

بررسی میزان رطوبت موجود در سازه های بتنی بر میزان استحکام آنها

محسن صالحی^۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۰۱ تاریخ چاپ: ۱۴۰۴/۰۳/۰۱

چکیده

تأثیر یک محیط مرطوب بر رفتار خستگی بتن با مقاومت بالا در سال های اخیر با گسترش سیستم های انرژی بادی دریایی اهمیت بیشتری یافته است. با توجه به تحقیقات محدود مستند شده در ادبیات، مقاومت خستگی نمونه های غوطه ور در آب به طور قابل توجهی کمتر از نمونه های در شرایط خشک است. با این حال، هنوز مشخص نیست که چگونه محیط مرطوب و رطوبت موجود در بتن بر رفتار خستگی آن تأثیر می گذارد و کدام مکانیسم های آسیب در فرآیند زوال دخیل هستند. برای سازه های بتن مسلح تحت شرایط مختلف مرطوب، خواص مکانیکی بتن به طور قابل توجهی تحت تأثیر رطوبت قرار می گیرد که ممکن است منجر به تغییر زیادی در عملکرد عملکردی و ظرفیت باربری شود. نتایج بررسی ها نشان می دهد که مقاومت بتن و مدول الاستیسیته با دما و همچنین رطوبت بتن رابطه معکوس دارد. مدول الاستیسیته بتن به طور مستقیم با مقاومت فشاری بتن در هر دو آزمایش دما و رطوبت مرتبط بود.

واژگان کلیدی

بتن، رطوبت، سازه های بتنی، استحکام

۱. کارشناسی عمران - ترافیک شهری. (Email: nsjsghene@gmail.com)

مقدمه

بتن و فولاد از مهمترین اجزای یک سازه بشمار می آیند که امروزه در ساخت. پل ها، سدها، متروها، فردگاه ها، بناهای مسکونی و اداری و غیره بکار می روند با توجه به هدف مورد نیاز سازه این دو مصالح یا با هم یا به تنهایی در سازه بکار می روند. فولاد با توجه به این که در شرایط کنترل شده ای تولید می شود مشخصات آن را می توان با آزمایش های مربوطه کنترل کرد اما بتن در یک شرایط مختلفی و با توجه به مصالحی از قییب: نوع سیمان، نسبت آب به سیمان، مصالح درشت دانه و . . . تمامی عوامل تاثیر گذار بر مقاومت فشاری بتن تاثیر مستقیم دارند تولید می شود. بنابراین در صورت عدم آگاهی از شرایط های مختلف در تولید بتن می تواند خسارات جبران ناپذیری را به دنبال داشته باشد. پیشرفت علم منجر به شناخت عوامل تولید بتن و در نهایت تولید بتن هایی با مقاومت فشاری مختلفی شده است. بتن بطور کلی محصولی است که از اختلاط آب با سیمان و سنگدانه های مختلف در اثر واکنش شیمیایی بین آب با سیمان بوجود می آید. در طرح و کنترل کیفیت بتن، مقاومت خاصیتی است که اغلب، مقدار آن مشخص می شود دلیل این امر آن است که در مقایسه با سایر خواص، مقاومت بتن به آسانی قابل آزمایش و اندازه گیری است. علاوه بر این بسیاری از خواص بتن نظیر مدول ارتجاعی، ضد آب بودن یا نفوذ ناپذیری، و مقاومت در مقابل هوازدگی و عوامل ایجادکننده آن، نظیر آب، مستقیماً با مقاومت مربوط بوده و می توان از نتایج مقاومت، به آن خواص پی برد. مقاومت فشاری بتن بسیار بالاتر از سایر مقاومت های آن است و بسیاری از اجزای بتنی بدلیل دارا بودن مقاومت فشاری بالا طراحی می شوند.

تعداد سازه های بتنی با بار خستگی در محیط های مرطوب در سال های اخیر با گسترش سیستم های انرژی باد فراساحلی به طور قابل توجهی افزایش یافته است. چنین سازه هایی در طول عمر مفید خود به دلیل باد، امواج و حرکت روتور در معرض میلیون ها چرخه بار قرار می گیرند. در مقایسه با سازه های بارگذاری شده با خستگی خشک، محتوای آب به طور قابل توجهی بالاتر در ریزساختار بتن در نتیجه قرار گرفتن در معرض دریا رخ می دهد.

بررسی های خستگی مستند شده در ادبیات نشان می دهد که نمونه های بتن با مقاومت بالا در آب غوطه ور شده اند، در مقایسه با نمونه هایی که در معرض شرایط خشک قرار دارند، مقاومت خستگی قابل توجهی کمتری دارند. علاوه بر این، نمونه های بتنی در محیط های مرطوب، یعنی نمونه های ذخیره شده و آزمایش شده در آب، رفتار شکستگی متفاوتی را در مقایسه با نمونه ها در محیط های خشک نشان می دهند. این امر در طول آزمایش با صعود حباب های هوا، شستشوی ذرات ریز به محیط اطراف و شروع زودرس ترک نشان داده می شود. سیستم سازه ای بتنی یک سیستم پویا است که در معرض تغییرات مداوم در میزان رطوبت است. سازه های بتنی مانند سدها، پایه های پل، سکوها، دریایی، سازه های اسکله ای و غیره همگی در محیط زیر آب کار می کنند. بسیاری از سازه های هیدرولیکی در تمام طول سال در حالت اشباع هستند و با تغییر آب و هوای جهانی، سازه های بتنی اغلب به دلیل طوفان یا سیل در سال های اخیر در آب غوطه ور می شوند که منجر به تغییرات در عملکرد سازه آنها می شود.

بتن به طور گسترده ای در سازه های مختلفی که در معرض تغییرات مداوم دما و رطوبت هستند استفاده می شود. خواص مکانیکی و فیزیکی بتن پیچیده تر از بسیاری از مواد است زیرا تحت تأثیر شرایط محیطی هنگام ریختن و پخت قرار می گیرند. تحقیقات زیادی در مورد پخت بتن در شرایط سرد و خشک شدید، شرایط خنک و مرطوب، شرایط گرم و مرطوب و همچنین شرایط شدید گرم و خشک انجام شد. در نتیجه، در شرایط آب و هوایی شدید مانند سرما یا گرمای شدید، ساخت و ساز ممکن است تا زمانی که محیط بهبود یابد به تعویق بیفتد، مگر اینکه اقدامات احتیاطی برای عمل آوری بتن انجام شود. به عنوان مثال، اگر سطوح گرم شده و بتن پوشانده شود، می توان بتن معمولی را در دمای زیر انجماد ریخت. بتن معمولی را می توان در شرایط گرم خشک نیز در صورتی که سطح به صورت دوره ای خیس و پوشانده شود، ریخت. با این حال، نگرانی اصلی این است که چگونه بتن پس از عمل آوری تحت شرایط دما و رطوبت متفاوت رفتار می کند.

مقاومت بتن

لازم به ذکر می باشد که مقاومت بتن مهم ترین خاصیت و مشخصه بتن نزد طراحان و مهندسان کنترل کیفیت بتن می باشد. باید بدانید که در جامدات رابطه معکوس بین تخلخل (حجم فضاهای خالی) و مقاومت، یک اصل بسیار مهم میسر طرح و کنترل کیفیت بتن، مقاومت خاصیتی است که اغلب، مقدار آن مشخص می گردد. دلیل این امر آن است که در مقایسه با سایر خواص، مقاومت بتن به آسانی قابل آزمایش و اندازه گیری است. باشد. در نتیجه در بتن و مواد ترکیبی نظیر آن تخلخل هر جزء تشکیل دهنده می تواند بر مقاومت تأثیر بگذارد.

از آن جا که سنگدانه ها عموماً متراکم و با مقاومت بالا هستند، لذا تخلخل خمیر سیمان سخت شده و ناحیه انتقال بین سنگدانه و خمیر اغلب تعیین کننده مقاومت مشخصه بتن های معمولی است. اگر چه پارامتر نسبت آب به سیمان در تعیین و میزان تخلخل خمیر و ناحیه انتقال و در نتیجه مقاومت بتن بسیار اهمیت دارد ولی عواملی نظیر موارد زیر نیز در مقاومت بتن نقش بسیار مهمی را ایفا می کنند:

- تراکم و عمل آوری بتن (درجه هیدراتاسیون سیمان)
- اندازه و کانی های سنگدانه ها
- مواد افزودنی
- ابعاد و شکل نمونه
- شرایط رطوبت
- نوع تنش و سرعت بارگذاری

مقاومت و استحکام بتن یکی از مهمترین ویژگی ها و شاخصه های کیفیت بتن، در بین طراحان و مهندسین کنترل کیفیت بتن به شمار می رود. در مواد جامد رابطه تخلخل و مقاومت به صورت معکوس، به عنوان یک اصل مهم شناخته

می شود. بنابراین می توان نتیجه گرفت که در بتن یا سایر مواد ترکیبی شبیه آن، تخلخل هر بخش و یا جز تشکیل دهنده، بر روی مقاومت نهایی محصول به دست آمده تاثیر بسیار زیادی می گذارد.

همان طور که می دانید موادی مانند سنگدانه ها به صورت متراکم بوده و از مقاومت بسیار زیادی برخوردار می باشند که ترکیب آن با مواد بتن باعث سخت شدن تخلخل سیمان می شود. در واقع ناحیه انتقال بین سنگدانه ها از مشخصه های بارز و عوامل تعیین کننده مقاومت بتن معمولی به شمار می رود.

لازم به ذکر است که عواملی نظیر نسبت آب به سیمان در تعیین درصد تخلخل خمیر و مقاومت بتن نقش بسیار مهمی ایفا می کند اما نمی توان از نقش بسیار تاثیر گذار عواملی نظیر تراکم و شرایط عمل آوری، اندازه سنگدانه ها، مواد افزودنی، اندازه و اشکال نمونه مورد نظر، میزان رطوبت و سرعت بارگذاری بر روی مقاومت بتن غافل شد.

یکی از عواملی که نشان دهنده ی بتن ضعیف می باشد میزان تخلخل در آن است. از آنجا که تعیین مقدار تخلخل خمیر سیمان هیدراته شده امری مشکل است لذا به بررسی تجربی عوامل موثر در مقاومت بتن می پردازیم. از اصلی ترین عوامل موثر در مقاومت بتن نسبت های حجمی است که مهم ترین آن نسبت آب به سیمان و در مرحله ی بعد ویژگی های ترکیبات بکار رفته در طرح اختلاط بتن است. البته عوامل دیگری مثل تراکم، سرعت عمل آوری و ... نیز در مقاومت نهایی بتن موثر هستند. عوامل موثر در مقاومت بتن عبارتند از:

(۱) تاثیر نسبت آب به سیمان در مقاومت بتن:

نسبت آب به سیمان در طرح اختلاط بتن براساس قانون نسبت لویی عکس یکدیگر در نظر گرفته می شود. این دو عامل بطور مستقیم در مقاومت خمیر هیدراته تاثیر خواهند گذاشت. لذا افزایش نسبت آب به سیمان در رابطه نسبت آب به سیمان می تواند سبب افزایش تخلخل بتن و ضعف مقاومت بتن شود.

(۲) تاثیر سنگدانه در مقاومت بتن:

در بررسی عوامل تاثیر گذار در مقاومت بتن کمتر به تاثیر مقاومت سنگدانه ها پرداخته شده است و بیشتر بر نسبت صحیح آب به سیمان تاکید شده است. به بیان دیگر میزان مقاومت سنگدانه های بکار رفته در بتن تاثیر چشمگیری در مقاومت نهایی بتن نخواهد داشت و بیشتر سایر ویژگی های سنگدانه مثل اندازه، ساختار، ظاهری فیزیکی و... در مقاومت بتن موثر خواهند بود.

(۳) تاثیر نوع آب در مقاومت بتن:

هر چند که آب بکار رفته در طرح اختلاط بتن تاثیر مستقیمی در مقاومت بتن ندارند اما از نظر خلوص باید مشابه آب آشامیدنی باشد و فاقد ناخالصی باشد. وجود هرگونه ناخالصی در طرح اختلاط بتن می تواند در دراز مدت سبب خوردگی میلگرد در بتن و بدنبال آن ایجاد ترک در بتن شود. برای اطمینان از عدم وجود ناخالصی در ابعاد بکار رفته در ترکیب بتن می توان پیش از هرکاری با استفاده از ملات ساخته شده از آب مورد نظر بتن های مکعبی ساخت و زمان گیرش آنها را در نظر گرفت. و به این ترتیب از وجود عوامل ناخالصی یا عدم وجود آنها مطمئن شد.

۴) تاثیر مواد افزودنی در مقاومت بتن:

افزودنی های بتن مورد استفاده در طرح اختلاط بتن از عوامل هستند که بر روی مقاومت بتن اثر می گذارند هر چند که تاثیر آنها عمدتاً بر مقاومت نهایی نخواهد بود. بطور کلی در شرایطی که مقدار مقاومت بتن در مراحل ابتدایی گیرش بتن کند شود، مقدار مقاومت نهایی بتن افزایش خواهد یافت.

۵) تاثیر زمان در مقاومت بتن:

در محیط های مرطوب و در شرایطی که واکنش هیدراتاسیون همچنان ادامه داشته باشد و متوقف نشده باشد می توان با افزایش مدت زمان عمل آوری، میزان مقاومت نهایی بتن را افزایش داد.

۶) تاثیر رطوبت در مقاومت بتن:

رطوبت تاثیر زیادی در مقاومت بتن دارد به گونه ای که اگر عمل آوری بتن در دو محیط متفاوت که یکی مرطوب و دیگر فاقد رطوبت است با نسبت آب به سیمان یکسان انجام گیرد پس از گذشت ۱۸۰ روز مشاهده خواهد شد که مقاومت بتن عمل آوری در محیط مرطوب تقریباً ۳ برابر بیشتر از مقاومت بتن در محیط معمولی است. میزان تاثیر رطوبت موجود در محیط بر روی مقاومت بتن به گونه ای است در محیط های فاقد رطوبت علاوه بر اینکه بتن به میزان قابل توجهی خشک می شود، سرعت هیدراتاسیون نیز کاهش پیدا می کند و مقاومت بتن کمتر از شرایط نرمال خواهد شد. البته وجود رطوبت زیاد در محیط نیز می تواند خوردگی بتن را بدنبال داشته باشد.

۷) تاثیر تراکم به مقاومت بتن:

نحوه ی قرار گیری ذرات تشکیل دهنده ی بتن (سنگدانه و شن و ماسه) یا به بیان دیگر تراکم بتن یکی از پارامترهای تاثیر گذار در مقاومت بتن خواهد بود بر این اساس اگر ذرات بتن به خوبی کنار یکدیگر قرار نگرفته باشند میزان مقاومت فشاری بتن بدلیل افزایش حفرات تشکیل شده بین ذرات آن کاهش خواهد یافت.

۸) تاثیر اندازه ی سیمان بر مقاومت بتن:

ذرات سیمان نیز می تواند یکی از عوامل تاثیر گذار بر مقاومت بتن باشد بر این اساس هرچه قدر اندازه ی ذرات سیمان تشکیل دهنده ی بتن ریزتر باشد سطح بیشتری برای عملیات هیدراتاسیون تشکیل می شود و عملیات هیدراتاسیون بتن با سرعت بیشتری انجام می گیرد.

۹) تاثیر شرایط عمل آوری بر مقاومت بتن:

شرایط عمل آوری بتن و پارامترهای محیطی از جمله دمای حین عمل آوری می تواند بر مقاومت بتن تاثیر بگذارد. شرایط عمل آوری می تواند منجر به افزایش سرعت واکنش هیدراتاسیون و در نهایت سخت شدن بتن شود.

مقاومت مورد نیاز بتن

مقاومت مورد نیاز بتن عموماً با توجه به استانداردهای مربوطه و بارگذاری سازه تعیین می گردد. مقاومت مورد نیاز بتن عبارت است از ظرفیت مورد نیاز جهت ساخت یک سازه ی بتنی و اجزای آن. برخی از استانداردها و قوانین مورد نیاز برای تعیین مقاومت مورد نیاز بتن در ادامه آورده شده است:

۱-مبحث نهم مقررات ملی ساختمان: طراحی و اجرای ساختمان های بتن آرمه

۲-مبحث ششم مقررات ملی ساختمان: بارهای وارد بر ساختمان

۳-استاندارد ۲۸۰۰ ایران: طراحی ساختمان ها در برابر زلزله

استاندارد ACI 318 یکی از استانداردهای متداول برای تعیین مقدار مقاومت مورد نیاز بتن است. برای آگاهی بیشتر از مقاومت مورد نیاز بتن جدولی شامل مثال هایی از مقاومت مورد نیاز بتن فراهم شده است. براساس این جدول می توانید مقاومت مورد نیاز بتن خود را براساس طرح های موجود انتخاب کنید.

جدول ۱-مقاومت مورد نیاز بتن

نوع یا محل سازه بتنی	مقاومت فشاری مورد نیاز
پرکننده سیمانی	کمتر از ۱۴ مگاپاسکال
زیرزمین، پی، راهرو، حیاط و راه پله	بین ۱۷ تا ۲۴ مگاپاسکال
ورودی پارکینگ، گاراژ و لارده های کف	بین ۲۰ تا ۲۸ مگاپاسکال
تیر، لارده، ستون و دیوارهای تقویت شده	بین ۲۰ تا ۴۸ مگاپاسکال
بین پیش ساخته و پیش تنیده	بین ۲۸ تا ۴۸ مگاپاسکال
ستون های سازه های بلند مرتبه	بین ۷۰ تا ۱۰۰ مگاپاسکال

براساس استاندارد ACI 318 هیچ سازه ای نباید مقاومتی کمتر از ۱۷ مگاپاسکال داشته باشد براین اساس حداقل مقاومت فشاری بتن ۱۷ مگاپاسکال تعیین می شود. البته حداقل مقاومت لازم بتن منوط به وضعیت طراحی آن است و ممکن است در بسیاری از موارد از مقدار بیشتری در طراحی استفاده شود. در نظر گرفتن این مقدار نیازمند کنترل کیفیت ساخت و آزمایش بتن است. در نهایت اعتبارسنجی بتن با توجه به آزمایش های به خصوصی تعیین می شود.

انواع مقاومت بتن

مقاومت های مختلفی برای تعیین تعریف می شود اما عموماً تصور می شود که منظور از مقاومت بتن، مقاومت فشاری آن است. براساس بار اعمال شده به بتن امکان ایجاد تنش های خمشی، کششی، برشی و پیچشی در سازه های بتنی وجود دارد. بنابراین می توان مقاومت بتن را نیز به انواع مقاومت فشاری، مقاومت کششی، مقاومت خمشی و مقاومت برشی تقسیم کرد. از بین مقاومت های تعریف شده برای بتن مقاومت فشاری، خمشی و کششی اهمیت بیشتری دارد و عمدتاً بیش از سایرین مورد ارزیابی قرار می گیرند.

مقاومت فشاری بتن

مقاومت فشاری بتن، به معنای توانایی بتن در برابر بارهای محوری فشاری بتن است. مهم ترین ویژگی بتن ها مقدار مقاومت فشاری آن ها می باشد. مقدار مقاومت فشاری بتن پس از سخت شدن بتن به آرامی افزایش پیدا می کند. مقاومت فشاری بتن مورد استفاده ارتباط مستقیمی با کاربری یک سازه دارد. عموماً مقاومتی بین ۱۰ الی ۲۰ مگاپاسکال برای سازه های بتنی معمولی تعریف می شود و مقاومتی بین ۲۵ تا ۵۵ مگاپاسکال برای معمولی و مقاومتی بیش از ۶۰ مگاپاسکال برای سازه های حساس در نظر گرفته می شود. میزان مقاومت فشاری بتن را با انجام آزمایش های دوره ای به روی نمونه های حاصل از بتن تازه بدست می آورند. در ادامه جدولی از نرخ افزایش مقاومت فشاری بتن براساس گذر زمان تهیه شده است.

سن بتن (تعداد روز سپری شده از زمان ساخت بتن)	درصد مقاومت فشاری
۱ روز	۱۶ درصد
۳ روز	۴۰ درصد
۷ روز	۶۵ درصد
۱۴ روز	۹۰ درصد
۲۸ روز	۹۹ درصد

مقاومت کششی بتن

مقاومت کششی بتن مربوط به میزان توانایی بتن در تحمل بارهای محوری کششی است. ماهیت بتن در برابر تنش های کششی رفتار آسیب پذیری دارد. بتن دارای ساختار متخلخل است و حاوی ترک ها ریز و سطحی است. هنگام اعمال بارگذاری کششی، مقدار ترک ها افزایش پیدا می کند و این گسترش تا زمان شکست ادامه خواهد یافت. مقدار مقاومت کششی عموماً بین ۸ تا ۱۲ درصد مقاومت فشاری است و اگر مقدار مقاومت فشاری زیاد باشد این درصد کاهش خواهد یافت. عمدتاً بدلیل درصد ناچیز مقاومت کششی بتن در محاسبات این گونه تصور می شود که این ماده هیچ مقاومتی در برابر کشش ندارد. علی رغم این مسئله با آگاهی از مقاومت کششی می توان مقدار باری که منجر به بروز و گسترش ترک می شود را تخمین زد. بارهایی که با ایجاد تنش های کششی امکان بروز ترک را فراهم می کنند عمدتاً ناشی از جمع شدگی بتن و آب رفتگی یا تغییرات دمایی هستند. اهمیت مقاومت کششی عموماً در سازه های بتنی با ابعاد بالا مانند سدها است و در دیگر سازه ها صرفاً در محاسبات مربوطه بکار گرفته می شود. لازم بذکر است سازه ها عموماً در تحت تنش های کششی قرار نمی گیرند.

مقاومت خمشی بتن

مقاومت خمشی عبارت است که توانایی بتن در تحمل بارهای جانبی که در راستای عرض قرار دارند. پس از مقاومت فشاری، مقاومت خمشی از متداول ترین موارد در محاسبات سازه محسوب می شوند. سازه هایی مثل دال ها، لارده ها و تیرهای از جمله مواردی هستند که وفور تحت تاثیر تنش های خمشی قرار می گیرند. یک نمونه ی ساده از اعمال نیروی خمشی مربوط به یک تیر ساده دو سرگیردار است که مرکز آن تحت بارگذاری قرار می گیرد. در چنین شرایطی الیاف تحتانی تحت کشش و الیاف بالایی تحت فشار قرار می گیرند. در این شرایط بدلیل پایین بودن مقاومت کششی بتن نسبت به مقاومت فشاری این ماده احتمال بروز شکست در ناحیه ی تحتانی تیربتنی وجود دارد. برای افزایش مقاومت کششی می توان چند میله فولادی در بخش تحتانی تیر قرار داد تا با مسلح کردن بتن با استفاده از کاشت میلگرد مانع از آسیب دیدن آن شد.

مقاومت ۷ روزه بتن

بطور کلی مقاومت فشاری بتن ارتباط مستقیمی با سن بتن دارد در واقع هر چقدر سن بتن افزایش پیدا کند مقاومت فشاری نیز بیشتر می شود. مقاومت ۱ روزه ی بتن تقریباً ۱۶ درصد مقاومت نهایی است و این مقدار با روند افزایش زمان بیشتر می شود به گونه ای که مقاومت ۷ روزه ی بتن ۶۵ درصد مقاومت نهایی بتن خواهد بود و در نهایت مقاومت ۲۸ روزه ی بتن معادل ۹۹ درصد مقاومت واقعی آن خواهد شد و عموماً منظور از مقاومت بتن همان مقاومت ۲۸ روزه ی آن است. جدول زیر شکل کلی مقاومت بتن را نشان با گذر زمان نشان می دهد. این جدول تاثیر سن بتن بر مقاومت بتن را به خوبی نشان می دهد.

جدول ۳-مقاومت بتن

سن بتن	مقاومت بتن
۱ روز	۱۶ درصد
۳ روز	۴۰ درصد
۷ روز	۶۵ درصد
۱۴ روز	۹۰ درصد
۲۸ روز	۹۹ درصد

مقاومت بتن عیار ۳۵۰

در واقع هیچ ضوابط مشخصی مربوط به تاثیر عیار بتن بر مقاومت بتن وجود ندارد لذا برای بدست آوردن آن می توان از فرمول مقاومت بتن و عیار آن استفاده کرد که از رابطه ی زیر حاصل می شود.

$$F_c = (w/10) - 9$$

در این فرمول F_c نشان دهنده ی مقاومت مشخصه ی بتن براساس آیین نامه ی بتن ایران (آبا) و نمونه های استوانه ای استاندارد بر حسب مگاپاسکال است. و w مقدار عیار سیمان بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب است. در این فرمول اگر مقاومت مشخصه ی بتن حدود ۲۵ مگا پاسکال باشد پس از جایگذاری آن می توان عیار سیمان را بدست آورد که چیزی حدود ۳۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب می شود. لذا می توان گفت به طور تقریبی مقاومت بتن عیار ۳۵۰ برابر با ۲۵ مگاپاسکال است.

با استفاده از فرمول ذکر شده می توان مقاومت فشاری بتن را نیز بدست آورد که پس از جایگذاری عیار سیمان (۳۰۰، ۳۵۰ و) مقاومت بتن به ترتیب ۲۶ مگاپاسکال و ۳۱ مگاپاسکال خواهد شد.

مقاومت بتن C25

منظور از بتن C25 بتنی است که مقاومت فشاری آن در نمونه استوانه ای ۲۵ مگاپاسکال است و عیار آن یا به بیان دیگر میزان سیمان در هر متر مکعب از آن معادل ۳۵۰ کیلوگرم است. بنابراین می توان گفت که مقاومت بتن C25 برابر ۲۵ مگاپاسکال است.

مقاومت بتن C20

مقاومت بتن C20 به عنوان یک بتن معمولی ۲۰ مگاپاسکال است و عیار آن ۳۰۰ است و معمولاً در محوطه سازی بکار می رود.

روش های سنجش رطوبت بتن

• آزمایش ورقه پلاستیک

در این آزمایش از ورق های پلی اتیلن، برای اندازه گیری رطوبت سطح بتن استفاده می شود. عملکرد ورقه های پلی اتیلن به گونه ای است که در سطح مورد آزمایش نصب می شود و مانع خروج رطوبت از سطح بتن از طریق تبخیر آن می شود. در واقع ورقه های پلی اتیلن باعث می شود تا رطوبت در آن ناحیه محبوس گردد. بعد از گذشت حداقل ۱۶ ساعت، رطوبت بتن بر روی سطح مورد آزمایش به رنگ تیره ظاهر می شود. نتایج این آزمایش فقط برای نواحی سطحی بتن معتبر بوده و مشخصاتی از رطوبت داخلی بتن را به کاربر ارائه نمی دهد. در واقع دما عاملی موثر در آزمایش سنجش رطوبت با ورقه پلاستیک محسوب می شود. با بالا رفتن دما بخارهای ناشی از تبخیر آب، به سمت بالا حرکت می کنند و در نهایت منجر به ایجاد رطوبت در سطح بتن می شود. گاهی ممکن است نتایج حاصل شده از این آزمایش، نشان دهنده سطحی خشک و بدون رطوبت باشد. اما در واقعیت، در عمق بتن رطوبت وجود داشته و ممکن است در دمای بالاتر محیط، این رطوبت به سمت بالا حرکت کند و مشکل ساز شود. بنابراین نتایج این آزمایش چندان قابل اعتماد نیست.

• آزمایش کلرید کلسیم

در واقع این آزمایش نیز، همانند آزمایش ورقه پلاستیکی فقط رطوبت سطحی بتن را اندازه گیری می کند. این آزمایش توسط کیت های ارائه شده از سازندگان انجام می شود. درون این کیت ها یک ظرف پلاستیکی و دایره ای شکل با ابعاد مشخصی قرار داده شده. این ظرف حاوی موادی چون کلرید کلسیم است. در واقع ابتدا باید ظرف حاوی کلرید کلسیم را زیر یک محفظه پلاستیکی قرار داده شود و در نهایت محفظه پلاستیکی باید روی سطحی تمیز از بتن مهر و موم شود. برای بررسی نتایج آزمایش حداقل ۷۲ ساعت، زمان لازم است. مکانیزم این آزمایش به گونه ای است که نمک های موجود در ظرف، رطوبت را از سطح بتن به بالا می کشد و آن را جذب می کند. در نتیجه این فرآیند سبب افزایش وزن کلرید کلسیم درون ظرف می شود. با وزن کردن این ظرف و محاسبه اختلاف وزنی کلرید کلسیم قبل آزمایش و کلرید کلسیم بعد از آزمایش می توان میزان رطوبت بتن را محاسبه نمود. این آزمایش باید در نواحی مختلف از سطح بتن انجام شود تا بتوان به نتایج بدست آمده از آن، اطمینان کرد. در این آزمایش برای هر ۹۹ متر مربع به یک کیت سنجش رطوبت نیاز است. اکثر تولیدکنندگان کفیوش ها حداکثر میزان انتشار بخار رطوبت که از اختلاف وزن کلرید کلسیم قبل و بعد از آزمایش بدست می آید را در محدوده ۳ تا ۵ پوند (۱,۳۶ تا ۲,۲۶ کیلوگرم) در هر ۹۹ متر مربع را در حداقل بازه زمانی ۲۴ ساعته تعیین می کنند.

• آزمایش رطوبت نسبی درجا

این آزمایش توسط کاوشگرهای RH انجام می شود. در واقع این دستگاه ها نسبت به دما و رطوبت محیط از حساسیت کمتری نسبت به ورق پلاستیکی و کلرید کلسیم برخوردار هستند و همچنین رطوبت بتن را در عمق و هسته بتن بررسی می کنند. در واقع این آزمایش یکی از دقیق ترین روش ها جهت بررسی رطوبت محسوب می شود. برای استفاده از این دستگاه ابتدا باید سوراخی روی سطح دال یا عضو بتنی ایجاد گردد. سپس باید مدتی بگذرد تا دمای بالایی که به دلیل حفاری در سوراخ به وجود آمده است از بین برود. بعد از اطمینان از تعادل دمایی در سوراخ حفر شده می توان میله سنجش رطوبت دستگاه کاوشگر را به درون سوراخ وارد کرد و اطراف آن باید به درستی مهر و موم شود تا میله نلغزد. برای قرائت نهایی، حداقل ۲۴ ساعت باید بگذرد تا از تعادل دمایی و رطوبتی اطمینان حاصل گردد. در بسیاری از مراجع ذکر شده بهتر است قرائت نهایی بعد از ۷۲ ساعت انجام شود.

بحث و نتیجه گیری

بتن یکی از پرکاربردترین مصالح در صنعت ساختمان می باشد که با عمل آوری مناسب به افزایش مقاومت آن کمک فراوانی می کنیم. عمل آوری بتن دارای مراحل بسیار دقیق و به شدت وابسته به شرایط اقلیمی است. بتن برای رشد نیازمند دما، رطوبت و زمان است و در صورت تامین نشدن یکی از این سه مورد به کیفیت بتن لطمه شدیدی وارد می شود. بتن یکی از پرمصرفترین مصالح شناخته شده در مهندسی عمران است که روز به روز بر استفاده از آن افزوده میشود. در این میان از یک سو، با پیشرفت علم و تکنولوژی و پیدایش سیستم های پیچیده تر ساختمانی و از سوی دیگر

با روند رو به گسترش ساخت و سازهای عمرانی در سطح کلان، نیاز به بکارگیری مصالح ساختمانی جدیدتر با کارایی بیشتر، بسیار محسوس می باشد. یکی از مشکلات اساسی که در اکثر سازه ها به چشم می خورد مشکل نم و رطوبت می باشد که در بعضی مواقع خسارات جبران ناپذیری را به سازه ها و ساختمان ها وارد می نماید و یکی از راهکارهای مقابله با آن عایق کاری رطوبتی می باشد. در ایران با توجه به اقلیم و آب و هوا و نیز وجود منابع عظیم نفتی متداول ترین عایق رطوبتی قیر و گونی می باشد که با پیشرفت تکنولوژی این روش جای خود را به عایق های پیش ساخته (ایزوگام) داده است. اما با پیشرفت علوم و نیز گرانی مواد نفتی و قیر در بعضی مواقع عایق های پیش ساخته نیز مقرون به صرفه نبوده و مهندسان را بر آن داشت تا از مواد شیمیایی جهت عایق بندی سازه استفاده کنند که هم از نظر اقتصادی و هم از نظر کیفیت و کارایی بتواند با سایر عایق ها رقابت کند.

منابع و مآخذ

- شکوهی مشهدی، بهرام، ۱۴۰۲، تاثیر رطوبت در مقاومت نمونه های بتنی در میان مدت و بلند مدت با استفاده از دستگاه اولتراسونیک، نهمین کنگره سالانه بین المللی عمران، معماری و توسعه شهری، تهران، ۱-۱۳.
- کلاهی، محمدجواد و قوهستانی، سلیمان، ۱۳۹۶، بررسی اثر مدت زمان رطوبت دهی در عمل آوری بر مقاومت ۲۸ روزه بتن، دومین کنفرانس ملی پژوهش های کاربردی در مهندسی عمران (مهندسی سازه و مدیریت ساخت)، تهران، ۱-۹.
- Kolias, C. Georgiou, s(2015). The effect of paste volume and of water content on the strength and water absorption of concrete, Cement and Concrete Composites 27(2) , 211-216.
- Parhizkar, J.Sobhani, A.M.Raisghasemi, A.Pourkhorshidi, H.Madani, A.Bagheri, A (2016).Practical Guideline and Quality Control for Roller Compacted Concrete Pavements, Road, Housing and Urban envelopment Research Center.
- Ransinchung , B. Kumar, V. Kumar, G.(2019)Assessment of water absorption and chloride ion penetration of pavement quality concrete admixed with wollastonite and microsilica, Construction and Building Materials 23(3) ,1168-117.
- Ziari , H. Fazaeli , S. J. Vaziri Kang Olyaei, (2022) Investigation of Effects of Different Environmental Conditions on Balance Time of Bleeding and Evaporation in Plastic Shrinkage of Concrete Pavements, Amirkabir J. Civil Eng., 53(12) ,1099-1102.

Investigating the effect of moisture content in concrete structures on their strength

Mohsen Salehi¹

Abstract

The influence of a humid environment on the fatigue behavior of high-strength concrete has gained importance in recent years with the expansion of offshore wind energy systems. According to the few studies documented in the literature, the fatigue resistance of specimens immersed in water is significantly lower than that of specimens in dry conditions. However, it is still unclear how the humid environment and the moisture content in concrete affect its fatigue behavior and which damage mechanisms are involved in the deterioration process. For reinforced concrete structures under different humid conditions, the mechanical properties of concrete are significantly affected by humidity, which may lead to a large change in functional performance and load-bearing capacity. The results of the studies show that the strength of concrete and the modulus of elasticity are inversely related to temperature as well as concrete humidity. The modulus of elasticity of concrete was directly related to the compressive strength of concrete in both temperature and humidity tests.

Keywords

Concrete, humidity, concrete structures, their strength

¹ Bachelor of Civil Engineering - Urban Traffic. (Email: nsjsghene@gmail.com)