

جناب آقای دکتر تدین

ریاست محترم هیات مدیره انجمن بتن ایران

احتراماً به پیوست سوالات مربوط به یک اسکله نفتی که توسط همکاران نظارت این مهندسین مشاور مطرح گردیده است، تقدیم می گردد. بسیار سپاسگزار می شوم قبول زحمت فرموده و راهنمایی لازم را مبذول فرمائید.

۱- در بتن اصلی پروژه از میکروسیلیس استفاده نشده است اما در مشخصات فنی پروژه استفاده از میکروسیلیس در بتن یا ملات تعمیری قید گردیده است. آیا استفاده از میکروسیلیس در این پروژه لازم و صحیح است؟

۲- در تعمیر سطح فوقانی عرشه دلفین استفاده از بتن معمولی با ضخامت کم (حدود ۱۵ سانتی متر) و سطح محدود و کم در مشخصات فنی پیش بینی شده است. آیا به جهت سهولت کار و پرهیز از تراکم، می توان از بتن خود تراکم در این تعمیر استفاده نمود؟

دستگاه نظارت عالییه پروژه اسکله نفتی...

دستگاه نظارت

مهندسین مشاور....

موضوع: پاسخ به پرسش های فنی درباره اسکله نفتی...

باسلام و احترام، با توجه به پرسش های مورخ ۹۵/۵/۶ نظارت محترم پروژه، بدینوسیله پاسخ های مربوطه در زیر ارائه می شود.

۱- با توجه به اینکه در بتن اصلی (پایه) از میکروسیلیس استفاده نشده است، لازم است در تعمیرات موضعی از مصرف میکروسیلیس در بتن یا ملات تعمیری پرهیز گردد. در صورتی که همه سطح یک قطعه مورد ترمیم قرار گیرد می توان از میکروسیلیس در ملات با بتن تعمیری استفاده نمود.

علت این امر پرهیز از ایجاد آندتکوینی در بتن مسلح در مناطق خورنده کلریدی می باشد، زیرا میکروسیلیس موجب بالا رفتن شدید مقاومت الکتریکی می شود و تفاوت فاحش در مقاومت الکتریکی نیز به ایجاد آندتکوینی و خوردگی سریعتر منطقه سالم منجر می گردد.

۲- استفاده از بتن خودتراکم برای تعمیر بتن عرشه دلفین (با ضخامت کم و حجم بتن ریزی محدود) علی القاعده مانعی ندارد. بهر حال به نظر می رسد چنانچه تعمیر بتن

سطح فوقانی عرشه مدنظر باشد نیازی به بتن خود تراکم نیست و بتن معمولی جوابگو خواهد بود اما در هر صورت مانعی ندارد. در صورت بکارگیری بتن خودتراکم، دقت زیادی برای شروع عمل آوری و جلوگیری از تبخیر باید اعمال شود زیرا بتن خود تراکم نباید دارای آب انداختن باشد و این به معنای آنست که سطح بتن سریعتر خشک می شود و احتمال ترک خوردگی اولیه پلاستیک بیشتر خواهد شد.

مسلم است که طرح مخلوط بتن خودتراکم باید با دقت تهیه شده باشد و نظارت کافی در ساخت آن در کارگاه بعمل آید. در صورتی که این امر میسر نباشد یا طرح مخلوط مناسب مورد تأیید در دست نباشد، از بکارگیری بتن خودتراکم اکیداً پرهیز گردد.

محسن تدین

جناب آقای دکتر تدین

باسلام و احترام، دریک پروژه مربوط به فاضلاب، پرسش های زیر مطرح شده است که خواهشمنداست درصورت امکان پاسخ آن ها را در اختیار قرار دهید.

۱- دلیل نزدیک بودن مقاومت بتن های ۱۱ روزه به مقاومت ۴۲ روزه حاوی سیمان پرتلند نوع ۵ چه می تواند باشد.

۲- برای تعیین مقاومت فشاری بتن های کفی (فوم بتن) چه استاندارد بکار می رود. مقاومت این بتن ها حدود ۲ مگاپاسکال می باشد.

۳- دستورالعمل تهیه و ساخت و عمل آوری نمونه فوم بتن چیست؟ بنظر می رسد در حالت خشک جواب بهتری نسبت به حالت اشباع دارد؟ آیا این امر صحیح است و کدام مورد باید رعایت شود.

ابراهیمی

عضو حقوقی انجمن بتن ایران

جناب آقای مهندس ابراهیمی

با توجه به پرسش های جنابعالی موارد زیر به استحضار می رسد.

۱- در مورد دلیل نزدیکی مقاومت های بتن ۱۱ و ۴۲ روزه که با سیمان پرتلند نوع ۵ (ضد سولفات) ساخته می شود باید گفت اولاً به احتمال زیاد، دمای بتن های مزبور بیش از 30°C یا حتی 32°C بوده است که می تواند نسبت مقاومت ۱۱ به ۴۲ روزه را افزایش دهد.

ثانیاً مقدار C_3S سیمان های مزبور احتمالاً زیاد بوده است که می تواند این نزدیکی را باعث شود. ثالثاً کم بودن نسبت آب به سیمان می تواند این نزدیکی را بیشتر کند.

رابعاً بالا بودن عیار سیمان معمولاً باعث می شود مقاومت ۱۱ روزه به ۴۲ روزه نزدیکتر باشد.

لازم به ذکر است C_3S سیمانهای پرتلند نوع ۵ امروزه در ایران برخلاف گذشته، به طور قابل توجهی زیاد است و باعث افزایش مقاومت می گردد اما نسبت مقاومت ۱۱ به ۴۲ روزه را نیز افزایش می دهد. بهر حال لازم است در نمونه گیری ها نیز دقت شود. گاه تفاوت در کیفیت قالب گیری و نگهداری و غیره می تواند به بروز چنین موردی کمک کند.

۲- در مورد روش استاندارد تعیین مقاومت فشاری بتن کفی (*Foam Con*) ظاهراً هنوز استاندارد ی ارائه نگردیده است. بهر حال بنظر می رسد باید از جک ها یا گنج های با ظرفیت کم (حدود ۱۰ تن) استفاده نمود. مسلم است که استفاده از جک های قوی کاملاً غلط است و نتایج گمراه کننده ای را به بار می آورد. در این جوابیه فرض شده است که آزمون های مکعبی با ابعاد ۱۵ سانتی متر بکار می رود.

در استاندارد *ASTM C495* و استاندارد ۱۷۷۳۲ ایران روش تعیین مقاومت بتن عایق ارائه شده است که در این مورد نیز کاربرد دارد.

۳- همانطور که گفته شد هنوز روش استاندارد ی برای ساخت و عمل آوری آزمون های بتن کفی ارائه نشده است. همه بتن ها در هنگام آزمایش در حالت اشباع جواب کمتری نسبت به حالت خشک می دهند اما نباید این امر را با عمل آوری اشتباه گرفت. مسلماً چنانچه عمل آوری رطوبتی خوبی انجام شود رشد مقاومت بیشتر خواهد بود (نسبت به عمل آوری در حالت خشک) اما باید در هنگام آزمایش، شرایط یکسانی را بوحود آورد تا مقایسه صحیح تری انجام گردد.

در استاندارد *ASTMC495* و استاندارد ملی ۱۷۷۳۲ ایران نحوه تهیه و عمل آوری آزمون های بتن عایق مطرح شده است. پس از گذشت حدود ۲۴ ساعت از قالب گیری و نگهداشتن آن در دمای 21 ± 6 درجه سانتیگراد باید آن را به اتاق مرطوب منتقل کرد و در دمای 23 ± 2 درجه سانتیگراد نگهداری نمود.

بتن های عایق نباید در معرض جریان آب یا در داخل آب نگهداری شود مگر اینکه آب مزبور اشباع از آهک شکفته باشد. پس از ۷ روز باید آن را در دمای 21 ± 6 درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی 50 ± 30 درصد به مدت ۱۸ روز نگهداری و خشک نمود. پس از این مدت (۲۵ روز از قالب گیری) آزمون ها را به مدت ۳ روز در یک آون با دمای 60 ± 3 درجه سانتی گراد باید خشک نمود و پس از خنک شدن در دمای اتاق در سن ۲۸ روزه مورد آزمایش قرار داد.

بهر حال به نظر می رسد با استفاده از این دستور استاندارد می توان آزمون ها را تهیه و نگهداری کرد و با استفاده از همین دستور، مقاومت فشاری آن را تعیین نمود.

باید تذکر داد که در این دستور استاندارد آزمون های استوانه ای به قطر ۷۵ و ارتفاع ۱۵۰ میلی متر استفاده می شود و آزمون مکعبی جایگاهی ندارد.

جناب آقای دکتر تدین

ریاست محترم انجمن بتن ایران

ضمن تقدیر و تشکر از زحمات جنابعالی که در انجمن بتن ایران زحمت پاسخگویی و راهنمایی در خصوص سئوالات به وجود آمده در زمینه فناوری بتن را دارید، خواشمنداست در خصوص سئوالات زیر اینجانب را راهنمایی بفرمایید.

۱- در خصوص ایجاد پدیده اترینگایت، عوامل بوجود آورنده، نوع خرابی حاصل شده از تشکیل آن و راهکارهای مربوطه جهت پیشگیری از وقوع پدیده مخرب مذکور خواشمنداست راهنمایی بفرمایید

۲- در خصوص نقش پوزولان ها در دوام بتن در برابر سولفات ها باتوجه به اینکه پوزولان ها با آهک هیدراته (هیدروکسید کلسیم) ترکیب شده و ماده پرکننده و چسباننده ای را بوجود می آورند که نفوذپذیری را کم کرده و PH خمیرسیمان را کاهش می دهند، خواشمنداست توضیحات لازم را جهت راهنمایی ارائه فرمایید. پیشاپیش از همکاری صمیمانه شما کمال تشکر را دارم.

نادر مهینی

عضو حقیقی انجمن بتن ایران

جناب آقای مهندس نادر مهینی

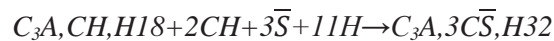
عضو محترم حقیقی انجمن بتن ایران

در پاسخ به پرسش شماره ۹۸۸۵ مورخ ۹۵/۰۶/۰۶ جنابعالی و با عرض پوزش از تاخیر حاصله، موارد زیر به استحضار می رسد. امیدوارم که ابهامات موجود برطرف گردد.

در پرسش شماره یک حضرتعالی، روشن نیست دلیل ایجاد اترینگایت در خمیر سیمان چیست؟ یا پدیده تشکیل تاخیری اترینگایت در خمیر سیمان کدام است و چرا ایجاد می شود؟

در صورتی که دلیل ایجاد اترینگایت مورد سوال باشد باید به عرض برسانم که در شروع واکنش آب و سیمان های پرتلند، همواره در ابتدا سنگ گچ یا سولفات کلسیم به همراه آب و C_3A موجب تشکیل هیدرات تری سولفو آلومینات کلسیم خواهد شد که همان اترینگایت (*Ettringite*) نام دارد و حجم آن از مواد اولیه سازنده آن بیشتر است. در این مرحله به دلیل عدم گیرش و عدم سختی خمیر سیمان، انبساط مزبور هیچ گونه خرابی را به همراه ندارد. $3\bar{C}_S, H32$ همان اترینگایت است که به شکل دیگر یعنی C_6A, \bar{S}_3H32 نیز نوشته می شود. که در آن C همان CaO و A همان Al_2O_3 و S همان SO_3 و H همان H_2O است.

گفته می شود که با حضور مواد دیگر، این ماده یعنی هیدرات تری سولفو آلومینات کلسیم که به طور مخفف شده همان تری سولفات نام میگیرد، تبدیل به هیدرات مونو سولفو آلومینات کلسیم که به صورت مخفف مونو سولفات نام دارد می شود. $C_3A, \bar{C}\bar{S}, H18$ همان مونو سولفات است. برخی اعتقاد دارند که در سیمان هایی که C_3A آنها بیشتر از ۵٪ و کمتر از ۸٪ است، این ماده تشکیل می گردد و در صورتی که C_3A از ۸٪ بیشتر باشد ماده دیگری نیز به صورت $C_3A, CH, H18$ نیز ایجاد می شود. به هر حال با حضور CH (همان هیدرو کسید کلسیم ناشی از هیدراته شدن CaO یا ناشی از واکنش C_3S و C_2S ، با آب) در حضور سولفات ها و آب یکی از دو رابطه زیر یا هر دو آنها شکل می گیرد و اترینگایت مجدداً تشکیل می شود که در این مرحله به دلیل سخت شدن سیمان، تنش کششی زیادی به واسطه اترینگایت (در صورت عدم وجود کلرید زیاد در محیط، حاصل می گردد که اگر مقدار اترینگایت زیاد و زیادتر شود باعث ترک خوردگی ناشی از پکیدن خمیر خواهد شد.



مسئله این واکنش به مقدار زیاد CH و سولفات \bar{S} یا سولفات کلسیم $\bar{C}\bar{S}$ احتیاج دارد که CH آن کاملاً در خمیر سیمان به قدر کفایت وجود دارد و $\bar{C}\bar{S}$ یا \bar{S} معمولاً باید از خارج وارد خمیر سیمان شود. که مربوط به حمله سولفاتی است.

اگر C_3A در سیمان کم باشد در نهایت مقدار اترینگایت بسیار محدود تر می شود و کار به متلاشی شدن خمیر سیمان یا ملات یا بتن ختم نمی شود. به همین دلیل مقدار C_3A در سیمان های ضد سولفات به ۵ درصد و در برخی استانداردها مانند استاندارد اروپا به ۳٪ محدود می گردد. به هر حال باید گفت که همگان بر این روند واکنش ها اتفاق نظر ندارند ولی اعتقاد اغلب پژوهشگران نزدیک به این می باشد.

در صورتی که پدیده *Delayed Ettringite Formation (DEF)* مد نظر باشد. باید گفت که این پدیده مربوط به سولفات داخلی در خمیر سیمان است و از حمله سولفاتی بیرونی نشأت نمی گیرد. معمولاً وقتی مقدار سولفات سیمان یا بتن ابتدا به صورت غیر معمول زیاد باشد و یا در عملیات عمل آوری تسریع شده، ممکن است این پدیده تشکیل تاخیری اترینگایت دیده شود که بسیار خطرناک است و می تواند به ترک خوردگی شدید قطعه مورد نظر حتی در مرحله عمل آوری تسریع شده منجر گردد.

در این مورد نیز اعتقادات مختلفی وجود دارد و این نوع خرابی و این پدیده به صورت های گوناگون توجیه می گردد. بنده در چند مورد شاهد بوده ام که پس از چند ساعت عمل آوری تسریع شده و گاه در همان اوایل این عملیات، ترک های متعددی در سطح فوقانی و آشکار قطعه در زیر پوشش موجود اتفاق افتاده است و گویی این بتن،

سالها در معرض حمله سولفاتی شدید بوده است. بالا رفتن اولیه دما قبل از گیرش اولیه یکی از دلایل ایجاد پدیده *DEF* است و احتمالاً سنگ گچ، یا گچ موجود در سیمان، ابتدا جذب *C-S-H* می شود و سپس بعد از گیرش اولیه، اترینگایت شکل می گیرد که به تخریب خمیر سیمان بتن منجر می گردد. برخی بالاتر رفتن دمای عمل آوری تسریع شده را از حد ۶۵ یا ۷۰ درجه سانتی گراد (در سیمان های پرتلند خالص) باعث ایجاد این پدیده می دانند.

به هر حال حتی ممکن است برخی میزان \overline{SO}_3 را در خمیر سیمان در این پدیده موثر بدانند و سعی نمایند تا در عمل آوری تسریع شده مقدار آن را به کمتر از ۲٪ در سیمان محدود کنند. دیده می شود که در برخی ضوابط عمل آوری تسریع شده دمای حداکثر عمل آوری را به ۵۰ درجه سانتی گراد محدود می نمایند، اگر SO_3 بیشتر از ۲٪ باشد.

در مورد پرسش دوم جنابعالی و نقش پوزولان ها در دوام بتن در برابر حمله سولفاتی باید اشاره کرد، اعتقادات مختلفی در این مسئله وجود دارد. به هر حال غالباً اعتقاد دارند که پوزولان ها می توانند در بسیاری از موارد نقش مثبتی را در ایجاد دوام در برابر حمله سولفاتی ایفا نمایند.

وجود پوزولان جایگزین سیمان، موجب کاهش C_3A در مجموعه مواد چسباننده می شود و بدیهی است که اولین دلیل برای با دوام تر شدن بتن می باشد. ایجاد نفوذ پذیری کمتر با مصرف پوزولان ها یکی از عوامل دیگر ایجاد دوام بیشتر در برابر حمله سولفاتی است. مصرف *CH* (هیدروکسید کلسیم) و کمبود آن برای تبدیل مونسو سولفات به تری سولفات (بند اول جوابیه) نیز عامل سوم محسوب می گردد.

بدیهی است برای ایجاد چنین دوامی لازم است از پوزولان های طبیعی حداقل به میزان ۲۰ تا ۲۵٪ به صورت جایگزین استفاده شود و در مورد خاکستر بادی کم کلسیم نیز همین مقدار استفاده گردد. اما در مورد میکرو سیلیس، مقدار کمتر در حدود حداقل ۷٪ ممکن است کفایت کند. در مورد سرباره نیز گاه حداقل ۴۰ یا ۵۰٪ جایگزینی برای مقابله با حمله سولفاتی مطرح گردیده است. برای خاکستر بادی پر کلسیم احتمال می رود مقاومت در برابر سولفات ها زیاد نگردد.

به هر حال نباید پنداشت که با مقادیر کمی از پوزولان های طبیعی یا خاکستر بادی یا سرباره می توان دوام مناسبی را به وجود آورد و در این موارد نیز اگر مقدار سولفات در محیط مهاجم زیاد باشد توصیه می شود از سیمان های ضد سولفات استفاده گردد. برخی گفته اند که نوع سولفات مهاجم نیز اهمیت دارد و در مواردی، انواع خاصی از پوزولان ها ممکن است رفتار خوبی را از خود نشان ندهند. برای مثال در شرایط خاصی دیده شده است که میکرو سیلیس، مقابله خوبی را با برخی سولفات ها از خود به نمایش نگذاشته است و حتی خرابی های زیادی را بار آورده است.

به همین دلیل *ACI201.2R* و در *ACI318*، نیاز به آزمایش را ضروری دانسته اند به ویژه در مواردی که قرار است سیمانی معادل سیمان پرتلند نوع II یا V تلقی شود و یا در حالتی که شرایط رویارویی رده ۳ در برابر سولفات (SO_4) محلول در آب بیش از ۰.۲٪ در خاک و یا SO_4 بیش از ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر در آب (زیر زمینی) مجاور بتن برقرار باشد نیاز به آزمایش طبق *ASTMC1012* وجود دارد و برای هر رده رویارویی مقدار انبساط آن در سن ۶ ماه یا یک سال و یا ۱۸ ماه دارای محدودیت خاصی است.

مثلا برای شرایط رویارویی رده ۱٪ برای معادل سیمان نوع II، سیمان آمیخته با خاکستر بادی یا پوزولان طبیعی یا دوده سیلیس یا سرباره منطبق با استانداردهای *C618* یا *C1240* یا *C989* نتیجه انبساط ۶ ماهه نباید در آزمایش *C1012* از ۰/۱ درصد تجاوز نماید. همچنین در شرایط رویارویی رده ۲ برای معادل سازی با سیمان نوع V سیمان های پرتلند مخلوط شده با مواد جایگزین سیمان نباید در آزمایش *C1012* انبساطی بیشتر از ۵ درصد در طی ۶ ماه ایجاد نماید و همچنین در صورت عدم دستیابی به چنین نتیجه ای، انبساط یک ساله نباید از ۰/۱ درصد بیشتر باشد.

در شرایط رویارویی رده ۳، نتیجه انبساط سیمان آمیخته با مواد جایگزین سیمان نباید در طی ۱۸ ماهه از ۰/۱ درصد بیشتر شود.

در زیر جدول شرایط رویارویی با سولفات ها و الزامات مربوطه دیده می شود. ضمنا در ارتباط با معادل سازی سیمان ها در *ACI201,2R*، سیمان نوع II، نکات دیگری نیز آمده است که از ذکر آنها در این نوشته خودداری می شود. جدول (3-6 *ACI201.2R*).

Table 6.3—Requirements to protect against damage to concrete by sulfate attack from external sources of sulfate

Severity of potential exposure	Water-soluble sulfate (SO_4) in soil, % by mass*	Sulfate (SO_4) [*] in water, ppm	w/cm by mass, max. ^{†‡}	Cementitious material requirements
Class 0 exposure	0.00 to 0.10	0 to 150	No special requirements for sulfate resistance	No special requirements for sulfate resistance
Class 1 exposure	> 0.10 and < 0.20	> 150 and < 1500	0.50 [‡]	C150 Type II or equivalent [§]
Class 2 exposure	0.20 to < 2.0	1500 to < 10,000	0.45 [‡]	C150 Type V or equivalent [§]
Class 3 exposure	2.0 or greater	10,000 or greater	0.40 [‡]	C150 Type V plus pozzolan or slag [§]
Seawater exposure	—	—	See Section 6.4	See Section 6.4

*Sulfate expressed as SO_4 is related to sulfate expressed as SO_3 , as given in reports of chemical analysis of portland cements as follows: $SO_3\% \times 1.2 = SO_4\%$.

[†]ACI 318, Chapter 4, includes requirements for special exposure conditions such as steel-reinforced concrete that may be exposed to chlorides. For concrete likely to be subjected to these exposure conditions, the maximum w/cm should be that specified in ACI 318, Chapter 4, if it is lower than that stated in Table 6.3 of 201.2R.

[‡]Values applicable to normalweight concrete. They are also applicable to structural lightweight concrete except that the maximum w/cm ratios 0.50, 0.45, and 0.40 should be replaced by specified 28-day compressive strengths of 26, 29, and 33 MPa (3750, 4250, and 4750 psi), respectively.

[§]For Class 1 exposure, equivalents are described in Sections 6.2.5, 6.2.6, and 6.2.9. For Class 2 exposure, equivalents are described in Sections 6.2.5, 6.2.7, and 6.2.9. For Class 3 exposure, pozzolan and slag recommendations are described in Sections 6.2.5, 6.2.8, and 6.2.9.

محسن تدین

جناب آقای دکتر تدین

ریاست محترم هیات مدیره انجمن بتن ایران

احتراما به استحضار می رساند این شرکت سالهاست که در امر تولید بتن خود متراکم و بتن با مقاومت بالا مشغول به فعالیت می باشد. در حال حاضر پروژه های مختلف بزرگی را در خط تولید و تحویل بتن ریزی داریم. مواردی مورد سوال و پاسخ است که وزن مخصوص یک مترمکعب بتن را از این شرکت خواستارند. خواهشمند است دستور کاری لازم بابت وزن بتن به این شرکت را اعلام فرمایید تا پاسخگوی مهندسیین و خریداران باشیم. قبلا از بذل همکاری شما کمال سپاس و تشکر را داریم .

حسین فروتن مهر

عضو حقوقی انجمن بتن ایران

جناب آقای مهندس فروتن مهر

عضو حقوقی محترم انجمن بتن ایران

باسلام و احترام، بازگشت به نامه شماره ۴۱/الف/۹۵ مورخ ۹۵/۶/۲۵ آن شرکت و در پاسخ به پرسش جنابعالی در باره وزن مخصوص بتن تازه، موارد زیر به استحضار می رسد.

۱- همانطور که چند بار درباره وزن مخصوص بتن متراکم تازه مطالبی را در پرسش و پاسخ مجله انجمن بتن درج نموده ایم به استحضار می رساند که وزن مخصوص بتن متراکم تازه تابع عوامل مختلفی است و ابدأ مقدار ثابتی را ندارد و نمی توان آن را به مقدار خاصی از ابتدا فرض نمود.

چگالی ذرات سنگدانه (شن و ماسه)، چگالی ذرات سیمان، عیار سیمان و مقدار آب مصرفی در بتن و هم چنین نسبت آب به سیمان و روانی آن (مقدار هوای محبوس در بتن) به تغییر وزن مخصوص بتن منجر می گردد.

هرچه چگالی ذرات سنگدانه و سیمان بیشتر شود و مقدار سیمان بالاتر رود و نسبت آب به سیمان کمتر گردد و درصد هوای محبوس در آن کمتر شود، وزن مخصوص بتن تازه متراکم، بیشتر می شود.

۲- وزن مخصوص بتن تازه متراکم طبق استاندارد *ASTM C138* و یا استاندارد ۳۸۲۱ و ۳۲۰۳-۶ ایران می تواند اندازه گیری شود. با یک پیمانانه استوانه ای با حجم حداقل ۶ لیتر و متراکم کردن بتن تازه در این پیمانانه و اندازه گیری وزن بتن درون آن و داشتن حجم دقیق پیمانانه، می توان وزن مخصوص بتن را از تقسیم وزن بتن به حجم پیمانانه یا حجم بتن بدست آورد.

بارها تذکر داده شده است که هر کارخانه تولید کننده بتن آماده، لازم است وزن مخصوص بتن هر طرح مخلوط خود را در هر روز در هنگام تعیین اسلامپ و قالب گیری بتن برای تعیین مقاومت بدست آورد. اینکار ابدأ سخت و طاقت فرسا نیست و اگر این اندازه گیری رایج گردد و در هنگام تحویل بتن، این وزن مخصوص به رویت خریدار و تحویل گیرنده بتن برسد هیچ مشکلی بوجود نمی آید.

هم چنین لازم است خریدار بتن و نهاد آزمایش کننده بتن نیز وزن مخصوص بتن را بدست آورند. چنانچه یک آزمایشگر این آزمایش را طبق دستور استاندارد چندین بار تکرار کند با توجه به تجربه موجود انجمن بتن آماده امریکا، انحراف معیار نتایج در حدود 11kg/m^3 و خطای مجاز آن در حدود 330kg/m^3 خواهد بود. هم چنین اگر چندین آزمایشگر این آزمایش را انجام دهند انحراف استاندارد آنها 313kg/m^3 و خطای مجاز آنها 337kg/m^3 اندازه گیری شده است.

۳-وقتی طبق روش ملی طرح مخلوط، مقادیر اجزای بتن با داشتن چگالی اشباع با سطح خشک ذرات شن و ماسه و سیمان و درصد هوای بتن بدست می آید وزن مخصوص بتن تازه براحتی قابل محاسبه است.

۴-در شهر تهران معمولاً چگالی اشباع با سطح خشک سنگدانه درشت (شن) در حدود $3/13 \pm 0/03$ و برای ماسه در حدود $2/53 \pm 0/03$ و چگالی ذرات سیمان در حدود $3/13 \pm 0/03$ می باشد. چنانچه عیار سیمان 375 ± 25 کیلو در متر مکعب بتن و آب آزاد بتن ها 175 ± 8 کیلو فرض گردد، که عملاً نسبت آب به سیمان بتن در محدوده $0/47 \pm 0/03$ خواهد بود. طبق محاسبات دقیق و با فرض حدود $1/5$ درصد هوای محبوس در بتن، وزن مخصوص بتن 2300 ± 30 کیلوگرم بر متر مکعب بدست خواهد آمد.

با توجه به شرایط خاص سنگدانه مصرفی هر تولیدکننده بتن آماده و سیمان مصرفی و تفاوت عیار سیمان و آب آزاد و در نتیجه نسبت آب به سیمان بتن، این مقادیر تغییر می کند و وزن مخصوص خاصی حاصل خواهد شد. اما می توان انتظار داشت در محدوده فوق باشد.

بدیهی است در برخی شهرها چگالی سنگدانه ها SSD در حدود $2/70$ می باشد و در این مناطق حتی اگر عیار سیمان و نسبت آب به سیمان و چگالی ذرات سیمان و درصد هوا طبق فرض فوق باشد. وزن مخصوص بتن ممکن است به 2450 کیلوگرم بر متر مکعب هم برسد.

محسن ندین

جناب آقای دکتر تدین

ریاست محترم هیات مدیره انجمن بتن بتن ایران

احتراما به استحضار می‌رساند پیرو پاسخ به پرسش فوق مبنی بر وزن مخصوص بتن متراکم تازه و وجود مشکلات اختلاف نظر با شرکت خریدار در خصوص وزن مخصوص بتن با عیار ۴۲۰ کیلوگرم بر متر مکعب استدعا داریم نظر حضرتعالی را در خصوص وزن مخصوص بتن با مشخصات زیر مبذول نمایید.

وزن مخصوص شن = $2/56 \text{ gr/cm}^3$ وزن مخصوص ماسه = $2/546 \text{ gr/cm}^3$

وزن مخصوص سیمان = $3/14 \text{ gr/cm}^3$ عیار سیمان = 420 kg/m^3

$w/c = 44\%$ هوا ی محبوس = $1/8$

ضمن تقدیر از زحمات جنابعالی امید است بتوانیم با دستورالعمل های صادره از آن مرجع محترم بتوانیم گام موثری در عرصه علم و فناوری بتن برداریم.

حسین فروتن مهر

عضو حقوقی انجمن بتن ایران

جناب آقای مهندس حسین فروتن مهر

عضو محترم حقوقی انجمن بتن ایران

بازگشت به نامه شماره ۹۵/الف/۴۲ مورخ ۹۵/۶/۲۷ جنابعالی و پیرو پرسش قبلی و پاسخ ارسالی و ارائه اطلاعاتی درباره بتن مورد نظر که در زیر می‌آید، وزن مخصوص تقریبی بتن اعلام می‌گردد. لازم به ذکر است که با توجه به خطاهای معمول در اندازه گیری چگالی اشباع با سطح خشک ذرات سنگدانه ها و چگالی ذرات سیمان و تغییرات هوای محبوس، ممکن است که تغییرات جزئی در وزن مخصوص بتن تازه متراکم حاصل گردد که محدوده تقریبی این خطا نیز ذکر شده است.

۱- از آنجا که عیار سیمان بتن ۴۲۰ کیلوگرم و نسبت آب به سیمان ۰/۴۴ و درصد هوای محبوس ۱/۸ درصد و سهم ماسه ۶۰ درصد و سهم شن ۴۰ درصد قید شده است و اطلاعات مربوط به چگالی SSD شن ۲/۵۶۰ و برای ماسه ۲/۵۴۶ و برای سیمان ۳/۱۴ بوده است می‌توان به کمک رابطه حجم مطلق مقدار کل سنگدانه را در مجموع بدست آورد و وزن مخصوص بتن را در این شرایط محاسبه کرد.

۲- با توجه به اطلاعات فوق مقدار تقریبی مجموع سنگدانه های SSD علی القاعده در حدود ۱۶۹۰ کیلوگرم در متر مکعب و وزن مخصوص بتن متراکم تازه در حدود 2295 kg/m^3 می‌شود که ممکنست دارای خطائی در حدود 315 kg/m^3 باشد.

محسن تدین

جناب آقای دکتر تدین

باسلام، لطفاً بنده را در مورد سوالهای زیر راهنمایی کنید

۱- حداقل و حداکثر میزان مصرفی در بتن های حاشیه خلیج فارس چند کیلوگرم بر متر مکعب بتن است؟

۲- کدامیک از پوزولان های زیر برای دوام بتن توصیه نمی شود و مقدار آن باید در چه حدودی باشد؟ خاکستر بادی- سرباره- میکروسیلیس، شیبست کلسینه شده

مجیدی

جناب آقای مهندس مجیدی

باسلام و احترام، بازگشت به پرسش مورخ ۹۵/۷/۱۲ درباره حداقل و حداکثر سیمان مصرفی در بتن های حاشیه خلیج فارس در هر مترمکعب بتن و مصرف یا عدم مصرف انواع پوزولان، نکات زیر به استحضار می رسد:

۱- طبق آئین نامه بتن ایران حداقل مواد سیمانی در مناطق حاشیه خلیج فارس و دریای عمان 350 kg/m^3 و حداکثر 450 kg/m^3 بتن می باشد.

در آئین نامه پایایی پیشنهادی مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، این حداقل و حداکثر در مواردی تغییر کرده است برای مثال با توجه به شرایط قرارگیری و محیطی بتن در منطقه، حداقل عیار مواد سیمانی از ۳۲۵ یا 375 kg/m^3 متغیر است اما حداکثر مواد سیمانی به 425 kg/m^3 محدود شده است. لازم به ذکر است که این حداقل و حداکثر برای حداکثر اندازه اسمی سنگدانه 20 mm می باشد و در صورت کاهش حداکثر اندازه ممکنست بویژه حداکثر مواد سیمانی بتواند بالاتر رود.

در مبحث نهم مقررات ملی ۹۲ به تبعیت از آئین نامه پایایی مرکز تحقیقات، ارقام فوق مورد تأیید قرار گرفته است. گاه برخی از مهندسين، حداقل و حداکثر مقدار سیمان را مد نظر قرار می دهند در حالی که همه جا صحبت از موادسیمانی در مجموع است حتی اگر عیار سیمان گفته شود.

در آئین نامه پایایی و مقررات ملی سال ۹۲، علاوه بر ذکر حداقل و حداکثر مواد سیمانی، نیاز یا عدم نیاز به مواد جایگزین سیمان (مانند میکرو سیلیس) مطرح شده است. هم چنین حداکثر نسبت آب به سیمان (مواد سیمانی) در کنار حداقل ضخامت پوشش بتنی روی میلگرد و هم چنین حداقل رده قید شده است که البته در آبا نیز این موارد با تفاوتی آمده است.

۲- همه مواردی که از پوزولانها ذکر نموده اید قابل استفاده است. لازم به ذکر است که معمولاً سرباره، عنوان پوزولان را ندارد و بعنوان ماده شبه سیمانی تلقی می گردد.

در ایران خاکستر بادی و شیبست کلسینه شده بصورت تجاری و آماده مصرف تولید و توزیع نمی گردد و صرفاً سرباره (بصورت محدود) و میکروسیلیس وجود دارد. هم چنین پوزولانهای طبیعی و آماده مصرف بصورت محدود موجود است. از جمله پوزولانهایی که بصورت طبیعی و آماده مصرف وجود دارد زئولیت سمنان می باشد. پوزولان طبیعی در

منطقه آذربایجان با نام پوزولان سهند و پوزولان طبیعی تفتان توسط کارخانه سیمان خاش نیز عرضه می گردد. از سایر پوزولانهای طبیعی آماده مصرف بی اطلاع هستیم و یا چندان مناسب نیستند. برخی کارخانه های سیمان نیز از معادن پوزولان خاصی برای تولید سیمانهای پرتلند پوزولانی یا پرتلند پوزولانی ویژه نیز استفاده می کنند اما پوزولان آسیاب شده را بصورت جداگانه نمی توانند در اختیار خریدار قرار دهند. پوزولان دیگری که بصورت طبیعی فرآوری شده است، متاکالوئن و خاکستر پوسته برنج است که در بازار ایران وجود ندارد و یا وادراتی است و تولید صنعتی ندارد.

در حاشیه خلیج فارس و دریای عمان در درجه اول می توان از میکروسیلیس استفاده نمود و در این مورد نیز سرباره یا زئولیت و سایر پوزولانهای طبیعی قابل استفاده هستند. مصرف ۵ تا ۸ درصد میکروسیلیس بصورت جایگزین سیمان (مواد سیمانی) در حاشیه خلیج فارس توصیه می گردد.

در ارتباط با دوام در برابر یخ بندان، مصرف بیش از ۱۰ درصد میکروسیلیس صحیح نمی باشد. در ارتباط با سرباره برای حاشیه خلیج فارس و دریای عمان بنظر می رسد حداقل مصرف ۲۵ درصد و حتی تا ۵۰ درصد جایگزینی مناسب است اما برای یخ بندان احتمالاً مصرف بیش از ۳۵ درصد توصیه نمی شود.

در ارتباط با خاکستر بادی برای حاشیه خلیج فارس ۱۵ تا ۳۰ درصد جایگزینی مطلوب است و برای یخ بندان مصرف بیش از ۲۵ درصد توصیه نمی گردد.

در مورد زئولیت برای حاشیه خلیج فارس مقادیر ۱۰ تا ۱۵ درصد مطلوبتر است اما در مورد یخ بندان نمی توان به عدد خاصی اشاره نمود.

در مورد پوزولانهای طبیعی دیگر، احتمالاً مقادیر ۱۵ تا ۳۰ درصد برای حاشیه خلیج فارس مناسب است و بهتر است از مصرف بیش از ۲۵ درصد در یخ بندان خودداری نمود هرچند بعلت تنوع آنها شاید نتوان بر این اعداد و ارقام اصرار خاصی داشت و باید با پژوهش خاص، این ارقام مورد بررسی قرار گیرد.

۳- بهر حال در این پاسخ از دید نفوذ یون کلرید و خوردگی میلگرد در خلیج فارس و صرفاً دیدگاه دوام در برابر چرخه های یخ بندان و آب شدن پی در پی توصیه هایی برای نوع پوزولان و سرباره و یا درصد مناسب مطالبی ارائه شده است و از دیدگاههای دیگر مانند دوام در برابر سولفاتها، انبساط ناشی از واکنش زائسی سنگدانه با قلیایی ها، نفوذپذیری در برابر آب، سایش، حفره زایی (خلأزایی *Cavitation*)، آتش سوزی، حمله اسیدی و سایر موارد مرتبط با دوام بحثی به میان نیامده است و از حوصله این نوشته خارج می باشد.

بنابراین بنظر می رسد طرح پرسش دوم جنابعالی چندان صحیح نیست و نمی توان پاسخ مناسب و جامعی به آن داد.

محسن تدین