

# معرفی و ارزیابی سبد فناوری های سازه، گروه سرمایه گذاری مسکن

---

شناسه سند: HIC.RDE.RP.ST.168.V1.1.docx

تعداد صفحات: ۱۲۲



شرکت گروه سرمایه گذاری مسکن  
(سهامی عام)

<http://www.hic-iran.com>

معاونت توسعه فناوری و ساخت

مدیریت تحقیق و توسعه

بهار ۹۷

## فهرست مطالب

|                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| ۱. مقدمه.....                                                        | ۷  |
| ۲. معرفی سیستم های سازه ای.....                                      | ۸  |
| ۱.۲. سیستم قاب سبک فولادی (سیستم LSF).....                           | ۸  |
| ۱.۲.۱. معرفی سیستم.....                                              | ۸  |
| ۲.۱.۲. الزامات ارائه شده توسط مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.....       | ۱۰ |
| ۳.۱.۲. جزئیات اجرا.....                                              | ۱۳ |
| ۲.۲. سیستم V-ICF.....                                                | ۱۷ |
| ۱.۲.۲. معرفی سیستم.....                                              | ۱۷ |
| ۲.۲.۲. الزامات ارائه شده توسط مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.....       | ۱۸ |
| ۳.۲.۲. جزئیات اجرا.....                                              | ۲۱ |
| ۳.۲. سیستم H-ICF.....                                                | ۲۷ |
| ۱.۳.۲. معرفی سیستم.....                                              | ۲۷ |
| ۲.۳.۲. الزامات ارائه شده توسط مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.....       | ۲۸ |
| ۳.۳.۲. جزئیات اجرا.....                                              | ۳۰ |
| ۴.۲. سیستم R-ICF.....                                                | ۳۳ |
| ۱.۴.۲. معرفی سیستم.....                                              | ۳۳ |
| ۲.۴.۲. الزامات ارائه شده توسط مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.....       | ۳۴ |
| ۳.۴.۲. جزئیات اجرا.....                                              | ۳۷ |
| ۵.۲. سیستم قالب تونلی.....                                           | ۳۹ |
| ۱.۵.۲. معرفی سیستم.....                                              | ۳۹ |
| ۲.۵.۲. الزامات ارائه شده توسط مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.....       | ۴۰ |
| ۳.۵.۲. جزئیات اجرا.....                                              | ۴۲ |
| ۶.۲. سیستم دیوار دو لایه.....                                        | ۴۷ |
| ۱.۶.۲. معرفی سیستم.....                                              | ۴۷ |
| ۲.۶.۲. الزامات ارائه شده از طرف مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.....     | ۵۰ |
| ۳.۶.۲. جزئیات اجرا.....                                              | ۵۲ |
| ۷.۲. سیستم دیوار باربر بتن مسلح با قالب عایق ماندگار مسطح پانلی..... | ۵۶ |
| ۱.۷.۲. معرفی سیستم.....                                              | ۵۶ |
| ۲.۷.۲. الزامات ارائه شده توسط مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.....       | ۵۶ |
| ۳.۷.۲. جزئیات اجرا.....                                              | ۶۰ |
| ۸.۲. سیستم های پیش ساخته.....                                        | ۶۴ |

|     |                                                                           |
|-----|---------------------------------------------------------------------------|
| ۶۴  | ۱. ۸. ۲. معرفی سیستم                                                      |
| ۶۷  | ۲. ۸. ۲. ویژگی های سیستم پیش ساخته                                        |
| ۶۸  | ۳. ۸. ۲. اتصالات، جزئیات اجرایی سیستم های پیش ساخته                       |
| ۷۲  | ۴. ۸. ۲. ضوابط و الزامات انواع سیستم های پیش ساخته و نیمه پیش ساخته       |
| ۸۵  | ۹. ۲. سیستم ستون فولادی پر شده با بتن (CFT)                               |
| ۸۵  | ۱. ۹. ۲. معرفی سیستم                                                      |
| ۸۸  | ۲. ۹. ۲. الزامات سیستم                                                    |
| ۹۱  | ۳. ۹. ۲. جزئیات اجرا                                                      |
| ۹۷  | ۱۰. ۲. سیستم نیمه پیش ساخته 3D                                            |
| ۹۷  | ۱. ۱۰. ۲. معرفی سیستم                                                     |
| ۹۸  | ۲. ۱۰. ۲. الزامات سیستم توسط مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن                  |
| ۹۹  | ۱. ۱۰. ۲. جزئیات اجرا                                                     |
| ۱۰۴ | ۳. نتیجه گیری                                                             |
| ۱۰۷ | ۴. پیوست: جداول ارزیابی فنی - اقتصادی و مشخصات اجرایی سبد فناوری های سازه |

## فهرست شکل ها

|    |                                                                                                           |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۱۳ | شکل ۱-۲: اجرای ساختمان ۳ طبقه با سیستم LSF                                                                |
| ۱۳ | شکل ۲-۲: ساخت و سر همبندی رانر و استاد های سیستم LSF در محل کارگاه                                        |
| ۱۴ | شکل ۳-۲: اجرای اتصالات در سیستم LSF به کمک پیچ                                                            |
| ۱۴ | شکل ۴-۲: نصب گچ برگ روی رانر و استاد های سیستم LSF                                                        |
| ۱۵ | شکل ۵-۲: اجرای سازه راه پله به صورت مجزا نسبت به اجزای سازه LSF                                           |
| ۱۵ | شکل ۶-۲: ایجاد مقاومت در برابر بار جانبی به کمک تعبیه عناصر قطری (بادبندی) در سیستم LSF                   |
| ۱۶ | شکل ۷-۲: ایجاد پوشش اصلی سقف به کمک صفحات Plywood در سیستم LSF                                            |
| ۱۶ | شکل ۸-۲: اجرای اتصالات سازه LSF به فونداسیون توسط بولتهای مهار                                            |
| ۲۲ | شکل ۹-۲: جزئیات سیستم V-ICF قبل از بتن ریزی دیوار                                                         |
| ۲۲ | شکل ۱۰-۲: اجرای ساختمانهای ۳ طبقه با سیستم V-ICF                                                          |
| ۲۳ | شکل ۱۱-۲: مهار سیستم V-ICF توسط پشتبند های نگهدارنده و فراهم نمودن شرایط برای بتن ریزی                    |
| ۲۳ | شکل ۱۲-۲: سازه سیستم V-ICF پس از بتن ریزی و باز شدن جکهای نگهدارنده                                       |
| ۲۴ | شکل ۱۳-۲: به کار گیری از سیستم سقف هالوکور در سقف سازه سیستم V-ICF                                        |
| ۲۴ | شکل ۱۴-۲: اجرای شبکه میلگرد حرارتی روی سقف پس از نصب هالوکورها                                            |
| ۲۵ | شکل ۱۵-۲: وجود برخی مشکلات اجرایی از جمله خروج از محوریت در اجرای پانلهای قائم دیوار                      |
| ۲۵ | شکل ۱۶-۲: تمهیدات اندیشیده شده برای تعبیه بازشوها در داخل دیوار ها در سیستم V-ICF                         |
| ۲۶ | شکل ۱۷-۲: نحوه اجرای راه پله به کمک قالب بندی و بتن ریزی در محل در سیستم V-ICF                            |
| ۲۶ | شکل ۱۸-۲: نحوه اجرای تاسیسات زیربنایی برقی در مرحله سفتکاری در سیستم V-ICF                                |
| ۲۶ | شکل ۱۹-۲: نحوه اجرای تاسیسات زیربنایی مکانیکی از جمله لوله کشی سرد و گرم در مرحله سفت کاری در سیستم V-ICF |
| ۲۷ |                                                                                                           |

|           |                                                                                                                                             |    |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| شکل ۲-۲۰: | بلوکهای مورد استفاده در سیستم H-ICF به عنوان قالب عایق ماندگار                                                                              | ۳۰ |
| شکل ۲-۲۱: | دپوی بلوکهای مورد استفاده در سیستم H-ICF به عنوان قالب عایق ماندگار در کارگاه                                                               | ۳۱ |
| شکل ۲-۲۲: | نصب بلوکهای سیستم H-ICF با لحاظ نمودن محل بازشوها و مطابق با نقشه                                                                           | ۳۱ |
| شکل ۲-۲۳: | تعبیه پشت بندها برای مهار دیوارها و تنظیم شاقولی بودن آنها در سیستم H-ICF                                                                   | ۳۲ |
| شکل ۲-۲۴: | میلگرد گذاری در بین بلوکهای نصب شده سیستم H-ICF با لحاظ نمودن میزان طول انتظار برای طبقات بعد                                               | ۳۲ |
| شکل ۲-۲۵: | جزئیات پانل دویل RICF                                                                                                                       | ۳۳ |
| شکل ۲-۲۶: | نحوه چیدمان و شمع بندی پانلهای ساندویچی سیستم RICF                                                                                          | ۳۷ |
| شکل ۲-۲۷: | سقف سیستم RICF                                                                                                                              | ۳۸ |
| شکل ۲-۲۸: | اجرای پانل های ساندویچی بعنوان دیوارهای غیر باربر                                                                                           | ۳۸ |
| شکل ۲-۲۹: | اجرای فونداسیون گسترده به همراه میلگردهای انتظار برای شروع عملیات اجرای دیوارها و سقفها به کمک سیستم قالب تونلی                             | ۴۳ |
| شکل ۲-۳۰: | اجرای میلگرد گذاری دیوارها قبل از بستن قالبهای دیوار ها در سیستم قالب تونلی                                                                 | ۴۳ |
| شکل ۲-۳۱: | اجرای مقدمات تاسیسات برقی در داخل دیوارها و در بین میلگردها قبل از قالب بندی دیوارها                                                        | ۴۴ |
| شکل ۲-۳۲: | تعبیه قطعات فاصله انداز در روی میلگردها برای حفظ فاصله و پوشش روی میلگردها قبل از بستن قالبهای دیوار در سیستم قالب تونلی                    | ۴۴ |
| شکل ۲-۳۳: | قالب بندی کف و دیواره جانپناه به منظور فراهم نمودن فضای کار در دیوارهای پیرامونیدر سیستم قالب تونلی                                         | ۴۵ |
| شکل ۲-۳۴: | قالب بندی دیوارها و سقفها در سیستم قالب تونلی و آماده سازی برای بتن ریزی                                                                    | ۴۵ |
| شکل ۲-۳۵: | صفحات مش آماده شده از قبل از میلگرد برای تسریع عملیات اجرای میلگرد گذاری دیوارها و سقفها در سیستم قالب تونلی                                | ۴۶ |
| شکل ۲-۳۶: | وجود برخی ناهنجاری ها از جمله کرمو بودن سطح بتن ریزی شده پس از بازکردن قالبها در صورت رعایت نکردن استانداردهای بتن ریزی در سیستم قالب تونلی | ۴۶ |
| شکل ۲-۳۷: | دیوار بتن مسلح دو لایه نیمه پیش ساخته                                                                                                       | ۴۷ |
| شکل ۲-۳۸: | دال سقف نیمه پیش ساخته در کنار دیوار دولایه نیمه پیش ساخته                                                                                  | ۴۸ |
| شکل ۲-۳۹: | جزئیات نحوه اجرای دیوار دولایه و سقف نیمه پیش ساخته                                                                                         | ۴۹ |
| شکل ۲-۴۰: | جزئیات نحوه اجرای دیوار دولایه با لایه عایق میانی                                                                                           | ۵۰ |
| شکل ۲-۴۱: | اجرای فونداسیون گسترده به همراه میلگرد انتظار در سیستم نیمه پیش ساخته با دیوار دولایه                                                       | ۵۲ |
| شکل ۲-۴۲: | دپوی قطعات ساخته شده نیمه پیش ساخته حمل شده از کارخانه در کارگاه ساختمانی                                                                   | ۵۲ |
| شکل ۲-۴۳: | مراحل متنوع عملیات اجرایی کارگاهی در سیستم نیمه پیش ساخته با دیوار دو لایه                                                                  | ۵۳ |
| شکل ۲-۴۴: | نحوه نصب قطعات نیمه پیش ساخته دیوار دولایه در کارگاه و تثبیت موقعیت آنها توسط پشت بندها                                                     | ۵۳ |
| شکل ۲-۴۵: | تعبیه محل عبور تاسیسات الکتریکی از قبل و در محل کارخانه روی قطعات نیمه پیش ساخته در سیستم نیمه پیش ساخته با دیوار دو لایه                   | ۵۴ |
| شکل ۲-۴۶: | اجرای پله به صورت پیش ساخته در سیستم نیمه پیش ساخته با دیوار دو لایه                                                                        | ۵۴ |
| شکل ۲-۴۷: | تعبیه بازشوها (مثلاً محل عبور تاسیسات مکانیکی و همچنین محل درب و پنجره ها) در سیستم نیمه پیش ساخته با دیوار دو لایه                         | ۵۴ |
| شکل ۲-۴۸: | اجرای پانلهای نما به صورت نیمه پیش ساخته در کارخانه و نصب در کارگاه مربوط به سیستم نیمه پیش ساخته با دیوار دو لایه                          | ۵۵ |
| شکل ۲-۴۹: | اجرای تیغه های جداکننده از انواع مختلف ( در ساختمان مورد بررسی از پانلهای گچی می باشد) در سیستم نیمه پیش ساخته با دیوار دو لایه             | ۵۵ |
| شکل ۲-۵۰: | اجرای فونداسیون و آماده سازی سطح برای اجرای دیوار بتن مسلح با قالب عایق ماندگار                                                             | ۶۰ |

- شکل ۵۱-۲: نمونه قالب عایق ماندگار به همراه میلگردهای قائم و رابطهای مهار کننده دو صفحه عایق..... ۶۱
- شکل ۵۲-۲: قالب عایق ماندگار نصب شده در محل و مهار شده توسط پشت بندهای نگهدارنده..... ۶۱
- شکل ۵۳-۲: نمونه قالب عایق ماندگار دیوار پس از نصب و جایگذاری میلگردهای افقی..... ۶۲
- شکل ۵۴-۲: سقف ساخته شده از المانهای عایق طولی حاوی مسلح کننده های ناودانی شکل گالوانیزه به منظور حذف و کاهش قابل ملاحظه تعداد جکهای نگهدارنده سقف قبل از بتن ریزی..... ۶۲
- شکل ۵۵-۲: تعبیه تمهیدات لازم در محل بازشوها و اجرای نعل درگاهی ها در سیستم دیواربرابر با قالب عایق ماندگار پانلی..... ۶۳
- شکل ۵۶-۲: نحوه قالب بندی و اجرای راه پله در سیستم دیوار برابر با قالب عایق ماندگار پانلی..... ۶۳
- شکل ۵۷-۲: سقف آماده شده برای بتن ریزی پس از نصب المانهای عایق سقف در سیستم دیوار برابر با قالب عایق ماندگار پانلی..... ۶۴
- شکل ۵۸-۲: ستون پیش ساخته آماده شده برای نصب..... ۶۵
- شکل ۵۹-۲: نصب تیر و ستون پیش ساخته..... ۶۶
- شکل ۶۰-۲: قاب پرتال..... ۶۷
- شکل ۶۱-۲: نمونه ای از انواع اتصالات ساده تیر به ستون پیش ساخته الف-کربل بتنی ب- کربل فولادی..... ۶۸
- شکل ۶۲-۲: اتصال ستون پیش ساخته به شالوده..... ۶۹
- شکل ۶۳-۲: محل مناسب برای وصله ستون ها در ساختمان های بلند مرتبه..... ۷۰
- شکل ۶۴-۲: نمونه ای از تعبیه قلابهای حلقه ای شکل و کلید برشی در پانل های سقفی..... ۷۱
- شکل ۶۵-۲: جزییات مربوط به اتصال تکیه گاهی (اتصال میانی) سقف با هسته تو خالی به تیر پیش ساخته..... ۷۱
- شکل ۶۶-۲: اتصال تر از طریق میلگردگذاری و گروت ریزی داخل غلاف در فواصل لازم و در راستای طولی دو قطعه سقف پیش ساخته مجاور یکدیگر..... ۷۲
- شکل ۶۷-۲: اتصال جوشی تیر نیمه پیش ساخته به کربل در ستون میانی و کناری..... ۷۳
- شکل ۶۸-۲: اجرای دیوارهای برشی بصورت در جا در سیستم پیش ساخته..... ۷۴
- شکل ۶۹-۲: سیستم قاب بتنی نیمه پیش ساخته..... ۷۵
- شکل ۷۰-۲: مقطع افق دیوارهای پیش ساخته بتن مسلح..... ۷۷
- شکل ۷۱-۲: تصویر شماتیک سیستم box type..... ۷۸
- شکل ۷۲-۲: سیستم دیوارهای توپر..... ۸۰
- شکل ۷۳-۲: سیستم سقف پیش ساخته با هسته تو خالی (Hollow Core)..... ۸۱
- شکل ۷۴-۲: اجرای سیستم پیش ساخته D۳..... ۸۲
- شکل ۷۵-۲: اتصال غلافی در فناوری R-PC..... ۸۳
- شکل ۷۶-۲: سیستم سقف در فناوری R-PC..... ۸۴
- شکل ۷۷-۲: نمونه ای از سازه اجرا شده CFT..... ۸۸
- شکل ۷۸-۲: اتصال جدید سیستم سازه کامپوزیت..... ۹۲
- شکل ۷۹-۲: نمونه ساختمان در حال ساخت با سیستم ستونهای CFT و سقف دال عرشه مرکب..... ۹۳
- شکل ۸۰-۲: نمونه اتصالات پای ستون و وصله ستونهای CFT..... ۹۴
- شکل ۸۱-۲: نمای داخلی از ستونهای CFT قبل از نصب..... ۹۴
- شکل ۸۲-۲: نمای زیرین از سیستم سقف دال عرشه مرکب (بدون نیاز به قالب بندی زیر سقف)..... ۹۵
- شکل ۸۳-۲: نمای بالایی از سیستم سقف دال عرشه مرکب قبل از بتن ریزی و پس از نصب برش گیرها و میلگردهای طرح..... ۹۵
- شکل ۸۴-۲: نما از ستون CFT نصب شده قبل از بتن ریزی و پر شدن آن..... ۹۶
- شکل ۸۵-۲: نحوه اجرای راه پله توسط سیستم دال عرشه مرکب قبل و پس از میلگرد گذاری..... ۹۶
- شکل ۸۶-۲: نحوه اجرای فونداسیون و آرماتورهای انتظار..... ۱۰۰

|     |                                                          |
|-----|----------------------------------------------------------|
| ۱۰۱ | شکل ۸۷-۲: اجرای پانلهای 3D.....                          |
| ۱۰۲ | شکل ۸۸-۲: لوله گذاری.....                                |
| ۱۰۳ | شکل ۸۹-۲: اجرای پانلهای d3 عنوان دیوارهای غیر باربر..... |
| ۱۰۴ | شکل ۹۰-۲: اجرای سازه پانلی.....                          |

## ۱. مقدمه

امروزه روشهای نوین ساخت و ساز نقش مهمی در ایجاد ارزش افزوده یا از طریق افزایش سرعت و کیفیت، یا کاهش هزینه تمام شده ایفا می کنند. از اهداف بکارگیری فناوری های نوین سازه می توان به سبک سازی، مقاوم سازی، صرفه جویی در مصالح، مصرف بهینه انرژی در دوران ساخت و بهره برداری، افزایش عمر و کیفیت ساختمان و قطعات و اجزای آن اشاره داشت.

هدف از این گزارش، معرفی فناوری های نوین سازه ای مورد تایید مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی می باشد. در ابتدا به تفکیک به معرفی و ارزیابی آنها و ضوابط و جزئیات پرداخته شده و در بخش پایانی در یک پروژه موردی مقایسه گردیده است و در پیوست گزارش، جداول ارزیابی های فنی - اقتصادی فناوری هابه اختصار ارائه شده است، بنابراین در بخش نخست گزارش به اسکلت های فلزی و بتن آرمه متداول اشاره ای نگردیده است ولی جهت ارزیابی و امتیاز بندی سیستم های ساخت با فناوریهای نوین مقایسه شده است. در حال حاضر اغلب این فناوریها در حال پیاده سازی در بازار ساخت و ساز کشور می باشند و توجه به رویکرد ساخت صنعتی و تامین خواسته های کیفی و کمی پروژه می تواند با انتخاب صحیح سیستم ساخت در فاز طراحی پروژه و با بکارگیری دستورالعمل ارزیابی و انتخاب تکنولوژی تدقیق گردد:

- سیستم قاب سبک فولادی (سیستم<sup>۱</sup> LSF)
- سیستم ساختمان با دیوار باربر بتن مسلح با قالب عایق ماندگار قائم (سیستم<sup>۲</sup> V-ICF)
- سیستم ساختمان با دیوار باربر بتن مسلح با قالب عایق ماندگار بلوکی (افقی) (سیستم<sup>۳</sup> H-ICF)
- سیستم قاب تونلی<sup>۴</sup>
- سیستم دیوار دو لایه<sup>۵</sup>
- سیستم ساختمان با دیوار باربر بتن مسلح با قالب عایق ماندگار مسطح پانلی
- سیستم ستون فولادی پر شده با بتن (CFT<sup>۶</sup>) و سقف دال عرشه مرکب<sup>۷</sup>
- سیستمهای پیش ساخته بتن آرمه

<sup>۴</sup> Tunnel Formwork System

<sup>۵</sup> Double Wall System

<sup>۶</sup> Concrete Filling Tube System

<sup>۷</sup> Composite Deck Slab

<sup>۱</sup> Light Weight Steel Frame

<sup>۲</sup> Vertical Insulating Concrete Form

<sup>۳</sup> Horizontal Insulating Concrete Form

- سیستم نیمه پیش ساخته ۳d

امید است در آینده هر یک از سیستم های فوق الذکر به صورت تفصیلی مورد بررسی فنی قرار گیرد تا مدیران شرکت های گروه سرمایه گذاری مسکن بتوانند در مورد بهره گیری از این سیستم ها در پروژه های شرکت تصمیم گیری نمایند.

## ۲. معرفی سیستم های سازه ای

### ۱.۲. سیستم قاب سبک فولادی (سیستم LSF)

#### ۱.۱.۲. معرفی سیستم

ساختمان های پیش ساخته فولادی سبک موسوم به LSF به صورت اجرای خشک و عمدتاً با استفاده از اتصالات پیچی و به روش تولید صنعتی بکار گرفته می شوند. این ساختمان ها از سه جزء اصلی شامل ورق های فولادی سرد نورد شده جهت تأمین سازه، صفحات تخته گچی بعنوان پوشش رویی درونی و لایه عایق حرارتی و صوتی، تشکیل می شوند. کاربرد این ساختمان ها به عنوان یک سیستم سازه ای مستقل، اکثراً در انبوه سازی ساختمان های دو طبقه، دفاتر و ساختمان های تجاری کوچک، واحدهای صنعتی و سالن های ورزشی در یک طبقه می باشد. به نظر می رسد این سیستم سازه ای توانایی ترکیب شدن با سیستم های سازه ای دیگر، همانند دیوارهای بتن آرمه سازه ای را نیز دارا می باشد و می تواند در ساخت ساختمان های کوتاه مرتبه به صورت سیستم سازه ای مختلط بکار گرفته شود. جهت ساخت مقاطع سرد نورد شده مطابقه آئین نامه های مربوط به این سازه ها، استفاده از اشکال مختلف مجاز می باشد. این مقاطع معمولاً دارای ابعاد متنوع و محدوده تغییرات ضخامتی بین ۰/۶ الی ۲/۵ میلیمتر می باشند. اتصال سازه LSF به شالوده به واسطه یک کلاف افقی با مقطع C شکل صورت می گیرد. اجزاء قائم این سیستم به عنوان عضو باربر ستون در بارهای ثقلی عمل می نمایند، برخی از این اعضا که در دهانه مهاربندی

جانبی سازه قرار می گیرند علاوه بر بار ثقلی، متحمل نیروهای ناشی از بارهای جانبی نیز می شوند، این اعضا تحت نام وادار (Stud) در این سیستم معرفی می شوند. سقف سازه این ساختمان ها متشکل از تیرچه های فلزی سرد نورد شده بوده که فواصل تیرچه ها با توجه به میزان ظرفیت باربری عضو و ابعاد قطعات پوشش سقف که می تواند تخته های چوبی، سیمانی و یا دال بتن آرمه باشد تعیین می شود. تیرها و تیرچه ها عمدتاً دارای مقاطع با اشکال C یا Z می باشند، پوشش سقف با دال بتن آرمه، در صورت تامین یکپارچگی لازم بین بتن و پروفیل فولادی تیرچه، می تواند بعنوان یک سقف مرکب بتنی فلزی طراحی شود. در ساختمان های LSF، به منظور باربری جانبی سازه در دو امتداد اصلی متعامد، از دهانه های برابر جانبی استفاده می شود که تحت عنوان (Load Bearing Wall) نامیده می شود. که عبارتند از: سیستم دهانه های مهاربندی شده با اعضای قطری، سیستم دیوار برشی با ورق فولادی نازک، سیستم دیوار برابر با پوششهای OSB، سیستم دهانه های مهاربندی شده با اعضای قطری برای ساختمان های تا دو طبقه مسکونی و سیستم برابر جانبی دیوار برشی بتن آرمه برای ساختمانهای تا پنج طبقه مجاز می باشد. عملکرد صوتی دیوارها و سقف های ساخته شده با این سیستم در صورت رعایت تمهیدات لازم به راحتی پاسخگوی انتظارات تعیین شده در مقررات ملی ساختمان می باشد. پروفیل های سرد نورد شده مقاومت کمی در برابر حریق دارند و باید به خوبی محافظت شوند. یکی از دلایل کاربرد گچ به عنوان پوشش داخلی این سیستم ها، دستیابی به این هدف است. از عمده مزایای ساختمان های سبک فولادی (LSF)، کاهش جرم ساختمان می باشد که تأثیر فراوانی در جهت کاهش هزینه های ناشی از مصالح، نیروی انسانی و نیز زمان احداث پروژه ها خواهد داشت. به کارگیری این سیستم در ساختمان های ۵ طبقه کشور با رعایت تمهیدات خاصی مقدور بوده است. این سیستم در زمینه های انرژی، حریق، آکوستیک و سازه در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، مورد ارزیابی قرار گرفته و کاربرد آن در حیطه الزامات ارائه شده، مجاز می باشد

## ۲.۱.۲. الزامات ارائه شده توسط مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

- ✓ در مناطق با خطر نسبی کم، متوسط و زیاد (مطابق آئین نامه ۲۸۰۰ ایران) استفاده از این سیستم سازه ای به عنوان قاب ساختمانی ساده به همراه دیوار برشی بتن آرمه حداکثر در پنج طبقه یا ارتفاع ۱۸ متر از تراز پایه بلامانع است.
- ✓ استفاده از این سیستم در مناطق با خطر نسبی کم، متوسط و زیاد (مطابق آئین نامه ۲۸۰۰ ایران) تا حداکثر دو طبقه یا ارتفاع ۷/۲۰ متر از تراز پایه، با اجرای مهاربندی قطری بلامانع است.<sup>۱</sup>
- ✓ به کارگیری این سیستم در مناطق لرزه خیز با خطر نسبی بسیار زیاد (مطابق آئین نامه ۲۸۰۰ ایران) مجاز نیست.
- ✓ بکارگیری حداکثر دهانه ۵ متر و حداکثر ارتفاع ناخالص (با احتساب ضخامت سقف) ۳/۶۰ متر برای هر طبقه در این سیستم مجاز می باشد.
- ✓ طراحی کلیه اجزاء و اتصالات بر اساس استاندارد AISI و طرح سازه ای و لرزه ای آن بر اساس آئین نامه های ASCE و ۷-2005، IBC2003 و ویرایش بعد از آن انجام گیرد.
- ✓ کنترل سازه در مقابل بارباد بر مبنای مقررات ملی ساختمان ایران مبحث ششم و با در نظر گرفتن سیستم مقاوم در مقابل بار جانبی ناشی از زلزله که در بندهای ۲۱ و آورده شده است انجام گردد.
- ✓ رعایت محدودیت حداکثر بار زنده و مرده به ترتیب ۲۵۰ کیلوگرم بر متر مربع و ۳۵۰ کیلوگرم بر متر مربع برای سقف ها الزامی است.
- ✓ رعایت مشخصات فولاد سرد نورد شده بر اساس استاندارد ASTM الزامی است.

<sup>۱</sup> طبق ویرایش جدید آیین نامه ۲۸۰۰ دیوارهای متشکل از قاب های سبک فولادی سرد نورد و مهارهای تسمه ای فولادی حداکثر ارتفاع ۱۵ متر مجاز می باشد.

- ✓ رعایت ضوابط فصل ۲۱ آئین نامه ACH 318-05 و ویرایش های پس از آن برای طراحی دیوارهای برشی بتن آرمه الزامی است.
- ✓ تأمین ضوابط دیافراگم صلب برای کلیه سقف ها الزامی است.
- ✓ کلیه اتصالات اعضاء قائم به اعضاء افقی می بایستی به گونه ای باشند که یکپارچگی اعضاء در ارتفاع سازه تأمین گردد.
- ✓ ضوابط مربوط به اجزاء اتصالی شامل پیچ خودکار، پیچ و مهره بایستی مطابق آئین نامه AISI و استاندارد AISI تأمین گردد.
- ✓ در صورت استفاده از اتصالات جوشی، رعایت ضوابط و مقررات مربوط به جوشکاری اعضاء سرد نورد شده مطابق استاندارد AISI و آئین نامه های AWS و AISI الزامی است.
- ✓ سقف سازه ای این سیستم متشکل از تیرچه فلزی و دال بتن آرمه فوقانی به صورت مقطع مرکب می باشد که می بایستی بر مبنای ضوابط مقاطع مرکب مطابق آئین نامه AISI و دال های بتن آرمه بر مبنای آئین نامه ACI تأمین گردد.
- ✓ بکارگیری مصالح بنائی در دیوارهای خارجی و داخلی مجاز نمی باشد. حداکثر وزن متر مربع سطح دیوار تمام شده در جداکننده های داخلی نبایستی بیشتر از ۵۰ کیلوگرم بر متر مربع و در دیوارهای خارجی نبایستی بیشتر از ۱۰۰ کیلوگرم بر متر مربع باشد.
- ✓ لازم است تمهیدات لازم جهت عدم مشارکت پانل های غیر باربر و جداکننده ها در سختی جانبی سازه صورت پذیرد.
- ✓ لازم است تمهیدات لازم متناسب با شرایط مختلف اقلیمی و محیط های خورنده ایران صورت پذیرد.

- ✓ کلیه مصالح و اجزاء در این سیستم اعم از معماری و سازه ای از حیث دوام، خوردگی، زیست محیطی و غیره می بایستی بر مبنای مقررات ملی ساختمان ایران و یا آئین نامه های ملی یا معتبر بین المللی شناخته شده و مورد تأیید، بکار گرفته شود.
- ✓ الزامات مربوط به انرژی باید مطابق مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان رعایت شود.
- ✓ در صورتی که عایق حرارتی به صورت پراکنده اجرا شود، باید نوع و ضخامت عایق، مقاومت حرارتی مورد نیاز را تأمین نماید.
- ✓ به منظور کاهش اثر پل حرارتی، لازم است حد فاصل ستونک ها (Stud) و لایه خارجی با نوع عایق حرارتی متراکم پر گردد.
- ✓ لازم است ملاحظات کامل هوابندی در جدارهای داخلی و خارجی، بازشوها و همچنین محل نصب اجزاء اتصالی نظیر پیچ و مهره، با توجه به اقلیم مورد نظر و نیز خطر میعان به عمل آید.
- ✓ رعایت مبحث سوم مقررات ملی ساختمان در خصوص حفاظت ساختمان ها در مقابل حریق و همچنین الزامات نشریه شماره ۴۴۴ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن مربوط به مقاومت جداره ها در مقابل حریق با در نظر گرفتن ابعاد ساختمان، کاربری و وظیفه عملکردی اجزاء ساختمانی الزامی است.
- ✓ صدابندی هوابرد جداکننده های بین واحد های مستقل و پوسته خارجی ساختمان و صدابندی سقف بین طبقات می بایست مطابق مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان تأمین گردد.
- ✓ چنانچه مجموعه ضوابط، دستورالعمل و یا آئین نامه در خصوص این سیستم توسط این مرکز انتشار یابد، شرکت های تولید کننده، کارفرمایان، مشاوران و پیمانکاران ملزم به رعایت آن می باشند.
- ✓ اخذ گواهینامه فنی برای محصول تولیدی، پس از راه اندازی خط تولید کارخانه، از مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن الزامی است.

## ۳.۱.۲. جزئیات اجرا

در شکل‌های (۱-۳) تا (۸-۳) به جزئیات اجرایی این سیستم اشاره شده است.



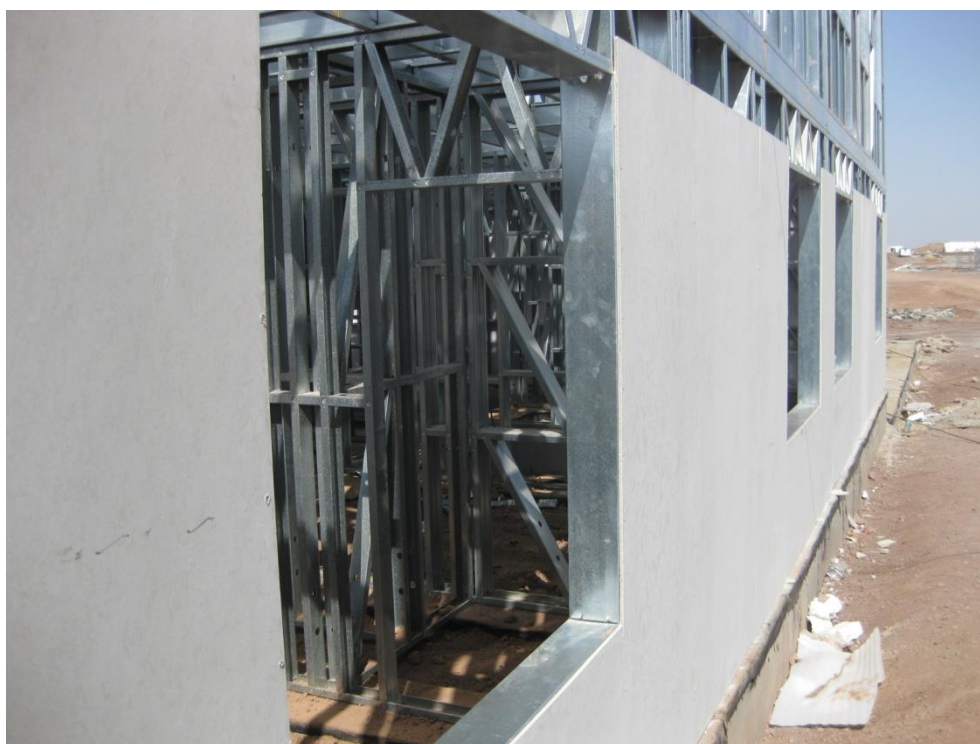
شکل ۱-۲: اجرای ساختمان ۳ طبقه با سیستم LSF



شکل ۲-۲: ساخت و سر همبندی رانر و استاد های سیستم LSF در محل کارگاه



شکل ۲-۳: اجرای اتصالات در سیستم LSF به کمک پیچ



شکل ۲-۴: نصب گچ برگ روی رانر و استاد های سیستم LSF



شکل ۲-۵: اجرای سازه راه پله به صورت مجزا نسبت به اجزای سازه LSF



شکل ۲-۶: ایجاد مقاومت در برابر بار جانبی به کمک تعبیه عناصر قطری (بادبندی) در سیستم LSF



شکل ۷-۲: ایجاد پوشش اصلی سقف به کمک صفحات Plywood در سیستم LSF



شکل ۸-۲: اجرای اتصالات سازه LSF به فونداسیون توسط بولتهای مهارتی

## ۲.۲. سیستم V-ICF

### ۱.۲.۲. معرفی سیستم

شیوه اجرای قالب های ماندگار عمودی به عنوان زیر مجموعه ای از سیستم قالب ماندگار ICF محسوب می شود. در این روش، خرپاهای واراندل ساخته شده از فولاد گالوانیزه، عمود بر راستای دیوار و با استفاده از اتصالات درجا بوسیله ناودانی های ساخته شده از فولاد های گالوانیزه به شالوده متصل می شوند. پس از آن قالب های ماندگار از جنس PVC به شکل نوارهای نسبتاً نازک بریده می شوند و بصورت کشویی در دو طرف محور دیوار و در فاصله بین دو خرپای ویراندل مجاور قرار می گیرند. آرماتور های قائم محاسبه شده برای دیوار بصورت دستی در محل خود قرار گرفته و به خرپاها بسته می شوند. آرماتورهای افقی نیز روی اضلاع افقی خرپای ویراندل قرار گرفته و به آن بسته می شوند.

لازم به ذکر است که سازه حاصل از این روش اجرا، از نوع دیوار باربر بتن مسلح بوده و با شرط رعایت ضوابط مربوط به اتصالات عناصر سازه ای به یکدیگر، در شرایط شکل پذیری متنوعی قابل اجرا است.

لایه پلی استایرن دو طرف علاوه بر اینکه به عنوان قالب ماندگار بتن عمل می کند، به عنوان عایق صوت و حرارت نیز محسوب می شود. حال آنکه خطر بروز آتش سوزی و انتقال و گسترش آتش در این سیستم به عنوان عامل محدود کننده محسوب می شود. به همین دلیل، علت اصلی اعمال محدودیت در ارتفاع و تعداد طبقات این سیستم، نوع پوشش اعمال شده روی لایه های پلی استایرن و محافظت آنها در برابر آتش می باشد. همچنین تامین ضوابط مربوط به شکل پذیری متوسط و ویژه می بایست در اتصالات ارائه شده لحاظ شود.

## ۲.۲.۲. الزامات ارائه شده توسط مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

- ✓ سیستم سازه ای حاصل از این روش اجرا، به عنوان سیستم سازه ای دیوار باربر با دیوارهای برشی بتنی مسلح محسوب می شود. در صورتی که ضوابط شکل پذیری بر اساس آئین نامه ۲۸۰۰ و مبحث نهم مقررات ملی ایران رعایت نشود و با استناد به بند ۹-۲-۵-۲-۲۰ مبحث نهم مقررات ملی ایران، کاربرد این سیستم صرفاً در مناطق با خطر نسبی کم و متوسط و برای ساختمان های دارای اهمیت کم و متوسط تا حداکثر ارتفاع ۱۰ متر مجاز می باشد. بدیهی است در صورتی که ضوابط شکل پذیری رعایت شود، ضمن رعایت ضوابط مقاومت در برابر حریق، حداکثر ارتفاع ساختمان بر اساس ضوابط آئین نامه ۲۸۰۰ ایران، ۵۰ متر از تراز پایه می باشد.
- ✓ در صورت استفاده از رابط های پلاستیکی، حداکثر ارتفاع مجاز ساختمان به دو طبقه محدود می شود.
- ✓ بارگذاری ثقلی و لرزه ای سیستم سازه ای حاصل از این روش ، به ترتیب بر اساس آخرین ویرایش های مبحث ششم مقررات ملی ساختمان و استاندارد ۲۸۰۰ ایران صورت گیرد.
- ✓ طرح سازه ای سیستم حاصل از این روش باید بر اساس مبحث نهم مقررات ملی ساختمان یا آئین نامه ۳۱۸-۰۵ ACI و ویرایش های بعد از آن صورت گیرد.
- ✓ حداقل ضخامت دیواره های بتنی نباید از ۱۵cm کمتر باشد.
- ✓ بتن مصرفی می بایست از نوع بتن سازه ای و با حداقل مقاومت ۲۰MPa باشد.
- ✓ پلی استایرن منبسط شونده مورد استفاده باید از نوع کندسوز یا خودخاموش شو، مطابق با استانداردهای معتبر بین المللی و دارای گواهینامه فنی از مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن باشد.

- ✓ مشخصات کلیه مصالح مصرفی مربوط به اجزاء قالب بندی ماندگار، باید مطابق با استاندارد های بین المللی معتبر و اسناد ارائه شده باشد. مشخصات سایر مصالح مصرفی نیز باید مطابق استانداردها و آئین نامه های ملی یا معتبر بین المللی باشد.
- ✓ محافظت از بلوک پلی استایرن دیوار باید به وسیله پلی استایرن دیوار باید به وسیله پوشش مناسب تامین شود. این پوشش می تواند یک تخته گچی با ضخامت ۱۲/۵ میلیمتر یا سایر مصالحی که بر اساس مدارک فنی مصوب و معتبر از نظر مقاومت در برابر دمای بالا معادل آن عمل می کند، باشد.
- ✓ پوشش محافظت کننده بلوک های پلی استایرن، باید دارای اتصال مکانیکی به سازه باشد. اتصال پوشش به پلی استایرن، به تنهایی، مجاز نمی باشد.
- ✓ دیوارهای بین واحدهای مستقل ( مانند دیوار بین آپارتمان های مسکونی یا واحدهای تجاری، اداری مستقل و غیره ) در هر ساختمان باید دارای مقاومت کافی در برابر آتش باشند. در این دیوارها باید به صورت مناسب از مصالح حریق بند استفاده شود، به گونه ای که بلوک های پلی استایرن در این قسمت، بین دو فضای مجاور پیوستگی نداشته باشند و از گسترش هرگونه حریق احتمالی بین دو فضایی که به وسیله دیوار مقاوم در برابر آتش از یکدیگر جدا شده اند، جلوگیری شود.
- ✓ فوم پلی استایرن باید در مرز سقف / کف هر طبقه قطع شود و بین طبقات امتداد نداشته باشد. در این قسمت ها، در صورت نیاز و برای تأمین مقاومت لازم، باید از مسدود کننده های آتش استفاده شود. همچنین فوم پلی استایرن سقف نباید بین واحدهای مستقل مجاور امتداد داشته باشد. این ماده باید در مرز دیوار جداکننده بین دو واحد مستقل مجاور قطع شود و برای مقاومت لازم در برابر آتش، مطابق نشریه ۴۴۴ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن آتش بندی شود.

- ✓ در صورتی که از سیستم های سقفی دارای بلوک های پلی استایرن در این روش اجرایی استفاده شود، به منظور حفاظت از بلوک های سقفی پلی استایرن و جلوگیری از برخورد مستقیم هرگونه حریق احتمالی با بلوک، لازم است تا زیر سقف به وسیله پوشش مناسب (مانند یک تخته گچی به ضخامت حداقل ۱۲/۵ میلیمتر یا اندود گچ به ضخامت حداقل ۱۵ میلیمتر) محافظت شود. شایان ذکر است مسئولیت اجرای مناسب و جزئیات این مسئله، به عهده شرکت متقاضی می باشد.
- ✓ مقاومت سیستم در برابر آتش برای دیوار و سقف، با توجه به تعداد طبقات، نوع و جزئیات دیوار بتنی و ... ، مطابق مبحث سوم مقررات ملی ساختمان در خصوص حفاظت ساختمان ها در مقابل حریق و الزامات نشریه ۴۴۴ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن مربوط به مقاومت جداره ها در مقابل حریق تأمین شود.
- ✓ رعایت کلیه مباحث مندرج در مبحث ۱۸ مقررات ملی ساختمان به جهت صدابندی دیوار و سقف، الزامی است.
- ✓ لازم است تمهیدات لازم به منظور تأمین صدابندی مورد انتظار، بخصوص در دیوارهای بین واحدها، با استفاده از روش های توصیه شده در مقررات ملی ایران، انجام شود.
- ✓ رعایت مباحث مربوط به صرفه جویی در مصرف انرژی مطابق مبحث شماره ۱۹ مقررات ملی ساختمان ضروری است.
- ✓ در صورت طراحی به روش تجویزی، استفاده از این سیستم، بر اساس طبقه بندی مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان، تنها برای ساختمان های گروه ۲ و ۳ مجاز می باشد.
- ✓ تمهیدات لازم در شرایط اقلیمی مختلف کشور برای پوشش نهایی جهت مقابله در محیط های خورنده و نیز استفاده از فولاد گالوانیزه در این محیط ها و رعایت الزامات مربوط به مبحث نهم مقررات ملی ساختمان الزامی است.

- ✓ در مناطقی که در معرض خطر حمله حشرات موزی، مانند موریه، قرار دارند لازم است تمهیدات لازم برای محافظت از لایه پلی استایرن به عمل آید.
- ✓ در تمامی مراحل تولید و اجراء مسئولیت نظارت عالیه و کنترل کیفی بر عهده شرکت متقاضی می باشد.
- ✓ رعایت کلیه مباحث مقررات ملی ساختمان و آئین نامه های ملی در استفاده از این سیستم الزامی است.
- ✓ توجیه اقتصادی طرح از وظایف مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن نبوده و صرفاً به عهده شرکت متقاضی است.
- ✓ اخذ گواهینامه فنی برای محصولات تولیدی، پس از راه اندازی خط تولید کارخانه، از مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن الزامی است.

## ۳.۲.۲. جزئیات اجرا

در شکلهای (۲-۹) تا (۲-۱۹) به جزئیات اجرایی این سیستم اشاره شده است.



شکل ۹-۲: جزئیات سیستم V-ICF قبل از بتن ریزی دیوار



شکل ۱۰-۲: اجرای ساختمانهای ۳ طبقه با سیستم V-ICF



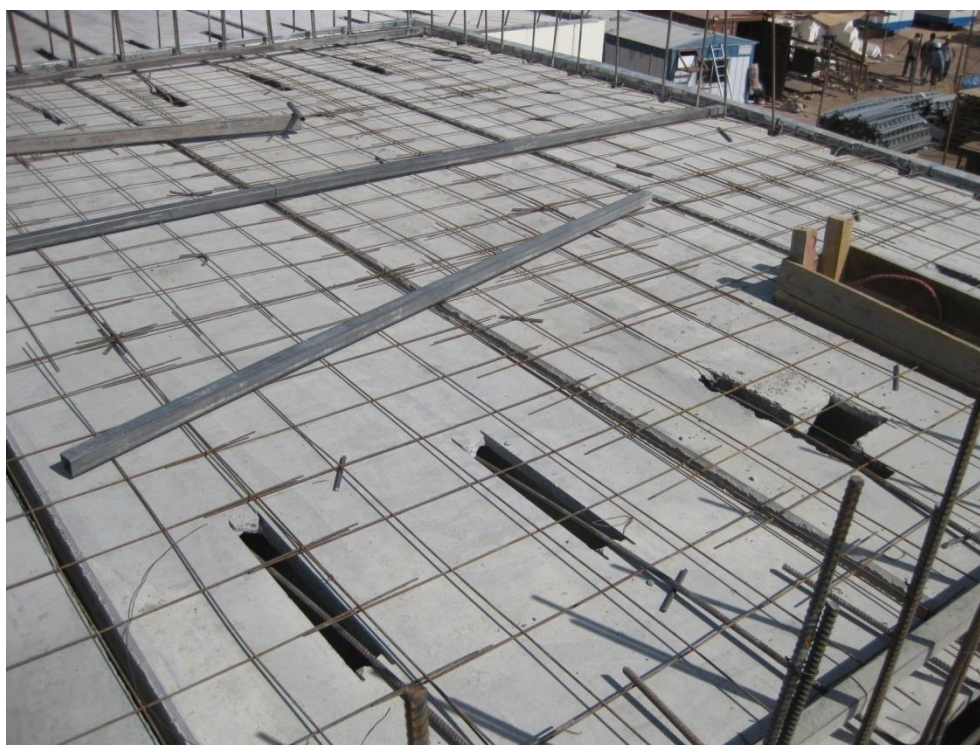
شکل ۱۱-۲: مهار سیستم V-ICF توسط پشتبندهای نگهدارنده و فراهم نمودن شرایط برای بتن ریزی



شکل ۱۲-۲: سازه سیستم V-ICF پس از بتن ریزی و باز شدن جکهای نگهدارنده



شکل ۲-۱۳: به کار گیری از سیستم سقف هالوکور در سقف سازه سیستم V-ICF



شکل ۲-۱۴: اجرای شبکه میلگرد حرارتی روی سقف پس از نصب هالوکورها



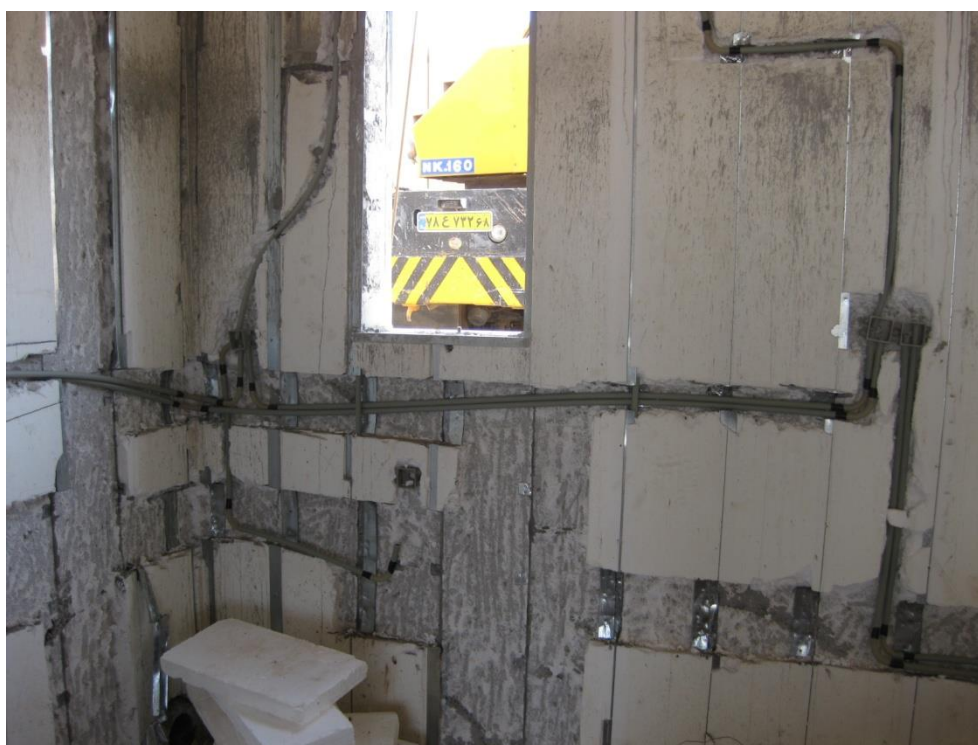
شکل ۲-۱۵: وجود برخی مشکلات اجرایی از جمله خروج از محوریت در اجرای پانلهای قائم دیوار



شکل ۲-۱۶: تمهیدات اندیشیده شده برای تعبیه بازشوها در داخل دیوارها در سیستم V-ICF



شکل ۲-۱۷: نحوه اجرای راه پله به کمک قالب بندی و بتن ریزی در محل در سیستم V-ICF



شکل ۲-۱۸: نحوه اجرای تاسیسات زیربنایی برقی در مرحله سفتکاری در سیستم V-ICF



شکل ۲-۱۹: نحوه اجرای تاسیسات زیربنایی مکانیکی از جمله لوله کشی سرد و گرم در مرحله سفت کاری در سیستم V-ICF

## ۳.۲. سیستم H-ICF

### ۱.۳.۲. معرفی سیستم

روش اجرای ساختمان های بتن مسلح دیوار باربر با قالب های عایق ماندگار بلوکی نئوپور و پلی استایرن یکی از انواع شیوه های اجرای سیستم ICF می باشد. سیستم سازه ای حاصل از این روش اجرا، به عنوان سیستم سازه ای دیوار باربر با دیوارهای برشی بتن مسلح محسوب می شود. در صورتی که ضوابط شکل پذیری بر اساس آئین نامه ۲۸۰۰ و مبحث نهم مقررات ملی ایران رعایت نشود، با استناد به بند ۹-۲-۵-۲۰ مبحث نهم مقررات ملی ایران، کاربرد این سیستم صرفاً در مناطق با خطر نسبی کم و متوسط و برای ساختمان های دارای اهمیت کم و متوسط تا حداکثر ارتفاع ۱۰ متر مجاز می باشد. بدیهی است در صورتی که ضوابط شکل پذیری رعایت شود، ضمن رعایت ضوابط مقاومت در برابر حریق، حداکثر ارتفاع ساختمان بر اساس ضوابط آئین نامه ۲۸۰۰ ایران، ۵۰ متر از تراز پایه می باشد. در این سیستم از قالب های

عایق ماندگار بلوکی استفاده می شود. این بلوک ها در ابعاد و ضخامت های مختلف با استفاده از پلی استایرن منبسط شونده کند سوز و نئوپور تولید می شوند. برای اتصال طرفین قالب از رابط های فلزی استفاده می شود. اتصال این بلوک ها در ارتفاع و در طول با استفاده از کام و زبانه تعبیه شده در بلوک ها انجام می شود. در زمان بتن ریزی به منظور نگه داری قالب ها و ایجاد داربست برای اجرای طبقات بالاتر، لازم است در فواصل مناسب پشت بند اجرا شود. این روش اجرا، در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، مورد ارزیابی قرار گرفته و کاربرد آن در حیطه الزامات ارائه شده، مجاز می باشد.

## ۲.۳.۲. الزامات ارائه شده توسط مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

- ✓ سیستم سازه ای حاصل از این روش اجرا، یک سیستم سازه ای دیوار باربر با دیوارهای برشی بتن مسلح بوده که محدودیت های آن مطابق استاندارد ۲۸۰۰ می باشد.
- ✓ ضخامت دیوارهای بتنی نباید از ۱۵ سانتی متر کمتر باشد.
- ✓ بتن مصرفی باید از نوع بتن سازه ای و با حداقل مقاومت ۲۰ مگاپاسکال باشد.
- ✓ بارگذاری ثقلی و لرزه ای این سیستم، به ترتیب بر اساس مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان " بارهای وارد بر ساختمان " و استاندارد ۲۸۰۰ صورت گیرد.
- ✓ طراحی سازه ای این سیستم بر اساس مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان " طرح و اجرای ساختمان های بتن آرمه " صورت گیرد.
- ✓ در حال حاضر تا تهیه و چاپ دستور العمل طراحی و اجرای سیستم های قالب عایق ماندگاری (ICF)، رعایت ضوابط اعلام شده در نشریه شماره گ- ۴۹۳ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن هم الزامی است.
- ✓ تأمین ضوابط دیافراگم صلب و همچنین تأمین یکپارچگی برای کلیه سقف ها الزامی است.
- ✓ اتصال سقف به دیوار به صورت یکپارچه طراحی و اجرا شده و میلگرد گذاری لازم بر این اساس در محمل اتصال انجام شود.

- ✓ پلی استایرن مورد استفاده باید از نوع منبسط شونده کند سوز یا خود خاموش شو مطابق با استانداردهای بین المللی باشد.
- ✓ در خصوص این سیستم، رعایت مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان " حفاظت ساختمان ها در مقابل حریق " و همچنین الزامات نشریه شماره ۴۴۴ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن مربوط به مقاومت اجزای ساختمان در مقابل حریق با در نظر گرفتن ابعاد ساختمان، کاربری و وظیفه عملکردی اجزای ساختمان الزامی است.
- ✓ محافظت از بلوک پلی استایرن به وسیله پوشش مانع حرارتی مناسب به عمل آید که این پوشش باید دارای اتصال مکانیکی به سازه باشد. پوشش مناسب می تواند یک تخته گچی با ضخامت حداقل ۱۲/۵ میلیمتر یا پوشش دیگری با مقاومت معادل در برابر دمای بالا باشد.
- ✓ فوم پلی استایرن باید در مرز سقف / کف هر طبقه و در مرز دیوار جداکننده بین دو واحد مستقل قطع گردد ( هر دو طرف داخلی و بیرونی) و برای تأمین مقاومت لازم مسدود کننده های آتش استفاده شود.
- ✓ در خصوص این سیستم، رعایت مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان " صرفه جویی در مصرف انرژی " الزامی است.
- ✓ صدابندی هوابرد جداکننده های بین واحدهای مستقل و پوسته خارجی ساختمان و صدابندی سقف بین طبقات باید مطابق مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان " عایق بندی و تنظیم صدا " تأمین شود.
- ✓ لازم است تمهیدات لازم متناسب با شرایط مختلف اقلیمی و محیط های خورنده ایران صورت پذیرد.

- ✓ کلیه مصالح و اجزا در این سیستم اعم از معماری و سازه ای از حیث دوام، زیست محیطی و ... باید بر مبنای مقررات ملی ساختمان ایران و یا آئین نامه های ملی یا معتبر بین المللی شناخته شده و مورد تأیید به کار گرفته شود.
- ✓ اخذ گواهینامه فنی برای محصولات تولید پس از راه اندازی خط تولید کارخانه از مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن الزامی است.

### ۳.۳.۲. جزئیات اجرا

در شکل‌های (۲-۲۰) تا (۲-۲۴) به جزئیات اجرایی این سیستم اشاره شده است.



شکل ۲-۲۰: بلوکهای مورد استفاده در سیستم H-ICF به عنوان قالب عایق ماندگار



شکل ۲-۲۱: دیوی بلوکهای مورد استفاده در سیستم H-ICF به عنوان قالب عایق ماندگار در کارگاه



شکل ۲-۲۲: نصب بلوکهای سیستم H-ICF با لحاظ نمودن محل بازشوها و مطابق با نقشه



شکل ۲-۲۳: تعبیه پشت بندها برای مهار دیوارها و تنظیم شاقولی بودن آنها در سیستم H-ICF



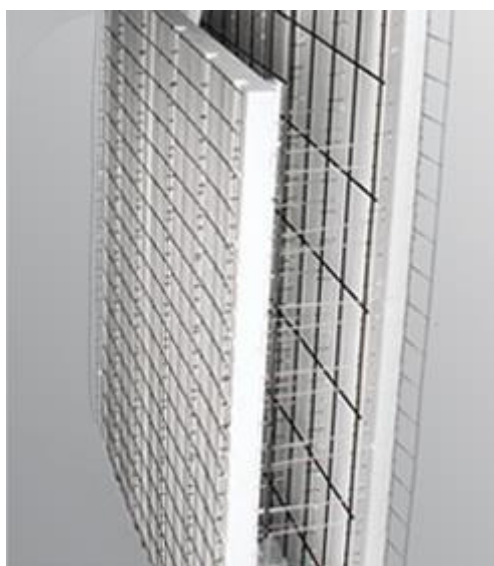
شکل ۲-۲۴: میلگرد گذاری در بین بلوکهای نصب شده سیستم H-ICF با لحاظ نمودن میزان طول انتظار برای طبقات بعد

## ۴.۲. سیستم R-ICF

### ۱.۴.۲. معرفی سیستم

نسل جدید روش اجرای ساختمان های بتن مسلح دیوار باربر با قالب های عایق ماندگارپانلی رفع محدودیتهای عملی در اجرای نازک کاری و سطوح تمام شده آنهاست که منجر به تولید قالبهای ماندگار R-ICF گردید که کلیه سطوح آن با شبکه مفتول مسلح گردیده و منجر به امکان اجرای انواع سطوح تمام شده مانند گچ و خاک و یا نمای سنگی و سیمانی با ملات مسلح و با دوام گردیده اند.

با قرار دادن شبکه های میلگرد و مفتول به عنوان آرماتور بندی سراسری در داخل این محصولات، بالاترین درصد پیش ساختگی در R-ICF بدست آمده که در آن ضمن حذف فعالیتهای آرماتور بندی و قالب بندی به روش هایی رایج، بیشترین انعطاف در طرحها بوجود آمده است.



شکل ۲-۲۵: جزییات پانل دابل R-ICF

ویژگی های دابل پانل یا پانل دابل ، قالب عایق ماندگار مسلح :

- دیوار باربر بتنی ، جایگزین اسکلت در آپارتمان سازی

- ضخامت بتن میانی از ۱۰ الی ۳۰ سانتیمتر ،
- حاوی دو لایه عایق فشرده در طرفین بتن به ضخامت ۵ سانتیمتر
- حاوی دو شبکه میلگرد داخلی از قطر ۵ الی ۱۲ میلیمتر به فواصل اسمی ۱۰ در ۲۰ سانتیمتر قابل تغییر به مضاربی از ۵
- حاوی دو شبکه مفتول گالوانیزه اورلپ دار در طرفین بیرونی برای مسلح نمودن نازک کاری و نما.
- عرض محصول ۱۲۰ سانتیمتر - طول نامحدود

## ۲.۴.۲. الزامات ارائه شده توسط مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

- ✓ سیستم سازه ای حاصل از طرح و اجرا با محصول دولایه ساندویچی و بتن میانی درجا (RICE) به عنوان سیستم سازه ای دیوار باربر با دیوارهای برشی بتنی مسلح محسوب می شود. در صورتی که ضوابط شکل پذیری بر اساس آئین نامه ۲۸۰۰ و مبحث نهم مقررات ملی ایران رعایت نشود و با استناد به بند ۹-۲-۵-۲-۲۰ مبحث نهم مقررات ملی ایران، کاربرد این سیستم صرفاً در مناطق با خطر نسبی کم و متوسط و برای ساختمان های دارای اهمیت کم و متوسط تا حداکثر ارتفاع ۱۰ متر مجاز می باشد. بدیهی است در صورتی که ضوابط شکل پذیری رعایت شود، ضمن رعایت ضوابط مقاومت در برابر حریق، حداکثر ارتفاع ساختمان بر اساس ضوابط آئین نامه ۲۸۰۰ ایران، ۵۰ متر از تراز پایه می باشد.
- ✓ در صورت استفاده از رابط های پلاستیکی، حداکثر ارتفاع مجاز ساختمان به دو طبقه محدود می شود.
- ✓ بارگذاری ثقلی و لرزه ای سیستم سازه ای حاصل از این روش ، به ترتیب بر اساس آخرین ویرایش های مبحث ششم مقررات ملی ساختمان و استاندارد ۲۸۰۰ ایران صورت گیرد.
- ✓ طرح سازه ای سیستم حاصل از این روش باید بر اساس مبحث نهم مقررات ملی ساختمان یا آئین نامه ۳۱۸-۰۵ ACI و ویرایش های بعد از آن صورت گیرد.

- ✓ حداقل ضخامت دیواره های بتنی نباید از ۱۵cm کمتر باشد.
- ✓ بتن مصرفی می بایست از نوع بتن سازه ای و با حداقل مقاومت ۲۰MPa باشد.
- ✓ میلگردگذاری افقی و قائم دیوار باید مطابق با مبحث نهم مقررات ملی ساختمان طراحی و اجرا شود و میلگردهای افقی دیوار باید در بیرون میلگردهای قائم تعبیه شده و در محل اتصال صفحات دولایه ساندویچی مجاور هم باید دارای طول مهاری و وصله کافی مطابق آیین نامه های فوق باشد.
- ✓ پلی استایرن منبسط شونده مورد استفاده باید از نوع کندسوز یا خودخاموش شو، مطابق با استانداردهای معتبر بین المللی و دارای گواهینامه فنی از مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن باشد.
- ✓ مشخصات کلیه مصالح مصرفی مربوط به اجزاء قالب بندی ماندگار، باید مطابق با استانداردهای بین المللی معتبر و اسناد ارائه شده باشد. مشخصات سایر مصالح مصرفی نیز باید مطابق استانداردها و آیین نامه های ملی یا معتبر بین المللی باشد.
- ✓ محافظت از بلوک پلی استایرن دیوار باید به وسیله پلی استایرن دیوار باید به وسیله پوشش مناسب تامین شود. این پوشش می تواند یک تخته گچی با ضخامت ۱۲/۵ میلیمتر یا سایر مصالحی که بر اساس مدارک فنی مصوب و معتبر از نظر مقاومت در برابر دمای بالا معادل آن عمل می کند، باشد.
- ✓ پوشش محافظت کننده بلوک های پلی استایرن، باید دارای اتصال مکانیکی به سازه باشد. اتصال پوشش به پلی استایرن، به تنهایی، مجاز نمی باشد.
- ✓ دیوارهای بین واحدهای مستقل ( مانند دیوار بین آپارتمان های مسکونی یا واحدهای تجاری، اداری مستقل و غیره ) در هر ساختمان باید دارای مقاومت کافی در برابر آتش باشند. در این دیوارها باید به صورت مناسب از مصالح حریق بند استفاده شود، به گونه ای که بلوک های پلی

استایرن در این قسمت، بین دو فضای مجاور پیوستگی نداشته باشند و از گسترش هرگونه حریق احتمالی بین دو فضایی که به وسیله دیوار مقاوم در برابر آتش از یکدیگر جدا شده اند، جلوگیری شود.

✓ فوم پلی استایرن باید در مرز سقف / کف هر طبقه قطع شود و بین طبقات امتداد نداشته باشد. در این قسمت ها، در صورت نیاز و برای تأمین مقاومت لازم، باید از مسدود کننده های آتش استفاده شود. همچنین فوم پلی استایرن سقف نباید بین واحدهای مستقل مجاور امتداد داشته باشد. این ماده باید در مرز دیوار جداکننده بین دو واحد مستقل مجاور قطع شود و برای مقاومت لازم در برابر آتش، مطابق نشریق ۴۴۴ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن آتش بندی شود.

✓ در صورتی که از سیستم های سقفی دارای بلوک های پلی استایرن در این روش اجرایی استفاده شود، به منظور حفاظت از بلوک های سقفی پلی استایرن و جلوگیری از برخورد مستقیم هرگونه حریق احتمالی با بلوک، لازم است تا زیر سقف به وسیله پوشش مناسب (مانند یک تخته گچی به ضخامت حداقل ۱۲/۵ میلیمتر یا اندود گچ به ضخامت حداقل ۱۵ میلیمتر) محافظت شود. شایان ذکر است مسئولیت اجرای مناسب و جزئیات این مسئله، به عهده شرکت متقاضی می باشد.

## ۳.۴.۲. جزییات اجرا



شکل ۲-۲۶: نحوه چیدمان و شمع بندی پانلهای ساندویچی سیستم RICE



شکل ۲-۲۷: سقف سیستم RICE



شکل ۲-۲۸: اجرای پانل های ساندویچی بعنوان دیوارهای غیر باربر

## ۵.۲. سیستم قالب تونلی

### ۱.۵.۲. معرفی سیستم

سیستم موسوم به تونلی، یکی از روش های مورد استفاده برای اجرای ساختمان های با سیستم باربر دیوار و سقف بتنی است. از آنجایی که اجرای قالب بندی سقف و دیوار به صورت سلولی و همزمان انجام می گردد به نام تونلی مرسوم است. در سیستم اجرای تونلی، دیوارها و سقف های بتن مسلح به صورت هم زمان آرماتوربندی، قالب بندی و بتن ریزی می شوند. این روش، ضمن افزایش سرعت و کیفیت اجرا، عملکرد سازه ای و رفتار لرزه ای مجموعه سازه را به لحاظ یکپارچگی اعضا و اتصالات آن ها به نحو چشمگیری بهبود می بخشد.

قالب های مورد استفاده، به اندازه تقریبی ابعاد فضاها هستند. برای قالب بندی یا قالب برداری، نیاز به تبدیل آن ها به ابعاد کوچک نیست و با همان ابعاد اولیه به صورت یکپارچه از فضا خارج می شوند. خروج قالب های تونلی، پس از بتن ریزی دیوار و سقف و گیرش اولیه بتن، با فاصله دادن قالب ها از جدارهای بتن ریزی شده (قالب برداری) و با حرکت افقی روی چرخ یا غلتک صورت می گیرد. جدارهایی که با استفاده از این روش اجرا می شوند جدارهای اصلی داخلی و بعضی جدارهای خارجی (جانبی) هستند. سازه ساختمان های اجرا شده با سیستم تونلی، سازه ای نسبتاً شناخته شده بوده و از دیدگاه عملکرد لرزه اشکال عمده ای ندارد. تجربه زلزله های گذشته رفتار مناسب سازه این ساختمان ها را نشان داده است.

در ساختمان های اجرا شده با این روش، در برخی موارد، برای افزایش سهولت و سرعت اجرا، اجزای غیر سازه ای مانند دیوارهای جداکننده، پله ها و پانل های نما به صورت پیش ساخته در نظر گرفته می شوند و پس از تکمیل سازه اصلی، به آن متصل می شوند که این امر در مورد سازه پله ها توصیه نمی شود.

با انجام مدیریت صحیح در اجرا و با استفاده از فناوری های روز و بکار گیری تکنولوژی های جدید در تسریع گیرش و افزایش مقاومت بتن، می توان سرعت اجرا را به طور چشمگیری افزایش داد. هم اکنون، با استفاده از روش تونلی، انبوه سازان با برنامه ریزی اجرای یک طبقه در روز، مجتمع های مسکونی بزرگ را می سازند. از معایب این روش، محدودیت در طراحی فضاهای داخلی است و لازم است طراحی بر طبق محدودیت های اجرا در خصوص ابعاد قالب و قالب گذاری و به صورت مدولار انجام شود.

در ساختمان های اجرا شده و به روش تونلی، ابتدا آرماتوربندی و تعبیه مسیرهای تأسیسات مکانیکی و برقی در دیوار انجام می شود و هم زمان با این اقدامات، قالب بندی بازشوهای مورد نیاز برای تأسیسات و در و پنجره اجرا می شود. قالب های دو طرف دیوار را صورت پشت به پشت، قالب بندی می کنند و با قرار گرفتن قالب های متوالی در کنار هم، بدون قالب واسط سقفی یا همراه با آن، مجموعه قالب های دیوار و سقف را تشکیل می دهند.

در مرحله بعد، آرماتوربندی سقف و جاگذاری مسیرهای برق انجام می شود و قالب هایی برای خالی ماندن محل داکت ها و دیگر حفره های لازم در سقف نصب می شود. در ادامه، بتن ریزی سقف ها و دیوارها به صورت یکپارچه و در یک مرحله انجام می شود. اجرای جدارهای بتنی پرداخت شده، نیاز به نازک کاری بر روی سطوح آن ها را بر طرف می کند.

این روش اجرا، در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، مورد ارزیابی قرار گرفته و کاربرد آن در حیطه الزامات ارائه شده، مجاز می باشد.

## ۲.۵.۲. الزامات ارائه شده توسط مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

- ✓ مبانی کلی طراحی این سیستم مطابق با ساختمان های بتن آرمه از نوع دیوار باربر صورت گرفته و شیوه اجرای آن به روش قالب های تونلی انجام می شود.
- ✓ اجرای این سیستم در کلیه پهنه های لرزه خیزی ایران (مطابق استاندارد ۲۸۰۰) حداکثر تا ۱۵ طبقه یا ۵۰ متر از تراز پایه بلامانع است.

- ✓ طرح لرزه ای و سازه ای به ترتیب بر اساس آخرین ویرایش استانداردهای ۲۸۰۰ ایران و آئین نامه آبا (یا آئین نامه ۳۱۸-۰۵ ACI و ویرایش های بعد از آن) انجام گیرد.
- ✓ رعایت ضوابط مربوط به شکل پذیری متوسط و زیاد متناسب با لرزه خیزی مناطق مختلف ایران مطابق استاندارد ۲۸۰۰ الزامی است.
- ✓ منظم بودن ساختمان در پلان و ارتفاع ضروری است.
- ✓ بکارگیری حداکثر دهانه ۵/۵ متر برای سقف، حداکثر ارتفاع خالص ۳ متر (بدون احتساب ضخامت سقف) و حداقل ضخامت ۱۵ سانتی متر برای دیوارهای هر طبقه در این سیستم مجاز می باشد.
- ✓ سطح مقطع اسمی دیوارهای سازه ای در هر جهت باید حداقل ۳٪ سطح زیر بنای طبقه باشد.
- ✓ سطح مقطع اسمی دیوارهای سازه ای یک جهت می بایست حداقل ۸۰ درصد جهت دیگر باشد.
- ✓ رعایت حداقل مقاومت فشاری نمونه استوانه ای ۲۵ مگاپاسکال برای بتن سازه ای و حداقل تنش تسلیم ۴۰۰ مگاپاسکال برای فولاد الزامی است.
- ✓ در نظر گرفتن ملاحظات خاص در پلان معماری، جهت بستن و باز نمودن قالب های تونلی ضروری است.
- ✓ قالب برداری اجزاء سازه ای می بایستی مطابق مبحث نهم مقررات ملی ساختمان صورت گیرد.
- ✓ استفاده از مواد افزودنی شیمیایی (روان کننده، فوق روان کننده و افزودنی های تسریع کننده گیرش بتن) باید مطابق با مقررات ملی ساختمان و یا سایر مراجع معتبر بین المللی بوده، همچنین نوع و میزان مصرف آن ها بر مبنای مشخصات اجرایی و اقلیمی کشور انتخاب گردد.
- ✓ در شرایط اقلیمی مختلف، باید تمهیدات لازم در طراحی و اجرای ساختمان ها در نظر گرفته شود.

- ✓ طراحی و اجرای جزئیات مناسب در محل اتصال دیوارهای غیر سازه ای به منظور عدم مشارکت در سختی جانبی سازه الزامی است.
- ✓ لحاظ نمودن جزئیات دقیق مسیر و محل نصب کلیه اقلام تأسیسات برقی و مکانیکی در مرحله طراحی و اجرا ضروری است.
- ✓ در نظر گرفتن تمهیدات و تجهیزات لازم جهت اجرای بتن ریزی یکپارچه دیوارها و سقف در هر طبقه ضروری است.
- ✓ تمهیدات لازم در اجرای نازک کاری و نماسازی بر روی سطوح بتنی، می بایستی در مراحل طراحی و اجرا در نظر گرفته شود.
- ✓ عایقکاری حرارتی جداره های خارجی ساختمان مطابق الزامات مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان الزامی است.
- ✓ رعایت مبحث سوم مقررات ملی ساختمان در خصوص حفاظت ساختمان ها در مقابل حریق و همچنین الزامات نشریه ۴۴۴ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن مربوط به مقاومت جداره ها در مقابل حریق با در نظر گرفتن تعداد طبقات، ابعاد ساختمان، کاربری و وظیفه عملکردی عنصر ساختمانی ضروری است.
- ✓ صدابندی هوابرد جداکننده های بین واحدهای مستقل و پوسته خارجی ساختمان و صدابندی سقف و صدابندی سقف بین طبقات می بایست مطابق مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان تأمین گردد.

## ۳.۵.۲. جزئیات اجرا

در شکلهای (۲-۲۵) تا (۲-۳۲) به جزئیات اجرایی این سیستم اشاره شده است.



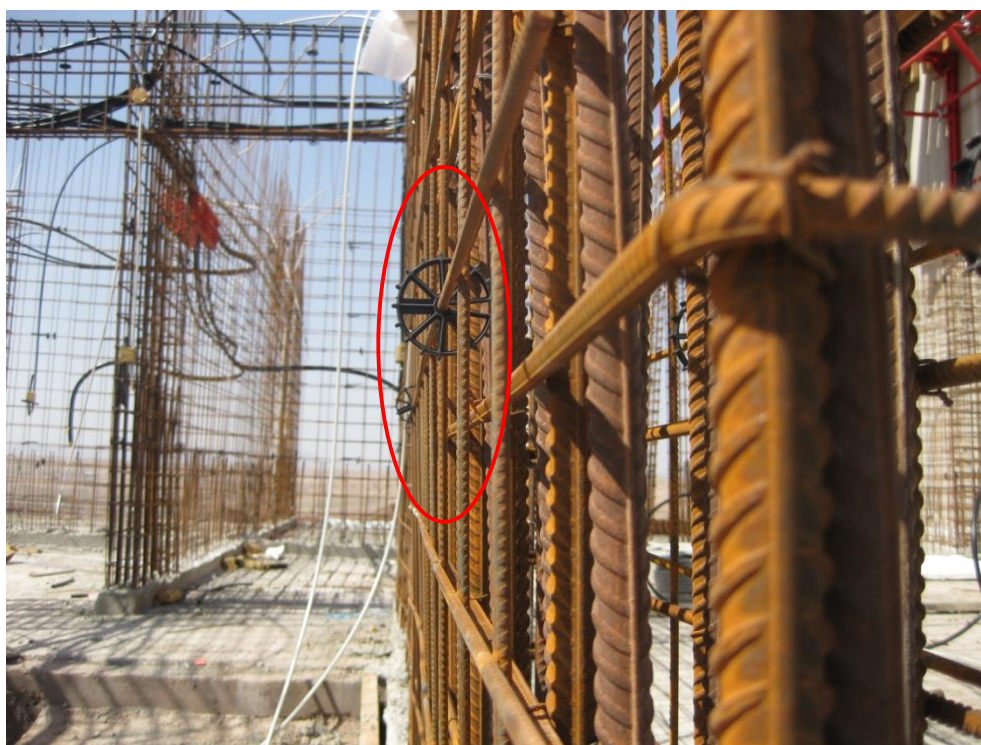
شکل ۲-۲۹: اجرای فونداسیون گسترده به همراه میلگردهای انتظار برای شروع عملیات اجرای دیوارها و سقفها به کمک سیستم قالب تونلی



شکل ۲-۳۰: اجرای میلگرد گذاری دیوارها قبل از بستن قالبهای دیوارها در سیستم قالب تونلی



شکل ۲-۳۱: اجرای مقدمات تاسیسات برقی در داخل دیوارها و در بین میلگردها قبل از قالب بندی دیوارها



شکل ۲-۳۲: تعبیه قطعات فاصله انداز در روی میلگردها برای حفظ فاصله و پوشش روی میلگردها قبل از بستن قالبهای دیوار در سیستم قالب تونلی



شکل ۲-۳۳: قالب بندی کف و دیواره جانپناه به منظور فراهم نمودن فضای کار در دیوارهای پیرامونیدر سیستم قالب تونلی



شکل ۲-۳۴: قالب بندی دیوارها و سقفها در سیستم قالب تونلی و آماده سازی برای بتن ریزی



شکل ۲-۳۵: صفحات مش آماده شده از قبل از میلگرد برای تسریع عملیات اجرای میلگرد گذاری دیوارها و سقفها در سیستم قالب تونلی



شکل ۲-۳۶: وجود برخی ناهنجاری ها از جمله کرمو بودن سطح بتن ریزی شده پس از باز کردن قالبها در صورت رعایت نکردن استانداردهای بتن ریزی در سیستم قالب تونلی

## ۶.۲. سیستم دیوار دو لایه

### ۱.۶.۲. معرفی سیستم

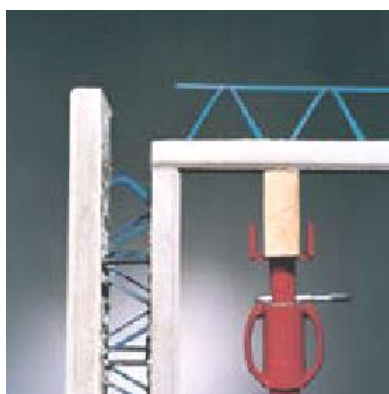
در ساختمان های بتن مسلح متشکل از دیوار باربر و سقف های نیمه پیش ساخته با بتن درجا، قسمتی از دیوارهای بتن مسلح به صورت پیش ساخته در کارخانه تولید می شود. این دیوارها از دو لایه بتن مسلح، که با فاصله عرضی نسبت به یکدیگر قرار می گیرند، ساخته می شود (شکل ۳-۳۳). فاصله بین لایه ها، علاوه بر تأثیری که بر کاهش وزن دیوار در زمان حمل و نقل (در مقایسه با دیوارهای پیش ساخته یکپارچه توپر) دارد، نصب و برپایی آن را نیز تسهیل می کند.



شکل ۲-۳۷: دیوار بتن مسلح دو لایه نیمه پیش ساخته

بتن ریزی درجا یکپارچگی اعضای سازه ای را ایجاد می کند و عملکرد لرزه ای ساختمان را بهبود می بخشد. بتن پیش ساخته و بتن درجا، توسط میلگردهایی که میان دو جداره تعبیه شده اند و همچنین توسط قفل و بست بین لایه ها، به یکدیگر متصل می شوند. معمولاً قطعات پیش ساخته بدون میلگرد انتظار طراحی و تولید می شوند. اتصال دو لایه بتنی طرفین قطعه، توسط خرپاهای فلزی صورت می گیرد تا عملکردی مرکب داشته باشند. این اقدام، در عین دارا بودن مزایای اجرایی، خطر آسیب دیدن در زمان حمل را نیز کاهش می دهد و باعث می شود نیاز به قالب بندی کاملاً منتفی شود یا به حداقل

کاهش یابد. سقف این سیستم معمولاً به صورت دال های نیمه پیش ساخته خرپادار طراحی و اجرا می شود (شکل ۲-۳۴). بتن ریزی دیوار و سقف معمولاً به صورت درجا و هم زمان انجام می شود. این دیوارها می توانند به تنهایی و یا همراه با دیگر اجزای سازه ای بتنی (پیش ساخته یا درجا)، سازه ساختمان را تشکیل دهند. پس از اجرای دیوارهای خارجی این سیستم، یک لایه عایق حرارتی از خارج یا از داخل به دیوار متصل می شود.

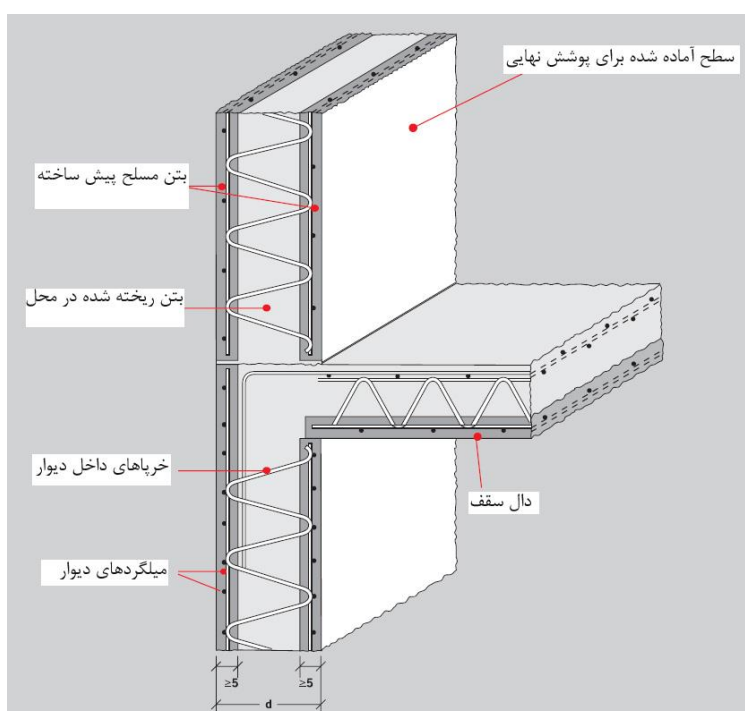


شکل ۲-۳۸: دال سقف نیمه پیش ساخته در کنار دیوار دولایه نیمه پیش ساخته

دیوارهای بتن مسلح پیش ساخته دو لایه، در کارخانه تولید می شوند. قطعات توسط جرثقیل و با استفاده از قلاب هایی که محل و جزییات آن ها با محاسبه تعیین شده اند به محل نصب حمل و بر روی شالوده ها نصب می شوند. شالوده ها، همانند اغلب سیستم های سازه ای، از بتن مسلح و به صورت درجا ساخته می شوند. دیوارها، طی مدت نصب و تا زمان تکمیل اتصالات عناصر سازه ای، توسط نگه دارنده هایی در موقعیت خود نگه داشته می شوند. سقف های این سیستم معمولاً به صورت دال نیمه پیش ساخته هستند. این سقف ها در کارخانه آماده می شوند و پس از نصب بر روی دیوارها با تعبیه عناصر تسلیح مناسب، با بتن ریزی درجا به دیوارها متصل می شوند. در مواردی نیز از سقف های پیش ساخته دو لایه (مشابه دیوارها) استفاده می شود. در این حالت نفوذ بتن به تمام قسمت های جداره میانی سقف به آسانی صورت نمی گیرد. از این رو، سیستم مورد بحث در مواقعی که از نظر سازه ای لایه های بتن بالایی و پایینی سقف پاسخگوی بارهای وارد بر آن باشند و لایه میانی با مواد پرکننده

یا عایق پر شود، استفاده می شود. در برخی مدارک و مستندات موجود در خصوص ساختمان های با سیستم دیوارهای بتنی دو لایه، جزئیات اتصال مناسب بین عناصر باربر سازه ای برای مناطق با خطر لرزه خیزی کم و زیاد ارائه شده است. ولی به نظر می رسد بیشترین کاربرد این نوع ساختمان ها در مناطق با خطر لرزه خیزی کم باشد. این سیستم در زمینه های انرژی، حریق، آکوستیک و سازه، در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، مورد ارزیابی قرار گرفته است و کاربرد آن، در حیطه الزامات ارائه شده، مجاز است.

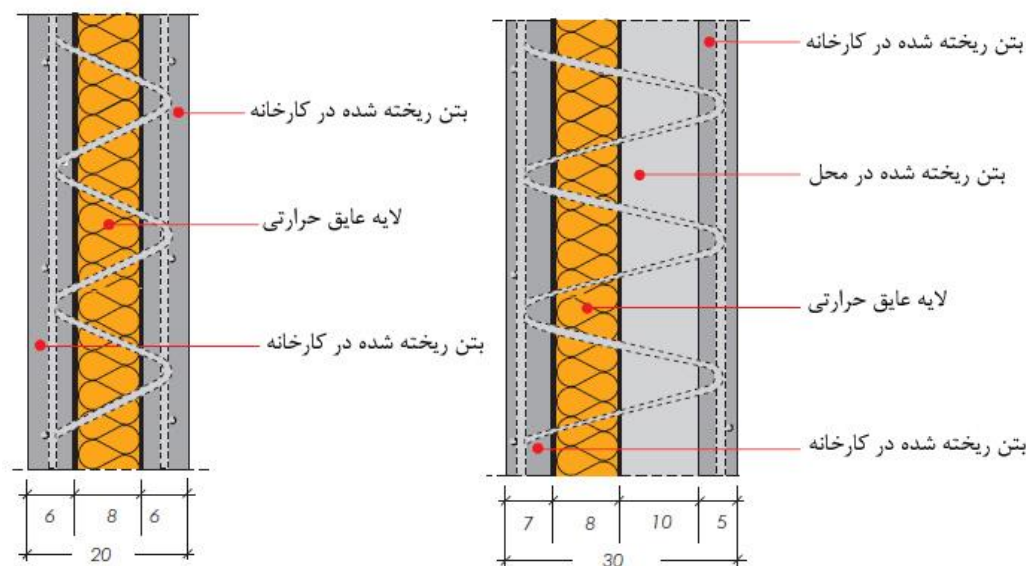
در شکل (۳۵-۲) نمای سه بعدی از شکل اجرا شده دیوار دو لایه به همراه المان سقف ارائه شده است. در این شکل قسمتی از ضخامت دیوار و سقف که با رنگ تیره تر نشان داده شده است به معنی بتن اجرا شده در محل کارخانه و رنگ روشن تر به معنی بتن ریزی در محل کارگاه و پس از نصب می باشد.



شکل ۳۹-۲: جزئیات نحوه اجرای دیوار دولایه و سقف نیمه پیش ساخته

در یک تکنولوژی دیگر از ساخت دیوارهای دو لایه با بکار بردن لایه های عایق میانی درون دیوارها از هدر رفت انرژی جلوگیری می شود. این تکنولوژی که بیشتر برای دیوارهای پیرامونی مناسب می باشد می تواند جزئیات مشابه یکی از دو حالت ارائه شده در شکل (۳۶-۲) داشته باشد. در دیوار های دولایه و در

محل کارخانه امکان تعبیه بازشوها و لحاظ کردن تمهیدات محل عبور تاسیسات مکانیکی و برقی وجود دارد.



شکل ۲-۴: جزئیات نحوه اجرای دیوار دولایه با لایه عایق میانی

## ۲.۶.۲. الزامات ارائه شده از طرف مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

- ✓ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن برای این نوع سیستم محدودیتهای زیر را قائل شده است.
- در ضمن لازم است پس از راه اندازی خط تولید این سیستم در داخل کشور از مرکز تحقیقات گواهی نامه فنی دریافت شود.
- ✓ سیستم سازه ای از نوع دیوار باربر با کاربری مسکونی در پهنه های لرزه خیزی کم، متوسط و زیاد بر مبنای آخرین ویرایش استاندارد ۲۸۰۰ قابل اجرا می باشد.
- ✓ مقاطع دیوارهای باربر می باید به صورت مقطع کامل بتن مسلح تامین کننده الزامات مربوط به مبحث نهم مقررات ملی ساختمان یا آیین نامه ACI318-05 و ویرایش بعد از آن باشد.
- ✓ پانلهای سقفی به صورت دالهای یک طرفه عمل نموده و مشتمل بر لایه زیرین بتن مسلح پیش ساخته و لایه فوقانی بتن مسلح درجاست.

- ✓ میلگرد گذاری لایه میانی دیوار لازم است مطابق ضوابط حداقل فولاد گذاری آیین نامه آبا صورت گیرد.
- ✓ دیوار باربر این سیستم تنها در زمره دیوارهای برشی بتن مسلح با شکل پذیری کم مطابق با مبحث نهم مقررات ملی ساختمان است.
- ✓ حداکثر ارتفاع ساختمان از تراز پایه ۱۵ متر یا ۴ طبقه و ضریب رفتار آن مطابق استاندارد برابر ۴ منظور می شود.
- ✓ کلیه اتصالات سازه ای و اجزای غیر سازه ای به سازه می بایست مطابق با آیین نامه ACI318-05 صورت گیرد.
- ✓ مشخصات فنی بتن پیش ساخته و بتن درجا می بایستی یکسان و طبق مبحث نهم مقررات ملی ساختمان یا آیین نامه ACI318-05 تامین شود.
- ✓ حداقل ضخامت لایه میانی دیوار که با بتن درجا بتن ریزی می شود باید ۱۵ سانتیمتر باشد.
- ✓ در هنگام نصب دیوارهای باربر استفاده از ملات گروت در قسمت تحتانی الزامی است و رعایت الزامات مشخصات فنی ملات های مورد پذیرش ACI318-05 ضروری است.
- ✓ رعایت مبحث سوم مقررات ملی ساختمان در خصوص حفاظت ساختمانها در مقابل حریق و همچنین الزامات نشریه شماره ۴۴۴ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن مربوط به مقاومت جداره ها در مقابل حریق با در نظر گرفتن ابعاد ساختمان، کاربری و وظیفه عملکردی عنصر ساختمانی الزامی است.
- ✓ صدابندی هوابرد جداکننده های بین واحد های مستقل و پوسته های خارجی ساختمان و صدابندی سقف بین طبقات می بایست مطابق مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان تامین شود.

✓ اخذ گواهی نامه فنی برای محصول تولیدی پس از راه اندازی خط تولید کارخانه، از مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن الزامی است.

## ۳.۶.۲. جزئیات اجرا

در شکلهای (۲-۳۷) تا (۲-۴۵) به جزئیات اجرایی این سیستم اشاره شده است.



شکل ۲-۴۱: اجرای فونداسیون گسترده به همراه میلگرد انتظار در سیستم نیمه پیش ساخته با دیوار دولایه



شکل ۲-۴۲: دپوی قطعات ساخته شده نیمه پیش ساخته حمل شده از کارخانه در کارگاه ساختمانی



شکل ۲-۴۳: مراحل متنوع عملیات اجرایی کارگاهی در سیستم نیمه پیش ساخته با دیوار دو لایه



شکل ۲-۴۴: نحوه نصب قطعات نیمه پیش ساخته دیوار دولایه در کارگاه و تثبیت موقعیت آنها توسط پشت بندها



شکل ۲-۴۵: تعبیه محل عبور تاسیسات الکتریکی از قبل و در محل کارخانه روی قطعات نیمه پیش ساخته در سیستم نیمه پیش ساخته با دیوار دو لایه



شکل ۲-۴۶: اجرای پله به صورت پیش ساخته در سیستم نیمه پیش ساخته با دیوار دو لایه



شکل ۲-۴۷: تعبیه بازشوها (مثلاً محل عبور تاسیسات مکانیکی و همچنین محل درب و پنجره ها) در سیستم نیمه پیش ساخته با دیوار دو لایه



شکل ۲-۴۸: اجرای پانلهای نما به صورت نیمه پیش ساخته در کارخانه و نصب در کارگاه مربوط به سیستم نیمه پیش ساخته با دیوار دو لایه



شکل ۲-۴۹: اجرای تیغه های جداکننده از انواع مختلف ( در ساختمان مورد بررسی از پانلهای گچی می باشد) در سیستم نیمه پیش ساخته با دیوار دو لایه

## ۷.۲. سیستم دیوار باربر بتن مسلح با قالب عایق ماندگار

### مسطح پانلی

#### ۱.۷.۲. معرفی سیستم

این روش اجرا یکی از انواع شیوه های اجرای سیستم ICF می باشد. در این روش قالب های ماندگار بصورت پانل های مستطیلی در کارخانه تولید و به کارگاه منتقل می شوند. این پانل ها متشکل از دو لایه ورق پلی استایرن، مش میانی و آرماتورهای خرپائی برای نگه داشتن آرماتورهای افقی و عمودی تعبیه شده می باشد. سازه حاصل از این شیوه اجرا جزو سازه های دیوار باربر بتن مسلح محسوب شده و با شرط رعایت الزامات و ضوابط مندرج در آئین نامه های ملی و بین المللی، در شرایط مختلف شکل پذیری قابل اجرا می باشد.

#### ۲.۷.۲. الزامات ارائه شده توسط مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

✓ سیستم سازه ای حاصل از این روش اجرا، به عنوان سیستم سازه ای دیوار باربر با دیوارهای برشی بتنی مسلح محسوب می شود. در صورتی که ضوابط شکل پذیری بر اساس آئین نامه ۲۸۰۰ و مبحث نهم مقررات ملی ایران رعایت نشود و با استناد به بند ۹-۲-۵-۲-۲۰ مبحث نهم مقررات ملی ایران، کاربرد این سیستم صرفاً در مناطق با خطر نسبی کم و متوسط و برای ساختمان های دارای اهمیت کم و متوسط تا حداکثر ارتفاع ۱۰ متر مجاز می باشد. بدیهی است در صورتی که ضوابط شکل پذیری رعایت شود، ضمن رعایت ضوابط مقاومت در برابر حریق، حداکثر ارتفاع ساختمان بر اساس ضوابط آئین نامه ۲۸۰۰ ایران، ۵۰ متر از تراز پایه می باشد.

- ✓ بارگذاری ثقلی و لرزه ای سیستم سازه ای حاصل از این روش ، به ترتیب بر اساس آخرین ویرایش های مبحث ششم مقررات ملی ساختمان و استاندارد ۲۸۰۰ ایران صورت گیرد.
- ✓ طرح سازه ای سیستم حاصل از این روش باید بر اساس مبحث نهم مقررات ملی ساختمان یا آئین نامه ۰۵-۳۱۸ ACI و ویرایش های بعد از آن صورت گیرد.
- ✓ ضخامت دیواره های بتنی نباید از ۱۵ سانتی متر کمتر باشد.
- ✓ بتن مصرفی می بایست از نوع بتن سازه ای و با حداقل مقاومت  $20\text{ MPa}$  و حداکثر اندازه اسمی سنگدانه مصرفی، ۲۰ میلیمتر باشد.
- ✓ مشخصات کلیه مصالح مصرفی مربوط به اجزاء قالب بندی ماندگار، باید مطابق با استاندارد های بین المللی معتبر و اسناد ارائه شده باشد. مشخصات سایر مصالح مصرفی نیز باید مطابق استانداردها و آئین نامه های ملی یا معتبر بین المللی باشد.
- ✓ پلی استایرن مورد استفاده باید از نوع منبسط شونده کندسوز یا خودخاموش شو، مطابق با استانداردهای معتبر بین المللی و دارای گواهینامه فنی از مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن باشد.
- ✓ برای حفاظت از بلوک سقفی پلی استایرن و جلوگیری از برخورد مستقیم هرگونه حریق احتمالی با بلوک لازم است تا زیر سقف به وسیله پوشش مناسب (مانند یک تخته گچی به ضخامت حداقل ۱۲/۵ میلیمتر یا اندود گچ به ضخامت حداقل ۱۵ میلیمتر) محافظت شود. مسئولیت اجرای مناسب و جزئیات این مسئله، به عهده شرکت می باشد.
- ✓ محافظت از بلوک دیواری پلی استایرن باید به وسیله پوشش مناسب به عمل آید . این پوشش می تواند یک تخته گچی با ضخامت ۱۲/۵ میلیمتر یا سایر مصالحی که بر اساس مدارک فنی مصوب و معتبر از نظر مقاومت در برابر دمای بالا معادل آن عمل می کند، باشد.

- ✓ پوشش محافظت کننده بلوک های پلی استایرن، باید دارای اتصال مکانیکی به سازه باشد.  
اتصال پوشش به پلی استایرن، به تنهایی، مجاز نمی باشد.
- ✓ چنانچه اتصال پوشش محافظت کننده به دیوار، از طریق رابط های پلاستیکی باشد، حداکثر ارتفاع مجاز ساختمان دو طبقه خواهد بود.
- ✓ دیوارهای بین واحدهای مستقل ( مانند دیوار بین آپارتمان های مسکونی یا واحدهای تجاری، اداری مستقل و غیره ) در هر ساختمان باید دارای مقاومت کافی در برابر آتش باشند. در این دیوارها باید به صورت مناسب از مصالح حریق بند استفاده شود، به گونه ای که بلوک های پلی استایرن در این قسمت، بین دو فضای مجاور پیوستگی نداشته باشند و از گسترش هرگونه حریق احتمالی بین دو فضایی که به وسیله دیوار مقاوم در برابر آتش از یکدیگر جدا شده اند، جلوگیری شود.
- ✓ به منظور تأمین مقاومت کافی سقف ها در مقابل آتش، لازم است فوم پلی استایرن باید در مرز سقف / کف هر طبقه قطع شود و بین طبقات امتداد نداشته باشد. در این قسمت ها، در صورت نیاز و برای تأمین مقاومت لازم، باید از مسدود کننده های آتش استفاده شود.
- ✓ فوم پلی استایرن سقف نباید بین واحدهای مستقل مجاور امتداد داشته باشد. این ماده باید در مرز دیوار جداکننده بین دو واحد مستقل مجاور ( از جمله کریدورها) قطع شود و مطابق با مقاومت لازم در برابر آتش، آتش بندی شود. ( برای جزئیات این مسائل به نشریه ۴۴۴ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن مراجعه شود).
- ✓ مقاومت سیستم در برابر آتش برای دیوار و سقف، با توجه به تعداد طبقات، نوع و جزئیات دیوار بتنی و ... ، مطابق مبحث سوم مقررات ملی ساختمان در خصوص حفاظت ساختمان ها در مقابل حریق و الزامات نشریه ۴۴۴ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن مربوط به مقاومت جداره ها در مقابل حریق تأمین شود.

- ✓ کلیه مقررات ساختمانی و مقررات محافظت در برابر آتش باید به تناسب و بر اساس مقررات موجود در کشور رعایت شود.
- ✓ رعایت کلیه مباحث مندرج در مبحث ۱۸ مقررات ملی ساختمان به جهت صدابندی دیوار و سقف، الزامی است.
- ✓ لازم است تمهیدات لازم به منظور تأمین صدابندی مورد انتظار، بخصوص در دیوارهای بین واحدها، با استفاده از روش های توصیه شده در مقررات ملی ایران، انجام شود.
- ✓ رعایت مباحث مربوط به صرفه جویی در مصرف انرژی مطابق مبحث شماره ۱۹ مقررات ملی ساختمان ضروری است.
- ✓ تمهیدات لازم در شرایط اقلیمی مختلف کشور برای پوشش نهایی جهت مقابله در محیط های خورنده و نیز استفاده از فولاد گالوانیزه در این محیط ها و رعایت الزامات مربوط به مبحث نهم مقررات ملی ساختمان الزامی است.
- ✓ در مناطقی که در معرض خطر حمله حشرات موذی، مانند مورخانه، قرار دارند لازم است تمهیدات لازم برای محافظت از لایه پلی استایرن به عمل آید.
- ✓ در تمامی مراحل تولید و اجراء مسئولیت نظارت عالیه و کنترل کیفی بر عهده شرکت متقاضی می باشد.
- ✓ رعایت کلیه مباحث مقررات ملی ساختمان و آئین نامه های ملی در استفاده از این سیستم الزامی است.
- ✓ توجیه اقتصادی طرح از وظایف مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن نبوده و صرفاً به عهده شرکت متقاضی است.
- ✓ اخذ گواهینامه فنی برای محصولات تولیدی، پس از راه اندازی خط تولید کارخانه، از مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن الزامی است.

## ۳.۷.۲. جزئیات اجرا

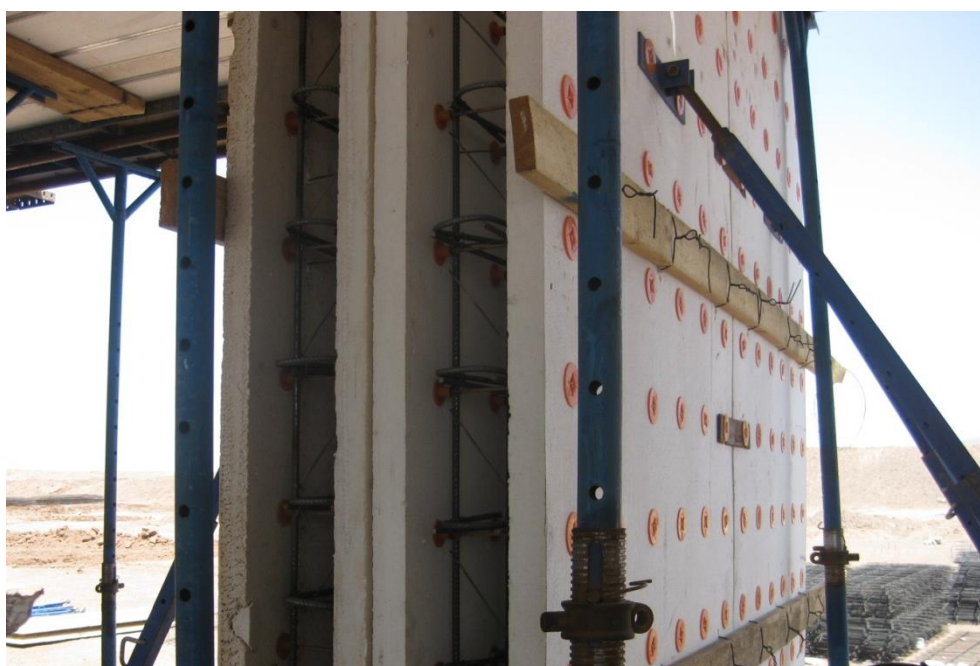
در شکل‌های (۲-۴۶) تا (۲-۵۳) به جزئیات اجرایی این سیستم اشاره شده است.



شکل ۲-۵۰: اجرای فونداسیون و آماده سازی سطح برای اجرای دیوار بتن مسلح با قالب عایق ماندگار



شکل ۵۱-۲: نمونه قالب عایق ماندگار به همراه میلگردهای قائم و رابطهای مهار کننده دو صفحه عایق



شکل ۵۲-۲: قالب عایق ماندگار نصب شده در محل و مهار شده توسط پشت بندهای نگهدارنده



شکل ۲-۵۳: نمونه قالب عایق ماندگار دیوار پس از نصب و جایگذاری میلگردهای افقی



شکل ۲-۵۴: سقف ساخته شده از المانهای عایق طولی حاوی مسلح کننده های ناودانی شکل گالوانیزه به منظور حذف و کاهش قابل ملاحظه تعداد جکهای نگهدارنده سقف قبل از بتن ریزی



شکل ۲-۵۵: تعبیه تمهیدات لازم در محل بازشوها و اجرای نعل درگاهی ها در سیستم دیوار باربر با قالب عایق ماندگار پانلی



شکل ۲-۵۶: نحوه قالب بندی و اجرای راه پله در سیستم دیوار باربر با قالب عایق ماندگار پانلی

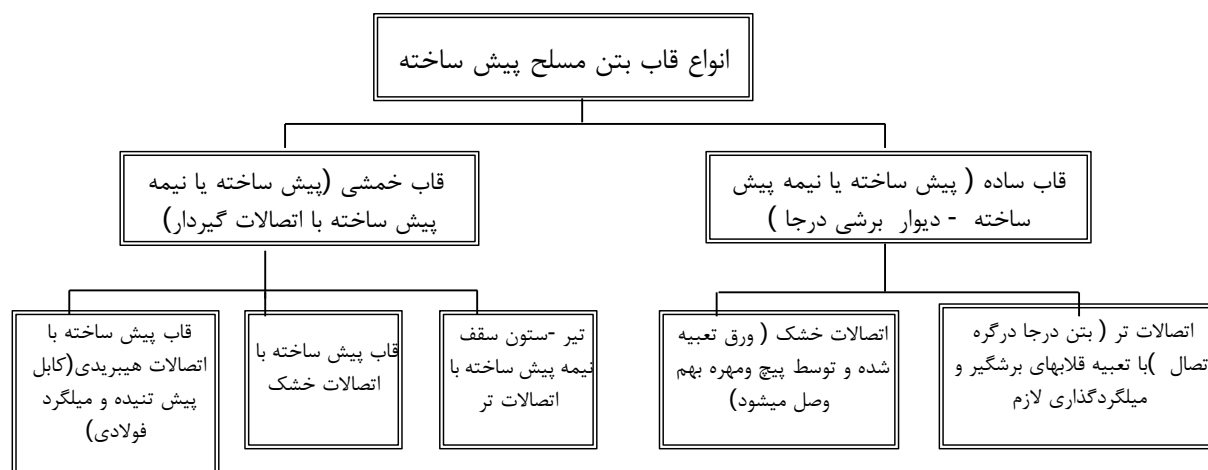


شکل ۲-۵۷: سقف آماده شده برای بتن ریزی پس از نصب المانهای عایق سقف در سیستم دیوار باربر با قالب عایق ماندگار پانلی

## ۸.۲. سیستمهای پیش ساخته

### ۱.۸.۲. معرفی سیستم

اجزای سیستم های پیش ساخته بصورت میله ای یا صفحه ای می باشد. سیستم های میله ای متشکل از تیروستون با اشکال بسیار متنوع (استفاده از ستونهای یکپارچه و ممتد و تیرهایی که با اتصال مفصلی یا پیوسته به آنها مرتبط می شوند، یا تیرها با طول معادل کل دهانه یا بخشی از آن) و سیستم های صفحه ای متشکل از پانلهای دیواری به منزله دیوارهای برشی است که در آن تغییر شکل جانبی سیستم محدود شده و پایداری عمودی مناسب تری دارد.



قابهای بتن مسلح پیش ساخته در زمره سیستم های خطی به شمار می رود نه صفحه ای و با سه روش اجرا می شود :

روش پیوسته : ستونها در آنها بصورت پیوسته بوده و تیرها بصورت گیردار یا مفصلی به ستون متصل می شود ، برای اتصال تیر به ستون از کربل نشیمن استفاده می شود.



شکل ۲-۵۸: ستون پیش ساخته آماده شده برای نصب

روش منقطع : ستونها بصورت غیر پیوسته اجرا می شود ولی ریشه های ستون در کارخانه تعبیه می شود . سپس در محل اتصال با تیر ، بتن ریزی انجام می شود، دراین روش سرعت و هزینه اجرایی بالاست .

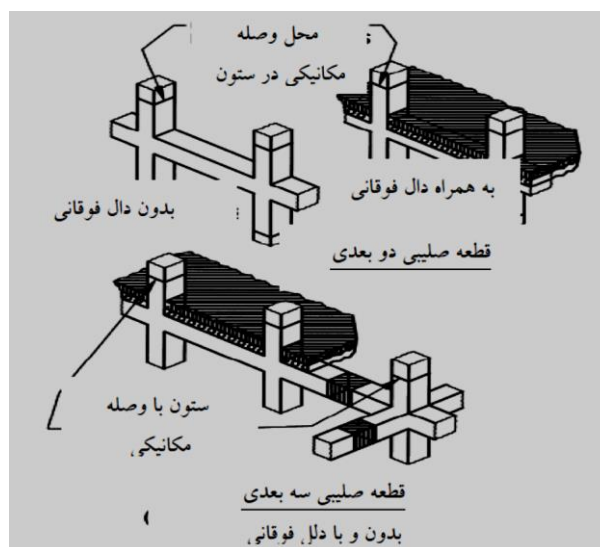


شکل ۲-۵۹: نصب تیر و ستون پیش ساخته

### سیستم قاب ساده :

در این سیستم قابهای بتن مسلح از ستونهای پیش ساخته دارای نشیمن کربل ((Corbel، سقفهای پیش ساخته با هسته توخالی (Hollow Core) و تیرهای نیمه پیش ساخته که در کارخانه تولید می شوند ، تشکیل شده است. دیوارهای برشی بتن مسلح نیز با توجه به طراحی بصورت بتن درجا اجرا می شود. تمام اتصالات سقفهای با هسته توخالی به یکدیگر و به تیرها ، همچنین اتصال سقف های پیش ساخته به دیوار برشی بصورت درجا در محل کارگاه بتن ریزی خواهد شد . اتصالات ساده تیرها به ستونهای قاب ، اتصال ستونها به شالوده و همچنین اتصال محل وصله ستونها ، بصورت خشک اجرا می شوند بنابراین در این سیستم بارهای ثقل توسط قابهای ساختمان ساده بتن مسلح و بارهای جانبی توسط مجموعه دیافراگم سقف و دیوار برشی بتن مسلح در جا حمل می شود .

قاب پرتال : در این روش اتصالات ستونها و تیرها بصورت T , H یا صلیبی شکل بوده ، دارای وزن بالا و هندسه خاصی می باشد ولی سرعت عملیات اجرا بالاست و در اتصال ۲ قطعه در نقطه ای که لنگر خمشی صفر یا حداقل است، صورت می گیرد.



شکل ۲-۶۰: قاب پرتال

## ۲.۸.۲. ویژگی های سیستم پیش ساخته

از نظر مقاومت سازه های پیش ساخته بتنی در برابر زلزله می توان به موارد زیر اشاره نمود:

- ✓ سازه های پیش ساخته که دارای اجرای صحیحی هستند، رفتار قابل قبولی تحت زمین لرزه دارند.
- ✓ ساختمانهای پیش ساخته منظم وبا پلان متقارن رفتار مناسب تری در برابر نیروهای زمین لرزه دارند .
- ✓ استفاده از تارهای پیش تنیدگی در اتصالات شکل پذیر، جوابگوی برش و استفاده از فولاد نرمه جهت شکل گیری مناسب است.

✓ به ایجاد پیوستگی عناصر فولادی با تیرو عناصر در محل اتصال با ستون باید دقت کافی به عمل آید.

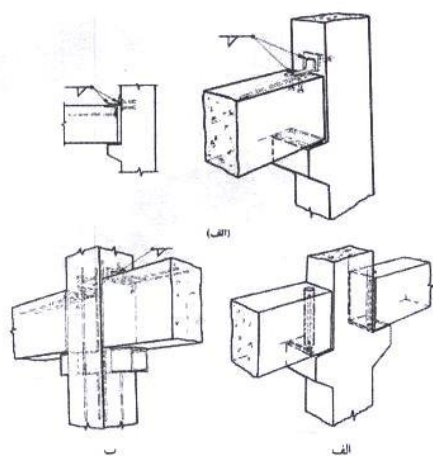
✓ خروج از مرکزیت در میلگردهای محل اتصال باعث ایجاد لنگر اضافی در محل وصله خواهد شد و کمانش میلگردها را به دنبال دارد.

✓ اگر اعضای پیش ساخته تحت نیروهای زلزله دارای رفتار غیرالاستیک باشند و اتصال دارای رفتار الاستیک، این اتصال معروف به اتصال قوی است و در نتیجه این گونه اتصال پاسخی شبیه سیستم قاب با شکل پذیری ویژه را خواهد داشت.

## ۳.۸.۲. اتصالات، جزئیات اجرایی سیستم های پیش ساخته

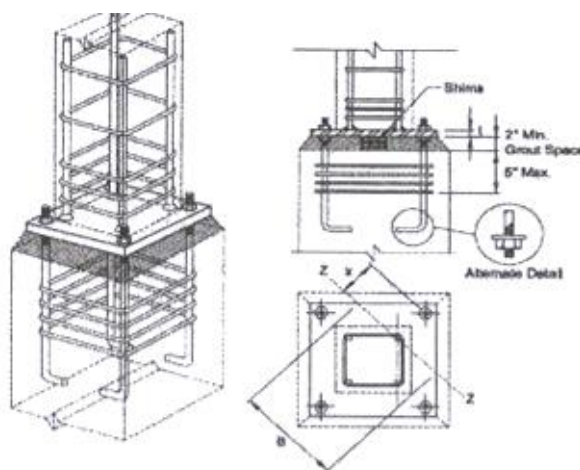
### اتصالات:

اتصال ساده تیر به ستون پیش ساخته: این نوع اتصال وظیفه انتقال نیروهای برشی ناشی از بارهای ثقلی و نیروهای بلندشدگی را بر عهده دارد ولی به منظور افزایش باربری و کاهش احتمال خردشدگی موضعی، به طور معمول از یک صفحه دارای شاخک فولادی مهار شده در بتن اتصال استفاده می شود. در نهایت، برای حفظ پایایی و مقاومت در برابر حریق، باید ناحیه اتصال با ملات گروت پایه سیمانی پوشانده شود.



شکل ۲-۶: نمونه ای از انواع اتصالات ساده تیر به ستون پیش ساخته الف- کربل بتنی ب- کربل فولادی

اتصال ستون پیش ساخته به شالوده : این نوع اتصال یکی از متداولترین شیوه ها برای اتصال ستون پیش ساخته به شالوده بشمار می رود. پایداری و امکان شاقول نمودن ستون پیش ساخته از طریق تنظیم مهره ها در محل اتصال به میل مهار فولادی، از مزایای این نوع اتصال می باشد.

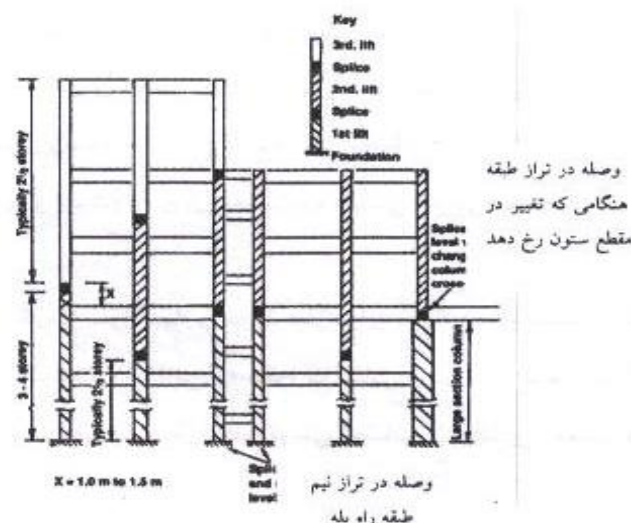


شکل ۲-۶: اتصال ستون پیش ساخته به شالوده

وصله دو ستون پیش ساخته :

بسیاری از طراحان سازه های بتنی مسلح پیش ساخته ، به منظور جلوگیری از ضعیف شدن مقطع باربر ستون، از ایجاد وصله خودداری می نمایند . بااین وجود پیش بینی وصله به علت محدودیتهای حمل قطعات پیش ساخته از محل کارخانه به کارگاه و همچنین ملاحظات اجرایی (مانند تغییر مقطع ستون) اموری اجتناب ناپذیر است . اولین تراز وصله در یک ستون بتن مسلح بین طبقه دوم و سوم صورت می گیرد که در آن حالت ، وصله بعدی به طور استثناء در طبقه پنجم انجام خواهد شد . دومین وصله در یک ستون به طور معمول دو تا سه طبقه بالاتر از محل وصله اول انجام می شود . وصله ستونها ممکن است ۱

تا ۱/۵ متر بالای تراز طبقه یا در نزدیکی نقطه عطف نمودار لنگر که میزان لنگر خمشی به مقدار حداقل خود خواهد رسید ، صورت گیرد.



شکل ۲-۶۳: محل مناسب برای وصله ستون ها در ساختمان های بلند مرتبه

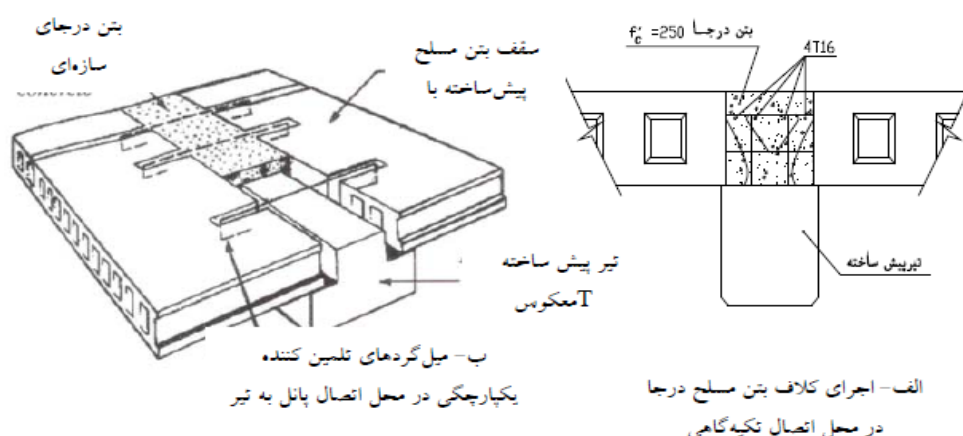
در وصله از دو روش کفشد فولادی و از طریق ستون فولادی با مقطع قوطی و تامین طول مهاري لازم برای میلگرد طولی ستون استفاده می شود.

اتصال سقف به تیر پیش ساخته :

این اتصالات را می توان به دو دسته کلی اتصالات در گره های تکیه گاهی و اتصالات در گره های طولی غیر تکیه گاهی تقسیم نمود . در شکل ۱۱ از یک پانل سقفی بتن مسلح پیش ساخته با هسته توخالی که برای اتصال در گره های تکیه گاهی آن ، از قلابهای حلقه ای شکل و به منظور اتصال در گره های طولی غیر تکیه گاهی قطعه ، از کلید برشی ( برجستگی و فرورفتگی ) در راستای طول پانل سقفی استفاده شده است ملاحظه می شود .



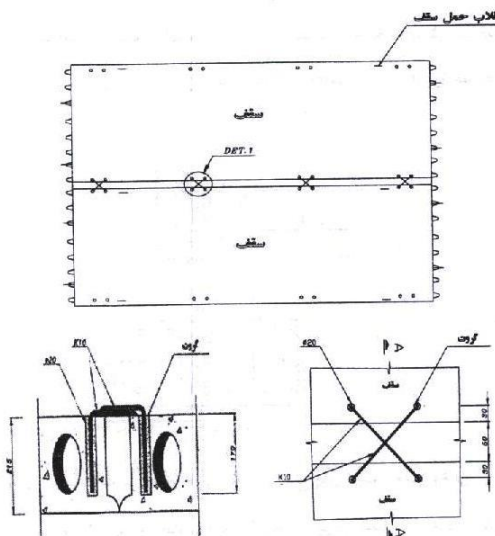
شکل ۲-۶۴: نمونه ای از تعبیه قلابهای حلقه ای شکل و کلید برشی در پانل های سقفی



شکل ۲-۶۵: جزئیات مربوط به اتصال تکیه گاهی (اتصال میانی) سقف با هسته تو خالی به تیر پیش ساخته

اتصالات سقف پیش ساخته با هسته توخالی به یکدیگر : این اتصال از اهمیت خاص برای تامین یکپارچگی سازه ای دیافراگم سقف و انتقال نیروهای برشی افقی حاصل از دیافراگم به عناصر مقاوم باربر جانبی برخوردارند. بعلاوه این اتصالات باید قادر به انتقال نیروهای برشی قائم و تغییر شکل های حجمی ناشی از حرارت و انقباض میان دو قطعه مجاور هم نیز باشند . شکل زیر جزئیات مربوط به اتصال خشک را از طریق تعبیه ورقهای فولادی با شاخکها و فواصل لازم در طول لبه های هر دو قطعه سقف پیش ساخته و اتصال جوشی آنها به یکدیگر نشان می دهد . همچنین با پیش بینی غلافهایی در فواصل لازم و در دو طرف

لبه های طول سقف پیش ساخته ، نصب میلگردهای U شکل برشی و گروت ریزی داخلی غلاف در اطراف میلگردهای مذکور می توان از اتصال تر نیز استفاده نمود .



شکل ۲-۶۶: اتصال تر از طریق میلگردگذاری و گروت ریزی داخل غلاف در فواصل لازم و در راستای طولی دو قطعه سقف پیش ساخته مجاور یکدیگر

#### ۴.۸.۲. ضوابط و الزامات انواع سیستم‌های پیش ساخته و نیمه پیش ساخته

طراحی و اجرای سازه های بتنی پیش ساخته باید به گونه ای انجام پذیرد که از رفتار منسجم و پایدار سازه اطمینان حاصل شود. جهت اعمال ضوابط و الزامات لازم در طراحی، تولید و اجرای سیستم های پیش ساخته می توان از آیین نامه های معتبر بین المللی ACI-318-08، راهنمای طراحی PCI، نشریه ۳۸۸ سازمان مدیریت و برنامه ریزی ایران (آیین نامه طرح و محاسبه سازه های بتنی پیش ساخته) و الزامات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن استفاده نمود. همچنین در صورت بکارگیری دیوارهای برشی بتن آرمه درجا در سیستم از مبحث ۹ مقررات ملی ساختمان، در صورت اجرای اتصال خشک (به روش جوش یا پیچ) از مبحث ۱۰ مقررات و آیین نامه های AISC، AWS و ASCE 07 استفاده گردد.

۱. سیستم قاب های بتن مسلح پیش ساخته با دیوار برشی بتن مسلح درجا

در این روش، ستونها بصورت پیش ساخته (حداکثر تا ۱۲m جهت حمل آسانتر، تیرها بصورت نیمه پیش ساخته و سقفها از نوع دال بتنی (Hollow core) پیش ساخته می باشد. تمام اتصالات سقف های با هسته توخالی به یکدیگر و به تیرها، هم چنین اتصال سقف های پیش ساخته به دیوار برشی، به صورت درجا در محل کارگاه بتن ریزی خواهند شد. اتصالات ساده تیرها به ستون های قاب، اتصال ستون ها به شالوده و هم چنین اتصال محل وصله ستون ها، به صورت خشک اجرا می شود. از قاب ساختمانی ساده برای باربری ثقلی و از دیوار برشی بتن مسلح درجا بعنوان باربری جانبی سازه استفاده می شود.

در این روش اتصال تیرها به ستونها از نوع اتصال ساده نشیمن می باشد که با جوش دادن پلیت تعبیه شده روی کربل ستون به نبشی تعبیه شده در قسمت نشیمن تیرچه پیش ساخته محقق می شود.



شکل ۲-۶۷: اتصال جوشی تیر نیمه پیش ساخته به کربل در ستون میانی وکناری

الزامات اصلی:

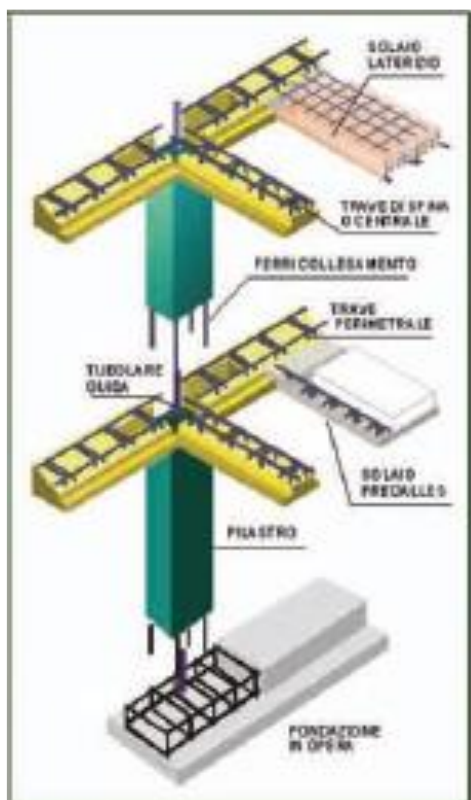
- اجرای این سیستم بعنوان قاب ساختمانی ساده بتن مسلح پیش ساخته به همراه دیوار برشی بتن مسلح متوسط درجا، در کلیه پهنه های لرزه خیزی ایران و به همراه دیوار برشی بتن مسلح معمولی فقط در مناطق با پهنه بندی لرزه خیزی کم و متوسط مجاز می باشد.
- منظم بودن ساختمان در پلان و ارتفاع الزامی است.

- ضروری است المان مرزی در لبه های دیوار برشی بتن مسلح درجا، صرفاً بصورت درجا اجرا شود و بمنظور تأمین یکپارچگی در دیافراگم سقف، میلگردهای تأمین کننده یکپارچگی اعضا در محل اتصال اعضا بطور مناسب طراحی و اجرا شوند.



شکل ۲-۶۸: اجرای دیوارهای برشی بصورت درجا در سیستم پیش ساخته

۲. سیستم قاب ساده بتنی نیمه پیش ساخته k با دیوار برشی بتن مسلح درجا  
در سیستم نیمه پیش ساخته k اعضای همچون تیر، ستون و سقف بصورت نیمه پیش ساخته در کارخانه تولید شده که پس از انتقال به محل با استفاده از بتن ریزی درجا در محل اتصالات، پیوستگی سازه حاصل می شود. برای تحمل بارهای جانبی وارده به سیستم، دیوارهای برشی بتن مسلح در نظر گرفته شده است که بصورت درجا اجرا شده و از طریق دیافراگم سقف به قابهای بتنی اتصال دارد. (دیافراگم سقف سیستم، از نوع صلب می باشد).  
بعلت نیمه پیش ساخته بودن قطعات، به نیرو و زمان کمتری جهت ساخت در کارخانه نیاز داشته و هزینه حمل نیز کاهش می یابد.



شکل ۲-۶۹: سیستم قاب بتنی نیمه پیش ساخته

#### الزامات اصلی سیستم:

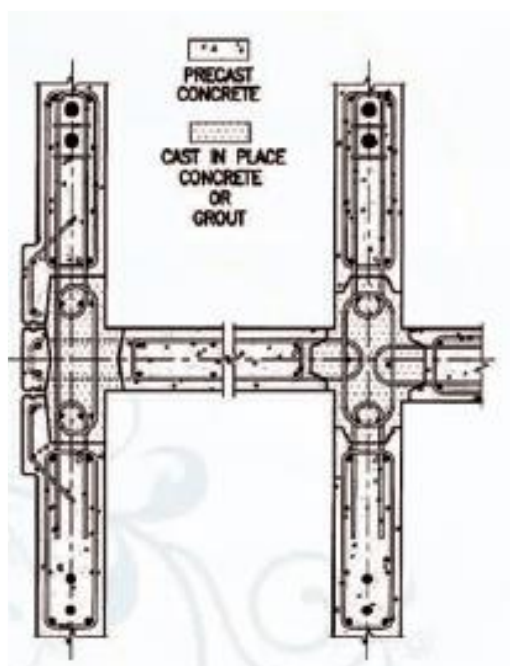
- اجرای این سیستم سازه ای (قاب ساختمانی ساده با اتصالات + دیوار برشی) باید مطابق ضوابط استاندارد ۲۸۰۰ باشد (انتخاب R و حداکثر ارتفاع بسته به نوع دیوار برشی بتن مسلح می باشد).
- ضخامت دیوارهای بتن آرمه نباید از ۱۵ cm کمتر باشد.
- منظم بودن در ساختمان در ارتفاع و پلان الزامی است.
- در صورت تعبیه اعضای مرزی در دیوارهای برشی ضروری است این اعضا بصورت درجا اجرا شود.
- تأمین ضوابط دیافراگم صلب و همچنین تأمین پیوستگی و یکپارچگی برای کلیه سقفها الزامی است.

## دال نیمه پیش ساخته:

پیش دال ها ( Predall) معمولاً قسمتی از یک دال یک طرفه هستند که به صورت صنعتی در کارخانه ساخته شده و سپس به کارگاه ساختمانی منتقل می شوند . پس از نصب روی ستونها یا دیوارهای باربر ، کلافهای فولادی پل های اصلی و فرعی مابین آنها قرار گرفته و پس از اجرای بتن ریزی بصورت درجا ، عملکرد سازه ای آن همانند دال یکطرفه تحقق می یابد . پیش دال ها معمولاً بشکل مدولار با طولی برابر طول دهانه و به عرضی حدود  $1/5m - 1$  تولید می شود .

## ۳. سیستم دیوارهای باربر بتن مسلح ویژه

در این سیستم سازه ای بتنی ، اتصال قطعات پیش ساخته بتن مسلح در امتدادهای افقی و قائم عمدتاً توسط قلابهای U شکل که در کناره های این قطعات تعبیه شده است، صورت می گیرد. بعد از نصب این قطعات، با افزودن آرماتورهای طولی، قلابهای U شکل یاد شده به یکدیگر دوخته شده و سپس فضای بین این قطعات که باید به یکدیگر متصل شوند، با بتن کاملاً پر می شود.



## شکل ۲-۷: مقطع افق دیوارهای پیش ساخته بتن مسلح

در این سیستم پانلهای دیواری علاوه بر تحمل بارهای ثقلی ساختمان، بارهای جانبی اعمالی را نیز بصورت دیوار برشی تحمل می نماید، در نتیجه این نوع سیستم در دسته بندی سازه ای ، یک سیستم دیوار باربر از نوع دیوار برشی بتن مسلح می باشد.

### الزامات اصلی:

- مشخصات و محدودیتهای لرزه ای مانند ضریب رفتار، حداکثر ارتفاع مجاز از تراز پایه، استفاده در مناطق با خطر لرزه خیزی بالا و ... باید براساس آیین نامه ASCE7-05 تعیین شود.
- تأمین ضوابط دیاگرام صلب مطابق استاندارد ۲۸۰۰ ایران در کلیه سقفها الزامی است.
- بجای استفاده از قلابهای U شکل در محل اتصالات، استفاده از سایر روشهای مورد تأیید مطابق ACI 318-08 نیز مجاز می باشد.
- تأمین یکپارچگی سازه ای در کل این سیستم با تعبیه انواع کشهای ( Ties عرضی، طولی، قائم و پیرامون مورد نیاز مطابق ACI 318-08 ضروری است.
- در طرح لرزه ای این سیستم سازه ای و اتصالات آن، راهنمای ACI 550.1R-01 مورد توجه قرار گیرد.

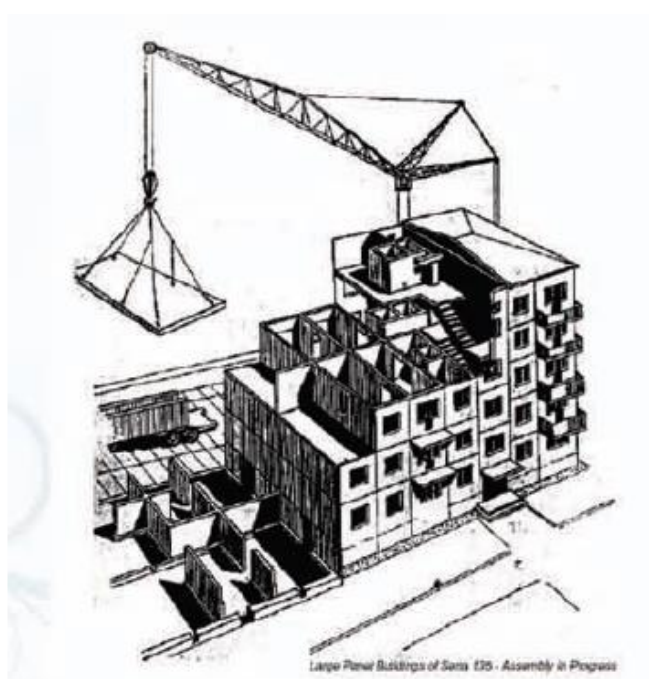
۴. سیستم ساختمانهای پیش ساخته با دیوار باربر متشکل از سقف و دیوارهای بتن آرمه با بتن

### سبک سازه ای

سیستم Large panel یا سیستم Box Type در گروه سیستم های پیش ساخته بتنی Tilt-up قرار می گیرد. در این سیستم، پانلهای دیواری و سقفی بصورت پیش ساخته تولید و اجرا می گردد. پانلهای دیواری علاوه بر تحمل بارهای ثقلی، بارهای جانبی را نیز بصورت دیوار برشی تحمل می نماید، در نتیجه از

نوع سیستم های سازه ای دیوار باربر تلقی می گردد. بارهای مرده و زنده از طریق دال های بتن آرمه کف که از طریق اتصال مفصلی یا غلتکی به دیوارها متصل می باشد، انتقال یافته و دیوارها نیروهای ناشی از بارهای وارده را به شالوده منتقل می نمایند.

از آنجا که این سیستم با بکارگیری بتن سبک سازه ای و لایه عایق حرارتی می تواند تولید شود ضمن کاهش وزن دیوارها، رفتار مطلوبتری در برابر انبساط و انقباض و عایق بندی حرارتی دارا می باشد.



شکل ۷۱-۲: تصویر شماتیک سیستم box type

#### الزامات اصلی:

- طبقات مجاز قابل اجرا حداکثر ۳ طبقه مسکونی روی پیلوت یا ۱۲m از تراز پایه سازه است.
- حداکثر طول دهانه قابل اجرا ۵m است.
- بار زنده در محدوده ۲۵۰-۴۰۰ Kg/m<sup>2</sup> مجاز می باشد.
- منظم بودن ساختمان در ارتفاع و پلان ضروری است.

- کاربرد سیستم در ساختمانهای مسکونی می باشد.
- رعایت  $f_y$  فولاد به مقدار  $300,400 \text{ MPa}$  در اعضای سازه ای و حداقل  $400 \text{ MPa}$  در اتصال غلافی الزامی است و رعایت حداقل و حداکثر مقاومت فشاری به ترتیب  $35,21 \text{ MPa}$  براساس ACI213R-03 برای ساخت بتن سبک الزامی است.

#### ۵. سیستم دیوارها و سقفهای بتن مسلح پیش ساخته توخالی (داموس)

سیستم داموس متشکل از دیوارها و سقفهای بتن آرمه پیش ساخته توخالی است. قطعات پیش ساخته از کارخانه به کارگاه منتقل شده و به کمک اتصالات (درجا) بهم متصل می شوند اتصال دیوارها به یکدیگر در ارتفاع بصورت پیوسته نبوده و تنها از طریق المانهای مرزی تعبیه شده در دو انتهای دیوار صورت می گیرد. بخشهای درجای سیستم شامل شالوده، کلافهای افقی بالای دیوارها در محل اتصال به سقف ها، کلافهای قائم تعبیه شده در محل تقاع دیوارها و اعضای مرزی بتن مسلح دو انتهای دیوارها جهت اتصال دیوارها در ارتفاع می باشد.

#### الزامات اصلی سیستم:

- اجرای سیستم داموس با رعایت ضوابط سیستم دیوار باربر با دیوار برش بتن مسلح توسط پیش ساخته تا حداکثر ۴ طبقه یا ارتفاع  $12 \text{ m}$  از تراز پایه در کلیه پهنه های لرزه خیزی کشور مجاز می باشد.
- حداکثر طول دهانه سقفها برابر  $5 \text{ m}$  توصیه می شود.
- منظم بودن ساختمان در ارتفاع و پلان الزامی است.
- کلاف قائم باید در گوش های اصلی ساختمان و در طول دیوار، در فاصله محور تا محور حداکثر  $5 \text{ m}$  در موضع سوراخها، همچنین در محل اتصال دیوارها به یکدیگر اجرا شود. سطح مقطع کلاف بتن مسلح نباید از  $2400 \text{ m}^2$  کمتر باشد.

- اجرای کلافهای افقی بر روی دیوارهای باربر به محل اتصال سقف به دیوار و پیرامون ساختمان بمنظور تأمین یکپارچگی سازه الزامی است. همچنین عرض و ارتفاع کلافها نباید از ۲۰ cm کمتر باشد.

#### ۶. سیستم دیوارهای توپر و سقفهای با هسته تو خالی بتن مسلح پیش ساخته

این سیستم سازه ای متشکل از دیوارهای توپر بتن مسلح است که بنابه ضوابط و نیازهای معماری پروژه طراحی و تولید می شود. مقطع عرضی این دیوارها ممکن است در طول ارتفاع متغیر باشد. در دو انتهای دیوارها نیمدایره های توخالی به نحوی تأمین شده است که با قرار گرفتن دو پانل دیواری در کنار یکدیگر، امکان تعبیه کلاف را فراهم می کند. سقف این سیستم از نوع سقفهای با هسته توخالی بتن مسلح پیش ساخته می باشد.



شکل ۲-۷۲: سیستم دیوارهای توپر

#### الزامات اصلی:

- اجرای این سیستم بعنوان سیستم سازه ای و دیوارهای باربر با دیوار برشی بتن مسلح پیش ساخته معمولی حداکثر تا ۵ طبقه یا ۱۵<sup>m</sup> از تراز پایه برای ساختمانهای مسکونی مجاز است.

- منظم بودن ساختمان در ارتفاع و پلان الزامی است.
- طراحی و تعبیه کلافهای قائم در گوشه های ساختمان و در طول دیوار با فواصل حداکثر ۵m و همچنین در محل اتصال دیوارها ضروری است سطح مقطع کلاف قائم بتن مسلح درجا نباید از ۴۰۰cm<sup>2</sup> کمتر باشد.
- طرح و اجرای کلاف افقی بر روی دیوارهای باربر، محل اتصال سقف به دیوار، پیرامون ساختمان و همچنین اطراف بازشوهای سقف، بمنظور تأمین یکپارچگی الزامی است عرض و ارتفاع کلافش نباید از ۲۰cm کمتر باشد.



شکل ۲-۷۳: سیستم سقف پیش ساخته با هسته توخالی ((Hollow Core

۷. سیستم سازه های بتن مسلح پیش ساخته مدولار سه بعدی
- سیستم سازه های بتن مسلح پیش ساخته مدولار سه بعدی یا سیستم خانه سازی مدولار جعبه ای، یک سیستم ساختمانی کامل است که از مدوله های جعبه ای شامل دیوار و سقف تشکیل شده است.
- مدوله های اصلی این سیستم عبارتند از مدول میانی، شامل در و دیوار پیرامونی و سقف و مدول انتهایی، شامل ۳ دیوار و سقف.
- الزامات اصلی سیستم:

- این سیستم بعنوان سیستم دیوار باربر با دیوار برشی بتن مسلح پیش ساخته متوسط محسوب شده و اجرای آن در یک طبقه و در کلیه مناطق لرزه خیزی ایران مجاز است.
- دیوارهای بتن مسلح باید مطابق با ضوابط ارائه شده درخصوص دیوارهای بتن مسلح پیش ساخته متوسط مندرج در آیین نامه 2006 IBC طراحی شود.
- حداقل ضخامت دیوارهای بتن مسلح  $10\text{ cm}$  است.
- با توجه به وجود یک لایه مش در دیوارها لازم است محدودیتهای زیر در ساخت آنها اعمال شود.
- در هر وجه دیوار فاصله افقی بین بازشوها از کنج دیوار، می بایست بیش از  $0.3$  ارتفاع دیوار باشد.
- در هر وجه دیوار، فاصله افقی بازشوها از یکدیگر ، می بایست بیش از  $0.4$  ارتفاع دیوار باشد.



شکل ۲-۷۴: اجرای سیستم پیش ساخته D۳

۸. قابهای خمشی پیش ساخته خاص با فناوری (R-PC)  
فناوری R-PC فناوری روز کشور ژاپن است که با تولید داخلی اجزاء اتصالات، میلگردهای پرمقاومت، بتنهای کارگاهی با مقاومت بالا و پانلهای سرامیکی مخصوص نما تولید می شود. سقف این سیستم بصورت بتن پیش تنیده درجا ، ستونها و تیرها بصورت پیش ساخته می باشد.



شکل ۲-۷۵: اتصال غلافی در فناوری R-PC

الزامات اصلی:

□ استفاده از سیستم سازه ای RPC بعنوان قاب خمشی بتن مسلح پیش ساخته با اتصالات غلافی (NMB) و بتن درجا، مشروط بر رعایت ضوابط ACI550.1 در زمره قابهای خمشی بتن مسلح متوسط یا ویژه (طبق استاندارد ۲۸۰۰ ایران) بشمار می رود و بکارگیری آن در کلیه پهنه های لرزه خیزی ایران بلامانع است.

- حداکثر ارتفاع مجاز این سیستم سازه ای ۵۰m یا ۱۵ طبقه از تراز پایه است.
- تأمین ضوابط دیافراگم صلب برای کلیه سقفها الزامی است.
- رعایت حداقل مقاومت فشاری بتن C30 و فولاد AIII برای کلیه میلگردهای مصرفی الزامی است.
- گروت مورد استفاده در غلاف اتصال باید از نوع SS مطابق استاندارد ASTM A536-85، غیرانقباضی و با حداقل مقاومت فشاری  $65^{MPa}$  برای اتصال نوع ۱ باشد.



شکل ۲-۷۶: سیستم سقف در فناوری R-PC

#### ۹. سیستم دیوار باربر دولایه و سقف نیمه پیش ساخته با بتن درجا

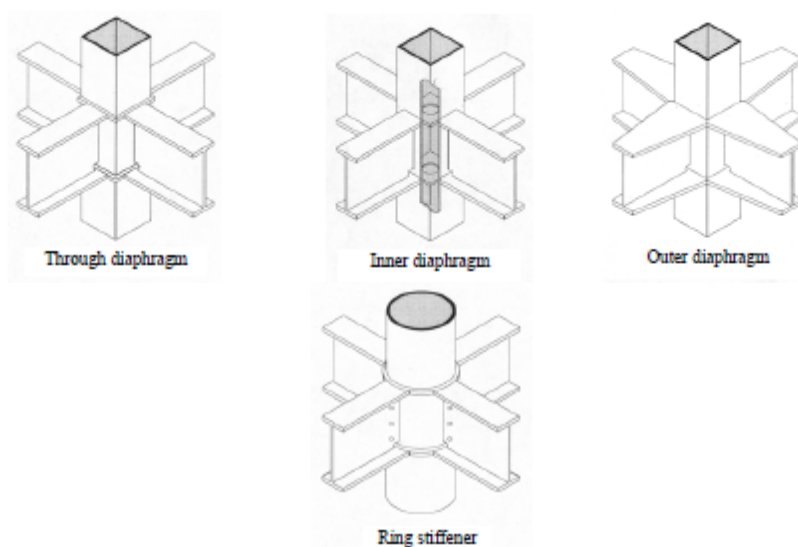
در این روش قسمتی از دیوارهای بتن مسلح بصورت پیش ساخته در کارخانه تولید می شود. این دیوارها از دولایه بتن مسلح، که با فاصله عرضی نسبت به یکدیگر قرار میگیرند، ساخته می شود و با بتن ریزی درجا یکپارچگی اعضای سازه ای را ایجاد می نماید. ضخامت دیوارها، عموماً بین ۲۰ تا ۳۰ سانتیمتر متغیر است. اتصال بین دو جداره بتنی توسط خرپا، تامین می شود، شکل خرپاها و تعداد و قطر میلگردهای مورد استفاده بستگی به طراحی و میزان نیروها دارد.

سقف این سیستم معمولاً باپیش دالهای خرپادار طراحی و اجرا می شود. بتن ریزی دیوار و سقف معمولاً بصورت درجا و همزمان انجام می شود. این دیوارها می توانند به تنهایی یا همراه با دیگر اجزای سازه ای بتنی (پیش ساخته یا درجا) سازه ساختمان را تشکیل دهند. پس از اجرای دیوارهای خارجی این سیستم، یک لایه عایق حرارتی از داخل یا خارج به دیوار متصل می شود.

## ۹.۲. سیستم ستون فولادی پر شده با بتن (CFT)

### ۱.۹.۲. معرفی سیستم

سیستم سازه ای CFT سالهاست که در کشورهای زلزله خیز، مانند ژاپن در حال طراحی و اجرا در ساختمانهای بلندمرتبه می باشد و از جمله سیستم های مختلط فولاد-بتن بحساب می آید. سیستم سازه ای آن قاب ساده+دیوار برشی بوده و ستونهای این سیستم، دارای لوله فولادی دایره ای یا مربع شکل است که داخل آن از بتن پر می شود، تیرهای این سیستم می تواند بصورت مختلط یا فولادی اجرا گردد. تحقیقات انجام شده مرکز تحقیقات ساختمان ژاپن درباره سیستم CFT نشان می دهد بدلیل اندرکنش بالای فولاد و بتن در ستون، عملکرد سازه ای ارتقا یافته و منجر به کاهش کماتش لوله فولادی، مقاومت بیشتر بتن و کاهش خزش و جمع شدگی آن می گردد و نسبت فولاد به بتن در اینگونه مقاطع در مقایسه با ستون بتن آرمه بالاتر رفته و قابلیت تغییر شکل پلاستیک درخمش به جهت محیطی بودن فولاد در سطح مقطع بتن افزایش می یابد.



سیستم ساخت CFT، دارای ستون دایره ای مختلط، تیر فولادی و دیوارهای برشی بتن آرمه می باشد. سیستم سازه ای آن طبق آیین نامه ۲۸۰۰ ایران، قاب ساده+ سیستم باربر جانبی (دیوار برشی یا مهاربندی

های فولادی) است. نوع سقف مورد استفاده می تواند از روشهای مختلف (دال یکطرفه و دوطرفه، عرشه فولادی، سیستم های یوبوت و کوبیاکس، سیستم وافل یکطرفه و دوطرفه، تیرچه بلوک یا کرمیت و...) باشد. حداکثر دهانه قابل اجرا با این روش، طبق محاسبات و آیین نامه سازه های قاب شکل و ارتفاع آن نیز مطابق با مباحث ۲۸۰۰ قابل اجرا می باشد.

در این سیستم ستونها دارای مقطع ترکیبی از بتن و فولاد هستند. در حالت کلی مقاطع ترکیبی دو حالت دارند، در یک حالت بتن محیط بر مقطع فولادی می شود که در ساختمانهای معمول کمتر مشاهده می شود و بیشتر در شمع ها قابل مشاهده است و در حالت دیگر بتن محاط در مقطع فولادی می شود. در این حالت که ستونهای CFT نیز در این دسته قرار می گیرند، از ترکیب عملکرد بتن و پوشش فولادی آن ظرفیت بالایی خمشی و محوری شکل می گیرد. البته این تنها مزیت مهم مقاطع ترکیبی بتن و فولاد نمی باشد، بلکه در چنین شرایطی مقطع توخالی فولادی (مقطع قبل از بتن ریزی) سبک بوده و از قابلیت نصب و اجرای سریع برخوردار است. پس از نصب نیز بخش فولادی نقش قالب برای بخش بتنی داشته و لذا سرعت اجرا را افزایش می دهد. لذا پوشش فولادی به نوعی می تواند نقش قالب ماندگار برای بخش بتنی را نیز داشته باشد. اگرچه مقطع فولادی توخالی می تواند حالتی مختلف داشته باشد ولی در اغلب سیستمهای پیشنهاد شده مقطع بهینه و مناسب دایروی ارائه شده است. در این ستونها، اتصال وصله ستونها به صورت فلنجی اجرا می شود و در محل اتصال به پی نیز از قابلیت مهار توسط میلگردهای طولی ستون کمک گرفته می شود.

از این تکنیک ترکیبی غالباً در ستونهای ساختمان استفاده می شود و محدودیتی برای استفاده از سیستمهای دیگر برای تیرهای ساختمان و نوع سقف وجود ندارد. ولی لازم است تمهیدات مورد نیاز در مورد اتصال تیر به ستون رعایت گردد. اغلب ستونهای CFT را با تیرهای فولادی طراحی می نمایند تا سرعت اجرا زیاد شود. از آنجا که بکار گیری ستونهای CFT در سازه ساختمان ضمن افزایش قابل ملاحظه ظرفیت ستونها به سرعت اجرا می افزاید، به منظور بهره گیری از این امتیاز مثبت، لازم است این سیستم با

سیستم باربری مناسبی برای سقف تلفیق شود که سرعت زیاد اجرا را تحت الشعاع قرار ندهد. از این جهت یکی از سیستم های سقف ساختمان، سیستم دال عرشه مرکب می باشد. از این سیستم تحت عنوان عرشه مختلط نیز نام برده می شود. در این نوع سقف، عملکرد خمشی به این شکل است که دو قسمت بتنی و فولادی توسط برش گیرهایی به هم پیوسته می شوند و از عملکرد ترکیبی آنها مقاومت کافی حاصل می شود. چون قسمت فولادی مقطع مختلف به تنهایی از مقاومت کافی برای تحمل بارهای حین نصب و بتن ریزی برخوردار است، نیاز به قالب بندی زیر سقف منتفی شده و این عامل به صورت قابل ملاحظه ای به سرعت اجرا می افزاید. لذا فقط کافی است که قسمت فولادی عرشه پس از نصب اسکلت ساختمان اجرا شده و پس از میلگرد گذاری سقف و اجرای برش گیرها، بتن ریزی لایه فوقانی سقف انجام شود. با توجه به توضیحات فوق عملکرد ترکیبی دو سیستم CFT و سقف دال عرشه مرکب می تواند راندمان عملیات اجرایی را به صورت قابل ملاحظه ای افزایش دهد. در ضمن بدلیل بهره گیری قابلیت های مفید بتن مانند مقاومت فشاری و استفاده کمتر از فولاد، این سیستم از سیستم معمول اسکلت فولادی ارزان تر تمام می شود. البته اگرچه ممکن است این سیستم از سیستم اسکلت بتنی رایج (قاب های بتن مسلح) مقداری گرانتر تمام شود ولی باید توجه داشت که سرعت اجرا در این حالت چند برابر می شود و در مجموع اقتصادی تر خواهد بود.

در صورت لزوم در سیستم فوق الذکر می توان داخل مقاطع CFT را با میلگرد مسلح نموده و به ظرفیت باربری آنها افزود. همچنین چون در این سیستم اجرای اتصالات خمشی و گیردار نیاز به تمهیدات خیلی خاص دارد، بیشتر طراحان ترجیح می دهند از این سیستم تحت عنوان قاب خمشی برای باربری جانبی نیروی زلزله استفاده نکرده و از طرف دیگر از دیگر عناصر مقاوم در برابر نیروهای جانبی مانند دیوارهای برشی و بادبند کمک بگیرند. لذا در غالب طراحی ها سیستم ستونهای CFT تحت بار محوری تنها طراحی می شود و وظیفه باربری جانبی از دوش قابهای ساختمانی برداشته و به عناصری مانند دیوار برشی و بادبند محول می شود.



شکل ۲-۷۷: نمونه ای از سازه اجرا شده CFT

## ۲.۹.۲. الزامات سیستم

چون این سیستم یه سیستم ترکیبی از بتن و فولاد بوده و هر یک از دو عنصر تشکیل دهنده دارای ضوابط لازم الاجرای خود هستند. بر اساس معیارهای طراحی و در مبحث دهم مقررات ملی ساختمان جزئیات و الزامات طراحی این سیستم چه در مورد ستونهای CFT و چه در مورد سقف های دال عرشه مرکب ارائه شده است.

✓ در این سیستم سازه ای از قاب ساده ساختمانی برای تحمل بارهای ثقلی وارده استفاده شده است، این قابها از ستونهای مرکب فولادی-بتنی ساخته شده و تیرهای آن از نوع فولادی است. مقاطه سازه ای فولادی توخالی ستونها، دارای ضخامت ثابت جداره و سطح مقطع دایره بوده که در طول عضو ثابت می باشد. این مقاطع توخالی با فرم دهی ورق فولادی طی پروسه نورد سرد به شکل مورد نظر و سپس اتصال لبه ها به طور پیوسته با جوش، تولید می شود. این ستونهای فولادی توخالی در نهایت با بتن پر شده و یک مقطع مختلط فولادی-بتنی را تشکیل می دهند

در این سیستم سازه ای، برای تحمل بارهای جانبی وارده مانند زلزله، از دیوارهای برشی بتن مسلح درجا استفاده می شود.

✓ مشخصات و محدودیتهای لرزه ای مربوط به سیستم سازه ای حاصله بسته به شکل پذیری سیستم باربری جانبی و براساس استاندارد ۲۸۰۰ ایران و مبحث ۹ مقررات تعیین می شود.

✓ مشخصات مصالح، ضوابط اجرایی و طرح سازه ای و لرزه ای این سیستم سازه ای باید مطابق آخرین ویرایش مبحث ۹ و آیین نامه های AISC 360، AISC 341، ANSI/SDI C1.0-2006 نیز رعایت شود.

✓ فرم دهی ورقهای فولادی برای ساخت مقاطع توخالی دایره ای ستونها (مقاطع HSS) باید بصورت تدریجی صورت گرفته و از روشهای تایید شده آیین نامه AISC360 و موسسه STI استفاده شود.

✓ ارتفاع مقطع فولادی هر ستون به اندازه ارتفاع یک طبقه بوده که برای اتصال ستونها در ارتفاع از اتصال فلنجی استفاده می شود که باید برای تحمل بارهای وارده طراحی شود.

✓ بولت های در نظر گرفته شده برای اتصال تیر-ستون باید به تنهایی قادر به تحمل تمامی بارهای ثقلی سقف بوده و بتوانند این بارها را به ستونها منتقل کنند.

✓ نشیمنهای فولادی در نظر گرفته شده در ستونها در محل زیر بولتها باید به تنهایی قادر به تحمل تمامی بارهای ثقلی سقف باشند.

✓ در این سیستم ساختمانی دورتادور پلان، تیر در نظر گرفته شده است. ضروری است تمهیدات لازم برای جلوگیری از پیچش در تیرها در نظر گرفته شود.

✓ پی در این سیستم از نوع درجا و بصورت نواری یا گسترده باشد.

- ✓ در صورت در نظر گرفتن اعضای مرزی در دیوارهای برشی بتن مسلح، ضروری است که این اعضا بصورت درجا اجرا شوند و در نظر گرفتن ستونهای مختلط فولادی-بتنی بعنوان اعضای مرزی دیوارهای برشی مورد تایید نمی باشد.
- ✓ تامین ضوابط دیافراگ صلب برای کلیه سقفها باتوجه به ضوابط موجود در استاندارد ۲۸۰۰ ایران الزامی است.
- ✓ اتصال سیستم سقف به سیستم مقاوم در برابر بار جانبی ساختمان، باید به گونه ای باشد که ظرفیت انتقال بارهای جانبی از دیافراگم سقف به سیستم باربر جانبی فراهم شود. در این سیستم علاوه بر گل میخ های تعبیه شده، میلگردهای فولادی در نظر گرفته شده باید به تنهایی قادر به تحمل و انتقال نیروی زلزله از سقف به دیوار باشند.
- ✓ مقاطع توخالی ستونها و مشخصات فولاد مورد استفاده در آنها باید مطابق با استاندارد ASTM باشد. رعایت ضوابط و مقررات مربوط به جوشکاری اعضای سرد نورد شده مطابق استاندارد AISI و آیین نامه های AWS و AISC الزامی است.
- ✓ در ستونهای مرکب، مساحت مقطع فولادی باید حداقل یک درصد مساحت کلی مقطع مختلط باشد.
- ✓ حداکثر نسبت  $D/t$  در مقطع توخالی لوله ای شکل پر شده با بتن، برابر  $E/F_y$  0.15 باشد.
- ✓ تنش تسلیم مقاطع فولادی-بتنی نباید از ۴۰۰ مگاپاسکال و میگردهای فولادی از ۵۰۰ مگاپاسکال تجاوز نماید.
- ✓ در نظر گرفتن تمهیدات لازم برای عمل آوری مناسب بتن در ستونهای مرکب الزامی است.
- ✓ رعایت تمهیدات لازم برای عملکرد کامل مقطع مرکب در ستونهای فولادی-بتنی و در محل پای ستونها الزامی است.

- ✓ کلیه اتصالات اعم از مکانیکی، جوشی و یا بواسطه پیوستگی بتن و فولاد می بایستی بگونه ای طراحی و اجرا شوند تا ضمن رعایت کلیه ضوابط طراحی مطابق آیین نامه های فوق الذکر، تامین کننده یکپارچگی اعضا و سیستم باربر ساختمانی باشد.
- ✓ بار وارده به ستونهای مختلط پرشده با بتن باید بین قسمتهای فولادی و بتنی انتقال یابد. وقتی که بار خارجی به مقطع فولادی تنها و یا بخش بتن مسلح تنها اعمال می شود، انتقال نیرو از مقطع فولادی به هسته بتنی می تواند بکمک یکی از مکانیزمهای زیر صورت گیرد: چسبندگی مستقیم بین بتن و فولاد، اتصال برشگیر و اتکای مستقیم. در صورت وجود چند مکانیزم، مکانیزمی که بزرگترین مقدار مقاومت اسمی را بدست می دهد، ملاک خواهد بود و جمع کردن آثار، مکانیزمهای مختلف مجاز نمی باشد.
- ✓ تمامی اتصالات تیر-ستون در این قاب ساده از نوع غیر صلب می باشد. درگره اتصال پای ستون و اتصالات تیر به ستون طبقات لازم است با تقویت جدارخ ورق فولادی ستون، تمهیدات لازم برای جلوگیری از لهیدگی یا چروکیدگی ورق فولادی ستون در آن ناحیه به عمل آید.

## ۳.۹.۲. جزئیات اجرا

### اتصالات

اتصال جدید تیر به ستون بصورت عبوری از داخل ستون (اتصال با ورق میان گذر) می باشد که یک ورق در هر جهت از داخل ستون عبور می کند و تیرها از ۴ طرف به ستون وصل می شوند. این اتصال باتوجه ضوابط آیین نامه BS EN 1994-1-1:2004 , Eurocode 4 و روابط و ضوابطی که آیین نامه برای این اتصال ورق عبوری ارایه کرده است، طراحی شده است.



شکل ۲-۷۸: اتصال جدید سیستم سازه کامپوزیت

ویژگی های اتصال میان گذر :

- اتصال تیرهای اصلی از چهار سمت ستون در آکس ستونها
- قابلیت استفاده از سیستم های سقف مختلف
- اجرای تیرهای فرعی مورد نیاز
- طراحی و اجرای کالکتور برای سقف
- اجرای سقف با طول دهانه های غیر یکسان

بعد از اجرای فونداسیون ، ابتدا قطعه پدستال در محل اجرای ستونها نصب می گردد. سپس قطعات بعدی ستون با اتصال فلنجی روی پدستال نصب می گردد. اتصال قطعات ستون به هم به وسیله اتصال فلنجی انجام می شود. این اتصال بر اساس ظرفیت کشش لوله فلزی طراحی شده است.

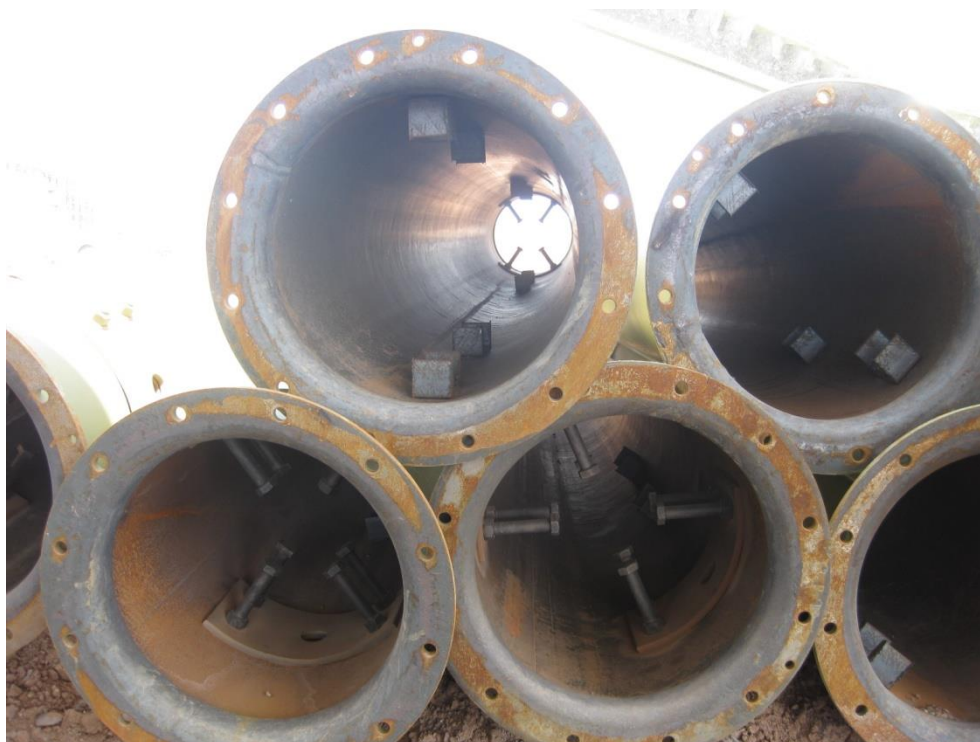




شکل ۷۹-۲: نمونه ساختمان در حال ساخت با سیستم ستونهای CFT و سقف دال عرشه مرکب



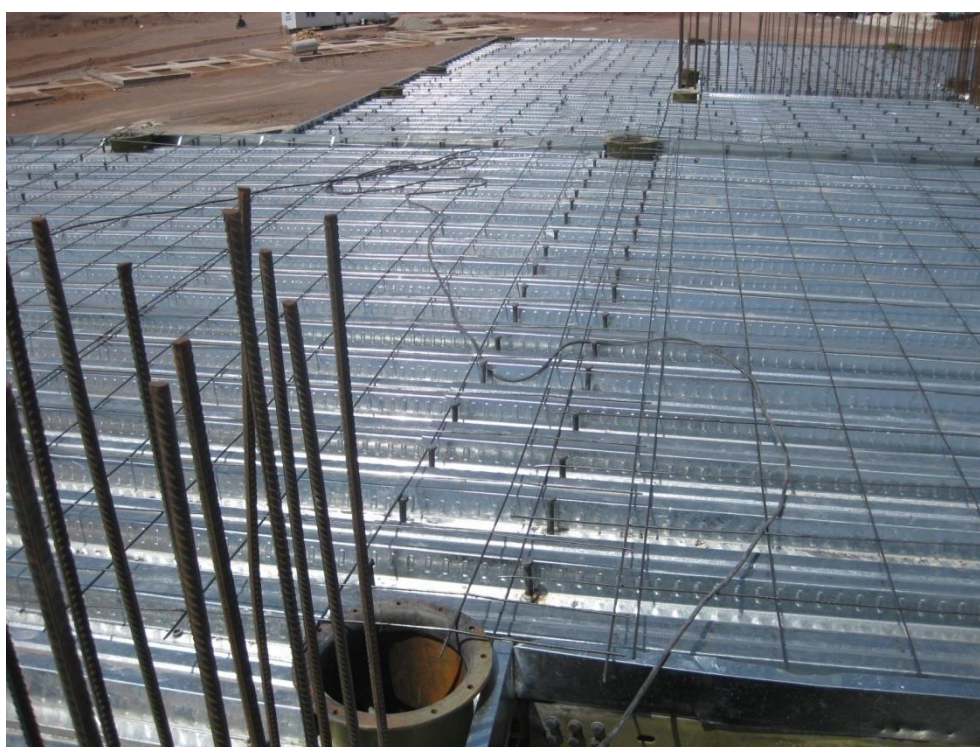
شکل ۲-۸۰: نمونه اتصالات پای ستون و وصله ستونهای CFT



شکل ۲-۸۱: نمای داخلی از ستونهای CFT قبل از نصب



شکل ۸۲-۲: نمای زیرین از سیستم سقف دال عرشه مرکب (بدون نیاز به قالب بندی زیر سقف)



شکل ۸۳-۲: نمای بالایی از سیستم سقف دال عرشه مرکب قبل از بتن ریزی و پس از نصب برش گیرها و میلگردهای طرح



شکل ۲-۸۴: نما از ستون CFT نصب شده قبل از بتن ریزی و پر شدن آن



شکل ۲-۸۵: نحوه اجرای راه پله توسط سیستم دال عرشه مرکب قبل و پس از میلگرد گذاری

به دلیل اجرای سیستم سقف CSD، اجرای سقف کاذب الزامی است. طبق جزییات ارائه شده، این سقف با فاصله اندک به صفحه فلزی متصل می شود.

در مقایسه با سازه های متعارف اسکلت فلزی میزان مصرف فولاد بطور قابل توجهی کمتر بوده و در مقابل مصرف بتن بدلیل وجود دیوارهای برشی، بتن سقف و ستونها بالاتر است. بدیهی است یکی از دلایل این کاهش قابل توجه، حذف تیرهای اصلی در جهت دیگر و نیز حذف تیرهای فرعی سقف است و از طرفی

ستونها دارای مقطع مختلط بوده و از عملکرد بتن- فولاد بطور همزمان استفاده می گردد، لذا نسبت به سازه های متعارف ، مقطع فولادی کمتری دارد.

## ۱۰.۲. سیستم نیمه پیش ساخته 3D

### ۱۰.۱۰.۲. معرفی سیستم

ساختمانهای نیمه پیش ساخته با صفحات منفرد ساندویچی 3D، بنابه ملاحظات لرزه ای، انرژی، حریق و آکوستیک برای احداث ساختمان طبقه مسکونی تا ۲ طبقه مجاز است. پانل 3D، شامل یک شبکه خرپای فضایی از میلگردهای ساده، یک لایه پلی استایرن و دو لایه بتن پوششی در طرفین است. شبکه خرپای فضایی، از اتصال شبکه های فولادی ساخته شده به روش جوش نقطه ای اتوماتیک توسط، میلگردهای مورب حاصل میشود. در تولید این پانل ها، ابتدا لایه پلی استایرن به ضخامت ۴ الی ۹ سانتی متر، روی شب که فولادی تحتانی قرار گرفته و میلگردهای مورب توسط دستگاه، از داخل لایه پلی استایرن عبور داده شده و به شبکه فولادی تحتانی

جوش می شوند . در مرحله بعد، شبکه فولادی فوقانی بر روی مجموعه قرار گرفته و به میلگردهای مورب جوش داده می شود. در این سیستم بازشوها زرد مان تولید در کارخانه و یا قبل از نصب، تعبیه شده و ، تقویت های لازم در گوشه ها با استفاده از شبکه فولادی انجام شود. لازم است پانلها برای تحمل برش و خمش وارده در سقف و تحمل بار محوری و برش عرضی در دیوارها طراحی شوند و جزئیات لازم برای یکپارچه نمودن اجزا سیستم به دقت مورد توجه قرار گیرد . در این پانلها، لایه پلی استایرن علاوه بر نقش قالببندی، در عایقکاری حرارتی، برودتی و صوتی نیز موثر است. پانلهای D ۳ در قطعاتی با عرض یک متر و طول سه متر در کارخانه تولید میشوند. پس از حمل به کارگاه و اجرای زیرسازی مناسب، در موقعیت خود قرار داده شده و به یکدیگر متصل میشوند. پس از نصب و اجرای تاسیسات برقی و مکانیکی لازم، دو سمت پانلها به ضخامت ۴ الی ۷ سانتیمتر با بتن ریزدانه بتنپاشی میشود. پس از انجام بتن پاشی، سطح بتن در دو مرحله به وسیله ماله تخته‌های و ماله فلزی پرداخت می شود. مزایای این سیستم در سه بخش معماری، سازه و اقتصادی عبارتند از: انعطافپذیری پانلهای ساندویچی برای ایجاد اشکال مختلف در بازشوها و فضاهای داخلی ساختمان، افزایش فضای مفید به دلیل ضخامت کم ، ها پانل کاهش جرم ساختمان ، باز پخش بیشتر نیرو به دلیل پیوستگی بین دیوارها و سقف ، سهولت ،ها نصب پانل کاهش زمان اجرای پروژه و نیروی انسانی مورد نیاز ، امکان احداث سریع ساختمان و اسکان آسیب دیدگان ناشی از بلایای طبیعی . همچنین از نقاط ضعف این سیستم میتوان موارد زیر را برشمرد : ترد بودن فولادهای پیش کشیده، دشواری رعایت ها رواداری به هنگام نصب و شاقول کردن پانل ها، دشواری کنترل ضخامت بتن پاشیده، عدم امکان ایجاد حفره در داخل بتن پاشیده شده داخل اتصال، عدم دست یافتن به مقاومتهای بالای بتن، امکان ایجاد خوردگی در شبکه فولادی، عدم امکان دسترسی برای تعمیر یا اصلاح مسیر تأسیساتی.

## ۲.۱۰.۲. الزامات سیستم توسط مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

✓ حداکثر ارتفاع مجاز ساختمان ۷ متر از تراز پایه یا دو طبقه مسکونی است .

- ✓ طرح سازه ای و لرزه ای این سیستم باید براساس آئین نامه های معتبر بین المللی انجام گیرد .
- ✓ امکان اجرای این نوع سیستم در همه انواع زمینها و کلیه پهنه های لرزه خیزی ایران براساس آخرین ویرایش استاندارد ۲۸۰۰ ایران وجود دارد .
- ✓ حداکثر دهانه باربر ثقیلی ۵ متر و حداکثر طول آزاد و ارتفاع خالص پانلهای دیواری به ترتیب ۶ و ۲۰/۳ متر است .
- ✓ بار زنده قابل اعمال در محدوده ۴۰۰ - ۲۵۰ کیلوگرم بر متر مربع است .
- ✓ کنترل سازه در مقابل بارباد بر مبنای مقررات ملی ساختمان ایران مبحث ششم و با در نظر گرفتن سیستم مقاوم در مقابل بار جانبی ناشی از زلزله انجام شود .
- ✓ مشخصات شبکه جوش باید براساس استاندارد ASTM باشد
- ✓ تمهیدات لازم در شرایط مختلف اقلیمی برای بتن مسلح مانند فولاد گالوانیزه و بتن مقاوم در محیط خورنده لحاظ شود.
- ✓ حداقل تنش تسلیم فولادها ۲۴۰ مگاپاسکال و حداقل قطر آن ۳ میلیمتر باشد .
- ✓ عمل سختیزدایی در صورت استفاده از فولاد پس کشیده انجام شود .
- ✓ کاربرد پلی استایرن منبسط شونده از نوع کندسوز مطابق با دستورالعمل ارائه شده مرکز و یا استاندارد ASTM مجاز است .
- ✓ رعایت مباحث مربوط به انرژی، حریق و آکوستیک بر اساس مقررات ملی ساختمان الزامی است
- امکان اجرای نما از نوع تر و یا با رعایت تمهیدات خاص از نوع خشک وجود دارد .

## ۱.۱۰.۲. جزئیات اجرا

### نحوه اجرای سازه های پانلی

#### ■ اجرای فونداسیون

پس از آماده سازی بستر خاک و ریختن بتن مگر ، پی ها بصورت نواری یا گسترده اجرا می گردد، بتن مگر باید دارای حداقل عیار  $150 \text{ Kg/m}^3$  و بتن فونداسیون دارای حداقل مقاومت فشاری  $25 \text{ Mpa}$  باشد. قبل از بتن ریزی پی ، میلگردهای u شکل قرار داده می شود که براساس نیروی برشی کف ساختمان (حاصل از زلزله و خروج از مرکزیت ) محاسبه می شود. امتداد میلگردهای انتظار باید بین شبکه مش و عایق دیوار قرار گرفته و به شبکه مش متصل شود و لازم است عایق پلی استایرن در مجاورت این آرماتورهای انتظار حرارت داده شوند تا بتن بین میگردها و عایق قرار گیرد.



شکل ۲-۸۶: نحوه اجرای فونداسیون و آرماتورهای انتظار

#### • نصب پانلهای دیوار و اتصالات

در ابتدای نصب پانلهای دیوار باید یک پانل در منتهی الیه گوشه یک دیوار خارجی بعنوان پانل مبنا نصب و شاقولی گردد. در محل اتصال دو دیوار عمود بر هم ، میلگردهای اتصال u شکل در محل تقاطع باید طوری چسبیده و عمود برهم قرار گیرند تا تشکیل خاموت بسته بدهند و پس از بتن ریزی عملکرد کلاف قائم داشته باشد. در محل اتصال پانلهای دیواری با شالوده باید  $5 \text{ cm}$  از هسته عایق برداشته شود. همچنین برای تامین پایداری قائم پانلهای دیواری به منظور بتن پاشی، لازم است در فاصله  $0/8$  تا  $1$  متری از بالای دیوار، پشت بندهایی با فاصله افقی حداکثر  $3$  متر از یکدیگر قرار گیرند.



شکل ۲-۸۷: اجرای پانلهای 3D

#### • اجرای اتصالات بازشوها

وجود بازشوها در این پانلها ، استعداد ترک خوردگی و ضعف را بالا می برد، در نتیجه استفاده از شبکه های توری یا میگردهای افقی وعمودی دورتادور بازشوها ویا شبکه های مورب به کاهش این امر کمک می کند. پس از نصب پانلها ، باید شمشه های صاف و مقاوم در فواصل مناسب (حدود ۱ تا ۲ متر) بصورت عمودی روی پانلها، بصورت موقت نصب شوند بطوری که لبه بیرونی آنها معادل لبه خارجی بتن پاشیده باشد. این شمشه های موقت پس از عملیات شمشه کشی از سطح بتن تازه برداشته می شوند.

#### • نصب لوله های تاسیساتی و برق

اجرای سیستم تاسیسات مکانیکی در سازه های پانلی بصورت روکار ترجیح داده می شود در غیر اینصورت استفاده از لوله های پلیمری برای تاسیسات مکانیکی ، لوله پولیکا و لوله خرطومی در برخی نقاط برای لوله کشی برق توکار لازم است. هنگام استفاده از لوله های آب گرم در سیستم توکار باید هسته عایق اطراف لوله به فاصله حدود ۲ سانتیمتر برداشته شود تا لوله های آب گرم باقشری از بتن دورتادور خود احاطه گردند.



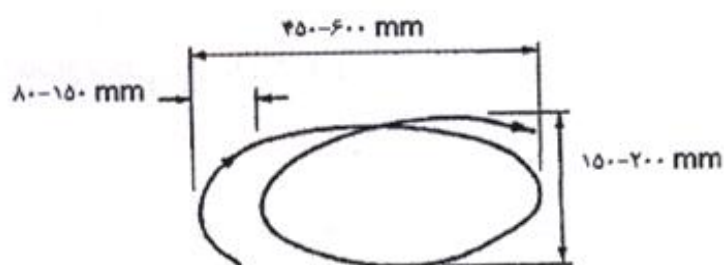
شکل ۲-۸۸: لوله گذاری

#### • نصب پانلهای سقف

سقف سیستم های پانلی می تواند یکی از انواع سقف پانلی یا سقف غیرپانلی ( مانند تیرچه بلوک، تیرهای با جان باز و دال بتنی ) انتخاب شود. لازم است نصب پانلهای سقف پیش از اتمام بتن پاشی دیوارها انجام شود و در محل اتصال به دیوارها، شناژ افقی تعبیه گردد. همچنین در وسط دهانه باید خیز منفی به مقدار  $\frac{1}{200}$  طول دهانه رعایت شود و فاصله حداکثر بین شمع ها در طول تیرچه های بین پانل سقف ۱/۵ متر باشد.

#### • بتن پاشی و بتن ریزی

در روش بتن پاشی با پمپ مکانیکی از یک پمپ تخلیه و یک مخزن تولید هوای فشرده (کمپرسور هوا) استفاده می شود. استفاده از بتن سبک در ساخت پانلهای باربر مجاز نمی باشد. لازم است سطح پانلهای قبل از عملیات بتن پاشی با پاشیدن آب مرطوب شوند، همچنین به منظور توزیع یکنواخت بتن پاشیده و جلوگیری از گلوله شدگی مصالح ، نازل تا حد امکان عمود بر سطح دیوار قرار داده شده و حرکت آن بصورت یکنواخت با الگوهای تخم مرغی شکل حول محور نازل گردانده شود.



کارایی بتن پاشیده باید دارای اسلامپ بین 40-85mm باشد. عیار سیمان بتن بالای  $300\text{Kg/m}^3$ ، و نسبت آب به سیمان حدود ۰/۵ باشد.



شکل ۲-۸۹: اجرای پانلهای d3 عنوان دیوارهای غیر باربر