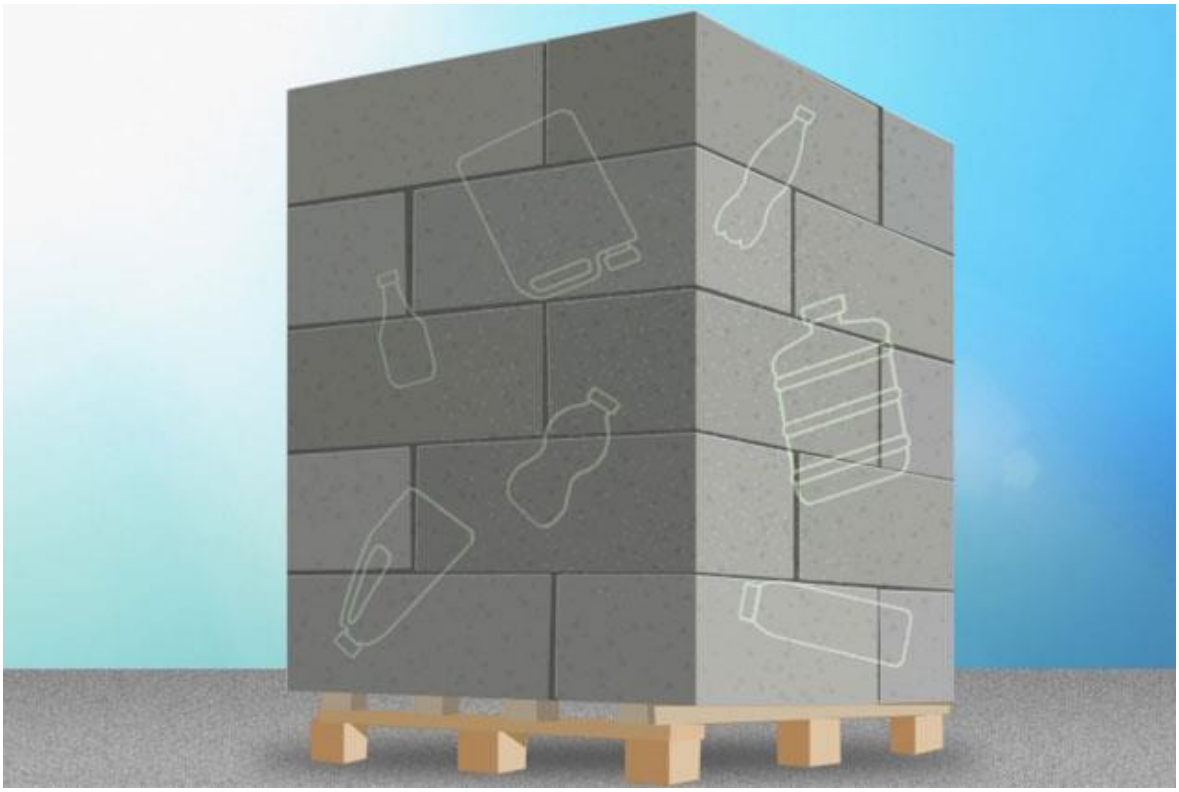
تقویت بتن با افزودن پلاستیک‌های بازیافت شده و پرتوافشانی شده



افزودن تکه‌هایی از بطری‌های آب پلاستیکی پرتوافشانی شده می‌تواند انتشار کربن در صنعت سیمان را متوقف کند.

کمبریج، ماساچوست- بر اساس یک مطالعه جدید، روزی خواهد رسید که برای ساخت سازه‌های بتنی مستحکم‌تر و انعطاف‌پذیر، از پیاده‌روها و موانع مسدودسازی خیابان گرفته تا ساختمان‌ها و پل‌ها، از بطری‌های پلاستیکی دور انداخته‌شده استفاده می‌شود.

دانشجویان مقطع کارشناسی دانشگاه MIT دریافتند که با قرار دادن قطعات پلاستیکی در معرض دوزهای کم و بی‌ضرر از اشعه گاما و پس از آن پودر کردن تکه‌های پلاستیکی تا حدی که به یک پودر بسیار ریزدانه و نرم تبدیل شود، می‌توان پلاستیک را با خمیر سیمانی مخلوط کرد و به بتنی که تا 20 درصد قوی‌تر از بتن معمولی است دست یافت.

بتن، پس از آب، دومین ماده‌ای است که به‌طور گسترده‌ای در این سیاره استفاده می‌شود. تولید بتن سهمی در حدود 4.5 درصد از انتشار گاز دی‌اکسیدکربن ناشی از فعالیت‌های انسانی را در جهان داراست. جایگزینی حتی یک بخش کوچک از بتن با این نوع پلاستیک می‌تواند به کاهش جهانی ردپای کربن در صنعت سیمان کمک کند.

استفاده مجدد از پلاستیک‌ها به‌عنوان افزودنی‌های بتن می‌تواند بطری‌های آب کهنه و بطری‌های نوشابه را به سمتی مناسب هدایت کند که عمده آن‌ها معمولاً در محل دفن زباله قرار می‌گیرند.

مایکل شرت استادیار گروه علوم و مهندسی هسته‌ای MIT، می‌گوید: مقدار زیادی پلاستیک وجود دارد که هر ساله در محل دفن زباله تخلیه می‌شوند. این تکنولوژی پلاستیک را از محل دفن زباله خارج و در بتن جای می‌دهد و همچنین سبب می‌شود که برای ساخت بتن از سیمان کمتری استفاده شود که خود باعث کاهش تولید دی‌اکسید کربن می‌گردد. این پتانسیل وجود

دارد که پلاستیک‌های مدفون در محل دفن زباله را از آنجا خارج کرده و به درون ساختمان‌ها بکشانیم که در آنجا واقعاً می‌تواند به مستحکم‌تر شدن سازه‌ها منجر شود.

این تیم شامل کارولین شافر ۱۷ ساله و مایکل اورتگا، دانشجوی سال بالای کارشناسی دانشگاه MIT که این تحقیق را به‌عنوان یک پروژه کلاسی آغاز کردند؛ کونال کوپوید پایتل، محقق دانشکده مهندسی عمران و محیط‌زیست؛ آن وایت، استاد دانشکده علوم و مهندسی هسته‌ای؛ اورال بویوکوزتورک، استاد گروه مهندسی عمران و محیط‌زیست؛ کارمن سوریو از آزمایشگاه ملی آوگونه؛ و شرت است.

بویوکوزتورک، مدیر آزمایشگاه علوم زیرساختی و پایداری می‌گوید: این تحقیق بخشی از تلاش‌های اختصاص داده‌شده ما در آزمایشگاهمان برای جذب دانشجویان مقطع کارشناسی برای کسب تجربه‌های برجسته تحقیقاتی در زمینه نوآوری و جستجوی مواد جدید و بهتر با مواد شیمیایی متفاوت و با مواد افزودنی با پایه شیمیایی مختلف است. یافته‌های این پروژه دانشجویان کارشناسی عرصه جدیدی را در جستجوی راه‌حل‌های زیرساختی پایدار فراهم می‌کند.

بک ایده، شکل گرفت

شافر و اورتگا شروع به بررسی امکان استفاده از بتن مسلح پلاستیک دار به‌عنوان بخشی از پروژه 22.033 (پروژه طراحی سیستم‌های هسته‌ای) کردند. این پروژه یکی از چندین پروژه‌ای بود که از آن‌ها خواسته‌شده بود یکی را انتخاب کنند.

شرت می‌گوید، آن‌ها می‌خواستند راه‌هایی برای کاهش انتشار دی‌اکسید کربن پیدا کنند و قرار نبود که فقط یک راکتور هسته‌ای بسازند. تولید بتن یکی از بزرگ‌ترین منابع ایجاد دی‌اکسید کربن است و آن‌ها فکر کردند که چگونه می‌توانیم به آن را حل کنیم؟ آن‌ها ابتدا به بررسی مطالعات پیشین پرداختند و سپس این ایده در ذهن آن‌ها شکل گرفت.

آن‌ها دریافتند که قبلاً افرادی تلاش کرده‌اند پلاستیک را در مخلوط‌های سیمان وارد کنند، اما پلاستیک، بتن حاصل را تضعیف می‌کند. آن‌ها بیشتر تحقیق کردند و شواهدی دریافتند که قرار دادن پلاستیک در معرض تابش اشعه گاما، ساختار بلوری ماده را تغییر می‌دهد تا پلاستیک قوی‌تر، سخت‌تر و سفت‌تر شود. آیا پلاستیک تحت تابش قرارگرفته واقعاً برای تقویت بتن جواب می‌دهد؟

برای پاسخ به این سؤال، ابتدا دانشجویان خرده‌هایی از پلی‌اتیلن ترفتالات - مواد پلاستیکی که برای ساختن بطری‌های آب و بطری‌های نوشابه استفاده می‌شود- از یک مرکز بازیافت محلی جمع‌آوری کردند. شافر و اورتگا به‌صورت دستی تکه‌های پلاستیک را مرتب کردند و تکه‌های فلزی و سایر ضایعات را از میان آن‌ها خارج کردند. سپس نمونه‌های پلاستیکی را به زیرزمین ساختمان شماره ۸ MIT که تابش دهنده کبالت - 60در آنجا قرار داشت و اشعه گاما منتشر می‌کرد، بردند. این دستگاه یک منبع تابش معمول تجاری برای از بین بردن آلودگی مواد غذایی است.

شرت می‌گوید: هیچ‌گونه اثر رادیواکتیو باقی‌مانده‌ای در اثر این نوع تابش وجود ندارد. اگر چیزی را در یک راکتور قرار دادید و آن را با نوترون پرتودهی کردید، یک ماده رادیواکتیو از راکتور بیرون می‌آید؛ اما اشعه گاما نوع دیگری از تابش است که در بیشتر موارد هیچ نشانه‌ای از تابش را از خود نشان نمی‌دهد.

این گروه دسته‌های مختلفی از تکه‌های پلاستیک را در معرض دوز کم یا زیاد اشعه گاما قرار دادند. سپس آن‌ها را به پودر تبدیل کرده و پ و هر کدام را با پودر سیمان پورتلند و یکی از دو افزودنی معدنی معمول: خاکستر (یک محصول جانبی از احتراق زغال‌سنگ) و سیلیکا فوم (یک محصول جانبی تولید سیلیکون) مخلوط کردند. هر نمونه حاوی حدود 1.5 درصد پلاستیک تابش داده‌شده بود.

پس‌ازاین که نمونه‌ها با آب مخلوط شد، محققان مخلوط‌ها را در قالب‌های استوانه‌ای ریختند و به آن‌ها اجازه دادند تا خود را بگیرند، سپس قالب‌ها را برداشتند و سیلندرهای بتنی را مورد آزمایش‌های فشاری قرار دادند. آن‌ها مقاومت هر نمونه را اندازه‌گیری کردند و آن را با نمونه‌های مشابه ساخته‌شده با پلاستیک معمولی، تحت تابش قرار نگرفته و همچنین نمونه‌های حاوی هیچ‌گونه پلاستیکی، مقایسه کردند.

آن‌ها دریافتند که به‌طورکلی، نمونه‌هایی با پلاستیک معمولی ضعیف‌تر از نمونه‌های بدون پلاستیکی بودند. بتن با خاکستر و یا سیلیکا فوم بیشتر از بتن ساخته‌شده تنها با سمان پرتلند مقاوم‌تر است؛ و حضور پلاستیک تابش داده‌شده بتن را حتی بیشتر تقویت می‌کند و مقاومت آن را تا 20 درصد، به‌ویژه در نمونه‌هایی که با پلاستیک تحت تابش دوز بالایی از اشعه گاما بوده‌اند در مقایسه با نمونه‌های بتنی ساخته‌شده فقط با سیمان پرتلند، افزایش می‌دهد.

مسیر بتن پیش رو

پس از آزمایش‌های مقاومت فشاری، محققان یک گام دیگر روبه‌جلو برداشته و از تکنیک‌های مختلف تصویربرداری برای بررسی نمونه‌ها و یافتن سرنخ‌هایی که آن‌ها را به این نتیجه برساند چرا بتن دارای پلاستیک تابش داده‌شده مقاوم‌تر است؛ استفاده کردند.

این تیم نمونه‌های خود را به آزمایشگاه ملی آرگون و مرکز علوم مواد و مهندسی (CMSE) در MIT برده که در آنجا می‌توانستند با استفاده از پراش اشعه ایکس، میکروسکوپ الکترونی تابشی (BSE) و میکروتوموگرافی اشعه ایکس آن‌ها را تجزیه‌وتحلیل کردند. تصاویر با وضوح بالا نشان داد که نمونه‌هایی که حاوی پلاستیک تابش داده‌شده، به‌ویژه در دوزهای بالا بودند، دارای ساختارهای بلوری بااتصال مولکولی بیشتر هستند. در این نمونه‌ها، ساختار بلوری به نظر می‌رسید که منافذ را درون بتن مسدود می‌کند و نمونه‌ها را متراکم‌تر می‌کند و بنابراین مقاوم‌تر می‌شود.

کوپ وید پاتیل می‌گوید: در سطح نانو، این پلاستیک تابش داده‌شده، بر شکل بلوری بتن تأثیر می‌گذارد. پلاستیک تابش داده‌شده دارای حالت‌های واکنش دهی است و هنگامی‌که آن را با سیمان پرتلند و خاکستر مخلوط می‌کند، هر سه با هم یک فرمول جادویی تشکیل می‌دهند و بتن قوی‌تر می‌شود.

کوپ وید پاتیل می‌گوید، ما دریافتیم که هر چه دوز تابش بالاتر باشد، مقاومت بتن نیز بالاتر است، بنابراین تحقیقات بیشتری برای طراحی مخلوط و بهینه‌سازی با تابش‌دهی برای رسیدن به نتایج مؤثرتر لازم است.

در ادامه مسیر تیم تحقیقاتی در نظر دارد تا آزمایش‌هایی را با انواع مختلف پلاستیک، همراه با دوزهای مختلف تابش گاما، برای تعیین اثرات آن بر بتن، انجام دهد. در حال حاضر، آن‌ها دریافتند که جایگزین کردن حدود 1.5 درصد بتن با پلاستیک تابش داده‌شده می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی مقاومت بتن را بهبود بخشد. باوجود این‌که ممکن است این مقدار جایگزینی

پلاستیک ناچیز به نظر رسد اما شرت می‌گوید، اجرای آن در مقیاس جهانی، حتی با جایگزین کردن این مقدار کم در بتن می‌تواند تأثیر قابل‌توجهی داشته باشد.

شرت می‌گوید: بتن حدود 4.5 درصد در تولید و انتشار گاز دی‌اکسید کربن نقش دارد. اگر 1.5 درصد از آن را حذف کنید، درباره کاهش حدود ۰،۰۶۷۵ درصد از انتشار دی‌اکسید کربن در سطح جهان صحبت می‌کنیم که این یک حجم عظیمی از گازهای گلخانه‌ای است.

بویوکوزتورک می‌گوید: این تحقیق نمونه‌ای کامل از کارِ میان‌رشته‌ای چند تیمی به‌سوی یافتن راه‌حل‌های خلاقانه است و نشان‌دهنده یک مدل تجربه آموزشی است.

مترجم: پوریا نخعی

منبع:

https://csengineermag.com/mit-students-fortify-concrete-adding-irradiated-recycled-plastic/