

تأثیر نوع سیمان بر مقاومت بتن

همان طور که میدانید یکی از مهمترین مصالح در ساخت و ساز انواع پروژه های عمرانی بتن است. بتن هم باید به سازه استحکام دهد و هم در بخش های مختلف بتواند نیروهای وارد شده بر ساختمان را از طریق اسکلت فلزی سازه به زمین برساند. بنابراین باید طوری باشد که بتواند نیروهای فشاری را تحمل کند. یکی از ترکیبات اصلی بتن ها نیز سیمان است؛ به همین دلیل، نوع سیمان و سایر موادی که در ترکیب بتن ها هستند بیشترین تأثیر را در مقاومت فشاری آنها دارند. در واقع مقاومت فشاری بتن مهمترین ویژگی آن از نظر مهندسان کنترل کیفی بتن می باشد.



مقاومت فشاری بتن چیست ؟

همیشه برای اینکه بهتر درک کنیم چه پارامترهایی می توانند بر یک مفهوم تأثیر بگذارند، باید ابتدا آن مفهوم را بهتر درک کنیم. مقاومت فشاری هر ماده به توانایی و مقاومت آن در برابر تنش ها، بدون ایجاد شکستگی در آن گفته می شود. در مورد بتن به دلیل اینکه نوع سیمانی که در آن به کار رفته و سایر ترکیباتش ممکن است حتی قبل از بارگذاری دچار برخی ترک ها شود، میزان مقاومت فشاری آن برابر با مقاومتش در برابر شکست در نظر گرفته می شود که به آن درجه گسیختگی نیز می گویند.

برای کنترل کیفی بتن و سنجش میزان مقاومت آن از آزمایش های کششی و فشاری استفاده می شود که در نمونه های کششی، شکست قطعه آزمایشی اغلب به صورت گسیختگی می باشد ولی در فشار، قطعه تحت آزمایش موقعی به

شکست میرسد که هیچ علامتی از گسیختگی خارجی در آن مشاهده نمی شود. در واقع در این حالت ترک های داخلی آنقدر پیشرفت می کنند که نمونه دیگر قادر به تحمل بار بیشتر نیست.

رابطه مقاومت فشاری بتن با نوع سیمان

به طور کلی در جامدات بین تخلخل (حجم دارای هوای داخل سنگدانه ها) و مقاومت، یک رابطه معکوس برقرار است. در نتیجه تخلخل اجزای تشکیل دهنده بتن نیز میتواند بر میزان مقاومت فشاری آن تأثیر بگذارد. بنابراین از آنجایی که سنگدانه ها معمولاً دارای تراکم و مقاومت بالایی هستند، تخلخل خمیر سیمان سخت شده و ناحیه انتقال بین سنگدانه و خمیر، میزان مقاومت فشاری بتن در بتن های معمولی را مشخص می کند.

توجه داشته باشید که نسبت آب به سیمان مصرف شده در تولید بتن بیشترین تأثیر را در تعیین و میزان تخلخل خمیر و ناحیه انتقال و در نتیجه مقاومت فشاری بتن دارد. با این حال پارامترهایی مانند تراکم و عمل آوری بتن، مواد افزودنی، ابعاد و شکل نمونه، اندازه و کانی های سنگدانه ها، نوع تنش وارد شده، شرایط رطوبتی و سرعت بارگذاری نیز بر میزان مقاومت فشاری بتن تأثیر می گذارند.

آزمایش مقاومت فشاری بتن



مقاومت فشاری بتن به راحتی قابل آزمایش و اندازه گیری است. همچنین با اندازه گیری این پارامتر میتوان به صورت حدودی سایر پارامترها مانند مدول ارتجاعی، میزان ضد آب بودن بتن یا نفوذناپذیری و مقاومت در برابر عوامل جوی مانند آب و هوا را نیز تخمین زد. از طرفی مقاومت فشاری بتن از سایر مقاومت های آن بیشتر است و به همین دلیل بتن باید بر اساس مقاومت فشاری تولید شود. با توجه به توضیحاتی که در قسمت های قبلی به آن اشاره کردیم میزان تخلخل داخل بتن میتواند در مقاومت فشاری بتن تأثیر داشته باشد. حال انواع سیمان هایی که برای ساخت بتن استفاده می شوند دارای دانه بندی ها و درجه تخلخل متفاوت هستند که به همان نسبت می توانند بر مقاومت فشاری بتن تأثیر مثبت یا منفی بگذارند.

تأثیر نوع سیمان بر حالت شکست در بتن

اگر بتن نتواند در برابر بارهای وارد شده دوام بیاورد و اصطلاحاً مقاومت فشاری بتن به دلیل نوع سیمان و ترکیبات آن در حد کافی نباشد، احتمال شکست ناگهانی در بتن وجود دارد. در مصالحی مانند بتن به دلیل وجود تخلخل ناشی از دانه بندی نوع سیمان که همان فضاهای خالی هستند، حالت شکست تحت تنش های وارد شده پیچیده است و با میزان تنش تغییر خواهد کرد. بررسی حالت های شکست ناشی از مقاومت فشاری بتنی پایین برای کنترل عوامل مؤثر بر مقاومت فشاری بتن ضروری است.

زمانی که کشش تک محوری وجود داشته باشد، انرژی کمتری برای شروع و رشد ترک ها در بتن مورد نیاز است. در واقع گسترش سریع و ارتباط بین ترک ها که شامل ترک های موجود در ناحیه انتقال و ترک های جدید در خمیر است علت اصلی شکست بتن می باشد. در حالت های فشاری به دلیل اینکه انرژی لازم برای تشکیل و گسترش ترک ها بیشتر است، شکنندگی ها کمتر به چشم می خورند و بتن بیشتر از داخل تخریب می شود.

به همین دلیل مهندسين کنترل کیفی در آزمایش های فشاری تک محوری در بتن های با مقاومت های نسبتاً پایین و یا متوسط، مقاومتی را قبول دارند که در شرایط زیر ۵۰ درصد تنش گسیختگی، ترک جدیدی در خمیر بتن ایجاد نکند. ترک های ایجاد شده در خمیر بتن و در ناحیه انتقال در نهایت به هم پیوسته و شکستی با زاویه ۲۰ الی ۳۰ درجه نسبت به نیروی وارد شده را ایجاد می کند.

تأثیر شکل سنگدانه بر مقاومت فشاری بتن

عملکرد بتن در برابر نیروهای وارد شده به نوع و میزان نیرو، چگونگی ترکیب مواد و همچنین نوع سیمان بستگی دارد. زیرا دانه بندی برخی سیمان ها درشت تر و برخی ریزتر می باشد. هر چه دانه بندی ریزتر باشد میزان تخلخل بالاتر و هر چه درشت تر باشد میزان تخلخل کمتر است. با این حال در کل حالت سیمانی و فشرده شدن تا حد زیادی هوای بین دانه ها را خارج می کند و مقاومت فشاری بتن را افزایش میدهد. منتها در موادی که حتی با تراکم، تخلخل بیشتری وجود دارد احتمال شکست نیز بالاتر است.

در واقع درجه تراکم و شرایط عمل آوری بتن در کنار نوع سیمان میتواند تأثیر بسزایی در میزان مقاومت فشاری بتن داشته باشد. بنابراین میتوان گفت از نظر مقاومتی ارتباط بین نسبت آب به سیمان و تخلخل موجود در نوع سیمان بدون شک مهمترین عوامل مشخص کننده میزان مقاومت فشاری بتن هستند. توجه داشته باشید به دلیل اینکه تعیین مستقیم تخلخل اجزای بتن به صورت جداگانه یعنی ناحیه انتقال و خمیر سخت شده غیر عملی است، پیش بینی مدل های دقیق مقاومت فشاری بتن نیز کار مشکلی است.



مقاومت بتن به چه عواملی بستگی دارد ؟

با توجه به مسائلی که در قسمت های قبلی توضیح دادیم قبل از ترکیب و ساخت بتن انتخاب نوع مصالح مناسب مانند انواع سیمان های موجود و تعیین نسبت آنها اولین اقدام برای ایجاد یک مقاومت فشاری بتن قابل قبول است. با اینکه این مبحث بسیار گسترده است در اینجا به صورت خلاصه اهمیت برخی از این نسبت ها و نکات مهم در مورد آنها را توضیح می‌دهیم:

• نسبت آب به سیمان

تأثیر ارتباط بین نسبت آب به سیمان در بتن و مقاومت فشاری بتن بعد از انجام آزمایشات و تحقیقات در سال ۱۹۱۸ توسط فردی به نام آبرام در دانشگاه ایلینوی برای اولین بار مطرح شد. به همین دلیل این رابطه به نام قانون نسبت آب به سیمان آبرام نیز معروف هست و بر ارتباط معکوس این پارامترها تأکید می کند. یعنی هر چه نسبت آب به سیمان بالاتر باشد، مقاومت فشاری بتنی که ایجاد خواهد شد کمتر می شود و بالعکس این موضوع نیز صادق است.

این رابطه نشان می دهد به دلیل عوامل مؤثر بر مقاومت خمیر سیمان آب داده شده و تأثیری که افزایش نسبت آب به سیمان بر روی تخلخل در درجه هیدراتاسیون ایجاد می کند، افزایش تخلخل ناشی از افزایش نسبت آب به سیمان باعث ضعیف شدن خمیر بتن و کاهش مقاومت فشاری آن می شود. بنابراین مقاومت فشاری بتن تابع نسبت آب به سیمان و درجه هیدراتاسیون سیمان است. در سیمان های معمولی که دارای سنگدانه های معمولی هستند، هم تخلخل ناحیه انتقال و هم تخلخل خمیر میزان مقاومت برشی بتن را تعیین می کنند.

• تأثیر میزان هوا بر مقاومت برشی بتن

معمولاً نسبت آب به سیمان تخلخل خمیر را در درجه مشخصی از هیدراتاسیون مشخص می کند. به هر حال اگر به دلیل عدم تراکم کافی یا به دلیل استفاده از برخی مواد حباب زا در بتن هوای اضافی ایجاد شود، این حباب ها تأثیر زیادی در افزایش تخلخل و در نتیجه کاهش مقاومت برشی بتن دارند. بنابراین میتوان اینگونه استدلال کرد که به ازای هر نسبت آب به سیمان با مقدار سیمان مشخص، افزایش میزان هوای بتن می تواند باعث کاهش مقاومت برشی بتن

شود. شایان ذکر است اگر از سیمان به مقدار خیلی کم استفاده شود، هوای ایجاد شده میتواند سبب افزایش مقاومت برشی بتن نیز در حد پایین شود.

نوع سیمان از نظر فنی چه تأثیری بر مقاومت برشی دارد؟

اگر بخواهیم بر اساس رابطه های فیزیک و شیمی از نظر فنی تأثیر نوع سیمان بر روی مقاومت برشی بتن را بررسی کنیم باید بگوییم طبق روابط بین نسبت آب به سیمان، درجه هیدراتاسیون سیمان و مواردی که در مورد تخلخل توضیح دادیم، سیمان پرتلند نوع ۳ سریع تر از سیمان پرتلند نوع ۱ با آب واکنش می دهد. در نتیجه به ازای یک نسبت آب به سیمان مشخص، بتن با سیمان پرتلند نوع ۳ تخلخل کمتری خواهد داشت و بنابراین مقاومت فشاری بتن در آن بالاتر خواهد بود. جداول استاندارد مشخصی برای انواع سیمان وجود دارد که مقادیر مقاومت حاصل از آزمایش های مختلف با مواد گوناگون در داخل آن قرار دارند.

نکته مهم دیگر که باید به آن توجه داشته باشید این است که در دماهای معمولی، روند هیدراتاسیون و افزایش مقاومت سیمان های پرتلند نوع ۵، ۴ و ۲، نوع IP سیمان پرتلند پوزولانی و نوع IS سیمان پرتلند روبره ای، مقداری کندتر از سیمان پرتلند نوع ۱ هستند. در دماهای معمولی برای سیمان های پرتلند مخلوط و سایر سیمان های پرتلند، درجه هیدراتاسیون در سن ۹۰ روز و بالاتر تقریباً مشابه است. بنابراین بیشترین تأثیر ترکیبات و نوع سیمان بر تخلخل و میزان مقاومت فشاری بتن در همان سنین اولیه بتن، یعنی قبل از ۹۰ روز مشخص می شود.



مقاومت فشاری نسبی بتن

در تکنولوژی ساخت بتن به دلیل اثر زیاد نسبت آب به سیمان و میزان تخلخل بر میزان مقاومت فشاری بتن باید به مواردی توجه داشت که یکی از آنها مقاومت نسبی تقریبی بتن است. در بررسی مقاومت فشاری، زیاد روی تأثیر مقاومت سنگدانه های سیمان بر روی مقاومت فشاری بتن تمرکز نشده است. با اینکه مقاومت سنگدانه ها عامل مهمی در مشخص کردن میزان مقاومت فشاری بتن نیست اما برخی از ویژگی های آن مانند اندازه، شکل، بافت سطحی، دانه بندی و کانی های سنگدانه ها با نسبت های مختلفی بر روی مقاومت فشاری بتن تأثیر می گذارند که به آن مقاومت نسبی نیز گفته می شود.

از نظر تئوریک نیز مستقل از نسبت آب به سیمان، شکل، اندازه و بافت سطحی سنگدانه های سیمان میتواند بر خواص ناحیه انتقال و در نتیجه بر روی مقاومت فشاری بتن تأثیر بگذارد. به عنوان مثال تغییر در حداکثر اندازه سنگدانه های درشت دانه بندی شده از یک کانی مشخص می تواند دو تأثیر متفاوت بر روی مقاومت بتن داشته باشد. یعنی به ازای مقدار سیمان و روانی ثابت، مخلوط های بتنی که دانه های درشت تری در ترکیبات خود دارند به آب کمتری برای مخلوط شدن نسبت به ترکیبات ریزدانه نیاز خواهند داشت. در مقابل سنگدانه های درشت تر به تشکیل لایه انتقالی ضعیف تر با ریزترک های بیشتری تمایل نشان می دهند. بنابراین به طور کلی میتوان گفت به ازای یک نسبت آب به سیمان و سیمان مشخص، نوع و اندازه سنگدانه ها تأثیر زیادی بر مقاومت فشاری بتن خواهند داشت.

تأثیر وجود ناخالصی در انواع سیمان بر روی مقاومت فشاری بتن

گاهی سیمان یا مواد دیگری که برای ساخت بتن استفاده می شوند کاملاً خالص نیستند و یک سری ناخالصی هایی در خود دارند. این ناخالصی ها علاوه بر تأثیر منفی بر مقاومت فشاری بتن و زمان گیرش آن می تواند باعث ایجاد شوره در سطح بتن و حتی خوردگی میلگردهای داخل بتن شوند. در مورد آب مورد استفاده بر بتن و املاحی که در آن موجود است نیز به صورت قطع نمی توان گفت آبی که برای آشامیدن مناسب نیست برای بتن هم همین وضعیت را دارد. در واقع باید از نظر کنترل کیفی بررسی شود تا مشخص گردد که آیا برای بتن مناسب است یا خیر؟

سخن آخر

مقاومت فشاری بتن مهمترین خصیصه آن از نظر فنی برای سازه می باشد. زیرا باید بارهای دینامیکی و استاتیکی وارد بر سازه را تحمل کرده و آنها را بدون ایجاد آسیب در ساختمان، به زمین انتقال دهد. بنابراین بدیهی است که باید از نظر کنترل کیفی قبل از استفاده کاملاً تحت نظر قرار بگیرد و میزان ظرفیت قابل قبول تحمل نیروهای مختلف به خصوص نیروی فشاری را داشته باشد.