پرسش و پاسخ

سمینار تغییرات آبا در بخش مصالح و اجرا-مشهد
بخش اول ۱۴۰۰/۱۰/۲

س۱- چرا آئین نامه بتن و مبحث نهم مقررات ملی ساختمان وجود دارد؟
آیا بهتر نیست فقط یک مرجع برای طراحی و اجرا در زمینه بتن را بکار بریم؟
آیا در مورد فولاد(طراحی و اجرای سازه فولادی)نیز همینطور است و در کنار مبحث دهم مقررات ملی، آئین نامه دیگری برای طراحی و اجرای فولادی وجود دارد؟

ج۱-آئین نامه بتن ایران در حدود سالهای آخر دهه ۶۰ تدوین شد. و در ابتدای دهه ۷۰ منتشر گردید، مسئولیت تدوین آن سازمان برنامه و بودجه وقت بوده است و بکارگیری آنرا برای پروژه‌های بتنی طرحهای عمرانی کشور اجباری دانسته بود.

در وزارت مسکن و شهرسازی در همان سالها بحث تدوین مقررات ملی مطرح گردید و به تدریج بخش های مختلف(مباحث چندگانه) و بویژه مبحث نهم که خلاصه یا چکیده ای از همان آئین نامه بتن بود منتشر شد و برای ساختمانهایی که توسط بخش خصوصی و در چارچوب طراحی و نظارت نظام مهندسی و شهرداری احداث می گردید. اجباری شد تا این مرحله تضاد و تناقضی بین آنها وجود نداشت اما به تدریج مبحث نهم مفصل تر شد و تفاوت هایی در آن با آبا پدیدار گردید که موجب گرفتاری هایی در کشور میشد.

بهرحال کاربرد آنها در حوزه های مختلفی است که گاه تداخل پیدا می کنند. در دوره‌ای که مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی از اواسط دهه۹۰ مسئولیت تدوین هر دو را عهده دار شد قرار بر این استوار گردید که این اختلاف ها در صورتی که مسئله ساز باشد برطرف گردد. هم چنین قرار شد در مقررات ملی موضوعات اجرایی بسیار مختصر باشد(مانند مقررات ملی بسیاری از کشورها) و به آئین نامه و دستورالعمل های مختلف ارجاع داده شود.

اما بهرحال فعلا" دو مطلب مشابه یا نزدیک بهم در کارهای بتنی وجود دارد. لازم به ذکر است که در بسیاری از کشورها نیز آئین نامه طراحی بتن آرمه و مقررات ملی در این زمینه نیز جداگانه وجود دارد و معمولاً مقررات ملی آنها به آئین نامه ها و دستورالعملها ارجاع می دهند زیرا از نظر حقوقی، سطح بالاتری دارند.

برای مثال کانادا و امریکا چنین رویه ای را دنبال می کنند و مقررات ملی کانادا در زمینه بتن در حدود ۱۰ صفحه است که عمدتا شامل ارجاعات می شود.

در ایران مبحث نهم جدید در سال ۹۹ منتشر شد که فاقد مطالب اجرایی است و این موارد به آئین نامه بتن ایران ارجاع شده است. آئین نامه طراحی و اجرای ساختمانهای بتن آرمه در سال ۱۴۰۰ در دو جلد شامل جلد اول طراحی و جلد دوم مصالح و اجرا می باشد و از توضیح و تفسیر برخوردار است در حالی که مقررات ملی فاقد توضیح و تفسیر است.

در مورد طراحی و اجرای سازه های فولادی، سازمان برنامه و بودجه دارای نشریاتی بقرار ذیل است.

عنوان نشریه	شماره نشریه
طرح و محاسبه قابهای شیبدار و قوسی فلزی	۶۱
ضوابطی برای طرح و اجرای ساختمانهای فولادی(بر اساس *AISC*)	۷۴
راهنمای طرح ساختمانهای فولادی	۷۸
آئین نامه اتصالات در سازه های فولادی	۲۶۴
ضوابط طراحی ساختمانها با اتصال خورجینی	۳۲۴
ضوابط طراحی و محاسبه ساختمانهای صنعتی فولادی	۳۲۵
دستورالعمل طراحی پلهای فولادی	۳۹۵

بهرحال نشان داده شد که علاوه بر مبحث دهم مقررات ملی ساختمانی ایران که از طرف وزارت راه و شهرسازی منتشر می شود، نشریات فوق نیز وجود دارد و قابل استفاده می باشد.

سوال۲- با توجه به حذف جدول زمان قالب برداری در مبحث نهم سال ۹۹، چه مرجعی در این مورد وجود دارد؟

جواب۲- همانطور که بیان گردید، در مبحث نهم سال ۹۹، مطالب اجرائی و موضوعات مربوط به مصالح وجود ندارد و حذف بسیاری از مطالب دیده می شود که یکی از آنها موضوع قالب برداری و زمان آن و جدول مربوط به آن می باشد.

همه مطالب مورد نیاز در جلد دوم آئین نامه بتن ایران (سال۱۴۰۰) می باشد و باید به آن مراجعه شود و در مبحث نهم نیز چنین ارجاعی بویژه در فصل ۲۲ دیده می شود. در واقع کلیه فصول جلد دوم آبا دربرگیرنده مطالب مربوط به مصالح و اجرای بتن می باشد که شامل ۱۱ فصل است.

سوال۳- با توجه به عدم وجود دستورالعمل طراحی در آبا و مقررات ملی برای بتن الیافی مشابه *ACI544* ، آیا نیاز به دستورالعمل یا آئین نامه طراحی بتن های الیافی در ایران وجود ندارد؟

ج۴- در آبا و مقررات ملی در مورد طراحی سازه های پیش تنیده، بتن های الیافی، طراحی پل و...مطالبی وجود ندارد و لازم است آئین نامه یا دستورالعملهای مزبور توسط سازمان برنامه و بودجه به صورت ملحقات نشریه ۱۲۰ (آبا) تهیه گردد. این ملحقات بنا به ضرورت های موجود به همراه عناوین دیگری از ملحقات در دستور کار قرار دارد و امید است در سال ۱۴۰۲ و بعد از آن به تدریج این ملحقات منتشر گردد.

به هر حال تا انتشار این موارد، طبق کلیات آبا، می توان از آئین نامه ها یا دستورالعمل های طراحی و اجرای معتبر بین المللی مانند*ACI* استفاده نمود.

سوال۴- آیا وقت آن نرسیده است که از تولید و کاربرد بتن های با رده مقاومتی *C25*و*C20* که افراد فاقد صلاحیت، آنها را با عیار سیمان زیاد تولید می کنند جلوگیری شود؟

ج۴- خیر، هیچوقت در هیچ آئین نامه ای برای حذف بتن های رده مقاومتی *C25*و*C20* و حتی رده های کمتر اجبار بوجود نخواهد آمد. صرفاً ممکن است رده هایی را برای برخی کارها مثل بتن پیش تنیده و بتن مسلح مناسب تشخیص ندهند و مصرف آنها را توصیه نکنند یا منع کنند. به هر حال امروزه نمی توان برای بتن های مسلح از بکارگیری بتن های رده*C25,C20* جلوگیری نمود، اما می توان برای استفاده از بتن های رده های بالاتر مزایایی را ذکر کرد و بکارگیری آنها را توصیه

نمـود. بـدیهی اسـت در برخـی اعضـای سـاختمانها مصـرف بـتن هـای رده هـای پـائین توجیـه بیشـتری دارد در حـالی کـه در برخـی از اعضـای سـازه ای ماننـد سـتونها، بکـارگیری رده هـای بـالاتر مناسـب تـر است.

ضمناً بلند مرتبه سـازی بـه تـدریج کـاربرد بـتن هـای رده هـای $C40$ و بـالاتر را توجیـه پـذیر مـی کنـد و خود بخود از مصرف رده های پائین جلوگیری می کند.

گـاه در ایـران تصـور مـی شـود بـرای تعجیـل در دسـتیابی بـه برخـی پیشـرفت هـا بایـد از ابـزار اجبـار و بگیروببنـد اسـتفاده کـرد، در حـالی کـه بهتـر اسـت بـا آشـنایی بـا مزایـای بـتن هـای رده بـالا، در هنگـام ضـرورت از آنهـا اسـتفاده کـرد. لازم بـه ذکـر اسـت در ایـران بـرای سـاخت بـتن هـای رده بـالا نیـز، از سیمان زیاد استفاده می کنند و این امر اختصاص به رده های پائین ندارد.

سوال۵- آیا بهتر نیست بجای وضع مقررات پیچیـده بـرای بـتن در منـاطق خورنـده بـا توجـه بـه دانـش کـم در ایـن مـورد، اسـتفاده از فولادگـالوانیزه یـا فولادهـای ضـدزنگ یـا دارای پوشش‌های مناسب دیگر را بجـای فـولاد سـیاه معمـولی در دسـتور کـار قـرارداد تـا مشـکل خوردگی میلگردها کاهش یابد؟

ج۵- فولادهـایی کـه ذکـر نمـوده ایـد ماننـد فـولاد ضـدزنگ دارای قیمتـی در حـدود ۵ برابـر میلگردهـای معمـولی اسـت و مصـرف آنهـا کـاملاً مشـکل خـوردگی را حـل نمـی کنـد فـولاد گـالوانیزه و دارای پوشش‌های اپوکسی یا اپوکسی غنی شده با روی نیز هزینه را ۲تا ۳ برابر می کند.

هزینـه یـک سـاختمان یـا سـازه بتنـی عمـدتاً مربـوط بـه قیمـت میلگـرد و میلگـرد گـذاری آنسـت شـاید چیزی در حدود ۴۵تـا ۵۰ درصـد هزینـه یـک سـازه بتنی(اسـکلت) را میلگـرد بخـود اختصـاص مـی دهـد و در حـدود ۲۰ تـا ۳۵ درصـد را قالـب و قالـب بنـدی و قالـب بـرداری تشـکیل مـی دهـد و فقـط ۲۰ تـا ۲۵ درصد مربوط به بتن و بتن ریزی است.

بنابراین تصدیق مـی فرمائیـد کـه اگـر هزینـه فـولاد حتـی ۳ برابـر شـود معمـولاً هـیچ کارفرمـائی مصـرف آن را تقبل نمی کند چه برسد به اینکه قیمت آن ۵ برابر گردد.

پس مصرف بـتن بـا کیفیـت تـر کـه ممکـن اسـت فقـط تـا ۵ درصـد هزینـه سـازه را افـزایش دهـد(۱۰تـا ۲۰درصـد قیمـت تمـام شـده بـتن و بـتن ریـزی) کـاملاً منطقـی و توجیـه پـذیر اسـت و لازم اسـت در جهت بالا بردن دانش بـتن و اجـرای آن تـلاش کـرد کـه عمـلاً هزینـه زیـادی را در برنخواهـد داشـت. گـاه برخـی توصـیه مـی کننـد کـه بـتن هـای عـادی را در ایـن سـازه هـا بریـزیم و سـپس از پوشـش هـای نفوذناپـذیر در مقابـل یـون کلـر و آب اسـتفاده کنـیم در حـالی کـه از قیمـت پوشـش هـای مناسـب و هزینه های اجرای آن اطلاع ندارند.

درهیچ آئین نامه ای نیز تشـویق بـه ایـن اقـدامات نمـی شـود و در درجـه اول توصـیه اکیـد بـه اسـتفاده از بتن مناسب و توجه به اجرای صحیح شده است که روشی ارزان تر می باشد.

سوال۶- اگر قرار باشـد یـک آزمـایش خـاص بجـای آزمـایش هـای متعـدد دوام بکـار گرفتـه شود بنظر شما از کدام آزمایش و معیار مربوط به آن استفاده شود؟

ج۶- بنظـر مـی رسـد مقصـود شـما صـرفاً بحـث خـوردگی میلگـرد باشـد، زیـرا در مـورد دوام در برابـر سولفات ها آزمایشی در آئـین نامـه ذکـر نشـده اسـت. یـا بـرای مثـال در مـورد دوام در برابـر یـخ بنـدان و آبشدگی صرفاً دو نـوع آزمـایش وجـود دارد کـه یکـی در برابـر مـواد یـخ زدا، ماننـد کلریـدها و دیگـری در برابر آب است در مـورد سـایش چنـد نـوع(سـه یـا چهـارنوع) آزمـایش وجـود دارد کـه معمـولاً از یکـی از آنها استفاده می شود. در مواردی کـه شـدت تهـاجم کلریـدی زیـاد اسـت امـروزه بنظـر مـی رسـد اولویـت بـا مقاومـت یـا هـدایت الکتریکـی اسـت و سـپس $RCPT$و$RCMT$ قـرار دارنـد کـه نـوع دیگـری از

آزمایش‌های مقاومت یا هدایت الکتریکی هستند. در پی آنها آزمایش جذب آب نیم ساعته و آزمایش های دیگر جذب آب و نهایتاً آزمایش عمق نفوذ جهت فشار آب است که چندان جالب نیست و با مکانیسم نفوذ یون کلرید همخوانی خوبی ندارد.

در دنیا آزمایش های دیگری نیز بدین منظور ابداع شده اند اما در آبا بدانها توجه نشده است.

سوال۷- با توجه به مشکل تامین آب برای ساخت و عمل آوری بتن در بسیاری از نقاط در پهنه ایران و افزایش ساخت و مصرف بتن در آینده، چه مواردی را تجویز می نمائید؟لازم به ذکر است که هزینه تصفیه آب برای استفاده در بتن و عمل آوری زیاد است و البته املاح آبها در اغلب نقاط ایران زیاد می باشد. بهرحال برای کارخانه های بتن و کارگاههای بتن ریزی چه راهکاری را توصیه می‌کنید؟

ج۷- علاوه بر مصارف ذکر شده یکی از مصارف مهم، بکارگیری آب برای شستشوی سنگدانه ها می باشد بویژه برای سنگدانه های رودخانه ای و نهشته های موجود شاید بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ لیتر آب به ازای هر تن سنگدانه بکار رود(بسته به داشتن امکانات برای بازیافت آب). امروزه در بیشتر استانها و مناطق کشور اجازه برداشت مصالح از رودخانه های دائمی و فصلی و حتی مسیلها داده نمی شود و همه مجبورند از مخلوطهای کوهی یا سنگهای ناشی از انفجار یا برداشت شده توسط وسایل مکانیکی استفاده کنند.

در این حالت قاعدتاً شستشوی سنگدانه ها لازم نیست اما بسیاری از معادن نسبت به شستن ماسه‌های شکسته شده اقدام می کنند که امری بیهوده است و می توان صرفاً در صورت لزوم پودر سنگ (فیلر) اضافی را با فنون دیگری حذف نمود و در هیچ کجای دنیا، شستشو را برای اینکار بکار نمی گیرند و آب مصرف نمی کنند. بنابراین در ایران نیز باید از آب بدین منظور استفاده نکنند. همچنین می توان از آب مصرفی برای ساخت بتن کاست اما باید از افزودنی های فوق روان کننده استفاده کرد و این کاهش آب عملاً در محدوده ۱۰ تا ۳۰ درصد خواهد بود. در مورد عمل آوری نیز می توان با استفاده از گونی خیس و نایلون، مقدار تبخیر و مصرف آب عمل آوری را کاهش داد و تعداد نوبت های آبدهی را کم تر نمود.

بهرحال باید دانست که آب مصرفی برای ساخت و عمل آوری بتن حتماً نباید آب شرب باشد و می توان از آبهای دیگر مانند آبهای بازیافتی از فاضلاب یا پساب ها استفاده نمود به نحوی که ضوابط مورد نظر را برآورده کند. بنابراین تصفیه های کامل آب از املاح مدنظر نیست.

امروزه دستگاههای تصفیه آب در احجام مختلف در دسترس است و کارخانه های بتن آماده و کارگاههای کوچک و بزرگ می توانند از آنها استفاده کنند. بهرحال سعی شد راهکارهایی کاهش آب بصورت کلی در صنعت بتن ذکر شود و به این نکته توجه داده شود که لزومی به مصرف آبهای شرب و نزدیک به شرب در این صنعت احساس نمی شود.

سوال۸- آیا می توان با رصد و پایش میزان گرمای هیدراته شدن، از مقدار مقاومت حاصله و آهنگ رشد آن آگاه شد؟ آیا می توان با اینکار از تعیین مقاومت بتن صرفنظر کرد و این روش را جایگزین نمود؟

ج ۸- هر چند هیدراته شدن سیمان موجب گرمازایی می شود و مقدار گرمای حاصله متناسب با جرم سیمان می باشد اما باید بدانیم که مقدار گرمای ایجاد شده به نوع ترکیبات اصلی سیمان (C_3A وC_3SوC_2SوC_4AF) نیز بستگی دارد. هم چنین دمای محیط بتن(خمیر سیمان) نیز در روند و آهنگ گرمازایی موثر است. مقاومت بتن هر چند متاثر از مقاومت خمیر سیمان است اما

عوامـل دیگـری ماننـد شـکل سـنگدانه هـا(بویژه درشـت دانـه هـا)و بافـت سـطحی آنهـا و دانـه بنـدی مخلوط سـنگدانه در ایـن امـر دخیـل مـی باشد.نسـبت آب بـه سـیمان در مقاومـت خمیـر سـیمان و بـتن اهمیت زیادی دارد که تا حدودی در آهنگ هیدراته شدن و گرمازایی موثر است.

نسبت آب بـه سـیمان در مقاومـت خمیـر سـیمان و بـتن اهمیـت زیـادی دارد کـه تـا حـدودی در آهنـگ هیدراته شدن و گرمازایی موثر اسـت. بنـابراین بایـد گفـت نمـی تـوان یـک رابطـه مشـخص و دائمـی بـین میزان گرمای آزاد شده بتن و مقاومت و رشد آن برقرار نمود.

ضمناً معمولاً سـعی مـی کننـد آزمـایش هـای سـخت و گـران قیمـت را بـا آزمـایش هـای آسـان، سـریع و ارزان قیمت جایگزین نمایند نه بالعکس.

سوال۹- اگر در منطقه تماس بـا خـاک از قالـب مانـدگار آجـری و در قسـمت بیرونـی(بیـرون خاک) از پوشش های پایه سیمانی یا غیـر پایـه سـیمانی اسـتفاده کنـیم مـی تـوانیم از جملـه عوامل شیمیایی خارجی مصون باشیم؟

ج۹- قالـب آجـری در خـاک بـه مـدت محـدودی مـی توانـد از حملـه عوامـل شـیمیایی جلـوگیری کنـد و راه حـل مـوثری در درازمـدت نیسـت. در بیـرون از خـاک هـر چنـد پوشـش هـای پایـه سـیمانی و پوشـش‌های پلیمـری خـاص مـی توانـد تـا حـدودی از نفـوذ عوامـل شـیمیایی ممانعـت نمایـد امـا در مجموع روش گرانقیمتی محسـوب مـی شـود بـویژه اگـر از پوشـش هـای پلیمـری مناسـب اسـتفاده شـود. بنابراین بهترین راه، بکـارگیری بـتن مطلـوب و بـا کیفیـت و بـا نسـبت آب بـه سـیمان کـم و حـاوی مـواد پـوزولانی یـا سـربارهای و ضـخامت کـافی پوشـش بتنـی روی میلگردهـا(در مـورد نفـوذ یـون کلریـد) خواهـد بـود و ایـن راه حلهـا بالنسـبه ارزان قیمـت تـر از راهکارهـای ذکـر شـده توسـط شـما مـی باشـد و مـوثرتر نیـز تلقـی شـود. در برخـی پـروژه هـا در منـاطق جنـوبی کشـور و در شـالوده هـا وقتـی یـون سـولفات وجـود دارد برخـی پوشـش هـای قیـری اصـلاح شـده اسـتفاده مـی شـود کـه تـا حـدودی بـرای جلوگیری از نفوذ سـولفات مـوثر اسـت امـا نمـی توانـد بـیش از چنـد مـاه از نفـوذ یـون کلریـد جلـوگیری کند.

سـوال۱۰- آیـا افزودنـی هـای بـتن عـوارض جـانبی ندارنـد؟ چـرا دربـتن ریـزی راکتورهـای هسته‌ای از افزودنی استفاده نمی شود؟

ج۱۰-همـه افزودنـی هـای بـتن اعـم از شـیمیائی و معـدنی پـودری دارای عـوارض جنبـی مثبـت و منفـی هسـتند. مصـرف کننـدگان افزودنـی هـای شـیمیایی (کـه احتمـالاً منظـور شـما بـوده اسـت)از مـواردی استفاده می کنند کـه عـوارض مطلـوب مثبـت را دارا باشـند و عـوارض جنبـی منفـی آنهـا نـاچیز یـا هـیچ باشـد. بهرحـال عـوارض جنبـی منفـی طبـق اسـتانداردهای مشخصـات ایـن افزودنـی هـا بایـد محـدود باشد.

امـروزه هـیچکس بـه بهانـه وجـود برخـی از عـوارض جنبـی منفـی، ایـن همـه عـوارض مثبـت را فـدا نمی‌کنـد و از آنهـا صـرفنظر نمـی نمایـد. متاسـفانه ایـن پرسـش در همـه دوره هـای بـتن وجـود دارد کـه دنبالـه وبرگرفتـه از عقایـد بسـیار قـدیمی در ارتبـاط بـا مـواد افزودنـی شـیمیایی بـتن مـی باشـد و امـروز موضوعیت و خریدار ندارد.

مـواد افزودنـی شـیمیایی در بـتن بسـیاری از رآکتورهـای هسـته ای اسـتفاده میشـود. ممنوعیـت مصـرف برخی افزودنیهای شـیمیایی صـرفاً شـامل مـواد حبـابزا و سـایر افزودنـی هـایی ماننـد روان کننـده یـا فـوق روان کننـده هـایی اسـت کـه موجـب هـوازایی در بـتن می‌شـود، زیـرا وجـود گازهـا یـا هـوای موجـود در بتن موجب نفوذ پرتوهای هسـته ای در بـتن مـی شـود، و گـاه بـه ایجـاد پرتوهـای خطرنـاک دیگـر منجـر

می شـود. افزودنـی هـای پـودری معـدنی ماننـد پوزولانهـا و سـرباره هـا کـاربرد جـدی در همـه بـتن هـا و حتی بتن رآکتورهای هسته ای دارند.

سوال۱۱- آیا افزون میکروسیلیس یا سـایر افزودنـی هـای معـدنی و شـیمیایی بـرای آب‌بنـدی و نفوذناپذیری بتن بویژه دیوارهای حایل زیرزمین هـا بـا میـزان حـداقل درصـد قیـد شـده در بروشورهای شرکت های افزودنی مـی توانـد مناسـب و مطلـوب باشـد؟ آیـا مـی تـوان مقـدار میانگین یا متوسط مقادیر حداقل و حداکثر را بکار بریم و موفق شویم؟

ج۱۱-قطعـاً اضـافه کـردن پوزولانهـا و سـرباره هـا و حتـی برخـی پودرسـنگها بـه بـتن بـه آب بنـدی و نفوذناپـذیری بـتن تـا حـدودی کمـک مـی کنـد و مقـدار آنهـا در میـزان آب بنـدی کـاملاً مـوثر اسـت. همچنین نوع آنها در تاثیر آنها نقش دارد.

در مـورد میکروسـیلیس معمـولاً گفتـه مـی شـود حـداقل مصـرف میکروسـیلیس بایـد ۴ تـا ۵ درصد(نسبت به سیمان یا مـواد سـیمانی) باشـد و مقـادیر کمتـر چنـدان مـوثر واقـع نمـی شـود متاسـفانه اغلب شـرکت هـای فروشـنده ژل میکروسـیلیس، حـداکثر مقـدار مصـرف آنـرا ۵ تـا ۷ درصـد مقـدار مـواد سـیمانی یـا سـیمان ذکـر مـی کننـد در حـالی کـه ایـن مقـدار ژل میکروسـیلیس حـداکثر شـامل ۲/۵ تـا ۳/۵ درصد میکروسیلیس نسبت بـه سـیمان یـا مـواد سـیمانی مـی باشـد و لازم اسـت ایـن ژلهـا در حـدود ۹ تا ۱۳ درصد مواد سیمانی بکار روند.

نکتـه قابـل توجـه آنسـت کـه برخـی از ایـن ژل هـا مقـدار قابـل ملاحظـه ای فـوق روان کننـده دارنـد و بدین ترتیب مصرف آنها بـین ۱تـا۲ درصـد توسـط شـرکت هـای فروشـنده توصـیه شـده اسـت کـه مقـدار میکروسیلیس موجود در بـتن بـین۰/۵ تـا ۱ درصـد سـیمان یـا مـواد سـیمانی خواهـد بـود و ابـداً تـاثیری ندارد. این شرکتها گـاه نتـایجی را در ارتبـاط بـا مصـرف ایـن نـوع ژل هـا ارائـه مـی دهنـد کـه مربـوط بـه کـاهش نسـبت آب بـه سـیمان بواسـطه مصـرف ایـن مـواد کـه حـاوی فـوق روان کننـده زیـاد مـی باشـد هسـتند نـه وجـود میکروسـیلیس در بتن.خوبسـت بـه ایـن نکتـه بپـردازیم کـه اولـین علـت مهـم در آب بندی و نفوذناپـذیری نسـبی بـتن هـا مربـوط بـه کـم بـودن نسـبت آب بـه سـیمان آنهاسـت. توصـیه مـی شـود کـه بـدین منظـور نسـبت آب بـه سـیمان(مـواد سـیمانی) از ۴۵٪ کمتـر باشـد و در مـوارد حسـاس کمتـر از ۴۲٪ مناسـب تـر اسـت. بـرای بهبـود ایـن آب بنـدی و نفوذناپـذیری اسـتفاده از مـواد دیگـر از جمله پوزولانها و سرباره‌ها بویژه میکروسیلیس به مقدار کافی توصیه شده است.

بهرحـال در همـه ژل هـای میکروسـیلیس، مقـداری فـوق روان کننـده وجـود دارد کـه بکمـک آن مـی تـوان نسـبت آب بـه سـیمان یـا مـواد سـیمانی را کـاهش داد و نبایـد صـرفاً وجـود میکروسـیلیس بـه هـر مقـدار را مـوثر اصـلی قلمـداد نمـود. اسـتفاده از میـانگین حـداقل و حـداکثر موضـوعیتی نـدارد و در هـر طرح مخلـوط بایـد بـرای دسـتیابی بـه خواسـته مـورد نظـر، مقـدار مـواد افزودنـی یـا ژل میکروسـیلیس را تنظـیم نمـود و اسـتفاده از ارقـام موجـود در بروشـورها یـا میـانگین مقـادیر حـداقل و حـداکثر ابـداً تـوجیهی نـدارد. متاسـفانه بنظـر میرسـد بـا توجـه بـه مفهـوم نامشـخص آب بنـدی و نفوذناپـذیری بـتن، راه برای سوء استفاده شـرکت هـای فروشـنده ایـن مـواد همـوار مـی باشـد. لازم اسـت مفهـوم آب بنـدی و نفوذناپذیری بصـورت معیارهـایی بـه همـراه شـماره اسـتاندارد آزمـایش مربوطـه ذکـر شـود تـا کنتـرل آن امکان پذیر باشد.

سوال۱۲- با توجه به دادن مجوز در آبـای جدیـد بـرای تهیـه و آزمـایش آزمونـه هـای مکعبـی ۱۰ سانتی متری و هزینه زیـاد بکـارگیری آنهـا، آیـا سـازمان هـای نظـام مهندسـی سـاختمان می توانند با آن مخالفـت کننـد؟آیا بـا مصـرف سـنگدانه هـایی بـا حـداکثر انـدازه ۲۵ میلـی

متر(کـه معمـول و رایـج اسـت) مـی تـوان از قالـب ۱۰ سـانتی متـری مکعبـی بـدلیل محدودیت‌های آن از نظر استاندارد استفاده نمود؟

ج۱۲- ایـن مجـوز در *ACI* بـرای اسـتوانه هـای ۱۰ سـانتی متـری از حـدود سـال ۲۰۰۰ مـیلادی صـادر شـده اسـت و در *EN* نیـز از سـال ۱۹۹۲ چنـین مجـوزی بـرای اسـتوانه و مکعـب ۱۰ سـانتی متـری وجـود داشـته اسـت و قبـل از آن نیـز برخـی کشـورهای اروپـایی ماننـد انگلـیس بصـورت رایـج از آن استفاده می کرده اند. علی القاعده چـون مقـررات ملـی بـه آبـای جدیـد ارجـاع مـی دهـد چنـین مخـالفتی از طرف سازمان های نظام مهندسی ساختمان توجیهی ندارد.

در استاندارد اروپـا ابعـاد قالـب مکعبـی مـی توانـد مسـاوی یـا بزرگتـر از ۳/۵ برابـر حـداکثر انـدازه اسـمی سنگدانه بتن باشـد. بنـابراین بـرای حـداکثر انـدازه اسـمی ۲۵ میلـی متـری، بکـارگیری قالـب مکعبـی ۱۰ سانتی متری بـه هیچوجـه مشـکلی را دربرنـدارد و قابـل اسـتفاده اسـت. بـا اسـتفاده بیشـتر از قالـب هـای مکعبـی ۱۰ سـانتی متـری قیمـت آن ارزان تـر خواهـد شـد و دسترسـی بـه آن نیـز سـاده تـر مـی شـود. حمـل و نقـل آن آسـان تـر و نیـروی شکسـتن آن کمتـر می‌شـود و جکهـای ۱۲۰ تنـی قابـل اسـتفاده خواهد بود.

سوال۱۳- آیا با توجه بـه اینکـه در بـتن هـای پـر مقاومـت از نسـبت آب بـه سـیمان کمتـر و عیـار سـیمان یـا مـواد سـیمانی بیشـتر و فـوق روان کننـده و احتمـالا" میکروسـیلیس و سـیمانهای ریزتـر بـا رده مقـاومتی بـالاتر در ایـران اسـتفاده مـی کنـیم، رونـد خـاص رشـد مقاومت آن بجز بتن های معمـولی خواهـد بـود و آیـا مـی تـوان بـا توجـه بـه مقاومـت هـای زودهنگام، مقاومت های ۲۸ یا ۵۶ یا ۹۱ روز را پیش بینی نمود؟

ج۱۳- در همه بتن هایی کـه نسـبت آب بـه سـیمان کـم دارنـد، رونـد کسـب و رشـد مقاومـت متفـاوت از بـتن هـایی بـا نسـبت آب بـه سـیمان زیـاد اسـت. هـم چنـین بـتن هـای پرسـیمان رونـد رشـد مقـاومتی متفـاوت بـا بـتن هـای کـم سـیمان دارنـد. برخـی فـوق روان کننـده هـا نیـز ماننـد پلـی کربوکسـیلاتها مقاومـت هـای اولیـه را بهبـود مـی بخشـند و ممکنسـت بـه مـرور زمـان رشـد مقاومـت هـا کـاهش یابـد. وجود میکروسـیلیس در همـه بـتن هـا نیـز مـی توانـد مقاومـت هـای ۳تـا ۷ روزه را بـالاتر بـرد درحالیکـه چندان به مقامت های ۲۸ تا ۹۱ روزه کمک نمی کند.

مسلماً سـیمانهای بـا رده مقاومـت بـالا ماننـد رده ۴۲۵ یـا ۵۲۵ نیـز چنـین خاصـیتی را دارنـد کـه ریـزی بیشتر نیز آنـرا تشـدید مـی کنـد. بنـابراین چنـین مـواردی عجیـب نیسـت و قـبلاً هـم سـابقه داشـته و در بتن پرمقاومت نیز مشاهده مـی شـود. حـال سـوال اینسـت کـه آیـا در بـتن هـای معمـولی، رابطـه و رونـد خاصی برای رشـد و کسـب مقاومـت وجـود داشـته اسـت کـه در ایـن بـتن هـای پرمقاومـت نقـض گـردد. تمـام روابطـی کـه بـرای پـیش بینـی مقاومـت در مبحـث نهـم مقـررات ملـی سـال ۹۹ وجـود داشـت از اساس باطل و غیر معتبر بوده است که در ذهن ها جا افتاده است.

بـرای پـیش بینـی رونـد کسـب مقاومـت هـر بـتن، بهتـر اسـت در هنگـام تهیـه طـرح مخلـوط بـتن بـا آزمـایش آزمونـه هـایی در سـنین اولیـه و در سـن مقاومـت مشخصـه ایـن رابطـه را بصـورت تقریبـی بدست آورد، هرچند این رابطـه نیـز در دماهـای مختلـف بـتن ریـزی و عمـل آوری کـاملاً تغییـر مـی کنـد اما می تواند برای یک پیش بینی و تخمین تقریبی مقاومت های سنین بعدی بکار گرفته شود.

سوال۱۴- چه استانداردها و آئین نامه ای برای بتن های سبک گازی غیر اتوکلاوی مانند بتن کفی(*FoamCon*) یا بتن هوادار شده غیراتـوکلاوی *(Non Auto claved Aerated Con , Aerated Con)* وجـود دارد و چـه آزمایش‌های برای آنها پیش بینی شده است؟ برای اندازه گیری افت یا جمع شدگی بتن کفی یا بتن هوادار شده غیر اتوکلاوی چه آزمایشی وجود دارد؟

ج۱۴- در برخی منابع مانندACI به اینها بتن های سلولی *Cellular LightWeight Con* *ClC* گفته شده است که دارای حفرات زیادی در خمیره بتن است. هم چنین گاه به این‌ها *Insulating Lightweight con ,insulating Con.* (بتن عایق یا بتن سبک عایق) گفته اند. در *ACI523* که دارای چهار قسمت است اینها به دو دسته با چگالی کمتر از $800kg/m^3$وچگالی بیش از $800kg/m^3$ تقسیم شده اند. این چهار قسمت عبارتند از

1-ACI523.1R,Guide for Cast in Place Low Density (800kg/m³ or less) Cellular Concrete

2-ACI523.2R,Guide for precast Cellular Concrete, Floor,roof and wall units(800kg/m³ or less)

3-ACI523.3R,Guide for Cellular Concrete above 800kg/m³

4-ACI523.4R,Guide for Design and Construction With Auto claved Aerated Concrete Panel

همانطور که دیده می شود تقسیم بندی دیگری مانند بتن درجا و پیش ساخته وجود دارد و تلویحاً تقسیم بندی دیگری بهنوان بتن اتوکلاو شده و غیراتوکلاوی دیده می شود.

حتی در چندین سال پیش، مسلح کردن بتن های سلولی با چگالی بیش از $800kg/m^3$ در *ACI523.3R* دنبال شده است و در ایران نیز در پایان نامه های دانشجویی دکترا در دانشگاه خواجه نصرالدین طوسی تحت نظر دکتر باقری به آن پرداخته شده است. در دنیا گاه بجای کلمه *Aerated* از *Gas* استفاده شده که با *Foam* متفاوت است.

در بتن های سلولی اتوکلاو شده بویژه با چگالی بالای$800kg/m^3$ جمع شدگی ناشی از خشک شدگی معمولا" کم و قابل است و بدرد ساخت و ساز بعنوان قطعات دیوار می خورد که در ایران با نامهای تجاری سیپورکس (*Siporex*)، هبلکس(*Heblex*)در مقاطع زمانی مختلف شناخته می شود. جالب است بدانید که در حدود سال ۱۳۶۰ کارخانه سیپورکس ایران، دالهایی مسلح را نیز به بازار ارائه داده است و نشان می دهد سوئدی ها به این کار اعتقاد داشته اند که بعدها(۳۰ سال بعد) آنرا دنبال کرده اند. پس از تعطیلی این کارخانه، تحت لیسانس برند آلمانی هبلکس، کارخانه ای در جاده گرمسار قطعات مشابهی را بعنوان بلوک دیواری و قطعات غیر مسلح ساخت و در ایران با نام علمی *AAC* یا *Autoclaved Aerated Concrete* شناخته می شود. در ایران چندین استاندارد (عمدتاً بر اساس *EN*) برای این محصولات تدوین شده است که در زیر به آنها اشاره می‌شود. بسیاری از اینها در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن با یک گروه مشخص در حدود سالهای اواخر دهه ۸۰ تدوین شده است.

۱. تعیین مدول ارتجاعی استاتیکی بتن هوادار اتوکلاو شده ۸۵۹۱
۲. جمع شدگی ناشی از خشک شدگی بتن هوادار اتوکلاو شده ۸۵۹۲
۳. ویژگی های قطعات بتن سبک هوادار اتوکلاو شده ۸۵۹۳
۴. تعیین جرم حجمی خشک بتن هوادار اتوکلاو شده ۸۵۹۴
۵. تعیین ابعاد قطعات بتنی بنایی سبک ۸۵۹۵
۶. مقاومت فشاری بتن سبک هوادار اتوکلاو شده ۸۵۹۶
۷. نفوذپذیری بخار آب در بتن هوادار اتوکلاو شده ۸۵۹۷
۸. مقاومت خمشی بتن هوادار اتوکلاو شده ۸۵۹۸
۹. تعیین درصد رطوبت هوادار اتوکلاو شده ۹۱۵۹
۱۰. بارگذاری عرضی قطعات پیش ساخته مسلح هوادار اتوکلاوی یا بتن سبکدانه ۹۱۶۱
۱۱. بارگذاری طولی قطعات پیش ساخته مسلح هوادار اتوکلاوی یا بتن سبکدانه ۹۱۶۱

۱۲. ویژگی های بلوک های سبک بتنی سلولی ۱۴۵۰۴
۱۳. تعیین مقاومت بتن هوادار اتوکلاوی در برابر یخ زدن و آبشدن ۲۰۳۴۶

در *ASTM*نیز می توان موارد زیر را ذکر کرد.

۱. مشخصات بتن هوادار اتوکلاو شده *C1693*
۲. دستور ساخت و آزمایش قطعات بنایی غیر مسلح *AAC C1692*
۳. مشخصات قطعات بنایی غیر مسلح *ACC C1691*
۴. روش نصب و آزمایش قطعات بتنی مسلح *ACC C1686*
۵. مشخصات قطعات بتنی مسلح *ACC C1694*
۶. جمع شدگی خطی ناشی از خشک شدگی قطعات بنایی *C426*

در ارتباط با بتن های کفی، استاندارد *ASTMC796* وجود دارد که روش آزمایش مواد کف زا را در بردارد و در آن به نحوه نمونه گیری و نگهداری و آزمایش های آن مانند چگالی و مقاومت فشاری می پردازد. استاندارد ملی معادل آن به شماره ۱۸۴۱۶ می باشد.

در مجموعه *ASTM* برای بتن های کفی و یاهوادار شده غیراتوکلاوی تحت عنوان بتن سبک عایق، استانداردهای زیر وجود دارد.

۱. اندازه گیری مقاومت فشاری بتن سبک عایق C_{495}
۲. تهیه و آزمایش آزمونه های بتن سبک عایق برای مقاومت فشاری C_{513}
۳. تغییر طول آزمونه های قالب گیری شده و مغزه گیری و بریده شده آزمونه های بتن ملات سیمان هیدرولیکی *C341*
۴. جمع شدگی ناشی از خشک شدگی قطعات بتنی بنایی *C426*

در این رابطه برای بند۱ معادل ایرانی ۱۷۷۳۲ و برای بند ۴ استاندارد ۲۲۹۵۴ وجود دارد.

در رابطه با استاندارد C_{495} و استاندارد ایرانی ۱۷۷۳۲، یک مشکل اساسی وجود دارد و آن عبارتست از اینکه روش آزمایش به C_{39} ارجاع داده شده است در حالی که مقاومت این بتن های سبک عایق خیلی کم است و سرعت بارگذاری استاندارد C_{39} و معادل ایرانی آن نمی تواند در این رابطه بکار گرفته شود. در ایران یک گزارش تحقیقاتی در مورد راهنمای تولید، اجرا و کاربرد و ضوابط بتن کفی به شماره ۷۰۷ وجود دارد. در مشخصات فنی عمومی کارهای خطوط لوله فاضلاب مربوط به معاونت امور آب و آبفای وزارت نیرو نیز در مورد بتن های کفی، مطالب مفیدی وجود دارد.

لازم به ذکر است که در استاندارد ۲-۱۷۷۲۲ایران برای تعیین پیوستگی میلگرد با بتن هوادار اتوکلاو شده روشی دراز مدت بصورت تیر آمده است که برگرفته از استاندار *EN12269-2* اروپا می باشد. بهرحال همانطور که ملاحظه می فرمائید درباره این مطالب، ضوابط و روش های آزمایش وجود دارد هر چند گاه کاستی هایی در این رابطه مشاهده می شود. امیدواریم توضیحات بنده در این مجموعه بتواند مفید باشد. قبلاً نیز در مجموعه پرسش و پاسخ ها مطالب مختصری وجود داشت که به این ترتیب کامل تر گردید.

انجمن بتن ایران