

# پرسش و پاسخ

جناب آقای دکتر محسن تدین

ریاست محترم هیات مدیره انجمن بتن ایران

پرسش ها و پاسخ های مطروحه در سمینار بتن ۹۰/۹/۳۰ در فاز ۲۲ و ۲۴ پارس جنوبی

پرسش ۱- قیراندود کردن سازه های بتنی (شالوده های بتنی و دیواره ها و ...) مدفون در خاک تا چه حد کارایی دارد؟ با توجه به این امر که قیر و سایر مواد مشابه آن در زیرخاک با گذشت زمان کوتاهی نسبت به طول عمر سازه و بهره برداری از آن پوسیده شده و از بین می روند آیا قیراندود کردن و کشیدن پلاستیک به دور این سازه ها قبل از پرکردن محل با خاک، کار عبثی نمی باشد؟

پاسخ ۱- مسلماً با قیراندود کردن با استفاده از پرایمرهای قیری اصلاح شده یا مواد قطرانی مشابه و استفاده از نایلون (پلاستیک) در سطح بتن، به مدت محدودی از نفوذ مواد مختلف بویژه مواد زیان آور برای بتن و میلگرد، جلوگیری می کند اما همانطور که در متن پرسش آمده است این مدت در برابر طول عمر سازه ها و مدت بهره برداری از آنها ناچیز بنظر می رسد. نتایج تحقیقات مختلف نشان می دهد که برای مدت محدودی (در حد ۱ تا ۳ سال) ممکن است با استفاده از این مواد برعمر سازه افزود که در مقابل هزینه صرف شده، اقدامی چندان ارزشمند نیست. استفاده از این مواد باعث کاهش تبخیر از سطح بتن می شود و هیدراته شدن سیمان ادامه می یابد و جمع شدگی ناشی از تبخیر کاهش خواهد یافت و احتمال ترک خوردگی کمتر می شود که نهایتاً به افزایش دوام بتن و سازه منجر می گردد. در کلیه آئین نامه ها و مقررات موجود، ضوابطی برای ساخت بتن در مناطقی که دارای مواد زیان آور هستند داده می شود که در آنها الزامی برای بکارگیری از چنین مواد پوششی معمولاً دیده نمی شود. کاهش نسبت آب به سیمان، بکارگیری مواد پوزولانی یا سرباره ای جایگزین بخشی از سیمان، استفاده از عیار سیمان مناسب (تعیین حداقل یا حداکثر عیار یا هر دو)، محدود کردن حداکثر اندازه سنگدانه ها، بکارگیری از دانه بندی مناسب و استفاده از انواع سیمان خاص از جمله تدابیری است که برای مقابله با نفوذ مواد زیان آور یا مقابله با آنها بدون ایجاد خسارت اتخاذ می شود و به ندرت به استفاده از پوشش های سطحی بتن متوسل می گردند.

در ایران، استفاده از مواد قیری اصلاح شده و قطرانی توسط دست اندرکاران پروژه های نفتی از گذشته دور رایج بوده است. هیچگونه گزارشی از عملکرد این مواد در سالهای گذشته در نتیجه پایش آنها در طول زمان بصورت علمی و همراه با آزمایش های رایج در محیط های سولفات دار یا حاوی یون کلرید و غیره دیده نمی شود، نمی توان در مورد عملکرد مثبت آنها اظهار نظر کرد. بهرحال نمی توان اینکار را عبث تلقی کرد اما ممکن است یک راهکار فنی و اقتصادی محسوب نگردد.

پرسش ۲- برای گروت ریزی روی سطح پداستال های مربوط به سازه های فولادی، آیا لازم است سطح بتن مضرس شود و خراش داده شود (Chipping)؟ آیا نمی توان پس از بتن ریزی، روی سطح بتن جوان و خمیری خراش ایجاد گردد و پس از سفت شدن و گیرش بتن، گروت ریزی را انجام داد؟ بحث هوازدهی بتن قبلی چقدر صحت دارد و تاثیر گذار است؟

پاسخ ۲- استفاده از ملات انبساطی روان موسوم به گروت در زیر صفحه کف ستون و روی بتن شالوده یا ستونچه (Pedestal) بدین منظور انجام می شود که زیر صفحه کف ستون خالی نماند و درگیری مناسبی با بتن زیرین نیز داشته باشد. بدیهی است که سطح بتن زیرین نباید لیسه ای و صاف باشد اما زیر کردن و مضرس کردن و خراش دادن زیاد هم، چندان ضروری بنظر نمی رسد و سطح شمشه گیری شده یا تخته ماله کشیده نیز کفایت می کند. مسلماً قبل از تزریق ملات گروت انبساطی، لازم است سطح بتن قبلی اشباع گردد تا آب ملات را نمکد. خراش دادن روی بتن تازه نیز مناسب است و از عمل مضرس کردن سطح بتن سخت شده ساده تر می باشد.

در صورتیکه پس از عمل آوری بتن، سطح بتن مدت زیادی در معرض خشکی یا تری و خشکی در زیر آفتاب بماند ممکن است ترک‌هایی در سطح آن بوجود آید. یخ بندان و آب‌شدگی پی در پی نیز ممکن است چنین ترک‌هایی را با الگوی دیگر بوجود آورد که احتمالاً واژه هوازدگی به آن اطلاق می‌شود. مسلماً در این حالت، برداشتن لایه سطحی و زیر کردن آن، منطقی است، اما در حالات معمولی و هنگامی که فاصله زمانی اجرای بتن ریزی و تزریق گروت چندان زیاد نیست، بحث هوازدگی منتفی است.

### پرسش ۳- لطفاً در مورد گروت توضیحاتی ارائه نمایید و خواص آن چیست؟ آیا قادر است که ستونها را نگهدارد؟

**پاسخ ۳-** همانگونه که در پاسخ فوق اشاره شد این یک ملات روان انبساطی است که برای پرکردن فضای های بسته یا نیمه بسته استفاده می‌گردد. به علت خواص انبساطی آن در ساعات اولیه، درزهای کوچک ناشی از جمع شدگی نیز بوجود نمی‌آید و باعث درگیری بهتر این ملات با جداره‌ها می‌گردد.

این ملات دارای سنگدانه ریز و فاقد سنگدانه‌های درشت است. گروت‌های رایج از سنگدانه‌های کوچکتر از ۲/۵ میلی‌متر تشکیل شده‌اند که دانه بندی پیوسته را دارا می‌باشند. معمولاً در گروت‌های تجاری از ماسه‌های سخت با جذب آب کم مانند ماسه‌های سیلیسی (کوارتزی) استفاده می‌شود. عیار این ماسه در حدود ۱۵۰۰ کیلوگرم در هر متر مکعب ملات تازه است. عیار مواد سیمانی بکار رفته از حدود ۵۰۰ تا ۶۰۰ کیلوگرم در هر متر مکعب ملات متغیر است. برای کاهش نسبت آب به سیمان ضمن ایجاد روانی لازم، از پودر مواد فوق‌روان کننده در این ملات استفاده می‌گردد. عامل ایجاد انبساط در این ملات‌ها تجاری موجود گردآلومنیوم بسیار ریز است. مقدار آن بین ۱٪ تا ۲٪ درصد وزن سیمان یعنی ۵۰ تا ۱۰۰ گرم در متر مکعب ملات است. امروزه ملات‌های آماده خشک گروت بفروش می‌رسد و در کارگاه با افزودن آب لازم یا ذکر شده بر روی کیسه ملات (۱۸۰ تا ۲۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب) و مخلوط کردن آن، ملات ساخته می‌شود و آماده مصرف می‌گردد. گاه مواد تثبیت کننده و انبساط نیز در این ملات‌ها وجود دارد که به کنترل انبساط منجر می‌شود. معمولاً نسبت آب به سیمان اغلب گروت‌ها کمتر از ۰/۴ می‌باشد و بنابراین از مقاومت بالایی برخوردار است. برای ایجاد انبساط، پودر آلومینیوم با آهک زنده موجود در سیمان (که معمولاً در حدود ۱ درصد وزن سیمان است) در مجاورت آب ترکیب می‌شود و گاز هیدروژن بصورت حباب‌های ریز تولید می‌کند و به انبساط جزئی و کاهش یا حذف جمع شدگی می‌انجامد. این حباب‌ها تا حدی از مقاومت فشاری ملات می‌کاهد اما در هر حال مقاومت این ملات‌ها معمولاً زیاد است. بالا بودن دمای گروت و بالا بودن دمای هوا ممکن است به ترکیدن این حباب‌ها و کاهش خواص انبساطی آن منجر شود.

مقصود از اینکه تا چه اندازه قادر است ستونها را نگه دار دارد برای بنده روشن نیست. در جهت قائم بار ستون را به شالود منتقل می‌کند و تنش حاصله از آن بار نباید از تنش مجاز بتن شالوده بیشتر باشد. این تنش در محدوده ۶۰ تا ۱۰۰  $\text{kg/cm}^2$  قرار دارد که برای ملات‌های موجود ناچیز است و کاملاً آن را با کمترین تغییر شکل تحمل می‌کنند. در جهت افقی نیز میتوانند برش موجود را تحمل کرده و به شالوده انتقال دهند هر چند در پاره ای موارد این برش به میل‌های مهار داده می‌شود و سهمی برای ملات در نظر نمی‌گیرند.

### پرسش ۴- اگر به هر علتی در سطح بتن ترک ایجاد شود چگونه می‌توان آنها را ترمیم نمود تا آب بندی شود و

جلوی نفوذ یون کلر را بگیرد؟

**پاسخ ۴-** معمولاً ترمیم ترک‌هایی که فعال نیستند می‌تواند اقدامی نتیجه بخش تلقی شود. ترمیم ترک‌ها معمولاً به دو شیوه رایج تزریق و دیگری آماده سازی و پرکردن با ملات ریزدانه میسر است. هر چند در مواردی راهکارهایی نظیر دوختن توام با فشار و یا بکارگیری از موادی که به تدریج به پرکردن درز منجر می‌شوند نیز تجربه شده است اما رایج نیست.

تزریق ترک عمدتاً با مواد رزین اپوکسی یا پلی‌اورتان و غیره انجام می‌شود که لزجت مواد و فشار تزریق در ارتباط با عرض و عمق ترک انتخاب می‌گردد. امروزه موادی عرضه می‌شود که بدون فشار نیز می‌تواند به درون ترک نفوذ کند (بصورت ثقلی).

آماده سازی ترک با بریدن آن بصورت ۷ و پرکردن آن با ملات ریزدانه سیمانی یا اصلاح شده با پلیمر، روش دیگر ترمیم ترک تلقی می‌شود به شرطی که عمق آن از ارتفاع آماده سازی شده بیشتر نباشد.

بدیهی است اگر ترمیم به درستی انجام شود آب بندی اتفاق می‌افتد و یون کلر از این محل نفوذ نمی‌کند.

**پرسش ۵:** تفاوت استفاده تخته ماله و ماله های فلزی در پرداخت سطح بتن چیست؟ در چه زمان و چگونه باید از آنها استفاده کرد؟

**پاسخ ۵ -** تفاوت این وسایل در پرداخت سطح بتنی است که آب می اندازد. اصولاً مشکل پرداخت سطح بتن در زمانی وجود دارد که امکان آب انداختن وجود دارد و گرنه هیچگونه چالشی وجود ندارد. اگر قبل از آب انداختن، سطح بتن را با ماله فلزی یا مشابه آن پرداخت و صاف و لیسه ای کنیم، آبی که تمایل به رو زدن دارد در زیر سطح ریز بافت و کم حفره جمع می شود و ضعف مفرطی را بوجود می آورد که ممکن است لایه روئی بزودی جدا شود و خرد گردد. در حالی که استفاده از تخته ماله در این حالت چنین مشکلی را بوجود نمی آورد.

بنابراین همواره تخته ماله، قبل از استفاده از ماله فلزی بکار گرفته می شود. پس از آب انداختن بتن و تبخیر آن و یا زدودن آن از سطح بتن، می توان ماله کشی فلزی را در صورتی که نیاز به سطح صاف و لیسه ای داشته باشیم انجام داد. بهر حال در بسیاری از اوقات نیازی به ماله کشی فلزی وجود ندارد اما در بسیاری از حالات بهر حال بکارگیری از تخته ماله لازم است.

**پرسش ۶ - آیا توصیه می شود در پوشش نهائی بتنی سطوح (Lining) از میکروسیلیس استفاده شود؟ علت را توضیح دهید.**

**پاسخ ۶ -** معمولاً تونل ها، سرریزها و سطوح فوقانی حوضچه های آرامش با پوشش بتنی پوشانده می شود. در برخی از پوشش ها، آب بندی اهمیت دارد. در برخی مسئله سایش و خلاء زائی از اهمیت درجه اولی برخوردار است و در مواردی نیز ممکن است هر سه مسئله خواسته شود. جلوگیری از خوردگی میلگردها نیز ممکن است به یکی از خواسته های اضافی تبدیل شود.

برای اینکه هر یک از این خواسته ها برآورده شود، میکروسیلیس می تواند نقش مهمی را ایفا کند. آب بندی بهتر، سایش کمتر و پایداری بیشتر در برابر خلاء زائی و هم چنین کاهش شدت خوردگی میلگردها و افزایش جدی مقاومت ویژه الکتریکی بتن از جمله خواص ایجاد شده توسط میکروسیلیس در بتن است. در کنار این مزایا، باید به برخی معایب ناشی از مصرف میکروسیلیس اشاره نمود که اگر با آن به درستی برخورد شود نمی تواند به ایجاد مشکل کمک کند و یا به عبارتی عیب محسوب نمی شود. کاهش آب انداختن بتن هر چند یک حسن است اما در صورت وجود تبخیر زیاد می تواند به خشک شدگی و جمع شدگی بتن منجر شود که ترک خوردگی را بدنبال خواهد داشت. در واقع وجود این ترک ها نقص غرض خواهد بود.

افت اسلامپ بیشتر بتن میکروسیلیس دار و خود خشک شدگی از جمله مشکلات آن به حساب می آید. نیاز به رطوبت رسانی بیشتر و افزایش طول مدت عمل آوری برای این بتن ها کاملاً طبیعی است.

در ساخت بتن میکروسیلیس دار به فوق روان کننده نیاز است زیرا نیاز به آب را برای ایجاد روانی معین افزایش می دهد. عمل اختلاط بتن میکروسیلیس دار باید با دقت و مدت بیشتری انجام شود و مخلوط کن های اجباری (پره جدا از دیگ) باید بکار گرفته شود. در این موارد اگر مخلوط کن های گرانشی (پره متصل به دیگ) بکار رود باید از دوغاب میکروسیلیس استفاده کرد وگرنه میکروسیلیس کلوخه شده در بتن باقی خواهد ماند و تاثیر مثبت خود را بجا نخواهد گذاشت، بلکه ممکن است در آینده به ایجاد آسیب در بتن (بدلیل واکنش قلیائی - سیلیسی) منجر گردد.

در صورتی که این موارد رعایت نشود ممکن است بتن بجای بهبود کیفیت، دچار مشکل و ضعف شود.

**پرسش ۷ - آیا بتن های پوزولانی که در آنها از سیمان پوزولانی یا مواد افزودنی پوزولانی استفاده شده است، دوام بهتری دارند؟**

**پاسخ ۷ -** بهتر است از عبارت بتن های پوزولان دار بجای بتن پوزولانی استفاده شود کما اینکه بجای واژه سیمان پوزولانی از واژه سیمان آمیخته پوزولانی استفاده گردد زیرا سیمان پوزولانی یک نوع خاص از سیمان آمیخته پوزولانی است که در ایران تولید نمی شود و استاندارد خاصی برای آن نیز در ایران تدوین نشده است. در صورتیکه سیمان آمیخته پوزولانی از نوع پرتلند پوزولانی یا پرتلند پوزولانی ویژه در بتن بکار رود به شرطی که از پوزولان های مناسب بهره گیری شده باشد دوام آن در برابر سولفاتها و نفوذ یون کلر و خوردگی میلگردها بهبود می یابد و

نفوذپذیری آن کاهش می یابد. مسلماً این بهبود برای سیمانهای پرتلند پوزولانی ویژه با بیش از ۱۵ درصد پوزولان به مراتب بهتر از سیمانهای پرتلند پوزولانی با کمتر از ۱۵ درصد پوزولان خواهد بود.

لازم به ذکر است که همه سیمانهای آمیخته پوزولانی ایران با پوزولانهای طبیعی که از خاکها و سنگهای آذرین بیرونی (آتشفشانی) یا توف ها و شیلها تشکیل شده است ساخته می شود.

در صورتیکه از افزودنیهای پوزولانی استفاده شود نیز این امر صادق است اما معمولاً در ایران، میکروسیلیس به عنوان پوزولان مصنوعی بکار می رود و مسلماً در صورت استفاده صحیح از آن و ساخت صحیح و عمل آوری مناسب، بتن با دوام تری خواهیم داشت که در پاسخ فوق بدان اشاره شده است.

**پرسش ۸ - آیا آب انداختن بتن و تبخیر آب، موجب کاهش نسبت آب به سیمان و کاهش مقاومت نمی شود؟**

**پاسخ ۸ -** مسلماً تبخیر آب از سطح بتن موجب کاهش نسبت آب به سیمان آن می شود که البته در ابتدا به افزایش آن منجر شده بود. کاهش نسبت آب به سیمان موجب افزایش مقاومت و دوام می شود نه کاهش آن. اگر برخورد صحیحی با آب رو زده نشود و اجازه تبخیر به آن داده نشود و یا قبل از زدودن آن سریعاً ماله کشی شود نسبت آب به سیمان بالاتر می رود و مقاومت و دوام آن کم می شود.

**پرسش ۹ - با توجه به گرمای منطقه و خشک شدن سنگدانه ها، آیا میزان جذب آب آنها بر روی نسبت آب به سیمان تاثیرگذار نخواهد بود؟**

**پاسخ ۹ -** سنگدانه های خشک مسلماً بخشی از آب خمیر سیمان بتن را جذب می کنند و نسبت آب به سیمان خمیر را کم می نمایند. در طرح اختلاط بتن، سنگدانه ها در حالت اشباع با سطح خشک فرض می شوند و در این حالت آب موجود در خمیر سیمان، همان آب آزاد خواهد بود که حاصل تقسیم آن به سیمان، همان نسبت آب به سیمان می باشد. اگر سنگدانه ها خشک فرض شوند، آب سنگدانه اشباع به آب آزاد اضافه می شود و حاصل جمع آن، آب کل نام دارد. بنابراین در هنگام ساخت بتن برای دستیابی به نسبت آب به سیمان مورد نظر لازم است آنقدر آب مصرف گردد تا در نهایت سنگدانه ها اشباع شود و آب باقیمانده به اندازه آب آزاد شود.

مسلماً اگر آب مصرفی کمتر از این مقدار باشد نسبت آب به سیمان کمتر از مقدار پیش بینی شده خواهد بود.

**پرسش ۱۰ - آیا میزان روانی بتن بر آرایش سنگدانه های بتن تاثیر دارد و مسئله جدائی مواد پیش می آید؟ چگونه می توان در زمان اجرا از جدائی مواد در بتن روان جلوگیری کرد؟**

**پاسخ ۱۰ -** روانی زیاد بتن، استعداد جداشدگی را بوجود می آورد و سنگدانه های درشت می تواند از ملات جدا شود، مشروط براینکه در عملیات حمل، ریختن و تراکم بتن، اقدامات نادرستی صورت بگیرد. در حالت ایستامعمولاً بتن های روان به ندرت دچار جدا شدگی می شوند مگر اینکه لزجت بتن پائین باشد و یا سنگدانه ها سبک باشند و به سمت بالا حرکت کنند.

اگر بتنی ساخته و حمل شده باشد و همگن بنظر رسد اگر یکی از وضعیت های زیر پیش آید، می تواند در زمان اجرا دچار جداشدگی شود؟

**الف -** برخورد با سرعت زیاد به بدنه قالب

**ب -** برخورد پی در پی به میلگردها

**پ -** پرتاب بتن با سرعت بصورت افقی با داشتن مؤلفه افقی سرعت مانند تخلیه سریع از شوت یا تخلیه از روی تسمه نقاله بدون تمهیدات خاص

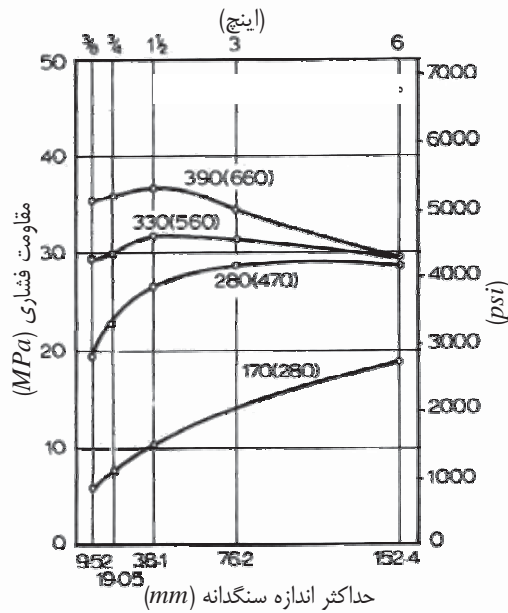
**ت -** ریختن مورب بتن توسط جام بغل ریز و برخورد به میلگردهای قائم و قالب با سرعت تخلیه زیاد

لذا با استفاده از کیف هادی یا لوله شوت سقوطی در موارد فوق می توان جلوی جداشدگی را گرفت. عدم پرتاب کردن بتن با بیل یا وسایل دیگر از جمله اقدامات و نکاتی است که مانع جداشدگی می شود. در صورتیکه استعداد جداشدگی بتن را کم کنیم ممکن است علیرغم وجود اشکالات فوق، با جداشدگی کمتری روبرو شویم.

**پرسش ۱۱ - اندازه سنگدانه ها چه تاثیری بر مقاومت بتن دارد؟**

**پاسخ ۱۱ -** تاثیر حداکثر اندازه سنگدانه ها بر مقاومت فشاری بتن از گذشته های دور مورد توجه قرار گرفته است. پاسخهای مختلفی به این سؤال داده شده است که فرضیات متفاوتی داشته اند. برای مثال می توان با ثابت در نظر گرفتن نسبت آب به سیمان به این پرسش پاسخ داد. هم چنین می توان روانی بتن یا عیار سیمان را ثابت در نظر گرفت و پاسخ درخوری را ارائه نمود.

در کتاب ویژگیهای بتن نویل (ترجمه هرمز فامیلی) برای عیارهای ثابت سیمان، رابطه حداکثر اندازه سنگدانه و مقاومت فشاری را ارائه کرده است که در شکل زیر دیده می شود.



همانگونه که در شکل دیده می شود در عیار سیمان ۱۷۰ کیلوگرم بر متر مکعب بتن، هر چه حداکثر اندازه سنگدانه بزرگتر شده است، مقاومت فشاری هم بیشتر گردیده است. هر چه عیار سیمان بیشتر شده است حداکثر اندازه ای که مقاومت بیشتری داده است کمتر می گردد. بهر حال در این شکل، عیار سیمان از مقدار ۳۹۰ بیشتر نشده است اما از روال موجود چنین بر می آید که اگر عیار سیمان بیش از ۴۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب شود احتمالاً حداکثر اندازه بهینه از نظر مقاومتی در حدود ۱۹ میلی متر می شود و اگر عیار سیمان بالاتر رود، حداکثر اندازه بهینه کاهش می یابد. به این دلیل امروزه برای بتن های پرمقاومت از حداکثر اندازه های کمتر از ۱۹ میلی متر استفاده می شود. و اگر مقاومت ها بیش از ۸۰ مگاپاسکال (استوانه ای) باشد بهتر است حداکثر اندازه سنگدانه به حدود ۱۲/۵ میلی متر یا کمتر برسد.

نمونه دیگری از نتیجه این تحقیقات را می توان در ACI207R دید. شکل زیر به نوعی رابطه حداکثر اندازه سنگدانه و مقاومت فشاری را نشان می دهد که کمی پیچیده است.

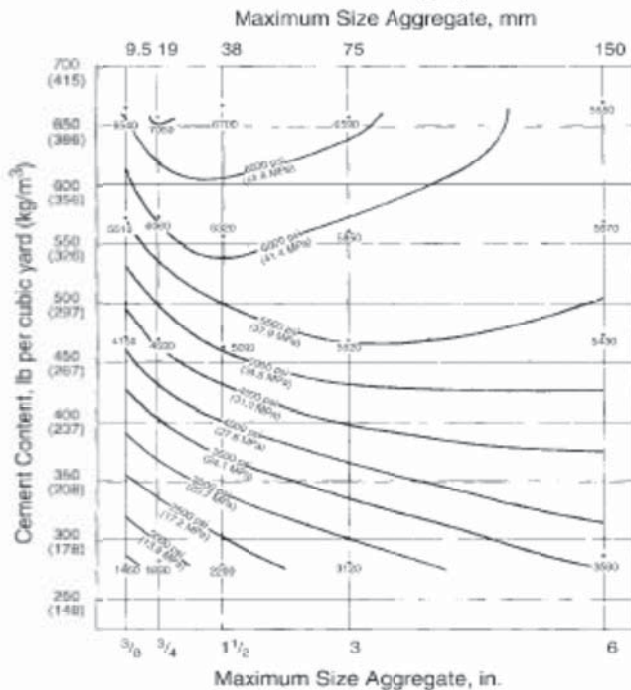


Fig. 2.2—Effect of aggregate size and cement content on compressive strength at 1 year (adapted from Higginson et al. [1963]).

پرسش ۱۲ - در مورد آزمایش های الکتریکی مرتبط با نفوذ یون کلر در بتن توضیح دهید و روش کار را مطرح نمایید؟

پاسخ ۱۲ - آزمایش های الکتریکی بتن عمدتاً در ارتباط با نفوذ هستند و بویژه برای نفوذ یون کلرید و انتشار آن در بتن بکار می روند. برخی از این آزمایش ها دارای استاندارد مشخصی هستند و برخی هنوز استاندارد نشده اند. استاندارد نشدن این آزمایش ها مانع بکارگیری آنها در کارهای پژوهشی و مقایسه ای نشده است اما مسلماً به عنوان آزمایش های کنترلی در کارگاه بکار نمی روند.

برخی از آزمایش های الکتریکی در ارتباط با خوردگی میلگردها بکار می روند که یکی از آنها در ASTM C876 و به نام آزمایش نیم پیل برای تعیین پتانسیل خوردگی میلگردهای بدون پوشش بتن و در محل آمده است و با تغییرات مختصری در آزمایشگاه و در کارهای پژوهشی بکار گرفته می شود. وقتی میلگرد بتن، از نظر خوردگی فعال تلقی می شود که اختلاف پتانسیل قرائت شده با الکتروود مس - سولفات مس کمتر از ۳۵۰ میلی ولت باشد. آزمایش دیگر، آزمایش تعیین شدت خوردگی میلگردها می باشد که در ASTM G5 برای آزمایشگاه آمده است اما روش هایی برای محل استفاده می شود که هنوز استاندارد نشده اند که مهمترین آنها روش گالوپالس نام دارد.

برای تعیین نفوذپذیری و مقاومت در برابر نفوذ یون کلرید در بتن آزمایش ASTM C1202 از سالها پیش مورد استفاده قرار می گیرد (از دهه ۹۰ میلادی) در این آزمایش یک قرص بتنی، به قطر تقریبی ۹۵ میلی متر و ضخامت تقریبی ۵۰ میلی از بتن مورد نظر تهیه و از یک طرف در محفظه ای در معرض محلول سود سوزآور ۳درصد و از طرف دیگر در معرض کلرید سدیم ۳ درصد قرار داده می شود.

با برقراری یک جریان الکتریکی مستقیم به ولتاژ ۶۰ ولت که از این محفظه گذرانیده می شود، شدت جریان برحسب آمپر در طول ۶ ساعت در فواصل نیم ساعته اندازه گیری می گردد. حاصل جمع عبارت های حاصلضرب زمان در شدت جریان برحسب کولمب محاسبه و گزارش می شود.

هر چه بتن نفوذپذیری بیشتری در برابر یون کلرید داشته باشد آمپر بیشتری را خواهد داشت و در نهایت مقدار جریان عبوری از بتن برحسب کولمب، بیشتر خواهد شد. هر چند اشکالاتی به این آزمایش وارد می شود اما فعلاً رایج ترین آزمایش برای اندازه گیری مقایسه ای نفوذ یون کلرید در بتن است. این آزمایش را گاه آزمایش نفوذ سریع یون کلرید و بصورت مخفف RCPT یعنی Rapid Chloride Penetration می نامند در حالیکه اسم آن در ASTM C1202 چنین نیست و نام کامل و رسمی آن عبارت است از

#### Electrical Indication of Concrete's Ability to Resist Chloride Ion Penetration

در سواحل خلیج فارس و در بالای سطح آب یا در منطقه جزر و مد توصیه می شود نتیجه آزمایش فوق برای بتن مصرفی، کمتر از ۲۰۰۰ کولمب باشد. البته در صورتیکه پروژه از اهمیت زیادی برخوردار باشد توصیه می شود مقدار جریان عبوری از بتن حتی کمتر از ۱۰۰۰ کولمب شود که بدین ترتیب مسلماً عمر قطعه مسلح به مراتب بیشتر خواهد شد.

آزمایش دیگری که امروزه به تدریج مورد استفاده قرار می گیرد از نام مخفف RCMT برخوردار است که نام کامل آن Rapid Chloride Migration Test می باشد که در استاندارد AASHTO TP64 شرح کامل آن آمده است اما هنوز در استاندارد ASTM دستوری ندارد. جالب است بدانیم که منشأ این استانداردها مربوط به استاندارد Nordic (کشورهای اسکاندیناوی) است. این آزمایش در استاندارد NT BUILD 492 نیز وجود دارد. نام

دستورالعمل استاندارد TP64 عبارت از :

#### Test for Predicting Chloride Penetration of Hydraulic Cement Concrete by the Rapid Migration Procedure

نتیجه این آزمایش برحسب  $\frac{mm}{v.hr}$  گزارش می شود که در آن از نمونه ای اشباع از آب به قطر تقریبی ۱۰۰ میلی متر و ضخامت تقریبی ۵۰ میلی متر استفاده می شود و از یک طرف در معرض محلول کلرید سدیم ۱۰ درصد و از سمت دیگر در معرض محلول ۰/۳ نرمال سودسوزآور قرار می گیرد اما نحوه کار با آزمایش RCPT تفاوت جدی دارد. اختلاف پتانسیل اولیه ۳۰ ولت اعمال می شود که ممکن است در طول آزمایش، ولتاژ از ۱۰ تا ۶۰ ولت باشد. پس از مدت معینی که وابسته به کیفیت بتن است آزمایش را خاتمه می دهیم و پس از شکستن

بتن از وسط، با استفاده از محلول نیترات نقره، عمق نفوذ یون کلرید در بتن را بدست می آوریم. در نهایت مقدار نفوذ یون کلرید برحسب میلیمتر را به اندازه یک ولت در یک ساعت محاسبه می کنیم. این عدد هر چه بیشتر باشد نشانه ضعف بتن درمقابل نفوذیون کلرید در بتن است.

برای مثال برای بتنی که در آزمایش RCPT، جریان عبوری ۲۰۰۰ کولمب را داده است در آزمایش RCMT،

مقدار ۰/۲۴ میلیمتر برولت در ساعت را بدست داده است. جریان عبوری ۳۰۰۰ کولمب را معادل  $\frac{mm}{v.hr}$  ۰/۳۴ و جریان عبوری ۸۰۰ را معادل  $\frac{mm}{v.hr}$  ۰/۱۲ دانسته اند.

به نظر می رسد برای حالت عادی بتن در جزر و مد یا بالای سطح آب و در ساحل خلیج فارس، مقادیر کمتر از ۰/۲۴ و در حالت های جدی تر و با اهمیت تر، مقدار کمتر از ۰/۱۴ میلی متر بر ولت - ساعت مناسب تلقی می شود.

آزمایش غیر استاندارد شده دیگر، تعیین مقاومت ویژه الکتریکی بتن سخت شده اشباع است که معمولاً در آزمایش های آزمایشگاهی بر روی نمونه ها انجام می گردد هر چند تلاش شده است تا این آزمایش بر روی بتن داخل قطعه سازه انجام شود اما مقایسه کیفیت ها مقدور نیست زیرا مقایسه صحیح در حالت اشباع امکان پذیر است.

این آزمایش به دو صورت رایج است در نوع اول، بتن در بین صفحات فلزی انتهائی که تمام سطح نمونه را در برگرفته است واقع می شود و با عبور یک جریان متناوب، ظاهری الکتریکی (Z) بدست می آید و مقاومت ویژه

الکتریکی  $p_z$  با توجه به سطح تماس A و فاصله دو صفحه (L) طبق رابطه زیر بدست می آید.

$$p_z = \frac{Z.A}{L} \quad \Omega m \text{ (اهم - متر) است.}$$

در روش دوم از چهار الکتروود به فاصله مساوی a از یکدیگر استفاده می شود که با سطح بتن اشباع در تماس قرار می گیرد و مقدار مقاومت الکتریکی ظاهری (Z) تعیین می شود. مقاومت ویژه الکتریکی در این حالت عبارتست از این روش را روش چهار نقطه ای ونر (wenner) می نامند که محدودیت های خاصی را دارا می باشد. گفته می شود که کیفیت نفوذپذیری بتن ها به شدت با مقاومت ویژه الکتریکی بتن اشباع رابطه دارد و می توان از این پارامتر برای تعیین کیفیت آنها بویژه در برابر نفوذ یون کلرید استفاده نمود.

هر چه مقاومت ویژه الکتریکی بتن اشباع بیشتر شود از کیفیت بهتری برخوردار است. از این نظر تقسیم بندی هائی انجام شده است که نمونه ای از آن را در زیر مشاهده خواهید نمود.

| مقاومت ویژه الکتریکی $\Omega. m$ | مقاومت بتن در برابر نفوذ یون کلرید و بویژه خوردگی میلگرد در ارتباط با کیفیت بتن |
|----------------------------------|---|
| بیش از ۲۰۰                       | بتن عالی و احتمال خوردگی بسیار کم میلگردها                                      |
| ۱۰۰-۲۰۰                          | بتن خوب - احتمال خوردگی کم  |
| ۵۰-۱۰۰                           | بتن متوسط - احتمال خوردگی متوسط   |
| کمتر از ۵۰                       | بتن ضعیف - احتمال خوردگی زیاد   |

بنابراین مشاهده می شود که کیفیت بتن از نظر مقابله با نفوذ یون کلرید و خوردگی میلگردها عمدتاً با روش های الکتریکی تعیین می شود. ساده ترین آزمایش، تعیین مقاومت ویژه الکتریکی است اما هنوز استاندارد نشده است و دارای مشکلاتی است. دما و درجه اشباع بتن به شدت بر نتیجه حاصله اثر می گذارد. میزان املاح و نوع املاح موجود در آب حفرات بتن نیز بر مقاومت الکتریکی بتن اثرگذار است و موضوعی چالش برانگیز است.

اخیراً در سال ۲۰۱۲، دستور استاندارد ASTM C1760 منتشر شده است که به نوعی با روش اول انطباق بیشتر دارد و ستون آن به ASTM C1202 شبیه است. این آزمایش با نام تعیین هدایت الکتریکی بتن انتشار یافته است که مفهومی عکس مقاومت الکتریکی دارد.

پرسش ۱۳- آیا وصل شبکه میلگرد شالوده های بتنی در پالایشگاه ها به سیستم ارت (Earth) ضروری است؟ آیا پیل الکتریکی حاصله از مس و میلگرد فولادی، سبب خوردگی میلگردها نمی شود؟

**پاسخ ۱۳-** احتمالاً برای انتقال جریان الکتریکی ناشی از صاعقه، وصل وسایل و ماشین آلات و قطعات فلزی به سیستم ارت ضرورت دارد اما برای بنده روش نیست که چرا وصل میلگردهای شالوده به سیستم ارت چه ضرورتی دارد.

بهرحال اگر میلگردهای فولادی، آند شوند خوردگی در آنها حاصل می شود اما اگر کاند شوند نوعی حفاظت کاتدی خواهد بود.

**پرسش ۱۴-** اگر قرار باشد قطعه ای حجیم مانند شالوده بتنی مسلح به طول ۳۰ متر و عرض ۲۰ متر و ضخامت حدود ۳ متر (کمتر یا بیشتر) بتن ریزی شود، ریختن یکپارچه بتن در تمام ضخامت توصیه می شود یا باید آن را در لیفت های کوچکتر ریخت و یا ایجاد درز اجرائی قائم ضرورت دارد؟ بهر حال روش مناسب چیست؟

**پاسخ ۱۴-** برای بتن ریزی چنین قطعه ای، با دو مشکل روبرو هستیم. اولین مشکل آنست که آیا ریختن بتن در ضخامت حدود ۳ متر، آن را در چارچوب بتن های حجیم قرار می دهد؟

مشکل دوم، توان اجرائی ما برای ریختن حدود ۱۸۰۰ متر مکعب بتن در یک نوبت بدون ایجاد درز سرد می باشد. بتنی که غیر مسلح باشد در اثر تنش های حرارتی ناشی از اختلاف دمای سطح و مغز بتن به میزان ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتیگراد ترک خواهد خورد. در بتن مسلح ممکن است در اختلاف دمای بیش از مقدار فوق نیز ترک نخورد اما بهر حال خطر ترک خوردگی برای اختلاف دمای بیش از ۲۵ درجه سانتی گراد وجود دارد.

معمولاً در منطقه خلیج فارس برای داشتن نسبت آب به سیمان مناسب این منطقه و روانی مورد نیاز، عیار سیمان بتن ها در حدود ۴۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب می باشد. با توجه به سیمان پرتلند مصرفی در این منطقه (نوع ۲) در صورتی که قطعه ای به ضخامت ۳ متر با دمای حدود ۳۰ درجه سانتی گراد بتن ریزی شود، دمای مغز بتن احتمالاً به حدود ۷۵ درجه و شاید بالاتر برسد و در صورتیکه دمای سطح بتن به حدود ۳۰ درجه سانتی گراد یا کمتر برسد، دست کم، اختلاف دمای سطح و مغز بتن به ۴۵ درجه یا بیشتر بالغ خواهد شد و ترک خوردگی قطعی به نظر می رسد. بنابراین، قطعه مزبور با توجه به نوع بتن مصرفی و شرایط موجود، حجیم تلقی می شود.

برای رفع این مشکل، کاهش شدید عیار سیمان، تغییر گرمائزانی سیمان به میزان قابل توجه و کاهش شدید دمای بتن مصرفی و یا پس سرمایه جدی ضرورت پیدا می کند که عملاً در شرایط موجود و با توجه به امکانات معمول کارگاههای مورد نظر و حتی با توجه به محدودیت آئین نامه ای چنین تدابیری عملی نخواهد بود. بنابراین شاید یک راه حل موثر، کاهش ضخامت بتن بنظر می رسد اما بهر حال لازم است تا حد امکان بر کاهش عیار سیمان و کاهش دمای بتن مصرفی تاکید کرد.

همواره در چنین شرایطی یکی از راههای موثر کاهش گرادیان حرارتی از طریق بالابردن دمای سطح بتن به کمک عایق بندی سطح بتن و یا گرمادهی سطح بتن بویژه به کمک بخار گرم می باشد و شاید بتوان راه حل کاهش ضخامت بتن را کنار گذاشت.

اگر کاهش ضخامت بتن در دستور کار قرار گیرد بتن مزبور باید در لیفت های چند گانه ریخته شود و درز اجرائی افقی بوجود می آید و باید همچون آماده سازی درزهای اجرائی افقی لیفت های یک سد بتنی در این مورد نیز عمل نمود. زبر و خشن و مضرس کردن سطح بتن سخت شده اشباع کردن آن و ریختن یک ملات ریزدانه واسطه برای اتصال که نسبت آب به سیمان آن مساوی و یا کمتر از بتن اصلی و روان باشد راه حل یک اتصال و پیوستگی بین دو بتن می باشد هر چند می توان از لاتکس نیز برای اتصال بهتر استفاده نمود.

در صورتیکه توانائی ریختن بتن بصورت یکپارچه در سطح بزرگی مانند مثال فوق وجود نداشته باشد به ناچار از درز اجرائی قائم استفاده می کنیم که به معنی تقسیم سطح به سطوح کوچکتر است و بهتر آن است که این درزها در جایی باشد که برش کمتری داشته باشیم. رعایت ضوابط بتن ریزی در درزهای اجرائی طبق آئین نامه بتن یا مقررات ملی (مبحث نهم) در این حالت نیز ضروری می باشد بویژه اگر قرار باشد نشت از طریق این درزها انجام نشود. برای احتیاط اگر مسئله نشت مهم باشد از لاتکس یا نوار آب بند در این محل استفاده می کنیم.

**پرسش ۱۵-** آیا سازو کاری برای تعیین عیار سیمان بتن تازه در حین بتن ریزی وجود دارد؟

**پاسخ ۱۵-** در گذشته در استاندارد بریتانیا دستور استاندارد برای تجزیه بتن تازه و تعیین عیار سیمان، آب و سنگدانه و در نتیجه محاسبه نسبت آب به سیمان وجود داشت که تحت شماره BS1881-128 بود. در این آزمایش بتن تازه بر روی الک هائی بصورت ترشسته می شد و سالها مورد استفاده قرار می گرفت. حتی وسائلی



ساخته شده بود که اینکار را در آزمایشگاههای محلی و سیار بصورت سریع انجام می داد. این آزمایش در ابتدا توسط مؤسسات مختلف بریتانیا و نهادهای اجرائی مانند وزارت راه و حمل و نقل بکار می رفت و پژوهشگران در مورد آن و بکمک آن تحقیقاتی را شکل داده اند. با اینکه استاندارد بریتانیا آن را استاندارد کهنه ای اعلام کرده است اما این استاندارد باطل اعلام نشده است و استاندارد اروپائی نیز جایگزین آن نشده است. هم چنین در استاندارد ASTM و AASHTO نیز آزمایش مشابه و استنادی وجود ندارد. جالب است استاندارد بریتانیا آن را استاندارد نامربوطی دانسته است.

لذا توصیه می شود پس از تهیه طرح اختلاط، ساخت آن با دقت و با کنترل در بچینگ انجام شود. امروزه از چاپ نتایج اجزاء بتن توسط چاپگر بچینگ بدین امر می توان پی برد.

از همه مهمتر اینکه اصولاً دانستن عیار سیمان امروزه اهمیتی ندارد بلکه اطلاع از نسبت آب به سیمان از اهمیت بیشتری برخوردار می باشد. آزمایش تجزیه بتن تازه، نسبت آب به سیمان را با تقریب زیاد بدست می دهد که شاید بدین دلیل کهنه و نامربوط اعلام شده است.

**پرسش ۱۶- آیا در یک شبکه میلگرد تحتانی دال، تفاوتی بین آرایش میلگردهای موجود متقاطع (از نظر زیر و رو بودن) وجود دارد و در باربری مقطع دال تاثیر گذار است؟**

**پاسخ ۱۶-** وقتی در یک شبکه میلگرد، میلگردهای متقاطع وجود دارد چنانچه هر کدام پائین تر باشد بازوی لنگر بیشتر و باربری بیشتری دارد بنابراین بهتر است برای جهتی که لنگر بیشتری دارد میلگرد اصلی نزدیک تر به سطح بتن باشد. بهرحال امکانات اجرائی نیز از اهمیت زیادی برخوردار است و گاه نمی توان اینکار را عملی نمود.

**پرسش ۱۷- در برخی نقشه های اجرائی شالوده های بتنی، بجای اینکه ورقه نایلونی در زیر بتن مگر باشد، بین بتن مگر و بتن اصلی نشان داده شده است؟ آیا این نحوه کار صحیح است؟**

**پاسخ ۱۷-** بنظر می رسد در بسیاری از جزئیات اجرائی بویژه در نقشه های ساخت مخازن آب بتنی زمینی، یک ورقه نایلونی یا یک لایه پوشش قیری، بین بتن مگر و بتن اصلی دال کف پیش بینی می شود تا آزادی عمل بیشتر و درگیری و قید کمتری ایجاد شود. برخلاف نظر جنابعالی، اینجانب تاکنون به جزئیاتی برخورد کرده ام که در زیر بتن مگر، لایه پلاستیکی پیش بینی شده باشد.

**پرسش ۱۸ - در مورد خاکستر بادی (Fly Ash) توضیحاتی را ارائه نمایید. چرا باید این ماده را به کشور وارد کنیم؟ چرا تولید آن در کشور وجود ندارد؟**

**پاسخ ۱۸ -** خاکستر بادی یک پوزولان مصنوعی است که در نیروگاههای ذغال سنگی در اثر سوزاندن زغال سنگ یا کک حاصل می شود و همان خاکستر حاصله از این عمل است که از دهانه (دودکش) کوره بیرون می آید. بخش قابل توجهی از ذرات گردگوشه و کروی این ماده از سیلیس آمورف و یا آلومین آمورف تشکیل شده است و در مجاورت آب با آهک هیدراته موجود در خمیر سیمان بتن واکنش می دهد و ماده چسباننده ای مشابه هیدراتهای سیلیکاتی و تا حدودی آلومنیاتی بوجود می آید و باعث بهبود مقاومت و نفوذ ناپذیری و افزایش دوام بتن می شود. معمولاً به میزان ۱۵ تا ۴۰ درصد وزن سیمان بصورت جایگزین آن در تولید سیمانهای آمیخته پوزولانی و یا در بتن بکار می رود کیفیت آن ثابت نیست و به نوع زغال سنگ یا کک و نحوه و دمای کوره و سرعت سرد شدن ذرات معلق بالا رونده در دودکش بستگی دارد.

رنگ آن از خاکستری روشن تا تیره تغییر می کند و نوع روشن آن حاوی کربن کمتری است. دو نوع کم آهک (کم کلسیم) و پرکلسیم (پراهمک) وجود دارد که مرز آنها کلسیم ۸ یا ۱۰ درصدی باشد. بعد ذرات گردگوشه و کروی آن از کمتر از ۱۰ میکرون (حتی ۱ تا ۲ میکرون) تا بیش از ۵۰ میکرون (بطور متوسط ۲۰ تا ۳۰ میکرون) می باشد. سطح ویژه آن از ۴۰۰۰ تا ۷۰۰۰ سانتی متر مربع در هر گرم است. گاه با تفکیک ریز و درشت آن، خاکستر بادی بسیار ریز با ذرات کوچکتر از ۱۰ میکرون و سطح ویژه بسیار زیادتر تولید می کنند که البته گران تر است و خواص آن در بتن کمی متفاوت می باشد. گاه دیده می شود که ذرات ریزی درون پوسته ذرات درشت تر قرار دارند. خاکستر بادی جایگزین سیمان، نیاز به آب برای ایجاد روانی را تا حدودی کمتر می کند (بدلیل گردگوشه ای) اما نوع ریز آن ممکن است به افزایش نیاز به آب برای ایجاد روانی معین بیانجامد زیرا سطح ویژه آن به شدت افزایش داشته است. لازم به ذکر است که سیمانهای پرتلند از شکل تیزگوشه و ذراتی در محدوده ۱۰ تا ۱۰۰ میکرون (بطور متوسط ۴۵-۳۵ میکرون) برخوردارند و سطح ویژه آن در ایران از محدوده ۲۸۰۰ تا ۳۵۰۰ سانتی متر مربع بر هر گرم برخوردار است. این اطلاعات از نظر مقایسه ای مهم است ضمن اینکه از تفاوت در

شکل ذرات نباید غافل شد. میزان مصرف و جایگزینی نوع پرکلسیم آن می تواند بیش از نوع کم کلسیم باشد. مرطوب شدن نوع پرکلسیم می تواند به فساد آن به تدریج منجر شود در حالی که برای نوع کم کلسیم، این فساد بطور محسوس مشاهده نمی شود. چگالی ذرات خاکستر بادی از ۲/۲ تا ۲/۴ است.

اختلاط آن در بتن ساده تر از دوده سیلیسی انجام می شود و به تدابیر خاص نیاز ندارد. الزامی به مصرف فوق روان کننده وجود ندارد (برخلاف دوده سیلیسی) اما می توان از فوق روان کننده نیز استفاده کرد.

از آنجا که در ایران نیروگاهی که با سوخت زغال سنگ یا کک کار کند وجود ندارد بنابراین خاکستر بادی تولید نمی شود و در صورت لزوم، باید آنرا از خارج وارد نمائیم.

قیمت آن در نیروگاه های تولید کننده خاکستر بادی بسیار ارزان است اما به دلیل حمل طولانی زمینی و دریائی و هزینه های بارگیری و باراندازی، قیمت آن در بنادر ایران گران تمام می شود (قیمت آن ۲۰ تا ۴۰ دلار برای هر تن درمبدأ و در حدود ۶۰ تا ۱۰۰ دلار در بنادر ایران بسته به نوع بسته بندی و کیفیت و کشور تولید کننده می باشد. قیمت فله ای آن در کارخانه در کشور هند و چین ۱۰ دلار برای هر تن است). این قیمت ها برای خاکستر بادی معمولی است و نوع ریز آن گران تر می باشد.

**پرسش ۱۹- اگر تراک میکسر بتن در حین حمل بتن دچار مشکل فنی گردد گاه مقداری شکر به آن اضافه می کنند. در این مورد، دلیل این اقدام و نظر خود را بگوئید.**

**پاسخ ۱۹- همواره نیاز به یک کندگیرکننده (دیرگیر) و یا اخلال کننده در گیرش (ناگیرکردن) برای بتن آماده و حمل با تراک میکسر احساس می شود. شکر در اغلب موارد در میزان حدود ۰/۱ درصد وزن سیمان دیرگیری بوجود می آورد اما اگر این مقدار به ۰/۲ درصد تا ۱ درصد برسد ممکن است اخلال جدی در گیرش سیمان بوجود آورد. گاه دیده شده است که شکر بجای دیرگیری، زودگیری شدیدی بوجود می آورد. بنابراین در دنیا از شکر بعنوان دیرگیرکننده گیرش استفاده نمی شود. مواد دیگری برای این منظور وجود دارد که بصورت پودر یا قرص یا به شکل دیگر برای اینکار بکار می رود.**

**پرسش ۲۰- چه هنگامی مجبوریم قطع بتن را انجام دهیم و درز سرد ایجاد کنیم؟**

**پاسخ ۲۰- قاعدتاً هیچگاه اجراکننده بتن علاقه ای به ایجاد درز سرد ندارد بلکه درز سرد به ناچار ایجاد می شود. وظیفه مجری آنست که جلوی ایجاد درز سرد را بگیرد. اگر درز سرد ایجاد شود لازم است کار قطع شود و سطح بتن سفت یا سخت شده اشباع گردد و اگر ملات واسطه اتصال بکار رود بهتر است. زمانی درز سرد ایجاد خواهد شد که بتن قبلی به قدری سفت شده باشد که ویراتور خرطومی تحت وزن خود را با اندکی فشار به درون بتن نرود.**

**پرسش ۲۱- روش و نحوه و محل اجرای درز اجرائی (انقطاع) را توضیح دهید؟**

**پاسخ ۲۱- درز اجرائی ارتباطی با درز انقطاع ندارد بلکه بنام درز ساخت نیز شناخته می شود joint Construction. درز انقطاع Isolation Joint نام دارد. در درز انقطاع بتن و میلگرد قطع شده است و بتن ها از یکدیگر فاصله دارند. در درز اجرائی پیوستگی بتن و میلگرد وجود دارد و یا باید وجود داشته باشد.**

در آئین نامه بتن ایران و مبحث نهم مقررات ملی، نشریه ۵۵ و نشریه ۱۰۱ روش صحیح تعبیه درز اجرائی و اجرای آن قید شده است. توضیحات بیشتر در تفسیر بخش اول آبا آمده است.

درز اجرائی در محلی پیش بینی می شود که تلاش ها و لنگرها حداقل باشد و اولویت با تنش برشی است و باید حداقل باشد وگرنه باید تدابیر خاصی پیش بینی شود. درز اجرائی نباید بدون شکل و بصورت واریز طبیعی بتن و شیبدار باشد. درزهای اجرائی باید عمود بر امتداد اصلی قطعه باشد. سطح درز اجرائی باید زیر و خشن شود و پس از اشباع کردن و زدودن آب اضافی بتن، بر روی آن یا در کنار آن ریخته شود.

استفاده از لاتکس یا اپوکسی در درزهای اجرائی امکان پذیر است. هم چنین می توان از لاتکس یا اپوکسی محلول در آب در اولین ملات یا بتن مجاور بتن قدیمی استفاده نمود.

**پرسش ۲۲- روش صحیح ایجاد درز انبساط و درز انقباض را توضیح دهید. فلسفه ایجاد این درزها چیست؟**

**پاسخ ۲۲- چهار نوع درز در یک سازه بتنی یا قطعه بتنی ممکن است وجود داشته باشد که درز جدائی (انقطاع)، درز انبساط، درز انقباض (کنترل) و درز اجرائی (ساخت) هستند. درز جدائی برای تقسیم یک سازه به دو قسمت و منظم کردن آن از نظر رفتار در برابر نیروهای جانبی بکار گرفته می شود. هم چنین درز جدائی ممکنست برای عملکرد مستقل دو قسمت از سازه در هنگام نشست نامساوی به دلیل تفاوت های خاک یا تنش های متفاوت پی بکار گرفته شود.**

درز انبساط که در واقع درز انقباض و انقباض است بدلیل تغییرات ابعادی سازه در اثر افزایش یا کاهش دما و رطوبت بکار برده می شود. درز انقباض یا کنترل به منظور جلوگیری از ترک خوردگی دالهای کف در اثر جمع شدگی بتن بویژه در روزهای اولیه تعبیه می شود. درز اجرائی برای جلوگیری از ایجاد درز سرد یا ضعف اجرائی و کمبود توان تولید و حمل و ریختن بتن و یا در محل تقاطع اعضاء افقی و قائم در بالای اعضای قائم پیش بینی می گردد.

در درز انبساط بتن، معمولاً میلگرد قطع می شود، قالب بندی انجام می شود و بتن ریخته می شود و سپس با گذاشتن یونولیت با ضخامتی معادل عرض درز، بتن بعدی را می ریزیم. ممکن است در مواردی که جلوگیری از نشست آب از محل درز انبساط ضروری باشد از نوار آب بند یا انواع پرکننده های درز انبساط مانند فتیله های بنتو بتنی و لاستیکی مخصوص استفاده گردد.

برای درزهای جمع شدگی (انقباض) ممکن است با قراردادن یک ورقه نازک یا ضخیم از مواد مختلف درز را بوجود آورد و یا بخشی از ضخامت آن با اره مخصوص بریده می شود. میلگرد قطعه (در صورتی که موجود باشد) در محل درز کنترل یا انقباض یا جمع شدگی ادامه می یابد. درزهای کامل را Full Depth و درزهائی که بخشی از ضخامت را در برمی گیرد Partial Depth می گویند. ارتفاع درزهای بخشی، دست کم باید یک چهارم ضخامت قطعه باشد تا ضعف کافی برای ترک خوردگی در محل درز فراهم آید. درز کنترل یا جمع شدگی نیازی به عرض خاص ندارد و صرفاً می تواند به ضخامت یک ورقه نایلون یا کاغذ باشد.

فاصله درزهای کنترل ۱۸ تا ۳۶ برابر ضخامت قطعه (دال) میباشد. این فاصله تابع نوع بتن، روانی بتن، حداکثر اندازه سنگدانه است و به نوعی به عیار سیمان بتن بستگی دارد. در دالهای مسلح می توان این فاصله را افزایش داد، بویژه آنکه میلگرد از مرکز دال بالاتر باشد (شبكة فوقانی).

در صورتیکه درز کامل نیاز باشد می توان قالب تعبیه کرد و پس از برداشتن آن و گذاشتن یک ورقه جداکننده یا ماده مناسب بعنوان قالب در کنار بتن سخت شده، بتن جدید را ریخت.

بسیاری از اوقات لازم است درز کنترل و حتی درز انبساط با ماده انعطاف پذیر و چسبنده پر شود تا مواد نامناسب و آب، محل درز را پر نکند و در اثر یخ بندان، بتن را متلاشی ننماید. ضمناً در صورتیکه این درزها پرنشود در اثر تردد، لبه درز می تواند خرد گردد.

**پرسش ۲۳- آیا در عمل آوری بتن می توان از آب غیر شرب (آب شور) استفاده کرد یا نه؟ چرا؟**

**پاسخ ۲۳-** در ابتدا باید گفت که هر آب غیر شربی الزاماً آب شور نیست. آب شور ممکنست برای بتن غیرمسلح بتواند بعنوان آب ساخت و عمل آوری نیز استفاده شود و آب و مقررات ملی و نشریه ۵۵ و ۱۰۱ آن را مجاز شمرده اند.

اصولاً با هر آبی که بتوان بتن را ساخت می توان با همان آب، عمل آوری را نیز انجام داد. طبق ضوابط آبا و مقررات ملی ایران اگر بخواهیم بتن مسلحی را در یک منطقه خورنده بسازیم و عمل آوری کنیم میزان یون کلرید مجاز در آب به ۵۰۰ میلی گرم در لیتر محدود می شود و حتی نمی تواند لب شور باشد. در سایر مناطق میزان یون کلرید ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر نیز مجاز است اما قاعدتاً نمی تواند شور باشد.

**پرسش ۲۴- آیا روان کننده ها علاوه بر ایجاد روانی، همان عملکرد آب در فرآیند هیدراته شدن سیمان را دارند؟**

**پاسخ ۲۴-** خیر، ابتدا چنین عملکردی را ندارند و لازم است آب مورد نیاز برای هیدراته شدن سیمان در دسترس قرار گیرد. مسلماً در هنگام عمل آوری، نیاز به رطوبت رسانی به بتن احساس می شود.

**پرسش ۲۵- آیا زمان بارگذاری سازه های بتنی در آئین نامه پیشنهادی پایائی بتن در محیط خلیج فارس، نسبت به آئین نامه های دیگر دچار تغییر شده است؟**

**پاسخ ۲۵-** در آئین نامه های دیگر، زمانی برای بارگذاری سازه های بتنی مشخص نشده است و در آئین نامه پایائی نیز چنین موضوعی قید نگردیده است. معمولاً در آئین نامه ها در مورد سن مقاومت مشخصه، مطلبی عنوان می شود. مسلماً زمان بارگذاری سازه و اعمال بارهای مشخصه، نباید از سن مقاومت مشخصه کمتر باشد.

**پرسش ۲۶- آیا استفاده از ملات گچ در پای قالب اعضای قائم مثل ستون یا دیوار، جهت بستن درزهای قالب و جلوگیری از خروج شیره بتن صحیح است؟ هم چنین اغلب برای تثبیت پای قالب نیز از ملات گچ استفاده می شود در حالی که گچ جاذب آب است و آب بتن را جذب می کند و در دراز مدت اثر نامطلوبی بر بتن دارد. اگر بکارگیری ملات گچ درست نمی باشد، روش صحیح کار چیست؟**

**پاسخ ۲۶-** در صورتی که از ملات گچ برای ثابت نگهداشتن قالب استفاده شود و تماس قابل توجهی با بتن نداشته باشد استفاده از آن ابدأ مشکلی را بوجود نمی آورد. تماس بتن بویژه برای مدت زیاد با ملات گچ صحیح نیست. هر ماده ای آب بتن را جذب کند به هر حال موجب جمع شدگی بیشتر می شود ولی نسبت آب به سیمان را کم می کند واز این نظر نامطلوب نیست. گچ عمدتاً از سولفات کلسیم تشکیل شده است و می تواند برای بتن زیان آور باشد. امروزه سعی می شود برای درزگیری قالب از نوارهای لاستیکی یا فوم نواری یا فوم تزریقی استفاده شود.

برای نگهداشتن قالب عمودی، می توان با استفاده از یک دستک افقی که به مانع و نگهدارنده ای وصل و تکیه داده می شود اقدام نمود. اینکار در تمام قالب بندی ها رایج است و امری جدید نمی باشد.

**پرسش ۲۷-** در برخی موارد در عمل آوری بتن ستونها از دور پیچ کردن آنها با نایلون استفاده می شود. آیا در مناطق گرم و آفتابی، اینکار باعث افزایش دمای بتن و آسیب رسانی به آن نمی گردد؟

**پاسخ ۲۷-** افزایش دمای بتن در هنگام عمل آوری الزاماً منجر به آسیب رسانی به بتن نمی شود. افزایش دمای بتن در هنگام عمل آوری باعث تسریع هیدراته شدن سیمان و رشد سریع تر مقاومت بتن می گردد. بهرحال اگر دمای بتن از حدود ۶۵ درجه سانتیگراد بالاتر نرود احتمال آسیب رسانیدن به مقاومت دراز مدت و دوام بتن وجود ندارد.

در صورتیکه پوزولان و سرباره در بتن موجود باشد این حد از دما، بالاتر می رود و ممکنست آسیب رسانی در دمای بیش از ۸۰ درجه یا بالاتر اتفاق بیفتد.

دید شده است که دمای بتن در زیر نایلون و حتی در زیر آفتاب از ۶۵ درجه سانتی گراد بالاتر رود و بنابراین بنظر می رسد اینکار مشکل خاصی نداشته باشد.

نکته دیگری در این زمینه باید تذکر داده شود که رطوبت رسانی مستمر به بتن در این مناطق به روش صرفاً جلوگیری از تبخیر با نایلون یا مواد شیمیائی عمل آوری ترجیح دارد. اگر بتوان ضمن استفاده از نایلون، رطوبت را به زیر نایلون و سطح بتن رسانید، روش بسیار مطلوبی تلقی می شود و آب مصرفی برای عمل آوری کاهش می یابد.

**پرسش ۲۸-** پس از بتن ریزی یک ستون یا دیوار، هنگامی که هنوز قالب آنها باز نشده است امکان دسترسی و عمل آوری سطوح جانبی آن وجود ندارد. در این حالت و بویژه هنگامی که از قالب فلزی در محیط گرم همراه با تابش آفتاب استفاده می شود و قالب داغ می گردد و تبخیر آب بتن را افزایش می دهد وضعیت حادثتری ایجاد می کند در این حالت برای عمل آوری و رطوبت رسانی به بتن چه می توان کرد؟

**پاسخ ۲۸-** این مشکل در تمام جداره های قائم مثل گونه تیرها و موارد مشابه وجود دارد. خوشبختانه قالب های قائم را می توان پس از گیرش نهائی و سخت شدن بتن برداشت و حتی در قالب لغزنده، این مدت در فاصله زمانی گیرش اولیه و نهائی قرار دارد. زمان بازکردن اکثر قالب های قائم بین ۵ تا ۳۰ ساعت بسته به نوع بتن و دمای محیط مجاور، نوع سیمان و افزودنیهای مصرفی تغییر می کند. بهتر است قالب های قائم را تا حد امکان زودتر باز کرد و عمل آوری را شروع نمود.

در صورتیکه نتوان قالب های قائم را کاملاً باز نمود، می توان کش قالب راشل نمود تا درزی بین بتن و قالب ایجاد گردد و بتوان آن را به سطح بتن رسانید.

لازم به ذکر است که اگر قالب بتن برداشته نشود عملاً در صورت داغ بودن آن، تبخیر جدی از سطح اتفاق نمی افتد بنابراین نگرانی جدی وجود ندارد ولی همواره رطوبت رسانی بهتر از حفظ رطوبت موجود است. بنابراین وضعیت حادی بوجود نمی آید و مشکل جدی حس نمی شود.

**پرسش ۲۹ -** آیا قطع بتن در شالوده مخازن آب مجاز است؟ توضیح دهید.

**پاسخ ۲۹-** بهتر است این قطع بتن و ایجاد درز اجرائی در شالوده مخازن آب اتفاق نیفتد. بدیهی است گاه به ناچار لازم است درز اجرائی پیش بینی شود یا مجبور به قطع بتن در حین بتن ریزی می شویم. برای مثال توقف تولید بتن، خرابی پمپ می تواند از جمله عوامل بروز مشکل باشند. درمحل درز اجرائی، پیش بینی های لازم انجام شده است و قالب موقت (برای مثال رایبیتس) بکار رفته است و پس از آن در هنگام بتن ریزی نیز تمهیدات لازم برای اجرای یک درز اجرائی مناسب فراهم می آید و گاه نوار آب بند نیز بکار می رود. مسلماً درموردی که آب بندی دیواره با کف مخازن و حوضچه های مختلف مطرح باشد اهمیت ایجاد یک درز اجرائی مناسب با اجرای صحیح بیشتر خواهد شد.

هنگامیکه طبق برنامه، محل قطع در محل درز اجرائی پیش بینی شده نباشد، لازم است، سعی شود تا حد امکان قالب موقتی بکار رود و بتن ریخته شده بخوبی متراکم گردد. لازم است محل درز بخوبی زبر شود. باز کردن سریع قالب موقت و ایجاد زبری بیشتر توصیه می گردد.

همانگونه که قبلاً در برخی پاسخ ها آمده بود، می توان با استفاده از ملات واسطه اتصال، چسبندگی در بتن را بهبود بخشید و آب بندی بوجود آورد. هم چنین می توان در این ملات ها از لاتکس یا اپوکسی محلول در آب بهره برد و یا از لاتکس و اپوکسی بطور مستقیم استفاده نمود و آن را بر سطح بتن قدیمی مالید و قبل از اینکه چسبندگی خود را از دست دهد ملات یا بتن را ریخت.

در صورتی که بازهم درز ضعیفی بوجود آید می توان با ایجاد شیار V شکل در محل درز و پرکردن آن با ملات نرم مناسب و آب بند، سطح بتن را در محل درز، آب بندی نمود اما اینکار ضعف سازه ای را مرتفع نمی نماید.

**پرش ۳۰- در برخی قطعات بتنی مسلح بدلیل فشردگی و پر حجم بودن میلگردها امکان لرزاندن و متراکم کردن بتن بسیار کم و گاه غیر ممکن است. راهکار پیشنهادی برای چنین قطعات یا مناطقی چیست؟**

**پاسخ ۳۰-** همانطور که بارها گفته شده است امروزه با چنین معضل جدی در بسیاری از قطعات و یا در محل اتصال تیر و ستون یا دیوار و دال روبرو هستیم که دلیل آن تغییر آئین نامه ها و میل به کاهش ابعاد قطعات است و هر چند از میلگردهای پرمقاومت تر استفاده می شود اما معمولاً با جنگل انبوهی از میلگرد روبرو می شویم که احساس می گردد که جایدهی بتن در بین آنها و اطراف میلگردها کاری بس دشوار و نشدنی باشد.

برای حل این معضل، بیش از ۱۵ سال است که بکارگیری بتن های خود تراکم توصیه می شود و قبل از آن استفاده از بتن های روان و با اسلامپ بیش از ۱۷۰ میلی متر یا بیش از ۱۹۰ میلی متر توصیه می شد.

بهرحال باید سعی کرد که استفاده از بتن خود تراکم بصورت رایج در آید و با گسترش دانش بتن و بویژه بتن های خود تراکم، این مشکل را از سر راه برداشت.

عدم تراکم مناسب بتن در اطراف و لابلای میلگردها باعث کاهش پیوستگی بتن و میلگرد و کاهش ظرفیت باربری اعضای بتنی است و بویژه در برابر زلزله با ضعف شدیدی روبرو خواهیم شد، ضمن اینکه در برنگرفتن میلگردها توسط بتن می تواند باعث خوردگی زود هنگام میلگردها بویژه در مناطق خورنده شود.

در مواردی که آب بندی بتن اهمیت داشته باشد نیز با مشکل نفوذ شدید آب از محلتهائی که بتن به خوبی آن را پرکرده است روبرو خواهیم بود که رفع آن بسیار سخت، وقت گیر و پرهزینه می باشد.

## با احترام

محسن تدین

رئیس هیات مدیره انجمن بتن ایران