

## فصل ۳۳

# پیش ساختگی در محل

Dean E. Stephan, Jr

مترجم: ش. طاحونی

### معرفی

ساختمان یک حجم هندسی است که فضاها، ارتباطات، و تناسبیات آن براساس خواسته‌های صاحب‌کار و خلاقیت مهندس معمار شکل می‌گیرد. مهندس سازه با اعمال اصول استاتیک، اسکلت باربر ساختمان را طراحی کرده و مهندس اجرا به ساختمان واقفیت عینی می‌دهد.

همکاری مناسب بین مهندس معمار، مهندس سازه، و مهندس اجرا؛ اجازه می‌دهد تا روش‌های اقتصادی و پربازدهی برای اجرای ساختمان اتخاذ شود به طوری که تأمین‌کننده دیدگاه‌های زیبایی‌شناختی معماری، ملاحظات پایداری سازه، و بالاخره محدودیت‌های مالی و زمانی پروژه شود.

### مبانی پایه

بعضی از اجزای ساختمان شرایط مناسبی جهت پیش‌ساختگی و پیش‌تندگی در محل کارگاه را دارا می‌باشند. در جایی که تعداد زیادی تیر، پانل (دیوار یا کف بتنی)، یا واحدهای مشابهی که دارای هندسه مدولار هستند، وجود دارد، گروه اجرایی باید در پی استفاده از روش اقتصادی جهت پیش‌ساختگی این اجزا در محل اجرا باشند. تیرها و شاهیترها می‌توانند به راحتی در محل، پیش‌سازی شوند. دیوارها و دال‌های بتنی نیز قابل پیش‌ساختگی با روش‌هایی مفید و پربازده هستند. دیگر اجزای ساختمانی نظیر فونداسیون و یا ستون می‌توانند به صورت درجا و یا پیش‌ساخته اجرا شوند.

در بسیاری موارد، با اعمال تغییرات جزئی در طراحی قطعات ساختمانی، و هماهنگی و توافق میان

سازنده و طراح، اجازه پیش‌سازی قطعات در محل داده می‌شود. مواردی که در مقایسه اقتصادی تغییر روش اجرا از درجا به پیش‌ساخته مورد توجه قرار می‌گیرند، عبارتند از: افزایش یا کاهش مقدار آرماتور، تغییر در روش اجرا و حذف قالب‌بندی درجا و داربست، جزئیات اضافی برای اتصال قطعات پیش‌ساخته، مضرس کردن سطوح تماس قطعات پیش‌ساخته، عملیات کشش کابل، بررسی مسائل مربوط به خزش<sup>۱</sup>، تکنیک و ماشین‌آلات عملیات نصب، و بالاخره جدول زمان‌بندی پروژه و منافع حاصل از کاهش زمان اجرا.

یکی از انواع کاربردهای پیش‌ساختگی در محل، اجرای ساختمان‌های چند طبقه است. اجرای این سیستم نیازمند برنامه‌ریزی دقیق جهت زمان‌بندی عملیات ساخت، انبار کردن، حمل و نقل، و نصب قطعات پیش‌ساخته دارد. طرح‌ریزی کارگاه تولید و انبار قطعات، قبل از شروع کار، عاملی مهم در مکانیزه (ماشینی) نمودن هر چه بیشتر فرایند تولید و افزایش بازده عملیات اجرایی خواهد بود. تکراری بودن طبیعت اجرایی پیش‌ساختگی در محل، مزیتی برای افزایش بازده عملیات در بعضی از موارد می‌باشد. عواملی نظیر، قالب‌بندی و بتن‌ریزی، تعداد قطعات، وزن قطعات، ظرفیت و توانایی نصب قطعات، مدت پروژه و زمان‌بندی آن نیازمند بررسی‌های دقیق و اساسی است.

در اجرای یک ساختمان چند طبقه حداقل چهار خط تولید و قالب جداگانه برای ساخت پانل دیوارها، پانل سقف‌ها، تیرها، و ستون‌ها لازم است. اگر تصمیم به استفاده از پیش‌تندگی باشد، طول بستر تولید باید به اندازه‌ای باشد تا اضافه زمان لازم برای توقف قطعه به منظور رسیدن به مقاومت لازم جهت پیش‌تندگی، مشکلی در برنامه زمان‌بندی اجرای ساختمان به وجود نیاورد. اگر قطعات پیش‌تندیده به صورت پس‌کشیده ساخته می‌شوند، تنظیم تعداد قالب‌های مورد استفاده برای بتن‌ریزی باید به گونه‌ای باشد تا دو منظور فوق را تأمین کند. انتخاب تجهیزات مربوط به نصب و جابه‌جایی قطعات، تابع ویژگی‌ها و رفتار قطعات طراحی شده می‌باشد، بالعکس طراحی قطعات نیز متأثر از نوع و ظرفیت تجهیزات قابل دسترسی است. پس مشاهده می‌شود که نوع طراحی و هماهنگی با روش‌ها و تجهیزات اجرایی، بخش بزرگ و مهمی از پیش‌بینی‌های انجام‌شده قبل از شروع ساخت و اجرا بوده و می‌تواند عامل مهمی در اقتصادی شدن طرح نهایی باشد.

اغلب در اجرای ساختمان‌های بلند، دیوارهای بتنی پیرامونی غیرسازه‌ای هستند، هرچند که اگر به صورت سازه‌ای نیز در نظر گرفته شوند، در نصب و اجرای آنها نباید مشکل خاصی وجود داشته باشد، به عبارت دیگر مشکلات فیزیکی موجود در ساخت، حمل و نصب قطعات پیش‌ساخته، تابعی از شکل قطعات می‌باشد. ساخت درجای قطعات بلند و باریک، و مقاطع عمیق و نازک اگر غیرممکن نباشد، بسیار مشکل است. لیکن اجرا و ساخت این قطعات با استفاده از اجرای پیش‌ساخته به سادگی امکان‌پذیر بوده، در ضمن استفاده از این شیوه، امکان اجرای تزئینات ظریف و زیبایی را بر روی دیوارهای بیرونی ساختمان، برای اجرای طراح‌های معماری فراهم می‌کند.

قطعات پانل‌های دیوار عموماً نیازمند قالب‌هایی است که امکان بلند کردن و جابه‌جایی را به آن بدهد. برای ثابت کردن این قطعات در جای خود، قالب‌های فلزی یا فایبرگلاس بهترین امکان را فراهم می‌آورند. این

نوع قالب‌ها در مقایسه با قالب‌های چوبی بسیار گرانتر هستند. البته، قیمت زیاد با تعداد تکرار بیشتر و کیفیت بالاتر تولید، به راحتی قابل جبران است. یک امتیاز منفی برای قالب‌های فلزی، مدتی است که سازنده جهت تحویل آن به پیمانکار صرف می‌کند. در حالی که پیمانکار در اسرع وقت می‌تواند قالب چوبی را در پای کار بسازد. در انتخاب مصالح قالب، هزینه و قیمت، زمان ساخت و اجرا، کارایی فن‌آوری ساخت قالب، و تعداد استفاده‌های مجدد از قالب (تکرار)، از جمله عواملی است که باید مورد توجه و بررسی قرار گیرد. در ضمن نوع مصالح از لحاظ عملکرد و زیبایی نیز باید کیفیت بالایی داشته باشد. آب‌بندی نمودن درزهای قالب و همچنین دقت در تراز بودن خطوط قطع قالب‌بندی به گونه‌ای که به زیبایی کار لطمه نزنند، از جمله عوامل مهم در اجرای قطعات است. نکته مهم، دقت در ابعاد و رعایت رواداری‌های مربوطه در تولید قطعاتی است که در ساختمان در کنار یکدیگر نصب می‌شوند. هرگونه خطا در این ابعاد و یا تعمیر آنها در فرایند تولید می‌تواند باعث جا نگرفتن قطعات در کنار یکدیگر و یا در جهت مخالف، باعث باز شدن بیش از حد درز بین آنها شود.

از شیوه‌های افزایش بازده در تولید قطعات پیش‌ساخته، افزایش کارهای مشابه و تکراری تا حد امکان است. روش‌های خط تولید تکراری<sup>۲</sup> باعث سهولت نظارت و کنترل عملیات تولیدی و منجر به تولید محصولاتی با دقت و هماهنگی بالا و صعوبت اجرایی کم خواهند شد. نوع مصالح قالب اعم از فلز، چوب، بتن، فایبرگلاس و غیره، تأثیری بر کارایی این روند تولیدی نخواهد داشت. مورد مهم دیگر، تجربه پیمانکار در اجرای روش‌های خاص است. چرا که صاحبان املاک و ساختمان‌ها معمولاً اجازه نمی‌دهند که کار آنها به عنوان یک تجربه آزمایشگاهی و با روش جدید و بدون پیشینه تجربی لازم انجام گیرد و علاقمند به سپردن عملیات اجرایی به سازندگان کم‌تجربه نیستند. توافق و تبادل نظر میان مالک، معمار و مجری طرح، در خلال مراحل طراحی شرایط لازم را جهت اجرای موفقیت‌آمیز پروژه هم از لحاظ فنی و هم از لحاظ اقتصادی در پی خواهد داشت.

موارد فوق‌الذکر را می‌توان در سه اصل خلاصه نمود: (۱) تفکر و ابداعات طراح و سازنده منجر به شکل‌گیری نوعی رابطه و پیوستگی متقابل می‌شود که از آن می‌توان به‌طور مؤثر در بهبود و توسعه طرح و اجرای ساختمان سود جست؛ (۲) سازنده باید تجربه و امکانات مهم و ضروری را در انجام موفقیت‌آمیز عملیات نظیر ساخت، حمل و نقل قطعات پیش‌ساخته و نصب قطعات بتنی داشته باشد؛ (۳) این احساس در مالک و طراح وجود داشته باشد که از تجربیات سازنده می‌توان در صرفه‌جویی هزینه‌های طرح استفاده کرد.

### ۳۳-۱ قالب‌های فایبرگلاس (پلاستیک مسلح به الیاف شیشه‌ای)

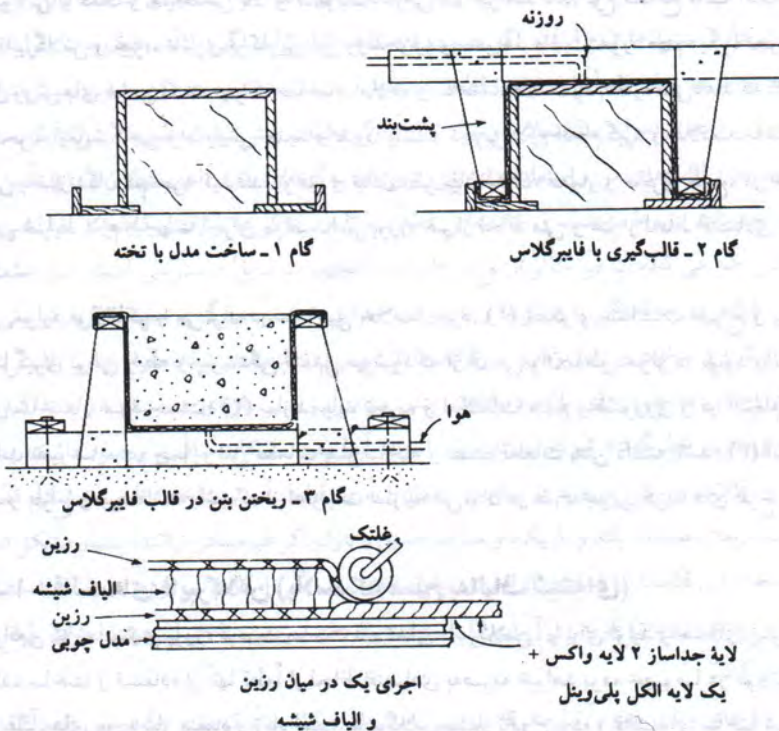
در مواقعی که زمان‌بندی پروژه فرصت ساخت قالب‌های فایبرگلاس<sup>۳</sup> را برای تولید واحدهای پیش‌ساخته فراهم می‌کند، ساخت و استفاده از آنها قطعاً از لحاظ اقتصادی به صرفه خواهد بود، خصوصاً در مواردی که تعداد و شکل قالب‌های مورد نیاز متعدد و زیاد است. فایبرگلاس بسیار بادوام بوده و قالب‌های ساخته شده با آن تقریباً

2- Repetitive production—line method

3- Reinforced fiberglass (قالب‌های پلاستیک با الیاف مسلح‌کننده شیشه‌ای)

عمر نامحدودی دارند و علاوه بر داشتن مقاومت خوردگی خوب، تأثیرپذیر از شرایط جوی نیستند. در مواردی که استفاده از قالب‌های چوبی به علت تکرار زیاد، هندسه پیچیده قطعه، داشتن سطوح منحنی و دیگر مشکلات مقرون به صرفه نباشد، استفاده از قالب‌های فلزی یا فایبرگلاس مورد توجه قرار می‌گیرد. با توجه به بعضی از خصوصیات فیزیکی قالب‌های فلزی، استفاده از آنها توأم با محدودیت‌هایی است. هرچند که قابلیت تکرار قالب‌های فلزی زیاد است، لیکن استفاده از آن برای قطعات پیش‌ساخته معماری که دارای شعاع انحنای کوچک بوده و یا دارای سطح کاملاً تخت و صیقلی می‌باشند، اگر غیرممکن نباشد، بسیار گران تمام خواهد شد. در چنین حالاتی، استفاده از قالب‌های فایبرگلاس که جزئیات آن در شکل ۳۳ - ۱ نمایش داده شده و شرح آنها در ادامه می‌آید، توصیه می‌شود.

برای ساخت قالب فایبرگلاس، ابتدا باید یک مدل از قطعه مورد تولید ساخته شود. در صورت عدم پیچیدگی در هندسه و ظاهر، مدل را می‌توان از تخته و یا چندلایی ساخت. در صورتی که هندسه قطعه پیچیده بوده و یا ریزه‌کاری‌های معماری و یا نمای خاصی داشته باشد، مدل اولیه را می‌توان با استفاده از خمیر مجسمه‌سازی تهیه نمود. مدل باید دارای مقاومت خوبی باشد تا در حین ساخت قالب تغییر هندسه ندهد، لذا



شکل ۳۳ - ۱ - مراحل ساخت قالب فایبرگلاس جهت تولید ستونی به ابعاد  $300 \times 300 \text{ mm}$ .

باید در انتخاب ضخامت‌ها دقت کرد. باید دقت خاصی در ابعاد و هندسه مدل نمود، چون هرگونه عدم دقت و بروز خطا، در تولید قطعات اصلی تکرار خواهد شد.

در هنگام ساخت مدل، باید به شیب و جوه آن و همچنین گردی لبه‌ها توجه خاصی نمود، زیرا در غیر این صورت جدا کردن قالب از مدل با مشکل روبرو شده و ممکن است باعث از بین رفتن آن شود. این شیب از مدل به قالب منتقل شده و در هنگام تولید قطعات اصلی به سهولت جدا کردن قطعه از درون قالب نیز کمک می‌نماید و در نتیجه باعث عمر بیشتر قالب می‌شود. مقدار شیب و جوه بستگی به عمق و ضخامت قطعه دارد و به‌عنوان یک قانون عمومی آن را حدود ۱ به ۵۰ توصیه می‌کنند.

به‌عنوان مثال مطابق شکل ۳۳ - ۱ ساخت قالب یک ستون مربع به ابعاد  $300 \times 300$  mm که دارای شکل قالب‌بندی ساده‌ای است، تشریح می‌شود. مدل ستون که در گام ۱ (شکل ۳۳ - ۱) نشان داده شده، از تخته چندلایی با رویه لاکه و ضخامت ۱۲ میلی‌متر ساخته شده است. به‌منظور ایجاد سهولت در جدا شدن قالب از نمونه، لبه‌های تیز به‌صورت گرد درمی‌آیند و قبل از شروع قالب‌گیری، روی سطوح مدل دولایه واکس قالب و یک لایه پوشش الکل پلی‌وینیل مالیده می‌شود.

اکنون مدل آماده برای قالب‌گیری با فایبرگلاس است. فایبرگلاس متشکل از لایه‌های یک در میان رزین و الیاف شیشه است. ابتدا یک دست رزین روی قالب مدل زده شده و روی آن یک لایه الیاف شیشه پهن می‌شود. سپس یک لایه رزین روی الیاف زده شده و روی آن لایه دوم الیاف چسبانده می‌شود. قبل از اجرای لایه سوم، لازم است پشت‌بندها و سخت‌کننده‌های چوبی قالب در جای خود نصب شوند (گام ۲ - شکل ۳۳ - ۱). بعد از نصب سخت‌کننده‌ها، لایه رزین سوم به تمام سطوح (شامل سطوح پشت‌بندها) مالیده شده و لایه سوم الیاف شیشه به‌طور کامل روی لایه‌های قبلی پهن می‌شود به طوری که روی تمام پشت‌بندها را پوشانده و آنها را با قالب فایبرگلاس کاملاً درگیر و یکپارچه نمایند. در این مرحله روزه‌هایی برای دمیدن هوا که سهولت زیادی در قالب‌برداری ایجاد می‌کند، به‌سیستم قالب اضافه می‌شود. با دمیدن هوای فشرده از طریق این روزه‌ها، لایه جدایی بین قالب و قطعه ایجاد شده و قالب‌برداری را بسیار سهل می‌کند (به‌خصوص در مورد قالب‌های منفی \*).

انتخاب نوع رزین مصرفی بستگی به شرایط آب و هوایی دارد، ولی غالباً برای لایه‌های داخلی از رزین‌های نرم و برای لایه‌های خارجی از رزین‌های سخت استفاده می‌شود.

در قالب‌های سنگین، به‌جای استفاده از پشت‌بندهای چوبی، از نیمرخ‌های فولادی نظیر نبشی و I به‌عنوان سخت‌کننده قالب استفاده می‌شود.

در صورتی که تعداد قالب‌های مورد نیاز زیاد باشد، باید چندین مدل تهیه نمود. برای این منظور بهتر است یک مدل منفی اولیه تولید نمود و از روی آن با تکنیک فایبرگلاس چندین مدل مثبت تهیه کرد و از روی مدل‌های مثبت تکثیر شده، اقدام به ساخت قالب‌های فایبرگلاس نمود.

در شکل ۳۳ - ۲ پاشیدن رزین در حین ساخت فایبرگلاس نشان داده شده است. در شکل ۳۳ - ۳ و

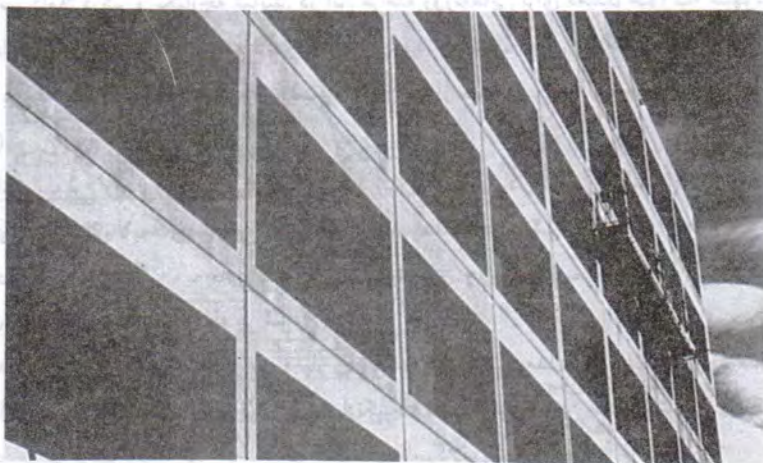
\* قالب منفی قالبی را گویند که بعد از قالب‌برداری، حفره‌ای درون بتن به‌جا بگذارد.



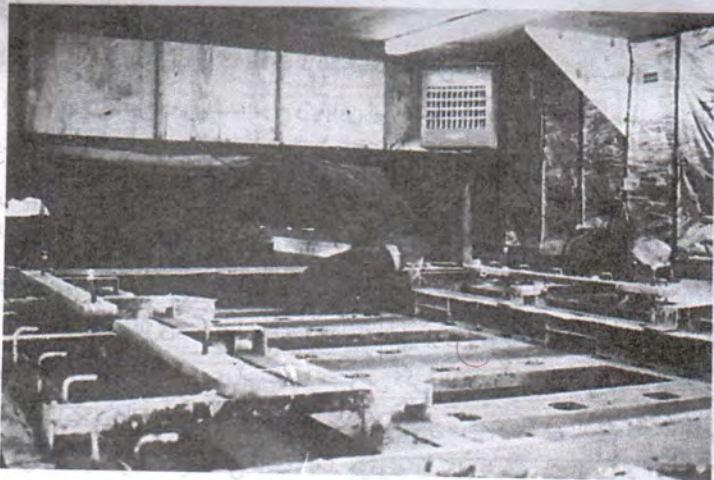
شکل ۳۳-۲ - ساخت یک قالب فایبرگلاس.

۳۳-۵ - نیز نمونه‌هایی از قطعات پیش ساخته نما که توسط قالب فایبرگلاس تولید شده، ارائه شده است.

شکل ۳۳-۴ - قالب فایبرگلاس تولیدکننده این قطعات مشاهده می‌شود.



شکل ۳۳-۳ - پانل‌های پیش ساخته که با استفاده از قالب فایبرگلاس ساخته شده‌اند.



شکل ۳۳-۴ - قالب‌های فایبرگلاس جهت ساخت پانل‌های دیواری.



شکل ۳۳-۵ - دیوارهای بیرونی این ساختمان از پانل‌های پیش‌ساخته که در شکل قبل نشان داده شده تشکیل شده‌اند.

## ۳۳-۲ قالب‌های فلزی

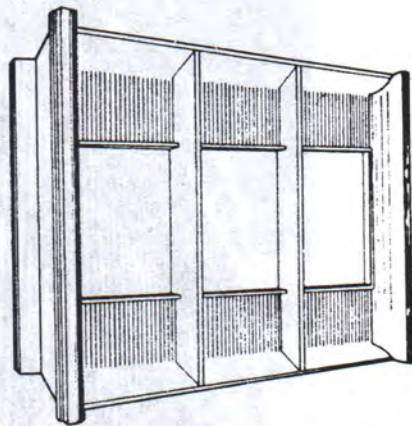
استفاده از قالب‌های فلزی در مواردی که هدف تولید قطعات پیش‌ساخته زیاد با قالب‌های کم است (یعنی تکرار زیاد)، بسیار اقتصادی و به صرفه می‌باشد. دوام و پایداری این قالب زیاد بوده و به علت صلبیت زیادی که دارند، در حین تولید دچار تغییرات ابعادی نخواهند شد و در نتیجه خطای ابعادی در قطعات تولیدی کم خواهد بود.

سختی زیاد قالب فلزی در لبه‌ها، لبه‌هایی صاف، گونیا و ریسمانی در قطعات پیش‌ساخته به وجود می‌آورد که باعث قرار گرفتن دقیق لبه‌های پانل‌های مجاور در کنار یکدیگر بدون نیاز به سنگ زدن و یا ساب زدن می‌شود. نتیجه نهایی درزهای یکنواخت و صاف در محل برخورد قطعات است.

در ساختن قالب‌های فلزی، تعبیه مجاری و یا لوله‌هایی برای ورود فشار هوا جهت جداسازی قطعه بتنی پیش‌ساخته از بدنه قالب لازم و ضروری است، به خصوص اگر قطعه پیش‌ساخته از لحاظ هندسی خیلی عمیق و یا لاغر بوده و یا اینکه قطعات قالب از چهار طرف توسط بتن محصور شده باشند (قالب منفی). علاوه بر تعبیه مجاری هوا، با در نظر داشتن شکل قالب، باید هرگونه مشکل یا صعوبت احتمالی در باز کردن و بیرون آوردن قطعه از داخل قالب را نیز مدنظر داشت.

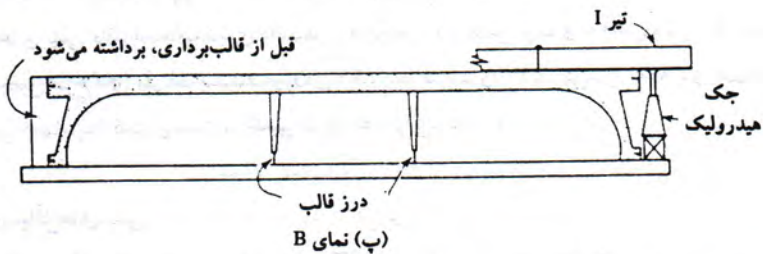
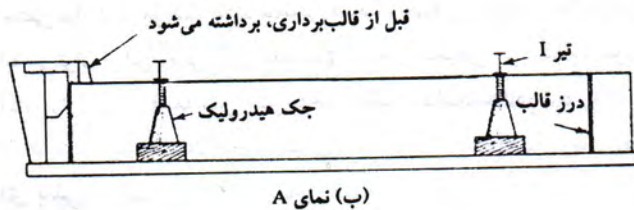
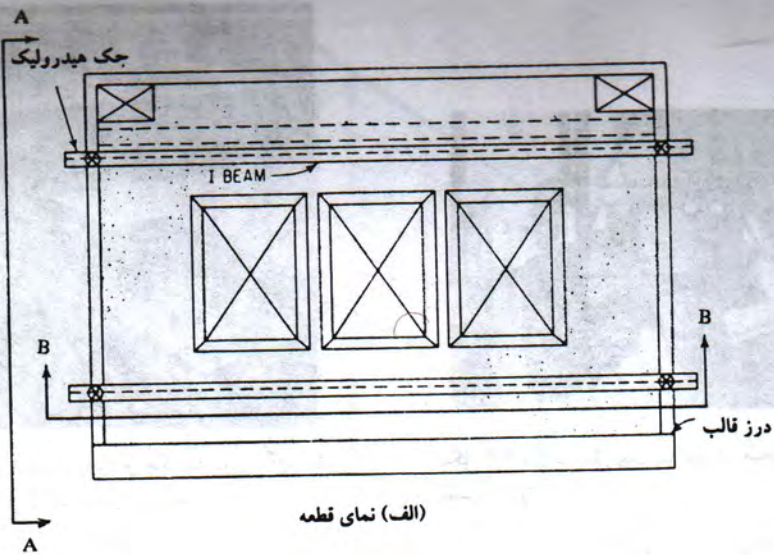
در صورتی که در ساخت قالب شیب لازم برای وجوه قالب لحاظ نشده باشد و یا اگر درز سطوح فلزی زیر و ناصاف باشند، بر مشکلات بیرون آوردن قطعه از داخل قالب اضافه خواهد شد. درز میان صفحات فلزی باید جوش شده و سپس سنگ‌زده شود تا صاف و هموار گردد و جهت اطمینان از عدم ناهمواری‌های کوچک و موضعی (گرده جوش) سطح درز جوش با استفاده از خط‌کش یا شمشه کنترل شود. این کنترل امکان درگیر شدن بتن با ناهمواری‌های درز جوش قالب فلزی را منتفی ساخته و باعث حذف شیارهای ناشی از خط جوش بر روی سطح تمام‌شده قطعه بتنی می‌گردد. لازم به تأکید است که در مورد شکل و طرح قالب توجه خاصی مبذول نشود تا هیچ‌گونه اتصال مکانیکی نقطه‌ای (نظیر پیچ و مهره) در بدنه داخلی قالب وجود نداشته

باشد. در صورتی که قطعات بتنی به‌طور روزانه ساخته شده و از قالب خارج می‌شوند، قطعه تولید شده عموماً به علت حرارت ناشی از هیدراتاسیون، در هنگام قالب‌برداری گرم خواهد شد، در مقابل، ممکن است قالب فلزی به علت پایین بودن درجه حرارت هوا، سرد باشد. این امر موجب انبساط بتن و انقباض قالب خواهد شد که نتیجه آن گیر کردن (قفل شدن) قالب به بتن است که مانع از بیرون آوردن سالم قطعه بتنی از داخل قالب می‌شود. در قالب‌برداری و بیرون آوردن قطعه تولید شده، معمولاً با اعمال نیروی خارجی و کاربرد جک‌های دستی نتایج قابل قبولی به دست می‌آید. جک مورد نظر در مکان مناسب قرار گرفته سپس نیروی لازم جهت جدا کردن قطعه بتنی از قالب وارد می‌شود. شکل ۳۳-۶ یک نوع پانل را که قابل ساخت در قالب‌های فلزی



شکل ۳۳-۶ - یک نوع پانل دیواری پیش‌ساخته با وزن تقریبی ۳۶۵۰ کیلوگرم که با قالب فلزی ساخته شده است (شکل‌های ۳۳-۷ و ۳۳-۹ را ببینید).





شکل ۳۳ - ۷ - (الف) پانل پیش ساخته در قالب آماده برداشتن؛ (ب) قالب فلزی پانل پیش ساخته دیواری؛ (پ) قالب پانل دیواری به همراه قطعه پیش ساخته.

است نشان می دهد، همچنین در شکل ۳۳ - ۷ پلان و مقاطع پانل و قالب نشان داده شده اند. محل قرارگیری جک قالب برداری به طور واضح در شکل ۳۳ - ۷ و ۳۳ - ۸ مشخص است. شکل ۳۳ - ۹ نحوه همپوشانی دو پانل مجاور را در محل درز اتصال دهنده دو پانل نشان می دهد. این شیوه هرگونه قالب بندی برای بتن ریزی



شکل ۳۳-۹ - پانل پیش ساخته در محل ستون  
اتصال درز.



شکل ۳۳-۸ - پشت بند و جک که بیرون آوردن  
قطعه از داخل قالب به کار می روند.

ستون بین پانل ها را منتفی ساخته و موجب تولید سطحی صاف و صیقلی برای بتن نما می شود. به طریق مشابه می توان از این روش برای قالب بندی تیرهای محیطی نیز استفاده نمود. یعنی به جای استفاده از قالب جداگانه برای تیر، از قطعه بتنی پیش ساخته به عنوان قالب استفاده کرد.

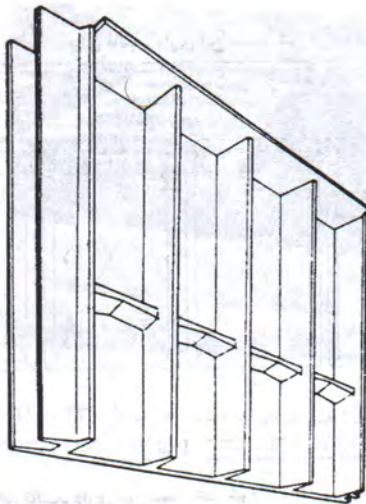
### ۳-۳۳ قالب های بتنی

قالب های بتنی بادوام و صلب هستند. قسمت های قابل جابه جایی قالب معمولاً از چوب یا فولاد و قسمت های منفی قالب عموماً با استفاده از چوب و یک اندود بر روی طرح اصلی قالب ساخته می شوند. قالب های بتنی فاقد انعطاف پذیری قالب های فلزی و فایبرگلاس بوده و به همین دلیل مناسب استفاده مکرر و همچنین طرح های ظریف نیستند. وزن زیاد قالب و بتن درون آن، برداشتن قطعه تولیدی را مشکل می کند، لیکن حساسیت کمتری نسبت به تغییرات درجه حرارت دارد.

#### مثال هایی از پانل های بتنی

یک پانل دیواری و قالب آن در اشکال (۳۳-۱۰ تا ۳۳-۱۵) نشان داده شده است. بعد از اینکه پانل ها از قالب ها خارج شدند، می توان عملیات پرداخت سطحی نظیر رنگ آمیزی و یا ماسه پاشی جهت حصول نمای شسته را بر روی آنها انجام داده و یا جهت عمل آوری آنها را انبار نمود. پس از عمل آوری، پانل ها را توسط جرثقیل های برجی و یا متحرک جابه جا کرده و در محل مورد نظر نصب می کنند.

شکل ۳۳-۱۶ مثالی از کاربرد پیش ساختگی در یک طرح معماری هنرمندانه را نشان می دهد. این مثال مبین عدم محدودیت در اجرای پیش ساختگی است، محدودیتی که اغلب به صورت حصار در ذهنیت طراح جلوه می کند تا در عمل.



شکل ۳۳ - ۱۰ - نوع دیگری از پانل‌های پیش‌ساخته دیواری با وزن تقریبی ۳۸۰۰ کیلوگرم که با قالب فلزی ساخته شده است. (شکل بعدی را ببینید).

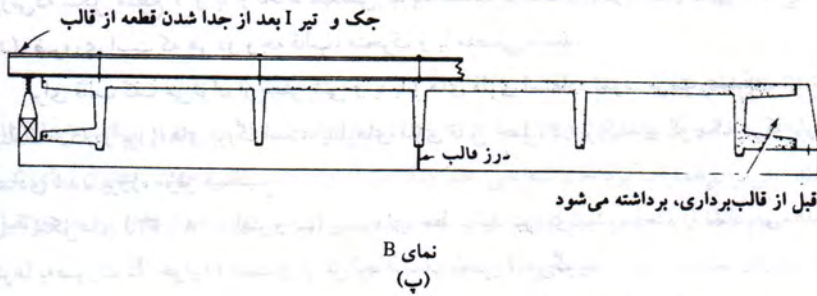
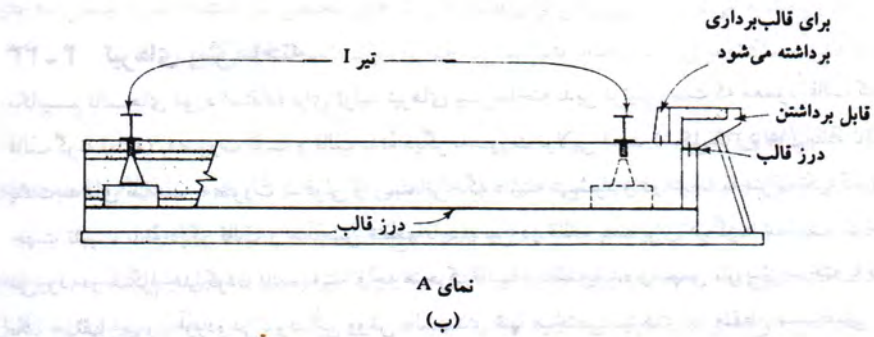
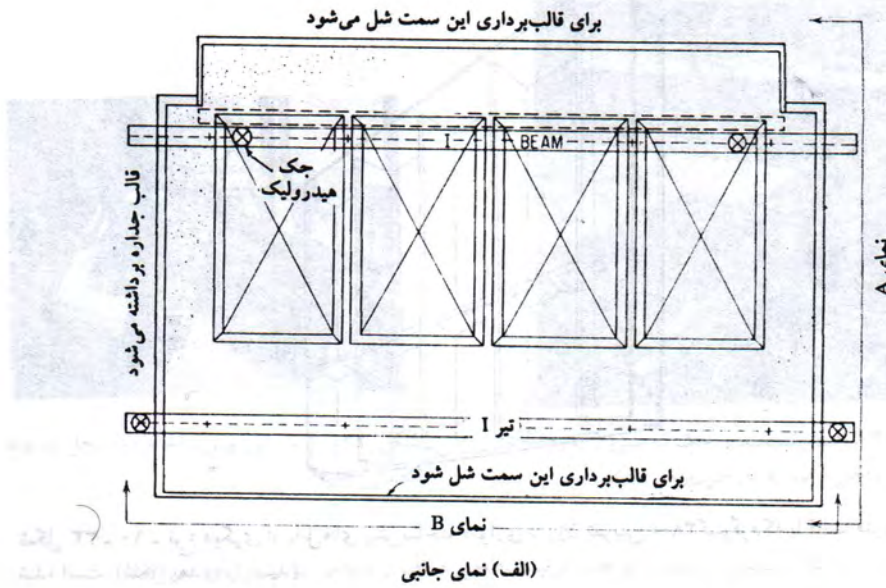
### ۳۳-۴ تیرهای پیش‌ساخته

مکانیسم قالب‌های مورد استفاده برای تولید تیرهای پیش‌ساخته بدین ترتیب است که معمولاً قالب کف و یک قالب گونه (بدنه) به صورت ثابت و قالب بدنه دیگر به صورت لولایی است (شکل ۳۳ - ۱۷). بدنه ثابت توسط پشت‌بندهای مناسب به صورت شاقولی و ریسمانی نگه داشته می‌شود و در نتیجه به عنوان تکیه‌گاه و معیاری جهت تثبیت بدنه دیگر قالب و همچنین تنظیم فاصله بین دو قالب بدنه برای هر گونه عملیات ساخت به کار می‌رود. در هنگام جدا کردن قالب، ابتدا وجه متحرک قالب برداشته شده و سپس تیر پیش‌ساخته با استفاده از یک جرثقیل بیرون آورده می‌شود. این روش قالب‌بندی تنها مختص تیرهای با مقطع مستطیلی است. در صورتی که شکل مقطع I و یا از لحاظ هندسی تقریباً مشابه آن باشد، (یعنی جداره‌هایی با قالب منفی داشته باشد)، ضروری است که هر دو وجه قالب، متحرک و یا مفصلی باشند.

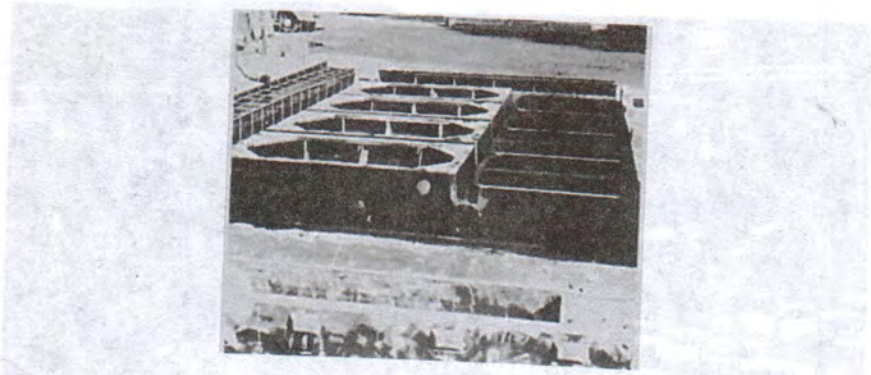
برای قالب کف می‌توان از بستر بتنی و یا پانل‌های فلزی استفاده نمود. مزیت عمده بستر بتنی کاهش هزینه ساخت در پروژه‌های بزرگ است. پانل‌های فلزی قابل حمل، در پروژه‌های کوچک در کاهش هزینه‌ها و اقتصادی شدن پروژه مؤثر هستند.

شکل‌های (۳۳ - ۱۸ - الف و ب) بسترهای خط تولید تیرهای پیش‌ساخته را نشان می‌دهد. مقطع این بسترها به صورت E خوابیده است و از این لحاظ به آن بستر E می‌گویند.

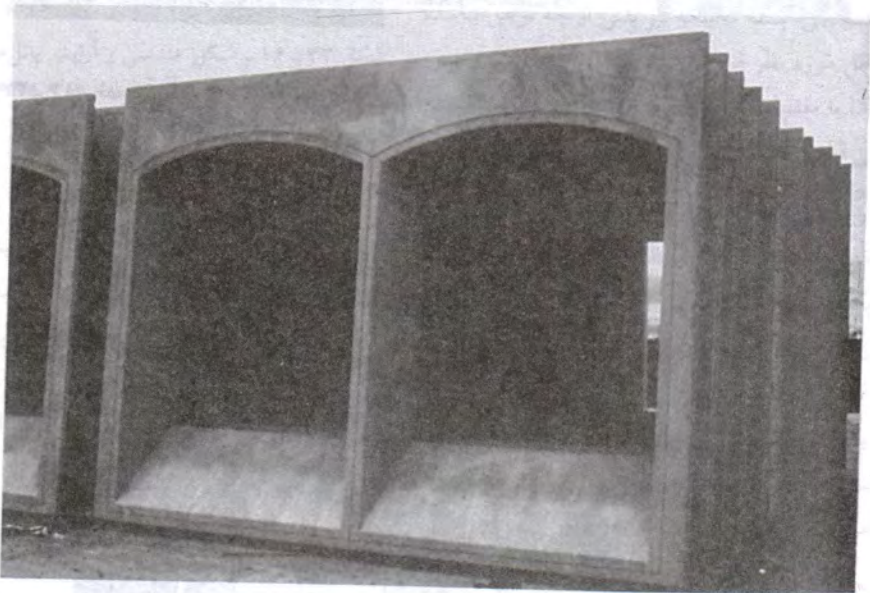
تیرها در داخل فضایی مانند یک کانال ساخته می‌شوند که این کانال از دیواره‌های داخلی ثابت بتنی و قالب کناری متحرک تشکیل می‌شود. وجوه متحرک قالب، انعطاف و سهولت لازم را جهت خارج کردن تیر از داخل قالب و بستر بتنی به وجود می‌آورد. تجربه‌های گذشته نشان داده است ساختن تیرهای پیش‌ساخته در



شکل ۳۳ - ۱۱ - نحوه قالب بندی پانل شکل ۳۳ - ۱۰

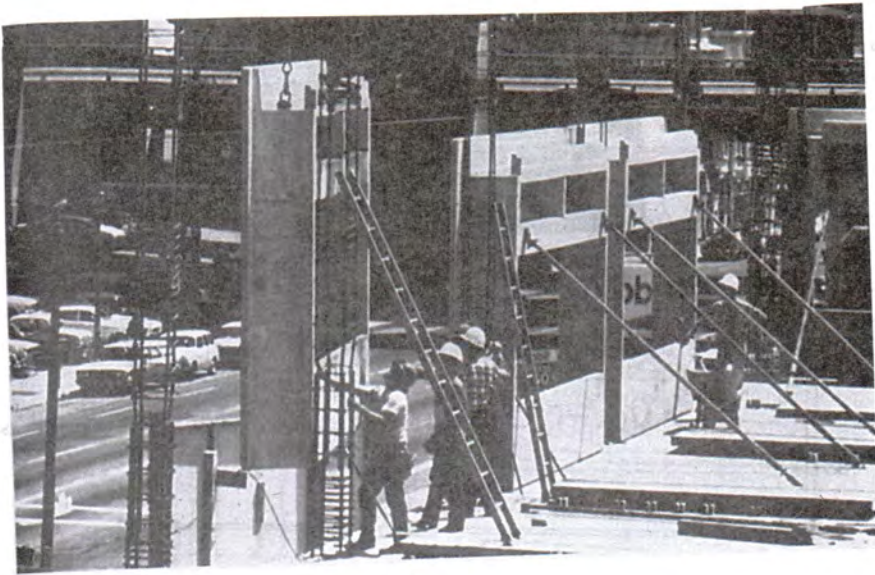


شکل ۳۳-۱۲ - عکسی از پانل پیش‌ساخته نشان داده شده در شکل (۳۳-۱۱).

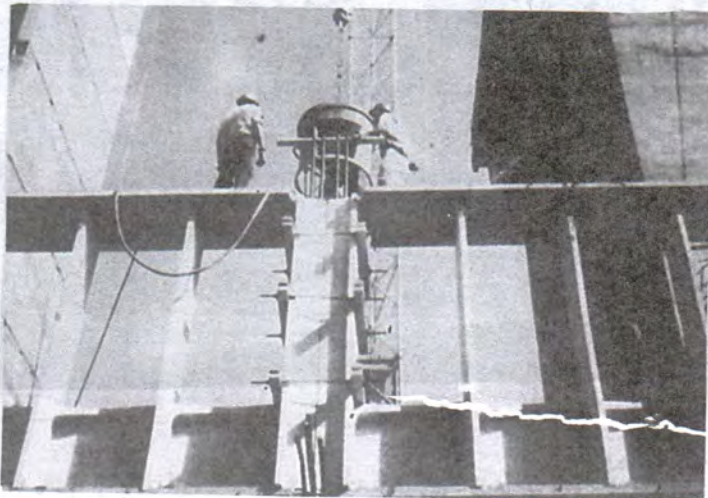


شکل ۳۳-۱۳ - پس از بیرون آوردن قطعه پیش‌ساخته توسط جک از داخل قالب، این قطعه به محل پرداخت سطحی و عمل‌آوری حمل می‌شود.

کانال‌های بتنی مشکلاتی را در هنگام بیرون آوردن قطعه بتنی به همراه خواهد داشت، حتی اگر لقی لازم بین جداره‌های بتنی و قطعه پیش‌ساخته تأمین شده باشد.



شکل ۳۳- ۱۴ - نصب پانل های پیش ساخته در محل.



شکل ۳۳ - ۱۵ - پس از قرار گرفتن پانل های پیش ساخته در محل، بتن ریزی ستون های متصل کننده پانل ها انجام می شود.



تیرهای پیش‌ساخته در سه دسته قرار می‌گیرند: تیرهای بتن آرمه، تیرهای پس‌کشیده، و تیرهای پیش‌کشیده. در هر مورد، مراحل پیش‌ساختگی شامل، نحوه قالب‌بندی ریختن بتن و قالب‌برداری مختصری با هم فرق دارد. قفسه‌های آرماتور همیشه از قبل ساخته شده و بر روی هم (یا کنار هم) در کارگاه انبار می‌شوند و به‌عنوان یک واحد منجزاً قبل از ریختن بتن در داخل قالب قرار می‌گیرند (شکل ۳۳ - ۱۹).

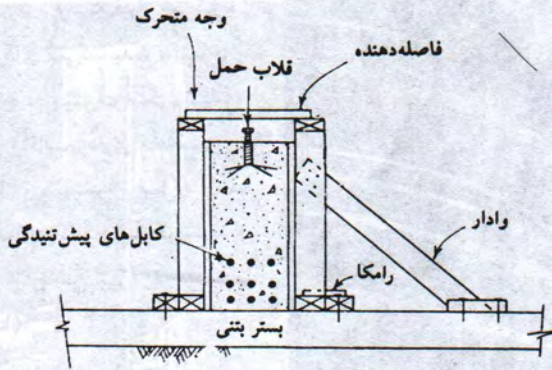
مراحل کار ساخت قطعه، با تمیز کردن و روغنکاری سطح داخلی قالب (فلزی) جهت آماده‌سازی قالب برای بتن‌ریزی مرحله بعد شروع می‌شود. سپس قفس آرماتور یا کابل‌های پس‌کشیدگی یا مفتول‌های پیش‌کشیدگی، بسته به اینکه تیر بتنی از چه نوعی باشد، در محل مورد نظر قرار می‌گیرند. در مرحله بعد، وجوه متحرک یا مفصلی (بسته به نوع قالب) و همچنین تیغه انتهایی قالب‌بندی در محل خود بسته می‌شوند. در حالتی

شکل ۳۳ - ۱۶ - شکل هندسی و آرایش پانل‌های پیش‌ساخته بیشتر به‌واسطه ذهنیات طراح محدود می‌شود تا به‌دلیل مشکلات اجرا.

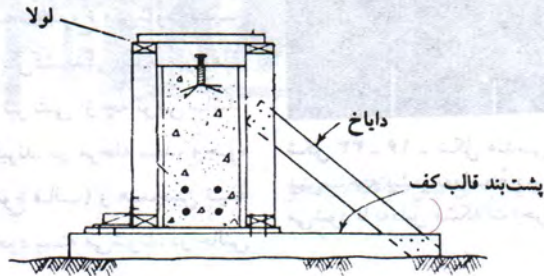
که تیر از نوع پیش‌تینده پیش‌کشیده است، مرحله بعد، کشیدن مفتول‌ها بوده و بعد از آن بتن ریخته می‌شود. پس از آنکه بتن به مقاومت مورد نظر رسید، مفتول‌های پیش‌کشیده در بین تیرها، قطع می‌شوند تا نیروی پیش‌تندگی آنها به بتن منتقل گردد. در حالتی که تیر از نوع پس‌کشیده است، وجوه مفصلی یا متحرک قالب برداشته شده و تیر از قالب بیرون آورده می‌شود. معمولاً تیرها را بعد از قالب‌برداری، در کنار هم انبار می‌کنند. برنامه زمان‌بندی انبار کردن تیرها معمولاً به گونه‌ای است که اجازه می‌دهد بتن تیر به مقاومت مشخصه خود برسد. اگر تیرها از نوع پس‌کشیده باشند و یا ضوابط طراحی بر مبنای تندگی در محل باشد، می‌توان آنها را در محل انبار پس‌کشیده نمود. معمولاً نحوه فولادگذاری و نقاط بلند کردن تیرهای پیش‌ساخته می‌تواند به گونه‌ای تعیین شود که امکان خارج کردن تیر از قالب و حمل و نقل آنها قبل از پس‌کشیدگی موجود باشد.

جزئیات اجرای بتن پیش‌تینده در فصل ۴۱ شرح داده شده است. روش‌های پیش‌تندگی و پس‌تندگی قطعات بتنی پیش‌ساخته، در حالت عمومی، برای پیش‌ساختگی در محل نیز قابل کاربرد بوده و به همین جهت نیازی به تکرار آنها در این قسمت نیست.

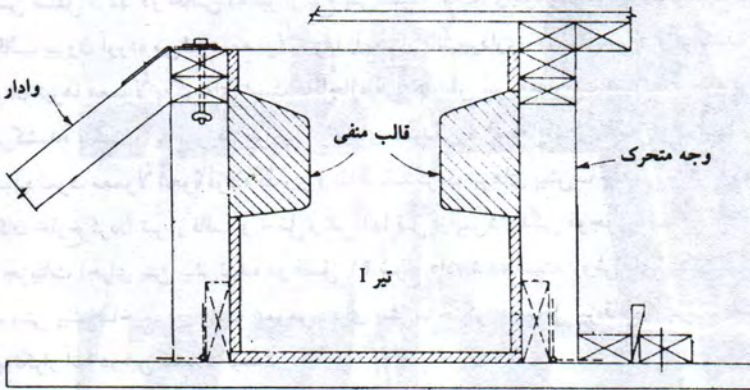
ریختن و تراکم بتن، پرداخت و عمل‌آوری آن تماماً طبق ضوابط عملی اجرای سازه‌های بتنی می‌باشد. در مورد تیرها جهت تسریع در گیرش بتن و رسیدن به مقاومت مطلوب می‌توان از عمل‌آوری با بخار استفاده نمود، که در این حالت امکان خارج کردن تیر از قالب فراهم شده و می‌توان قالب را برای بتن‌ریزی تیرهای بعدی آماده نمود. اغلب در طرح اختلاط بتن تیرهای پیش‌ساخته، با توجه به پایین بودن نسبت آب به سیمان، از



(الف) قالب تیر پیش ساخته با یک وجه متحرک متکی بر بستر بتنی



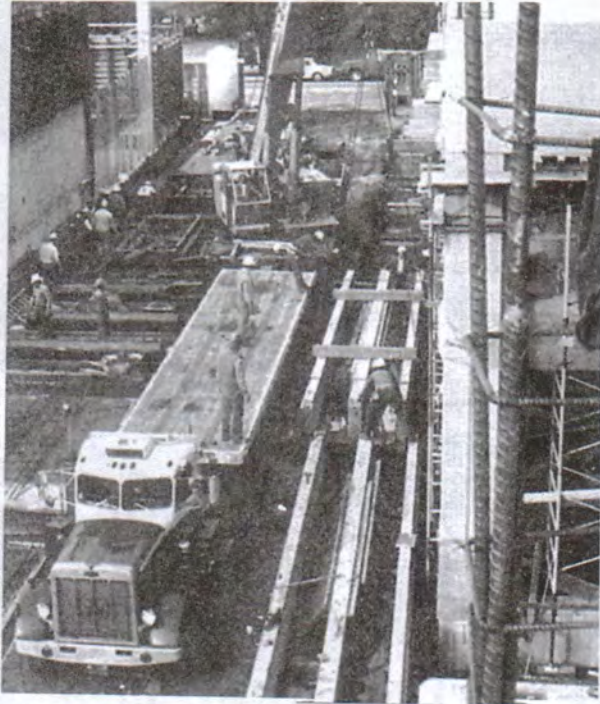
(ب) قالب تیر پیش ساخته با یک وجه لولایی متکی بر قالب کف



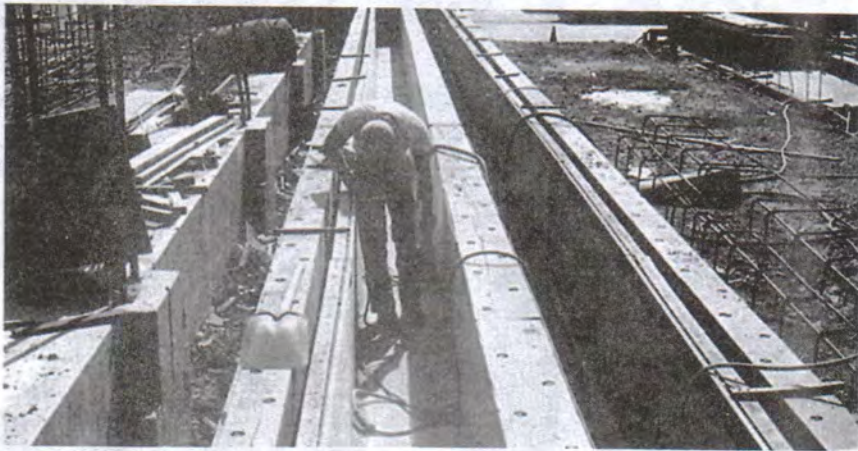
(پ) قالب تیر پیش ساخته I

شکل ۳۳- ۱۷ - قالب های تیر پیش ساخته: (الف) جدار متحرک؛ (ب) جدا مفصلی؛ (پ) قالب تیر پیش ساخته I شکل.



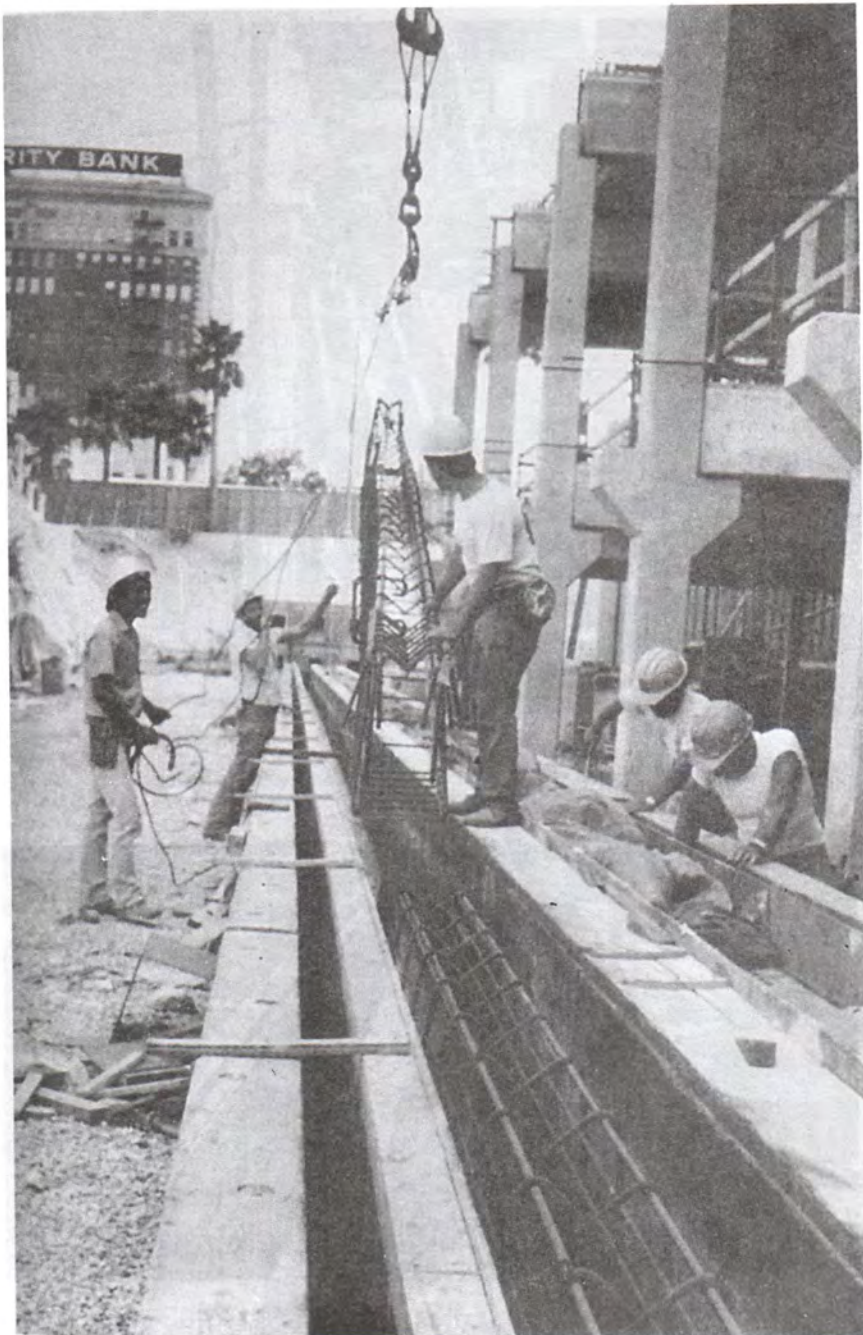


(الف)



(ب)

شکل ۳۳-۱۸ - قالب کف قابل حمل:



شکل ۳۳ - ۱۹ - قرار دادن قفسه آرماتور در داخل قالب تیر بتنی.

روان‌کننده‌ها جهت تسهیل عملیات بتن‌ریزی استفاده می‌شود. استفاده از نسبت آب به سیمان پایین در مخلوط‌های بتنی پیش‌ساخته، به‌خاطر دستیابی به مقاومت‌های بالا در سنین پایین (مقاومت لازم برای آزاد کردن کابل‌ها) و بهبود کیفیت بتن است.

### ۳۳-۵ دال‌های پیش‌ساخته پیش‌تنیده

علاوه بر تیرهای پیش‌ساخته (پیش‌کشیده یا پس‌کشیده) امکان پیش‌ساختگی دال‌های پیش‌تنیده نیز در محل وجود دارد. این دال‌ها، به‌همراه تیرهای پیش‌ساخته اعضای سازه‌ای یک دال سقف را تشکیل می‌دهند که لایه‌ای از بتن درجا به ضخامت ۵۰ تا ۷۵ میلی‌متر روی آنها ریخته شده و سبب یکپارچگی سیستم می‌شود. ساخت دال‌ها و تیرهای پیش‌ساخته پیش‌تنیده، انعطاف‌پذیری زیادی در اجرای پروژه‌های ساختمانی ایجاد می‌نماید، چراکه این اعضا به راحتی نصب شده و در صورت استفاده از بتن‌های پرمقاومت و سبک‌وزن، امکان کاهش وزن مرده سازه وجود دارد. شکل ۳۳ - ۲۰ تجهیز کارگاه پیش‌ساختگی تیرهای بتنی، دال‌های پیش‌تنیده و پانل‌های دیواری را در محل نشان می‌دهد. در چنین کارگاهی، یک جرثقیل متحرک جهت انجام عملیات ساخت و یک جرثقیل برجی برای جابه‌جایی قطعات به کار رفته در ساختمان، به خدمت گرفته می‌شود. شکل (۳۳ - ۲۱) نمایی از تیرها و دال‌های پیش‌ساخته را که در یک ساختمان اداری ۳۰ طبقه به کار رفته‌اند، نشان می‌دهد.

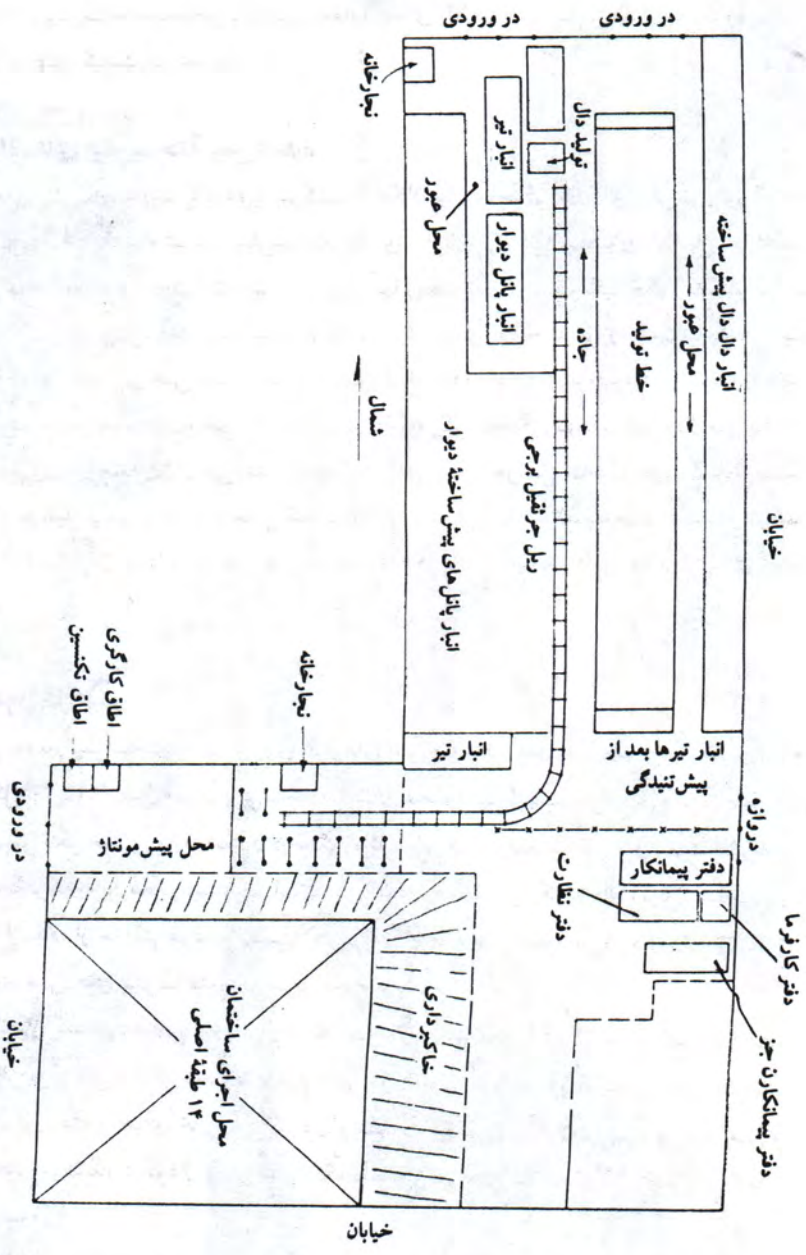
### ۳۳-۶ ستون‌ها

ستون‌های بتن مسلح پیش‌ساخته اغلب بر روی بسترهای بتنی و با قالب‌های بدنه چوبی یا فلزی ساخته می‌شوند. (شکل ۳۳ - ۲۲). طول ستون پیش‌ساخته بر مبنای محدودیت ظرفیت جرثقیل و وسایل حمل و نقل و همچنین براساس لنگر خمشی وارد به ستون در هنگام برپا داشتن آن از وضعیت افقی به وضعیت قائم تعیین و کنترل می‌شود. با توجه به این محدودیت، بهتر است ستون‌ها در وضعیتی نزدیک به حالت برپایی ساخته شوند. این امر موجب استفاده از حداکثر ظرفیت ماشین‌آلات در هنگام جابه‌جایی ستون می‌شود (شکل ۳۳ - ۲۳).

اتصال پای ستون‌های پیش‌ساخته به دو طریق انجام می‌شود:

(الف) اتصال گلدانی. در این نوع اتصال که یک نمونه از آن در شکل ۳۳ - ۲۴ نشان داده شده است، در هنگام اجرای شالوده، گودالی به شکل مخروط یا هرم ناقص در آن تعبیه می‌گردد. در هنگام واداشتن ستون، پای آن به درون گودال فرو رفته و فضای خالی بین گودال و ستون، با گروت (ملات) پر می‌شود. می‌توان آرماتورهایی را به صورت انتظار در گودال و پای ستون نگه داشت و با ریختن ملات، گیرداری مکانیکی کامل در پای ستون ایجاد نمود.

(ب) اتصال با ورق کف ستون. در این روش یک کف ستون که ابعاد آن بزرگتر از ابعاد مقطع ستون است، به کمک شاخک در پای ستون نصب می‌شود. کف ستون دارای سوراخ‌هایی است که همانند ستون‌های فلزی به کمک پیچ‌های مهاریه به شالوده محکم می‌شود.



شکل ۳۳-۲۰ - پلان یک کارگاه پیش ساختگی در محل.



شکل ۳۳ - ۲۱ - نصب دال‌های پیش‌ساخته پیش‌تنیده بر روی تیرهای پیش‌ساخته در اجرای یک ساختمان اداری ۳۰ طبقه.

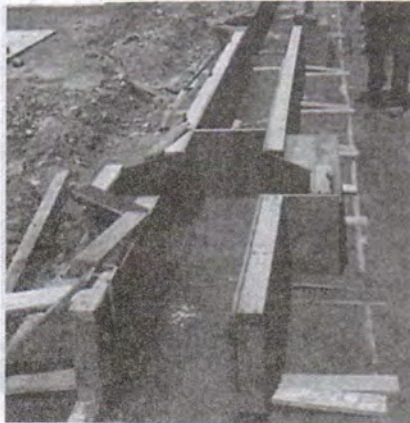
وصله ستون‌های پیش‌ساخته نیز می‌تواند به یکی از روش‌های زیر انجام شود:

(الف) اتکای دو ورق که یکی به بالای ستون تحتانی و دیگری به پای ستون فوقانی متصل شده است. این دو ورق را نیز می‌توان به یکدیگر جوش نمود.

(ب) ورق اتصال که به ورق‌های مدفون در ستون‌های فوقانی و تحتانی جوش می‌شود.

(پ) درگیری آرماتورهای انتظار دو انتهای ستون و پر کردن فضای خالی با ملات.

نکته مهم در برقراری اتصالات پیش‌ساخته، صرف کمترین زمان توقف تجهیزات و ماشین‌آلات است.

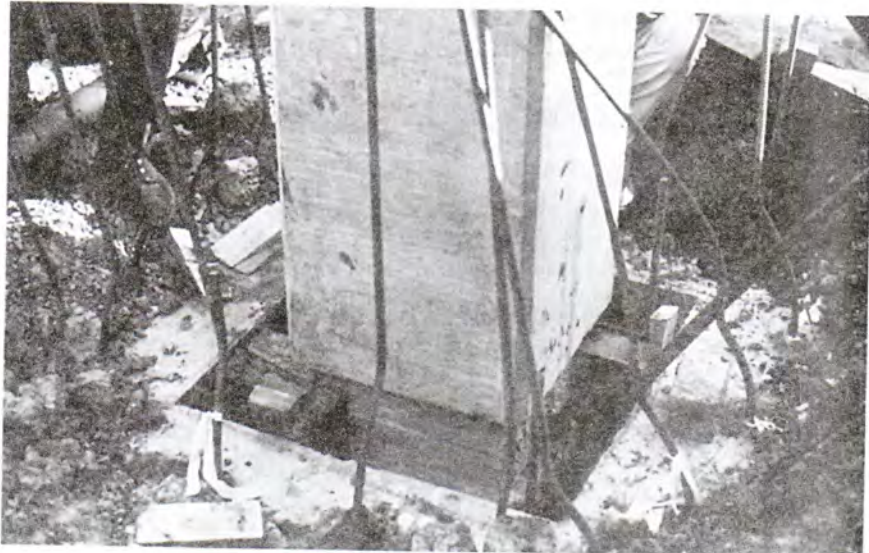


شکل ۳۳ - ۲۲ - قالب‌بندی ستون پیش‌ساخته.



شکل ۳۳ - ۲۳ - جابه‌جایی ستون پیش‌ساخته.

روند اجرایی در کارگاه باید به گونه‌ای باشد تا تنوع زیاد اتصالات و پیچیدگی آنها، موجب توقف و یا خستگی کارکنان و جرثقیل نشود. برای بحث بیشتر در مورد اتصالات قطعات پیش‌ساخته باید به کتب طراحی سازه‌های پیش‌ساخته مراجعه نمود.

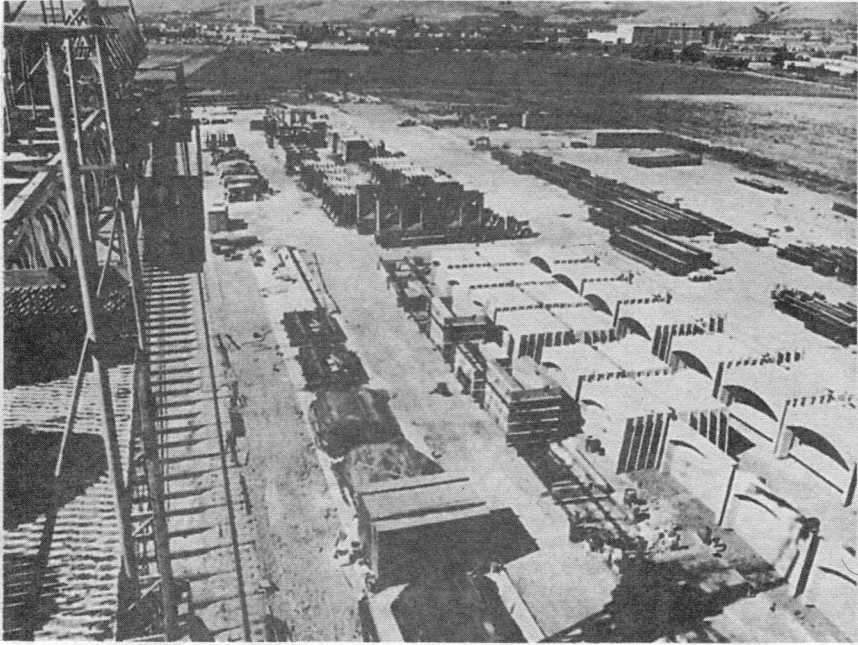


شکل ۳۳ - ۲۴ - جزئیات پای ستون گلدانی.

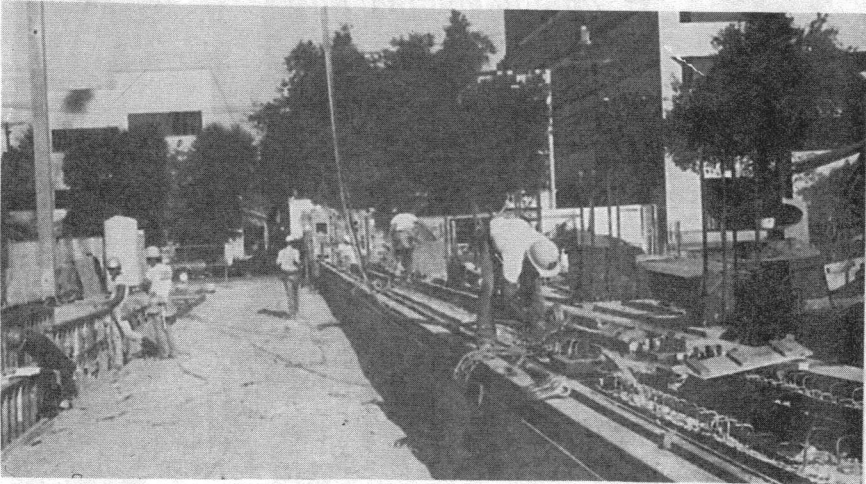
شکل‌های (۳۳ - ۲۵ و ۳۳ - ۲۶) نمایی کلی از کاربرد فن‌آوری پیش‌ساختگی در محل را در اجرای یک مجموعه ساختمان‌های اداری و پارکینگ مجاور آن ارائه می‌دهند. شکل‌های (۳۳ - ۲۷ و ۲۸) اجرای عملیات پیش‌ساختگی را در معبری به عرض ۱۲ متر بین ساختمان اداری و سازه پارکینگ نشان می‌دهد. در هر دو مورد، قطعات شامل تیرهای پیش‌ساخته پیش‌تنیده، ستون‌های پیش‌ساخته و پانل‌های دیواری پیش‌ساخته معماری برای احداث ساختمان اداری و پارکینگ هستند.



شکل ۳۳ - ۲۵ - کارگاه تولید و انبار قطعات پیش‌ساخته.

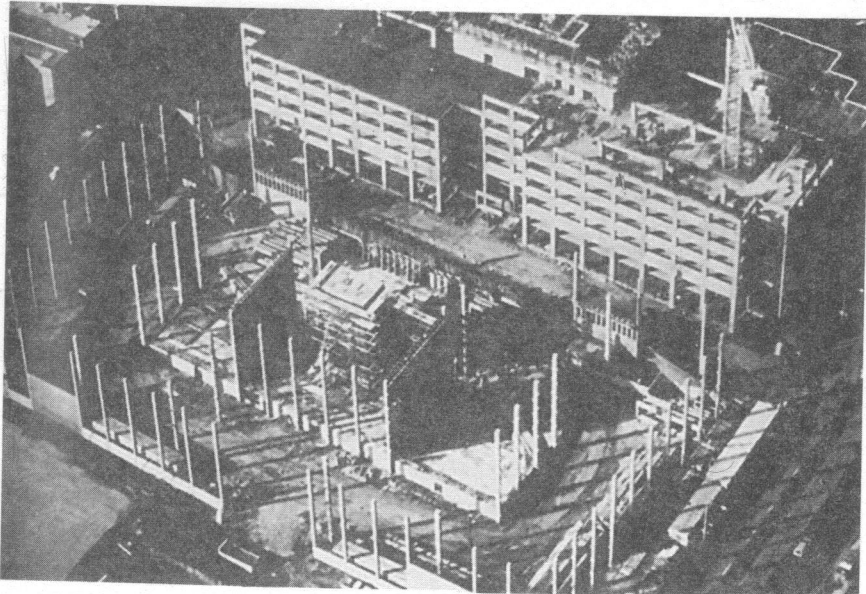


شکل ۳۳ - ۲۶ - یک کارگاه دیگر تولید قطعات پیش ساخته.



شکل ۳۳ - ۲۷ - نصب قطعات پیش ساخته در محل.





شکل ۳۳-۲۸ - پیش‌ساختگی در محل.

در مواردی که فضای موجود در محل برای ساختن یک ساختمان جدید کافی نباشد، می‌توان از یک ساختمان موجود در محل استفاده کرد. این روش را پیش‌ساختگی در محل می‌گویند. در این روش، یک ساختمان موجود در محل را به عنوان اسکلت برای یک ساختمان جدید استفاده می‌کنند. این روش معمولاً در مواردی که فضای موجود در محل برای ساختن یک ساختمان جدید کافی نباشد، استفاده می‌شود. در این روش، یک ساختمان موجود در محل را به عنوان اسکلت برای یک ساختمان جدید استفاده می‌کنند. این روش معمولاً در مواردی که فضای موجود در محل برای ساختن یک ساختمان جدید کافی نباشد، استفاده می‌شود. در این روش، یک ساختمان موجود در محل را به عنوان اسکلت برای یک ساختمان جدید استفاده می‌کنند. این روش معمولاً در مواردی که فضای موجود در محل برای ساختن یک ساختمان جدید کافی نباشد، استفاده می‌شود.