



عدم رعایت طول مهاري مناسب در شناژ قائم و عدم اجرای کلاف افقی زیر سقف

از یک میز مرتعش کننده برای تراکم قالب‌ها استفاده کرد. لازم است پس از هر بار مصرف، قالب به دقت تمیز و روغن کاری شود. همچنین باید مراقب بود که قالب در فضای باز قرار داده نشود. تمام اتصالات به انضمام سطوح داخلی قالب باید روغن کاری شوند. برای تراکم قالب‌های نمونه به علت عمق کم بتن ریزی، به هیچ وجه نباید از میله‌ی لرزاننده استفاده شود. برای این کار باید از میله‌ی دستی یا میز ویبره استفاده کرد.

## ۶-۶- پرداخت سطح بتن

پرداخت بتن عبارت است از زدودن بتن اضافی روی سطح بتن، از بین بردن نقاط پست و بلند سطحی و یا به شکل خاص در آوردن سطح بتن.

معمولاً پرداخت سطح بتن، بلافاصله پس از اتمام بتن ریزی و تراکم بتن انجام می‌شود. روش پرداخت اثر مهمی در مقاومت فشاری، نفوذپذیری و مقاومت سایشی لایه‌ی سطحی بتن دارد. مراحل پرداخت سطح به شرح زیر است:

- شمشه یا تراز کردن
- تخته ماله کشی با تخته ماله‌ی دستی بلند و کوتاه
- ماله کشی
- پرداخت نهایی

### ۶-۶-۱- شمشه یا تراز کردن: شمشه کاری روندی برای حذف بتن اضافی و تراز

کردن سطح بتن در ارتفاع یا تراز مورد نظر است. این عمل باید بلافاصله پس از بتن ریزی و تراکم انجام پذیرد. وسیله‌ای که برای شمشه‌گیری استفاده می‌شود، شمشه یا شابلون ساخته شده از چوب، آلومینیم یا آلیاژ منیزیم است. در هنگام شمشه کاری، شمشه بر روی سطح بتن باید به صورت اره‌ای حرکت داده شود و در هر حرکت، مسافت کوتاهی به طرف جلو منتقل گردد. بنابراین، بتن اضافی (بالتر از سطح تراز) در جلو شمشه جمع شده و سپس قسمت‌هایی که پایین تر از سطح تراز است توسط بتن جمع‌آوری شده در جلو شمشه پر شده و سطح بتن تراز می‌گردد. در هنگام حرکت شمشه به طرف جلو باید مقدار مسافت طی شده بسیار کوتاه باشد تا شمشه سبب آسیب دیدگی سطح بتن نگردد. در بعضی موارد، شمشه مجهز به ویبره است و عمل تراز کردن همزمان با تراکم بتن (فقط برای دال‌های کف) انجام می‌شود (شکل ۶-۲۵).



شکل ۶-۲۵- استفاده از شمشه‌های دارای ویبره برای تراز کردن و متراکم نمودن سطح، به صورت همزمان

**۶-۶-۲- تخته ماله کشی با تخته ماله‌ی دستی بلند و کوتاه:** تخته ماله‌ی دسته بلند قطعه‌ای مستطیلی شکل به عرض تقریبی  $200^\circ$  میلی‌متر و به طول ۱ تا  $1/5$  متر است که دسته‌ای به طول ۱ تا ۵ متر به آن متصل است (شکل ۶-۲۶). منظور از عمل تخته ماله کشی با تخته ماله‌ی دسته کوتاه، مانند تخته ماله‌ی دسته بلند است و فقط دسته‌ی آن کوتاه‌تر می‌باشد. بنابراین معمولاً فقط یکی از آن‌ها در عملیات پرداخت به کار گرفته می‌شود. اگر سطح بتن بزرگ بوده، ولی تمام سطح بتن در دسترس نباشد، تخته ماله‌ی دسته بلند مناسب‌تر است و بالعکس تخته ماله‌ی دسته کوتاه در سطوح محدود و کوچک کاربرد بهتری دارد. باید توجه داشت که دسته‌ی بلند تخته ماله از دقت کار می‌کاهد و فقط در سطح‌های وسیع به ناچار به کار می‌رود. معمولاً تخته ماله‌ی دسته کوتاه  $70^\circ$  تا  $100^\circ$  میلی‌متر عرض و  $150^\circ$  تا  $200^\circ$  میلی‌متر طول دارد و دسته‌ای کوتاه بر روی آن نصب شده است.



شکل ۶-۲۶- تخته ماله کشی با تخته ماله دسته بلند

عمل تخته ماله کشی باید بلافاصله پس از شمشه کردن صورت گیرد و قبل از آن که آب‌آوری در سطح بتن مشاهده گردد، باید به اتمام برسد. به طور کلی عمل پرداخت که در هنگام آب‌آوری انجام می‌پذیرد سبب جدا شدن لایه‌ی سطحی بتن می‌گردد و این نکته باید به عنوان یک اصل در عملیات پرداخت سطح بتن مورد توجه قرار گیرد. تخته ماله کشی برای حذف لبه‌های باقی مانده از عمل شمشه کاری و پرکردن منافذ انجام می‌شود.

**۶-۶-۳- ماله کشی:** پس از تعبیه‌ی درزها، سطح بتن باید ماله کشی شود، ماله کشی به منظور فرو بردن سنگ‌دانه‌های درشت به درون بتن، حذف ناهمواری‌ها و منافذ باقی مانده و ایجاد یک سطح کاملاً هموار و تراکم سطح بتن انجام می‌گردد.

ماله به صورت نوع دستی و مکانیکی موجود است. ماله‌ی دستی از جنس چوبی، آلومینیومی و منیزیمی است. ماله‌ی آلومینیومی و منیزیمی راحت‌تر در سطح بتن حرکت می‌کنند، در این صورت، از مقدار انرژی مورد نیاز کاسته می‌شود. برای ماله کشی بتن حباب‌دار (به علت استفاده از ماده افزودنی حباب‌ساز) استفاده از ماله‌ی فلزی ضروری است، زیرا ماله‌ی چوبی بر سطح بتن چسبیده و سبب خرابی سطح می‌گردد.

عرض ماله‌ی دستی باید به صورت کاملاً افقی (بدون ایجاد زاویه) بر روی سطح بتن قرار داده شود و آن را به صورت اره‌ای و قوسی حرکت داده تا منافذ پر شده و سطح بتن کاملاً هموار گردد. ماله کشی سبب می‌شود تا سطح بتن هموار شده (ولی صاف نمی‌شود) و مقاومت مناسبی در مقابل لیز خوردن به وجود آید و معمولاً به عنوان پرداخت نهایی تلقی می‌گردد. ماله کشی با دستگاه

مکانیکی نیز امکان پذیر است. دستگاه ماله کشی شامل یک محور عمودی است که به آن چند پره به شکل ماله متصل است و حرکت دورانی پره‌ها سبب هموار شدن سطح بتن می‌گردد (شکل ۶-۲۷).



شکل ۶-۲۷- مرحله ماله کشی

۶-۶-۴ پرداخت نهایی: بعد از عمل ماله کشی می‌توان با ابزارهای دستی یا مکانیکی مخصوص پرداخت نهایی، سطح بتن را کاملاً صاف نمود. مرحله‌ی پرداخت نهایی بلافاصله بعد از ماله کشی و با ابزار دستی یا ماشین انجام می‌پذیرد. ابزار دستی که برای پرداخت نهایی استفاده می‌شود (شکل ۶-۲۸)، یک صفحه‌ی فولادی پهن به ابعاد  $400 \times 100$  میلی‌متر است. استفاده از صفحه‌ی فولادی با ابعاد کوچک تر برای مرتبه دوم و یا سوم پرداخت نهایی اشکالی ندارد. در بعضی موارد (مانند دال‌ها)، پرداخت نهایی با دستگاه مکانیکی انجام می‌شود. این دستگاه مشابه ماله‌ی دستی است، تنها تفاوت آن، ابعاد کوچک‌تر پره‌ها و امکان تغییر و فشار بر روی آن‌هاست. در مرحله‌ی اول پرداخت، پره‌ها به صورت مستقیم و در مراحل بعدی، به زاویه پره‌ها افزوده می‌شود (شکل ۶-۲۹).



شکل ۶-۲۸- پرداخت نهایی با ابزار دستی



شکل ۶-۲۹- پرداخت نهایی با ابزار مکانیکی

باید توجه داشت با پرداخت نهایی، از مقاومت لغزشی سطح بتن کاسته می‌شود، اما مقاومت سایشی سطح افزایش می‌یابد. بنابراین اگر مقاومت سایشی بتن در حد نسبتاً زیاد ضروری است باید حداقل یک‌بار نسبت به پرداخت نهایی اقدام گردد و با افزایش تعداد عمل پرداخت نهایی، مقاومت سایشی افزایش می‌یابد. اما اگر مقاومت لغزشی اهمیت بیشتری دارد، باید مرحله‌ی پرداخت نهایی حذف گردد.

**۶-۵-۵- توقف در عملیات پرداخت:** هرگاه آب حاصل از آب‌آوری بر سطح بتن مشاهده گردید، باید عملیات پرداخت متوقف گردد تا آب از سطح بتن تبخیر شود. معمولاً آب حاصل از آب انداختن پس از ماله‌کشی با تخته‌ماله‌ی دسته بلند و کوتاه مشاهده می‌شود. اما به هر حال هنگامی که آب انداختن در بتن رخ دهد باید عملیات به صورت موقت متوقف شود. ادامه‌ی عملیات پرداخت که معمولاً مرحله‌ی ماله‌کشی است باید با یک آزمایش ساده انجام گردد. این آزمایش براین اساس است که فشار پا بر روی بتن باید حداکثر ۵ میلی‌متر اثر بگذارد. این حالت نشان می‌دهد که سطح بتن آماده ماله‌کشی است.

اگر شرایط رطوبت و دمای محیط به صورتی است که امکان تبخیر آب حاصل از آب انداختن در مدت کوتاه وجود ندارد می‌توان با یک تمهید ساده نسبت به رفع آب سطح بتن اقدام نمود. با گذاشتن یک لایه گونی بر سطح بتن و ریختن گرد سیمان بر روی سطح پارچه، سریعاً آب سطح جذب و حذف می‌گردد. اما باید توجه داشت که به هیچ‌وجه نباید گرد سیمان بر روی سطح بتن به صورت مستقیم ریخته شود، زیرا باعث تضعیف بیش‌تر لایه‌ی سطحی بتن می‌گردد. بنابراین باید توجه داشت که در صورت مشاهده آب انداختن، اگر عملیات پرداخت انجام شود، یک لایه سست از خمیر سیمان بر سطح بتن تشکیل می‌شود که سبب کاهش شدید مقاومت سایشی بتن و دوام سطحی می‌گردد.

## ۶-۷- عمل‌آوری بتن

برای دستیابی به بتنی با کیفیت مطلوب، باید عملیات بتن‌ریزی را با عمل‌آوردن بتن در محیطی مناسب و در طی مراحل اولیه‌ی سخت شدن دنبال کرد.

عمل‌آوردن به سلسله‌اقداماتی گفته می‌شود که برای تکمیل و پیشرفت هیدراتاسیون و افزایش مقاومت بتن انجام می‌گردد. این اقدامات در حقیقت نوعی مراقبت و نگهداری از بتن است که از طریق آن می‌توان دمای بتن و درجه‌ی اشباع آن را کنترل کرد. تغییرات احتمالی مقدار رطوبت بتن در مراحل اولیه‌ی سخت شدن نه تنها بر مقاومت، بلکه بر دوام و پایایی بتن نیز اثر می‌گذارد.

**۶-۷-۱- روش‌های عمل‌آوردن:** عمل‌آوردن بتن در دمای معمولی بدین گونه است که بتن در حالت اشباع یا نزدیک به اشباع نگهداری می‌شود تا این که فضای موجود در خمیر سیمان تازه که از همان ابتدا از آب پر شده است، به مقدار کافی - به وسیله‌ی فرآورده‌های هیدراتاسیون سیمان - اشغال و پر شود (هیدراتاسیون سیمان تنها در حفره‌های مویینه‌ی مملو از آب و کاملاً اشباع شده امکان‌پذیر است). آب دادن منظم به بتن از کاهش درجه‌ی اشباع حفره‌ها جلوگیری می‌کند.



ساختمان نیمه اسکلت با شنازهای افقی و قائم که دچار کمترین آسیب شده است.

عمل آوردن مرطوب از طریق تماس مستمر قطعه‌ی بتنی با آب انجام می‌شود. این امر با آب‌پاشی یا خیس کردن کامل بتن و یا با پوشاندن سطح بتن تازه با ماسه، خاک، خاک اره و کاه مرطوب امکان‌پذیر است.

برای مثال، می‌توان یک پوشش جاذب آب را بر روی سطح بتن قرار داد؛ سپس با آب‌پاشی، آب را به درون آن پوشش وارد ساخت. آب‌رسانی مداوم و پیوسته از آب‌رسانی غیرمداوم و غیرپیوسته بهتر و مناسب‌تر است.

روش‌های دیگر شامل پوشاندن سطح بتن، ایجاد یک غشای نفوذناپذیر یا عایق نمودن سطح بتن و استفاده از کاغذهای ضد رطوبت تقویت شده یا ورقه‌های پلاستیکی است (شکل‌های ۳۰-۶ تا ۳۳-۶).



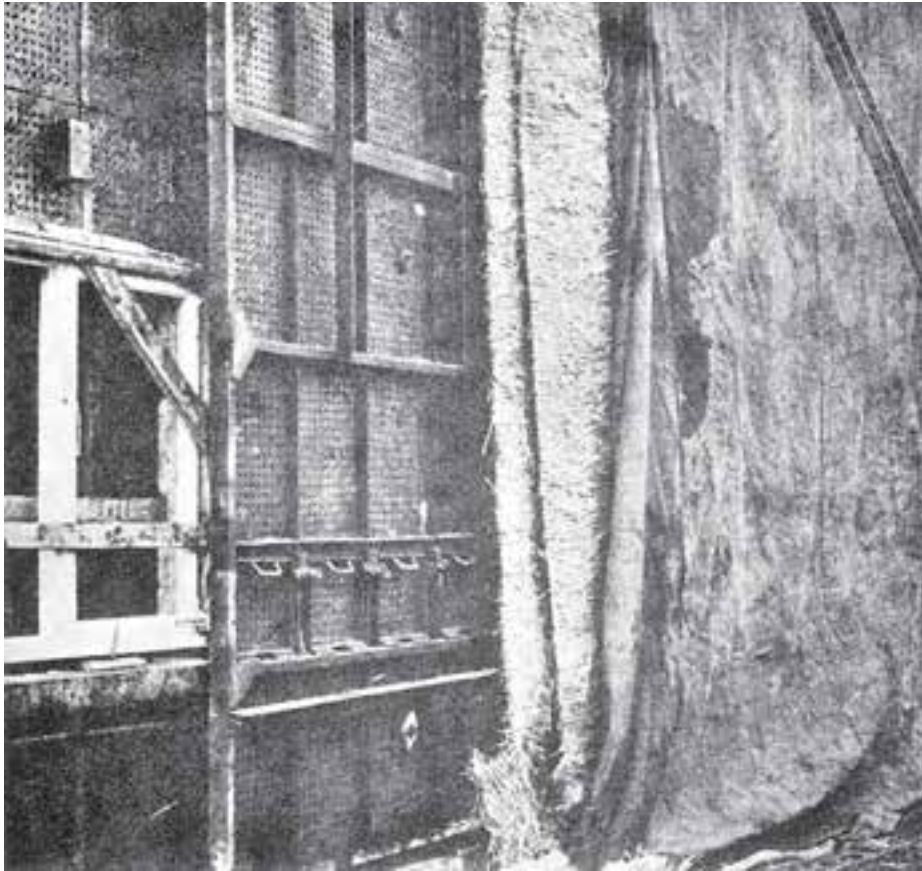
شکل ۳۰-۶- روکش‌های عایق ساخته شده با الیاف معدنی در ورقه‌های پلاستیک برای محافظت دال



عدم اجرای شناز قائم و افقی در مدارس قدیمی، موجب تخریب آن‌ها در اثر زلزله شده است.



شکل ۳۱-۶- ستون‌های بتنی با نایلون و گونی مرطوب با دقت زیاد عمل آورده می‌شود. دقت کنید که گونی‌ها چگونه از بالای ستون‌ها ریسمان‌پیچی شده‌اند. تمام لبه‌های ستون‌ها با چوب محافظت شده است تا آسیبی به آن‌ها نرسد.



ساختمان نیمه اسکلت با شناژهای افقی و قائم که دچار کم‌ترین آسیب شده است.

شکل ۶-۳۲- روکش‌های حصیری محافظت شده به وسیله‌ی برزنت برای عایق کردن قالب‌های دیوار



شکل ۶-۳۳- قرار دادن نایلون برای عمل آوردن دال کف

۶-۷-۲- مدت عمل‌آوری: مدت عمل‌آوری بتن به نوع سیمان، شرایط محیطی و دمای بتن بستگی دارد و طی آن، دمای هیچ قسمتی از سطح بتن نباید از  $5^{\circ}\text{C}$  کم‌تر شود. طبق ضوابط آیین‌نامه‌ی بتن ایران مدت عمل‌آوری بتن نباید از مقادیر مندرج در جدول ۶-۲ کم‌تر شود.

## جدول ۶-۲- حداقل زمان عمل آوردن بتن

دمای متوسط سطح بتن**		شرایط محیطی پس از ریختن بتن در قالب*	نوع سیمان
بالاتر از ۱۰°C	۵ تا ۱۰°C		
۳ روز	۴ روز	متوسط	نوع ۱، ۲، ۳ و ۵
۴ روز	۶ روز	ضعیف	
		متوسط	همه‌ی سیمان‌ها به جز نوع ۱، ۲، ۳ و ۵
۷ روز	۱۰ روز	ضعیف	همه‌ی سیمان‌های حاوی مواد پوزولانی یا روباره‌ای
اقدامی خاص ضرورت ندارد		خوب	همه‌ی سیمان‌ها



نبودن آرماتورهای فوقانی تیر خاموت در محل اتصال موجب شکست تیر از محل اتصال آن با ستون شده و به تبع آن به سازه صدمات زیادی وارد ساخته است.

\* شرایط محیطی مندرج در این ستون به شرح زیر تعریف می‌شوند:

خوب: محیط مرطوب و محافظت شده (رطوبت نسبی بیش‌تر از ۸۰ درصد و محافظت شده در برابر تابش مستقیم خورشید و باد).

ضعیف: محیط خشک و محافظت نشده (رطوبت نسبی کم‌تر از ۵۰ درصد و محافظت نشده در برابر تابش مستقیم خورشید و باد).

متوسط: شرایطی بین دو حد خوب و ضعیف.

\*\* در صورتی که دمای سطح بتن اندازه‌گیری یا محاسبه نشود، می‌توان آن را معادل دمای هوای مجاور سطح بتن فرض کرد.

## ۶-۷-۳- نحوه‌ی عمل‌آوری دال‌ها، روکش‌ها و کف‌ها: بتنی که در قالب محافظت

می‌شود به عمل‌آوری زیادی نیاز ندارد، اما برای سطوح افقی احتیاج به عمل‌آوری بتن داریم، زیرا این سطوح در معرض عبور و مرور و سایش قرار دارند. عمل‌آوری بتن باید در اسرع وقت پس از تراکم و پرداخت کردن آن آغاز شود (زمان مناسب معمولاً نیم ساعت پس از محو شدن آب سطح بتن است). در جاده‌های بزرگ بتنی با افشاندن محلول‌های مخصوص به وسیله‌ی ماشین، بتن را عمل می‌آورند.

برای عمل‌آوری دال‌هایی که سطح آن‌ها قرار است با ماسه سیمان یا اندود سیمانی پرداخت شود، نباید از محلول‌های عمل‌آورنده استفاده شود، زیرا ممکن است چسبندگی سطح بتن از بین برود. برای چنین کاری ورقه‌های پلاستیک مناسب‌ترین وسیله‌ی عمل‌آوری است (برای این کار از عایق‌های رطوبتی یا گونی مرطوب نیز استفاده می‌شود). بلافاصله پس از اتمام پرداخت، سطح بتن باید پوشانده شود؛ به خصوص در زمان وزش باد خشک برای عمل‌آوری بتنی که سطح آن‌ها پرداخت و پوشیده شده است، توجه خاصی لازم است. پس از تخته‌مالی نهایی، سطح بتن با پوشش ورق پلاستیک یا استفاده از محلول عمل‌آورنده، عمل‌آوری می‌شود.

## ۶-۸- بتن ریزی در شرایط خاص آب و هوایی

۶-۸-۱- بتن ریزی در هوای سرد: مشکلات بتن ریزی در هوای سرد به مسئله یخ زدن بتن تازه مربوط می شود. اگر بتنی که هنوز کاملاً سخت نشده است یخ ببندد، آب اختلاط یخ بسته و حجم کلی بتن افزایش می یابد. در این حالت چون برای فعل و انفعال شیمیایی آبی وجود ندارد، گرفتن و سخت شدن بتن به تأخیر می افتد و ممکن است که مقدار اندک خمیر سیمان موجود نیز به علت تشکیل یخ شکسته شود. هنگامی که در مرحله ی بعدی یخ آب می شود، بتن گرفته و در وضعیت منبسط شده سخت می گردد و بنابراین دارای حفره های زیاد و مقاومت کمی خواهد شد.

اگر یخ زدن بتن پس از گیرش آن و قبل از رسیدن به مقاومت کافی و مناسب اتفاق بیفتد، انبساط حاصل به همراه تشکیل یخ، سبب کاهش قابل توجه مقاومت می شود. ولی اگر بتن قبل از یخ زدن، مقاومت کافی را دارا باشد، می تواند در مقابل فشار داخلی تولید شده در اثر تشکیل یخ (از باقی مانده ی آب مخلوط) مقاومت نماید.

در ادامه، ضوابط خاص آیین نامه ی بتن ایران را در خصوص ملاحظات بتن ریزی در هوای سرد ذکر می کنیم:

**الف) تعریف هوای سرد:** هوای سرد به وضعیتی اطلاق می گردد که برای سه روز متوالی شرایط زیر برقرار باشد:

۱- دمای متوسط هوا در شبانه روز کم تر از  $5^{\circ}\text{C}$  باشد (دمای متوسط روزانه، میانگین حداکثر و حداقل دمای هوا در فاصله ی زمانی نیمه شب تا نیمه روز است).

۲- دمای هوا برای بیش تر از نصف روز از  $1^{\circ}\text{C}$  زیاد تر نباشد.

### ب) تدابیر احتیاطی

۱- در بتن ریزی در هوای سرد باید دقت لازم در انتخاب مصالح مصرفی، طرح اختلاط بتن، شرایط اختلاط، حمل، ریختن و عمل آوردن بتن صورت گیرد تا اطمینان حاصل شود که بتن تازه ریخته شده دچار یخ زدگی نگردد و بتن سخت شده نیز دارای کیفیت لازم باشد.

۲- دمای بتن در طول مدت بتن ریزی و عمل آوردن باید ثبت گردد تا اطمینان حاصل شود که محدوده ی توصیه شده در آیین نامه حفظ شده است.

۳- دمای بتن باید حداقل دوبار در شبانه روز در نقاط مختلف سازه ثبت گردد تا از وضعیت نگهداری بتن اطمینان کافی حاصل شود.

۴- گوشه ها و لبه های بتن در مقابل یخ زدن آسیب پذیرند. بنابراین دمای این نقاط باید با دقت کنترل شود.

### ج) مصالح مصرفی

۱- می توان از سیمان زودگیر (پرتلند نوع سه) به جای سیمان معمولی برای اطمینان از سرعت بیش تر کسب مقاومت بتن استفاده نمود.

۲- استفاده از سیمان روبره ای و سیمان های آمیخته، در بتن ریزی در هوای سرد توصیه نمی شود.



تخریب تیر برق که می تواند علاوه بر قطع برق پس از زلزله، موجب خسارت هایی از قبیل آتش سوزی و ... شود.



ایجاد ترک در سقف تیرچه بلوک به دلیل کیفیت نامطلوب بتن و عدم قرار دادن کلاف در سقف تیرچه بلوک می باشد. وجود کلاف عرضی در سقف می تواند صلبیت و یکپارچگی سقف را حفظ کند.





صدمه ندیدن مدرسه به علت رعایت ضوابط آیین نامه

۳- می توان از آب گرم برای رساندن بتن به دمای مطلوب استفاده کرد. در این حالت باید از تماس مستقیم آب گرم و سیمان جلوگیری شود و این موضوع در نحوه ریختن مصالح در مخلوط کن مراعات گردد.

۴- سنگ دانه ها نباید آغشته به یخ و برف باشند. معمولاً ماسه از شن مرطوب تر و احتمال وجود یخ در آن بیش تر است، بنابراین اغلب، گرم کردن ماسه ضرورت پیدا می کند.

۵- حداکثر جذب آب سنگ دانه های مصرفی در بتن برای سنگ دانه های درشت به ۲/۵ درصد و برای سنگ دانه های ریز به ۳ درصد محدود می شود.

۶- استفاده از مواد حباب زرا و ساخت بتن با حباب هوا برای بتن هایی که در معرض رطوبت و یخ زدن و آب شدن های متوالی قرار می گیرند الزامی است.

۷- می توان از مواد زودگیر کننده یا ضد یخ بتن نیز در مواردی که خطر یخ زدگی وجود دارد، مشروط بر آن که با ضوابط استاندارد مطابقت داشته باشد، استفاده نمود.

#### د) الزامات طرح اختلاط بتن

۱- نسبت آب به سیمان باید با توجه به روند کسب مقاومت بتن در دمای محیط انتخاب گردد. نسبت آب به سیمان نباید از ۵/۰° بیش تر باشد، بنابراین لازم است قبل از شروع بتن ریزی تدابیر لازم برای کسب مقاومت بتن صورت گیرد.

۲- برای کاهش میزان آب قابل یخ زدن در بتن و همچنین کاهش میزان آب انداختن بتن تازه، باید مقدار آب اختلاط حداقل ممکن باشد، بنابراین برای تأمین کارآیی لازم می توان از مواد افزودنی خمیری کننده و روان کننده استفاده نمود.

۳- در صورتی که از مواد افزودنی روان کننده استفاده نمی شود، اسلامپ بتن نباید بیش تر از ۵۰ میلی متر انتخاب گردد.

#### ه) حداقل دمای بتن

۱- حداقل دمای مجاز بتن هنگام اختلاط، ریختن و نگهداری و نیز حداکثر مجاز افت تدریجی دما در ۲۴ ساعت اولیه پس از خاتمه ی دوره ی حفاظت بتن مطابق جدول ۳-۶ است.

۲- دمای بتن هنگام اختلاط نباید بیش از ۸°C زیادتر از مقادیر جدول باشد، زیرا موجب اتلاف انرژی بیش تر، افت شدید اسلامپ و در نهایت کاهش کیفیت بتن می گردد.

۳- دمای بتن هنگام ریختن نباید بیش از ۱۱°C زیادتر از مقادیر جدول باشد، در غیر این صورت موجب کاهش کیفیت بتن می گردد.

#### و) نکات مربوط به حمل و ریختن بتن

۱- حمل و ریختن بتن باید به نحوی باشد که بتن تازه، دمای خود را از دست ندهد. بتن باید تا حد امکان در وسایل سر بسته و عایق بندی شده حمل گردد.

۲- قبل از بتن ریزی باید میلگردها، قالب، سطح بتن سخت شده ی قبلی و زمین از هر نوع یخ زدگی زوده شود.



کیفیت نامطلوب بتن، عدم اجرای صحیح شنآزهای افقی و قائم و اتصالات آنها موجب تخریب این سازه ی سبک و ساده شده است.

جدول ۶-۳- دمای بتن برحسب درجه‌ی سانتی‌گراد در مراحل مختلف کار با توجه به دمای محیط و اندازه‌ی اعضا و قطعات

ردیف	شرح	دمای محیط (°C)	ابعاد اعضا و قطعات به (میلی‌متر)		
			کم‌تر از ۳۰۰	۳۰۰ تا ۹۰۰	۹۰۰ تا بیش از ۱۸۰۰
۱	بیش از ۱-	۱۶	۱۳	۱۰	۷
۲	حداقل دمای بتن هنگام اختلاط	۱۸ تا ۱-	۱۸	۱۶	۱۳
۳	کم‌تر از ۱۸-*	۲۱	۱۸	۱۶	۱۳
۴	حداقل دمای بتن هنگام ریختن و نگهداری	به هر میزان	۱۳	۱۰	۷
۵	حداکثر مجاز افت تدریجی دمای بتن در ۲۴ ساعت اولیه پس از خاتمه حفاظت از بتن	به هر میزان	۲۸	۲۲	۱۷



تخریب خریشته، به دلیل طراحی نامناسب آن و ریزش آن جلوی درب منزل که محل خروج ساکنین می‌باشد، می‌تواند تلفات جانی دربر داشته باشد.

\* چنان‌چه تدابیری ویژه برای اختلاط و بتن‌ریزی فراهم نگردد، ریختن بتن در دمای  $2^{\circ}\text{C}$  - و کم‌تر از آن ممنوع است.

### ز) عمل آوردن بتن تازه

۱- عمل آوردن بتن تازه باید حداقل ۲۴ ساعت و تا رسیدن بتن به مقاومت ۵ مگاپاسکال ادامه یابد.

۲- برای عمل آوردن بتن تازه و محافظت آن از یخ زدن می‌توان از روش‌های زیر استفاده نمود:

- استفاده از پوشش‌های عایق

- گرم کردن بتن و محیط اطراف

- سایر روش‌ها به تأیید دستگاه نظارت

۳- بتن تازه باید در مقابل وزش باد، به ویژه پس از برداشتن پوشش‌ها محافظت گردد. باید توجه داشت که از تبخیر زیاد آب و کربناتی شدن سطوح بتن در اثر احتراق مواد سوختی برای گرم کردن آن جلوگیری شود.

۶-۸-۲- بتن‌ریزی در هوای گرم: هوای گرم به دمای زیاد هوا، همراه با بدون باد و رطوبت کم، اطلاق می‌شود. این عوامل باعث تبخیر سریع آب، افزایش سرعت هیدراتاسیون سیمان، کاهش کارایی بتن تازه و تسریع در گیرش آن می‌شوند که می‌توانند موجب کاهش مقاومت نهایی بتن گردند.

هوای گرم همچنین باعث ایجاد مشکلاتی در بتن‌ریزی و متراکم کردن آن و تشدید انقباض خمیری شده و موجب ترک برداشتن بتن طی سنین اولیه می‌گردد. برخی از توصیه‌های آیین‌نامه‌ی بتن ایران در خصوص ملاحظات بتن‌ریزی در هوای گرم به شرح زیر است:

الف) حداکثر جذب آب سنگ‌دانه‌های مصرفی در بتن برای سنگ‌دانه‌های درشت به ۲/۵



تخریب ساختمان به دلیل ضعف طراحی و تشکیل طبقه‌ی نرم

درصد و برای سنگ‌دانه‌های ریز به ۳ درصد محدود می‌شود.

ب) دمای بتن در هنگام بتن‌ریزی نباید بیش از  $32^{\circ}\text{C}$  برای بتن معمولی و  $15^{\circ}\text{C}$  برای بتن حجیم باشد. بتن‌ریزی در هوای گرم باید با فراهم کردن شرایط مناسب، اتخاذ تدابیر لازم و تأیید دستگاه نظارت صورت گیرد.

ج) برای کاهش دمای بتن برحسب مورد، کاربرد روش‌های زیر الزامی است:

- ۱- برنامه‌ریزی مناسب و دقیق برای زمان‌های شروع مراحل ساخت بتن و بتن‌ریزی.
- ۲- تنظیم زمان بتن‌ریزی در هنگام خنک بودن هوا.
- ۳- به کار بردن سیمان‌های مناسب با حرارت‌زایی کم یا جایگزین کردن مقداری از سیمان با مواد پوزولانی یا استفاده از سیمان پرتلند پوزولانی یا روباره‌ای و استفاده از طرح اختلاط مناسب به منظور احتراز از مصرف سیمان زیاد.

۴- عدم استفاده از سیمان با دمای بیش از  $75^{\circ}\text{C}$ .

۵- پایین نگه‌داشتن دمای سیمان با نگهداری سیمان در سیلوهای عایق‌بندی شده و یا رنگ‌آمیزی شده به رنگ سفید.

- ۶- کاهش دمای سنگ‌دانه‌ها با انبار کردن آن‌ها در سایه یا آب‌پاشی یا دمیدن هوای سرد به آن‌ها.
- ۷- خنک کردن آب مصرفی و یا جایگزینی بخشی از آن با یخ خرد شده یا یخ پولکی.
- ۸- عایق کردن منابع و لوله‌های تأمین آب و یا رنگ‌آمیزی به رنگ سفید برای قسمت‌هایی که در برابر تابش مستقیم آفتاب قرار می‌گیرند.

۹- نگهداری ابزار و ماشین‌آلات تهیه و حمل مخلوط بتن در سایه و یا آب‌پاشی آن‌ها.  
۱۰- عایق کردن مخلوط‌کن‌ها یا پاشیدن آب سرد یا دمیدن هوای سرد به آن‌ها یا رنگ‌آمیزی آن‌ها به رنگ سفید.

د) میل‌گردها، اجزای توکار و قالب‌های با دمای بیش از  $5^{\circ}\text{C}$  باید بلافاصله قبل از بتن‌ریزی آب‌پاشی شوند و آب اضافی کاملاً جمع‌آوری گردد.

ه) به منظور جلوگیری از ایجاد ترک، باید تدابیر زیر برای جلوگیری از کاهش رطوبت و افزایش دمای بتن پس از بتن‌ریزی اتخاذ شود:

- حفظ بتن از جریان باد و تابش آفتاب توسط بادشکن و سایبان،
- جلوگیری از تبخیر آب بتن با آب‌پاشی بتن،
- در سازه‌هایی که ترک خوردن بتن به‌طور کلی غیرقابل قبول باشد، لازم است تدابیر احتیاطی ویژه‌ای اتخاذ گردد.

و) عمل آوردن بتن طبق ضوابط معمول برای بتن‌های در شرایط معمولی الزامی است، ضمن آن‌که روش آب‌پاشی برای عمل‌آوری بتن در هوای گرم ترجیح داده می‌شود. در سطوح افقی می‌توان از ترکیبات غشایی عمل‌آورنده‌ی مورد تأیید دستگاه نظارت استفاده نمود.

در ضمن علاوه بر تأمین شرایط زمانی جدول ۶-۲ مدت عمل‌آوردن بتن نباید از ۷ روز کم‌تر باشد.



تخریب ستون‌های سازه به دلیل کیفیت نامرغوب بتن و اجرای نادرست آن

## ۶-۹- لکه‌گیری و ترمیم

اگر قالب‌ها به خوبی طراحی و ساخته شوند و بتن نیز به خوبی مخلوط، ریخته و متراکم شود، لکه‌گیری و ترمیم بتن ضروری نیست. اما به هر حال با آن‌که در ساخت دقت لازم اعمال می‌شود، ممکن است معایب یا لکه‌هایی در سطح بتن ایجاد گردد. در این حالت، مصالح خاص و نیز شیوه‌های خاصی برای ترمیم به کار می‌روند که برحسب انواع معایب یا لکه‌ها، بتن‌نمادار و غیرنمادار، با هم متفاوت هستند.

### ۶-۹-۱- دسته‌بندی سطوح مورد ترمیم

**الف) سطوحی که در معرض دید نیستند، عبارتند از:**

- ۱- سطوحی که با نماسازی یا با مصالح پرداختی پوشیده خواهند شد.
  - ۲- سطوحی که وجود لکه‌ها و عدم یکنواختی رنگ آن‌ها از نظر ظاهری اهمیتی ندارد.
- (در این حالت، ترمیم به سطوح کرمو و پرکردن حفره‌های به جا مانده از میله‌های مهاری قالب‌ها محدود می‌شود تا از نفوذ و رسیدن رطوبت به میل‌گردها جلوگیری کند.)

**ب) سطوحی که در معرض دید هستند، عبارتند از:**

- ۱- سطوح نماسازی شده با قالب، بتن‌های شسته و سطوح تخته‌ماله‌ای که ظاهر آن‌ها بسیار مهم است (در این حالت، باید قسمت‌های کرمو و سوراخ‌ها طوری ترمیم شوند که دارای پایایی باشند. همچنین قسمت‌های لکه‌گیری شده نباید از نظر ظاهری از بقیه‌ی قسمت‌ها تشخیص داده شوند).
- ۲- لکه‌های دیگر، مانند سطوح حفره‌دار و سطوح ماسه زده باید به گونه‌ای ترمیم شوند که از نظر ظاهر و رنگ نقاط ترمیم شده با بتن اصلی مطابقت داشته باشد.

ضمناً برای ترمیم بهتر، توجه به این نکات الزامی است:

- ۱- هرگونه تعمیر یا لکه‌گیری در سطح بتن، بدون بررسی کیفیت، باعث به‌وجود آمدن سطوحی می‌شود که نسبت به بتن اطراف رنگی متفاوت دارد.
- ۲- لکه‌هایی که در مقایسه با محیط اطراف از نظر تعداد، سطح و گستردگی کوچک هستند بهتر است دست نخورده باقی بمانند.

- ۳- لکه‌هایی که از فاصله‌ی ۱ تا ۲ متری دیده نمی‌شوند. درخور توجه نیستند؛ به این دلیل، تنها قسمت‌هایی که در معرض دید قرار دارند (حداقل از فاصله‌ی ۲ متری دیده می‌شوند) ترمیم می‌شوند.
- ۴- رسیدن به رنگ بتنی یکنواخت در بتن سفید ساده‌تر از بتن خاکستری است.
- ۵- ساخت بتنی با رنگ یکنواخت و بدون لکه بسیار مشکل است.

### ۶-۹-۲- انواع ترمیم

**الف) ترمیم بیرون زدن دوغاب:** پوشش ناقص قالب در محل درز اجرایی، سبب بیرون آمدن دوغاب یا ملات می‌شود؛ در نتیجه، سطح کار تکمیل شده را می‌پوشاند. اگر نتوانیم فوراً دوغاب را پاک کنیم، باید آن قدر باقی بماند تا به اندازه‌ی کافی شکننده شود و به وسیله‌ی قطعه‌ای چوب سخت و یا یک قلم به دقت خرد شود. این کار معمولاً به گونه‌ای انجام می‌شود که فقط دوغاب برداشته شده و به سطح قبلی آسیب نرسد.



شکست ستون به علت فاصله‌ی زیاد خاموت‌ها و بتن‌ریزی نامناسب و سطح مقطع کم آرماتورهای طولی که به دنبال آن کل سازه تخریب شده است.



اتصال نامناسب و بتن نامرغوب موجب شده است که آرماتورها قبل از این که نیرویی به آنها وارد شود، از محل اتصال با تیر گسیخته شوند.

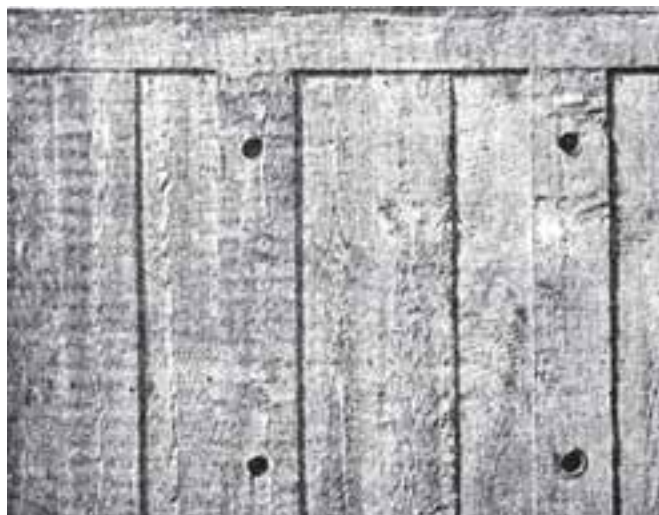
اگر برداشتن دوغاب بلافاصله پس از بیرون آمدن بتن از قالب انجام شود، سطح بتن تمیز شده و بسیار زیبا خواهد شد.

ب) ترمیم لبه‌دار شدن در درزهای افقی و قائم: اگر برای ادامه‌ی کار، قالب به خوبی به بالای قسمت قبلی فشرده نشود، نه تنها احتمال بیرون آمدن دوغاب وجود دارد، بلکه ممکن است مقداری سطوح کرمو و ماسه زده و سطوح لبه‌دار در سطح بتن ایجاد شود. در حالی که بتن در نما نیست، لبه‌دار شدن نیاز به ترمیم ندارد؛ اما در قسمت‌های نمادار لازم است که لبه‌های بیرون آمده خرد و سپس سطح کار ترمیم شود.

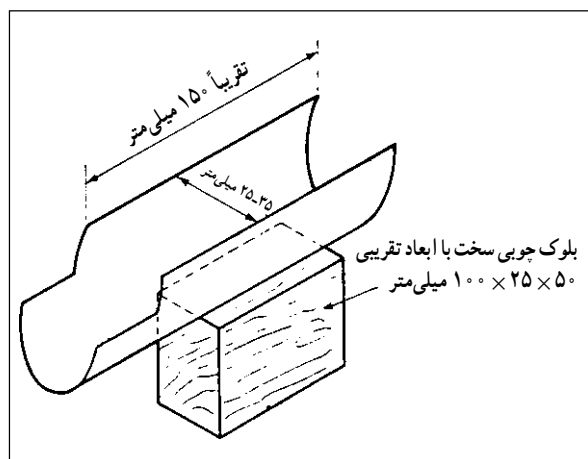
ج) ترمیم لبه‌ها و نبشی‌ها: تعمیر اساسی لبه‌ها و گوشه‌هایی که در اثر ضربه‌های تصادفی یا سهل‌انگاری در هنگام برداشتن قالب‌ها، به خصوص در نما، به وجود آمده‌اند بسیار مشکل است و به دقت زیادی نیاز دارد. پیشنهاد می‌شود که گوشه‌ها و لبه‌ها را با خردشدگی تا ۱۰ میلی‌مترها کنیم. برای تعمیر، بهتر است اطراف قسمت مورد نظر آماده و زبر شود و پس از خیس کردن سطح قطعه برای ترمیم آن اقدام گردد.

لبه‌های شکسته شده باید کمی عمیق شوند تا بتن جدید در داخل آن قرار گیرد و با فشار، سطح ترمیم شده با سطح بتن یکنواخت شود. قبلاً باید بتنی انتخاب شود که از نظر رنگ با بتن قبلی مطابقت داشته باشد.

د) ترمیم محل سوراخ‌های گیره‌ی قالب: بر کردن سوراخ‌های به جا مانده از میل مهارها به گونه‌ای که رنگ آن‌ها با رنگ بتن همانند شود، تقریباً غیرممکن است؛ حتی اگر در ابتدا شبیه‌سازی رنگ به خوبی انجام شود، ملات پرکننده در معرض هوا رنگ متفاوتی پیدا خواهد کرد. به این دلیل، توصیه می‌شود که موقعیت سوراخ‌های میل مهارها در سطح نمای بتنی از قبل طوری تعیین شود که بتوان وضعیت آن‌ها را با وضعیت فرو رفته (پر کردن تا سطحی عقب‌تر از سطح بتن) مقایسه کرد. به هنگام پر کردن هم سطح سوراخ‌ها باید دقت کرد که از برخورد ملات با بتن اطراف جلوگیری شود (شکل‌های ۶-۳۴ و ۶-۳۵).



شکل ۶-۳۴- نمونه‌ای از محل‌های مهاری پر نشده



شکل ۶-۳۵- وسیله ای برای پر کردن سوراخ های میله های مهاري (یک قطعه فلز U شکل که به یک دسته ی چوبی وصل شده است).

برای نفوذ بهتر و پایا بودن ترمیم این نکات را باید مراعات کرد :

- ۱- تمیز کردن کامل سوراخ با فرو کردن قطعه ای پارچه به داخل آن ؛
- ۲- خیس کردن داخل سوراخ ها برای کنترل مکش ؛
- ۳- ساخت مقداری از مخلوط با ترکیبی که رنگی شبیه بتن را فراهم کند ؛
- ۴- فرو کردن ملات به داخل سوراخ و سنبه زدن آن به طور کامل، با استفاده از وسیله ی نشان داده شده در شکل ۶-۳۶. در هر مرحله، تنها ۲۵ میلی متر از سوراخ با ملات پر می شود.



شکل ۶-۳۶- سنبه زدن ملات به داخل سوراخ گیره ی قالب

- ۵- استفاده از یک قطعه چوب برای پر کردن سوراخ های فرورفته. با کوبیدن چوب به وسیله ی چکش، فرو رفتگی هایی با عمق یکسان به وجود می آید (شکل ۶-۳۷).



بتن نامرغوب و فاصله ی زیاد خاموت ها باعث این خرابی شده است.



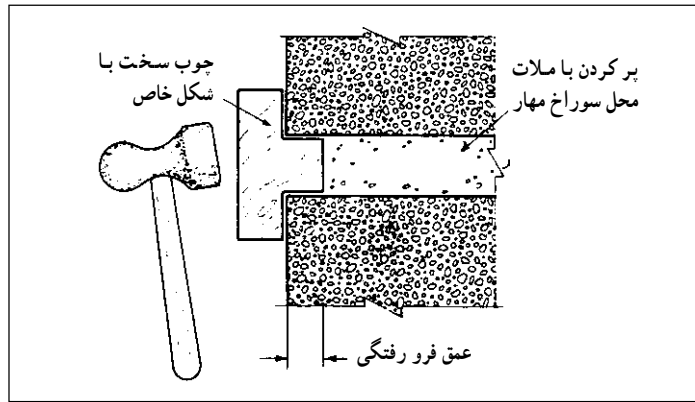
زیاد بودن طول طره و طراحی نامناسب موجب شکست تیر از محل اتصال آن شده است.



استفاده از دو سیستم سازه‌ای و عدم پیوستگی تیرهای فولادی و ستون بتنی خرابیته موجب تخریب آن در حین زلزله شده است.



اتصال نامناسب ستون با دال و نبودن خاموت در محل اتصال، اجرای نادرست ستون و کیفیت نامرغوب بتن موجب خرابی ستون و به تبع آن تخریب کل سازه شده است.



شکل ۶-۳۷- پر کردن سوراخ‌های فرورفته در محل مهارها

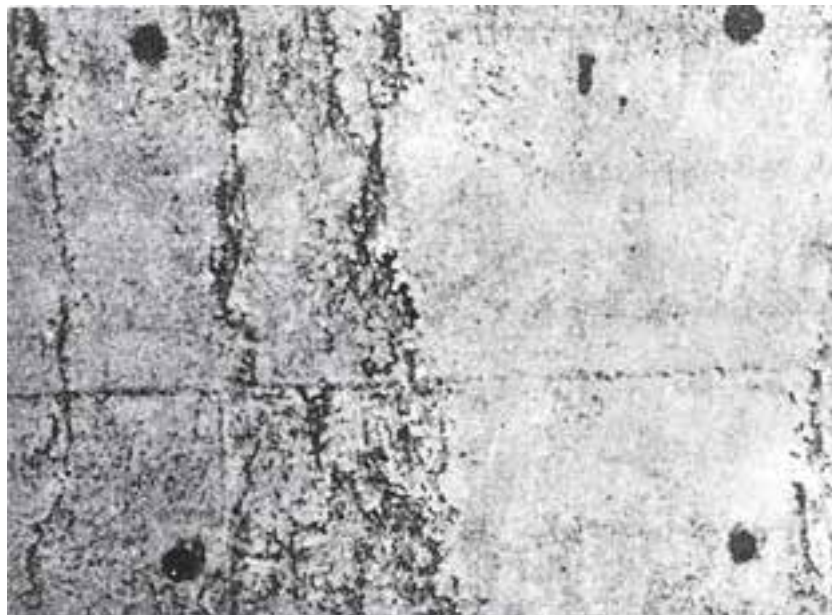
هـ) ترمیم محل جاب‌های سطحی: اگر جاب‌های سطحی کوچک نامشخص باشند، پر کردن آن‌ها معمول و ضروری نیست، اما اگر قطر آن‌ها بیش از ۵ میلی‌متر باشد و از فاصله‌ای بین ۲ تا ۴ متر در سطح بتن دیده شوند، انجام اصلاحات ضروری است. جاب‌های سطحی باید به گونه‌ای پر شوند که رنگ و بافت بتن به همان صورت باقی بماند. ملات مورد استفاده می‌تواند شامل یک قسمت سیمان و ۱/۵ قسمت ماسه نرم باشد (شکل ۶-۳۸).



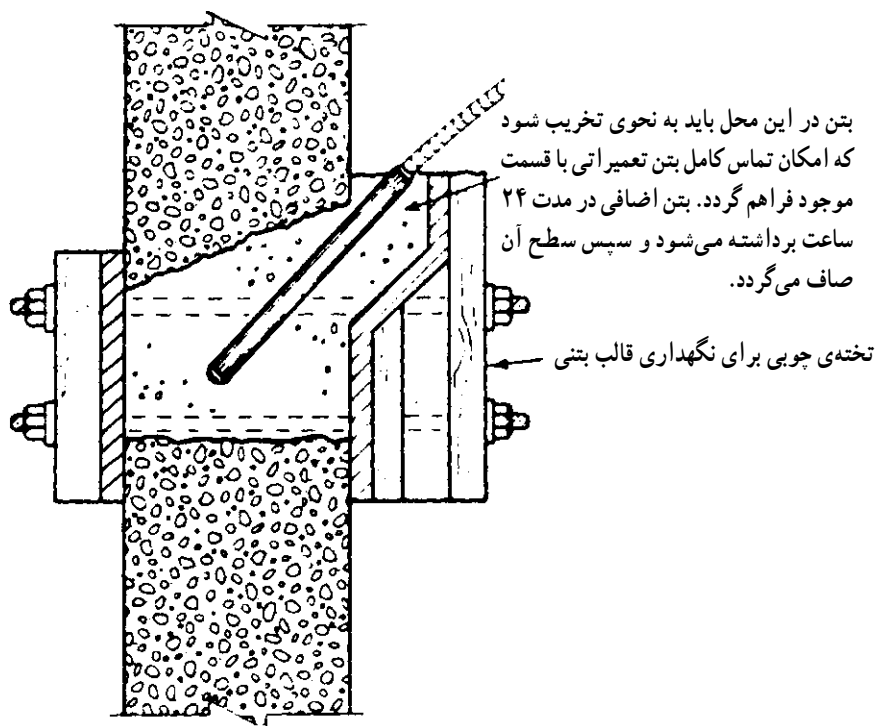
شکل ۶-۳۸- پر کردن جاب‌های سطحی با استفاده از یک ماله با سطح اسفنجی. هنگامی که دوغاب سخت شد، مواد اضافی با مالیدن سطح برداشته می‌شود تا سطح اولیه ظاهر شود.

و) تعمیر و ترمیم قسمت‌های کرمو: در قسمت‌های کرمو که عمق خرابی آن‌ها از ۱۰ میلی‌متر بیش‌تر است، ترمیم به صورت وصله ضرورت دارد. در این مورد قسمت‌های کرمو را تا رسیدن به بتن سالم خرد کرده؛ سپس محیط اطراف قسمت کنده شده را با قلم، ضربدر می‌زنند تا لبه‌هایی تمیز، تیز و تقریباً راست گوشه به عمق ۱۰ میلی‌متر ایجاد شود. عمق وصله تا حد امکان باید یکنواخت باشد و معمولاً لازم نیست که کندن قسمت‌های کرمو تا پشت میل‌گردها ادامه یابد؛ مگر این‌که کرمو شدن آن‌ها تا پشت میل‌گردهای فولادی گسترش یافته باشد.

برای تعمیرات کم عمق (کمتر از ۵۰ میلی متر)، استفاده از ملات ارجح است. نوع ملات به پرداخت مورد نظر بستگی دارد (شکل های ۶-۳۹ تا ۶-۴۳).  
برای تعمیر لکه های عمیق باید قبل از لکه گیری در بتن قدیمی، میل گردهایی به منظور تقویت لکه گذاشته شود.



شکل ۶-۳۹- نمونه ای از سطح بتن آب شسته، محل بیج ها به صورت سوراخ های سیاه دیده می شود.



شکل ۶-۴۰- تزریق جعبه ای، روش تعمیر بتن کرم شده ی عمیق



در این شکل کماتش موضعی میل گردهای طولی ستون و به دنبال آن خرابی بتن، به ویژه هسته ی بتنی و اختلال در عملکرد ستون مشاهده می شود. علت این موضوع، فاصله ی زیاد میل گردهای برشی (خاموت ها) در ستون و شروع ترک از محل قطع میل گردهای انتظار ریشه ی ستون بوده است. رعایت ضوابط آیین نامه ی طراحی سازه های بتنی (آبا) در مورد فاصله ی خاموت ها و وصله ی میل گردها، از بروز چنین مشکلی جلوگیری می کرد.





وصله زدن - قسمت معیوب کنده شده و سطح برای جلوگیری از مکش مرطوب می شود.

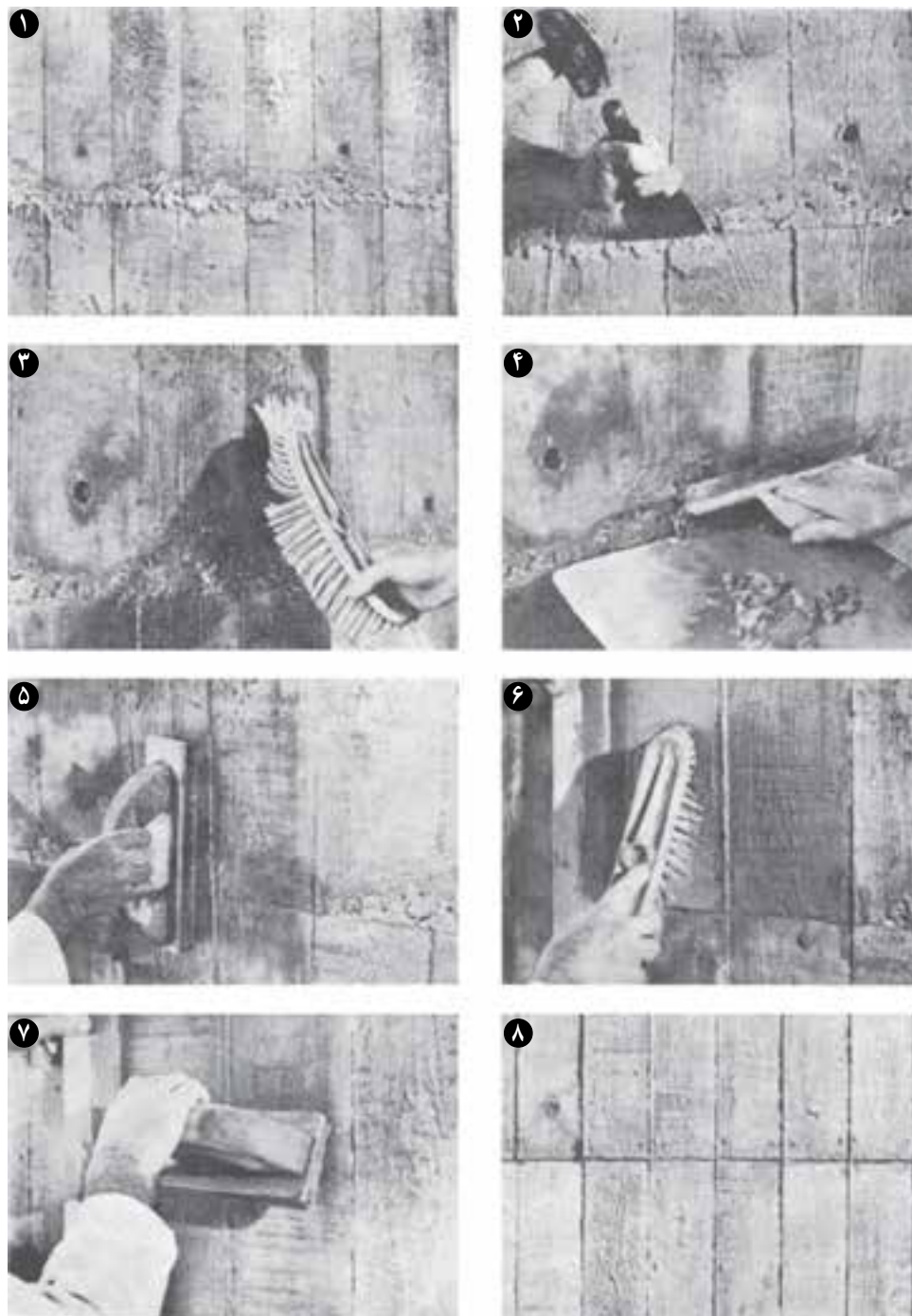


پر کردن با ملات



متراکم کردن با یک تخته و چکش

شکل ۶-۴۱- ترمیم بتن در لکه های با قطر بیش از ۱۰ میلی متر



شکل ۶-۴۲- روش ترمیم دوغاب‌های اضافی که از محل درز بین دو قالب بیرون زده است.



کیفیت نامرغوب بتن، اجرای نادرست شناژهای افقی و قائم موجب تخریب قسمتی از دیوار شده است. عبور شناژ از بالای بازشو در قسمتی از دیوار، یکپارچگی آن را حفظ کرده است. البته محل اتصال شناژ افقی و قائم به درستی اجرا نشده است.



شکل ۶-۴۳- روش ترمیم سطح کرمو و لبه‌های شکسته شده سازه‌های بتنی

## ۶-۱۰- بهسازی و مقاوم‌سازی لرزه‌ای ساختمان‌های بتنی موجود

کشور پهناور و کهنسال ایران در طول تاریخ شاهد نابودی شهرها و حتی بعضی از تمدن‌های خود در اثر وقوع زلزله بوده است. ابعاد فاجعه‌بار اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی، سیاسی و ... یک زلزله‌ی کوتاه مدت چند ثانیه‌ای می‌تواند حاکم بر سرنوشت چند نسل باشد. بنابراین طبعاً تأمین ایمنی لرزه‌ای ساختمان‌ها باید در اولویت قرار گیرد.

افزایش اطلاعات در مورد نحوه رفتار ساختمان‌ها در زلزله که از طریق تحقیقات و تجربه‌های زلزله‌های اخیر به دست آمده، باعث نگرانی در مورد وضعیت لرزه‌ای حجم وسیعی از ساختمان‌های موجود در کشور که بدون اعمال ضوابط جدید ساخته شده‌اند، گردیده است. این مهم که برخی ساخت و سازها نیز بدون طراحی و نظارت مناسب و اصولاً بدون توجه به هیچ ضابطه‌ی فنی ساخته شده‌اند، تشدید کننده‌ی این نگرانی است.

چاره چیست؟ اول پیشگیری و سپس درمان، پیشگیری برای ساختمان‌های جدید و در دست طراحی، با رعایت اصول طراحی مطابق ضوابط و آیین‌نامه‌ها، رعایت اصولی اجرایی ساختمان‌ها مطابق ضوابط فنی، نظارت دقیق بر اجرای پروژه‌ها، کنترل کیفیت مصالح ساختمانی، آموزش کلیه‌ی عوامل اجرایی پروژه‌ها و نگهداری مناسب ساختمان‌ها در حین بهره‌برداری و درمان برای ساختمان‌های موجود به دلیل تغییر در آیین‌نامه‌های زلزله، نواقص طراحی و عیوب اجرایی و فرسودگی مصالح. در ادبیات فنی بحث درمان، با عبارت «بهسازی و مقاوم‌سازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود» بیان می‌شود. برای این کار لازم است براساس نظر کارفرما و پس از جمع‌آوری و برداشت اطلاعات مربوط به محل ساختمان و وضع موجود ساختمان بتنی اعم از مشخصات مصالح بتن و میل‌گرد و نقشه‌های چونساخت، نیاز یا عدم نیاز به بهسازی ساختمان بررسی و در صورت نیاز به بهسازی، طرح بهسازی ارائه شود (شکل ۶-۴۴).



الف - یکی از تیرهای این پل بتنی به علت طراحی نامناسب و عوامل خارجی دچار آسیب‌های جدی شده است که با استفاده از الیاف پلیمری FRP بهسازی و مقاوم‌سازی شده است.



ب - این ساختمان به دلیل ضعف در تیرها و ستون‌های خود، نیازمند مقاوم‌سازی بوده که برای این منظور ابعاد تیرها و ستون‌ها و همچنین میل‌گردهای آن افزایش یافته است.

شکل ۶-۴۴ - نمونه‌هایی از مقاوم‌سازی لرزه‌ای ساختمان‌های بتنی



نیروگاه هسته‌ای بوشهر در حال ساخت. اجرا و طراحی دقیق سازه‌ها در چنین تأسیساتی بسیار مهم می‌باشد. چرا که آسیب دیدن این‌گونه سازه‌ها علاوه بر خسارات مالی فراوان، خسارات جانی زیادی در اثر انتشار مواد رادیواکتیو به همراه خواهد داشت.

## ۶-۱۱- قالب بندی

قالب بندی یکی از قسمت‌های اجرایی بسیار دشوار و پرهزینه در سازه‌های بتن آرمه است. هدف از قالب بندی شکل دادن بتن خمیری به ابعاد و حجم دلخواه، مطابق خواسته‌ی طراح سازه است.

### ۶-۱۱-۱- تعریف قالب بندی و داربست: قالب بندی مجموعه‌ای است برای دربرگرفتن

بتن و حفظ آن تا زمان سخت شدن و رسیدن به مقاومت کافی که شامل: رویه، بدنه، پشت بندها، حایل‌ها و چپ و راست‌ها، میله‌های تنظیم و نظایر آن می‌باشد.

داربست سازه‌ای موقت است که برای نگهداری قالب بندی، سکوهای کار و تحمل بارهای در حین اجرا، برپا می‌شود و شامل شمع بندی، پایه‌های قائم، صفحات افقی، بادبندها و زیرسری‌ها و همانند آن است.

### ۶-۱۱-۲- عملکردهای قالب:

– قالب باید بتن را در شکل مورد نظر در محدوده‌ی رواداری‌های مجاز نگاه دارد، همچنین به سطح آن نمای دلخواه بدهد و وزن بتن را تا زمان سخت شدن و کسب مقاومت کافی تحمل کند. – قالب باید بتن را در مقابل صدمات مکانیکی حفظ کند و از کم شدن رطوبت بتن و نشست شیریه‌ی آن جلوگیری کند و عایقی مناسب در برابر سرما و گرمای محیط باشد، همچنین میل‌گردها و سایر اجزای داخل بتن را در محل مورد نظر نگاه دارد و در برابر نیروهای ناشی از لرزاندن و مرتعش ساختن بتن مقاومت کند و بدون آسیب رسیدن به بتن، از آن جدا شود.

### ۶-۱۱-۳- بارهای وارده به قالب: قالب باید طوری طراحی شود که بتواند بارهای

وارده را قبل از این که سازه‌ی بتنی مقاومت کافی به دست آورد، با ایمنی مناسبی تحمل کند.

مهم‌ترین بارهای قائم زنده و مرده‌ی وارد بر قالب عبارتند از:

الف) وزن قالب‌ها و پشت بندها

ب) وزن بتن تازه

ج) وزن آرماتورها و سایر اقلام کار گذاشته شده در بتن

د) وزن افراد، وسایل کار، گذرگاه‌ها و سکوهای کار

ه) بارهای موقت حاصل از انبار کردن مصالح

و) فشار رو به بالای باد

مهم‌ترین بارهای جانبی وارد بر قالب عبارتند از:

الف) رانش بتن تازه

ب) فشار و مکش باد

ج) بارهای ناشی از تغییرات دما

مهم‌ترین بارهای ویژه عبارتند از:

الف) بار ناشی از بتن ریزی نامتقارن

ب) ضربه‌ی حاصل از ماشین‌آلات و پمپ بتن

ج) نیروهای رو به بالا در قالب‌ها و اقلام کار گذاشته در بتن

د) اثرهای دینامیکی نظیر اثر تخلیه‌ی بتن از جام حمل بتن



آیین‌نامه‌ی بتن ایران. با رعایت ضوابط این آیین‌نامه می‌توان سازه‌ای ایمن ساخت.

ه) بارهای حاصل از نشست نامتقارن تکیه‌گاه‌های قالب  
و) بارهای ناشی از لرزاندن و متراکم کردن بتن  
ز) فشار دوغاب تزریقی در بتن پیش‌آکنده<sup>۱</sup>  
۶-۱۱-۴- توصیه‌های آیین‌نامه‌ی بتن ایران:  
۶-۱۱-۴-۱- اجرای قالب

۱- توصیه می‌شود سطوح فوقانی با شیب بیش‌تر از ۲: ۳ (۲ قائم/۳ افقی) قالب‌بندی شوند، به هر حال تعبیه‌ی قالب برای سطح فوقانی با شیب بیش‌تر از ۱: ۱ الزامی است.

۲- قبل از جاگذاری آرماتورها باید تا حد امکان رویه‌ی قالب‌ها را نصب کرد و مواد رهاساز را روی قالب‌ها مالید.

۳- قطعات رویه‌ی قالب‌ها باید در کنار هم طوری قرار گیرند (جفت شوند) که هدر رفتن شیره بتن ممکن نباشد.

۴- قالب‌ها باید از هر نوع آلودگی، ملات‌ها، مواد خارجی و نظایر این‌ها عاری باشند و قبل از هر بار مصرف با مواد رهاساز پوشانده شوند. این مواد را باید چنان به کار برد که بدون آلوده شدن آرماتورها، روی سطوح قالب، لایه‌ای یکنواخت و نازک به‌وجود آید.

۵- در مواردی که دسترسی به کف قالب‌ها دشوار یا غیرممکن باشد، باید با تعبیه‌ی دریچه‌های بازدید و کف‌شوی‌های قالب، امکان تمیز کردن قالب قبل از بتن‌ریزی را فراهم کرد.

۶- در صورتی که کیفیت سطح تمام شده اهمیت‌ی خاص داشته باشد، نباید از قطعات قالب‌های صدمه‌دیده در مراحل قبلی استفاده کرد.

۷- هنگام برداشتن قالب سطوح زیرین قطعات بتن مسلح باید با رعایت بند ۸، پایه‌هایی به‌عنوان پایه‌های اطمینان در زیر سطوح باقی گذاشت، تا از بروز تغییر شکل‌های تابع زمان جلوگیری شود.

۸- پیش‌بینی پایه‌های اطمینان برای تیرهای با دهانه‌ی بزرگ‌تر از ۵ متر، تیرهای کنسول به‌طول بیش‌تر از ۲/۵ متر، دال‌های با دهانه‌ی بزرگ‌تر از ۳ متر و دال‌های کنسول به‌طول بیش‌تر از ۱/۵ متر اجباری است. تعداد پایه‌های اطمینان باید طوری باشد که فاصله‌ی آن‌ها به هر حال از ۳ متر تجاوز نکند.

۹- مجموعه‌ی قالب‌بندی باید در تمامی مراحل قبل از بتن‌ریزی، ضمن و بعد از آن به دقت زیر نظر باشد و به منظور حفظ مجموعه در محدوده‌ی رواداری‌های تعیین شده تنظیم شود.

### ۶-۱۱-۴-۲- قالب‌برداری:

الف) قالب باید موقعی برداشته شود که بتن بتواند تنش‌های مؤثر را تحمل کند و تغییر شکل آن از تغییر شکل‌های پیش‌بینی شده تجاوز نکند.

ب) پایه‌ها و قالب‌های باربر نباید قبل از آن که اعضا و قطعات بتنی مقاومت کافی را برای تحمل وزن خود و بارهای وارد کسب کنند، برچیده شوند.

ج) عملیات قالب‌برداری و برچیدن پایه‌ها باید گام به گام و بدون اعمال نیرو و ضربه، طوری

۱- در ساخت این نوع بتن، ابتدا سنگ‌دانه‌های درشت در درون قالب و یا در فضای مورد نظر جیده شده یا با وسایلی مناسب و به نحوی مشخص ریخته، توزیع و متراکم می‌شوند. سپس ملات سیمان که معمولاً حاوی مواد روان‌کننده و منبسط‌شونده است، به طور مداوم از پایین به بالا تحت فشار به طور یکنواخت در فضای خالی بین سنگ‌دانه‌ها تزریق می‌شود.



مبحث نهم مقررات ملی ساختمان؛ طرح و اجرای ساختمان‌های بتن آرمه



اجرای نامناسب تیر و ستون بتن مسلح و جدا شدن تیر از ستون بر اثر خرابی در محل اتصال علت خرابی بوده است. دلیل این امر می‌تواند عدم کفایت طول مهار میله‌های طولی تیر در ستون باشد. بدین معنا که نیروی ایجاد شده در تیر باعث بیرون کشیدن میله‌های تیر از ناحیه‌ی اتصال شده است. عدم اتصال مناسب بین دیوار و سازه مشکل دیگر این سازه است.

صورت گیرد که اعضا و قطعات بتنی تحت اثر بارهای ناگهانی قرار نگیرند، بتن صدمه نبیند و ایمنی و قابلیت بهره‌برداری قطعات مخدوش نشود.

د) در صورتی که قالب‌برداری قبل از پایان دوره‌ی مراقبت انجام پذیرد، باید تدابیری برای مراقبت بتن پس از قالب‌برداری اتخاذ کرد.

ه) در صورتی که زمان قالب‌برداری در طرح تعیین و تصریح نشده باشد باید زمان‌های داده شده در جدول ۶-۴ را به عنوان حداقل زمان لازم برای برچیدن قالب‌ها و پایه‌ها ملاک قرار داد. (و) برچیدن قالب‌ها و پایه‌ها در مدتی کم‌تر از زمان‌های داده شده در جدول ۶-۴ فقط به شرط آزمایش قبلی میسر است.

جدول ۶-۴- حداقل زمان لازم برای قالب‌برداری<sup>۱</sup>

دمای مجاور سطح بتن (°C)				شرح	نوع قالب‌بندی
۰	۸	۱۶	۲۴ و بیشتر		
۳۰	۱۸	۱۲	۹	قالب‌های قائم، ساعت	
۱۰	۶	۴	۳	دال‌ها	قالب زیرین، شبانه‌روز
				پایه‌های اطمینان، شبانه‌روز	
۲۵	۱۵	۱۰	۷	تیرها	قالب زیرین، شبانه‌روز
				پایه‌های اطمینان، شبانه‌روز	
۳۶	۲۱	۱۴	۱۰		

در صورتی که آزمایش‌آزمونه‌های آگاهی (نگهداری شده در کارگاه) حاکی از رسیدن مقاومت بتن به حداقل هفتاد درصد مقاومت بیست و هشت روزه‌ی مورد نظر باشد، می‌توان قالب‌های سطوح زیرین را برداشت، ولی برچیدن پایه‌های اطمینان فقط در صورتی مجاز است که علاوه بر مراعات تمامی محدودیت‌ها، بتن به مقاومت بیست و هشت روزه‌ی مورد نظر رسیده باشد.

#### ۶-۱۱-۴-۳- برداشتن پایه‌های اطمینان:

الف) برای تیرهای با دهانه‌ی تا ۷ متر برداشتن کل قالب و داربست و زدن پایه‌های اطمینان مجاز است، ولی برای دهانه‌های بزرگ‌تر از ۷ متر، تنظیم قالب و داربست باید طوری باشد که برداشتن قالب بدون جابه‌جایی پایه‌های اطمینان میسر باشد.

ب) برای سازه‌های متشکل از دیوارها و دال‌های بتن‌آرمه، نظیر سازه‌هایی که با قالب‌های تونلی یا قالب‌واره‌های به ابعاد بزرگ ساخته شوند، می‌توان برچیدن پایه‌های اطمینان و برپایی مجدد آن‌ها را در دهانه‌های تا ۱۰ متر مجاز دانست مشروط بر آن که زدن پایه‌های اطمینان بلافاصله پس از برداشتن قالب باشد و در عمل اطمینان حاصل شود که هیچ نوع ترک یا تغییر شکل نامطلوب بروز نخواهد کرد.

ج) به‌طور کلی در صورتی که قطعه‌ی مورد نظر جزئی از سیستمی پیوسته باشد، موقعی می‌توان پایه‌های اطمینان را برداشت که تمامی قطعات مجاور آن هم بتن‌ریزی شده باشند.

در صورتی که تیر یا دال یکسره طراحی شده باشد، نمی‌توان پایه‌های اطمینان دهانه‌ای را برچیدن

۱- برای توضیحات بیش‌تر در خصوص این جدول و تعدیلات زمان‌های ذکر شده در آن، در شرایط مختلف به متن

آیین‌نامه‌ی بتن ایران مراجعه نمایید.

مگر آن که دهانه‌های طرفین آن بتن ریزی شده باشند و بتن آن نیز مقاومت لازم را به دست آورده باشد. (د) در صورت تکیه کردن مجموعه‌ی قالب‌بندی طبقه‌ی فوقانی بر روی طبقه‌ی تحتانی، فقط وقتی می‌توان پایه‌های اطمینان طبقه‌ی زیرین را برچید که بتن طبقه‌ی بالا مقاومت لازم را به دست آورده باشد. توصیه می‌شود پایه‌های اطمینان همیشه در دو طبقه‌ی متوالی وجود داشته باشند و تا حد امکان هر دو پایه اطمینان نظیر در دو طبقه، روی هم و در امتدادی واحد قرار گیرند. (ه) برداشتن پایه‌های اطمینان باید بدون اعمال فشار و ضربه و طوری باشد که بار به تدریج از روی آن‌ها حذف شود (در دهانه‌های بزرگ از وسط دهانه به سمت تکیه‌گاه‌ها و در کنسول‌ها از لبه به طرف تکیه‌گاه). برداشتن بار از روی پایه‌های اطمینان در دهانه‌های بزرگ و قطعاتی که نقش سازه‌ای حساسی دارند، باید با وسایل قابل کنترل انجام پذیرد به طوری که در صورت لزوم در هر لحظه بتوان باربرداری از روی پایه‌ها را متوقف کرد.

### پرسش

- ۱- اندازه کردن مصالح سنگی اغلب از چه طریق انجام می‌شود؟
- ۲- ظرفیت انتقال بتن، حداکثر طول حمل و ارتفاع جابه‌جایی بتن با پمپ‌های بتن چه مقدار است؟
- ۳- شرایط بتن‌ریزی در دیوارها چیست؟
- ۴- برای اتصال بتن‌ریزی‌های ناپیوسته چه تدابیری صورت می‌گیرد؟
- ۵- معایب وجود هوا در بتن چیست؟
- ۶- زمان بهینه برای مخلوط کردن مصالح در مخلوط‌کن به چه عواملی بستگی دارد؟
- ۷- توصیه‌های لازم به منظور اطمینان از عدم یخ‌زدگی کدام است؟
- ۸- از چه وسایلی برای پوشش‌های عایق استفاده می‌شود؟
- ۹- حفاظت و نگهداری بتن در هوای گرم چگونه انجام می‌شود؟
- ۱۰- مراحل پرداخت سطح بتن را توضیح دهید.
- ۱۱- عمل آوردن بتن را تعریف کنید.
- ۱۲- به نظر شما چرا نیاز به بهسازی و مقاوم‌سازی لرزه‌ای ساختمان‌های بتنی موجود وجود دارد؟
- ۱۳- هدف از قالب‌بندی چیست؟
- ۱۴- عملکردهای قالب را بیان کنید.
- ۱۵- بارهای وارد به قالب را نام ببرید.
- ۱۶- آیین‌نامه‌ی بتن ایران چه توصیه‌هایی در خصوص قالب‌بندی بیان کرده است؟
- ۱۷- با چند نفر از همکلاسی‌هایتان به سراغ یکی از ساختمان‌های بتنی در حال اجرا در شهرتان بروید. گزارشی از نحوه‌ی اجرای آن تهیه و با مطالب کتاب مقایسه کنید. آیا اگر شما مسئول اجرای آن ساختمان بودید به همان نحو اجرا می‌کردید؟



## آشنایی با فناوری‌های نو در ساختمان‌های بتنی

### ۱- بتن‌های خاص

#### ۱-۱- بتن پلیمری

پلیمرها از نظر شیمیایی مواد بی‌اثری هستند که مقاومت کششی و فشاری بالاتری نسبت به بتن معمولی دارند. پلیمرها برای تولید سه نوع بتن مورد استفاده قرار می‌گیرند که عبارت است از: بتن با پلیمر تزریقی (PIC)<sup>۱</sup>، بتن پلیمری (PC)<sup>۲</sup> و بتن پلیمری با سیمان پرتلند (PPCC)<sup>۳</sup>. برای ساخت بتن با پلیمر تزریقی نوعی پلیمر در بتن سخت شده با سیمان پرتلند تزریق می‌شود. در مقایسه با بتن معمولی، این نوع بتن دارای مقاومت‌های فشاری، کششی و ضربه‌ای و همچنین مدول الاستیسیته‌ی خیلی بالاتر بوده و خزش و ترک‌های حرارتی کم‌تری در آن ایجاد می‌گردد. از این نوع بتن در تزریق جزئی در بعضی از اعضای سازه‌ای برای حصول مقاومت بیش‌تر، استفاده می‌شود. در بتن پلیمری، یک نوع پلیمر با سنگ‌دانه‌ها مخلوط شده و با استفاده از مواد عمل‌آورنده، بتنی ساخته می‌شود که مقاومت آن را افزایش می‌دهد. بتن پلیمری در مواردی چون تعمیرات سریع در بزرگراه‌های پرترافیک، تولید دیوارهای پیش‌ساخته‌ی مسلح به الیاف شیشه، تولید موزاییک‌های کف و ... مورد استفاده قرار می‌گیرد. بتن پلیمری با سیمان پرتلند، با افزودن یک پلیمر به بتن تازه به‌دست می‌آید که موجب بهبود پایایی و افزایش چسبندگی بتن شده و مقاومت آن را در برابر یخ‌زدن و آب‌شدن، سایش و بارهای ضربه‌ای نسبت به بتن معمولی بیش‌تر خواهد کرد. از این نوع بتن در عرشه‌ی پل‌ها و دیوارهای جداکننده‌ی پیش‌ساخته استفاده می‌شود.

#### ۱-۲- بتن گوگردی

تولید زیاد گوگرد در سال‌های اخیر، منجر به استفاده از آن به عنوان یکی از مصالح ساختمانی ارزان‌قیمت در بتن گوگردی و بتن با گوگرد تزریقی شده است. بتن گوگردی، شامل گوگرد و سنگ‌دانه‌های ریز و درشت بدون آب و سیمان است، که در دمای  $140^{\circ}\text{C}$  با هم مخلوط می‌شوند. بتن گوگردی در مقایسه با بتن معمولی، سریع‌تر به مقاومت می‌رسد و در شرایط دمایی و رطوبتی معمولی،  $90\%$  درصد مقاومتش را در ۶ تا ۸ ساعت به‌دست می‌آورد. مقاومت بالا در سنین اولیه و پایایی خوب شیمیایی، بتن گوگردی را برای استفاده در قطعات پیش‌ساخته و کارخانه‌های صنعتی مناسب می‌سازد. بتن با گوگرد تزریقی همانند بتن با پلیمر تزریقی ساخته می‌شود، ولی بسیار ارزان‌تر می‌باشد. تزریق گوگرد در بتن معمولی مقاومت‌های فشاری و خمشی را در حد

۱- Polymer Impregnation Concrete

۲- Polymer Concrete

۳- Polymer Portland Cement Concrete

چشم‌گیری افزایش می‌دهد. مقاومت این نوع بتن در مقابل حمه‌ی سولفات‌ها و اسیدها و تناوب‌های یخ‌زدن و آب‌شدن خوب می‌باشد.

### ۱-۳- بتن الیافی

بتن مسلح با الیاف یا بتن الیافی، بتنی است که با سیمان، مصالح سنگی و الیاف مجزا و غیر پیوسته ساخته می‌شود. الیاف ممکن است از مصالح طبیعی مانند پنبه‌ی نسوز، انواع مخصوص کف و سلولز و یا از محصولات تولیدی مانند شیشه، فولاد، کربن و پلیمر ساخته شوند. هدف از مسلح نمودن بتن با الیاف، افزایش مقاومت کششی، جلوگیری از توسعه‌ی ترک‌ها و افزایش سختی به وسیله‌ی انتقال تنش در عرض مقطع یک ترک می‌باشد، که در مقایسه با بتن معمولی، امکان تغییر شکل‌های بزرگ‌تری را فراهم می‌سازد. همچنین با افزایش الیاف، مقاومت ضربه‌ای و مقاومت خستگی بهبود یافته و انقباض بتن کاهش خواهد یافت.

### ۱-۴- بتن غلتکی

بتن غلتکی (RCC)<sup>۱</sup> یا بتن متراکم شده با غلتک، بتنی با اسلامپ صفر می‌باشد که با ارتعاش توسط غلتک‌ها محکم و سفت می‌شود. دو نوع بتن غلتکی در کارهای ساختمانی به کار می‌رود، بتن غلتکی حجیم با عیار سیمان کم، در ساخت سدها و سازه‌های حجیم مانند دیوارهای حایل، پایه‌های سنگین و خاکریزها که در آن‌ها مقاومت زیاد مورد نیاز نیست و بتن غلتکی با عیار سیمان نسبتاً زیاد، در اجرای سریع لایه‌های روسازی بزرگراه‌ها و پوشش‌های مشابه که در آن‌ها مقاومت مکانیکی و سایشی بالایی مورد نیاز است. مزیت اصلی این نوع بتن‌ها، هزینه‌ی پایین آن است.

### ۱-۵- بتن با مقاومت بسیار بالا

مقاومت بتن بستگی به خواص مواد تشکیل‌دهنده، نسبت‌های اختلاط و روش‌های اختلاط، جا دادن، تراکم و عمل آوردن آن دارد. بنابراین بالا بردن مقاومت بتن می‌تواند با بهبود کیفیت مصالح یا بهبود روش‌های اتخاذ شده در هر کدام از مراحل فوق انجام شود که علاوه بر کیفیت مصالح و مقدار آن‌ها، این روش‌ها برای تولید این نوع بتن به کار می‌رود: انجام تراکم بهتر، بهبود چسبندگی بین دانه‌ها و خمیر سیمان، کاهش تخلخل بتن و استفاده از عوامل خارجی مانند تزریق سولفور یا پلیمری، گرما و فشار و... . مزیت این نوع بتن، نسبت مقاومت به وزن بیش‌تر در مقایسه با بتن‌های معمولی است که در سازه‌های مرتفع و پل‌های با دانه‌های زیاد کاربرد دارند. با استفاده از این نوع بتن می‌توان ابعاد مقاطع بتنی و یا با همان سطح مقطع، مقدار آرماتورها را کاهش داده یا ظرفیت باربری آن‌ها را افزایش داد.

۱- Roller Compacted Concrete

## ۱-۶- بتن سبک

بتن سبک، بتنی است که وزن مخصوص آن به طور محسوسی کم تر از وزن مخصوص بتنی است که با سنگ دانه های طبیعی یا شکسته ساخته می شود. این بتن معمولاً با استفاده از سنگ دانه های سبک تهیه می شود. بتن سبک به منظور کاهش وزن سازه به کار می رود، هرچند مقاومت فشاری نهایی آن در مقایسه با بتن های معمولی مقدار کم تری است. معمولاً افزایش هزینه در ساخت بتن سبک با کاهش بار مرده که منجر به کاهش ابعاد پی ها، دیوارها، تیرها و ستون ها و ضخامت سقف می شود و با افزایش مقاومت بتن در مقابل آتش سوزی و عایق صوتی و حرارتی بودن آن، جبران می شود.

## ۱-۷- بتن سنگین

بتن سنگین به بتنی گفته می شود که دارای وزن مخصوص بزرگ تری نسبت به بتن های ساخته شده با سنگ دانه های معمولی می باشد. این بتن معمولاً با استفاده از سنگ دانه های سنگین تهیه می شود و به طور ویژه به عنوان سپر محافظ در مقابل تشعشع به کار می رود. هرچند که سپرهای محافظ در مقابل تشعشع، کاربرد اصلی این نوع بتن ها هستند، لیکن در ساخت بتن های وزنی و یا در مواردی که نیاز به افزایش اقتصادی بار مرده ی سازه بدون افزایش حجم هستیم، نیز مورد استفاده می باشد. بتن سنگین همواره هزینه ی ساخت بیش تری نسبت به بتن های معمولی دارد.

## ۲- بتن پاشیده

روشی که در آن، بتن بر روی یک سطح پاشیده می شود، به بتن پاشیده و یا شاتکریت معروف است. بتن پاشیده به صورت خشک، تر و الیافی می باشد که در هر سه حالت مصالح مخلوط شده، توسط دستگاه بتن پاش بر روی سطح مورد نظر پاشیده می شود. استفاده از بتن پاشی هم برای اجرای ساختمان های جدید و هم تعمیر سازه های موجود امکان پذیر است. اجرای ساختمان جدید شامل پوشش کانال ها، جدار مخازن، تونل ها و لوله ها، بتن ریزی دال ها، دیوارها و گنبدها، کنترل فرسایش شیب های زمین و استخرهای شنا می باشد. پوشش را می توان برای تعمیر بتن یا مصالح بنایی خراب شده (پس از برداشتن بخش ناسالم)، سطوح سنگی برای جلوگیری از خردشدگی سطوح جدید، فولاد و چوب برای محافظت در برابر آتش، شمع ها برای روکش کردن آن ها، سطوح سدها و محافظت سقف در معادن و تونل ها به کار برد.

## ۳- اجزای پیش ساخته ی بتنی

بتن به علت ریخته شدن در اشکال هندسی متنوع، قابلیت پیش ساختگی زیادی دارد.

پیش‌ساختگی در بتن، امکان صنعتی کردن تولید ساختمان را به وجود می‌آورد که در آن طراحی، تولید و نصب به صورت مهندسی درمی‌آید. پیش‌ساختگی اجزای ساختمانی، غالباً به دو روش، پیش‌ساختگی در کارگاه و پیش‌ساختگی در کارخانه، انجام می‌شود. از مزایای پیش‌ساختگی می‌توان به این موارد اشاره نمود: تولید با کیفیت بهتر و همگن‌تر، سبک‌سازی، انطباق بهتر با فرضیات محاسباتی، نیاز کم‌تر به نیروی کارگری متنوع، استقلال بیش‌تر از شرایط جوی و سرعت عمل بیش‌تر. شکل (۱) نمونه‌هایی از قطعات پیش‌ساخته‌ی بتنی را نشان می‌دهد.



راه‌پله‌ی پیش‌ساخته



دیوار پیش‌ساخته



تیر پیش‌ساخته



مناره‌ی پیش‌ساخته



دیوار حایل پیش‌ساخته

شکل ۱- اجزای پیش‌ساخته‌ی بتنی

## ۴- بتن ساندویچی

بتن ساندویچی، متشکل از یک لایه فوم پلی استایرن بین لایه‌های بتن است. برای تهیه‌ی قطعات از این نوع بتن، دو شبکه‌ی فلزی میل‌گردهای به هم جوش خورده در طرفین یک فوم قرار داده شده و بتن با استفاده از پمپ بر روی این سطح پاشیده می‌شود. ضخامت نهایی قطعه‌ی بتنی، در حدود ۱۰ الی ۱۲ سانتی‌متر می‌باشد. از مزایای این نوع سیستم سازه‌ای می‌توان به این موارد اشاره کرد: کاهش وزن ساختمان، صلبیت سازه و تغییر مکان محدود، توزیع مناسب نیروی زلزله با توجه به یکپارچگی خوب کف‌ها و دیوارها، کاهش قیمت تمام شده، کاهش سطح اشغال دیوارها، سرعت زیاد در ساخت و ساز، کاهش هزینه و سهولت در نصب تأسیسات برقی و مکانیکی، سهولت در اجرای بازشوها، عایق حرارتی و کاهش هزینه‌های مصرف انرژی در دراز مدت و عایق صوتی. شکل (۲) نمونه‌ی اجرای قطعات ساخته شده از بتن ساندویچی را نشان می‌دهد.



نصب صفحات سقف



نصب صفحات بر روی فونداسیون اجرا شده



تعبیه‌ی بازشوهای در و پنجره



بتن پاشی روی دیوار

شکل ۲- نمونه‌ی اجرای قطعات ساخته شده از بتن ساندویچی

## ۵- بتن خود تراکم

در سازه‌های بتنی برای رسیدن به مقاومت مورد نیاز و کاهش تخلخل و هوای درون بتن و حصول پایداری و دوام در برابر عوامل محیطی، بتن به روش‌های مختلف لرزانده می‌شود. با توسعه روزافزون کارهای بتنی و کمبود نسبی کارگران ماهر و یا سهل‌انگاری‌های آنان در کارگاه‌ها و یا به دلیل مزاحمت‌های جسمی و روحی و یا هزینه‌ی لرزاندن بتن در هنگام ریختن آن در قالب، به ویژه در جاهایی که تراکم میل‌گرد وجود دارد، عمل لرزاندن به‌طور کامل و صحیح انجام نگرفته و در نهایت مشخصات مکانیکی مطلوب بتن حاصل نمی‌شود. لذا ساخت بتنی بدون نیاز به لرزاندن همواره راه حلی برای این معضل به نظر می‌رسید و از این رو ساختن چنین بتنی روئیایی برای متخصصین بتن بوده است که بتوانند با استفاده از مواد افزودنی شیمیایی مختلف و تغییر در مقادیر مصالح طرح اختلاط، به این مهم دست یابند و بتن را از نقص اجرایی لرزاندن رها سازند (شکل ۳).



شکل ۳- نمونه‌ی از بتن خود تراکم

ابداع بتن خود تراکم (Self-Compacting Concrete) (SCC) نتیجه‌ی این تلاش‌ها بوده است. البته افزایش روانی بتن از طریق مصرف مواد افزودنی روان‌کننده یا فوق‌روان‌کننده امکان‌پذیر بوده است ولی چنانچه از این طریق روانی بتن بیش از حد معین افزایش یابد جداسدگی در بتن اتفاق افتاده و به کیفیت بتن صدمه می‌زند. با ابداع فوق‌روان‌کننده‌های نسل جدید که حاصل تلاش پژوهشگران ژاپنی بوده است می‌توان ضمن به‌دست آوردن روانی زیاد، از ایجاد جداسدگی نیز جلوگیری نمود. استفاده از بتن خود تراکم نه تنها خیال مجریان پروژه‌ها را از عدم کارایی و یا ضعف اجرایی کارگران آسوده می‌سازد، بلکه موجب صرفه‌جویی‌های چشمگیری در مدت زمان اجرا و به تبع آن در هزینه‌ها می‌گردد (شکل ۴).



شکل ۴- نمونه‌ی اجرای آزمایشگاهی بتن خود تراکم

بتن خود تراکم، بتنی است که دارای هر سه ویژگی زیر باشد :  
قابلیت پرکنندگی: قابلیت جریان یافتن به درون قالب و پرکردن کامل تمام فضاهای خالی قالب تحت وزن خود.

قابلیت عبوری: قابلیت جریان یافتن از میان مجراهای تنگ و سخت و ماندن در فاصله‌ی میان میل‌گردها، بدون جداشدگی و انسداد.

مقاومت در برابر جداشدگی (پایداری): توانایی در همگن باقی ماندن در ترکیب به هنگام حمل و نقل، قرارگیری و قالب‌زنی.

مزایای چشمگیر بتن خود تراکم موجب گسترش سریع آن در دنیا شده است. از جمله این مزایا می‌توان به مواردی از قبیل اجرای سریع‌تر ساختمان‌ها، اطمینان از تراکم به خصوص در مقاطعی که کاربرد لرزاننده دشوار است، همگنی بیش‌تر و دوام بهتر، پرداخت بهتر سطوح، قالب‌ریزی بهتر، کاهش تعمیرات ناشی از تراکم ناکافی، اجرای مقاطع نازک‌تر بتنی، آزادی بیشتر در طراحی ساختمان (از نظر معماری)، کاهش آلودگی صوتی، مصرف انرژی کم‌تر، محیط کار امن‌تر، کاهش هزینه‌ی نیروی انسانی و عمر طولانی‌تر قالب‌ها اشاره نمود.

هنگام استفاده از بتن خود تراکم در سطح وسیع باید پیش‌بینی‌های لازم برای جلوگیری از ترک‌های ناشی از جمع‌شدگی خمیری صورت گیرد زیرا در عمل‌آوری به دلیل محتوای پودری زیاد، قابلیت آب‌انداختن آن بسیار کم است و اگر عمل‌آوری و مراقبت از آن درست نباشد ترک می‌خورد.

در ایران به دلیل وفور منابع طبیعی برای تولید سیمان و بتن، کاربرد سازه‌های بتنی در پروژه‌های مختلف توسعه‌ی زیادی یافته است. متأسفانه کمبود کارگر فنی و یا عدم وجود آن‌ها در اغلب نقاط کشور موجب افت فراوان کیفیت بتن و به هدر رفتن سرمایه‌های ملی و خسارات انسانی جبران‌ناپذیری در سوانح طبیعی می‌گردد و در بررسی این سازه‌ها عدم تراکم کافی و یا تراکم ناقص بتن به وضوح مشاهده می‌شود، لذا استفاده از بتن خود تراکم به جای بتن معمولی برای حل این مشکل منطقی به نظر می‌رسد.

## ۶- استفاده از میل‌گردهای کامپوزیتی به جای میل‌گردهای فولادی در بتن

بزرگ‌ترین سهم بازار مصرف مواد مرکب (کامپوزیت) در اختیار صنعت ساختمان است. در این میان میل‌گردهای کامپوزیتی به میزان وسیعی در ساختمان‌سازی به ویژه احداث بناهای ساحلی و یا سازه‌های مستقر شده در شرایط اقلیمی خورنده کاربرد یافته‌اند. گسترش فناوری ساخت این میل‌گردها می‌تواند علاوه بر مرتفع ساختن نیاز صنعت ساختمان، راه‌گشای تولید انواع محصولات در صنایع دیگر هم‌چون وسایل ورزشی، خودرو و غیره باشد.



شکل ۵- نمونه‌هایی از میل‌گردهای کامپوزیتی

دلیل عمده‌ی استفاده از میل‌گردهای کامپوزیتی (FRP) در داخل بتن، جلوگیری از پدیده‌ی خوردگی و افزایش میرایی ارتعاشات ایجاد شده در سازه در اثر ارتعاش می‌باشد. هر چند که استفاده از این میل‌گردها به جای نمونه‌های فولادی سبب کاهش وزن بنا نیز خواهد شد، اما در استفاده از این میل‌گردها، مسأله‌ی کاهش وزن اهمیت ناچیزی نسبت به دو مورد بیان شده دارد. بالا بودن میرایی کامپوزیت‌ها، به دلیل خواص غیرکشسان آنهاست که انرژی جذب شده را میرا می‌کنند. در حالی که مواد فلزی حالت کشسان داشته و انرژی جذب شده را میرا نمی‌نمایند. بنابراین مواد کامپوزیتی در برابر ارتعاشات زلزله عملکرد بهتری خواهند داشت و بهترین گزینه برای افزایش جذب انرژی سازه در برابر زلزله خواهند بود.

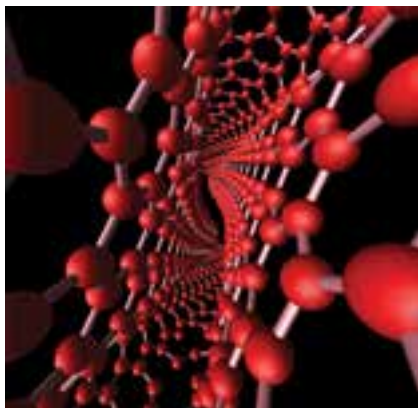
به کارگیری میل‌گردهای FRP به جای نوع فولادی آن، به طور قابل ملاحظه‌ای از زیان‌های ناشی از بروز خوردگی جلوگیری می‌کند. ظهور تخریب ناشی از پدیده‌ی خوردگی در بتن مسلح شده با میل‌گرد فولادی بدین گونه است که نخست میل‌گردهای فولادی داخل بتن دچار زنگ‌زدگی شده و اکسید می‌شوند. سپس این اکسیدها به سمت سطح بیرونی بتن شروع به مهاجرت کرده و با انتشار در داخل بتن باعث از بین رفتن آن می‌شوند. بدین ترتیب با خورده شدن میل‌گرد و بتن، زمینه‌ی تخریب کامل سازه‌ی بتنی فراهم می‌گردد. روش‌های سنتی گذشته مانند چسباندن صفحات فولادی بر روی سازه یا اضافه کردن ضخامت بتن جهت مقابله با پدیده‌ی خوردگی ضمن آن که مشکل خوردگی فولاد را مرتفع نخواهد نمود، سبب افزایش وزن سازه و آسیب پذیرتر شدن آن در برابر زلزله نیز خواهد شد. جهت جلوگیری از این امر می‌توان با تقویت سطح خارجی سازه‌ی بتنی توسط مواد کامپوزیتی و استفاده از میل‌گردهای FRP در داخل بتن، علاوه بر حل مشکل خوردگی فولاد داخل سازه جلوی مختل شدن کارایی سازه در صورت خورده شدن بتن گرفته خواهد شد که این بهترین روش مقابله با پدیده‌ی خوردگی در یک سازه‌ی بتنی می‌باشد.

کشور ما نیاز بسیار گسترده‌ای به استفاده از کامپوزیت‌ها در قالب میل‌گردهای کامپوزیتی دارد. هم‌اکنون بسیاری از سازه‌های بنا شده در محیط‌های خورنده‌ی مناطق مختلف کشور همچون پل‌های دریاچه‌ی ارومیه و یا ساختمان‌های جنوب کشور دچار معضل خوردگی هستند که استفاده از کامپوزیت‌ها می‌تواند پاسخ‌گوی مشکل این قبیل سازه‌ها باشد.

میل‌گردهای FRP به روش پالتروژن ساخته می‌شوند. عمر محصولات پالتروژنی بسیار بالاست و سرعت تولید یک محصول پالتروژنی نیز نسبتاً زیاد است. از نظر قیمت نیز با وجود این که یک تیر پالتروژنی قیمت ظاهری بیش‌تری نسبت به نمونه‌ی مشابه فولادی دارد، لیکن مقاومت خوب آن در مصارف خاص ضدخوردگی و زلزله و عمر بالای آن می‌تواند توجیه‌گر قیمت اولیه‌ی بالای آن باشد.



## ۷- استفاده از فناوری نانو در ساختمان‌های بتنی



ساختار مولکولی نانو لوله‌های کربنی

### ۱-۷- تعریف و کاربردهای فناوری نانو

نانو همان مقیاس ده به توان منفی نه یا یک میلیاردم متر است. کار کردن با سطوح اتمی و مولکولی به فناوری نانو موسوم است. با توجه به این که فناوری نانو رویکرد جدیدی به علوم می‌باشد، تمامی علوم اعم از فنی، تجربی و انسانی را دربر می‌گیرد و سبب بهبود عملکرد مواد و خواص آن‌ها می‌شود. براین اساس، نانو را به عنوان فناوری کلیدی قرن بیست و یکم می‌شناسند.

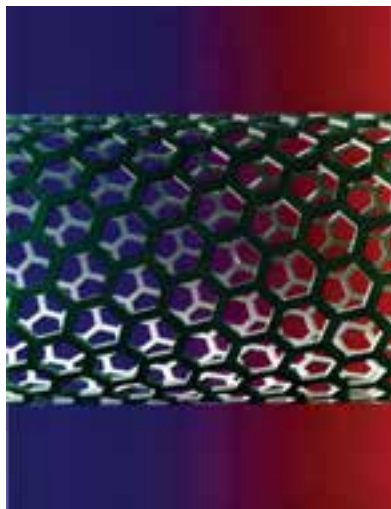


از جمله کاربردهای فناوری نانو، می‌توان به برخی از موارد مانند کاربرد نانو در مقاوم‌سازی ساختمان‌ها، ضد خراش کردن رنگ، ایجاد خاصیت خود تمیزشوندگی شیشه، افزایش مقاومت سایشی لاستیک‌ها، درمان سریع بیماری‌های صعب‌العلاج، ساخت پارچه‌های ضد چروک و

ضد چرک، ساخت کرم‌های ضد آفتاب، امنیت ملی و دفاع، بالا بردن حافظه‌ی کامپیوترها، ازدیاد برداشت در صنعت نفت، کاهش آلودگی محیط زیست و همچنین کاربرد فناوری نانو در ساخت موادی سبک‌تر از آلومینیم و مقاوم‌تر نسبت به فولاد و رساناتر نسبت به مس و ... اشاره نمود.

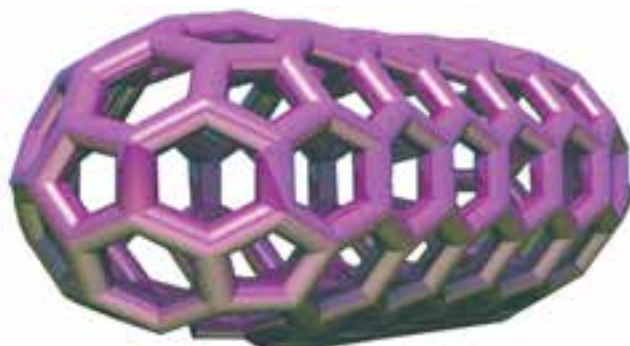
### ۲-۷- کاربردهای فناوری نانو در بتن به عنوان مواد افزودنی

یکی از مبانی پایه در فناوری نانو، لوله‌ی کربنی است که به عنوان مواد افزودنی در موارد مختلف از جمله بتن به کار می‌رود. نانو لوله‌ی کربنی، بعد از گرافیت و الماس سوم ساختارهای کربنی به شمار می‌رود که شبیه لوله‌هایی هستند که قطری معادل چند نانومتر و طولی معادل چند



میکرون دارند و در اطراف آن‌ها فقط اتم کربن وجود دارد که به صورت شش ضلعی به یکدیگر متصل شده‌اند. نحوه‌ی اتصال این اتم‌ها به یکدیگر، موجب پیدایش خواص خارق‌العاده در این گونه مواد می‌شود. از جمله‌ی این خواص، استحکام فوق‌العاده است که این مواد را به عنوان تقویت‌کننده‌ی ایده‌آل معرفی می‌کند. همان‌گونه که ذکر شد، یکی از کاربردهای فناوری نانو در مقاوم‌سازی ساختمان‌ها است که با افزودن نانو لوله‌ی کربنی به بتن، سبب بالا رفتن مقاومت بتن خواهد شد. مکانیزم اصلی این فرآیند شبیه افزودن

الیاف به بتن است که موجب افزایش مقاومت کششی بتن می‌شود. طبق گفته‌ی محققان این حوزه، با افزودن نانو لوله‌ی کربنی به بتن، این ترکیب قادر خواهد بود که ساختمان را در مقابل زلزله‌های بسیار شدید، مقاوم سازد که این، به دلیل انعطاف‌پذیری فوق‌العاده‌ی نانو لوله‌ی کربنی است که به بتن افزوده شده است. همچنین نانو لوله‌های کربنی در سیمان و بتن، به‌عنوان سیستم‌های انتقال حرارت در صنعت ساختمان به کار می‌روند. توسعه‌ی مواد عایق‌کننده و لوله‌های حرارتی و استفاده از پدیده‌ی اختلاف هدایت حرارتی در طول و عرض نانو لوله‌های کربنی، می‌تواند یکی از کاربردهای آن‌ها در گرم کردن ساختمان‌ها باشد که جایگزین سیستم‌های فعلی خواهد شد.



یکی دیگر از افزودنی‌های بسیار مؤثر در بتن، نانو ذرات سیلیس است. پس از افزودن این مواد به بتن، نانو ذرات خلل و فرج‌های بتن را پر کرده و از نفوذ آب و مواد زائد به بتن جلوگیری می‌کنند، در نتیجه مقاومت بتن در مقابل انواع خوردگی و پوسیده شدن به شدت افزایش می‌یابد. از این فناوری می‌توان در سدها، پل‌ها، اسکله‌ها، بنادر و ساختمان‌های بتنی در مناطق مرطوب کشور استفاده نمود.



- ۱- ارزیابی مقاومت و روش‌های ایمن‌سازی سازه‌های بتنی، دکتر علیرضا رهایی، سعید نعمتی، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۸۰.
- ۲- آسیب‌دیدگی‌های بتن، علل و عوامل آن، ترجمه‌ی نرمن عسگری، انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، نشر پیمان، ۱۳۶۶.
- ۳- آیین‌نامه‌ی بتن ایران «آبا»، انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، نشریه‌ی شماره ۲۰، تجدیدنظر اول، تهران، ۱۳۷۹.
- ۴- بتن‌سازی عملی، ترجمه‌ی محمدرضا زریونی و هرمز پایوش، انتشارات رامان، تهران، ۱۳۶۲.
- ۵- خواص بتن، پروفیسور نویل، ترجمه‌ی دکتر هرمز فامیلی، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، چاپ اول، تهران، ۱۳۷۸.
- ۶- بتن و روش اجرای آن براساس آیین‌نامه‌ی CP110، جی. بارنیروک، ترجمه‌ی مهندس مسعود انصاری، ۱۳۶۲.
- ۷- بتن و اجرای آن، ترجمه‌ی دکتر علی‌اکبر رمضانیاپور، مهندس پرویز قدوسی و مهندس محمدحسین هوشدار تهرانی، انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۷۰.
- ۸- بم و زمین‌لرزه‌اش می‌آموزد، نشریه‌ی شماره‌ی ک-۴۰۷، انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، تهران، ۱۳۸۲.
- ۹- تاریخ مهندسی در ایران، مهدی فرشاد، نشر بلخ، ۱۳۷۶.
- ۱۰- تفسیر آیین‌نامه‌ی بتن ایران، انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، تهران، ۱۳۸۰.
- ۱۱- تکنولوژی بتن، پروفیسور نویل و دکتر بروکس، ترجمه‌ی دکتر علی‌اکبر رمضانیاپور و مهندس محمدرضا شاه‌نظری، انتشارات علم و صنعت ۱۱۰، چاپ ششم، تهران، ۱۳۷۸.
- ۱۲- تکنولوژی ساختمان، مجلدات ۱، ۲، ۳ و ۴، تألیف ریچاردلی، ترجمه‌ی اردشیر اطیابی، انتشارات آرمان، ۱۳۷۰.
- ۱۳- تکنولوژی و طرح اختلاط بتن، دکتر داود مستوفی‌نژاد، نشر صفحه، ۱۳۷۷.
- ۱۴- جزئیات میل‌گردگذاری در سازه‌های بتن مسلح، ترجمه‌ی گروه سازه و حوزه‌ی خدمات طراحی جهاد دانشگاه صنعتی شریف، انتشارات جهاد دانشگاهی صنعتی شریف، چاپ دوم، تهران، ۱۳۶۵.

۱۵- دستنامه‌ی اجرای بتن، ج. وادل - ج. دو بروولسکی، ترجمه‌ی دکتر علی‌اکبر رضانیانپور، مهندس شاپور طاحونی، مهندس منصور پیدایش، انتشارات علم و ادب، تهران، ۱۳۸۲.

۱۶- دستورالعمل آزمایشگاه تکنولوژی بتن، مهندس حمیدرضا عراقیان، انتشارات دانشکده عمران دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ۱۳۸۰.

۱۷- دستورالعمل ساخت و اجرای بتن در کارگاه، انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، نشریه‌ی شماره‌ی ۳۲۷، تهران، ۱۳۸۵.

۱۸- طراحی سازه‌های بتن مسلح (بر مبنای آیین‌نامه‌ی بتن ایران)، مهندس شاپور طاحونی، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ سوم، تهران، ۱۳۷۸.

۱۹- طراحی سازه‌های بتنی مسلح، جلد ۱ و ۲، شاهین تعاونی، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دوم، تهران، ۱۳۶۸.

۲۰- طرح اختلاط بتن، دکتر علی‌اکبر رضانیانپور، انتشارات علم و صنعت، چاپ اول، تهران، ۱۳۶۷.

۲۱- طرح و کنترل مخلوط‌های بتن، ترجمه‌ی دکتر محمدابراهیم طسوجی، انتشارات دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ۱۳۶۶.

۲۲- فناوری ساختمان‌های بتنی، علی‌اصغر حکیمی‌ها، وزارت آموزش و پرورش، شاخه‌ی آموزش فنی و حرفه‌ای، ۱۳۸۳.

۲۳- فناوری در خدمت ساخت و ساز، مهندس محمدصالح رحیم‌لباف‌زاده، پژوهشی به درخواست کمیته‌ی ملی المپیک، ۱۳۸۲.

۲۴- گزارش ارائه شده توسط کمیته نانو فناوری بسیج علمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۸۴.

۲۵- مشخصات فنی و عمومی کارهای ساختمانی، انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، نشریه‌ی شماره‌ی ۵۵، تجدید نظر دوم، تهران، ۱۳۸۳.

۲۶- مقررات ملی ساختمان، مبحث نهم، طرح و اجرای ساختمان‌های بتن آرمه، دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان، وزارت مسکن و شهرسازی، معاونت امور مسکن و ساختمان، نشر توسعه ایران، تهران، ۱۳۸۵.

۲۷- Reinforced Concrete Detailors Manual, Brain Boughton, Granada Publishing, 1982.

۲۸- The Seismic Design Handbook, Farzad Naeim, 2nd edition, Kluwer Academic Publishers, 2001.

