

پرسش و پاسخ دوره بتن غلتکی و افزودنی های بتن ریزی در هوای سرد
(تبریز ۴ و ۵ دیماه ۱۳۹۸)

پرسش ۱- آیا بتن های غلتکی همواره دارای اسلامپ صفر و بصورت بدون اسلامپ هستند؟ چرا؟ پس چگونه حمل می شوند؟

پاسخ ۱- بتن های غلتکی دارای اسلامپ صفر هستند به نحوی که برای تعیین روانی آن باید از آزمایش وی-بی ($V-B$) استفاده گردد. در مواردی مشاهده می شود که از بتن هایی با اسلامپ حدود ۵ سانتی متر به عنوان بتن غلتکی استفاده کرده اند که عجیب و غیر قابل قبول بنظر می رسد مگر اینکه آنقدر در تراکم آن تاخیر افتد که به اسلامپ صفر و قابل تراکم با غلتک برسد که این امری بعید و دور از ذهن است. بتن های غلتکی قابل حمل با تراک میکسر نیستند و باید با کامیون کمپرسی یا تراک مخصوص حمل بتن به پای کار (فنیشر) منتقل گردد. بهر حال در تراکم با غلتک، بتن باید آنقدر سفت باشد که از زیر غلتک بیرون نزند و بتواند متراکم گردد.

پرسش ۲- آیا بتن های غلتکی فقط در رویه های راه بکار می رود یا کاربردهای دیگری نیز دارد؟

پاسخ ۲- بتن های غلتکی در ادامه تثبیت خاک با سیمان (خاک - سیمان) در راهسازی و سدسازی بوجود آمد. در سال ۱۹۷۱، برای اولین بار در یک کنفرانس مرتبط با سد سازی برای ساخت سریع سدها بصورت یک ایده در قالب یک مقاله ارائه شد. بنابراین بتن غلتکی از آن حدود به تدریج به صورت آزمایشی در ساخت سدهای بتنی بکار گرفته شد و در آن از روشهای خاکی برای اجرا استفاده می گردید. در همان دهه ۷۰ میلادی اجرای رویه های بتن غلتکی نیز در دستور کار قرار گرفت در حالی که اصولاً این بتن ها برای سدسازی بکار می رفت. بنابراین کاربرد دوم این بتن ها در ساخت رویه راهها و در لایه های اساس روسازی های آسفالتی می باشد.

پرسش ۳- آیا در بتن های غلتکی، میلگرد مصرف نمی شود و این رویه ها غیر مسلح هستند؟ آیا فقط رویه های بتن غلتکی بدون میلگرد و غیر مسلح می باشند؟ آیا میلگردهای اتصال (داول) و میلگردهای دوخت نیز در رویه های بتن غلتکی بکار نمی رود؟

پاسخ ۳- در بتن های غلتکی از میلگرد استفاده نمی گردد و غیر مسلح می باشند. اصولاً بکارگیری میلگرد در این نوع از رویه ها امکان پذیر نیست. برخی رویه های دیگر که دارای اسلامپ هستند و غلتکی محسوب نمی شوند نیز غیر مسلح می باشند و در آنها از درز کنترل (جمع شدگی) استفاده می شود. در همه انواع رویه های غیر غلتکی از میلگردهای اتصال و دوخت استفاده می گردد، اما در رویه های بتن غلتکی، معمولاً از میلگردهای اتصال و دوخت استفاده نمی شود.

پرسش ۴- چرا از گذشته دور رویه های بتنی و بویژه رویه های بتن غلتکی در ایران مورد استقبال واقع نبوده است؟ چرا امروزه سعی می شود از رویه های بتنی حمایت شود و کاربرد آنها مورد تشویق قرار گیرد؟

پاسخ ۴- در ایران به دلیل قیمت بسیار کم قیر در گذشته، از رویه های بتن قیری (آسفالتی) استفاده شده است. هر چند تولید سیمان همواره از پارانه سوخت برخوردار بوده است اما بهر حال رویه آسفالتی از بتنی ارزان تر تولید می شد. البته باید گفت هزینه آن در طول عمر در نظر گرفته نمی شد و صرفاً هزینه تمام شده اولیه مد نظر بوده است.

از حدود ۱۵ سال پیش، قیمت قیر به تدریج به قیمت جهانی نزدیک تر شد و صادرات آن هر روز گسترده تر گشت. در این ایام هر چند قیمت سیمان نیز بیشتر شد اما افزایش آن در حد قیر نبود. صادرات سیمان نیز به مقدار زیادی انجام می شد و تقاضای آن با عرضه سیمان تناسب داشت.

به تدریج با کاهش تقاضای سیمان و کاهش صادرات آن و افزایش چند برابری قیمت قیر و کاهش نسبی قیمت سیمان، احساس شد که قیمت اولیه تمام شده بتن برای رویه های راه کمتر از قیمت آسفالت می شود و هم چنین بنظر می رسید که قیمت بتن برای طول عمر خود به مراتب کمتر از قیمت آسفالت در همان عمر است. بنابراین در اواخر دهه ۸۰ (حدود ۱۰ سال پیش) سعی شد تا برای بکارگیری رویه های بتنی تبلیغ بیشتری صورت گیرد. در بین رویه های بتنی، رویه بتن غلتکی به امکاناتی احتیاج داشت که در کشور موجود بود در حالیکه امکانات اجرای سایر رویه های بتنی در ایران کمیاب یا نایاب بود. بنابراین در ابتدا تشویق بیشتری برای طراحی و اجرای رویه های بتنی غلتکی انجام شد و گاه بنظر می رسید که رویه های بتنی دیگر فراموش شده است. امروزه به دلیل کاهش جدی صادرات سیمان و امکان صدور هر چه بیشتر قیر، بنظر می رسد بهتر است از این طریق، یعنی اجرای رویه های بتنی، راهی برای مصرف بیشتر سیمان در ایران باز شود.

پرسش ۵- آیا در رویه های بتن غلتکی از مواد روان کننده یا فوق روان کننده استفاده می شود؟ آیا افزودنی های دیگر مانند مواد حبابزا یا زودگیرکننده ها بکار می روند؟ چرا؟

پاسخ ۵- معمولاً با توجه به روانی بتن غلتکی و نداشتن اسلامپ، نیاز به مواد روان کننده یا فوق روان کننده وجود ندارد. حتی ممکن است با مصرف فوق روان کننده، یک حالت خمیری مزاحم بوجود آید. بنابراین مصرف این مواد ابداً توجیهی ندارد. گاه مواد حبابزا در بتن های غلتکی بکار رفته است. در رابطه با اثر مواد حبابزا در بتن غلتکی تردید شده است زیرا گفته می شود که در یک بتن کاملاً سفت، ایجاد حبابهای ریز و پخش و با فاصله کم امکان پذیر نمی باشد. بهرحال معمولاً نسبت آب به سیمان بتن های غلتکی کم است و عملکرد آن در برابر چرخه های یخ زدن و آب شدن نسبتاً مطلوب می باشد. برخی نیز گفته اند که امکان ایجاد حباب هوای ریز و با فاصله کم در این نوع بتن، وجود دارد و اثرات مطلوبی بجا می گذارد. ممکن است در شرایط هوای سرد، از مواد زودگیرکننده استفاده شود اما فاصله حمل بتن باید بسیار کوتاه باشد. در هوای گرم نیز ممکن است از مواد دیرگیرکننده استفاده شود بویژه اگر فاصله حمل طولانی باشد. استفاده از مواد کاهنده تبخیر بعنوان افزودنی بتن رواج دارد تا آب کم بتن حفظ گردد و کارایی آن افت نکند.

پرسش ۶- آیا الیاف مختلف در رویه های بتنی بویژه بتن غلتکی استفاده می شوند؟ آیا بکارگیری آنها الزامی است؟ چه تاثیراتی از این الیاف مورد انتظار است؟

پاسخ ۶- از الیاف مختلف پلیمری، شیشه ای و فولادی می توان در رویه های بتنی استفاده کرد. در بتن غلتکی نیز از این الیاف استفاده شده است. بکارگیری این الیاف در بتن غلتکی الزامی نیست. الیاف فولادی می تواند مقاومت خمشی و بویژه ظرفیت خمشی را افزایش دهد. الیاف پلیمری بلند (ماکرو) نیز می تواند ظرفیت خمشی بتن را بالا برد. الیاف پلیمری کوتاه (میکرو) چندان تاثیری بر خواص مکانیکی ندارد و صرفاً اندکی کاهش در جمع شدگی ناشی از خشک شدن ایجاد می کند و البته احتمال ترک خوردگی خمیری بتن را کمتر می کند. الیاف فولادی و پلیمری نیز کاهش جمع شدگی خمیری و جمع شدگی ناشی از خشک شدن را به همراه دارد. بهرحال با تعبیه درز جمع شدگی، نیاز به بسیاری از این الیاف از بین می رود. با افزایش تعداد درزها و کاهش فاصله این درزها از یکدیگر می توان از مصرف این الیاف صرفنظر نمود. گاه بیرون زدگی نوک الیاف فولادی می تواند برای لاستیک های خودرو مشکلاتی را نیز به همراه آورد.

پرسش ۷- چرا مواد زودگیرکننده در بتن ریزی در هوای سرد توصیه می شود؟ آیا مصرف این مواد در این شرایط الزامی است؟

پاسخ ۷- در هوای سرد گیرش بتن به تاخیر می افتد و کسب مقاومت با کندی به پیش می رود. چنانچه از این مواد استفاده نکنیم، ممکن است کسب مقاومت بطول انجامد و نیاز به حفاظت طولانی مدت تری داشته باشیم که هزینه بردار است و

بهرحال باید قالب برداری را نیز به تاخیر اندازیم. هر چند مصرف این مواد زودگیر کننده یا به عبارت بهتر زودسخت کننده در شرایط هوای سرد الزامی نیست، اما برای کسب مقاومت سریع تر و کاهش مدت حفاظت لازم (تا کسب ۵ مگاپاسکال برای بتن غیر اشباع و ۲۵ مگاپاسکال برای بتن اشباع) مصرف این مواد توصیه می شود و یک راهکار نسبتاً رایج است. بهر حال راهکارهای دیگری نیز در هوای سرد برای بتن ریزی وجود دارد و این راه حل، یگانه و منحصر بفرد نیست.

پرسش ۸- چرا بکارگیری مواد حباب هواساز در بتن ریزی در هوای سرد توصیه می شود؟ آیا صرفاً مصرف این مواد برای افزایش دوام بتن در دوره بهره برداری در برابر چرخه های یخ زدن و آب شدن آن توصیه نمی شود؟

پاسخ ۸- بهتر است در ابتدا، بخش دوم پرسش، پاسخ داده شود. مصرف مواد حبابزا فقط برای دوام بتن در برابر چرخ های یخ زدن و آب شدن در دوره بهره برداری نیست. برای کاهش آب انداختن بتن تازه، یک راه حل، استفاده از مواد حبابزا می باشد. برای کاهش نفوذپذیری بتن در مخازن آب و فاضلاب و موارد مشابه، طبق توصیه *ACI350*، از مواد حبابزا یا سیمانهای حبابزا استفاده می شود. حتی در مواردی نیز بکارگیری این مواد در مناطق خورنده کلریدی توصیه شده است. در مقابله با حمله سولفاتی نیز کاربرد این مواد را مفید دانسته اند. در آخر نیز باید گفت که برخی، کاهش انبساط ناشی از واکنش زایی سنگدانه - قلیایی را بواسطه ایجاد حبابهای هوای ریز و پخش در بتن، محتمل دانسته اند و آن را مفید قلمداد کرده اند. اما به هر حال معروف ترین فایده این مواد، افزایش دوام در برابر چرخه های یخ زدن و آب شدن است. در هوای سرد، از مواد حباب هواساز برای بتن ریزی نیز می توان استفاده کرد و توصیه نیز می شود، زیرا خطر تخریب در اولین یخ بندان را کاهش می دهد و در صورت عدم حفاظت کافی بویژه از نظر مدت، بتن از تخریب در امان خواهد ماند.

پرسش ۹- چرا مصرف مواد فوق روان کننده پلی کربوکسیلاتی می تواند در بتن ریزی در شرایط هوای سرد مفید واقع شود؟ چگونه این امر می تواند محقق شود؟

پاسخ ۹- مصرف این مواد فوق روان کننده در یک بتن، حتی با عدم کاهش نسبت آب به سیمان می تواند به رشد بهتر مقاومت بتن در سنین اولیه کمک کند. بهر حال در این حالت، فایده این مواد چندان زیاد نیست.

بهتر است با استفاده از این مواد فوق روان کننده پلی کربوکسیلاتی کاهش موثری در نسبت آب به مواد سیمانی ایجاد کرد. این امر به کاهش آب موجود در بتن، کاهش نسبت آب به سیمان و رشد مقاومتی بیشتر در سنین اولیه کمک می کند. این سه تاثیر عامل رشد مقاومت اولیه بیشتر و افزایش مقاومت دراز مدت خواهد شد. بویژه با کاهش آب موجود در بتن امکان آسیب دیدن آن در یخ بندان کاهش می یابد. بهر حال باید اذعان کرد که در کنار این راه حل، راه های دیگری در شرایط هوای سرد برای بتن ریزی وجود دارد.

پرسش ۱۰- آیا بکارگیری سیمان بیشتر یا استفاده از سیمانهای زودسخت شونده (با مقاومت اولیه زیاد) راه حل مناسبی برای بتن ریزی در هوای سرد تلقی می شود؟ چرا؟

پاسخ ۱۰- در *ACI 306* در گذشته، یک راه حل مهم در شرایط هوای سرد، استفاده از حدود ۶۰ کیلوگرم سیمان بیشتر در هر متر مکعب بتن قلمداد شده است. این امر به نوعی باعث کاهش نسبت آب به سیمان و هم چنین افزایش گرمزایی ناشی از سیمان هیدراته شده می شود و در مجموع افزایش مقاومت در سنین اولیه را به همراه خواهد داشت.

استفاد از سیمانهای زودسخت شونده (با مقاومت اولیه زیاد) مانند سیمانهای پرتلند نوع ۳ یا سیمانهایی مانند رده ۴۲۵ و بویژه رده ۵۲۵ از جمله راه حل های رایج برای بتن ریزی در هوای سرد است.

با افزایش C_3S در کلینکر سیمان و کاهش C_2S آن و هم چنین افزایش سطح ویژه (ریزی یا نرمی) آن در هنگام آسیاب کردن می توان به این مهم یعنی ساخت سیمانهای زود سخت شونده دست یافت. بهرحال باید گفت علاوه بر این راه حل، راه حل های دیگری نیز مانند استفاده از مواد زودگیرکننده وجود دارد.

راه حل دیگری نیز که تاکنون در این پاسخ ها بدان پرداخته نشده است، افزایش دمای حفاظت و عمل آوری از بتن در این شرایط است که به رشد بهتر مقاومت آن منجر می شود.

پرسش ۱۱ - در بازرسی سطح شالوده های پایه های (دکل های) یک تله کابین که سالیان طولانی در یک منطقه سرد کوهستانی استفاده می شده است ترک هایی مشاهده شد که نمونه هایی از عکس های آن نیز ارسال شده است؟ آیا این ترک ها مربوط به بتن ریزی در هوای سرد بوده است؟ طول و عرض و عمق این ترک ها متفاوت می باشد. چگونه می توان آنها را ترمیم کرد؟ آیا نیاز به تقویت وجود دارد؟ لازم به ذکر است که امکان تخریب کامل و ساخت مجدد این شالوده ها عملاً غیر ممکن است.



پاسخ ۱۱- با توجه به ترک های پراکنده و غیر سراسری که در عکس ها مشخص است و در سطح فوقانی شالوده های پایه های دکل تله کابین مورد نظر دیده می شود باید گفت که این ترکها، مربوط به بتن ریزی در هوای سرد نیست. هم چنین این ترک ها به دلیل چرخه های یخ زدن و آب شدن در این منطقه سردسیر کوهستانی و دارای یخ بندان های شدید نیز ایجاد نشده است. این ترکها مربوط به حمله سولفاتی یا واکنش قلیایی - سنگدانه نیز نمی باشد.

هر چند این ترکها در ابتدای بتن ریزی به دلیل تبخیر آب از سطح بتن و جمع شدگی خمیری ایجاد شده است اما به دلیل جمع شدگی ناشی از خشک شدگی در بتن سخت شده، به تدریج افزایش یافته است. ضمناً باید گفت این ترکها مربوط به نشست خمیری ناشی از آب انداختن زیاد بتن تازه نیز نیست زیرا در بالای سر میلگردها و بطور منظم ایجاد نشده است.

این ترکها در اثر تنش حرارتی نیز بوجود نیامده است و شکل این نوع ترکها را نیز دارا نمی باشد. عمق این ترکها چندان زیاد نیست و به میلگردهای فوقانی نیز معمولاً نمی رسد. برای تعمیر این ترکها، یک راه حل ساده، استفاده از تزریق رزین اپوکسی کم لزجت (*Low Viscosity Resin Epoxy*) یا متاکریلات بصورت ثقلی (بدون فشار) در این ترک ها است. در این مورد به دستورالعمل های چهارده گانه تعمیر مربوط *ACI* مراجعه شود. این شالوده ها نیاز به تقویت ندارند مگر اینکه از ابتدا دارای طراحی ناقص یا غلط باشد یا آئین نامه های مربوطه تغییر کرده باشد.

پرسش ۱۲- با توجه به کمبود آب ساخت در بتن غلتکی، آیا پس از ریختن و تراکم بتن، نیاز به حفاظت بیشتر و عمل آوری وجود ندارد؟ این عملیات چگونه باید انجام شود؟

پاسخ ۱۲- یکی از مشکلات جدی بتن غلتکی، پائین بودن مقدار آب آن می باشد و بویژه در شرایطی که به دلیل دمای زیاد هوا، تابش آفتاب، پائین بودن رطوبت نسبی هوا و وزش باد و از همه مهمتر بالا بودن دمای بتن مصرفی، میزان تبخیر از سطح بتن افزایش می یابد سطح بتن سریعاً خشک می شود و امکان ترک خوردگی بیشتر می گردد. حتی این موارد بر کیفیت سطح بتن اثر می گذارد. بنابراین باید در اسرع وقت از سطح بتن حفاظت شود. برای این منظور نیاز به اعمال مواد و ترکیبات شیمیایی غشاء ساز عمل آوری بر سطح بتن وجود دارد. این مواد باید بلافاصله پس از تراکم بتن، بر سطح بتن پاشیده شود تا جلوی تبخیر گرفته شود. با انجام اینکار نیازی به عمل آوری رطوبتی و پاشیدن آب وجود ندارد. این مواد معمولاً یک هفته

یا بیشتر بر سطح بتن باقی می ماند و به تدریج در اثر ترک خوردگی و پوسته شدگی از سطح بتن جدا می شود که عملاً ماموریت خود را به انجام رسانیده است.

پرسش ۱۳- کنترل تراکم بتن غلتکی چگونه انجام می شود؟ آیا راه حل دیگری بجز کنترل تراکم برای این اینکار وجود دارد؟

پاسخ ۱۳- کنترل بتن غلتکی معمولاً با تعیین دانسیته بتن تازه و مقایسه آن با دانسیته بتن متراکم تازه در آزمایشگاه و رسیدن به درصد تراکم مورد نظر انجام می شود. اینکار برای سرعت بخشی به کنترل تراکم در حین اجرا با روش هسته ای انجام می گردد. هر چند روش های دیگر تعیین دانسیته، مانند روش مخروط ماسه در کنترل تراکم خاک، نیز بکار می رود. هم چنین می توان با مغزه گیری از بتن سخت شده و مقایسه چگالی آن با بتن سخت شده و یا مقایسه مقاومت فشاری آن با مقاومت مشخصه، این کنترل را پس از اجرای بتن رویه غلتکی به مرحله اجرا در آورد.

پرسش ۱۴- آیا مصرف مواد روان کننده یا فوق روان کننده در بتن ها اصولاً باعث افزایش مقاومت بتن می شود یا کاهش آن ؟

پاسخ ۱۴- اصولاً نمی توان یک جواب کلی به این پرسش داد و مستلزم توضیح بیشتر است. چنانچه نسبت آب به سیمان بتن ثابت بماند و صرفاً مواد روان کننده یا فوق روان کننده به آن اضافه شود نمی توان انتظار افزایش مقاومت را داشت. گاه به دلیل ایجاد حباب هوا در بتن به خاطر مصرف این مواد، کاهش مقاومت حاصل می گردد، زیرا به واسطه هر یک درصد هوا، در حدود ۵ درصد از مقاومت فشاری بتن کم می شود.

چنانچه حباب هوا در بتن ایجاد نشود کاهش مقاومت را شاهد نخواهیم بود و حتی در برخی موارد با مصرف برخی فوق روان کننده ها به دلیل پخش بهتر ذرات سیمان در بتن و امکان هیدراته شدن سطح همه ذرات آن، امکان افزایش مقاومت به میزان بسیار کم وجود خواهد داشت. در صورتی که با حفظ روانی، امکان کاهش نسبت آب به سیمان در اثر کاهش مقدار آب میسر گردد، حتماً مقاومت بتن افزایش می یابد. در این حالت اگر حبابزایی مواد روان کننده مصرفی کنترل شود این افزایش مقاومت را بصورت جدی شاهد خواهیم بود. گاه از برخی مواد فوق روان کننده مانند پلی کربوکسیلاتها، افزایش مقاومت قابل توجهی بویژه در کوتاه مدت را انتظار داریم. بهر حال همانطور که در استاندارد ۲۹۳۰ ایران و EN934 شاهد هستیم، گاه مشخصات این افزودنی ها در روانی برابر و گاه در نسبت آب به سیمان

برابر ارائه می شود. در استاندارد *ASTM C494* برای مواد روان کننده و فوق روان کننده در روانی برابر، مشخصات فنی ارائه شده است بنابراین از واژه کاهنده آب یا کاهنده آب قوی استفاده می شود.

در استاندارد *ASTM C1017*، مشخصات فنی مواد روان کننده با نسبت آب به سیمان برابر ارائه می شود و از همان واژه روان کنندگی نیز استفاده شده است. در صورتی که از مواد روان کننده و فوق روان کننده برای کاهش آب به منظور کاهش سیمان در ضمن ثابت بودن نسبت آب به سیمان استفاده شود، انتظار چندانی برای افزایش مقاومت وجود ندارد اما گاه در برخی موارد (بسته به عیار سیمان مصرفی) ممکن است افزایش جزئی در مقاومت حاصل گردد.

پرسش ۱۵- آیا مصرف سیمانهایی با ریزی زیاد (مثلاً با بلین بیش از ۳۶۰۰ سانتی متر مربع بر گرم) مشکلاتی را بوجود می آورد؟ تجربه ما مصرف افزودنی روان کننده بیشتر و افت اسلامپ زیادتر بوده است. آیا این موارد را تأیید می کنید؟

پاسخ ۱۵- امروزه علاقه بیشتر تولیدکنندگان سیمان برای افزایش مقاومت اولیه سیمان های تولیدی، افزایش نرمی سیمان به کمک آسیاب کردن بهتر و بیشتر می باشد. بدین منظور در این کار نیز افراط می شود و بهبود کیفیت کلینکر و افزایش مقدار C_3S از نوع مفید آن، فراموش می گردد.

افزایش سطح ویژه سیمان موجب می شود که نیاز به آب برای ایجاد روانی یکسان، بیشتر گردد و چنانچه در ساخت بتن، صرفاً کنترل روانی در دستور کار قرار گیرد، نسبت آب به سیمان افزایش می یابد و به نوبه خود باعث کاهش مقاومت می گردد، در حالی که در آزمایش سیمان طبق استاندارد ملی ۳۹۳، ملات استاندارد با نسبت آب به سیمان یکسان و بدون توجه به روانی حاصله، مقاومت ها به مقدار قابل توجهی بویژه در سنین اولیه افزایش می یابد. در این سیمان ها عملاً مقدار آب برای تهیه خمیر نرمال، افزایش نشان خواهد داد.

مسلماً برای آنکه نسبت آب به سیمان بتن ثابت باشد و سیمان ریزتری بکار رود باید مصرف مقدار روان کننده را افزایش داد. تجربه نشان می دهد در این حالت نیز با افت روانی بیشتری روبرو خواهیم شد. برای جبران این افت روانی باید مقدار روانی اولیه پس از ساخت را افزایش دهیم که به نوبه خود مقدار مصرف روان کننده را نیز بالا می برد. بنابراین با افزایش جدی تر مصرف روان کننده روبرو خواهیم شد.

حال فرض کنید از روان کننده استفاده نشود و مصرف آب را بیشتر کنیم و بخواهیم روانی اولیه را نیز برای جبران افت اسلامپ، بیشتر کنیم، بنابراین ممکن است آثار افزایش مقاومت اولیه در عمل در بتن کاملاً خنثی شود در حالی که نتایج آزمایش

ملات استاندارد و سیمان طبق استاندارد ۳۹۳ ایران کاملاً یک افزایش جدی در مقاومت را نشان می دهد.

این امر همواره یک اختلاف جدی بین تولیدکنندگان سیمان و مصرف کنندگان آن را بوجود آورده است و بوجود خواهد آورد. تکیه تولیدکننده بر نتایج مقاومت فشاری ملات استاندارد در سنین اولیه و ۲۸ روزه و توجه مصرف کننده سیمان به مقاومت فشاری اولیه و ۲۸ روزه بتن تولیدی یک تفاوت آشکار را نشان می دهد که ظاهراً توجیهی برای آن نمی یابند و هرکدام دیگری را به خطا یا اشتباه در آزمایش متهم می کنند، در حالی که هر دو محق هستند. به همین دلیل در استاندارد ۱۷۵۱۸-۱ و استاندارد منتشر نشده تجدید نظر ۳۸۹ سیمانهای پرتلند ایران سعی شد تا حداکثر نرمی سیمان با روش بلین به حدود ۳۶۰۰ سانتی مترمربع برهرگرم سیمان محدود شود (بجز سیمان پرتلند با مقاومت اولیه زیاد یا همان نوع ۳).

این محدودیت کمک می کند تا تولیدکننده سیمان ابتدا بر کیفیت کلینکر بیفزاید و سپس در فکر افزایش ریزی تا حد مورد نظر بیفتد. ممکن است در سایر استانداردهای معتبر بین المللی این محدودیت وجود نداشته باشد اما بنظر می رسد در ایران باید از چنین محدودیتی استفاده کرد. نباید از نظر دور داشت که شرایط هوای گرم نیز بر افزایش مقدار مصرف روان کننده و افزایش افت اسلالمپ (روانی) بتن موثر است و میزان تاثیر آن قابل توجه می باشد. بنابراین در کنار نرمی زیاده از حد سیمان، به این امر نیز باید عنایت داشت.

پرسش ۱۶- در ساخت قطعات نیوجرسی، با مشکل ایجاد حبابهای (حفرات) هوای سطحی مواجه بوده ایم؟ دلیل آن چه می تواند باشد و چگونه باید این نقیصه را برطرف کرد؟

پاسخ ۱۶- در ساخت همه اعضای بتنی ساختمان و همه قطعات پیش ساخته بتنی همواره با چنین حفرات هوای ریز و درشت سطحی در سطح قالب بندی شده قائم مواجه هستیم. گاه این حفرات هوا صرفاً در سطح بتن نیست و در توده بتن نیز این حفرات به چشم می خورد. آنچه مسلم است، هوای موجود در بتن نمی تواند از درون بتن یا از حدفاصل قالب و بتن به سمت بالا حرکت کند و خارج گردد و نتیجه آن بدین صورت به چشم می آید. یکی از مهمترین دلایل برای ایجاد این حالت در سطح بتن قالب بندی شده و در درون بتن، عدم کفایت لرزاندن (تراکم) بتن می باشد، زیرا نتوانسته است هوا را از جای خود به حرکت در آورد و خارج کند. گاه دلیل این امر عدم کفایت زمانی و عدم قدرت و توانایی لرزاننده درونی بتن نیست بلکه به دلیل افزایش ضخامت لایه بتنی که باید متراکم شود این نقیصه حاصل می

گردد. ضخامت هر لایه که با ویبراتور خرطوم‌ی یا لرزاننده قالب و غیره متراکم می‌شود نباید از ۶۰ سانتی‌متر (و درموردی از ۵۰ سانتی‌متر) بیشتر گردد. بنابراین ممکن است با ریختن لایه‌های یک‌متری، عملاً تراکم حاصل نشود و در مغز بتن و سطح آن این حبابها حتی علی‌رغم اینکه تراکم لرزشی ظاهراً بقدر کافی انجام می‌گردد، دیده شود. گاه در ستونها، تمام ستون از بتن پر می‌شود و سپس تراکم لرزشی انجام می‌شود و بدیهی است هوای موجود از درون بتن و سطح آن خارج نمی‌گردد. گاه بنظر می‌رسد با افزایش زمان لرزاندن می‌توان این مشکل را برطرف کرد در حالی که در چنین وضعیتی شیره بتن به شدت رو می‌زند و شن‌ها به بخش‌های زیرین رانده می‌شوند و جداسدگی بطور جدی حاصل می‌گردد، که نتیجه این لرزاندن زیاده از حد (*Over Vibration* یا *Over Consolidation*) خواهد بود.

در سطح بتن‌هایی که دارای قالب غیر جاذب (مانند قالب فولادی) هستند چنین حفرات هوای سطحی (*Surface Air Voids*) به میزان بیشتری ایجاد و دیده می‌شود. وجود روغن قالب زیاد یا مصرف روغن قالب با لزجت زیاد عامل مهمی در ایجاد این حفرات سطحی هستند، اما چنانچه فقط این عامل وجود داشته باشد، حفرات هوای قابل توجهی در توده بتن نباید دیده شود و نباید وجود داشته باشد. بویژه در زمستانها با افزایش لزجت یا (*Viscosity*) این مواد رها ساز یا روغن قالب، ممکن است وضعیت حفرات هوای سطحی بحرانی تر شود. هر چند در زمستان، گرانیروی بتن نیز به علت دمای کم، افزایش می‌یابد و انتظار می‌رود هوای درون بتن نیز با زحمت بیشتری بتواند خارج شود.

در تابستان و در شرایط هوای گرم نیز به دلیل بالاتر بودن دمای بتن و قالب (بویژه فولادی) بصورت دیگری این مشکل، یعنی حفرات هوای سطحی و درونی بتن، افزایش می‌یابد! در چنین شرایطی به دلیل زودتر سفت شدن بتن (افت روانی بیشتر) و هم چنین دمای زیاد قالب و در نتیجه سفتی زود هنگام بتن در مجاورت آن باعث می‌گردد تا حبابهای هوا درون بتن یا در سطح قالب نتوانند به راحتی از جای خود به خوبی حرکت کنند، به نحوی که نتوانند خارج شوند و مشکل مزبور به صورت حادی خودنمایی کند!

در *ACI309.2R* و در جدولی به عیوب سطوح قالب بندی شده بتن می‌پردازد. در ردیف دوم این جدول تحت عنوان نقیصه یا عیب حفرات هوای سطحی (*Surface Air Voids*) به عوامل احتمالی ایجاد این عیب می‌پردازد و صرفاً از آنها نام می‌برد بدون اینکه به دلایل آنها اشاره کند. از جمله این عوامل مربوط به خود عضو و طراحی آنست. برای مثال شیبدار بودن قالب به نحوی که هوای بتن در زیر آن باقی بماند از جمله این عوامل است.

غیر قابل جذب بودن قالب، انعطاف پذیری زیاد قالب، بکارگیری نامناسب روغن قالب (مصرف زیاد یا از نوع نامناسب) از جمله این عوامل دانسته شده است. دمای زیاد بتن یا دمای زیاد هوا نیز از جمله این عوامل ذکر گردیده است. در ادامه، وجود ماسه با مدول نرمی کم و حتی با مدول نرمی زیاد از این عوامل محسوب می شود.

کارآیی کم و پائین بتن، کم عیار بودن و حتی داشتن عیار سیمان زیاد یا پوزولان زیاد، زیادای ماسه در طرح مخلوط و وجود هوای زیاد در بتن از جمله عوامل دخیل در ایجاد نقیصه حفرات سطحی بتن قالب بندی شده به حساب می آید. در رابطه با ریختن بتن در قالب، سرعت کم بتن ریزی مانند نرخ ناکافی پمپ کردن بتن و یا استفاده از جام (باکت) با اندازه خیلی کوچک به عنوان عامل ایجاد این عیب دانسته شده است. باید اضافه کنم که در برخی مراجع دیگر، سرعت زیاد ارتفاعی بتن ریزی نیز عامل ایجاد حبابهای حفرات سطحی بتن در مجاورت قالب ذکر شده است و در بتن ریزی با بتن خودتراکم به این عامل اشاره گردیده است.

در امر تراکم نیز دامنه نوسان زیاد لرزاننده، لرزش ناکافی و ناقص قالب (لرزش بیرونی) و عدم ورود سر لرزاننده به لایه بتن زیرین به مقدار کافی، در این نوشته عامل این مشکل دانسته شده است. در برخی مراجع و تحقیقات به تواتر یا فرکانس لرزاننده و تاثیر آن بر ایجاد این نقیصه تاکید شده است.

بهر حال واضح است که در این نوشته *ACI* نتوانسته اند به همه عوامل دست اندرکار اشاره کنند. برای مثال به لزجت یا گرانیروی بتن بطور مستقیم اشاره نشده است. هم چنین به تاثیر برخی افزودنی های شیمیایی مانند روان کننده ها پرداخته نشده است. درباره قطعات نیوجرسی، اخیراً مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی به همت جناب آقای دکتر مهدی نعمتی با عنوان نیوجرسی - موضوعات فنی، در فضای مجازی (*Whats App*) مطالبی را منتشر می کند که به این موضوع یعنی حفرات هوای سطحی و تراکم بتن پرداخته می شود که توجه به آن و مطالعه این موارد (در صورت عضویت) توصیه می گردد.

پرسش ۱- آیا تیرچه های معمولی پیش ساخته سقفهای تیرچه بلوک با شرایط فعلی موجود می تواند در حاشیه خلیج فارس و دریای عمان و جزایر بکار رود؟

پاسخ ۱- تیرچه های فعلی به ضخامت حدود ۴ سانتی متر و عرض حدود ۱۲ سانتی متر نمی تواند از نظر هندسی، ضوابط مورد نظر در آئین نامه بتن ایران موجود و مبحث نهم مقررات ملی سال ۹۹ برای شرایط قرارگیری شدید و حتی غیر شدید را فراهم کند زیرا امکان تامین ضخامت پوشش بتنی روی میلگرد به میزان کافی فراهم نیست، هر چند در استاندارد ملی تیرچه، تامین ضوابط مقررات ملی و آبا ضروری منظور شده است. بنابراین چنین تیرچه هایی با این ابعاد نمی تواند در این مناطق بکار رود. هم چنین از نظر کیفیت بتن پاشنه نیز معمولاً ضوابط مورد نظر مبحث نهم برآورده نخواهد شد. داشتن حداقل رده C30 و تامین ضوابط جذب آب نیم ساعته، عمق نفوذ آب و RCPT توسط بتن این تیرچه ها برآورده نمی شود هر چند طبق استاندارد مربوطه، این امر ضروری است.

بهرحال چنانچه ضخامت این تیرچه ها به حدود ۶ تا ۷ سانتی متر و عرض آن به ۱۴ تا ۱۶ سانتی متر برسد و از بتن مورد نظر در پاشنه تیرچه استفاده گردد از نظر مبحث نهم، مصرف آنها بلامانع است.

پرسش ۲- چه تغییراتی باید در تیرچه های معمولی داده شود تا امکان بکارگیری آنها در این شرایط و در این منطقه فراهم گردد؟

پاسخ ۲- همانطور که در پاسخ پرسش قبلی مطرح شد در درجه اول تامین پوشش روی میلگردها از زیر و کنار تیرچه ضرورت دارد. با در نظر گرفتن قطر میلگرد و تامین بتن بر روی بخش بالایی میلگرد عملاً ضخامت تیرچه از ۵/۵ سانتی متر (حداکثر موجود در استاندارد تیرچه) بیشتر خواهد شد. در این حالت فرض می شود حداقل ضخامت بتن از نظر شرایط قرارگیری در محیط خورنده بکار برده شود. در اینجا فرض می شود حداکثر اندازه سنگدانه مصرفی در بتن پاشنه تیرچه در حدود ۱۵ میلی متر باشد.

برای تامین ضوابط مبحث نهم مقررات ملی سال ۹۲ نیازمند بکارگیری بتن با رده حداقل C30 و حداکثر نسبت آب به سیمان ۰/۴۵ در پاشنه تیرچه هستیم. اغلب اوقات حداقل عیار سیمان مصرفی تامین می شود و از این نظر مشکلی نداریم.

تامین حداکثر مقدار شار عبوری در آزمایش RCPT به میزان ۳۰۰۰ کولن عملاً بدون میکروسیلیس مشکل است و نیاز به نسبت آب به سیمان کمتر از ۰/۴ دارد.

تامین حداکثر جذب آب و عمق نفوذ آب تحت فشار که در مبحث نهم آمده است با نسبت آب به سیمان کمتر از ۰/۴۵ و بدون میکروسیلیس امکان پذیر است. بنابراین در مجموع نیاز به بتن با کیفیت خاص داریم و اگر قرار باشد حداکثر اندازه سنگدانه مصرفی در حدود ۱۵ میلی متر باشد برای مصرف سیمان ۳۷۵ تا ۴۰۰ کیلو در هر متر مکعب و آب آزاد ۱۵۰ تا ۱۶۰ کیلو در متر مکعب و تامین نسبت آب به سیمان ۰/۴ (بدون میکروسیلیس) امکان دستیابی به روانی ۱۲ تا ۱۵ سانتی متر و جابجایی آسان آن در پاشنه تیرچه، قطعاً به فوق روان کننده نیازمند هستیم. دیده می شود که تیرچه های موجود با این شرایط ساخته نمی شوند اما امکان ساخت اصولی می تواند فراهم گردد.

باید دانست که طبق مبحث نهم سال ۹۲ می توان به ازاء 5 Mpa افزایش در مقاومت یا رده بتن، معادل ۵ میلی متر از ضخامت پوشش بتنی کم نمود. بنابراین شاید بتوان با ضخامت پاشنه برابر ۵/۵ سانتی متر نیز این تیرچه ها را تولید نمود. در این حالت رده بتن C35 خواهد بود و حتماً نسبت آب به سیمان ۰/۳۸ تا ۰/۴ ما را به نتیجه مطلوب خواهد رسانید.

بهرحال باید گفت که این مشکلات فقط مربوط به تیرچه ها نیست و اتفاقاً در بقیه اعضای سازه ای سخت گیری بیشتری در این مناطق وجود دارد که معمولاً این ضوابط تامین نمی شود و مشکلات خوردگی میلگرد بصورت رایج وجود دارد. رعایت این ضوابط در سایر اعضا تا حدودی ساده تر از رعایت آنها برای تیرچه می باشد و مشکل بزرگ نیز همین است.

پرسش ۳ - جایگزین تیرچه های معمولی در اجرای سقفهای بتنی چه می تواند باشد؟

پاسخ ۳- چنانچه نتوان تیرچه های معمولی را در اجرای سقفهای بتنی استفاده نمود، یک راه حل، بکارگیری تیرچه های پیش تنیده است.

راه حل دیگر اجرای یک دال معمولی درجا می باشد. استفاده از دال سقف از نوع یوبوت یا کوبیاس نیز می تواند راه حل دیگری محسوب شود. سقفهای وافل یا انواع مشابه آن نیز می تواند بکار رود.

استفاده از سقفهای مجوف (*HollowCore*) بصورت پیش تنیده پیش ساخته نیز گزینه دیگر است. سقفهای پیش تنیده درجا به روش پس کشیده نیز راه حل دیگری خواهد بود. بهر حال در دنیا، گزینه های مختلفی برای اجرای یک سقف و طراحی آن وجود دارد. نکته مهم آنست که در مناطق خورنده کلریدی مانند حاشیه خلیج فارس در اجرای همه انواع سقف ها بلکه همه اعضای سازه ای باید ضوابط خاصی را رعایت کرد که ممکن است با ابعاد هندسی رایج آنها جور در نیاید.

حساسیت های پیش تنیدگی و خوردگی میلگردها یا تاندون های (کابلها یا استرندهای) آنها از جمله نکاتی است که باید بدان توجه کرد. کیفیت بتن نیز در همه موارد باید بسته به شرایط قرار گیری و محیطی از نظر رده مقاومتی و دوام رعایت شود.

پرسش ۴ - آیا این اشکالات و نقایص که در تیرچه های معمولی وجود دارد، نمی تواند در سایر روش ها برای اجرای سقف و حتی در سایر اعضای بتنی وجود داشته باشد؟

پاسخ ۴- در پاسخ به پرسش های قبلی، بطور خلاصه به این پرسش پاسخ دادیم. آیا خرابی تیرچه ها در اثر خوردگی میلگردهای آنها بطور کلی با خرابی سایر بتن های مسلح اعضای سازه ای متفاوت است؟ مسلماً جواب ما خیر خواهد بود. بهر حال امروز بحث ما خرابی این تیرچه های سقفهای تیرچه و بلوک است و گرنه باید به موارد دیگر نیز می پرداختیم.

خرابی سایر بتن های مسلح اعضای سازه ای نیز به دلیل عدم تامین پوشش بتنی با ضخامت لازم و نداشتن کیفیت لازم در بتن اتفاق می افتد و موضوعی متفاوت از خرابی تیرچه های معمولی رایج نیست.

امروزه در شهر بندرعباس بطور معمول برای همه اعضای سازه بتنی از رده C25 استفاده می شود که کاملاً غلط است و حداقل آن C30 و در بسیاری از موارد باید از بتن C35 استفاده کرد.

هم چنین طبق مشاهدات موجود، اکثراً رعایت ضخامت پوشش روی میلگردها نیز نمی شود. بنابراین احتمال خرابی این اعضا مانند احتمال خرابی سقف های تیرچه و بلوک است و یا در همان حدود می باشد.

پرسش ۵- آیا ضوابط مبحث نهم و آبای جدید نسبت به گذشته برای مناطق خورنده خلیج فارس و دریای عمان تغییر کرده است؟ این تغییرات چگونه است؟ و در ارتباط با تیرچه های سقف چه مشکلات جدیدی را بوجود می آورد یا آن را حل می کند؟

پاسخ ۵- همانطور که ممکن است در جریان باشید مبحث نهم مقررات ملی بازنگاری شده است و در اوایل سال ۱۳۹۹ منتشر می گردد. از اواسط سال ۹۴، بازنگاری آئین نامه بتن ایران نیز توسط سازمان برنامه و بودجه به مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی واگذار شد که بخش مصالح و اجرای آن آماده شده است و در نظر است تا اواخر سال ۹۸ انتشار یابد. این دو منبع در ویرایش جدید، بدون تناقض و با حداقل مغایرت هستند و در بحث دوام در مناطق خورنده خلیج فارس و در دریای عمان از نظر الزامات مشابه می باشند، هر چند آئین نامه بتن ایران دارای توضیحات بیشتر و تفسیر است.

در متون جدید، شرایط محیطی با دقت بیشتر و با کدهای مشخص تعریف شده است و شرایط خورنده کلریدی به دو نوع آب دریای شور و غیر از آب دریای شور تقسیم شده است و هر کدام بسته به شدت و ضعف به چهار حالت تقسیم شده اند.

در مورد شدت و ضعف شرایط قرارگیری، تغییراتی نسبت به مبحث نهم سال ۹۲ و آئین نامه پایانی در محیط خلیج فارس و دریای عمان (پیشنهادی) مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی ایجاد شده است. در مورد رعایت رده مقاومتی، نسبت آب به سیمان، عیار مواد سیمانی و نوع سیمان کمترین تغییرات وجود دارد اما چهار حالت تعریف شده است. برای ضوابط عملکردی بتن در چهار حالت، معیارهایی برای آزمایش های مختلف ارائه شده است و تغییرات آن نسبت به مبحث نهم کاملاً چشمگیر است. این تغییرات در معیارها و هم چنین تعداد آزمایشها و نوع آنها می باشد.

برای حداکثر مجاز مقدار یون کلرید نسبت به وزن سیمان در بتن نیز تغییراتی به چشم می خورد. بیشترین تغییرات در مقدار حداقل ضخامت پوشش بتنی روی میلگردها در شرایط قرارگیری مختلف دیده می شود، هر چند این تغییرات در حد ۵ تا ۱۰ میلی متر است.

در آبا و مبحث نهم جدید حداقل پوشش بتنی روی میلگرد تیرچه ها برای معتدل ترین شرایط قرارگیری ۳۵ و ۴۰ میلی متر است. رده مقاومتی نیز $C30$ و $C35$ می باشد. نسبت آب به سیمان حداکثر نیز $0/5$ و $0/45$ و حداقل عیار مواد سیمانی نیز 325 کیلوگرم در متر مکعب است.

از نظر ضوابط عملکردی، حداکثر جذب آب نیم ساعته به ترتیب $3/5$ و 3 درصد و حداکثر عمق نفوذ آب به ترتیب 60 و 45 میلی متر می باشد و در یکی از شرایط مقدار $RCPT$ حداکثر 3500 کولمب می باشد که بنظر می رسد نسبت به گذشته در مواردی ساده گیرانه تر است بجز مقدار ضخامت پوشش بتنی روی میلگردها که 5 و 10 میلی متر افزایش نشان می دهد در بقیه موارد سخت گیری خاصی دیده نمی شود، اما همین افزایش ضخامت پوشش، نیاز به افزایش جدی در ضخامت پاشنه بتنی و عرض پاشنه را بوجود می آورد و باعث بروز مشکل می شود. البته لازم به ذکر است که با افزایش 5 مگاپاسکال به رده مقاومتی می توان 5 میلی متر از پوشش بتنی را کاهش داد. با این حال داشتن رده $C35$ و $C40$ را ایجاب می کند و دستیابی به آن سخت تر می شود. در هر دو حالت قرار گیری نیاز به پوزولان و سرباره الزامی نیست و شاید برای دستیابی به مقدار شار عبوری 3500 کولمب نیاز به این مواد نباشد هر چند نسبت آب به سیمان باید کاهش یابد.

بهرحال بنظر می رسد ساخت تیرچه های معمولی از نظر ابعادی دچار مشکل خواهد بود اما امکان ساخت آن براساس ضوابط موجود منتفی نیست.

پرسش ۶ - تیرچه های پیش تنیده دارای چه معایب و مزایایی در این منطقه و در سایر نقاط کشور است؟

پاسخ ۶ - باید دانست فولاد پیش تنیده به شدت مستعد خوردگی است و آهنگ خوردگی آن هم در مناطق خورنده پس از شروع خوردگی زیاد است. بنابراین در همه آئین نامه ها حداکثر مقدار یون کلرید مجاز بتن برای اعضای پیش تنیده کمتر از بتن مسلح معمولی است و تامین این امر در تیرچه در برخی نقاط ایران مشکل است هر چند کارخانه مورد نظر ما در این منطقه نیست.

ضخامت پوشش بتنی روی میلگرد یا کابل پیش تنیدگی از حساسیت زیادی در این منطقه برخوردار است و بنظر می رسد باید در حدود ۴۰ میلی متر منظور شود. آنچه یک مزیت محسوب می شود آنست که حداقل رده مقاومتی بتن تیرچه های پیش تنیده معمولاً در حدود C40 منظور می شود که ظاهراً برای کارخانه تیرچه پیش تنیده ایران C45 می باشد و از این نظر امکان کاهش این ضخامت وجود دارد. بنظر می رسد با توجه به نسبت آب به سیمان حدود ۰/۳۵ برای تامین رده C45، ضوابط جذب آب، عمق نفوذآب و حتی RCPT برآورده شود و مشکلی وجود نداشته باشد.

سنگینی این تیرچه ها نسبت به تیرچه های معمولی از جمله معایب آن محسوب می شود که اگر قرار باشد تیرچه های معمولی قابل قبول برای این منطقه ساخته شود وزن آنها به تیرچه پیش تنیده نزدیک تر خواهد شد.

در سایر نقاط کشور که مشکلات خوردگی وجود ندارد تیرچه های پیش تنیده از امتیاز پوشش دهانه های بزرگ برخوردار هستند، اما سنگینی آنها آزاردهنده تر خواهد بود.

پرسش ۷ - در اجرای سقف با تیرچه های پیش تنیده، خیز منفی زیادی مشاهده می شود؟ چرا؟ چگونه می توان این خیز زیاد را کاهش داد؟

پاسخ ۷ - معمولاً با توجه به کاهش ارتفاع تیرچه ها و سقف های پیش تنیده برای یک دهانه مشخص و بار ثابت در مقایسه با تیرچه های معمولی در سقف های تیرچه بلوک، خیز این تیرچه ها و سقف های حاصله از آن کمی بیشتر است. بنابراین سعی می شود تا در ابتدا خیز منفی بیشتری ایجاد گردد تا در هنگام اعمال بار مرده و زنده، خیز مثبت کمتری حاصل شود. گاه از نظر دیداری، خیز منفی ابتدایی این سقف ها آزار دهنده است هر چند اگر تیرچه متناسب با دهانه و بار

مورد نظر بکار رود نباید خیزی تا این حد بوجود آورد. با توجه به تغییر جزئی محل کابلها یا میلگردها و یا کاهش کشش آنها شاید بتوان خیز منفی آنها را کاهش داد به شرط اینکه در باربری آنها نقصی ایجاد نکند.

پرسش ۸ - مشکل سقفهای تیرچه بلوک در منطقه حاشیه خلیج فارس و دریای عمان چیست؟ آیا در حاشیه دریای خزر این مشکلات وجود ندارد؟ در سایر مناطق کشور چطور؟

پاسخ ۸ - خوردگی میلگردهای تحتانی تیرچه ها موجب طبله شدن و فروریختن بتن پوشش میلگردها در مناطق خورنده کلریدی می شود هر چند ممکن است کربناته شدن نیز در طی سالهای بیشتری نیز به خوردگی میلگردها منجر شود.

فرو ریختن این بتن و نازک کاری روی آن می تواند به خطرات جانی بیانجامد، ضمن آنکه زیانهای مالی را به همراه دارد. کاهش باربری این سقف ها پس از پیشرفت خوردگی میلگردهای تحتانی و پس از ریختن بتن روی آن، شدت می یابد و کم می شود. این پدیده به شدت در شهرهای جنوبی، ساحلی خلیج فارس و دریای عمان به چشم می خورد و یک معضل محسوب می شود. در حاشیه دریای خزر به دلیل وجود یون کلرید کمتر در هوا، آب دریا و خاک و دمای متوسط کمتر و تابش کمتر خورشید نسبت به خلیج فارس و دریای عمان خطر خوردگی بمراتب کمتر می شود. یون کلرید دریای خزر بطور متوسط یک سوم خلیج فارس و دریای عمان است. در سایر مناطق کشور تقریباً خطر خوردگی کلریدی میلگردهای تیرچه سقف وجود ندارد، مگر در سقف استخرها، البته خطر خوردگی ناشی از کربناته شدن بتن در همه مناطق کشور به ویژه شهرها وجود دارد.

پرسش ۹ - آیا بکارگیری پوشش های حفاظتی بر روی بخش نمایان تیرچه ها می تواند مشکل خوردگی میلگردها را حل کند؟ بنظر شما آیا این راه حل مناسب و ساده ای نیست؟ چه پوشش هایی می تواند بکار رود و موثر تر است؟

پاسخ ۹ - در مبحث نهم مقررات ملی سال ۹۲، پیش بینی شده است که کاهش ضخامت پوشش بتنی روی میلگردها با پوشش های حفاظتی امکان پذیر باشد. معنای این امر آنست که می توان نفوذ یون کلرید را با پوشش های حفاظتی کاهش داد. هر پوششی بر روی سطح بتن می تواند در حد خود کمک باشد اما همه پوشش ها نمی توانند موثر تلقی شوند. یک پوشش گچی یا سیمانی بر روی بتن پاشنه تیرچه و یا یک یا چند لایه رنگ معمولی یا رنگهای خاص مانند اپوکسی و پوشش های آکرلیک یا پلی اورتان و قطرانسی یا اپوکسی قطرانسی و حتی پوشش های قیری معمولی و اصلاح شده با درجات مختلف به کاهش نفوذ یون کلرید در بتن پاشنه منجر می شود.

این راه حل ها بنظر ساده و مناسب می رسند و باید به زیر پاشنه بتنی و کنار های آن پوشش مورد نظر اعمال شود و در حمل و نقل و اجرا در محل خود باقی بماند و از بین نرود. در مورد میزان تاثیر هر نوع پوشش با توجه به ضخامت آن نمی توان براحتی اظهار نظر کرد و اثر آن را در مورد کاهش نفوذ یون کلرید و یا کاهش پوشش بتنی روی میلگرد مدل کرد، هر چند در این زمینه تحقیقات متعددی در منابع مختلف وجود دارد. مسلماً پوشش های اکریلیک، سیلان سیلوکسانها، پلی اورتان، اپوکسی قطرانی یا قطران و اپوکسی می تواند موثر تر از سایر پوشش ها باشد اما در مورد ترتیب اثر آنها به سختی می توان اظهار نظر کرد. برخی پوشش ها مانند اکثر اپوکسی ها در برابر پرتوهای فرابنفش ضعیف هستند، اما در این سقف ها معمولاً با مشکل تابش آفتاب روبرو نیستیم. برخی از این پوشش ها گران هستند و بکارگیری آنها هزینه زیادی را در بر خواهد داشت.

پرسش ۱۰- آیا در استاندارد تیرچه های معمولی، بکارگیری آنها در مناطق خورنده کلریدی پیش بینی شده است؟ چگونه؟

پاسخ ۱۰- در استاندارد تیرچه های معمولی ایران به شماره ۲۹۰۹ و در یک بند اشاره شده است که برای شرایط قرارگیری خاص محیطی مانند مناطق خورنده کلریدی حاشیه خلیج فارس و دریای عمان، باید ضوابط مورد نظر رعایت شود. حداقل ضخامت پوشش بتنی روی میلگرد، حداقل رده بتن، حداکثر نسبت آب به سیمان و حداقل کیفیت بتن مصرفی در پاشنه تیرچه و برخی محدودیت های دیگر از جمله ضوابطی است که باید در نظر گرفته شود. بدیهی است در این حالت، تغییراتی در ابعاد و مشخصات تیرچه حاصل می گردد. در این استاندارد گفته شده است که در فضاهای بیرونی مانند تراس ها بهتر است از یک لایه ۱۵ میلی متری ملات سیمانی در زیر بتن پاشنه تیرچه استفاده شود.

در مورد تیرچه های پیش تنیده در یک بخش از استاندارد ۲۹۰۹ متأسفانه اشاره ای به بحث دوام و ضوابط قرارگیری در محیط خورنده کلریدی نشده است.