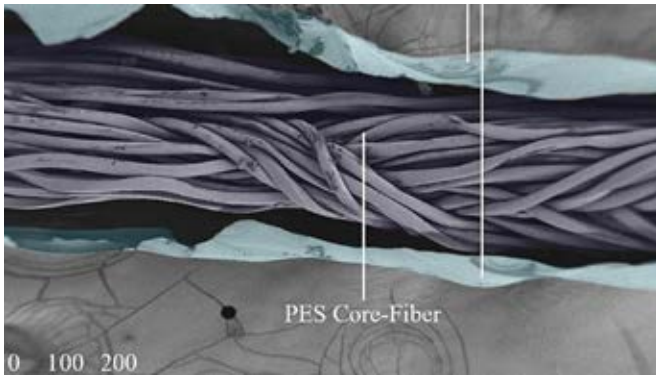


Bakteriler ile kendi kendini iyileştiren betonlar

Drexel Üniversitesi Mühendislik Fakültesinden araştırmacılar, kendi çatlaklarını onarabilecek beton yapılar üretme umuduy-la, betonun dayanıklılığını artırmaya yönelik çalışmalar yapıyor. Yapı malzemelerine lif takviyesi, ilk kez duvar ustalarının çamurlarına at kılı karıştırmıştı bu yana var ancak Drexel araştırma ekibi, takviye liflerini, betonu iyileştiren bakterileri hasarı onarmak için çatlakların olduğu bölgeye yönlendiren canlı bir doku sistemine dönüştürerek bu yöntemi bir sonraki seviyeye taşıyor.



Drexel araştırmacıları, hasarlı beton yapıların kendilerini onarmasını sağlayacak bir yapısal fiber sistemi geliştiriyorlar.

Yakın zamanda İnşaat ve Yapı Malzemeleri dergisinde yer alan Drexel'in "BioFiber" ürünü, bakteri yüklü bir hidrojel ve koruyucu, hasara duyarlı bir kabukla kaplanmış bir polimer elyaftır. Çalışma Ekibi, beton bir yapının içine yerleştirilmiş bir BiyoFiber ağının, yapının dayanıklılığını artırabileceğini, çatlakların büyümesini önleyebileceğini ve kendi kendini iyileştirmeyi mümkün kılabileceğini bildiriyor.

Araştırma ekibinin lideri olan Mühendislik Fakültesi'nde doçent Amir Farnam, "Bu, doğadan ilham alarak yapı malzemelerini iyileştirmeye yönelik devam eden çabalar

açısından heyecan verici bir gelişmedir." dedi. "Eskiyen beton yapılarımızın fonksiyonel ömrünü kısaltan, maliyetli ve kritik onarımlar gerektiren hasarlara maruz kaldığını her gün görüyoruz. Kendilerini iyileştirebileceklerini hayal edin? Cildimizdeki dokumuz bunu, kendi kendini iyileştiren sıvımız olan kanla aşılınmış çok katmanlı lifli yapı aracılığıyla doğal olarak yapar. Bu biyofiberler aynı konsepti taklit ediyor ve hasara duyarlı, canlı, kendi kendini onaran beton oluşturmak için taş yapan bakterileri kullanıyor."

Betonun ömrünü uzatmak sadece inşaat sektörü için bir fayda değil, aynı zamanda dünya çapında sera gazını azaltmak için çalışan ülkeler için de bir öncelik hâline geldi.

Betonun bileşenlerinden olan çimentonun üretim süreci (kireç taşı, kil veya şist gibi mineral karışımını 1.500 santigrat dereceyi bulan sıcaklıklarda yakma) küresel sera gazı emisyonlarının %8'ini oluşturur.

Beton yapılar çevre etkilerine bağlı olarak 50 yıl gibi kısa bir sürede bozulabilir. Değişimler ve yeni binalara yönelik artan talep nedeniyle beton, dünyada en çok tüketilen ve en çok talep gören yapı malzemesidir.

Daha uzun süre dayanabilen beton üretmek, bunun küresel ısınmaya olan katkısını azaltmada büyük bir adım olacaktır; altyapı onarımlarının uzun vadeli maliyetini de azaltmanın

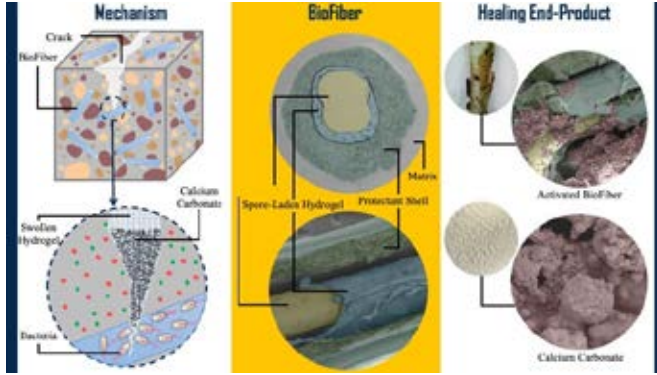
ötesinde, ABD Enerji Bakanlığının yakın zamanda betonu iyileştirmeye yönelik çabalar başlatmasının nedeni budur.

Son on yılda Drexel, betonun sürdürülebilirliğinin ve dayanıklılığının nasıl iyileştirilebileceğine yönelik araştırmalara öncülük etti ve Farnam'ın laboratuvarı, Savunma Bakanlığının eskiyen yapılarını güçlendirme çabalarına katılan bir ekibin parçası oldu. Farnam'ın laboratuvarında araştırmayı yürütmeye yardımcı olan ve makalenin başyazarı olan doktora adayı Mohammad Houshmand, "Birkaç yıldır, biyolojik olarak kendi kendini onaran çimento esaslı kompozitler kavramı, Gelişmiş Altyapı Malzemeleri Laboratuvarı'nda gelişti." dedi.

Veins of Bacteria Could Form a Self-Healing System for Concrete Infrastructure

In hopes of producing concrete structures that can repair their cracks, researchers from Drexel University's College of Engineering are putting a new twist on an old trick for improving the durability of concrete. Fiber reinforcement has been around since the first masons were mixing horsehair into their mud. But the Drexel research team is taking this method to the next level by turning reinforcing fibers into a living tissue system that rushes concrete-healing bacteria to the site of cracks to repair the damage.

“BioFiber projesi, inşaat mühendisliği, biyoloji, kimya ve malzeme bilimi alanlarındaki uzmanlığı birleştiren, iş birliği, çok disiplinli bir çabayı temsil ediyor. Temel amaç, çok işlevli, kendi kendini onaran BioFiber teknolojisini geliştirilmesine öncülük etmek ve bu farklı disiplinlerin kesişiminde yeni standartlar belirlemektir.”



Ekibin BiyoFiber yaratma konusundaki yaklaşımı, cilt dokusunun kendi kendini iyileştirme yeteneğinden ve damar sisteminin organizmaların kendi yaralarını iyileştirmesine yardımcı olma rolünden ilham aldı ve biyomineralize edici bakterilerin yardımıyla beton altyapının kendi kendini onarmasını sağlamak için geliştirdikleri biyolojik bir tekniği kullanıyor.

Grup, tamamı Mühendislik Fakültesinden Caroline Schauer (PhD), Margaret C. Burns Mühendislik Kürsüsünden Doç. Dr. Christopher Sales (PhD) ve Doç. Dr. Ahmad Najafi (PhD) tarafından yönetilen araştırma ekipleriyle iş birliği içinde, lif için biyolojik iyileştirici bir madde olarak *Lysinibacillus sphaericus* bakterisinin bir türünü belirledi.

Tipik olarak toprakta bulunan dayanıklı bakteriler, betonda açıkta kalan çatlaklar için bir yama hâlinde stabilize olabilen ve sertleşebilen taş benzeri bir malzeme oluşturmak için mikrobiyal kaynaklı kalsiyum karbonat çökmesi adı verilen biyolojik bir süreci yürütme yeteneğine sahiptir.

Bakteriler bir endospor oluşturmaya teşvik edildiğinde, betonun içindeki zorlu koşullarda hayatta kalabilir ve harekete geçinceye kadar uykuda kalabilir.

Schauer, “Bu araştırmayla ilgili en şaşırtıcı şeylerden biri, herkesin soruna farklı uzmanlıklarından yaklaşması ve yeni BiyoFiberler yaratmaya yönelik çözümlerin bu kadar güçlü olması.” dedi. “Doğru bakteri, hidrojel ve polimer kaplama kombinasyonunun seçilmesi bu araştırmacının ve BioFiber’in işlevselliğinin merkezinde yer aldı. Doğadan ilham almak iyi

bir şeydir, ancak bunu işlevsel bir yapıda bir arada bulunabilen biyolojik bileşenlerden oluşan bir uygulamaya dönüştürmek oldukça zorlu bir iştir; bunu başarmak için çok yönlü uzmanlardan oluşan bir ekip gerekiyordu.”

Ekip, BioFiber’ı monte etmek için beton yapıları stabilize edebilen ve destekleyebilen bir polimer fiber çekirdekle işe başladı. Elyafı endospor yüklü bir hidrojel tabakasıyla kapladı ve tüm düzeneği cilt dokuları gibi hasara duyarlı bir polimer kabukla kapladı. Tüm düzeneğin kalınlığı yarım milimetrenin biraz üzerindedir. Dökülürken beton boyunca bir ızgaraya yerleştirilen BioFiber, güçlendirici bir destek maddesi görevi görür ancak gerçek yetenekleri, bir çatlakın betona fiberin dış polimer kabuğunu delege kadar nüfuz etmesiyle ortaya çıkar.

Su çatlakın içine doğru ilerleyerek sonunda BiyoFiber’e ulaştığında, hidrojin genişlemesine ve kabuğun dışına, çatlakın yüzeyine doğru itilmesine neden olur. Bu gerçekleşirken bakteriler, betondaki karbon ve besin kaynağının varlığında endospor formundan aktive edilir. Betondaki kalsiyumla reaksiyona giren bakteriler, çatlak yüzeye kadar dolduracak çimento malzemesi görevi gören kalsiyum karbonat üretiyor.

İyileşme süresi sonuçta çatlakın boyutuna ve bakterinin aktivitesine bağlı (çalışma ekibinin şu anda üzerinde çalıştığı bir mekanizma) ancak ilk belirtiler, bakterilerin işini bir ila iki gün kadar kısa bir sürede yapabileceğini gösteriyor.

Farnam, “Kendini onarmanın kinetiğini incelemek için yapılacak çok iş olsa da, bulgularımız bunun, çatlak oluşumunu durdurmak, stabilize etmek ve çatlakları dışarıdan müdahale etmeden onarmak için geçerli bir yöntem olduğunu gösteriyor.” dedi. “Bu durum, BioFiber’in bir gün ‘yaşayan’ bir beton altyapı oluşturmak ve ömrünü uzatmak için kullanılabileceği ve böylece maliyetli onarım veya değiştirme ihtiyacını önleyebileceği anlamına geliyor.”

Araştırma Ulusal Bilim Vakfı tarafından finanse edildi.

Bu araştırmaya Farnam, Schauer, Sales ve Houshmand’ın yanı sıra PhD, Ahmad R. Najafi, Divya Kamireddi, Seyed Ali Rahmaninezhad,

Amirreza Sadighi, Aidan Cotton ve Reva Street PhD katkıda bulunmuştur.

Makalenin tamamını bu bağlantıdan okuyabilirsiniz:

www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061823034839

Kaynak: <https://drexel.edu/news/archive/2023/December/BioFiber-self-healig-concrete>

Recently reported in the journal *Construction and Building Materials*, Drexel’s “BioFiber” is a polymer fiber encased in a bacteria-laden hydrogel and a protective, damage-responsive shell. The team reports that a grid of BioFibers embedded within a concrete structure can improve its durability, prevent cracks from growing and enable self-healing.

Yüksek Performanslı Beton'un bileşimi ve faydaları

Yüksek Performanslı Beton (HPC), uzun açıklıklı köprüler, tüneller, yüksek binalar, devasa kompleksler, otoyol kaplamaları ve daha fazlası gibi inşaat mühendisliği yapıları alanında büyük uygulamalarda kullanılıyor çünkü HPC'nin bu tür yapıları daha sağlam hâle getirdiği biliniyor. Yüksek Performanslı Beton (HPC), sağlam, dayanıklı ve yapının servis ömrünü uzatır.



Beton dayanıklı ve çok yönlü bir yapı malzemesidir; Güçlü ve ekonomik olmasının yanı sıra, yerleştirildiği formun şeklini alır ve estetik açıdan da tatmin edicidir ancak deneyimler, tasarım ve üretim aşamasında önlem alınmadığı takdirde betonun bozulmaya karşı hassas olduğunu göstermiştir.

“Yüksek performans” terimi biraz iddialı çünkü bu betonun temel özellikleri, bileşenlerinin ve oranlarının, yapıda beklenen kullanım için yüksek mukavemet ve düşük geçirgenlik gibi amaçlara uygun özelliklere sahip olacak şekilde özel olarak seçilmesini gerektirir.

Yüksek dayanımlı beton ve yüksek performanslı beton eş anlamlı değildir çünkü betonun dayanımı ile performansı betonun farklı özellikleridir. Yüksek dayanımlı beton, belirli bir yaştaki basınç dayanımına

göre tanımlanırken, yüksek performanslı beton, yüksek dayanım ile birlikte yüksek dayanıklılık ve yüksek işlenebilirlik gibi performans kriterlerine göre tanımlanır.

High Performance Concrete Composition & Benefits

High Performance Concrete (HPC) is seeing major applications in the field of civil engineering constructions such as long-span bridges, tunnels, high-rise buildings, huge complexes, highway pavements, and more, since HPC is known to make such structures more robust, sturdy and durable, and increase their service life.

Yüksek Performanslı Betonların (HPC) ortak bir tanımı yoktur, farklı kurum ve uzmanlar Yüksek Performanslı Betonu farklı şekilde tanımlamaktadır. Amerikan Beton Enstitüsü, HPC'yi şu şekilde tanımlamaktadır: “Yalnızca geleneksel malzemeler kullanılarak ve normal karıştırma, yerleştirme ve kütleme uygulamaları kullanılarak her zaman rutin olarak elde edilemeyen özel performans gereksinimlerini karşılayan betondur.”

Gereksinimler, ayrışma olmadan yerleştirme ve sıkıştırma, uzun vadeli mekanik özellikler ve zorlu ortamlarda erken yaş mukavemeti veya hizmet ömrü gibi özelliklerin geliştirilmesini içerebilir. Daha

basit bir ifadeyle HPC, en az bir olağanüstü özelliği olan bir betondur. Basınç dayanımı, yüksek işlenebilirlik, kimyasal veya mekanik etkilere karşı artırılmış direnç, normal betona göre daha düşük geçirgenlik, dayanıklılık vb. Örneğin, kendiliğinden yerleşen beton, yüksek performanslı betonun özel bir parçasıdır ve yüksek akışkanlık ile birlikte kendiliğinden yerleşen özelliklerle öne çıkar.

Daha önce yapısal ihtiyaçları karşılamak amacıyla yüksek dayanımlı beton üretmek için beton karışımındaki çimento içeriği artırılıyordu ancak bu, betonun karbon ayak izi ve dayanıklılık parametrelerine yönelik sakıncalar içermektedir.

Bu bağlamda standartlar gereği maksimum çimento içeriğinin 450 kg/m³ ile sınırlandırılması gerekmektedir. Çimento kullanımındaki bu sınırlamayla birlikte, uçucu kül, öğütülmüş granüle yüksek fırın cürufu (GGBS), silis dumanı (SF), pirinç kabuğu külü (RHA), ultra ince cüruf ve ultra ince uçucu kül vb. gibi tamamlayıcı çimentolu malzemeler (SCM'ler), vb. toplam çimento içeriğinin miktarını azaltmak ve böylece betonun performansından ödün vermeden sürdürülebilir beton üretmek için kullanılmaktadır. Araştırmalar, betona normal portland çimentosu (OPC) yerine mineral katkıların eklenmesinin, geleneksel betonla karşılaştırıldığında daha fazla hidratlı ürün elde edilmesini ve gözenekliliğin azaltılmasını sağladığını göstermiştir.

HPC'nin Bileşimi

HPC, geleneksel çimento betonuyla aynı malzemelerden oluşur. Bazı mineral ve kimyasal katkıların kullanılması mukavemet, dayanıklılık ve işlenebilirlik özelliklerini çok yüksek oranda artırır. HPC'nin bileşimi genellikle aşağıdaki malzemelerden oluşur:

Çimento: Çimentonun kimyasal ve fiziksel özellikleri, yüksek performanslı beton üretmek için istenen çimentonun seçilmesine yardımcı olabilir. Örneğin, düşük C₃A'lı çimento, yüksek performanslı beton üretmek için en çok arzu edilen çimento türüdür çünkü C₃A, çimentonun süper akışkanlaştırıcı katkılarla uyumsuzluğuna neden olur. Bununla birlikte, dayanım açısından çimento için belirli bir miktar C₃A önemlidir.

Su: Su, HPC'de çok önemli bir bileşendir ve çimento ve mineral/kimyasal katkılarla uyumlu olmalıdır. Karıştırma ve kürleme için kullanılan su temiz olmalı ve zararlı miktarlarda alkali, asit, yağ, tuz, şeker ve her türlü organik maddeden arındırılmış olmalıdır.

İnce agrega: Daha ince kum betonun su ihtiyacını arttırdığından, yüksek performanslı beton üretmek için daha ince kuma kıyasla kaba bir ince agrega tercih edilir.

İri agrega: İri agreganın seçimi, yüksek performanslı betonun dayanımını kontrol edebileceğinden çok önemlidir. Yassı

ve köşeli agregalardan kaçınılması tavsiye edilir.

Süper akışkanlaştırıcı: HPC'nin önemli bir bileşendir ve su/çimento oranını azaltmak için beton karışımına eklenir.

Çimentomsu malzemeler: Öğütülmüş granül yüksek fırın cürufu, uygulamalara ve performans gerekliliklerine bağlı olarak yüksek dayanımlı betonda yaklaşık %50 ve üzeri dozaj oranlarında kullanıma uygundur. Bununla birlikte, 100 MPa'nın üzerindeki çok yüksek dayanımlar için cürufu, silis dumanı, ultra ince cüruf, ultra ince uçucu kül, metakaolin vb. gibi ultra ince malzemelerle birlikte kullanmak gerekir.

Yüksek Performanslı Beton için uçucu kül, uzun yıllardan beri betonda yaygın olarak kullanılmaktadır. Uçucu kül ne yazık ki hem fiziksel hem de kimyasal özellikleri bakımından silis dumanından çok daha değişkendir. Çoğu uçucu kül, 70 MPa'dan fazla olmayan dayanımlarla sonuçlanacaktır. Bu nedenle, daha yüksek dayanımlar için, ultra ince SCM'lerin uçucu külle birlikte kullanılması gerekir. Yüksek dayanımlı beton için uçucu kül, çimento içeriğinin yaklaşık %15 ila 25'i oranında dozaj oranlarında kullanılır. Bazen kuvars unu ve fiberler, sırasıyla yüksek mukavemet ve süneklik elde etmek için HPC'de kullanılmaktadır.

Yüksek Performanslı Betonun Özellikleri;

- Basınç dayanımı > 60 MPa
- Oldukça kırılmandır ancak lişerin eklenmesi sünekliği artırabilir
- Su/bağlayıcı oranı (0,25-0,35), dolayısıyla çok az serbest su
- Yoğunlaştırılmış çimento hamuru
- Düşük terleme ve plastik büzülme
- Yoğun mikro yapı üreten çimentolu malzemelerin düşük su kullanımıyla daha az kılcal gözeneklilik elde edilir, bu nedenle saldırgan unsurların geçişi zor olacaktır, dolayısıyla dayanıklılık büyük ölçüde geliştirilmiş olur
- Çimento hamuru ve agrega arasındaki arayüzde daha güçlü geçiş bölgesi
- Düşük serbest kireç içeriği
- İlave çimentomsu malzemelerin kullanımı nedeniyle düşük hidratasyon ısısı
- HPC, başlangıç maliyeti geleneksel betona göre daha yüksek olmasına rağmen ekonomiktir. Bunun nedeni, inşaatta HPC kullanımının yapının hizmet ömrünü arttırması, daha az hasara uğraması ve bunun da genel maliyetleri düşürmesidir.

Kaynak: <https://www.nbmcw.com/product-technology/construction-chemicals-waterproofing/concrete-admixtures/high-performance-concrete-composition-benefits.html>

Betonda termal enerji depolamaya genel bakış

Beton en eski yapı malzemeleri arasında yer almaktadır. Modern çağda şehirlerin ve endüstrinin hızla genişlemesiyle birlikte enerji talebi de çok artmıştır. Dünyanın her yerindeki hükümetler alternatif ve güvenli enerji üretimi ve depolama çözümlerine başvuruyor.



Kısa bir bakış

Termal Enerji Depolama (TES) malzemeleri termal enerjiyi depolama ve serbest bırakma özelliğine sahiptir. Küresel ısınmaya karşı mücadelede TES malzemeleri önemli bir bileşendir ve en yaygın kullanılan inşaat malzemesi olan beton da bu anlamda popüler bir seçimidir.

Beton genellikle çimento, su, kum ve çakıldan oluşur ancak karışıma başka maddelerin eklenmesi ısı depolama özelliklerinde değişikliğe neden olur.

Normal Portland Çimentosu (OPC) betonda sıklıkla kullanılır, ancak sınırlı özgül ısı kapasitesi, termal enerji depolama malzemesi uygulamalarında büyük bir sınırlamadır. Termik santrallerde yakılan kömürün bir yan ürünü olan uçucu kül, betonun termal depolama özelliklerini artırabilir. Çalışmalar uçucu kül betonunun geleneksel OPC betona kıyasla üstün ısı iletkenliği ve ısı depolama kapasitesi sergilediğini göstermiştir.

Yüksek performanslı beton (HPC), gelişmiş dayanım ve dayanıklılığa sahip optimize edilmiş bir tür betondur. HPC mekanik özelliklerinin yanı sıra gelişmiş termal özellikler de sergiler, bu da onu termal enerji depolama uygulamalarındaki gelişmeler için potansiyel bir seçim hâline getirmektedir.

Hafif betonda faz değiştiren malzeme (PCM) ile termal enerji depolama

Prefabrik beton bileşenler veya beton bloklar için kütle odaları gibi belirli mühendislik uygulamalarında, yapıların yüksek sıcaklıklarda uzun süreler boyunca önemli miktarda ısıyı muhafaza etmesi gerekebilir. Bu yapılar genellikle kalın, masif duvarlardan oluşur.

Duvarların kalınlıklarını değiştirmeden yalıtımını iyileştirmek için faz değiştiren malzemeler (PCM) gibi yüksek enerji depolayan malzemeler kullanılabilir. Faz Değiştiren Malzemeleri (PCM'ler), faz geçişleri sırasında ısıyı absorbe etme ve salma yeteneğine sahip maddelerdir.

Araştırmacılar, iki farklı füzyon noktasına sahip iki farklı PCM

içeren hafif betonun termal enerji depolama özelliklerini araştırmak için Heliyon'da bir çalışma yayımladı. Araştırma ekibi tarafından kullanılan iki fazlı değiştiren malzemeler sırasıyla 42-46 °C ve 56-59 °C füzyon noktalarına sahip Polietilen glikol (PEG) ve Parafin (PRF) idi.

PCM agregaları, sıvı PCM'nin yüksek sıcaklıktaki bir işlemle gözenekli betona aşılınmasıyla oluşturuldu. Beton numuneleri, iki tip PCM agregasının miktarları değiştirilerek (0:100 ile 100:0 arasında

değişen) hazırlandı.

Betonun ısı iletkenlik katsayısı (k), 25°C ve 65°C olmak üzere iki farklı sıcaklıkta değerlendirilmiştir. PCM agregası içeriği arttıkça k25 (katı haldeki PCM'nin termal iletkenliğini temsil eder) gelişti. Bunun nedeni katı PCM tarafından doldurulan boş alanların azalmasıydı.

Buna karşılık, k65 (sıvı haldeki PCM'nin ısı iletkenliğini temsil eder), faz değiştirme işlemi sırasında gizli ısının etkisinden

An Overview of Thermal Energy Storage in Concrete

Concrete is among the oldest construction materials. With the rapid expansion of cities and industries in the modern era, energy demand has increased manifold.

Governments all over the world are resorting to alternative and safe energy production and storage solutions.

dolayı PCM agrega içeriğiyle birlikte azaldı. Ölçülen k25 ve k65 sırasıyla 0,829-0,842 ve 0,447-0,465 W/m °C aralığına düştü.

Hibrit PCM (katı ve sıvı PCM kombinasyonu) agregaları içeren betonun gizli ısısının, tek tip PCM agregaları içeren betondan daha yüksek olduğu gözlemlendi. Bu, PCM'yi hibrit formda içeren betonun, tekil PCM agregalı betonla karşılaştırıldığında yüksek sıcaklıklarda ısı depolamada daha etkili olabileceğini düşündürmektedir.

Nano mühendislik betonu: Daha iyi enerji depolama

Sıcaklığın -5°C'nin altında olduğu alanlar gibi aşırı zorlu ortamlar için araştırmacılar, aktif ve pasif çözümler olarak sınıflandırılan aşırı soğuk sorununa yönelik çözümler geliştirdiler.

Pasif teknolojiler, buz çözücü tuzların, mekanik kar temizlemenin veya her ikisinin bir kombinasyonunun kullanımını içerir ancak bu teknolojiler altyapıya zarar verebilir. Aktif teknolojiler arasında çeşitli türlerde ısıtılmalı kaplama (HP) ve çimentolu kompozitler içerisinde faz değiştiren malzeme (PCM) içeren nano mühendislik betonu yer alır.

Araştırmacılar, Applied Energy'de, termal enerji tasarrufu için çok duvarlı karbon nanotüpler (MWCNT'ler) ve silis dumanı (SF) kombinasyonunun yanı sıra mikrokapsül lenmiş faz değişim malzemesi (m-PCM) içeren nano mühendislik ürünü bir beton geliştirdikleri bir çalışma yayınladılar. Uygulamalar Çimentolu kompozitin hem mekanik hem de termal özelliklerini geliştirmek için MWCNT'ler tanıtıldı.

Çimento harcına farklı oranlarda m-PCM (bağlayıcı ağırlığına göre %5, %10 ve %15) entegre edilirken, MWCNT ve SF miktarları bağlayıcı ağırlığına göre sırasıyla %0,05 ve %10'da sabit kaldı. M-PCM'nin harcın mekanik özellikleri üzerindeki etkisini değerlendirmek için tek eksenli bir sıkıştırma testi yapıldı ve mekanik mukavemette kayda değer bir azalma ortaya çıktı.

Nano-mühendislik ürünü m-PCM harçlarının değişen ortam sıcaklıkları altındaki termal tepkisini incelemek için, elektrikle kontrol edilen ısıtılmalı tel sistemi kullanılarak bir termal döngü testi gerçekleştirildi. Sonuçlar, MWCNT'li m-PCM harçlarında kontrol numunesine kıyasla termal düzenleme için enerji gereksiniminde yaklaşık %60'lık bir azalma olduğunu gösterdi.

Sonuçlar, aşırı soğuk ortamlarda termal düzenleme için aktif bir çözüm olarak kullanılacak nano-mühendislik beton termal enerji depolama sisteminin verimliliğini doğruladı.

Vaka çalışması: Farklı beton duvarların termal enerji depolamasının karşılaştırılması

Bina kabuğunun kapsamlı bir analizinin yapılması, yetersiz termal performansın belirlenmesi ve sonuç olarak sürdürülebilirliği teşvik edecek tasarım ve inşaat seçeneklerinin geliştirilmesi açısından çok önemlidir. Avrupa Birliği'ndeki binalar toplam güç tüketiminin yaklaşık %40'ını karşılıyor. Kanada

ve ABD'de bu rakam sırasıyla yüzde 63 ve yüzde 42'ye çıkıyor. Bu nedenle, bina bileşenlerinin termal özelliklerinin incelenmesi, önemli maliyet tasarruflarının gerçekleştirilmesinde etkili olur.

Bir araştırma ekibi yakın zamanda Journal of Energy Storage dergisinde, soğuk iklimlerde hem sıvalı hem de sıvasız farklı yığma duvarların termal davranışlarına odaklanan ve enerji depolama ve kayıplarını inceleyen bir makale yayımladı.

Çalışmada Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (CFD) modeli kullanılmaktadır. Amaç, bir referans oda koşulundan (20 °C) soğuk bir ortam koşuluna (-20 °C) 6, 12 ve 24 saat boyunca ısı transferini inceleyerek çeşitli duvarların karşılaştırmalı analizine olanak sağlamaktır. Modelin doğruluğu, sıcak plaka kurulumunun kullanıldığı bildirilen deneysel testlerle karşılaştırılarak doğrulanır.

Araştırma sonuçları, odun parçaları (WS1) içeren beton karışımının, referans odasından çevre ortamına genel ısı transferinde en yüksek depolanan enerjiyi (24 saatte %92) ve en az enerji kaybını (%8) sergi-

lediğini ortaya koymaktadır. Buna karşılık, kenevir (HC11) beton duvarlar en düşük enerji depolamayı (%40) ve en yüksek kaybı (%60) gösterir. Bir diğer önemli gözlem ise sıva varlığının betonun termal enerjiyi depolama yeteneğini etkilememesiydi.

Kısaca iletkenlik ve özgül ısı kapasitesi gibi termal özellikler, her beton tipinin termal davranışının kontrolünden toplu olarak sorumludur. Isıl enerji depolama sistemlerinde kullanılacak betonun türü, ortamın türüne ve özel gereksinimlere bağlıdır.

Kaynak: <https://www.azobuild.com/article.aspx?ArticleID=8647>

Betondaki nem içeriği nedir ve neden önemlidir?



İdeal koşullarda çalışmadığınız sürece, betondaki nem içeriği muhtemelen bir sorun olacaktır. Beton yüzeyin altında neler olduğunu anlamak önemlidir.

Yaklaşık 2.000 yıllık bir teknoloji olan beton, ticari/konut binalarında, kaldırımlarda, köprü ve yolların sürüş yüzeylerinde yapısal bir bileşen olarak kullanılmaktadır. Giza'daki Büyük Piramitlerde ve Çin Seddi'nde antik kullanımdan modern 3D baskılı binalara kadar, beton şu anda uzun ömürlülüğü, çok yönlülüğü, gücü, dayanıklılığı, hizmet içi enerji verimliliği, esnekliği ve ekonomik faydaları nedeniyle

What Is Moisture Content in Concrete & Why It Matters

Unless you're working with ideal conditions, moisture content in concrete will likely be an issue. It's important to understand what's happening below the surface.

An approximately 2,000-year-old technology, concrete is used as a structural component in commercial/ residential buildings, pavements, and driving surfaces of bridges and roads.

kullanılmaktadır.

Betonun sürekli bakıma ihtiyacı vardır ve nem, betonun en büyük düşmanlarından biridir.

Betonun can damarı olan su, betonun en iyi dostu ve bazen en büyük düşmanıdır. Nem kaynakları ve beton sistemlerdeki varlığı hem dâhili hem de harici olabilir.

Beton yapılarda dâhili nem kaynakları, uygulama sırasında ve uzun süreli dayanıklılık da dâhil olmak üzere çoğunlukla nihai yüzey kusurlarına yol açtığından, asıl amaç bu dâhili su kaynağına odaklanmaktır.

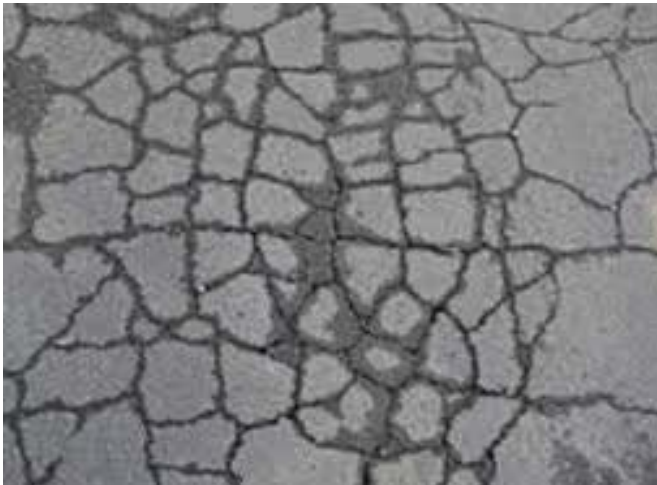
Beton İç Nemiyle İlgili Sorunlar ve Zorluklar



Modern beton, çimento bağlayıcı, su, agrega ve çeşitli katkı maddelerinin karışımları arasındaki kimyasal reaksiyonun bir ürünüdür. Su, beton karışım formüllerinde gerekli ve kritik bir bileşen, mukavemet ve dayanıklılığı sağlamak için gerekli olmasına rağmen hatalı su, içeriği zayıf beton performansının kaynağı olabilir. Daha yüksek bir su-çimento oranı (betondaki su içeriğindeki artış) betonu daha zayıf, daha geçirgen ve daha az dayanıklı yapma eğilimindedir.

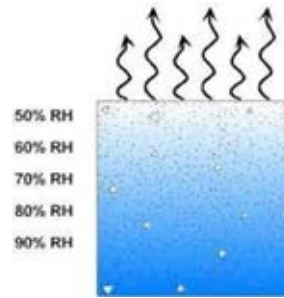
İç beton neminin ikinci etkisi, kürlenme süreci ve beton yüzeyindeki kuruma hızı ile ilişkilidir. Beton yüzeyindeki aşırı su buharlaşması, kaplamaların uygulanmasında yapışma problemi, kabarma, renk atması, kabarcıklar/çıkımlar, çatlaklar, tabakalara ayrılma, çiçeklenme, küf/küf gelişimi vb. gibi bazı önemli sorunlara yol açabilir.

Suyun betona sızması ve emilmesi, donma-çözülme döngüsü ve buna bağlı dâhili buz oluşumuyla bağlantılı genişleme, çatlakların oluşmasına, donatının paslanmasına ve beton yapılarında parçalanmaya yol açacaktır.



Beton kaplama uygulamaları için ideal koşullar, betonun (0,45-0,50 su/çimento oranıyla) 3-7 gün içinde kürlenmiş gerçek bir buhar bariyeri üzerine, orijinal su yüzdesini koruyan bir yöntemle, harici/iç kaynaklardan ilave su ilave edilmeden dökülmesini gerektirir. Bununla birlikte, çoğu inşaat projesinde tüm bu koşulların karşılanma şansı oldukça düşük bir ihtimaldir.

Basınç Altında



Betondaki nem içeriği tamamen su ve basınçla ilgilidir. Aşırı basıncı önlemek için uygun miktarda su gereklidir. Kalınlığa ve çevre koşullarına (nem, ortam sıcaklığı vb.) bağlı olarak betonun kürlenmesi birkaç haftayı bulabilir. Beton, kapiler hareketle nemi döşeme yüzeyine çe-

kerek zamanla nem buharı iletimi yoluyla kurumaya devam eder.

Çok nadir görülen bir beton nemi problemini istemeden tanımlamak için kullanılan bir terim "hidrostatik basınç"tır ve sıvının belirli bir noktasında dengede yer çekimi kuvveti nedeniyle uyguladığı basınç olarak tanımlanır. Yukarıdan aşağı doğru kuvvet uygulayan sıvının artan ağırlığı veya suyun alttaki beton döşemeden itilmesi süreci nedeniyle, hidrostatik basınç yüzeyden ölçülen derinliğe orantılı olarak artar. Hidrostatik basınç, nihai kaplama problemlerine yol açan nem ve su sızıntılarına neden olabilir.

Bununla birlikte, hidrostatik basınç ve kaplama nemi toleransı, suyun bir kaplama sistemi üzerindeki iki ayrı etkisidir. Basitçe söylemek gerekirse, neme dayanıklı ürünler, uygulama işleminde atmosferik neme güvenmezler.

Öte yandan, hidrostatik basınç, uygulama ve sertleşmeden sonra kaplama üzerindeki etkilerle ilgili güçlü bir yıkıcı kuvvettir ve tipik olarak tabanda bulunan bir nem kaynağı tarafından döşemedeki nem/su buharı hareketi yoluyla kaplama arızasına/delaminasyonuna neden olabilir. Nemin bu yukarı hareketi, yüzeydeki geçirimsiz bir filmin altında hapsolarak, düşük nemli buhar geçirgenliği olan membran yüzeylerinde hava kabarcıklarına veya kabarmalara neden olabilir.

Kaynak: www.forconstructionpros.com/concrete/article/21615116/pecora-corporation-what-is-moisture-content-in-concrete-why-moisture-in-concrete-matters

Beton Petrografisi

Concrete petrography gives a grander view

Many engineers have no idea how informative concrete petrography can be. That's too bad, because concrete petrography is one of the most useful techniques in forensic engineering. Failure analysis of concrete pavements and structures is a kind of detective work. To get the most reliable result, begin with an overview of the whole site, then focus in on the details.

Pek çok mühendisin beton petrografisinin ne kadar bilgilendirici olabileceği hakkında hiçbir fikri bulunmuyor. Oysa ki beton petrografisi adli mühendislikteki en kullanışlı tekniklerden biridir. Beton kaplamaların ve yapıların hasar analizi bir tür dedektiflik çalışmasıdır. En güvenilir sonucu elde etmek için şantiyenin tamamına genel bir bakışla başlayıp, ardından ayrıntılara odaklanmak gerekir.

Sahadan betonun temsili numunelerinin anlamlı bir inceleme için uygun ölçülerde alınması önemlidir. Beton petrografisi yoğun emek gerektirmesi sebebiyle pahalı bir yöntemdir. Bu nedenle betonun istatistiksel olarak önemli bir kısmının sahada incelenmesi ekonomik olarak mümkün değildir. Yani, inceleyeceğimiz elemanın dikkatli seçilmesi gerekir.

Sahadan gelen karot numuneler. Numune paketlenmesi iyi olmadığı için numunelerde çatlaklar görülürse bunların nakliye sırasında oluşan hasarlardan kaynaklanıp kaynaklanmadığını anlamak zor olabilir.



Sahadan gelen karot numuneler. Numune paketlenmesi iyi olmadığı için numunelerde çatlaklar görülürse bunların nakliye sırasında oluşan hasarlardan kaynaklanıp kaynaklanmadığını anlamak zor olabilir.

Numune üretim aşaması

Beton karotu çıplak gözle ve istenirse bir el merceğiyle inceleyerek başlanır. Alındığı hâliyle durumu ve ayırt edici özellikleri not edilir.

Numunelerin nasıl çıkarıldığını ve nakliye için nasıl paketlenildiğini belgelemek önemlidir. Bazen karotlar, onların hareket etmelerini önleyecek ambalaj malzemeleri olmadan gelir. Bu

bir sorundur çünkü bunun gibi emniyete alınmamış numuneler hasara uğrayacak ve petrografi uzmanının tehlikenin potansiyel neden(ler)ini belirlemesini zorlaştıracaktır. İdeal olarak, petrografın saha araştırmasından betonun yaşadığı sorunlar hakkında zaten bazı bilgileri vardır. Bu arka plandan ve görsel incelemelerden, karotun hangi kısmının/bölümünün mikroskop için hazırlanacağı belirlenir.

Beton petrografisi için numunelerin hazırlanması

Güvenilir bir sonuç için numune hazırlama kritik öneme sahiptir. Bu genellikle temsili bir kesit elde etmek için numunenin kesilmesini içerir. Numune kesilir daha sonra yüzeyi parlatılır. Stereoskopik mikroskop altında incelemek için pürüzsüz, düzlemsel bir yüzey gerekmektedir.

Numunenin kötü hazırlanması büyük hasarlara neden olabilir. Bu tür hasarlara "hazırlık hasarları" denir. Örneğin çok fazla titreyen bir testere bıçağı bazı kum tanelerini ve çimento hamuru koparabilir veya kör bir testere bıçağı numunede çatlaklar oluşturabilir. Her iki durumda da, başladığınızda olduğundan daha fazla kusur mevcut demektir. İyi bir yüzey elde etmek için çok sayıda alıştırma ve cilalama yapmanız gerekecektir. Daha iyi bir testere bıçağı seçimi bu hasarı en aza indirecektir. Çimento hamuru yumuşaksa petrograf, iyi bir cila elde etmek için önce onu epoksi ile stabilize eder.

Silisli agregalar diğer her şeyden daha sert olduğundan aşırı cilalama pürüzlü bir yüzeye neden olacaktır. Dedektör yüksek noktalardan gelen sinyalleri alçak noktalardan gelenlere göre daha güçlü okuduğundan, elektron mikroskobu kullanılarak yapılan element analizinde bu ciddi bir sorundur. Yani dedektöre daha yakın oldukları için konsantrasyonların gerçekte olduğundan daha yüksek olduğunu gösterecektir.

İnce kesit

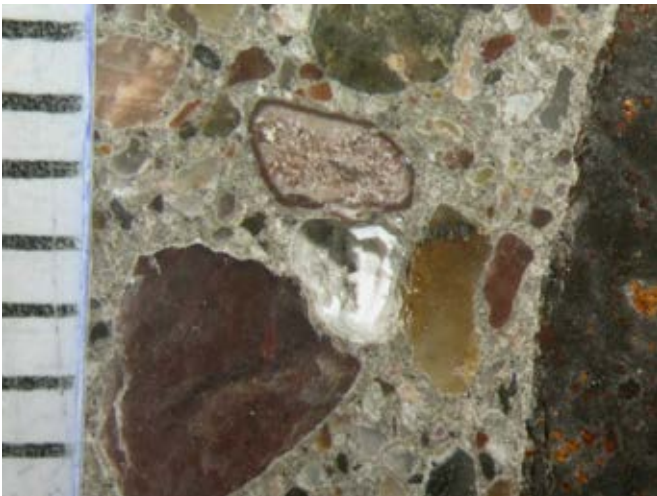


İnce kesitler mikroskop lamı üzerine monte edilmiş şeffaf beton dilimleridir. Hazırlanması zahmetlidir ancak çok yönlü ve istikrarlıdır. Betonun kesilmiş yüzeyleri havadaki nem ve karbondioksitle etkileşime girer, ancak lamelli ince kesitler onlarca yıl boyunca stabil kalır. Petrograf aynı ince kesiti hem ışık hem de elektron mikroskobu için kullanabilir ve birçok farklı türde bilgi elde edebilir.

İnce kesitler çimento ve agregaların mineralojisini tanımlamamıza yardımcı olur. Örneğin bir betonun karışım oranlarını bilmek isteyebiliriz veya eski bir binanın restorasyonu için tarihi bir harcin replikasını yapmak isteyebiliriz. Her iki durumda da orijinal bileşenleri ve karışım oranlarını tanımlamamız gerekir.

Alkali-agrega reaksiyonu ve sülfat saldırısı, ince bir kesit incelenerek kolayca fark edilebilir. Boşluklardaki alkali-silika reaksiyon jeli, kırılmış agrega parçacıkları içindeki jel tıkaçları ve reaktif parçacıkların yakınındaki jelimsi hamur, alkali-silika reaksiyonunun karakteristik özellikleridir. Sülfat mineralleri alçıtaşı, etrenjit ve tomasit sülfat saldırısının kanıtıdır.

Mikroskop altında analiz



Agregaların etrafındaki reaksiyon halkaları ve bitişik boşluğu dolduran jel, alkali-silika reaksiyonunun kanıtıdır. Soldaki ölçek mm cinsindedir.

Beton petrografisi görsel inceleme ile başlar ve düşük büyütmeden yüksek büyütmeye doğru ilerler. Her adım bir son-

It's important to obtain representative samples of the concrete from the site, and to get large enough samples for meaningful examination. Concrete petrography is labor intensive and therefore expensive. For this reason it isn't economically feasible to examine a statistically significant fraction of the concrete at the site. Therefore, careful selection of what you are going to examine is key.

It's important to obtain representative samples of the concrete from the site, and to get large enough samples for meaningful examination. Concrete petrography is labor intensive and therefore expensive. For this reason it isn't economically feasible to examine a statistically significant fraction of the concrete at the site. Therefore, careful selection of what you are going to examine is key.

rakinin bağlamını belirler. Yani, daha büyük görünüm, takip eden daha küçük ayrıntılar için bağlamı belirler.

Petrograf birkaç farklı mikroskop kullanır. İlk olarak, stereomikroskop beton yüzeyinin düşük büyütme bir görüntüsünü verir. Petrografın, örneğin hava boşluğu sistemini analiz etmek için ihtiyaç duyduğu tek şey bu olabilir. Sıkıntının nedenlerini gösterebilecek pek çok özellik stereoskopik mikroskop altında görünür hâle gelir. Bunlar arasında mikro çatlaklar, hava boşluğu içeriği ve yapısı, boşluklardaki ikincil birikintiler, agregaya etrafındaki reaksiyon halkaları, agregaya bitişik jelle ıslatılmış hamur, hamur sertliği ve hamur parlaklığı yer alır.

Analiz için büyütülmüş görünüm

Daha fazla ayrıntı için petrograf, 1.000 kata kadar büyütebilen polarize ışık mikroskobu kullanır. Kesilmiş ve cilalanmış yüzeyler hem yansıyan ışık hem de

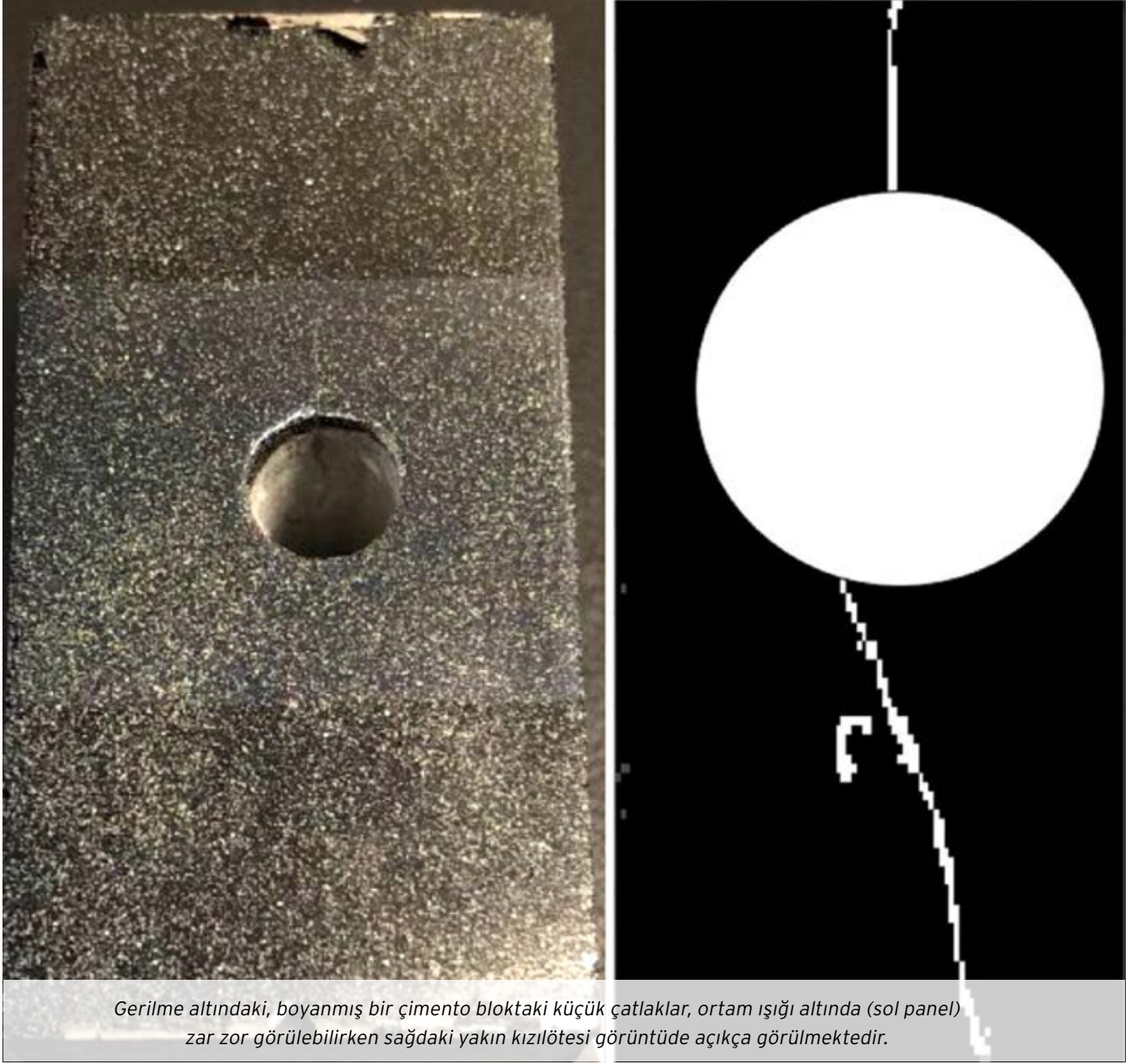
iletelen ışık için uygundur, ancak iletelen ışık için ince bir kesit gereklidir. Bununla birlikte, toz montajı da yararlı bilgiler sağlar.

Polarize ışık mikroskobu, hidratlı çimentolu hamur ve agreganın mineral bileşenlerini tanımlamak için bir araç sağlar. Hidratlanmamış ve kısmen hidratlanmış portland çimentosu klinkerinin ve artık puzolan parçacıklarının göreceli miktarı, ince kesit incelemesi sırasında kolayca belirlenebilir. Bu bilgi, stereoskopik mikroskoptan elde edilen hamur sertliği ve parlaklığıyla birlikte su/çimento oranını ve hidrasyon derecesini tahmin etmenize yardımcı olur.

Yansıyan ışık eklentisine sahip bir polarize ışık mikroskobu, hamur veya agregalarda bulunan demir oksit ve sülfat mineralleri gibi opak minerallerin bileşimini tanımlamak için kullanışlıdır. Yansıyan ışık mikroskobunun kullanıldığı klinker mikroskobu, bir çimento üretim tesisinde proses parametrelerinin belirlenmesinde çok değerlidir. Klinker minerallerinin mineralojisi ve morfolojisi, fırında yanma koşulları ve soğutma koşulları hakkında bilgi sağlar. Prosesin herhangi bir kısmındaki bir sorun, anormal çimento performansına neden olabilir.

Kaynak: www.betonconsultingeng.com/concrete-petrography-grander-view/

Silikon floresansı, çimentodaki hasarı ortaya çıkarır



Rice Üniversitesinden bilim insanları, Portland çimentosundaki silikon kristallerinin, betonda normalde gözden kaçabilecek hasarları erken ortaya çıkarabilen floresan, kızılötesi bir ışık yaydığını keşfetti. Rice'taki araştırma grupları ile

Silicon fluorescence shines through microcracks in cement, revealing early signs of damage

Small cracks in a stressed, painted cement block are barely visible under ambient lighting (left panel) but show up clearly in the near-infrared image at right.

Kuveyt Bilimsel Araştırma Enstitüsü arasındaki iş birliği, Portland çimentosunun görünür ışıkla aydınlatıldığında yakın kızılötesi floresans yayan mikroskobik silikon kristalleri içerdiğini tesadüfen keşfetti.

Bu araştırmada iki önemli nokta dikkat çekti. Birincisi, emisyonun tam dalga boyunun bir yapıdaki belirli çimento tipini tanımlamak için kullanılabilmesidir. İkincisi ve belki de daha önemlisi, yakın kızılötesi emisyonun çimento veya betonda ki çok küçük çatlakları bile ortaya çıkarabilmesidir. İşin püf noktası, beton yeniye üzerine ince bir kat opak boya uygulamaktır. Yakın kızılötesi taramalarda sağlam beton siyah görünür ve parlayan ışık en küçük çatlakları bile ortaya çıkarır.

Rice Kimyageri Bruce Weisman, Rice Yapı Mühendisi Satish Nagarajaiah ve Kuveyt Bilimsel Araştırma Enstitüsü Araştırmacısı Jafarali Parol'un laboratuvarları tarafından yapılan açık erişimli çalışma Scientific Reports'ta yer alıyor.

Makalenin ilk yazarı Wei Meng, Rice ekibinin karbon nanotüplerle optik gerinim algılaması üzerine uzun süredir devam eden çalışmasını sürdürürken bu fenomeni keşfetti.

"Bu, gerinim ölçüm tekniğimizi çimento ve betona uygulamaya çalıştığımız bir projeden ortaya çıktı, ancak nanotüp filmle kaplanmış bir numuneyi aydınlattığımızda beklenmedik bir sorunla karşılaştık." dedi. Weisman, nanotüp spektroskopisine öncülük ediyor.

"Film spektrumundaki zirvelerden birinin, bir yerden gelen çok daha güçlü bir emisyon nedeniyle gizlendiğini gördük. Bunun çimentodan kaynaklanacağını hiç beklemiyorduk. Sonunda, emisyonun gerinim ölçümümüzü etkilememesi için numuneyi maskeleyemeyi başardık." dedi.

"Ayrıca bunun kendi başına ilginç olabileceğini aklımızın bir köşesinde tuttuk."

Emisyonun olağan dışı spektral imzası, araştırmacıların kaynağın saf silikon kristalleri olduğu sonucunu çıkarmasına olanak sağladı.

Weisman "Silikat adı verilen mineraller çimentonun ana bileşenleridir ve yüksek sıcaklıktaki üretim süreci sırasında çok küçük miktarların mikroskobik silikon kristalleri oluşturacak şekilde ayrıştığını varsaydık. Emisyon dalga boyları bize yaklaşık 10 nanometreden daha büyük olduklarını söylüyor,

ancak çok daha büyük olamazlar, yoksa insanlar onları uzun zaman önce fark etmiş olurdu." dedi.

Meng, siyaha boyanmış ve ortasında delikler açılmış küçük beton bloklar üzerinde deneyler yaptı. Bunlar, bloklar sıkıştırıldığında dışarıya doğru yayılan ve aynı zamanda boyayı çatlatan mikro çatlaklar oluşturmak için odak noktaları görevi gördü. Floresan sinyalin küçük çatlaklardan geldiğini ve taramalı lazerle kolayca haritalanabileceğini buldu.

Sismik olaylara dayanacak şekilde alt-yapı/yapısal izleme, sistem tanımlama, hasar tespiti ve uyarlanabilir sertlik yapı sistemlerinde uzmanlaşan Nagarajaiah, "Beton yapıların izlemeye ihtiyacı var ve bu onları izlemenin bir yoludur." dedi.

Yapılarda, özellikle de gerilime maruz kalacaklarını bildiğimiz kritik yerlerde, çatlakların nerede olduğuna dair net bir fikir edinmek oldukça önemli olabilir."

Daha iyi çatlak tespitinin faydalarının köprüler ve binaların ötesinde, nükleer enerji santrallerindeki veya gemilerdeki muhafaza yapılarına veya erişimi zor olan kuyu ve boru hatlarının iç kısımlarına kadar uzanabileceğini söyledi.

Araştırmacılar, pratik bir yaklaşımın kritik yapılara ışık tutmak ve onları yakın kızılötesi kamera ve dar bantlı spektral filtre kullanarak fotoğraflamak olduğunu söyledi.

Weisman, "Çimento matrisinde çatlama, betondaki sorunun erken bir belirtisi olabilir, bu nedenle beton yapıların yapısal bütünlüğü ve güvenliğiyle ilgilenen insanlar mikro çatlakları büyümeden önce tespit etmek isterler." dedi.

Rice, araştırma bilimcisi Sergei Bachilo, çalışmanın ortak yazarıdır. Nagarajaiah inşaat ve çevre mühendisliği, malzeme bilimi ve nanomühendislik ve makine mühendisliği profesörüdür. Weisman kimya, malzeme bilimi ve nanomühendislik profesörüdür.

Kaynak: <https://phys.org/news/2022-01-silicon-fluorescence-microcracks-cement-revealing.html>

Rice University scientists discovered silicon crystals in Portland cement emit fluorescent, infrared light that can reveal early damage in concrete that might otherwise be overlooked. Credit: Weisman Research Group/Nagarajaiah Group/Rice University Concrete fractures that are invisible to the naked eye stand out in images produced through a technique created at Rice University.

A collaboration between research groups at Rice and the Kuwait Institute for Scientific Research discovered by chance that common Portland cement contains microscopic crystals of silicon that emit near-infrared fluorescence when illuminated with visible light. That led to two realizations. The first was that the exact wavelength of the emission can be used to identify the particular type of cement in a structure.

The second and perhaps more important is that the near-infrared emission can reveal even very small cracks in cement or concrete. The trick is to apply a thin coat of opaque paint to the concrete when it's new. In near-infrared scans, intact concrete appears black and glowing light reveals the tiniest of cracks.