- تنظیم فواصل بلوکها به کمک ابزارهای ویژه



دو نمونه از بلوکهای مجوف

۲۱



سقف مجوف بتن مسلح با استفاده از بلوک توخالی ماندگار (U-BOOT)

• دامنه کاربرد و الزامات فنی

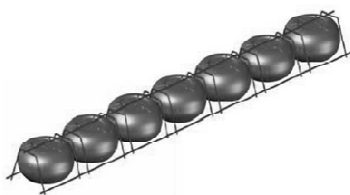
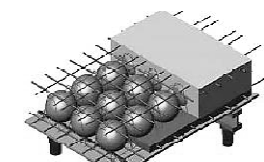
- باید از ابزارهای فاصله گذار مابین بلوکها برای تنظیم موقعیت استقرار آنها روی سقف استفاده شود. در هر حال استقرار بلوکها باید به نحوی باشد که امکان تشکیل تیرچههای متعامد منظم با حداقل پهنای ۱۰ سانتیمتر در پلان سقف پدید آید.
- با توجه به لزوم تشکیل یک لایه بتنی به ضخامت حداقل ۵ سانتیمتر در زیر بلوکها، لازم است بتن از روانی کافی برخوردار باشد و دقت لازم در متراکم کردن بتن به عمل آید.
- برای جلوگیری از تشکیل پیوند سرد در بتن لازم است بتن ریزی در ضخامت سقف بصورت پیوسته انجام شود. همچنین باید با تمهیدات لازم از جابجایی بلوکها تحت فشار بتن جلوگیری شود.
- کنترل کیفیت ساخت بلوکها شامل رواداریهای ابعادی و مقاومت مصالح است که در کارخانه سازنده صورت میگیرد. بلوکهای مجوف باید امکان تردد نفرات را به نحو ایمن فراهم سازند. این بلوکها باید بتوانند در برابر اعمال نیروی ۱۵۰۰ نیوتن روی محدوده‌ای مربعی به ضلع ۸ سانتیمتر در ضعیف‌ترین نقطه خود مقاومت نمایند.
- قالب مورد استفاده در این سیستم سقف باید از نوع خودخاموش شو (کندسوز) باشد. در کارخانه و کارگاه ساختمانی، این قالبها باید به دور از هر گونه مواد قابل اشتعال نگهداری شوند و محل نگهداری و انبار آنها باید به گونه‌ای باشد که از سرایت هر گونه شعله یا آتش احتمالی یا عوامل احتراق به آنها جلوگیری شده و به طور کلی اصول ایمنی در برابر حریق رعایت شود.

۲۲



سقف مجوف بتن مسلح با استفاده از گوی توخالی ماندگار Cobiax

معرفی سیستم



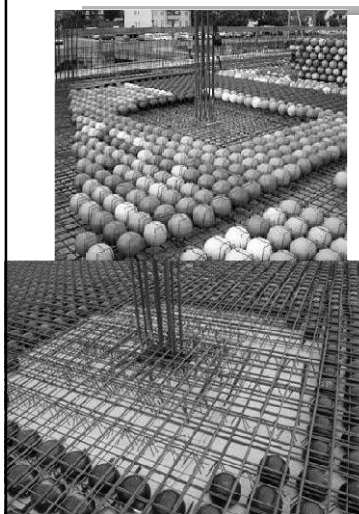
- ✓ دال‌های بتن مسلح بطور گسترده در ساخت سقف ساختمان‌ها بکار می‌روند.
- ✓ کاهش وزن مرده دال از طرق مختلف قابل انجام است که یکی از آن‌ها حذف بتن از بخش‌هایی از دال است که در باربری سازه‌ای آن نقش اندکی دارند.
- ✓ با توجه به عملکرد خمشی دال، مصالح موجود در نزدیکی تار خنثی مقطع دال کمترین کرنش خمشی و در نتیجه کمترین تنش عمود بر مقطع را تجربه می‌کنند. بنابراین انتظار می‌رود که با حذف بتن از میانه مقطع تیر کاهش عمده‌ای در ظرفیت لنگر خمشی دال رخ ندهد.
- ✓ بر این اساس، یک گروه از سقف‌های مجوف در دهه ۹۰ میلادی در اروپا ابداع شده است.
- ✓ این سقف‌ها از دولایه بتن مسلح تشکیل شده اند که در بالا و پائین دال و بطور گسترده قرار می‌گیرند و حفاصل این دو لایه با گوی‌های توخالی از جنس پلی اتیلن پر شده است
- ✓ این گوی‌ها با توجه به نیاز پروژه و محاسبات طراحی، ابعاد مختلفی دارند و در انواع کاملاً کروی و بالشتکی تولید می‌شوند

۲۳



سقف مجوف بتن مسلح با استفاده از گوی توخالی ماندگار Cobiax

معرفی سیستم



- ✓ در روند اجرای دال‌های مجوف با استفاده از گوی‌های پلیمری کروی یا لهیده، پس از آرماتورگذاری لایه زیرین، گوی‌ها در قفسه‌های ویژه در کنارهم روی شبکه آرماتور زیرین قرار گرفته و پس آرماتوربندی لایه فوقانی، بتن‌ریزی انجام می‌شود.
- ✓ در نهایت مقطع دال متشکل از سطوح منحنی در دو جهت پدید می‌آید و عملکرد بهتری نسبت به مقطع مستطیل کامل خواهد داشت.
- ✓ در نقاطی از دال سقف که نیروی برشی از حد قابل تحمل سقف بیشتر است، دال بدون گوی و به صورت توپر ساخته می‌شود.
- ✓ حداقل فاصله بین گوی‌ها در این نوع سقف، ۵ سانتیمتر می‌باشد و بر خلاف سیستم سقف مجوف U-BOOT، از هیچ نوع میلگرد فولادی طولی و عرضی تقویتی در حد فاصل بین گوی‌ها استفاده نمی‌شود.
- ✓ همچنین در صورت تعبیه تیر مابین ستونها در طرح سازه‌ای سقف، از گوی مجوف در محدوده تیرها استفاده نمی‌شود.
- ✓ در گروه دیگری از این سقف‌ها شبکه پائین و بالا و گوی‌ها در کارخانه به یکدیگر متصل می‌شوند و به صورت پیش‌ساخته به کارگاه حمل می‌شوند.

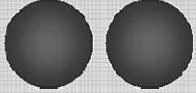
۲۴



سقف مجوف بتن مسلح با استفاده از گوی توخالی ماندگار Cobiax

معرفی سیستم

مقایسه وزن، ضخامت و دهانه دال کوپاکس و دال توپر در شرایط یکسان

Solid slab	دهانه مشابه	 cobiax
	کاهش وزن: ۳۵-۳۰٪ کاهش ضخامت: ۱۰-۵٪	
Solid slab	ضخامت مشابه	 cobiax
	کاهش وزن: ۳۰-۲۵٪ افزایش دهانه: تا ۵٪	
Solid slab	وزن مشابه	 cobiax
	افزایش دهانه: ۴۰-۳۵٪ افزایش ضخامت: ۴۵-۴۰٪	

۲۵



سقف مجوف بتن مسلح با استفاده از گوی توخالی ماندگار Cobiax

معرفی سیستم



در برخی از پروژه‌های بزرگ، لزوم در نظر گرفتن فواصل زیاد ستون‌ها و امکان تعبیه دهانه بزرگ برای تأمین پارکینگ در ساختمان وجود دارد، می‌توان این سقف را به دلیل بار مرده کمتر به عنوان گزینه مناسبی برای اجرا در چنین پروژه‌هایی معرفی کرد. این سیستم سقف، دارای گوی‌ها و قفسه‌های فولادی جوش شده است که در کارخانه ساخته و مونتاژ می‌شوند. از نظر سازه‌ای لازم است که این قفسه‌های فولادی جوش شده با رعایت رواداری‌های مربوط به خود ساخته شوند و مقاومت کافی در برابر بارهای ضمن اجرا مانند تردد کارگران و وسائل ساختمانی سبک داشته باشند. بخش دیگر مربوط به ساخت سقف در کارگاه است که باید از نظر رواداری‌های نصب قالب، استقرار میلگردها و گوی‌ها و بتن‌ریزی و تراکم بتن با مندرجات مبحث ۹ مقررات ملی ساختمان مطابقت داشته باشند. تاکید می‌شود که قالب‌بندی و استقرار گوی‌ها باید به نحوی انجام شود که در پیرامون هر گوی حداقل به ضخامت ۵ سانتیمتر بتن موجود باشد.

۲۶



جمهوری اسلامی ایران
دانشگاه شهید بهشتی
مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

سقف مجوف بتن مسلح با استفاده از گوی توخالی ماندگار Cobiax

• الزامات فنی

- مبحث ششم مقررات ملی ساختمان برای تعیین بارهای وارد بر سقف و مبحث نهم مقررات ملی ساختمان برای طراحی و اجرای سازه بتن مسلح باید در طرح و اجرای این سقف رعایت گردد.
- در طراحی و اجرای سقف‌های حاصل از این روش، رعایت کلیه الزامات مربوط به طرح لرزه‌ای، مطابق با ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ و ویرایش‌های بعد از آن، الزامی است. در صورتی که این سقف بدون تیر و به عنوان دال تخت مورد استفاده قرار گیرد، استفاده از دیوار برشی در طرح لرزه‌ای ساختمان الزامی است.
- در محاسبه مقاومت خمشی و خیز قائم دال مجوف باید مشخصات مقطع دارای حفره مورد استفاده قرار گیرد.
- با توجه به حذف بتن توسط گوی‌های مجوف این سیستم سقف در برابر برش و مخصوصاً برش پانچ حساس است و لازم است کنترل‌های لازم بر اساس مبحث نهم مقررات ملی ساختمان در این مورد به عمل آید. در این زمینه لازم است مقاومت برشی بتن نصف مقادیر آیین‌نامه‌ای در نظر گرفته شود. همچنین در صورت تجاوز نیاز برش از ظرفیت برش بتن خالص در هر مقطعی از دال باید گوی‌ها در آن مقطع حذف شده و مقطع کاملاً با بتن پر شود.
- در این سیستم سقف باید توجه خاصی به تعبیه عناصر انتقال‌دهنده نیروی افقی داخل صفحه دیافراگم یعنی اجزاء لبه‌ای و اجزاء جمع‌کننده صورت گیرد. بر اساس محاسبات در نقاط مورد نیاز برای تشکیل این اجزاء در سقف گوی‌های مجوف حذف می‌شوند و تیرهای طولی مدفون با میلگردهای طولی و عرضی تعبیه می‌شوند.
- قالب مورد استفاده در این سیستم سقف باید از نوع خودخاموش شو (کندسوز) باشد. در کارخانه و کارگاه ساختمانی، این قالب‌ها باید به دور از هر گونه مواد قابل اشتعال نگهداری شوند و محل نگهداری و انبار آن‌ها باید به گونه‌ای باشد که از سرایت هر گونه شعله یا آتش احتمالی یا عوامل احتراق به آن‌ها جلوگیری شده و به طور کلی اصول ایمنی در برابر حریق رعایت شود.

۲۷

فصل ۳

دیوارهای غیرسازه‌ای



دیوارهای غیر سازه ای معرفی شده

• دیوارهای بلوکی بتن هوادار اتوکلاو شده AAC

• پانل دیواری مسلح ساخته شده با بتن سبک اتوکلاو شده AAC

• پانل دیواری بتن سبک والکریت



بلوکهای بتنی هوادار اتوکلاو شده AAC

❖ معرفی سیستم

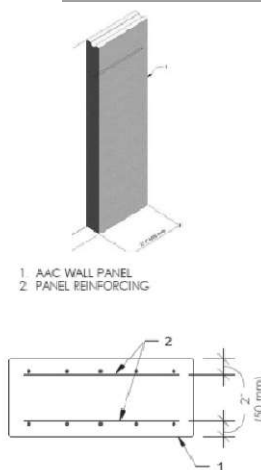
- بلوکهای بتن هوادار اتوکلاو (بتن گازی) که به اختصار AAC نامیده می شود، یک نوع خاص بتن سبک متخلخل است که عمدتاً از مواد با پایه سیلیس، سیمان و آهک ساخته می شود.
- محصولی که امروزه بنام AAC موسوم است، اولین بار در حدود ۷۰ سال پیش در کشور سوئد به توسعه رسیده است. این محصول شامل دو فرآیند اصلی ایجاد تخلخل در دوغاب مخلوط سیمان، آهک و پودر سیلیس و عمل آوری بتن حاصله توسط اتوکلاو می باشد.
- مواد چسباننده که عمدتاً سیمان و آهک می باشند در فرآیند اتوکلاو با مصالح سیلیسی واکنش نشان داده و سیلیکات کلسیم هیدراته تولید می نمایند.
- ساختار متخلخل AAC که به علت واکنش آهک آزاد حاصل از ترکیبات سیمان و آهک و پودر آلومینیوم به وجود می آید دارای خواص حرارتی مناسب (عایق حرارتی) و همچنین نسبت مقاومت به جرم حجمی زیادتری نسبت به دیگر انواع بتن می باشد.
- محصول به دست آمده بعد از اتوکلاو نیاز به عمل آوری دیگری نداشته و قطعات تولید شده می توانند بعد از سرد شدن مورد استفاده قرار گیرند.
- از مزایای بلوکهای ساخته شده با این بتن، می توان به مقاومت مناسب آن در مقابل آتش، عدم آزاد شدن گازهای سمی از بلوک در هنگام اشتعال، عملکرد حرارتی مطلوب، و همچنین کاهش در جرم ساختمان را نام برد.



مرکز تحقیقات، راهبردی و مهندسی
دانشگاه تهران

پانل دیواری مسلح ساخته شده با بتن سبک اتوکلاو شده AAC

• معرفی سیستم



پانل های AAC و نحوه آرماتورگذاری آنها

۳۱

- ❖ همان طور که قبلا نیز بیان شد، بتن هواردار اتوکلاو شده (AAC) از سیلیس، سیمان، آهک، پودر آلومینیوم و آب ساخته می شود که با جرم حجمی خشک حدود ۶۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب، ویژگی سبکی وزن و عایق حرارتی بودن را دارا است.
- ❖ بتن هواردار اتوکلاو شده به همراه المانهای مسلح کننده که عموماً دو لایه شبکه میلگرد فولادی جوش شده می باشند، در ساخت پانلهای بتن مسلح پیش ساخته AAC مورد استفاده قرار می گیرد.
- ❖ یکی از کاربردهای پانلهای ، استفاده از آن به عنوان دیوارهای غیر سازه ای داخلی و خارجی است.
- ❖ به طور کلی مقاومت برشی درون صفحه پانل AAC به مقاومت برشی AAC غیر مسلح محدود می شود.
- ❖ در رفتار خمشی خارج از صفحه این پانلها، پیوستگی میان میلگرد فولادی و بتن سبک از طریق لهیدگی بتن در تماس با میلگردهای متقاطع مش تامین میشود.
- ❖ آجدار بودن یا بدون آج بودن میلگرد در این پانلها، تفاوتی را در طراحی ایجاد نمی نماید.
- ❖ به منظور محافظت در برابر خوردگی، میلگردها باید با انواع رنگ اپوکسی یا سایر مواد محافظ پوشش شوند.



مرکز تحقیقات، راهبردی و مهندسی
دانشگاه تهران

پانل دیواری مسلح ساخته شده با بتن سبک اتوکلاو شده AAC

معرفی سیستم – پانل های مسلح غیر سازه ای AAC (غیر باربر) تحت آزمایش ضربه جسم نرم و خمشی خارج از صفحه



۳۲



وزارت مسکن و شهرسازی
مرکز تحقیقات، راهبردی و فناوری

بلوکهای بتنی هوادار اتوکلاوشده AAC

❖ دامنه کاربرد و الزامات فنی

- با توجه به ویژگی های بتن هوادار اتوکلاوشده از این نوع بلوک می توان در ساخت دیوارهای غیرباربر خارجی، داخلی و مقاوم در برابر آتش استفاده نمود.
- بلوکهای بتن هوادار اتوکلاوشده باید دارای ویژگیهای استاندارد ملی ایران به شماره ۸۵۹۳ باشند. در این استاندارد این ویژگیها در سه رده مقاومتی ارائه شده است.
- با توجه به الزامات پیوست ۶ ویرایش چهارم آیین نامه طراحی در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰) حداقل مقاومت فشاری این بلوک ها باید ۳ مگاپاسکال باشد.
- تأمین الزامات مربوط به نفوذپذیری، دوام، سیکل های ذوب شدگی و یخ زدگی جهت دیوارهای خارجی ضروری است. با توجه به جذب آب نسبتاً زیاد این محصول، رعایت ضوابط به محافظت دیوارها از تماس مستقیم با آب و یا چرخه های تر و خشک شدن الزامی می باشد.



۳۳

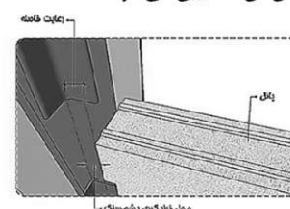
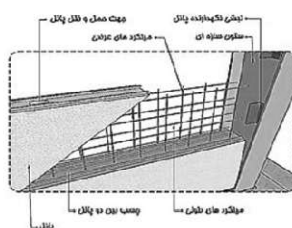
پانل دیواری مسلح ساخته شده با بتن سبک اتوکلاوشده AAC



وزارت مسکن و شهرسازی
مرکز تحقیقات، راهبردی و فناوری

الزامات فنی - پانل های دیواری مسلح غیر سازه ای AAC

پانلهای غیر سازه ای AAC برای تحمل بارهای وارد بر آن شامل وزن دیوار، بار باد و زلزله باید با شبکه مفتول فولادی جوش شده مسلح شوند. میزان تسلیح بر اساس محاسبات و نشریه شماره ۳۲۶ سازمان برنامه و بودجه کشور انجام میشود. پانل های ساخته شده با بتن هوادار اتوکلاوشده، قابلیت استفاده در دیوارهای غیر باربر داخلی، خارجی و محوطه سازه ها (ساختمان ها و سوله ها) را به شرط برآورده کردن الزامات مربوطه دارند. شایان ذکر است که محدودیت های کاربری این بتن ها، با توجه به رده مقاومتی آنها و میزان جمع شدگی و وزن مخصوص آنها تعیین می شود.



۳۴

جزئیات اجرایی پانل



پانل دیواری بتن سبک والکریت

معرفی سیستم

- پانل های دیواری از نوع بتن سبکدانه دارای الیاف کوتاه پلیمری می باشد که این محصولات که در ساخت دیوارهای غیرسازه ای داخلی و خارجی کاربرد دارند. ابعاد متداول پانل ۶۰ * ۳۰۰ با ضخامت های ۱۰ و ۱۲ سانتی متر می باشد. در داخل این پانل ها دو لایه مش میلگرد فولادی جهت تسلیح قرار داده می شود. قطر میلگرد ها مطابق الزامات تعیین شده برای این محصول باید حداقل برابر ۴ میلیمتر باشد.

دامنه کاربرد

- با بررسی عملکرد و ظرفیت باربری دیوارهای ساخته شده از این پانل ها و انجام مطالعات تعیین ظرفیت این دیوارها و نیز آزمون های انجام شده، این محصولات به عنوان پانل دیواری غیر سازه ای داخلی و خارجی کاربرد خواهند داشت و بارهای وارده از جمله بارهای ضربه، باد و زلزله و اثرات توام جابجایی های داخل و خارج از صفحه را متحمل خواهند شد.



پانل دیواری بتن سبک والکریت

الزامات فنی

- ❖ الزامات پانل شرکت پدیده پایدار ساختمان (با نام تجاری والکریت) جهت استفاده در دیوارهای داخلی و خارجی ساختمان
- ❖ ۱- دیوارهای داخلی و خارجی بسته به اندازه دهانه و نیاز طراحی تعیین شده براساس محاسبات با دو لایه مش میلگرد فولادی مسلح شوند. قطر میلگرد و فواصل آن براساس طراحی، بارهای وارده و دهانه دیوار تعیین می شود و باید حداقل برابر ۴ میلیمتر باشد.
- ❖ ۲- اجرای پانل ها می تواند به صورت افقی یا قائم باشد. در اجرای قائم پانل باید به کف و سقف طبقه در جهت خارج از صفحه مهار شوند و در اجرای افقی باید در جهت خارج از صفحه به ستون ها مهار شوند. در سوله ها اجرای افقی و در ساختمان ها اجرای قائم اولویت دارد. در هر دو روش باید دیوار در راستای داخل صفحه نسبت به قاب آزادی حرکت و فاصله لازم را براساس پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ و آخرین ویرایش نشریه ۷۱۴ سازمان برنامه داشته باشد.
- ❖ ۳- در اجرای پانل حتی در صورتی که بار باد حاکم بر طراحی باشد، باید جزییات لرزه ای ذکر شده در پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ و آخرین ویرایش نشریه ۷۱۴ سازمان برنامه و بودجه کشور رعایت شود.
- ❖ ۴- حداقل مقاومت فشاری بتن سبک مورد استفاده در پانل ۳ مگاپاسکال می باشد.
- ❖ ۵- در ساخت دیوارها باید تمام الزامات پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ و آخرین ویرایش نشریه ۷۱۴ سازمان برنامه رعایت شود.



پانل دیواری بتن سبک والکریت

الزامات فنی

- ❖ ۶- اجرای میلگرد جهت مسلح کردن در داخل پانل به صورت مش متعامد جوش شده اجباری می‌باشد. در این پانل‌ها مقاومت لهیدگی مش عمود، عامل انتقال نیرو به میلگردهای طولی می‌باشد.
- ❖ ۷- دیوارهای ساخته شده از پانل باید از سقف به اندازه حداکثر دو مقدار $5/2$ سانتی‌متر و حداکثر خیز دراز مدت سقف فاصله داشته باشد و این فاصله با مواد متراکم شونده مانند پشم سنگ پر شود، دیوار باید در جهت داخل صفحه آزادی حرکت داشته باشد و در جهت خارج از صفحه با نبشی مهار شود. حداقل بعد نبشی دو برابر فاصله تا سقف باید باشد.
- ❖ ۸- دیوارهای ساخته شده از پانل باید از ستون‌ها به اندازه ۳ سانتی‌متر فاصله داشته باشد و این فاصله باید با مواد متراکم شونده پر شود.
- ❖ ۹- با توجه به اجرای دیوار به صورت پانلی اتصال آن به سازه برای پانل‌های قائم در تراز کف و سقف و پانل‌های افقی در محل ستون‌ها می‌باشد. در صورتی که ارتفاع در پانل‌های قائم یا طول دهانه در پانل‌های افقی بیش از ۳ متر باشد، باید از وال پست افقی یا قائم بسته به نیاز برای مهار پانل‌ها استفاده نمود.
- ❖ ۱۰- زیرکار پانل‌ها باید تراز باشد. در تراز همکف نیاز به اجرای کرسی تا ۲۰ سانتی‌متر بالاتر از خاک و عایق رطوبتی پایه سیمانی روی آن است.

۳۷



پانل دیواری بتن سبک والکریت

الزامات فنی

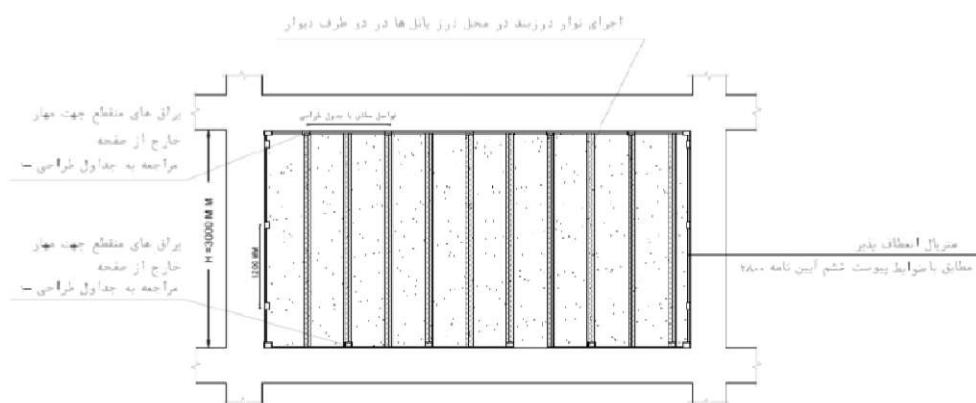
- ❖ ۱۱- برای اتصال پانل‌ها به هم از چسب استاندارد استفاده شود.
- ❖ ۱۲- رعایت مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان با عنوان "صرفه‌جویی در مصرف انرژی" بر اساس ویرایش ۱۳۹۹، الزامی است. علاوه بر این باید موارد زیر نیز، توسط مهندسان طراح، محاسب و مجری، مبنای کار قرار گیرد.
- ❖ ۱۳- صدابندی هوا برد جداکننده‌های بین واحدهای مستقل و پوسته خارجی ساختمان و صدابندی سقف بین طبقات باید بر اساس آخرین ویرایش مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان با عنوان "عایق‌بندی و تنظیم صدا" تامین شود.

۳۸



پانل دیواری بتن سبک و الکریت

❖ الزامات فنی - جزییات اجرایی



۳۹

۱- پیوست ششم این نامه ۳۲۰۰-
۲- در صورت وجود حداقل ۱۰ میلی متر کف سازی که پایین دیوار در داخل آن قرار گیرد نیازی به اجرای یراق پایینی نمی باشد.



وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی
مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

با تشکر از توجه شما

۴۰