

پرسشی و پاسخ

جناب آقای دکتر تدین

چگونه نتیجه آزمایشهای مقاومت فشاری بر روی نمونه مکعبی به نمونه استوانه ای تبدیل می گردد؟ بطور مثال نمونه مکعبی با ابعاد ۱۵*۱۵*۱۵ سانتی متر بایستی دارای چه مقاومت فشاری باشد تا با مقاومت فشاری حداقل ۲۱۰ کیلو گرم بر سانتیمتر مربع نمونه استوانه ای برابر شود؟ لطفاً چنانچه آیین نامه ای نیز در این خصوص موجود است ذکر فرمایید.

مهندسین مشاور دست آفرید

مهندسین مشاور دست آفرید

۱- طبق تفسیر آئین نامه بتن ایران، مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران و نشریه شماره ۱۰۱ (مشخصات فنی عمومی راه) این تبدیل امکان پذیر است.

۲- طبق مراجع فوق در صورتی که مقاومت آزمونه مکعبی ۱۵ سانتی متری ۲۵ مگاپاسکال یا بیشتر باشد کافی است تا ۵ مگاپاسکال کاهش یابد تا مقاومت آزمونه استوانه ای استاندارد به قطر ۱۵ سانتی متر بدست آید. در صورتی که مقاومت آزمونه مکعبی ۲۵ مگاپاسکال یا کمتر باشد مقاومت آزمونه استوانه ای از ضرب کردن آن در ۰/۸ حاصل می گردد.

۳ - طبق ضوابط فوق مقاومت مکعبی ۲۶۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع معادل استوانه ای ۲۱۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع می باشد.

در پایان امیدوارم مشکل شما حل شده باشد. هم چنین توصیه می شود در این مورد و موارد مشابه با مطالعه منابع و مراجع مختلف بتوانید پاسخ های خود را بیابید.

محسن تدین

جناب آقای دکتر تدین

با عرض سلام و احترام

در مبحث نهم مقررات ملی ساختمان برای تبدیل مقاومت نمونه های مکعبی و استوانه ای به هم، جدول زیر ارایه شده است.

جدول ۹ - ۶ - ۰ - ۳ مقادیر f_{cu}

مقاومت فشاری نمونه مکعبی (MPa)	≤ ۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰	۵۵
f_{cu}	۱/۲۵	۱/۲۰	۱/۱۷	۱/۱۴	۱/۱۳	۱/۱۱	۱/۱۰
مقاومت فشاری نمونه استوانه ای (MPa)	با توجه به ضریب	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰

دیده شده است که معمولاً مهندسين برای تبدیل مقاومتهایی که بین خانه های جدول قرار می گیرد از ضرایب مربوط به خانه بعدی استفاده می کنند. مثلاً برای تبدیل مقاومت استوانه ای 230 kg/cm^2 (22.6 MPa) از ضریب مربوط به 25MPa یعنی 1.20 استفاده می شود. در این صورت وقتی مقاومت از 29.9 MPa به 30.1 MPa تغییر کند ضریب از 1.2 به 1.17 در نتیجه مقاومت استوانه ای از 24.9 به 25.7 تغییر می کند! آیا این روش صحیح است؟ یا بهتر است بین خانه ها میانمایی صورت گیرد؟ البته واضح است که میانمایی بین خانه های جدول نتیجه می دهد که همیشه مقاومت نمونه استوانه ای 5 MPa از مقاومت نمونه مکعبی کمتر است.

احمد جمعه زاده

عضو انجمن بتن ایران

جناب آقای مهندس احمد جمعه زاده

- ۱ - استفاده از جدول مزبور با رعایت میانمایی برای یافتن ضریب تبدیل صحیح است.
- ۲- برای مقاومت های مکعبی ۲۵ مگاپاسکال یا کمتر صرفاً ضرب کردن در ضریب ۰/۸ یا تقسیم کردن آن بر ۱/۲۵ پیش بینی شده است که حاوی هیچ مشکلی نیست.
- ۳- توصیه می شود برای مقاومت های مکعبی ۲۵ مگاپاسکال و بیشتر صرفاً کاهش 5 Mpa پیش بینی شود و این امر کمک می کند تا از میانمایی و خطاها و اشتباهات مرتبط با آن در امان باشید.
- ۴ - همه مقاومت های استوانه ای جدول به میزان ۵ مگاپاسکال کمتر از مکعبی است. لازم به ذکر است که ضرائب موجود از تقسیم این اعداد برهم بدست آمده است و ضریب حاصله اصالتی ندارد بنابراین کاهش ۵ مگاپاسکال برای تبدیل مقاومت مکعبی به استوانه ای از صحت بیشتری برخوردار می باشد.

محسن تدین

استاد گرامی جناب آقای دکتر تدین

موضوع : الزامات بتن ریزی در هوای سرد

به استحضار میرساند اخیراً مشاهده می گردد برخی از خریداران بتن آماده، صرفاً تهیه بتن گرم یا مصرف زودگیرکننده (که به غلط مصالح ضد یخ نام دارد) را راهکار مناسب بتن ریزی در زمستان یا هوای سرد می دانند. خواهشمند است در خصوص ضوابط بتن ریزی در هوای سرد راهنماییهای لازم را مبذول فرمایید.

امیر شیبانی

عضو انجمن بتن ایران

جناب آقای مهندس شیبانی

- ۱ - در ابتدا باید گفت بتن ریزی در هوای سرد الزاماً به معنای وجود شرایط یخ بندان نیست و تعریف موجود در ACI306R قدیمی و آئین نامه بتن ایران و مبحث نهم مقررات ملی ساختمانی ایران الزاماً در برگیرنده یخ بندان نیست. وقتی دمای میانگین روزانه سه روز متوالی کمتر از $+5$ درجه سانتی گراد باشد و بیش از نصف

شبهانه روز دما بالاتر از ۱۰ درجه سانتی گراد نباشد، شرایط هوای سرد برقرار خواهد بود و در این تعریف اثری از یخبندان وجود ندارد. در سال ۲۰۱۰ تعریف هوای سرد در ACI تغییر یافته است و منطق بهتری را دنبال می کند و نقص های قبلی مرتفع شده است این شرایط وقتی برقرار است که دمای هوا زیر ۴°C بوده یا انتظار می رود در هنگام عمل آوری کمتر از ۴°C باشد.

۲ - یکی از مهمترین اقدامات برای بتن ریزی در این شرایط ساخت بتن با دمای مناسب است به نحوی که در هنگام ریختن، دمای مطلوبی را داشته باشد و هیدراته شدن سیمان با روند مناسبی ادامه یابد. هر چند حداقل دمای بتن برای انجام هیدراته شدن سیمان برابر ۵+ درجه سانتی گراد است اما برای احتیاط دمای هنگام ریختن و نگهداری بتن بویژه برای قطعاتی با حداقل ضخامت کم، بیش از ۵+ درجه سانتی گراد منظور شده است. در ابا و مقررات ملی به پیروی از ACI306R حداقل دمای ریختن و نگهداری، بسته به ضخامت قطعه به شرح زیر داده شده است که به دمای هوای محیط ارتباطی ندارد.

اکیداً توصیه می شود حداکثر دمای بتن در هنگام ریختن بتن بیش از ۱۱ درجه سانتیگراد بالاتر از حداقل فوق نباشد.

۳- برای داشتن دمای مناسب در هنگام ریختن بتن در هوای سرد حتماً باید بتنی با دمای بالاتر ساخته شود.

حداقل ضخامت قطعه	کمتر از ۳۰۰ میلی متر	۳۰۰ تا ۹۰۰ میلی متر	۹۰۰ تا ۱۸۰۰ میلی متر	بیش از ۱۸۰۰ میلی متر
حداقل دمای ریختن و نگهداری بتن °C	۱۳	۱۰	۷	۵

بالاتر بودن دمای بتن در هنگام ساخت به دمای هوای مجاور و مدت حمل و نوع وسیله حمل و برخی عوامل دیگر بستگی دارد. در ACI306R حداقل دمای ساخت برای حدود یکساعت حمل با تراک میکسر در سه محدوده دمای محیط داده شده است که با کاهش دماهای محیط، دمای ساخت بتن افزایش می یابد.

در دمای بیش از ۱- درجه سانتی گراد ۲ تا ۳ درجه سانتیگراد به حداقل دماهای جدول فوق اضافه می گردد. در دمای ۱- تا ۱۸- درجه سانتیگراد ۵ تا ۶ درجه سانتیگراد به حداقل دماهای جدول فوق اضافه می گردد. در دمای کمتر از ۱۸- درجه سانتیگراد ۸ تا ۹ درجه سانتیگراد به حداقل دماهای جدول فوق اضافه می شود. گفته شده است که حداکثر دمای ساخت بتن نباید بیش از ۸ درجه سانتیگراد بالاتر حداقل دمای ساخت بتن باشد.

۴- برای علاقمندان به داشتن اطلاعات بیشتر، لازم به ذکر است که انجمن تحقیقات بتن سوئد رابطه ای تجربی در دهه ۶۰ میلادی ارائه داده شده است که ACI306R از آن بهره گرفته است. این رابطه را می توان به شکل زیر ارائه داد.

$$\Delta t = KD(t_r - t_a)$$

Δt افت دمای بتن، K ضریب نوع وسیله حمل، D مدت حمل (ساخت تاریختن) برحسب ساعت t_r دمای ریختن و t_a دمای هوای مجاور می باشد.

K برای وسیله چرخان (تراک میکسر) در حدود ۰/۲۵، برای وسیله غیر چرخان و روباز در حدود ۰/۱۷ و برای وسیله غیر چرخان و سرپوشیده ۰/۱ منظور می شود.

برای مثال اگر بخواهیم بتنی را با حداقل دمای ۱۳ درجه سانتی گراد در دمای ۷- درجه سانتی گراد بریزیم و مدت حمل آن نیم ساعت با تراک میکسر باشد داریم:

$$\Delta t = 0.25 * 0.17 / 5 (13 + 7) = 2/5^{\circ}C$$

$$t_m = t_r + \Delta t = 13 + 2/5 = 15/5$$

بنابراین حداقل دمای ساخت آن ۱۵/۵ درجه خواهد بود در حالی که آبا و مقررات ملی حداقل دمای ساخت بتن را در این شرایط ۱۸ درجه سانتیگراد اعلام نموده اند.

اگر مدت حمل را یکساعت و دمای هوا را همان ۷- درجه سانتیگراد بگیریم حداقل دمای ساخت همان ۱۸ درجه سانتی گراد می شود.

۵- پس از بتن ریزی با دمای مناسب، لازم است تدابیری اتخاذ شود تا حداقل دمای عمل آوری (نگهداری) قید شده در جدول بند ۲ تامین گردد. ایجاد گرما با وسیله ای مناسب و یا ایجاد پوشش عایق گرما در سطح بتن از جمله اقدامات مهمی است که باید انجام گیرد.

بدیهی است این بخش از عملیات اجرائی بعهد مجری و خریدار بتن پس از ریختن آن خواهد بود و به تولید کننده و تحویل دهنده بتن آماده ربطی ندارد.

عمل آوری بتن با حداقل دمای مورد نظر یا بیش از آن باید دست کم آنقدر ادامه یابد که به حداقل مقاومت Mpa ۵ استوانه ای دست یابیم. این مقاومت در ACI برابر $3/5^{Mpa}$ داده شده است که به احتمال قوی مربوط به بتن حبابدار می باشد.

با تهیه نمونه های آگاهی و نگهداری آنها در شرایط واقعی عمل آوری می توان از دستیابی به مقاومت مورد نظر اطلاع یافت.

مقاومت فوق الذکر حداقل مقاومتی است که اولین یخ بندان زود هنگام نتواند به بتن آسیب رساند. بدیهی است برای دستیابی به مقاومت مورد نیاز سازه ای یا تامین دوام لازم، نیاز به عمل آوری اضافی وجود خواهد داشت.

۶ - دستیابی به حداقل مقاومت مورد نیاز برای جلوگیری از بروز آسیب زود هنگام ناشی از یخبندان به عوامل مختلفی بستگی دارد. این عوامل می تواند بصورت درونی و یا بیرونی باشد. نوع و جنس سیمان از نظر آهنگ هیدراته شدن، نسبت آب به سیمان، عیار سیمان، نوع مواد افزودنی، دمای اولیه بتن در هنگام ریختن، دمای عمل آوری بتن و یا محیط مجاور آن از جمله عوامل مهم و تاثیرگذار بر روند کسب مقاومت بتن تلقی می شود. استفاده از سیمانهای با آهنگ هیدراته شدن سریع تر مانند سیمان پرتلند ۴۲۵-۱ و بویژه سیمان پرتلند ۵۲۵-۱ و نوع ۳ می تواند بسیار موثر باشد. در حال حاضر در ایران سیمان پرتلند نوع ۳ تولید نمی شود اما سیمان پرتلند ۵۲۵-۱ بخوبی می تواند جایگزین مناسبی تلقی شود و مدت عمل آوری را بشدت کاهش دهد.

افزایش عیار سیمان به میزان $60 Kg/m^3$ در ACI306R راهکاری برای کاهش مدت عمل آوری به شمار می آید. اما ممکن است در برخی موارد به دلیل افزایش جمع شدگی و ترک خوردگی و یا افزایش دمای مغز بتن و

زیاد شدن گرادیان حرارتی و تنش های حرارتی به ترک خوردگی منجر گردد. بهر حال افزایش عیار سیمان به گرمائزایی بیشتر می انجامد که به نوبه خود به عمل آوری حرارتی بهتر منجر می شود.

مصرف مواد زودگیرکننده یا زود سخت کننده (Accelerator) از جمله راهکارهای موثر برای کاهش مدت عمل آوری است. این مواد در بازار مواد افزودنی ایران به غلط مواد ضد یخ خوانده می شوند. این مواد تفاوت خاصی از نظر کاهش نقطه انجماد بتن با سایر مواد افزودنی ندارند و عملاً با توجه به میزان مصرف آنها نقطه انجماد بتن را بیش از ۲ درجه سانتیگراد پائین نمی آورد. مسلماً با مصرف این مواد، نمی توان در نحوه عمل آوری تجدید نظر کرد و لازم است حداقل دمای عمل آوری بتن طبق آبا و مقررات ملی تامین شود و نمی توان بتن را در محیط سرد مجاور رها نمود.

نباید تصور نمود که بتن در دمای صفر یخ می زند بلکه بتن های عادی عملاً در فشار عادی کنار دریا در دمای ۲- درجه سانتیگراد یخ خواهد زد. بتن در صورتیکه حتی یخ نزند پیشرفت مقاومتی محسوسی نخواهد داشت و آسیب پذیر باقی می ماند و آئین نامه های معتبر دنیا چنین حالتی را مجاز نمی شمارند.

افزایش دمای عمل آوری بتن نیز عاملی جدی و تاثیرگذار بر کاهش مدت عمل آوری است و آئین نامه ها حداقل دمای خاصی را برای عمل آوری تجویز می کنند. با استفاده از رابطه بلوغ بتن می توان تا حدود زیادی تاثیر این عامل را مشاهده نمود.

کاهش نسبت آب به سیمان علاوه بر افزایش مقاومت، باعث افزایش آهنگ کسب مقاومت نیز می شود. افزایش عیار سیمان در حالی که مقدار آب ثابت بماند معنای کاهش نسبت آب به سیمان را خواهد داشت که قبلاً در مورد آن بحث شد اما در این جا به شگرد دیگر یعنی کاهش آب برای کاهش نسبت آب به سیمان نظر داریم. اینکار با مصرف روان کننده یا فوق روان کننده می تواند عملی شود. بدیهی است که روان کننده یا فوق روان کننده دیرگیر برای این امر مناسب نمی باشد. امروزه با استفاده از پلی کربوکسیلاتها می توان بخوبی به این هدف دست یافت و رشد مقاومت های اولیه را باعث گردید.

راهکار دیگر، افزایش دمای اولیه بتن در هنگام ریختن می باشد که به افزایش مقاومت های اولیه می انجامد اما بدلائل مختلفی، اجازه داده نشده است که این دما به شدت بالا رود که محدودیت آن قبلاً در بند ۲ ذکر گردید. ضمناً باید گفت که افزایش دمای ساخت و ریختن بتن در هوای سرد نیز بسیار مشکل خواهد بود و هزینه زیادی را در بر دارد و توصیه نمی شود.

۷- برای دستیابی به دمای مطلوب در هنگام ساخت بتن بدلیل پائین بودن دمای مصالح مصرفی (سیمان، سنگدانه و آب)، لازم است اقدامات خاصی را به انجام رسانید.

بهترین و مهمترین اقدام، پیشگیری از کاهش شدید دمای آنها (بویژه سنگدانه و آب) می باشد که راه حلی ساده و ارزان قیمت محسوب می شود اما معمولاً کفایت نمی کند و تمهیدات دیگری را می طلبد.

استفاده از مخازن آب مدفون در زمین و یا بخوبی عایق بندی شده کمک می کند تا انرژی و وقت کمتری صرف بالا بردن دمای آن شود. گاه ممکن است آب در مخازن رو زمینی یخ بزند و مشکلات جدی برای ساخت بتن بوجود آورد. چنانچه بتوان دمای آب را در زمستان در محدوده 15 ± 2 درجه سانتیگراد در مخازن مناسب حفظ نمود کاری اساسی تلقی می شود.

سنگدانه ها بویژه در شب هنگام می تواند بسیار سرد شود و حتی در صورت مرطوب بودن سنگدانه ها ممکن است یخ بزند. در صورت یخ زدن سنگدانه ها، انرژی زیادی باید صرف شود تا یخ سنگدانه آب شود و سپس انرژی دیگری لازم است تا بتن به دمای مطلوب برسد و این حجم انرژی زیاد است که کار را مشکل می کند. هر گرم آب برای اینکه یک درجه گرمتر شود یک کالری گرما نیاز دارد در حالی که یخ صفر درجه برای تبدیل به آب صفر درجه نیاز به ۸۰ کالری گرما دارد که شناخت عمق این مشکل باعث می شود تا نگذاریم آب سنگدانه یخ بزند و این امر موجب می شود تا ساخت بتن با دمای مناسب و مطلوب ساده تر شود.

ایجاد پوشش برای سنگدانه بویژه اگر پوشش عایق گرما بکار رود مطلوب است. اگر در هنگام روز دمای سنگدانه بالاتر از حد یخ زدن باشد و بتوان آن را بخوبی حفظ نمود تا یخ نزند و یا لایه نازکی بصورت یخ زده در آید اقدامات انجام شده موفقیت آمیز خواهد بود. ایجاد پوشش می تواند از افزایش رطوبت سنگدانه ها در هنگام بارندگی نیز جلوگیری نماید. از آنجا که ابزار ساخت بتن با دمای مناسب، آب گرم است. وجود رطوبت زیاد در سنگدانه ها، مصرف آب را محدود می کند بنابراین ابزار لازم از دست می رود.

۸ - بسیاری از مهندسين می پرسند که چگونه می توان دمای بتن را پیش بینی نمود و یا دمای لازم برای آب گرم جهت تولید بتن با دمای مطلوب چگونه باید مشخص گردد.

زمانی که چند ماده مختلف با یکدیگر مخلوط شوند تبادل گرمائی خواهند داشت که جرم، ظرفیت گرمائی (گرمای ویژه) و دمای آنها، در این تبادل موثرند و به دمای تعادل خاصی منجر می شود که در فیزیک حرارت بدان پرداخته شده است.

اگر در این مدت گرمائی هدر نرود و ظرف اختلاط نیز در این مدت در تبادل شرکت نکنند! دمای تعادل به سهولت با رابطه مربوطه بدست می آید.

در مورد بتن می توان این رابطه را بصورت زیر بصورت دقیق تر و کاملتری نسبت به ACI چنین نوشت

$$T_m = \frac{0/22(C.T_c + S_d.T_s + G_d.T_c) + W_m.T_w + W_s.T_s + W_G.T_G}{0/22(C + S_d + G_d) + W_w + W_s + W_G}$$

به ترتیب دمای تعادل بتن، دمای سیمان، دمای ماسه، دمای شن و دمای آب مصرفی T_w, T_G, T_s, T_c, T_m است. هم چنین $W_G, W_s, W_m, G_d, S_d, C$ به ترتیب جرم سیمان، جرم ماسه خشک، جرم شن خشک، جرم آب مصرفی ساخت بتن، جرم رطوبت موجود در ماسه و رطوبت موجود در شن برحسب کیلوگرم در متر مکعب می باشد.

در این رابطه عدد ۰/۲۲ گرمای ویژه سیمان، ماسه و شن برحسب کیلوکالری بر کیلوگرم است و گرمای ویژه آب که در سه جمله بعدی (در صورت و مخرج) ضرب می شود، ۱ کیلوکالری بر کیلوگرم فرض شده است. گرمای ویژه شن و ماسه ها بسته به جنس آنها می تواند در محدوده ۰/۱۷ تا ۰/۲۴ تغییر کند اما بصورت متوسط و برای سهولت معادل گرمای ویژه سیمان یعنی ۰/۲۲ منظور می شود.

این رابطه تا جایی صادق است که رطوبت سنگدانه ها بصورت یخ زده نباشد. اگر رطوبت سنگدانه ها بصورت یخ زده در آید به جای دو عبارت $W_s.T_s$ و $W_G.T_G$ ، عبارات $W_{si}(0.5T_s - 80)$ و $W_{GI}(0.5T_G - 80)$ جایگزین می شود. که در اینجا گرمای ویژه یخ $0/5 \text{ Kcal/Kg}$ و گرمای نهان ذوب یخ 80 Kcal/Kg می باشد.

وقتی در رابطه فوق دمای مطلوب بتن در هنگام ساخت قرار گیرد می توان T_w یعنی دمای آب گرم مصرفی را مشخص نمود.

۹ - برای درک بهتر لازم است مثالی را در اینجا ذکر کنیم.

اقدام برای ساخت بتنی جهت ریختن در یک سقف کامپوزیت یا تیرچه بلوک در زمانی که دمای هوا ۳- درجه سانتیگراد می باشد و مدت حمل بتن و معطلی ها در هنگام ریختن ۱/۵ ساعت است ضرورت دارد. وسیله حمل بتن تراک میکسر می باشد.

طرح مخلوط بتن و اطلاعات رطوبتی و دمائی مصالح مصرفی در جدول زیر ارائه شده است.

مصالح مصرفی	سیمان	آب کل	شن	ماسه
شرایط				
جرم Kg	۳۵۰	۲۰۰	۸۰۰ (خشک)	۱۰۰۰ (خشک)
دما $^{\circ}C$	+۲	+۵	-۲	-۱
رطوبت (درصد)	—	—	۱/۲۵	۵

فرض کنید در حالت اول شن و ماسه یخ زده نباشد و در حالت دوم فرض کنید که سنگدانه ها یخ زده باشد و در این حالات دمای آب مصرفی را برای رسیدن به دمای مطلوب در هنگام ساخت بدست آورید.
گام اول: تعیین رطوبت موجود در سنگدانه ها و آب مصرفی:

$$50 \text{ Kg} = 1000 * 5\% \text{ آب ماسه}$$

$$10 \text{ kg} = 800 * 1.25\% \text{ آب شن}$$

$$140 \text{ Kg} = 200 - 60 = \text{آب مصرفی}$$

$$60 \text{ Kg} = \text{آب سنگدانه ها}$$

گام دوم: حداقل دمای مطلوب در هنگام ریختن با توجه به ضخامت قطعه (کمتر از ۳۰۰ میلی متر) طبق ضوابط آبا و مقررات ملی ساختمانی ایران برابر ۱۳ درجه سانتی گراد است.
گام سوم: حداقل دمای مطلوب در هنگام ساخت طبق جدول آبا و مقررات ملی برابر ۱۸ درجه سانتیگراد می باشد. اما طبق روابط مؤسسه تحقیقات بتن سوئد عبارت است از

$$t_m = 13 + 6 = 19 \text{ } ^{\circ}C$$

$$\Delta t = 0.75 * 1/5 * (13 + 3) = 6 \text{ } ^{\circ}C$$

بنابراین بهتر است از حداقل دمای مزبور به عنوان دمای ساخت بتن (دمای تعادل) استفاده نمود.

مسئله اگر اولین نوبت ساخت بتن را تجربه می کنیم بهتر است به دلیل سردی دیگ آنها با ریختن آب گرم در دیگ و تخلیه آب، گرم تر نمائیم و یا دمای تعادل بتن را بالاتر فرض نمائیم. روش دیگر آنست که برای اولین نوبت ساخت، جرم دیگ، دمای دیگ و ظرفیت گرمائی آن (حدود 1 Kcal/Kg) را در رابطه مورد نظر مانند هر مصالح دیگر وارد کنیم.

در اینجا دمای ساخت بتن را بصورت محافظه کارانه ۲۰ درجه سانتی گراد در رابطه مورد نظر منظور می کنیم.

$$20 = \frac{0/22[350 * 2 + 1000(-1) + 800(-2)] + 140T_w + 50(-1) + 10(-2)}{0/22(350 + 1000 + 800) + 200}$$

$$T_w = 100 \text{ } ^{\circ}C$$

در اینجا داریم

به هر حال در صورتی که دمای مطلوب برای ساخت بتن بدلیل ضخامت بیشتر قطعه و طول مدت حمل کمتر و دمای بیشتر هوا، کمتر بدست می‌آید دمای آب گرم می‌توانست کمتر باشد مثلاً اگر دمای مطلوب برای ساخت بتن تحت شرایط خاصی ۱۰ درجه سانتی گراد بود دمای آب گرم لازم در حدود ۵۲ درجه بدست می‌آید که کار ساده‌تری را در پیش داریم. بنابراین نمی‌توان با گرم کردن آب به تنهایی به نتیجه رسید و گرم کردن سنگدانه‌ها نیز لازم است.

گام چهارم: در حالتی که سنگدانه‌ها یخ زده باشد.

$$20 = \frac{0.22[350 * 2 + 1000(-1) + 800(-2)] + 140T_w + 50[(0.5(-1) - 80)] + 10[0.5(-2) - 80]}{0.22(350 + 1000 + 800) + 200}$$

$$T_w = 13.4 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \text{در اینجا داریم:}$$

بدیهی است کار بسی مشکل می‌شود و نیاز به گرم کردن بیشتر سنگدانه‌ها ضرورت دارد.

لازم به ذکر است در حالت عادی نمی‌توان از آب بیش از ۶۰ درجه سانتیگراد استفاده نمود زیرا به گیرش آنی سیمان، افت اسلامپ شدید بتن تازه و کاهش کیفیت مقاومتی میان مدت و دراز مدت و کاهش دوام بتن منجر می‌شود. مگر اینکه در ساخت بتن ابتدا آب داغ و تمام سنگدانه (یا بخشی از آن) را مخلوط کنیم و سپس سیمان را بدانها بیفزائیم. حتی در این حالت معمولاً در اکثر موارد نمی‌توانیم از آب داغی با دمای بیشتر از ۸۵ درجه سانتی گراد استفاده کنیم.

گام پنجم: در شرایطی که بخواهیم دمای آب را به $60 \text{ } ^\circ\text{C}$ محدود کنیم و بخواهیم شن را گرم نمائیم باید دمای شن T_G را مجهول در نظر بگیریم و T_w را معادل ۶۰ قرار دهیم. در این حالت برای سنگدانه یخ نزده داریم $T_G = 6.5 \text{ } ^\circ\text{C}$ اگر ماسه یخ زده باشد دمای شن باید برابر باشد با $T_G = 11.5 \text{ } ^\circ\text{C}$ لازم به ذکر است که رساندن شن یخ زده به این دما تا حدودی مشکل به نظر می‌رسد.

اگر بخواهیم برای حالتی که شن و ماسه یخ نزده باشند و اقدام خاصی انجام ندهیم دمای تعادل بتن با آب ۵ درجه برابر خواهد بود با $T_m = 0.5 \text{ } ^\circ\text{C}$ بنابراین برای رسیدن به دمای حدود $20 \text{ } ^\circ\text{C}$ تقریباً دمای آب را باید ۵ درجه سانتیگراد برای بالا بردن دمای بتن به میزان ۱ درجه سانتیگراد بالاتر ببریم و اگر مصالح یخ زده باشد در حدود ۶/۵ درجه سانتیگراد برای افزایش دمای بتن به مقدار ۱ درجه سانتیگراد، باید دمای آب را افزایش دهیم. اگر بخواهیم دمای آب را افزایش دهیم و صرفاً با افزایش دمای شن به نتیجه برسیم برای سنگدانه یخ نزده دمای شن باید به حدود ۱۶ درجه سانتیگراد برسد. در حالت ماسه یخ زده این دما باید به حدود ۲۱ درجه سانتیگراد برسد.

۱۰ در مثال فوق دیده شد که چگونه جلوگیری از یخ زدن سنگدانه، مشکلات را کم می‌کند و هم چنین دیده می‌شود که اگر با عایق بندی نگذاریم دمای شن و ماسه پائین بیاید چه کمک شایانی را خواهد نمود.

نکته ای که قبلاً بدان اشاره شد نقش رطوبت در سنگدانه‌ها می‌باشد که در مثال فوق بدان پرداخته نشد.

اگر در مثال فوق رطوبت شن به ۰/۲۵ درصد و رطوبت ماسه به ۲/۸ درصد برسد، مقدار آب مصرفی بجای ۱۴۰ کیلو، ۱۷۰ کیلو خواهد بود و داریم

$$20 = \frac{0.22[350 * 2 + 1000(-1) + 800(-2)] + 170T_w + 28(-1) + 2(-2)}{0.22(350 + 1000 + 800) + 200}$$

در این حالت داریم

$$T_w = 82 \text{ } ^\circ\text{C}$$

کاهش دمای ۱۸ درجه برای آب مصرفی عمدتاً مرهون آب مصرفی بیشتر می باشد بنابراین خشک تر بودن سنگدانه، کار را ساده تر می کند و جلوگیری از مرطوب تر شدن سنگدانه کاری بس مهم است.

۱۱ - در هوای سرد، اقدامات دیگری مانند استفاده از مواد حباب زا نیز می تواند خطر خسارت ناشی از یخ بندان زودهنگام را کاهش دهد. از اقدامات احتیاطی دیگری نیز می توان نام برد که موجب طولانی تر شدن این مبحث می گردد و از آنها صرفنظر می کنیم. در پایان امیدوارم موضوعات مطروحه بتواند مفید واقع شود.

محسن تدین

برادر ارجمند جناب آقای دکتر تدین

در یک ساختمان بتنی تحت نظارت اینجانب چند مورد کرمویی و جداشدگی دانه ها در ستون، تیر و دیوار برشی دیده شده که با استفاده از چسب بتن و ملات ماسه سیمان ترمیم صورت گرفته است. بازرس محترم سازمان نظام مهندسی ساختمان در بازدید از محل دستور داده اند که جهت تشخیص کیفیت اجراء بتن (میزان تراکم و تخلخل و میزان آب بتن) آزمایش التراسونیک (سرعت پالس ماوراء صوت) روی قطعات کرمو صورت گیرد.

استدعا دارد در باره چگونگی انجام آزمایش مزبور برای این که منجر به نتایج مورد نظر شود، ارائه طریق فرمایند.

محمد رضا طهماسبی

جناب آقای مهندس طهماسبی

۱- در آزمایش فراصوتی، سرعت پالس در جسم بتن بدست می آید که به نوعی معرف مدول دینامیکی بتن می باشد و نمی توان براحتی مقاومت و کیفیت بتن را برای بدست آورد.

هم چنین وجود میلگردها در بتن، مشکلاتی را برای بدست آوردن سرعت پالس در بتن بوجود می آورد مگر اینکه محل میلگردها دقیقاً مشخص شود و پروب دستگاه از میلگرد فاصله داشته باشد به نحوی که امواج از میلگرد عبور نکنند.

۲- میزان تراکم و تخلخل و آب بتن نمی تواند مستقیماً با آزمایش فراصوتی بدست آید زیرا مبنای مقایسه ای وجود ندارد. چنانچه در چندین نقطه آزمایش انجام شود، می توان نتایج این نقاط را مقایسه کرد اما مشخص نمی شود که نتایج کمتر الزاماً به معنای نامطلوب بودن بتن است.

۳- متأسفانه در رابطه با آزمایش هائی همچون چکش اشمیت و سرعت پالس فراصوتی، برداشت های غلطی وجود دارد. بدست آوردن کیفیت بتن مانند مقاومت، به سختی و با انجام آزمایش های مقاومت و هم چنین این آزمایشهای فوق الذکر بر روی مغزه حاصله از بتن ها و ایجاد رابطه خاص برای بتن مزبور امکان پذیر است. چنانچه قرار باشد دست کم ۶ تا ۱۲ مغزه برای اینکار گرفته شود بهتر است مقاومت خود مغزه ها را بدست آورد. هم چنین لازم به تذکر است که در مقررات ملی در رابطه با آزمایش فراصوتی به هیچ نکته ای اشاره نشده است.

۴- در رابطه با ترمیم محل کرمو، لازم است ذرات درشت متخلخل از بتن جدا شود و تخریب تا عمق لازم صورت گیرد و پس از آماده سازی مناسب محل ترمیم، با ملات ماسه سیمان مناسب و با نسبت آب به سیمان مساوی یا کمتر از بتن اصلی ترمیم شود و برای اتصال بهتر، از لاتکس مناسب (همان چسب بتن رایج) استفاده گردد.

بهرحال بنظر می رسد بازرس محترم راه حل خاصی برای این مورد مدنظر داشته اند که ممکن است توضیحات ایشان راهگشا باشد.

محسن تدین

جناب آقای دکتر محسن تدین

احتراماً این واحد تولیدی به عنوان یکی از اعضای آن انجمن محترم است با توجه به اینکه این واحد تولیدی در شهرستان گلپایگان در حال کار می باشد و مواد اولیه خود را از واحدهای تولیدی مختلف گلپایگان و شهرهای اطراف تهیه می نماید لطفاً نسبت تبدیل تناژ به متر مکعب را برای محصولات پرگردش شامل بتن عیار 450.150.350 را برای این واحد مشخص بفرمایید تا معیاری باشد جهت محاسبات محصولات فروش رفته.

سعید مقدسی

عضو حقوقی انجمن بتن ایران

جناب آقای مهندس سعید مقدسی

۱ - همانگونه که تاکنون چندبار به این پرسش پاسخ داده شده است به استحضار می رساند وزن مخصوص بتن مترکم تازه باید بصورت تجربی بوسیله انجام آزمایش بدست آید. روش انجام آزمایش طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۶-۳۲۰۳ یا ۳۸۲۱ می باشد که لازم است همه تولیدکنندگان بتن آماده بویژه دارای پروانه استاندارد با انجام آزمایش از وزن مخصوص بتن خود اطلاع حاصل نمایند. بنابراین اینجانب و سایرین نمی توانستیم وزن مخصوص بتن خاصی را اعلام نمایم.

۲ - وزن مخصوص بتن مترکم تازه را نمی توان پیش بینی و تخمین زد مگر اینکه طرح مخلوط بتن بصورت علمی آزمایشگاهی مشخص باشد و چگالی ذرات سیمان و سنگدانه ها بصورت اشباع با سطح خشک (به تفکیک شن و ماسه) در دست باشد در این حالت نیز لازم است از درصد هوای غیر عمدی باقیمانده در بتن اطلاع داشته باشیم.

۳ - با تغییر عیار سیمان، تغییر مقدار آب آزاد و تغییر مقادیر شن و ماسه اشباع با سطح خشک در یک طرح مخلوط بتن، وزن مخصوص بتن تازه مترکم تغییر می کند. هم چنین چگالی شن و ماسه اشباع با سطح خشک در درجه اول و چگالی ذرات سیمان در درجه دوم و با تاثیر کم بر وزن مخصوص بتن تازه اثرگذاری دارد.

۴ - چنانچه طرح مخلوط بتن طبق روش ملی طرح مخلوط انجام شود و درصد هوای فرضی تا حدود زیادی صحت داشته باشد، وزن مخصوص بتن بصورت محاسباتی قبل از ساخت بتن پیش بینی می شود که پس از ساخت مخلوط آزمون قابل کنترل می باشد. از آنجا که در بیشتر موارد، طرح مخلوط علمی - تجربی مناسبی در دست نیست بنابراین صرفاً تعیین وزن مخصوص بتن تازه از طریق آزمایش اکیداً توصیه می شود.

۵-علیرغم تذکر این موارد، در برخی مناطق کشور، برخی انجمن های بتن آماده بصورت توافقی و با توجه به انجام آزمایش های انجام شده، وزن مخصوص خاصی را برای بتن های شرکت های عضو در آن منطقه منظور نموده اند که چندان صحیح و علمی نیست و تعمیم نتایج حاصله از آزمایش های محدود خاص در یک شرکت، منطقی بنظر نمی رسد.

محسن تدین

جناب آقای دکتر محسن تدین

این واحد تولیدی قصد استفاده از سنگ آهک در مصالح خود برای تولید بتن آماده دارد لذا خواهشمند است با توجه به اینکه اطلاعات ما در این زمینه کافی نمی باشد لطف کرده و شرایط استفاده و اطلاعات لازم مانند درصد اختلاط و مش پودر سنگ آهک و غیره و اینکه آیا این سنگ آهک پخته شده است (آهک شکفته) یا اینکه فقط سنگ آهک آسیاب شده است؟

سعید مقدسی

عضو انجمن بتن ایران

جناب آقای مهندس سعید مقدسی

در پاسخ به پرسش جنابعالی، موارد زیر به استحضار می رسد.

۱ - سنگ آهک می تواند بصورت پودر در بتن بعنوان یک جزء پرکننده و اصلاح کننده کارایی بکار رود. علاوه بر این خواص، گفته می شود که در شرایط یکسان بودن نسبت آب به سیمان حتی می تواند بر مقاومت فشاری و نفوذ ناپذیری تاثیر مثبتی داشته باشد. نشان داده شده است که پودر سنگ آهک بر دوام بتن در بسیاری از موارد موثر واقع می شود.

۲- هر چند در گذشته از پودر سنگ و بویژه پودر سنگ آهک در بتن استفاده شده است اما در طول دو دهه اخیر، مصرف آن در بتن های خودتراکم رایج گردیده است. در ایران نیز چند سالی است که از پودر سنگ آهک در بتن خودتراکم استفاده می شود اما مصرف آن در سایر بتن ها هنوز جدی گرفته نشده است ولی بهر حال منعی برای مصرف وجود ندارد.

۳- میزان مصرف پودر سنگ آهک در بتن بسته به نیازها و پارامترهای فنی و اقتصادی مشخص می شود. معمولاً پودر سنگ آهک در بتن خودتراکم از ۷۵ تا ۱۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب بتن و حتی گاه تا حدود ۲۰۰ کیلوگرم مصرف می گردد تا حجم خمیرکافی فراهم شود. بدیهی است هر چقدر ماسه های مصرفی زبرتر (درشت تر) و دارای ذرات ریز کمتری باشد نیاز به مصرف پودر سنگ بیشتر خواهد شد. با توجه به اینکه ماسه های ایران معمولاً درشت و فاقد ریز کافی هستند مصرف پرکننده های پودری می تواند مفید باشد.

۴- در بسیاری از استانداردها و آئین نامه ها و کتب و مراجع موجود، درباره دانه بندی توصیه شده پودر سنگ مصرفی در بتن مطلبی دیده نمی شود در EN12620، محدود استاندارد برای پرکننده ها ارائه شده است که در زیر مشاهده می شود اما بهر حال در استانداردها و آئین نامه های امریکائی و ایرانی برای پودر سنگ یا پرکننده ها دانه بندی استاندارد توصیه شده فعلاً وجود ندارد. ضمناً با توجه به دانه بندی ماسه های ایران، استاندارد EN را نیز عیناً نمی توان تجویز نمود و هم چنین با الکهای مصرفی در ایران نیز تطابق ندارد.

دانه بندی پرکننده (درصد گذرنده از الک)

الک (م.م)	۲٪	۰/۱۲۵	۰/۶۳
محدوده استاندارد EN12620	۱۰۰	۸۵-۱۰۰	۷۰-۱۰۰

روش تعیین دانه بندی پرکننده ها در EN933-10 آمده است.

۵ - آنچه که در ارتباط با مصرف پودر سنگ وجود دارد معمولاً مصرف پودر سنگ آهک است و ربطی به سنگ آهک پخته شده (آهک زنده) و یا آهک پخته شده و هیدراته (آهک شکفته) ندارد.

چنانچه آهک شکفته در بتن استفاده شود نقش یک افزودنی را بازی خواهد کرد و اثراتی را در بتن بویژه از نظر زمان گیرش بوجود می آورد که مصرف آن چندان معمول نیست.

امید است توضیحات ارائه شده کافی باشد. بهر حال باید توجه داشت که نمی توان از پودر سنگ بجای سیمان برای کسب مقاومت استفاده نمود زیرا پودر سنگ عملاً فعالیتی در ارتباط با چسباندگی ندارد و خنثی تلقی می گردد.

محسن تدین