

بسم الله الرحمن الرحيم



گروه ملی صنعتی فولاد ایران

عوامل خزش در بتن و راهکاری پیشگیری از جمع شدگی بتن

بتن یکی از مهم ترین مصالح مورد استفاده در انواع سازه های بتنی است که عملکرد بسیار خوبی در برابر نیروهای فشاری دارد. اما در برابر نیروهای کششی یا لنگری بسیار ضعیف عمل کرده و اگر با میلگردهای مناسب تقویت نشود، خیلی سریع شکسته خواهد شد. خزش در بتن نیز یکی از عوامل مخرب بتن و سازه می باشد که باید از قبل راهکارهایی را برای آن اندیشید تا دچار ضررهای جانی و مالی ناشی از این تخریب ها نشویم.

پدیده خزش در بتن چیست؟

نیروهای تنشی با تغییر شکل نسبی بتن مرتبط هستند که این تغییر شکل تابع زمان است. بنابراین تغییر شکل نسبی بتن تحت بارهای وارد شده با گذشت زمان را خزش در بتن می گویند. در واقع خزش خاصیتی از بتن است که به دلیل وجود این خاصیت، بتن در اثر بارهای طولانی مدت تحت یک نیروی تنشی ثابت در محدوده قابل قبول الاستیک تغییر شکل می دهد. این محدوده داری f_c کمتر از ۰,۵ می باشد. وقتی زمان بارگذاری افزایش پیدا کند، این نوع تغییر شکل غیر الاستیک نیز بیشتر شده و حتی مقدار کل تغییرات ایجاد شده چند برابر تغییر شکل های کوتاه مدت الاستیک است که اثر تخریبی بر سازه دارد. با این حال با گذشت زمان تا حدودی سرعت تغییر شکل کاهش پیدا می کند. اما از آنجایی که تغییر شکل های ایجاد شده در بتن در دراز مدت می تواند بسیار بیشتر از تغییر شکل های نسبی در زمان بارگذاری باشد، مسئله خزش در بتن اهمیت بسیار ویژه ای برای سازه های بتنی دارد. زیرا بتن فقط در برابر بارهای کوتاه مدت می تواند به صورت الاستیک رفتار کند و در صورت بارگذاری در طولانی مدت به عنوان مصالح، خاصیت غیر الاستیکی از خود نشان می دهد.

علت خزش در بتن

عوامل مختلفی می توانند بر افزایش میزان خزش بتن تأثیر داشته باشند که مهم ترین آن ها به شرح زیر هستند:

- **جنس و مقدار مصالح سنگی**

- در بتن مورد استفاده برای ساخت یک سازه بتنی هر چقدر میزان مصالح سنگی بیشتر از سیمان مورد استفاده برای ساخت بتن باشد و سنگدانه های موجود در آن سخت تر باشند، قطعاً میزان خزش به دلیل مقاومت مصالح کمتر خواهد بود. به عنوان مثال افزایش حجم سنگ دانه ها از ۶۵ درصد به ۷۵ درصد می تواند میزان خزش در بتن را حدوداً ۱۰ درصد کاهش دهد که از نظر مهندسی مقدار قابل توجهی است. از جمله خصوصیات دیگر مصالح که در کنار مقدار مصالح سنگی بر میزان خزش تأثیر می گذارند می توان به دانه بندی سنگ دانه ها، شکل ظاهری سنگ دانه، حداکثر اندازه سنگ دانه در بتن، تخلخل آن ها، عوامل مؤثر بر میزان خزش و مدول الاستیسیته سنگ دانه در بتن اشاره کرد.

- **سن بتن در هنگام بارگذاری و مدت زمان بارگذاری بتن**

مهندسان اجرایی باید توجه ویژه به این نکته داشته باشند که تأخیر در بارگذاری می تواند باعث کاهش خزش در بتن شود. خزش یک فرایند تدریجی است که می تواند مدت ها ادامه پیدا کند. جالب است بدانید طولانی مدت ترین آزمایش انجام شده در این زمینه ۳۰ سال بوده است. بعد از این مدت به دلیل تداخل اثر کربناته شدن نمونه ها به دلیل خزش، آزمایش متوقف شده است.

- **میزان مقاومت فشاری در بتن**

خزش در بتن با مقاومت فشاری رابطه معکوس دارد. بنابراین می توان گفت با نسبت آب به سیمان رابطه مستقیم خواهد داشت. در نتیجه چون میزان سیمان می تواند مقاومت فشاری بتن را تغییر دهد، ممکن است باعث تغییر در میزان خزش نیز شود. اما به این نکته توجه داشته باشید که نوع سیمان تا جایی بر خزش مؤثر است که بر مقاومت بتن در زمان بارگذاری اثر می گذارد.

- **دما و رطوبت موجود در محیط**

به طور کلی هر چه میزان رطوبت نسبی هوا کمتر باشد مقدار خزش بیشتر خواهد شد.

- **شدت تنش وارده شده بر بتن**

بدیهی است که هر چه نیروهای تنشی وارد شده بر بتن کمتر باشند، میزان خزش نیز کمتر خواهد بود.

جمع شدگی بتن یعنی چه و عوامل موثر بر جمع شدگی بتن

جمع شدگی یکی از خصوصیات طبیعی بتن است. در واقع جمع شدگی پدیده ای است که در آن بتن به دلیل از دست دادن رطوبت خود دچار تغییر حجم می شود و هر چه میزان رطوبتش کمتر شود جمع شدگی و خزش در بتن هم بیشتر خواهد شد.

انواع جمع شدگی بتن



جمع شدگی پلاستیک بتن

گاهی بعد از اینکه بتن ریزی تمام می شود، به دلایلی مثل گرما خیلی سریع آبی که بتن برای ایجاد انسجام و مقاومت در خود نیاز دارد از روی سطح سازه تبخیر شده و وارد هوا می شود. این امر باعث ایجاد ترک های ریزی در سطح سازه خواهد شد. دلیل دیگر ایجاد این ترک ها که ناشی از جمع شدگی پلاستیک بتن می باشد، جذب آب موجود در بتن توسط سنگ دانه ها است. در واقع سنگ دانه ها یا آرماتورهای به کار رفته نشست پیدا می کنند و ترک هایی در سطح سازه یا به صورت داخلی ایجاد خواهند شد. در قسمت های کف و روسازی ها به دلیل اینکه سطح بیشتری در معرض نور خورشید، گرما و باد قرار خواهد گرفت، بتن به سرعت خشک شده و جمع شدگی پلاستیک اتفاق می افتد. همچنین اگر در هنگام اختلاط آب و سیمان، میزان آب مصرفی به قدری باشد که آب جریان پیدا کند و اصطلاحاً آب افتادگی اتفاق بیفتد، آب اضافی در سطح دال جمع می شود. اگر این وضعیت در شرایط آب و هوایی خشک باشد می تواند باعث خشک شدگی سریع و ایجاد ترک ها شود.

راهکارهای جلوگیری از جمع شدگی پلاستیک در بتن

برای این که بتوانیم از این نوع جمع شدگی در بتن جلوگیری کنیم می توانیم از راهکارهای زیر استفاده نماییم:

۱. می توانید سطح بتن را با استفاده از ورقه های پلی اتیلن بپوشانید و با این کار از خروج آب از سطح دال جلوگیری نمایید. در نتیجه از تبخیر سریع آب جلوگیری شده و جمع شدگی پلاستیک اتفاق نمی افتد.
۲. اگر قبل از استفاده از بتن مورد نظر یعنی در هنگام ساخت بتن آن را به خوبی ویبره کنید و کاملاً یکدست شود می تواند تا حد زیادی از جمع شدگی پلاستیک جلوگیری نماید.
۳. گاهی اوقات از پودر آلومینیوم برای کاهش جمع شدگی پلاستیک در بتن استفاده می کنند که البته کمی هزینه بر است.
۴. می توانید از سیمان های انبساطی استفاده کنید که تأثیر زیادی در کنترل و کاهش جمع شدگی پلاستیک دارد.
۵. استفاده از سیمان انبساطی هم می تواند در کنترل جمع شدگی پلاستیک مؤثر باشد.

جمع شدگی به صورت خشک شدن بتن

این نوع جمع شدگی به دلیل کاهش آب، جذب سطحی ژل کلسیم سیلیکات هیدرات و کاهش تنش های هیدرواستاتیک در حفره های ریز اتفاق می افتد. جمع شدگی به صورت خشک شدن بتن بیشتر به دلیل تغییر شکل های خمیری ایجاد می شود. بنابراین میزان سختی سنگ دانه ها نیز می تواند بر آن تأثیر داشته باشد. بیشتر جمع شدگی های به صورت خشک شدن بتن، در ابتدای ساخت سازه های بتنی اتفاق می افتند. در این زمان خروج سریع آب از حفره های هوای غیر اشباع باعث این نوع جمع شدگی می شود. بخشی از این نوع جمع شدگی را می توان با غرق کردن بتن در آب برای یک مدت زمان مشخص جبران نمود که به این روش انتقال رطوبت می گویند.

نکته مهم و قابل ذکر این است که سرعت این نوع جمع شدگی به مرور کاهش پیدا خواهد کرد. طوری که حدود ۱۴ الی ۳۴ درصد این نوع جمع شدگی در همان ۲ هفته اول بتن ریزی و ۴۰ تا ۷۰ درصد آن در ۳ ماهه اول عمر بتن ایجاد خواهد شد. بنابراین حدود ۸۰ درصد جمع شدگی در همان سال اول ساخت سازه بتنی اتفاق می افتد.

عوامل مؤثر بر جمع شدگی بتن به صورت خشک شدن و راه های کاهش آن عبارتند از:

۱- انتخاب نوع مصالح

همیشه برای اینکه نتایج بهتری از بتن ریزی داشته باشیم باید از عناصر تشکیل دهنده باکیفیت بالا استفاده کنیم. در غیر این صورت احتمال جمع شدگی به صورت خشک شدن زیاد می شود. ویژگی های عناصر تشکیل دهنده بتن از نظر کیفی باید دقیقاً با آیین نامه ها و استانداردهای محلی مطابقت داشته باشند.

۲-دقت در نسبت آب به سیمان

هر چه میزان نسبت آب به سیمان بیشتر باشد احتمال جمع شدگی نیز بیشتر می شود. در واقع با افزایش این نسبت، مقاومت خمیری و سختی کل بتن کاهش پیدا خواهد کرد. در نتیجه اگر به میزان آب اضافه شده دقت نکنید و بیش از حد آب بریزید شاید در ظاهر اشکالی پیش نیاید، اما میزان جمع شدگی که باعث افزایش خزش در بتن می شود را بیشتر خواهد کرد.

۳-توجه به شرایط محیطی

میزان رطوبت نسبی محل پروژه نقش بسیار مهمی در میزان جمع شدگی به صورت خشک شدن بتن در سازه ها ایفا می کند. هر چه رطوبت هوا در محیط پیرامون سازه بیشتر باشد، میزان جمع شدگی ناشی از خشک شدن کاهش پیدا خواهد کرد.

۴-اندازه سیمان

هر چه مقدار سیمان بتن تهیه شده بیشتر باشد، سرعت جمع شدگی به صورت خشک شدن نیز افزایش پیدا می کند.

۵-سنگ دانه ها

هر چه اندازه سنگ دانه های استفاده شده در بتن بیشتر باشد، میزان جمع شدگی به صورت خشک شدن کاهش پیدا می کند. شکل سنگ دانه ها تأثیر چندانی بر میزان جمع شدگی بتن ندارد. اما به طور کلی سنگ دانه هایی که سطح خشنی دارند در برابر جمع شدگی مقاومت بیشتری از خودشان نشان می دهند.

۶-جنس سیمان استفاده شده برای تهیه بتن

همان طور که می دانید سیمان در انواع متنوعی تولید می شوند. میزان جمع شدگی نیز در انواع بتن ها به دلیل تفاوت در سیمان های مورد استفاده متفاوت خواهد بود. به عنوان نمونه سیمان های زودگیر خیلی سریع سخت می

شوند. در نتیجه میزان جمع شدگی آن نیز در شرایط یکسان نسبت به سیمان های پورتلند بیشتر خواهد بود. در آب و هوای منطقه خشک بهتر است برای کاهش جمع شدگی از سیمان های ضد جمع شدگی استفاده نمایید.

۷- مواد افزودنی در بتن

یکی از مواد افزودنی در بتن به غیر از آب و سیمان، کلسیم کلرید است که میزان جمع شدگی به صورت خشک شدن را بیشتر می کند. اگر به جای کلسیم کلرید، آهک اضافه کنیم مقدار جمع شدگی کمتر خواهد شد.

۸- روش عمل آوری با بخار

روش عمل آوری با بخار، تأثیر کمی بر میزان جمع شدگی دارد؛ اما زمانی که در فشارهای بالا انجام می شود، اثر خود را نشان خواهد داد.



جمع شدگی خود به خودی در بتن

این نوع جمع شدگی به دلیل تغییر حجمی اتفاق می افتد که حتی بعد از سخت شدن بتن هم ادامه دارد. همچنین ممکن است این پدیده به جای جمع شدگی به صورت برعکس یعنی تورم خودش را نشان دهد. به هر حال حجم بتن تغییر پیدا می کند. اگر آب وجود داشته باشد هیدراسیون انجام می شود و در غیر این صورت تورم ایجاد خواهد شد. در واقع این نوع جمع شدگی از بتن به دلیل خارج شدن آب از حفره های مویینی است که در داخل بتن وجود دارند و فرایند هیدراسیون باعث این حالت می شود. این جمع شدگی بیشتر در داخل اعضای بتنی ایجاد خواهد شد.

عوامل مؤثر بر جمع شدگی خود به خودی و راه های کاهش آن:

۱. دما: به دلیل اینکه میزان جمع شدگی خودبه خودی به فرایند هیدراسیون وابسته است؛ هر چه میزان دما بیشتر شود، جمع شدگی نیز افزایش پیدا خواهد کرد.
۲. اندازه سیمان: با افزایش مقدار سیمان در بتن تهیه شده برای سازه، جمع شدگی خود به خودی هم بیشتر می شود.

۳. ترکیبات موجود در سیمان: هر چه مقدار ترکیبات کلسیم آلومینات (C3A) و تترا کلسیم آلومینو فریت (C4AF) در سیمان استفاده شده برای تهیه بتن بیشتر باشد، جمع شدگی خود به خودی بیشتر می شود. در واقع این ترکیب خاص شکل گیری فرایند هیدراسیون را تسهیل می کند.

۴. ترکیبات معدنی موجود در بتن: هر چه مقدار افزودنی های معدنی در بتن بیشتر باشد، فرایند هیدراسیون افزایش پیدا کرده و جمع شدگی خود به خودی نیز بیشتر خواهد شد. برخی از مواد معدنی مثل خاکسترهای آتش فشانی نیز تأثیر بیشتری بر این فرایند دارند.

جمع شدگی از نوع کربناسیون در بتن

به طور کلی در سازه های بتنی این احتمال بسیار زیاد است که بتن ساخته شده با گازهای جوی مثل کربن دی اکسید واکنش دهد. این واکنش با رطوبت انجام می شود و نتیجه آن تولید کربنات خواهد شد. از طرفی کلسیم هیدروکسید که یکی از فراورده های جانبی واکنش هیدراسیون سیمان می باشد به وفور در بتن وجود دارد. این کلسیم هیدروکسید با دی اکسید کربن هوا واکنش داده و کلسیم کربنات تولید می کند. در نتیجه سطح بتن کربناته شده که به آن خاصیت اسیدی می دهد. به این فرایند کربناسیون نیز گفته می شود و باعث جمع شدگی سطح بتن خواهد شد. جمع شدگی کربناسیون بیشتر در مناطق با رطوبت متوسط و در طول دوره بهره برداری اتفاق می افتد.

جمع بندی

خزش در بتن پدیده بسیار مهمی است که می تواند آسیب های جدی به سازه های بتنی وارد کند. یکی از مهم ترین عوامل افزایش خزش در بتن، جمع شدگی آن است که به دلیل مختلفی اتفاق می افتد. با توجه به عوامل مؤثر بر این جمع شدگی باید تدابیری اندیشید تا میزان آن به حداقل برسد و خزش در بتن را نیز کاهش دهد. این تدابیر بیشتر نیاز به دقت در ساخت بتن مورد استفاده برای انواع سازه ها دارند و هزینه چندانی در بر نخواهند داشت و به راحتی می توان میزان خزش در بتن را کاهش داد.

تهیه کننده: یعقوب کمالی نیا