

Filecivil.ir

Civil Engineering Website

بسمه تعالی

عنوان: بتنهای پیش آکنده

سید امیر سید آقایی

۱ - تعریف.....	۵
۲ - مقدمه.....	۵
۳ - کاربردهای بتن پیش آکنده.....	۶
۴ - مزایا و علل کاربرد بتن پیش آکنده.....	۷
۵ - روش مختصر اجزاء.....	۹
۶ - ویژگی های مصالح سنگی.....	۱۰
۶-۱- ویژگی های سنگدانه های درشت.....	۱۰
۶-۲- ویژگی های مصالح سنگی ریزدانه.....	۱۱
۷- خصوصیات مواد چسبنده.....	۱۲
۷-۱- ویژگی های سیمان.....	۱۲
۷-۲- ویژگی های پوزولان.....	۱۳
۸- افزودنیها.....	۱۴
۹- نسبت ها و مقادیر مصالح بتن پیش آکنده.....	۱۴
۹-۱- چسباننده ها.....	۱۴
۹-۲- مقادیر شن مصرفی.....	۱۵

- ۹-۳- مقدار و نسبت‌های ملات و روانی آن..... ۱۵
- ۹-۳-۱ مقدار ملات..... ۱۵
- ۹-۳-۲ نسبت‌ها و مقادیر اجزای ملات..... ۱۵
- ۹-۳-۳ روانی (شلی) ملات تزریقی..... ۱۶
- ۱۰- وسایل و تجهیزات..... ۱۶
- ۱۱- اجزاء و ساخت بتن پیش آکنده..... ۱۷
- ۱۱-۱ لوله های تزریق..... ۱۷
- ۱۱-۲ فاصله لوله های تزریق..... ۱۸
- ۱۱-۳ سرعت ملات و فشار تزریق..... ۱۸
- ۱۱-۴ لوله های بازدید..... ۱۸
- ۱۱-۵ لوله های تخلیه هوا..... ۱۹
- ۱۱-۶ شیرها، اتصالات و سایر لوازم مسیر تزریق..... ۱۹
- ۱۱-۷ قالب ها..... ۱۹
- ۱۱-۸ ریختن شن در قالب..... ۲۰

۱۱ - ۹ - شرایط شن در قالب.....	۲۰
۱۱ - ۱۰ - توزین و پیمانه کردن اجزاء ملات و اختلاط آنها.....	۲۱
۱۱ - ۱۱ - تزریق ملات.....	۲۱
۱۱ - ۱۲ - تراکم بتن پیش آکنده.....	۲۳
۱۱ - ۱۳ - پرداخت سطح و نگهداری.....	۲۳
۱۲ - ساختار بتن پیش آکنده.....	۲۳
۱۳ - نمای بتن پیش آکنده.....	۲۴
۱۴ - اقتصاد و دانه بندی بتن پیش آکنده.....	۲۵
۱۵ - کنترل کیفی و مقاومتی ملات و بتن پیش آکنده.....	۲۵
۱۵ - ۱ - کنترل های قبل از ریختن.....	۲۵
۱۵ - ۲ - کنترل حین اجرا.....	۲۶
۱۵ - ۳ - کنترل پس از اجرا.....	۲۶
۱۶ - نتیجه گیری.....	۲۶
۱۷ - مراجع.....	۲۷

۱- تعریف :

اگر پس از ریختن مصالح سنگی درشت دانه در قالب، ملات ماسه سیمان را بدان تزریق کنیم تا بتن حاصل شود، بتن پیش آکنده را خواهیم داشت که به آن به طور اختصار بتن PA گوئیم.

به این بتن:

Prepacked Con , Arbeton , Colrete , Natur Beton , Injected Aggregate Con , Grouted Aggregate Con

نیز می گویند.

۲- مقدمه

ظاهراً اینکار ابتدا در سال ۱۹۳۷ برای تعمیر یک تونل در کالیفرنیا انجام شد. سالها این بتن فقط در صحنه تعمیر پل و

تونل خودنمایی می کرد، اما پس از آزمایش های مختلف USBR آن را در بازسازی سر ریز سد Hoover به کار

بردند و سپس در سال ۱۹۴۶ در تعمیرهای بالا دست سدی در کلرادو این شیوه بکار رفت و سریعاً طی ۱۰ روز

تزریق ملات انجام شد در حالیکه دریاچه سد از آب پر بود. مهندسین ارتش آمریکا در سال ۱۹۵۱ نیز آن را به کار

گرفتند و در سال ۱۹۵۴ و ۱۹۵۵ تقریباً بیش از ۳۸۰۰۰۰ متر مکعب از این بتن در ساخت ۳۳ پایه پل بکار رفت. از

سال ۱۹۵۰ در ژاپن و سپس در استرالیا و کشورهای دیگر این شیوه بتن ریزی و تعمیر به وفور به کار رفته است.

بتن پیش آکنده روشی است که اساساً برای مرمت و تعمیر سازه های بتنی ابداع شده است. برای بتن ریزی قطعات

ویژه، نظیر برخی محفظه های پیل های هسته ای یا فضاهایی که ریختن، جا دادن و متراکم کردن بتن تازه در آنها به

سادگی میسر نیست و بتن های سنگین، سازه های مستغرق، بندهای موقت، سپرهای حفاظتی بیولوژیک با چگالی بسیار زیاد از بتن پیش آکنده استفاده می شود. این بتن ریزی نیاز به تجربه خاصی نسبت به بتن معمولی دارد. بهتر است مصالح سنگی را قبل از اضافه نمودن ملات به طور کامل خیس و اشباع نمود. در این نوع بتن نیازی به ویبره و لرزاندن درونی نیست، ولی گاهی استفاده از لرزاننده بیرونی در سطح بالای ملات در بهبود کیفیت سطح نهایی موثر است. به علت مصرف کم سیمان و اتکای مستقیم سنگدانه های درشت به یکدیگر، جمع شدگی این نوع بتن در مقایسه با بتن معمولی کمتر است. در این روش سنگ دانه های بزرگتر در درون قالب یا در درون فضای مورد نظر چیده شده یا با وسایلی مناسب به نحوی مشخص ریخته، توزیع و متراکم می شوند. سپس ملات ماسه سیمان، که معمولاً حاوی مواد روان کننده و منبسط شونده است، به صورت دوغاب توسط لوله های تزریق از پایین ترین نقطه قالب به درون مصالح سنگی تزریق می شود. پمپاژ دوغاب باید با سرعت یکنواخت و به آرامی تحت فشاری بین ۵ تا ۸ اتمسفر بدون قطع شدگی انجام گیرد.

۳- کاربردهای بتن پیش آکنده:

موارد مصرف بتن پیش آکنده در زیر از نظراتان میگذرد:

الف: ساخت و اجرای سازه ها و قطعات حاوی بتن سنگین مانند سپری ها، پرتوهای رادیو اکتیو، دیوارهای حائل و سدهای وزنی، دیوارهای بندری، موج شکن ها، قطعات سنگین برای تثبیت ساحل ها و شیروانی ها.

ب: بتن ریزی در زیر آب های ساکن و جاری با عمق کمتر از ۳۰ متر.

ج: بتن ریزی شمع ها و سپری ها بصورت درجا در مناطق خشک و آبدار.

د: بتن ریزی حجیم و سدها و پایه های پلها و شالوده های حجیم.

ه: بتن ریزی منابع آبی مخازن نگهدارنده مایعات.

و: بتن های تعمیری با ضخامت بیش از ۱۰ سانتیمتر.

ز: بتن ریزی در هوای سرد و گرم.

ح: بتن های با نمای خاص و آرشیتکتی.

۴- مزایا و علل کاربرد بتن پیش آکنده:

در زیر به برخی از خصوصیات مثبت و مزایای بتن پیش آکنده که میتوان آنها را علت کاربرد آن نیز قلمداد نمود

اشاره میشود:

الف - عدم جدایی اجزای تشکیل دهنده بتن و همگنی بسیار خوب آن به ویژه در بتن های سنگین و داشتن سنگدانه

های سنگین وزن با چگالی ۳/۵ تا ۷/۸.

ب - جمع شدگی خمیری کم و همچنین جمع شدگی کم ناشی از خشک شدگی، که معمولا در این بتن ها نصف

تا ثلث بتن های معمولی مشابه می باشد. پتانسیل ترک خوردگی نیز بدین علت کاهش می یابد و این امر برای منابع

آب و تعمیر و غیره بسیار مهم است.

ج- امکان مصرف سیمان کمتر که به نوبه خود گرامازایی و سرعت گرامازایی کمتر را در بتن های حجیم باعث میگردد و تضاد ایجاد مقاومت و دوام با سیمان کم را با کارایی بتن مرتفع میسازد.

د- آب بندی و دوام بهتر این بتن ها در محیط های خورنده به دلیل همگنی و ترک کمتر و نسبت آب به سیمان کم.

ه- امکان خنک سازی و گرم سازی ساده تر مصالح سنگی و ملات تزریقی در هوای گرم و سرد و بتن ریزی حجیم.

و- امکان ایجاد نماهای خاص و بکارگیری مصالح سفید و رنگی در مجاورت سطح.

ز- امکان استفاده از دانه بندی گسسته در این بتن.

ح- عدم نیاز به تراکم (مگر در موارد لزوم) که خود یک امتیاز بزرگ برای بتن ریزی است.

ط- امکان ریختن بتن در زیر آب اعم از ساکن و جاری به ویژه در آبهای کم عمق و کمک در تثبیت و فرو بردن قالب ها در آب.

ی- امکان دستیابی به مقاومت های نسبتا زیاد با بکارگیری نسبت آب به سیمان کمتر و مصرف روان کننده و میکرو سیلیس در ملات تزریقی. مقاومت ۴۰، ۹۰، ۶۰ مگاپاسکال برای سنین ۲۸ و ۹۰ روزه و یکساله بدون روان ساز و میکرو سیلیس گزارش شده است که با توجه به عیار سیمان آنها جالب توجه می باشد.

ک- کم کردن هزینه های تجهیز کارگاه به ویژه در بتن ریزی های حجیم و سدها.

ل- داشتن مدول ارتجاعی بیشتر، ضریب پواسون کمتر و خزش کمتر از بتن های معمولی مشابه.

م- امکان مصرف افزودنی های حباب زا، روان ساز، پزولانها، پلیمرها، حباب زداها، ضد قارچ، زودگیر کننده ها، کندگیر کننده ها، انبساط زا ها و اتصال زا ها و مواد آب بند کننده در ملات مصرفی.

۵- روش مختصر اجراء :

برای آشنایی بیشتر با این شیوه بتن ریزی در زیر مراحل کار فهرست وار از نظر میگذرد :

الف- قالب بندی و درز بندی و تثبیت آن.

ب- کارگذاری لوله های تزریق ملات و سایر لوله های مورد نیاز.

ج- ریختن سنگ دانه های درشت شکسته و نسبتا یکدست در قالب.

د- ساخت ملات مناسب جهت تزریق در شن ها.

ه- تزریق ملات ریزدانه و شل ماسه سیمان در فضای خالی درشت دانه ها.

و- لرزاندن قالب ها (در صورت نیاز) و تشکیل بتن مورد نظر.

ز- بالا کشیدن تدریجی لوله های تزریق ضمن ادامه دادن عمل تزریق و پر کردن قالب از بتن.

ح- نگهداری از بتن و باز کردن قالب ها.

ط- ایجاد نمای خاص بصورت شسته و موزاییکی.

۶- ویژگی های مصالح سنگی:

۶-۱- ویژگی های سنگدانه های درشت : این سنگدانه ها باید از ویژگی های زیر برخوردار باشند:

الف- شن ها باید از نوع شکسته کوهی یا نیمه شکسته رودخانه ای باشند تا پوکی لازم تامین گردد. پوکی شن انباشته در قالب باید در حدود ۰/۳۵ تا ۰/۵ باشد. پوکی های تا ۰/۲۵ نیز در موارد خاص بکار رفته است. علاوه بر شکستگی درشت دانه ها باید برای تامین پوکی و سهولت تزریق ملات نکات زیر نیز رعایت شوند:

الف- شن گرد گوشه دارای پوکی کمتر و وزن مخصوص توده ای بیشتر می باشد.

ب- حتی الامکان باید از شن تقریباً یکدست (تک اندازه) استفاده نمود. دانه بندی بر روی پوکی تاثیر میگذارد. دانه بندی های یکنواخت پوکی را بیشتر می کنند.

ج- حداکثر اندازه شن بسته به ابعاد قطعه و نوع کار بین ۱۵۰ تا ۲۵۰ میلیمتر تغییر میکند. با افزایش حداکثر اندازه ، پوکی شن بیشتر میشود. در قطعات ضخیم تر از حداکثر اندازه بزرگتر و در قطعات نازک و تعمیری از حداکثر اندازه های کوچکتر استفاده میشود. حداکثر اندازه شن معمولاً کمتر از یک چهارم فاصله قالبها می باشد.

د- حداقل اندازه دانه های بین ۳۰ تا ۱۳ میلیمتر با توجه به حداکثر اندازه دانه ها انتخاب میشود. وجود شن ریز به مقدار زیاد باعث کاهش پوکی و صعوبت تزریق ملات میگردد. مثلاً برای حداکثر اندازه ۱۵۰ میلیمتر، ذرات کوچکتر از ۴۰ میلیمتر، نباید بیش از ۵٪ باشند و برای حداکثر اندازه ۷۵ میلیمتر، نباید بیش از ۱۰٪ ذرات کوچکتر از ۲۰ میلیمتر و ۲٪ آن کوچکتر از ۱۳ میلیمتر باشند. درحالیکه برای حداکثر اندازه ۳۰ میلیمتر، نباید بیش از ۱۰٪ ذرات کوچکتر از ۱۳ میلیمتر و بیش از ۲٪ آنها کوچکتر از ۱۰ میلیمتر باشند.

ه- شن ها باید تمیز و عاری از گل و لای بوده و مسلماً باید از مقاومت و دوام کافی طبق استانداردهای معتبر برای سنگ دانه های درشت برخوردار باشند.

و- وزن مخصوص توده ای خشک شن مصرفی، با توجه به پوکی ۳۵٪ تا ۵۰٪ (نسبت تخلخل ۵/۰ تا ۱) و در نظر گرفتن چگالی متوسط ظاهری ذرات برابر ۲/۵۵ برای بتن هایی با وزن مخصوص معمولی در حدود ۱/۲۵ تا ۱/۶۰ تن بر متر مکعب می باشد. هر چه شن درشت تر، شکسته تر، یکدست تر، و دارای چگالی ذرات کمتر باشد، وزن مخصوص توده ای کمتری را خواهد داشت و به عدد ۱/۲۵ نزدیکتر خواهد شد.

ز- در بتن های سنگین، چگالی ظاهری ذرات شن بین ۳/۵ تا ۷/۸ می باشد که مسلماً وزن مخصوص توده ای آنها به مراتب بیشتر از شن های معمول خواهد شد. باریت، لیمونیت، هماتیت، ماگنتیت و حتی قطعات چدنی و فولادی از این جمله اند.

۶-۲- ویژگی های مصالح سنگی ریز دانه : این ویژگی ها بطور کلی مشابه ماسه های سایر بتن ها می باشد اما از نظر دانه بندی تفاوت هایی دارد:

الف- از نظر تمیزی، دوام و سایر موارد (بجز دانه بندی) این ماسه مطابق ویژگی های آیین نامه های معتبر می باشد.

ب- اگر حداکثر اندازه شن کوچک شود ماسه هایی با مدول ریزی کمتر و حداکثر اندازه کوچکتر بکار میرود. به هر حال ملات ساخته شده با این ماسه باید بتواند به راحتی در لابلای فضای خالی شن ها حرکت نماید و آنها را پر کند. برای شن ۱۵۰ میلیمتری با حداقل اندازه ۴۰ میلیمتر حداکثر اندازه ماسه ۵ میلیمتر و مدول ریزی آن ۲/۱ تا ۲/۶ می باشد. برای شن با حداکثر اندازه ۷۵ میلیمتر و حداقل اندازه ۲۰ میلیمتر، حداکثر اندازه ماسه ۳ میلیمتر و مدول ریزی آن ۱/۸ تا ۲/۳ می باشد. همچنین برای حداکثر اندازه ۵۰ میلیمتر و حداقل اندازه ۱۵ میلیمتر، حداکثر اندازه

ماسه ۲ میلیمتر و مدول ریزی آن ۱/۵ تا ۲ می باشد. برای شن با حداکثر اندازه ۳۸ میلیمتر و حداقل اندازه ۱۲ میلیمتر، حداکثر اندازه ماسه ۱/۵ میلیمتر و مدول ریزی آن ۱/۳ تا ۱/۷ می باشد. اگر حداکثر اندازه شن به ۲۵ میلیمتر برسد، حداکثر اندازه ماسه به ۱ میلیمتر محدود میشود.

ج- مصرف ماسه کاملاً گرد گوشه در همه موارد ارجعیت دارد و باید از مصرف ماسه شکسته یا نیمه شکسته پرهیز نمود تا روانی ملات با آب کمتر تامین شود و همچنین با فشار تزریق کمتر نتیجه بهتری را داشته باشیم و نمای خوبی بدست آید.

د- ماسه باید سخت، توپر، با دوام و عاری از گل و لای باشد (بوئزه در سطح) باشد.

ه- در بتن های سنگین ممکن است از ماسه با چگالی زیاد استفاده شود که به دلیل عیار بالای سیمان و پوزولان امکان جدایی مواد در ملات کم است. بتن های حاصله در این حالت دارای وزن مخصوص ۳/۵ تا بیش از ۵/۵ تن بر متر مکعب خواهند بود.

۷- خصوصیات مواد چسبنده :

مواد چسباننده شامل انواع سیمان های پرتلند یا آمیخته میباشد، که میتوان به همراه سیمان مقداری پوزولان بکار برد.

۷-۱- ویژگی های سیمان : سیمان پرتلند با انواع پنج گانه میتواند بکار رود. در صورت عدم تامین سیمان پرتلند

نوع ۳ و ۴ میتوانیم از افزودنیها برای زود گیر یا دیر گیر کردن استفاده نماییم.

سیمان های مخلوط یا آمیخته نیز کاربرد وسیعی را برای این بتن ها دارند. سیمان های پرتلند پوزولانی و روباره ای، سیمان های پرتلند اصلاح شده با پوزولان و روباره اکثرا بکار میروند و باید مطابق استانداردهای معتبر تولید گردند تا نتیجه مناسبی عاید شود.

۷-۲- ویژگی های پوزولان ها: پوزولان های طبیعی و مصنوعی، فعال و نیمه فعال میتوانند در این بتن ها بعنوان یک افزودنی یا جایگزین و یاری کننده سیمان بکار روند. پوزولان های طبیعی شامل خاکسترها و توفهای آتشفشانی، شیل ها و رس های خاص و دیاتومه ها می باشند. پوزولان های مصنوعی شامل شیل ها و رس های تکلیس شده، دیاتومه های تکلیس شده، روباره های آهن گدازی، خاکستر صنعتی، میکروسیلیس و خاکستر پوسته غلات و چوب (بوئزه خاکستر پوسته برنج) است.

پوزولان مناسب علاوه بر داشتن فعالیت پوزولانی (ترکیب با آهک در محیط آبدار و تشکیل ژل چسباننده) بایستی ملات را روان و خمیری سازد و مصرف آب را کم کند، یا اقلای آن را در ملات چندان بالا نبرد و گرنه نیاز به روان کننده همامکن است الزامی شود.

بهر حال ویژگی های پوزولان ها باید مطابق با استانداردهای معتبر جهانی باشد.

۸- افزودنیها:

افزودنی های مصرفی در این بتن ها باید مطابق استانداردهای معتبر باشد و حتما مورد آزمایش قرار گیرد. روان کننده های معمولی و ممتاز، کندگیرکننده، زودگیرکننده، حباب زا، پوزولانها، آب بند کننده ها، اتصال زا ها، انبساط زا ها، مواد پلیمری، مواد ضد قارچ و کپک و غیره معمولا میتوانند بسته به مورد مصرف در ملات تزریقی بکار روند. البته میتوان در ملات تزریقی از الیاف ها (بویژه پلیمری) استفاده نمود.

۹-نسبت ها و مقادیر مصالح بتن پیش آکنده:

۹-۱- چسباننده ها: معمولا مقدار سیمان و چسباننده ها با توجه به میزان روانی و آب ملات و نسبت آب به سیمان مورد نظر جهت کسب مقاومت و دوام خواسته شده بدست می آید. این مقدار اغلب بین ۴۵۰ تا ۸۰۰ کیلو در هر متر مکعب ملات میباشد. با توجه به حداکثر اندازه و شکل ذرات ماسه و سایر مواردی که بدان اشاره شد و با عنایت به عوامل دیگری مانند محدودیت مصرف سیمان در بتن حجیم از نظر گرمایی و محدودیت های دیگر مانند دوام، نفوذپذیری و جمع شدگی عیار سیمان ممکن است خارج از محدوده فوق واقع شود. شاید در وهله اول بنظر آید این بتن ها پر سیمان هستند در حالیکه با توجه به پوکی شن ها (۰/۳ تا ۰/۵) عیار سیمان آنها بین ۱۲۵ تا ۳۰۰ کیلو خواهد بود.

مسئله با مصرف روان کننده ها و پوزولان ها میتوان از مقدار مصرف سیمان باز هم کاست. مصرف سیمان کمتر از ۱۰۰ کیلو به همراه درصد قابل توجهی پوزولان با بکارگیری روان کننده ها کاملا متصور است.

۹-۲- **مقادیر شن مصرفی:** با توجه به نکات گفته شده، برای هر متر مکعب بتن یک متر مکعب شن لازم است.

وزن شن مصرفی برای بتنهای معمولی ۱۲۵۰ تا ۱۶۰۰ کیلو خواهد بود.

۹-۳- **مقدار و نسبتهای ملات و روانی آن:**

۹-۳-۱- **مقدار ملات:** برای داشتن یک متر مکعب بتن، حجم ملات تزریقی با توجه به پوکی شن انباشته در

قالب بدست می آید. برای شنی با پوکی $\frac{0}{3}$ تا $\frac{0}{5}$ ما به $\frac{0}{3}$ تا $\frac{0}{5}$ متر مکعب ملات نیاز داریم تا یک متر مکعب بتن بدست آوریم.

۹-۳-۲- **نسبتها و مقادیر اجزای ملات:** نسبت وزنی سیمان (مواد چسباننده) به ماسه برابر ۱:۱ تا ۳:۱ می باشد.

در بتنهای پر سیمان و حداکثر اندازه، اندازه کم مانند ۲۵ تا ۳۵ م مقدار ماسه و سیمان ممکن است برابر باشند.

درحالیکه در بتن سدها وقتی حداکثر اندازه به ۱۵۰ م میرسد این مقدار ماسه به سه برابر سیمان میرسد.

نسبت آب به سیمان در بتن های پیش آکنده در حالت عادی از $\frac{0}{4}$ تا $\frac{0}{6}$ تغییر میکند. با فرض های خاص و

استفاده از فرمول حجم مطلق می توان حدود مقدار وزنی آب، سیمان و ماسه را در ملات ها بدست آورد. مثلا برای

ملات $\frac{0}{5}$: ۱:۱ عیار سیمان حدود ۸۰۰ کیلو، ماسه اشباع حدود ۸۰۰ کیلو و آب آزاد برابر ۴۰۰ کیلو بدست می آید

که وزن مخصوص آن ۲۰۰۰ کیلو در متر مکعب میباشد. برای ملات $\frac{0}{6}$: ۱:۳ عیار سیمان حدود ۴۷۵ کیلو، ماسه

اشباع حدود ۱۴۲۵ کیلو و آب آزاد ۲۸۵ کیلو حاصل میشود که وزن مخصوص این ملات حدود ۲۲۰۰ کیلو در متر

مکعب میباشد. نسبت پوزولان به سیمان از ۱۰٪ تا ۵۰٪ می رسد و حتی ممکن است مقدار پوزولان کمتری یا بیشتر نیز

شود. میکرو سیلیس معمولاً بین ۵٪ تا ۱۰٪ وزن سیمان مصرفی می شود. مصرف پوزولان ها میتواند جلوی آب

انداختن ملات را بگیرد.

مصرف سیمان در حدود ۴۵۰ کیلو تا ۸۰۰ کیلو امری طبیعی است. مقدار ماسه مصرفی ۸۰۰ تا ۱۵۰۰ کیلو خواهد بود. آب آزاد این ملات ها ۲۵۰ تا ۴۰۰ کیلو میباشد.

۹-۳-۳- روانی (شلی) ملات تزریقی: معمولاً ملات تزریقی باید مثل یک خامه تازه در دمای معمولی باشد، تا

روان بوده و به خوبی پمپ شود و در فضای خالی شن ها تزریق گردد. برای اندازه گیری روانی ملات های تزریقی

با ماسه های ریزتر از ۲/۵ م م از قیفی به حجم ۱۷۲۵ میلیمتر با قطر سوراخ ۱۲/۵ م م استفاده میگردد. زمان تخلیه

قیف معرف روانی ملات بوده و زمان مناسب برای ملات های تزریقی تعمیری و دیوارسازی ۲۲ ثانیه با رواداری ۲

ثانیه است. برای ملات بتن حجیم و بتن ریزی زیر آب این مقدار از ۱۸ تا ۲۶ ثانیه میباشد. در بتن های پر مقاومت

این زمان ممکن است به ۳۵ تا ۴۰ ثانیه برسد. لازم به ذکر است که زمان تخلیه آب از این قیف برابر ۸ ثانیه با

رواداری ۰/۲ ثانیه می رسد.

برای ملات هایی با ماسه های درشت تر از ۲/۵ میلیمتر به جای استفاده از قیف، مخروط و میز روانی (فلو) را بکار

میریم و باید پس از ۵ ضربه در ۳ ثانیه نتیجه در حدود ۱۵۰٪ باشد.

۱۰- وسایل و تجهیزات لازم:

برای اجرای این بتن آشنایی با وسایل و تجهیزات مربوطه ضروری است.

الف- وسایل تامین شن و ماسه شامل سنگ شکن ها، سرنند، تسمه نقاله، ماسه شور و....

ب- وسایل لازم جهت اسقرار لوله های تزریق در داخل قالب و بالا کشیدن لوله ها مانند جرثقیل و یا وینچ.

ج- لوله های تزریق ملات، لوله های بازدید ملات، لوله های تخلیه هوا.

د- وسایل ریختن شن در قالب شامل تسمه نقاله، جام و جرثقیل، جرثقیل خاکبردار، کمپرسی، دامپر، فرقون، بیل
لوودر و یا هر وسیله ممکن دیگر در خشکی و آب.

ه- وسایل توزین و پیمانه کردن اجزاء ملات و اختلاط آنها.

و- وسایل پمپ کردن ملات در لوله ها.

ز- لرزاننده های متصل شونده به قالب و هوای فشرده برای تراکم شن ها (در صورت لزوم).

ح- وسایل لازم برای کنترل روانی و کیفیت ملات و بتن.

۱۱- اجزاء و ساخت بتن پیش آکنده :

در این روش اجزاء بصورت گسترده تر مطرح میگردند:

۱۱-۱- **لوله های تزریق**: لوله هایی به قطر داخلی ۲۰ تا ۵۰ میلیمتر بطور قایم در قالب کار گذاشته شده و تا

کف ادامه میابد. عمق لوله ها در شن بهتر است کمتر از ۱۵ متر بوده و از ۲۵ تا ۳۰ متر تجاوز نکند. لوله باید مقاوم
باشد، بنحویکه بتوان آن را به تدریج از درون شن بیرون کشید.

قطر لوله تزریق به حداکثر اندازه ماسه، فشار تزریق و طول آن لوله بستگی دارد. مثلاً در یک کار تعمیری با ماسه
یک میلیمتری و طول کوتاه (مسلماً فشار کمتر) ممکن است از لوله ۲۰ میلیمتری و در سد با ماسه ۴/۷۵ میلیمتری و
لوله طویل و فشار زیاد از یک لوله ۴۰ تا ۵۰ میلیمتری استفاده کرد.

در پایین لوله و در فاصله ۱۵ سانتیمتری انتها سوراخ ها و یا شکاف هایی تعبیه میشود تا ملات با فشار و سرعت کافی از آنجا بیرون بزنند. این سوراخ ها یا شکاف ها متناسب با اندازه ماسه از ۳ تا ۱۵ میلیمتر میباشد. کف لوله معمولاً بسته است.

۱۱-۲- فاصله لوله های تزریق:

این فاصله از ۰/۵ تا ۳/۵ متر تغییر میکند. در تعمیرات و قطعات نازک این فاصله بین ۰/۵ تا ۱ متر میباشد. در قطعات ضخیم تر این فاصله ۱/۵ متر می شود. برای کارهای معمول فاصله ۱/۲۵ تا ۱/۷۵ متر معقول بنظر میرسد. ملات در فاصله دو لوله شیبدار می ایستد، لذا فاصله لوله ها با توجه به روانی ملات، فشار تزریق، پوکی شن، حداکثر و حداقل اندازه شن تعیین میشود.

۱۱-۳- سرعت ملات و فشار تزریق:

سرعت ملات در لوله ها معمولاً بین ۰/۶ تا ۱/۲ متر بر ثانیه میباشد. هرچند خارج از این محدوده نیز بکار میرود اما توصیه نمیشود.

فشار تزریق تابع قطر لوله سرعت مورد نیاز، طول لوله، فاصله لوله ها، روانی ملات، دانه بندی و پوکی شن خواهد بود. فشار تزریق اغلب کمتر از ۲۸ اتمسفر میباشد هرچند ممکن است از ۳۰ اتمسفر تجاوز نماید.

۱۱-۴- لوله های بازدید:

گاه با لوله هایی به قطر ۴۰ تا ۵۰ میلیمتر امکان ردیابی و عمق سنجی ملات تزریق شده را فراهم میکنند. این لوله ها دارای شکافهایی در طول خود هستند که ملات به آسانی وارد آنها میگردد. میتوان از تعبیه این لوله ها خودداری کرد.

۱۱-۵- لوله های تخلیه هوا:

اگر امکان حبس هوا در حین تزریق وجود داشته باشد لوله هایی به قطر ۱۳ میلیمتر برای تخلیه هوا نصب میگردد. از نصب این لوله ها ممکن است خودداری گردد.

۱۱-۶- شیرها، اتصالات و سایر لوازم مسیر تزریق:

شیرها معمولاً نباید کشویی باشند. اتصالات خاصی در مسیر پیش بینی میشود. وسایلی برای تمیز کردن مسیر لوله ها بکار میرود. خم ها، سه رهی ها و چند راهی های خاص کاربرد زیادی دارند، زیرا ممکن است چند لوله از یک مسیر تغذیه شوند. چون لوله ها به تدریج بالا کشیده میشوند، لوله بیرون از قالب باید انعطاف پذیر باشد.

۱۱-۷- قالب ها:

قالب بتن پیش آکنده باید محکم بوده و از درز بندی خوب برخوردار باشد و بتواند فشارهای وارده را تحمل نماید. درزهای بیش از ۱/۵ میلیمتر مشکل آفرین خواهند بود.

در طراحی قالب ها وزن مخصوص بتن ۲۰۸۰ کیلوگرم بر متر مکعب (در بتن سنگین ۲۳۱۰ کیلوگرم بر متر مکعب) منظور می شود تا رانش جانبی (فشار وارد بر قالب) بدست آید. در بیشتر موارد فشار ۶ تا ۷ تن بر متر مربع (۳ متر ملات) منظور میگردد، که البته در مورد پایه های مرتفع پلها و بتن ریزی های حجیم و مرتفع مقدار فشار بیشتری را در نظر میگیرند.

۱۱-۸- ریختن شن در قالب:

شن را با وسایلی که قبلاً نام بردیم در قالب میریزیم، اگر ارتفاع ریختن شن زیاد باشد توصیه می شود از یک لوله ناودان مانند، با قطر بیش از ۴ برابر حداکثر اندازه شن استفاده گردد تا جدایی و شکستگی پیش نیاید.

تراکم شن با میله یا هوای فشرده امکان پذیر است هرچند شن ها بصورت شل نیز انباشته میشوند. گاه در موارد خاص و قطعات پر میلگرد و یا در برخی کارهای تعمیراتی شن ها با دست در قالب چیده میشوند.

۱۱-۹- شرایط شن در قالب:

بهرتر است در شروع ملات ، شن ها اشباع با سطح خشک باشند. ماندن شن های مرطوب در طویل المدت ممکن است به ایجاد قارچ، خزه و جلبک منجر شود که پذیرفتنی نیست. اگر شن خشک باشد سریعاً آب ملات را میمکد و موجب جمع شدگی خمیر سیمان در سطح شن میگردد. این امر ضعف عمده ای را در وجه مشترک شن ها و خمیر سیمان به وجود می آورد که به مقاومت و دوام بتن لطمه میزند.

با ریختن آب سرد یا گرم درون قالب میتوان شن ها را گرم یا سرد نمود. در بتن ریزی زیر آب پس از تزریق، ملات آب را پس میزند. آب سرد و گرم داخل قالب را الزاماً تخلیه نمیکنیم زیرا در حین تزریق از قالب خارج میشود. از این فن در بتن ریزی سدها به عنوان تبرید میتوان استفاده کرد.

۱۱-۱۰- توزین و پیمانه کردن اجزاء ملات و اختلاط آنها :

ممکن است اجزاء ملات بصورت حجمی پیمانه گردند و یا بهتر است توزین شوند. کنترل رطوبتی ماسه میتواند به ساخت ملاتی با کیفیت مورد نظر (روانی، آب انداختن، مقاومت، و...) بیانجامد. ماسه، آب، سیمان و افزودنیها را طبق روشی که آیین نامه ها مشخص کرده اند به داخل مخلوط کن میریزند. اختلاط باید به خوبی و طبق دستور از نظر زمانی انجام شود و بهتر است ماسه در این مدت کاملاً اشباع گردد تا روانی ملات در طول تزریق افت نکند.

۱۱-۱۱- تزریق ملات:

تزریق ملات معمولاً با پمپ هایی انجام میشود که به نوعی ضمیمه مخلوط کن است. این مخلوط کن ها ۲۰۰ تا ۴۰۰ لیتر (بصورت دو قلو) حجم دارند و ۶۰ تا ۱۲۰ دور در دقیقه می چرخند و برای کارهای کوچک بکار میروند. پمپهای معمولی با حرکات دورانی پره عمل میکنند، اما پمپ های هوای فشرده و پیستونی نیز کاربرد دارند. مخلوط کن های توربینی و مخلوط کن های عادی (با دیگ چرخان) نیز مورد استفاده هستند. معمولاً گیرش ملات بسته به شرایط محیطی ۵/۰ تا ۲ ساعت یا بیشتر طول میکشد. میتوان این زمان را با تنظیم دما، نوع سیمان، پوزولان، و افزودنی ها تغییر داد.

ملات را قبل از تزریق از یک شبکه توری میگذرانند تا قطعات درشت و کلوخه ای آن حذف گردد و در هنگام تزریق لوله ها و سوراخ ها را مسدود نکنند.

سعی میشود سر لوله تزریق (ته لوله) همواره به میزان ۳۰ سانتیمتر در ملات تزریق شده قرار داشته باشد. با بالا آمدن سطح ملات در شن، لوله ها را نیز به تدریج با وینچ یا جرثقیل بالا میکشند. سرعت ارتفاعی تزریق ملات معمولاً کمتر از ۶۰ سانتیمتر بر دقیقه است. سرعت حجمی تزریق ملات برای یک لوله بین ۳۰ تا ۱۲۰ لیتر در دقیقه است.

ارتفاع ملات در قالب با مشاهده از طریق لوله های مخصوص و عمق پیمایی و یا محاسبات تخمینی بدست می آید.

مثلا اگر سطح قالب یک متر مربع بوده و یک لوله تزریق داشته باشیم، و برای شنی با پوکی ۰/۴ مقدار ۴۰۰ لیتر ملات تزریق کرده باشیم، ارتفاع پر شده از ملات حدود یک متر خواهد بود و بدین ترتیب میتوانیم سرعت بالا کشیدن لوله را نیز تنظیم کنیم. لازم به ذکر است سطح ملات در داخل شن کاملاً افقی نیست. شیب ایستایی ملات، تابع روانی آن میباشد. در شنی با حداقل اندازه ۲۰ میلیمتر و ملاتی با روانی ۱۸ ثانیه این شیب ۱:۱۰ خواهد بود. همچنین در شنی با حداقل اندازه ۱۳ میلیمتر و ملاتی سفت تر با روانی حدود ۲۶ ثانیه این شیب ۱:۵ خواهد بود. وقتی فشار تزریق ناگهان بالا رود نشانه انسداد لوله یا سوراخهای آن و یا بالا رفتن سطح ملات در مجاورت لوله است. با بالا کشیدن لوله وقتی سطح ملات زیاد بالا آمده، عمل تزریق تسهیل میگردد. از این خاصیت گاه برای تنظیم سرعت بالا کشیدن لوله های تزریق استفاده میشود. نشست ملات از درزهای قالب نشانه پر شدن قالب تا آن نقطه است.

ملات را برای تزریق در هوای سرد و گرم میتوان بصورت گرم یا سرد تولید نمود.

۱۱-۱۲- تراکم بتن پیش آکنده :

بتن پیش آکنده معمولاً نیازی به تراکم ندارد. در صورت نیاز لرزاننده های سطحی متصل شونده به قالب را به سطح قالب متصل و محکم می کنیم. وقتی سطح ملات نزدیک به لرزاننده رسید آن را روشن میکنیم تا نمای بهتری حاصل شود، با اینکار که بطور مرتب انجام میشود ملات به ویژه در نزدیکی قالب بهتر متراکم میگردد. برای ملات های شل و یا حالتی که نمای مربوط به این بتن ها مورد نیاز است، عمل تراکم صورت نمیگیرد.

۱۱-۱۳- پرداخت سطح و نگهداری :

میتوان در بالای قالب شن ریزتری را با اندازه ۱۰ میلیمتر و به ضخامت چند سانتیمتر ریخت تا سطح بهتری در بالا حاصل شود. با ملات اضافی که در بالا جمع میشود نیز میتوان سطح را به خوبی صاف کرد.

نگهداری بتن پیش آکنده تفاوتی با سایر بتن ها نخواهد داشت.

۱۲- ساختار بتن پیش آکنده:

از آنجا که شن ها در ابتدا ریخته شده و سپس ملات تزریق میگردد، شن ها مستقیماً بر هم متکی هستند. این حالت تفاوت هایی را با بتن معمولی به وجود می آورد. در بتن معمولی بین شن ها در همه اطراف ملات یا خمیر سیمان حضور دارند ، در حالیکه در بتن پیش آکنده اتکا مستقیم شن ها بر هم دیده میشود. ساختار بتن پیش آکنده مانند خاکهای مرکب با اتکا مستقیم است، در حالیکه ساختار بتن معمولی شبیه خاکهای مرکب نیمه شناور به نظر می رسد.

جمع شدگی خمیر سیمان توسط سنگدانه ها مقید می گردد، بنابر این جمع شدگی خمیری و خشک ملات و بتن همواره کمتر از خمیر سیمان است. این قید داخلی به سطح ویژه، شکل دانه ها و بافت سطحی سنگدانه ها بستگی دارد. در بتن پیش آکنده این قید ابتدا توسط ماسه و سپس توسط شن ها اعمال می گردد. چون شن ها با یکدیگر

تماس مستقیم دارند، لذا قید بیشتری حاصل میگردد و جمع شدگی خمیری به نصف یا ثلث میرسد. در ضمن کاهش عیار سیمان در این بتن ها موجب کاهش جمع شدگی نیز میگردد.

این خاصیت مثبت باعث می شود تا بتن پیش آکنده برای تعمیرات بکار رود.

۱۳- نمای بتن پیش آکنده :

شنی که ابتدا ریخته شده با سطح قالب در تماس قرار می گیرد و پس از تزریق ملات و برداشتن قالب بخشی از سطح شن ها دیده می شود. این نمای شبه موزاییکی با نمای بتن های معمولی کاملاً متفاوت است.

با استفاده از شن های سفید و سیاه یا رنگی و بکار گیری ماسه های سفید و سیاه یا رنگی و همچنین سیمان های سفید و رنگی میتوان ترکیب های زیبا و بدیعی را برای بتن پیش آکنده به وجود آورد.

وقتی قالب برداشته می شود، با گرفتن جت آب می توان ملات سطحی را شست و نمای شسته موزاییکی زیبایی را بدست آورد. در مواردی که قالب زود برداشته شود اینکار براحتی انجام میشود، وگرنه برداشتن ملات کار دشواری خواهد بود. اگر به سطح قالب یک ماده کندگیر کننده قوی مانند شربت شکر بمالیم یا در ملات سطحی کندگیر کننده بزنیم ایجاد نمای شسته راحت تر خواهد بود.

استفاده از مصالح سفید و رنگی اعم از سنگدانه ها و سیمان به ویژه در قطعات ضخیم گران تمام میشود. میتوان با ایجاد یک پرده فلزی و نصب لوله های تزریق ویژه بخش سطحی قبل از ریختن شن، از سنگدانه ها و ملات خاص در چند سانتیمتری سطح بتن استفاده نمود. مسلماً به هنگام تزریق ملات این پرده فلزی (ورق فولادی) به همراه لوله های تزریق به تدریج بالا کشیده می شوند.

۱۴- اقتصاد و دانه بندی بتن پیش آکنده :

شن حدود ۶۰٪ از حجم و وزن این بتن را تشکیل میدهد و فقط به حدود ۴۰٪ ملات نیاز داریم که باید ساخته و تزریق گردد. در مجموع با هزینه کم و ریختن شن، این بتن ارزان تهیه می شود. شن به دانه بندی خاص و ویژه ای نیاز ندارد و بحرانی نیست (مگر برای کارهای کوچک و خاص) دانه بندی بتن تمام شده همواره از نوع گسسته (نا پیوسته) خواهد بود. در این بتن ها شن های ریز و ماسه های درشت وجود ندارند.

سرعت کار بسیار خوب است. در موارد خاصی مثل بتن ریزی زیر آب، تعمیرات، بتن حجیم و محل هاییکه دسترسی با وسایل دیگر حمل و بتن ریزی مقدور نیست (بتن ریزی در میله های معادن) بتن پیش آکنده از مزایای زیادی برخوردار است. سرعت خوب به همراه سهولت در اجرا و ارزان در مقایسه با روشهای دیگر بتن ریزی، بتن پیش آکنده را مطلوب تر میکند.

۱۵- کنترل کیفی و مقاومتی ملات و بتن پیش آکنده:

۱-۱۵- کنترل های قبل از ریختن:

علاوه بر کنترل کیفی سنگدانه ها، سیمان، پوزولان و افزودنی ها باید ملات را با طرح اختلاط مشخص شده ساخت. همچنین باید ویژگی های این ملات شامل وزن مخصوص، زمان گیرش، روانی، آب انداختن، انبساط و انقباض، قابلیت نگهداری آب (در صورت نیاز) و مقاومت فشاری را در سنین مورد نظر به دست آورد. تعیین این ویژگی ها طبق استاندارد های معتبر انجام میگردد.

مقاومت بتن پیش آکنده را نیز می توان قبل از اجرا، در آزمایشگاه با تهیه نمونه استوانه بتنی تزریق شده (شیشه به نحوه اجرا) تعیین نمود. معمولاً برای هر سن سه نمونه تهیه میشود.

۱۵-۲- کنترل حین اجرا :

معمولا کنترل ملات حین اجرا از نظر روانی و مقاومت انجام میشود.

همچنین میتوان در کارگاه ملات را درون قالب نمونه پر از شن تزریق نمود و بدین ترتیب نمونه های آزمایشگاهی (کنترلی) یا نمونه های آگاهی (عمل آمده در کارگاه) تهیه نمود و در شرایط استاندارد آزمایشگاهی یا کارگاهی نگهداری کرد و مقاومت آن را در سن مورد نظر به دست آورد.

۱۵-۳- کنترل های پس از اجرا :

برای اطمینان بیشتر و کنترل های دقیق تر یا در مواردی که نمونه های کنترلی (عمل آمده در آزمایشگاه) منطبق با مقاومت مشخصه نباشد میتوان از بتن سخت شده مغزه گیری نمود. مسلما شرایط اجرایی و بی دقتی های کارگاهی باعث ایجاد تفاوت هایی در مقاومت مغزه ها با مقاومت نمونه های کنترلی و آگاهی خواهد شد.

۱۶- نتیجه گیری :

با توجه به اینکه، عصری که در آن به سر می بریم، صرفه جویی در وقت، اقتصاد، نیرو و... در درجه اول اهمیت قرار دارد، لذا از مصالح این چنینی که باعث افزایش کارایی و صرفه جویی در هزینه و نیز افزایش بهره وری را به دنبال دارد، باید استقبال شود و سعی گردد تا با بکارگیری هرچه بیشتر اینگونه مصالح، روند سنتی کارها و پروژه ها را به صنعتی بدل کرده و در چشم انداز معینی به حداکثر بازدهی برسیم.

۱۷- مراجع :

- ۱- بتن شناسی (خواص بتن)، نویل، ترجمه دکتر هرمز فامیلی
- ۲- اجرای ساختمان های بتن آرمه، دکتر مهدی قالی بافیان، کامیار سلطانی عربشاهی
- ۳- جزوه درسی اجرای ساختمانهای بتنی، محسن تدین
- ۴- مزایای روش بتن ریزی پیش آکنده در بتن ریزی سد ها (مقاله)، محسن تدین
- ۵- ضوابط و جزییات اجرای ساختمان های بتن آرمه، مهندس حمیدرضا فرشچی
- ۶- ASTM C937 ,C938, C939, C940, C941, C942,C943, C953
- ۷- ACI 304R ,304.1R ,304.3R