

کاربرد آزمایش کربناسیون بتن در تحلیل سازه

بدیهی است که درک ماهیت شیمیایی بتن برای افراد غیرمتخصص سخت است. آزمایش کربناسیون بتن یک ایده عالی برای شناخت اثر CO_2 بر سازه‌های RCC است. آزمایش کربناسیون بتن مربوط به خوردگی آرماتورها است. در پی کربناسیون بتن، میلگردهای نمای ساختمان که در معرض رطوبت، بارندگی و نور خورشید قرار دارند، دچار خوردگی می‌شوند. هنگامی که بتن حداقل پوشش را روی میلگرد داشته باشد، خوردگی فولاد در بتن اتفاق می‌افتد.

بتن در طبیعت خاصیت قلیایی دارد و PH آن بیشتر از ۱۲٫۶ است به دلیل همین قلیایی بودن است که پوشش بتن از میلگرد تقویتی در برابر خوردگی محافظت می‌کند. کربناسیون بتن، قلیایی بودن آن را کاهش می‌دهد و به دنبال شرایط خوردگی میلگردها فراهم می‌شود. خوردگی منجر به ترک خوردگی بتن می‌شود. علاوه بر این، این ترک‌ها CO_2 را وارد بتن می‌کنند؛ بنابراین این چرخه‌ی خطرناک ادامه می‌یابد و در نهایت سازه را به یک وضعیت فاجعه‌بار می‌رساند.

Spray 0.2% solution of the Phenolphthalein

Concrete Exposed To
 CO_2 Carbonated
Concrete

در اینجا به برخی جزئیات در مورد آزمایش کربناسیون بتن برای تحلیل سازه اشاره می‌شود.

کربناسیون بتن وقتی رخ می‌دهد که کربن دی‌اکسید جوی (CO_2) با مواد معدنی سیمان هیدراته شده ($CaOH_2$) واکنش دهد. CO_2 در حضور رطوبت با $CaOH_2$ واکنش می‌دهد و کربنات ($CaCO_3$) تولید می‌کند. کربنات به آرامی به بتن نفوذ می‌کند. بنابراین کربناسیون بر پوشش بتن روی میلگرد تقویتی اثر می‌گذارد. از این رو خوردگی فولاد به علت فرآیند کربناسیون بتن آغاز می‌شود. بتن دوام خود را از دست می‌دهد و در نهایت، به علت افزایش غشای روی میلگرد ترک برمی‌دارد. در عین حال، میزان (نرخ) خوردگی فولاد در بالاترین سطح قرار دارد.

عوامل تأثیرگذار بر فرآیند کربناسیون بتن

کربناسیون بتن یک فرآیند آهسته است. کربناسیون بتن به شدت به رطوبت، دما و کربن دی‌اکسید جو بستگی دارد.

۱. رطوبت نسبی

کربناسیون بتن هنگامی رخ می‌دهد که سطح رطوبت در جو به‌طور ایده آل بین ۵۰ تا ۷۰ درصد باشد. اگر رطوبت زیر سطح نرمال باشد (کمتر از ۵۰ درصد) وجود بخار آب در جو کافی نیست و از این رو CO_2 حل نمی‌شود. علاوه بر این، اگر رطوبت بالاتر باشد (بیشتر از ۷۰ درصد)، بخار آب (رطوبت جوی) بیشتری در جو وجود دارد. از این رو منافذ بتن با آب پر می‌شود و CO_2 نمی‌تواند وارد بتن شود.

خطرناک‌ترین سطح رطوبت برای کربناسیون بین ۵۰ تا ۷۰ درصد است که در آن CO_2 با کلسیم هیدروکسید ($CaOH_2$) واکنش می‌دهد و کربنات بیشتری تولید می‌کند. تولید کربنات در بتن فرآیند کربناسیون نامیده می‌شود. در نهایت، فرآیند کربناسیون سطح pH بتن را از ۱۳ به ۹ کاهش می‌دهد.

۲. دما

کربناسیون در محیط‌های گرم بدتر است.

۳. CO_2 جو

غلظت گاز CO_2 در جو حدود ۰,۰۴ درصد (۴۰۰ ppm) است، ولی سالانه به دلیل استفاده از وسایل نقلیه و سوخت‌های فسیلی در حال افزایش است. این پدیده به‌عنوان "اثر گلخانه‌ای" شناخته می‌شود.

روش آزمایش کربناسیون بتن

هنگامی که فولاد توسط بتن احاطه شده باشد، سیمان هیدراته شده یک محیط قلیایی در pH بتن که حدود ۱۲,۶ است فراهم می‌کند. به این شکل یک پوشش غیرفعال روی سطح فولاد ایجاد می‌شود. این پوشش از آرماتورها در برابر خوردگی محافظت می‌کند.

حمله‌ی CO_2 جو میزان قلیایی بودن بتن را کاهش می‌دهد. تخلخل بتن به CO_2 سبب واکنش با قلیاهایی مانند کلسیم، سدیم و پتاسیم هیدروکسید که فرآورده فرآیند هیدراسیون سیمان هستند، می‌شود. در این واکنش، کربنات‌هایی تولید می‌شوند که سطح pH بتن را کاهش می‌دهند. وقتی که کربنات به عمق بتن وارد شود، غشای غیرفعال محافظتی فولاد را می‌شکند. بنابراین فولاد در معرض اکسیژن و رطوبت قرار می‌گیرد و خورده می‌شود. از این رو ما باید آزمایش کربناسیون را برای تعیین سطح یا درجه‌ی کربناسیون برای ارزیابی میزان خوردگی انجام دهیم.

روش‌های اندازه‌گیری میزان کربناسیون بتن

روش اول: آنالیز طیف مادون قرمز برای کربناسیون بتن

روش طیف مادون قرمز غلظت CO_2 جذب شده توسط نمونه بتن را اندازه‌گیری می‌کند. روش طیف مادون قرمز شامل حلقه‌ای بسته است که ترکیبی از هوا و دی‌اکسید کربن را وارد یک میزان مشخص از رطوبت می‌کند. پمپ، مخلوط هوا و CO_2 را به گردش در می‌آورد. غلظت CO_2 در مخلوط گازی به علت واکنش کربناسیون کاهش می‌یابد. غلظت CO_2 در گاز با استفاده از دستگاه جذب مادون قرمز اندازه‌گیری می‌شود. رطوبت نسبی و دما نیز ثبت می‌شوند.

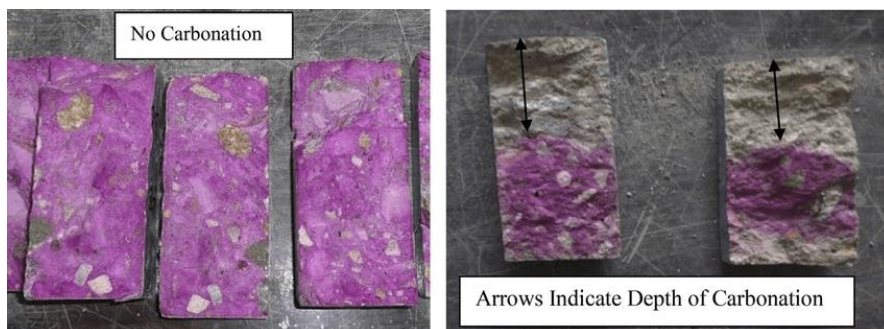
روش دوم: آنالیز شاخص pH برای کربناسیون بتن



روش شاخص pH یک روش بسیار رایج برای آزمایش شیمیایی بتن محسوب می‌شود. محلول ۰,۲ درصد شیمیایی فنل فتالئین روی سطح بتن به‌منظور پیدا کردن ناحیه تحت تأثیر کربناسیون اسپری می‌شود. محلول فنل فتالئین تغییرات سطح pH در بتن را نشان می‌دهد. اگر رنگ بتن از خاکستری به صورتی تغییر کرد، بدان معنی است که بتن در شرایط خوبی قرار دارد. اگر تغییری در رنگ بتن ایجاد نشد، این بدان معنی است که بتن تحت تأثیر کربناسیون است.

آزمایش کربناسیون بتن با مغزه‌گیری از آن انجام می‌شود. محلول ۰,۲ درصد فنل فتالئین را روی نمونه خارج‌شده کنید و تغییر رنگ را بررسی کنید. عمق لایه‌ی بدون رنگ (لایه‌ی کربناته شده) را در ۴ تا ۸ نقطه اندازه‌گیری و سپس میانگین آن‌ها را ثبت کنید.

عمق کربناسیون بتن



عمق کربناسیون بتن با تغییر رنگ تخمین زده می‌شود. درجه‌ی کربناسیون با واحد میلی‌متر بیان می‌شود. عمق کربناسیون متناسب با ریشه‌ی دوم زمان است. برای مثال، اگر عمق کربناسیون ۱ میلی‌متر در بتن یک ساله باشد، بعد از ۹ سال ۳ میلی‌متر، بعد از ۲۵ سال ۵ میلی‌متر و بعد از ۱۰۰ سال ۱۰ میلی‌متر خواهد بود.

مقدار pH را می‌توانیم با آنالیز نمونه پودر مغزه خارج‌شده تعیین کنیم. این کار با حل کردن نمونه‌ی پودر در آب مقطر و بعد از آن تیتراسیون آن در آزمایشگاه تعیین می‌شود.

روش فنل فتالین برای آزمایش کربناسیون بتن یک روش آسان و ارزان است. این روش به‌آسانی عمق کربناسیون در بتن را تعیین می‌کند. تنها عیب آن آسیب دیدن سطح بتن به‌واسطه مغزه‌گیری است.

آزمایش کربناسیون برای ارزیابی اولیه‌ی سازه‌های بتن مسلح بسیار مفید است. آزمایش کربناسیون سریع، آسان و مناسب برای انجام در محل است.

مترجم: پوریا نخعی

منبع:

<https://gharpedia.com/concrete-carbonation-test/>