

Geleceğin altyapısı için kompozit donatılar

Cam Elyaf Takviyeli Polimer (Glass Fiber Reinforced Polymer), trafik, şehirleşme ve aşırı hava koşulları arttıkça geleceğe dönük talepleri karşılayan betonarme yapılar için korozyon riskini ortadan kaldırmakta ve dayanıklılığı dört kat artırmaktadır.



Şimdiye kadarki en büyük GFRP donatılı betonarme projesi

Yaklaşık 11.000 kilometrelik GFRP donatı, Suudi Arabistan'ın Jizan kentindeki betondan yapılan sel azaltma kanalını güçlendirerek 100 yıllık hizmet ömrünü garanti ediyor.

Dünya çapında, betonarme yapılar daha önce hiç olmadığı kadar çevresel etkilere maruz kalmaktadır. Yollar, köprüler ve üst geçitlerin trafik yoğunluğunun artmasının yanı sıra değişen iklim koşullarından dolayı betonarme yapılar şiddetli hava olaylarına maruz kalmakta ki bunlar; şiddetli fırtına, ani sel oluşturan aşırı yağmur gibi diğer yıkıcı olaylardır. Bu sert koşullar ve gerilmeler altında betonarme yapılarda çatlak oluşumları artabilir. Betonarme yapılarda meydana gelen herhangi bir çatlak, tuzlu su gibi çelik donatı için korozyona sebep olan

maddelerin betonun içine nüfuz etmesine olanak sağlar ve bu tür agresif ortamlar betonarme yapılar da hızla bozulmaya yol açabilir.

Composite rebar for future infrastructure

GFRP eliminates risk of corrosion and increases durability fourfold for reinforced concrete that meets future demands as traffic, urbanization and extreme weather increase.

Roughly 11,000 kilometers of GFRP rebar reinforce this concrete flood mitigation channel in Jizan, Saudi Arabia, and enable its 100-year service life.

Florida Ulaştırma Bakanlığı inovasyon web sitesi, çatlaklara, "agresif ortam etmenlerinin çelik donatıya ve/veya ön gerilmeli çeliğe ulaşmasını sağlayan aşındırıcı oksidasyon sürecinin başlamasının" yol açtığını belirtiyor. "Bu önemli sorunla mücadele için yenilikçi bir yaklaşım, geleneksel çelik çubuk ve tel takviyesini lişi polimer (FRP) ile değiştirmektir." Florida Ulaştırma Bakanlığı, Amerikan Beton Enstitüsü (ACI) tarafından yayımlanan kullanım standartları ve tasarım standartlarının geliştirilmesinin yanı sıra, lişi polimer (FRP) donatı kullanımı ve testinde lider konumda. Kompozit donatı

esas olarak cam elyafı (GFRP veya GRP) ile yapılırsa da bazalt (BFRP) veya karbon elyafı (CFRP) kullanılarak da ürünler geliştirildi.

Endüstri lideri olan GFRP donatı üreticisi Mateenbar'ın CEO'su Nick Crofts, "Dünya çapında uzun ve maliyetli bir korozyon geçmişi bulunan çelik artık agresif ortamlarda uygun, az maliyetli bir seçenek olarak görülmüyor." dedi.

Bahsi geçen proje, Suudi Arabistan'ın Jizan kentinde 23 kilometre uzunluğunda ve 80 metre genişliğe kadar sel azaltma kanalının yapımını içeriyor. Crofts, GFRP donatının 30-40 yıldır piyasada olmasına rağmen, Jizan Flood Channel gibi önemli projeler sayesinde altyapı inşasında kullanımının yaygın hâle getirildiğini söylüyor. Bu büyüme şimdiden Mateenbar'ın Suudi Arabistan ve ABD'deki yeni fabrikalarını işlevli kılıyor.

Öncü GFRP donatı teknolojisi

Mateenbar GFRP donatı, pultrüzyon teknolojisi ve ürün inovasyonunda öncü ve uzman olan Pultron Composites tarafından geliştirilmiştir. Mateenbar, yüksek hacim ve düşük maliyet talep eden ve proje mimar ve mühendislerinin isteklerini tanzim etmesi beklenen donatı piyasasının benzersiz sorunlarını ele alıyor. Böylece, Mateenbar'ın 2008 yılında işleve sokulan ilk fabrikası, büyük altyapı projeleriyle birlikte inşaatta kompozit kullanımının öncüleri olarak tanınan Dubai'deki potansiyel müşterilere ve firmalara yakın bir yerde inşa edildi. Pultron, Mateenbar'ın stratejik ortağı olmasıyla birlikte aynı zamanda eş zamanlı arz durumunda imalatı yapan ve geliştiren ana tedarikçi firma konumundadır.

Üretim Adımları



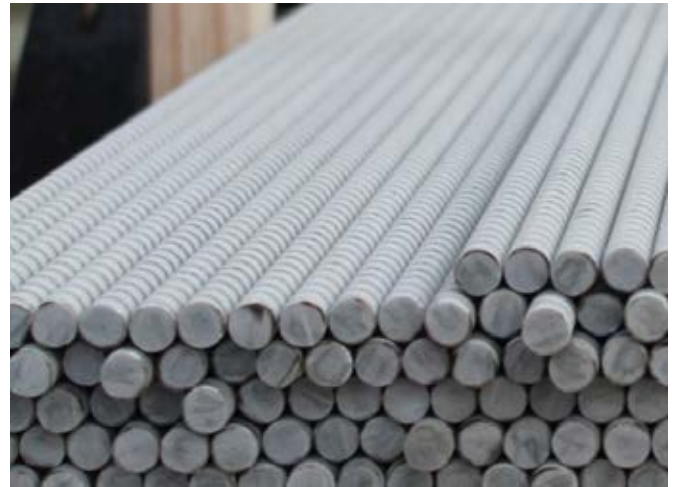
Aşama 1

Cam elyaf, pultrüzyon kalıbına yerleştirilir ve kapalı bir kalıplama işleminde reçine enjekte edilir.



Aşama 2

Pultrüzyon işlemi, 24 metreye kadar uzanan cam elyaf/vinil ester kompozit çubuklar oluşturur.



Aşama 3

Donatının betona tutunmasına (aderans) yardımcı olmak için çubuklara spiral şekil işlenir.

Mateenbar'ın fabrikası, uçucu organik bileşik (VOC) emisyonlarına yol açmadan yüksek verimde oldukça istikrarlı pultrüzyon donatı üretmek için Pultron'un ileri teknolojisini kullanıyor. Crofts, "Reçine enjekte ediyoruz ve mühendislik ürünü çelik pultrüzyon kalıbının içinde sertleştiriyoruz." şeklinde belirtti.

Crofts, "Üretilen donatı, boyutsal performansı $\pm 1\%$ 'den daha iyi olan bir mühendislik ürünüdür. Yerde reçine veya havada toz görmeyen hiçbir mazereti olamaz. Kullanılan elyaf, Owens Corning'den korozyona dayanıklı ECR camdır ve reçine, epoksi sırtlı vinil ester kendi ürünümüzdür. Tokluğu, gücü ve dayanıklılığı en üst düzeye çıkarır ve epoksi uçlara sahip bir polyester yapıdan çok daha üstündür." dedi.

Pultrude yuvarlak çubuklar daha sonra betonda aderansı sağlayan bir spiral profil oluşturmak için işlenir. Crofts, "Bu aynı zamanda Donaldson hava filtreleme sistemleriyle donatılmış işleme kabinlerinin kullanıldığı kapalı bir operasyondur. Daha sonra, donatının betona tutunmasını geliştirmek için donatının dış kısmına reçine film uyguluyoruz." şeklinde belirtti. "Mateenbar'ın donatısı 24 metreye kadar uzunluklarda üretilmekte ve gerektiği gibi kesilmektedir. Çoğu altyapı ve inşaat projesi için 12 metrelik uzunluklar normaldir." dedi.

Crofts, "Ortalama düz donatı çapımız 0,75 inç, çekme modülü ise 11.600 ksi (80 GPa)'dir, bu sonuç ham madde olarak çekme modülü 8.700 ksi (60 GPa) olan cam elyaf kullanılmasıyla elde edilmiştir bu nedenle, lif içeriği ağırlıkça %80'den fazla olup oldukça yüksektir. Bunu bükmenin bir yolu yok, bu nedenle bükülmüş GFRP donatı, tescilli teknoloji ile farklı bir süreç ve reçine kullanılarak yapılıyor." diye ekledi.

Dünyanın en büyük GFRP donatı projesi

Jizan (Jazan olarak da bilinir), Suudi Arabistan'ın güneybatı köşesinde, Yemen sınırının kuzeyinde yer alan Jizan Bölgesi'nin başkentidir. Yakınlardaki dağlardan gelen akış nedeniyle periyodik şiddetli yağmurlar sırasında ani sel meydana gelmesi olasıdır. 23 kilometre uzunluğundaki betonarme yağmur suyu drenaj kanalı, Suudi Aramco'nun petrol rafinerisini içeren büyük bir sanayi bölgesini korumak için inşa edildi.

Suudi Aramco, COVID-19 pandemisine kadar gelir açısından dünyanın en büyük şirketi idi. Krallığın tüm petrol ve türev ürünleri işini yürütmekte ve ayrıca Suudi Arabistan'daki tüm inşaatların %10'unu üstlenmektedir. Crofts, "Suudi Aramco, yıllık bütçesinin büyük bir bölümünün beton yapıların değiştirilmesine harcadığını fark etti. Bölgenin kumundaki yüksek tuzluluk ve gündüzden geceye sıcaklıktaki yüksek değişim, betonda daha hızlı çatlamalara neden oluyor. Alternatif teknolojiler aramaya başlayan Aramco, ACI üyesi olarak stratejilerini FRP donatı standartları üzerine kurup, Suudi Aramco standartları olarak uyarlayıp geliştirdiler. Şirket daha sonra bazı yüksek korozyonlu ortamlarda GFRP donatı kullanımını zorunlu kıldı." dedi.

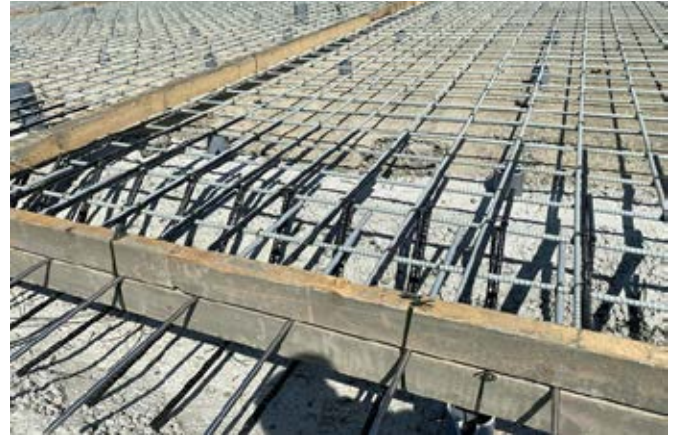
Jizan taşkın kanalı projesi için ihale isteyen Aramco, ardından üç GFRP donatı tedarikçisi seçti. Mateenbar, sözleşmenin %50'sini aldı. Projenin hazırlanması için birkaç ay beklediklerini belirten Crofts, "aniden tüm malzemelere ihtiyaç duyuldu. Dubai fabrikası yedi ayda yaklaşık 6.000 kilometre GFRP donatı üretti." şeklinde konuştu.

Üretim Adımları



Aşama 4

Düz ve bükülmüş GFRP donatı şantiyeye sevk edilir



Aşama 5

Donatı, tasarım çizimlerine göre yerleştirilir dairesel boru parçalarıyla doğru yükseklikte desteklenir ve paslanmaz çelik bağlarla bir arada tutulur.



Aşama 6

Beton, donatı üzerine dökülür, ardından hava kabarcıklarını gidermek için sıkıştırılır.

Teslim edildikten sonra, Yüklenici Firma Al Yamama Group tarafından donatının montajı yapıldı. Crofts, "Montaj sırasında çok fazla yardım gerekeceğini düşündük, ancak beklediğimiz gibi olmadı. Çelik donatıya göre montajı çok daha hızlı buldular. Çelik donatının ağırlığının %25'i kadar olan GRFP donatı, daha uzun olsa dahi daha az çalışanla taşınabiliyor, bu nedenle yerleştirilmesi daha kolay." dedi. Crofts daha az konumlandırma borusuna ihtiyaç olduğunu ekleyerek "Dairesel boru parçalar, donatıyı beton içinde doğru yükseklikte desteklemek için kullanılıyor." diye ekledi.

Donatı yerleştirilip, paslanmaz çelik tellerle bağlanıp kontrol edildikten sonra üzerine beton dökülmeye hazır hâle geliyor. Crofts, montaj ekibinin çok hızlı hareket ettiğini, beton dökme işleminin bu hıza yetişemeyeceğini fark etmeden önce 40 ila 80 metre genişliğindeki kanalın bir kilometre aşağısında olduklarını belirterek "Sonuç olarak durdular ve betonun yetişmesine izin verdiler. Bu önemli çünkü şiddetli yağmurlar gelirse sel kanalı kumla doluyor. Bu, birkaç kez gerçekleşerek gecikmelere neden oldu; ancak aynı zamanda drenaj kanalının önemini de yeniden gösterdi." dedi.

Betonu, donatı üzerine döktükten sonra, montaj ekibi hava kabarcıklarını gidermek için sıkıştırdı ve takip eden haftalarda kütleme işlemi yaptı. Crofts, "Bu adımlar için GRFP ve çelik donatı arasında hiçbir fark yok. Ocak 2020'de donatı tedarik sürecini bitirdik ve kanal daha yeni tamamlandı." şeklinde yorum yaptı.

Tasarım, maliyet ve GRFP'nin geleceği

Crofts, GRFP donatının çeliğin doğrudan yerine geçmediğine dikkat çekerek "GRFP donatı, çelik donatıdan farklı özelliklere sahip. Tasarımda bu farklılıklara yer verilmelidir. Bu nedenle, çelikte güçlendirilmiş beton tipik olarak ACI 318'e göre tasarlanırken, bu ACI 440 Tasarım Kılavuzu'na dayanan GRFP donatı için uygun olmayacaktır. Örneğin; GRFP donatı çelikten daha yüksek çekme dayanımına, ancak daha düşük bir çekme modülüne sahiptir. Ayrıca GRFP deformasyon oluşan yerde daha esnek davranış gösterir." diye ekledi. Crofts, çelik donatı tasarımında, donatı miktarının tipik olarak çekme dayanımı tarafından belirleneceğini belirtti ancak, GRFP için çekme modülü, tipik olarak gereken donatı miktarını belirleyen faktördür. Bu durum, nihai dayanım gereksinimlerini fazlasıyla karşılayacak bir yapı ile sonuçlanır. Ayrıca GRFP donatı, yapıda arzulanan deformasyon sınırını temin eder.

Dikkat edilmesi gereken bir diğer husus, bükümlerin ve şekillerin üretimidir. Crofts, projelerde bükülmüş/düz donatı oranının ortalama olarak yaklaşık %30 olduğunu belirtiyor. Çelik donatı imalatın genellikle sahada tamamlanmasına olanak sağlıyor. Crofts, "Mateenbar bükülmüş çubuklar bizim kontrolümüzde çevre fabrikamızda imalatı yapılır ve ara imalat adımları olmadan doğrudan sahaya teslim edilir." diye açıkladı. Crofts,

"İhtiyaçlar değişiklik gösterdiğinden, tedarik açısından bu bir zorluk teşkil edebilir. Esnekliğin ve aynı bölgede fabrika sahibi olmanın çok önemli olduğunu gördük. Maliyetini hacme göre ölçtüğünüzde, GRFP donatı çelikte maliyet açısından rekabet edebilir." dedi.

Crofts, GRFP donatının maliyetinin kilo başına dolar olarak hesaplandığında çeliğe göre 3-4 kat daha yüksek olduğunu belirterek "Bunun sebebi ürünümüzün özgül ağırlığının çeliğinkine göre 4 kat az olmasıdır. Uygun kriter metre başına dolar olmalıdır, çünkü inşaat demiri aslında beton hacminin bir kısmı olarak belirlenir ve satın alınır." dedi.

Crofts, "Jizan, çelik kullanılmayan ilk betonarme mega projeydi." şeklinde belirtti. Crofts, "100 yıldan fazla hizmet ömrüne sahip gerekli yapıları tasarlayacak bir ekibe sahiplerdi. Birçok GRFP donatı imalatçısı, talep arttıkça Suudi Arabistan'a yerleşmek istiyor." dedi.

Mateenbar, ayrıca Suudi Arabistan'da yeni bir fabrika inşa etmenin yanı sıra Orta Doğu'dan sonra en büyük ikinci pazar olan Kuzey Amerika'ya hizmet vermek için ABD'nin Kuzey Carolina eyaletindeki Concord şehrinde de bir fabrika inşa ediyor. Her iki yeni fabrika da Pultron'un gelişmiş pultrüzyon teknolojisini kullanan modern, 100.000 metrekarelik tesisler olarak tasarlandı. Her ikisi için de ekipman ekim 2020'de teslim edildi ve üretimin 2021 başlarında başlaması bekleniyor.

Orta Doğu'da GRFP donatı talebi artarken, Kuzey Amerika'daki pazar olgunlaşmaya devam ediyor. Croft, "Şu anda, Kuzey Amerikadaki en büyük GRFP donatı uygulamaları, kıyı şeridi yapıları ve sahil boyunca uzanan köprüler ya da oldukça fazla tuza maruz kalan yolları kapsıyor ancak, Ulaştırma Bakanlıkları ve mülk sahipleri artık hem bakım ihtiyacını azaltmak hem de dayanıklı ve sürdürülebilir altyapı inşa etmek için genel maliyeti düşürmenin yollarını arıyorlar. Danışman mühendisler ve kullanıcılar, GRFP donatı teknolojisinin değerinin farkında. GRFP donatı üreticileri de kalite ve performans standartları konusunda iş birliğinden kaçınmıyor. Teknolojiyi teşvik eden, bilginin yayılması için uğraş gösteren ve diğer Ulaştırma Bakanlıklarına yardımcı olan Florida Ulaştırma Bakanlığı gibi önde gelen kuruluşlar da mevcut." diye konuştu.

Crofts, Florida Ulaştırma Bakanlığının yakın zamanda 200 katılımcıyla GRFP ile güçlendirilmiş betonarme tasarımı üzerine bir web semineri düzenlediğini belirtti. Başka bir web seminerinde, Miami Üniversitesinde Florida Ulaştırma Bakanlığıyla çalışan önde gelen araştırmacılardan biri olan Dr. Antonio Nanni, "FRP donatı çıkışa geçmek için hazır." dedi. Bunun kanıtlandığını dile getiren Crofts, artık tek yapılması gerekenin daha fazla şirketin bunu gereklilik hâline getirmesi ve müteahhitlerin daha yaygın kullanması olduğunu ekledi.

Kaynak: www.compositesworld.com/articles/composite-rebar-for-future-infrastructure-

Binalar, tüneller ve köprüler yakında kendilerini onarabilecek



Binaların kendilerini iyileştirmelerine yardımcı olabilecek bakteriler, Galler'deki Tintern Manastırı'ndan alınan taş numuneleri üzerinde test edildi ve taşın rengini veya nefes alabilirliğini etkilemeden taşın mikro yapısını iyileştirdiği gözlemlendi. Hasar meydana geldiğinde canlı organizmalara benzer şekilde kendilerini iyileştirme yeteneğine sahip taş ve beton yapılar, binaların daha güvenli ve daha uzun ömürlü olmasına katkıda bulunabilir.

Zamanla hava, titreşim, yer hareketleri ve genel aşınma, binalarda kullanılan duvar ve beton üzerinde olumsuz etkiler yaratıyor ancak binaları sürekli olarak onarmak pahalı ve meşakkatli bir süreç olabilir. Dahası, duvar yüzeyinin altındaki

kılcal çatlakları ve diğer hasarları tespit etmek zor olabilir. Çok sayıda tarihi bina ve eskiyen altyapısıyla Avrupa, yapılarını iyi durumda tutmak için büyük bir savaş veriyor.

AB'nin yalnızca 1,1 milyon köprünün bakımını ve onarımını yapmak için her yıl tahmini 4-6 milyar avroluk bir bütçe ayırması gerekirken, bunların değiştirilmesi 400 milyar avrodan fazlaya mal olabilir. 2015 verilerine göre, AB'deki evlerin yaklaşık beşte biri 69 yaşın üzerinde bu evleri yaşanabilir bir durumda tutmanın inşaat sektörü için gidecek artan bir yük olacağı düşünülüyor.

Bu durum, bazı bilim insanlarının binaların kendi kendilerine bakmalarının mümkün olup olmadığını araştırmaya itti.

Buildings, tunnels and bridges could soon repair themselves

Bacteria that can help buildings heal themselves have been tested on stone samples from Tintern Abbey in Wales and shown to improve the stone's microstructure without affecting colour or breathability.

Newcastle Üniversitesi akademisyeni ve mühendis Dr. Magdalini Theodoridou, yüzyıllardır ayakta kalmış olsalar dahi doğal taş kullanılarak inşa edilen yapıların hava koşulları ve günlük tekrarlı gerilmeler etkisiyle oluşabilecek hasar ve bozulmadan muaf olmadıklarının altını çizerek, "Bu durum, binaların yapısal bütünlüğünü ve güvenliğini tehlikeye atabilir ve estetik çekiciliğini azaltabilir. Hasar kritik hâle gelmeden önce çalışmaya hazır, yerleşik bir bağımsızlık sistemine sahip duvar ve taş işçiliği sağlamak, yapıların servis ömrüne önemli ölçüde fayda sağlayacak ve bakım ihtiyaçlarını azaltacaktır." dedi.

Bakteri

Dr. Theodoridou, binaların kendilerini onarmasını sağlamak için, insan vücudundaki yaralanmaları tespit etmekten ve iyileşmeye yardımcı olmaktan sorumlu bağımsızlık hücreleri gibi davranabilen bakterilerden yararlanıyor.

Cardiff Üniversitesinde araştırma görevlisiyken, doğal taş ve duvarlardaki hasarı onarmak için bakteri kullanımının yollarını geliştiren GEOHEAL projesinde yer aldı.

Geçmişte yürütülen çalışmalar sayesinde, betona bakteri sporları ekerek kendi kendini iyileştirmesinin mümkün olduğu biliniyor.

Sporlar, bir besin kaynağı ile birlikte küçük kapsüller içinde bulunur. Beton yapıda bir çatlak meydana geldiğinde, kapsüller yırtılır ve açığa çıkan bakteriler çoğalarak, kireç taşının ana bileşeni olan ve deniz canlılarının kabuklarında bulunan kalsiyum karbonat üretir. Bu, çatlakla bir arada tutan, sabit mineral kalsit hâlinde sertleşir.

Bir yapının karşılaşılabileceği çeşitli koşullara karşı etkili olabilen belirli dayanıklı bakteri türleri betona karışım sürecinde eklenebiliyor, fakat bu bakteri türlerini yapının inşasında kullanılmış doğal taşlara eklenmesi oldukça zor.

GEOHEAL ekibi, doğal olarak oluşan toprak bakterilerini içeren bir sıvıyı mevcut taşlara püskürtmelerine veya fırçalamalarına olanak tanıyan bir teknik geliştirdi. Maruz bırakılan sıvı daha sonrasında gözeneklerden kayaya sızarak meydana gelen hasarları iyileştirebiliyor. Tedavi ayrıca kalsiyumun

yanı sıra bakterilerin büyümesi ve kalsit üretmesi için ihtiyaç duyduğu besinleri içeriyor

GEOHEAL projesinin koordinatörü ve Cardiff Üniversitesinde jeo-çevre mühendisliği alanında kıdemli öğretim görevlisi olan Dr. Michael Harbottle, kullanılan iki tür toprak bakterisinin (*Sporosarcina pasteurii* ve *Sporosarcina ureae*) taşın içinde kolayca yuva kurabileceğini belirterek, "Taş ve jeolojik malzemeler, mineralojik bileşimleri ve gözenekli mikro yapıları sayesinde doğaları gereği biyoalıcıdır. Kullandığımız

bakteriler, suya, oksijene ve kalsiyum iyon içeren besinlere erişimleri olduğu sürece, benzeri ortamlarda mutlu bir şekilde yaşayabilir ve yeni mineral oluşumuna yol açabilir." dedi.

Kendi kendini iyileştirme

Bakteriler; kalker, mermerler ve kum taşları gibi bazı doğal kaya türlerinde hâlihazırda bulunan kalsiyumdan beslenebilirken, mevcut yapıda bulunan doğal taşta zarar verebilir. Bunun yerine araştırmacılar, bakterilerin sertleştirilmiş kalsite dönüşmesi için ek kalsiyum sağlıyor.

Dr. Harbottle, "Kendi kendini iyileştirme sisteminin verimliliğini artırmak ve ayrıca hâlihazırda bulunan malzemelerin doğal dokusunun bozulmasını önlemek adına bakterilere besin olarak kalsiyum iyonları sağlıyoruz." şeklinde konuştu.

Araştırmacılar ayrıca, harç hamuruna besinler içeren "damar" ağı ile birlikte hareketsiz bakteri ekleyerek, taşları ve tuğlaları bir arada tutmak için kendi kendini iyileştiren

bir harç geliştirdiler. Harç hasar gördüğünde açılan damarlar bakterilere besin sağlayarak çoğalmalarını sağlıyor, böylece çatlaklar onarılıyor. Bu süreçte damarlar kendilerini yeniden sarmalar, bakteriler yeniden hareketsizleşiyor ve daha fazla hasar olması durumunda onarım işlemi yeniden başlatmaya hazır hâle getiriyor.

Bakterilerin suya veya oksijene erişebildiği sürece, kendi kendini iyileştirme süreci derinlik fark etmeksizin taşın her noktasında gerçekleşebiliyor. Dr. Theodoridou, restorasyon

Stone and concrete structures with the ability to heal themselves in a similar way to living organisms when damaged could help to make buildings safer and last longer.

Over time the weather, vibration, ground movements and general wear and tear can take their toll on the masonry and concrete used in buildings.

But keeping buildings in a good state of repair can be expensive and difficult. Hairline cracks and other damage below the wall surface can be hard to detect. With large numbers of historic buildings and ageing infrastructure, Europe faces an enormous task keeping its buildings in a good state.

To maintain and repair the EU's 1.1 million bridges alone requires an estimated budget of €4-6 billion every year while replacing them could cost more than €400 billion. And as around a fifth of the houses in the EU are more than 69 years old – according to data from 2015 – keeping these in a liveable state will become a growing burden for the construction industry.

It has led some scientists to ask whether it might be possible for buildings to take care of themselves.

ve koruma için bu tür çoğu iyileştirme işlemlerinin eski duvarların yüzeylerindeki kaplamalarla sınırlı kalma eğiliminde olduğuna dikkat çekti.

Araştırmacılar 2020'nin başlarında sona eren iki yıllık proje kapsamında, bakteri sistemlerinin Galler, Monmouthshire'daki tarihi Tintern Manastırı'nın korunmasına yardımcı olup olmayacağını görmek için Galler hükümetiyle iş birliği yaptı. Sahadan alınan taş numuneleri üzerinde yapılan testler, bakterilerin duvarın mikro yapısını iyileştirebileceğini gösterdi.

En önemlisi, taşın görünümünün değişmediğini gözlemlediler. Dr. Harbottle, insan gözünün algılayabileceği hiçbir renk değişikliğinin gerçekleşmediğini belirtti. Bakteri tedavisi aynı zamanda taşın "nefes alabilirliğini" de olumsuz etkilemedi. Geleneksel taş koruma tedavileri ve dolgu macun kullanımında böyle bir durumla karşılaşmak mümkün. Nefes alabilirlik özelliğinin kaybolması tuz birikimine yol açarak yüzey tabakasının dökülmesine neden olabiliyor, sonrasında da taşın aşınma sürecini hızlandırabiliyor.

Altyapı

Dr. Theodoridou, hasar görmüş eski binaların ömrünü uzatmanın yanı sıra, kendi kendini iyileştiren bakteriyel tedavilerin özellikle kritik altyapılar, köprü ve tüneller gibi erişilmesi zor yapılar için yararlı olabileceğini ekliyor.

Bunun küresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşılmasına katkıda bulunabileceğinin altını çiziyor.

İnşaat sektörü, an itibarıyla sera gazı emisyonlarının Avrupa'daki yaklaşık %5 ila 12'sinden, dünya çapında ise %11'inden sorumludur. Kendi kendini onaran malzemeler, binaların daha az onarımla daha uzun süre dayanmasına yardımcı olarak emisyonları azaltabilir.

Kendi kendini iyileştirme özelliği köprü, tünel ve istinat duvarları gibi yapıların güvenliklerini de büyük ölçüde artırabilir. Bu kritik altyapıların düzenli olarak bakımlarının yapılması sonucu yapının zarar görmesi durumunda ciddi kazalar meydana gelebilir. 2018'de İtalya'nın Cenova kentindeki Morandi Köprüsü'nün çökmesi 43 kişinin hayatına mal oldu, müfettişler paslanmış çelik halatları ve betondaki hasarı kısmen sorumlu ilan etti.

Bununla birlikte, bu tip yapıların büyük bir bölümünün yeraltında gömülü olması bakım ve denetim süreçlerini daha da zor hâle getirir. GEObACTICON projesinde çalışan araştırmacıların söylediğine göre, bu tip durumlarda kendi kendini iyileştiren beton, Avrupa tünellerinin ve istinat duvarlarının bakım ve onarım maliyetlerinde her yıl 120 milyon avroya kadar tasarruf edilmesine yardımcı olabilir.

Zemin

Kendi kendini iyileştiren beton üzerine yapılan araştırmaların çoğu, zemine gömülü olanlardan ziyade havaya veya suya maruz kalan yapılara odaklanmıştır. Değişken nem ve asitliğe sahip farklı zemin türleri, betonu birçok farklı şekilde etkileyebilir.

Derby Üniversitesinde görev yapan mühendis ve GEObACTICON Baş Araştırmacısı Dr. Adam Souid, bu tip karmaşık zemin koşullarına maruz kalan betonlarda kendi kendini iyileştirme sürecinin fizibilitesinin bilinmediğini belirtti. Aralık ayında sona eren proje, yeraltına gömülü betonda bakteri bazlı kendi kendini iyileştirme tedavisinin nasıl sonuç vereceğini araştırıyordu.

Dr. Souid ve meslektaşları, toprak bakterisi *Bacillus subtilis* ile doldurulmuş kalsiyum açısından zengin jel kapsüllerini betona karıştırdı ve bloklar hâline getirdi. Bunlar daha sonra hasara maruz bırakıldı ve çeşitli doğal oluşumlu toprak zemin türlerine gömüldü. Bazı zeminlerde, diğer toprak bakterilerinin çatlaklara nüfuz edebildiğini ve iyileştirici bakterilerle rekabet edebildiğini gözlemlediler.

Yapıda bulunan çatlaklardan sızması açısından zemin parçacıklarının boyutu ve bileşimi sorun teşkil edebiliyordu. Bunun yanı sıra, zemini doyuran su miktarı da iyileşmeyi etkileyecek bir basınç oluşturabileceğinden önemliydi. Araştırmacılar, daha doymuş zeminlerin daha iyi iyileşme eğiliminde olduğunu gözlemledi.

Bulgular, ekibe yer altı yapılarında kendi kendini iyileştirme süreçlerinin nasıl iyileştirilebileceği konusunda oldukça önemli ipuçları sağladı. Eğer başarılı olurlarsa, bu süreç sadece betonun bütünlüğünü değil, büyük betonarme yapıları güçlendirmek amacıyla betonun içine yerleştirilmiş çelik donatıları korumak için de hayati öneme sahip olabilir.

Dr. Souid, çeliğin neme, asidik bileşiklere ve zeminde bulunan diğer kimyasallara maruz kaldığında paslanıp zayıflayabileceğini belirterek, "Bakteriyel kendi kendini onaran beton teknolojisi, insan araştırmaları, kontrolleri veya müdahaleleri olmadan betonarme yapıları ve altyapıları aktif ve dayanıklı bir şekilde koruyabilir." diye konuştu.

Dr. Theodoridou, kendi kendini iyileştiren taş işçiliği ve betonun gelecekte heyecan verici yeni mimari tasarımlara yol açabileceğine inandığını ifade ederek, "Yeni nesil inşaata, kendi kendini onaran malzemeler ve yapısal elemanların dâhil edilmesi, daha cesur ve daha sürdürülebilir tasarımların önünü açacaktır." dedi.

Kaynak: <https://ec.europa.eu/research-and-innovation/en/horizon-magazine/buildings-tunnels-and-bridges-could-soon-repair-themselves>

Orta Doğunun ilk 3D yazıcı ile yapılan işlevsel beton binası



Sharjah Araştırma, Teknoloji ve İnovasyon Parkı'nda (SRTI Park) tamamlanan Sharjah 24, Orta Doğunun ilk 3D beton yazıcısı ile üretilmiş, tamamen işlevsel villa olma özelliğini taşıyor.

Look at the region's first functional, 3D-printed house

The entire house was constructed in just two weeks, with a 3D-printer capable of "printing" fast-drying concrete.

The first 3D-printed, fully-functional villa in the Middle East – named Sharjah 24 – has been constructed at the Sharjah Research, Technology, and Innovation Park (SRTI Park).

Evin inşası hızlı sertleşen beton ile baskı yapabilen 3D yazıcı ile yalnızca iki hafta sürdü.

Tasarımı ile BAE'nin mimari mirasını çağrıştıran yapı, katkı üretim teknolojisindeki son gelişmelerden yararlanılarak inşa edildi.

Evin inşası, 3D yazıcı kullanarak 600 mm/sn'ye varan bir hız ile priz alan beton harcı ile birlikte,

bir saatten kısa sürede taşıyıcı yapılar oluşturma kapasitesine sahip Hollanda merkezli CyBe Construction tarafından tamamlandı.



SRTI Park'ta CEO olarak görev yapan HE Hussain Al Mahmoudi, projeyi şöyle değerlendirdi: "Bu tip yapılar belli avantajları beraberinde getiriyor. Kompleks tasarımların basitleştirilmesi veya küçük değişikliklerin kolaylaştırılması gibi olanaklar sayesinde inşa süreci hem çok hesaplı hem de çok daha kısa sürdü."

Yalnızca iki haftada bitirilen projede, Sharjah Amerikan Üniversitesi, Finlandiya'daki birkaç uluslararası üniversite, Hollanda ve başka ülkelerdeki araştırma kurumlarından görev yapan araştırmacıların dâhil olduğu kalabalık bir grup yer aldı.



CyBe 3D yazıcının ayrıca kalıplarda, duvarlarda, kanalizasyon çukurlarında, mesnetlerde ve zeminlerde çeşitli başka uygulama alanları bulunuyor. Aynı zamanda lastik tekerlekleri sayesinde sahada serbestçe hareket ettirilebiliyor.

3D baskılı üretim, katkı teknolojisini de kullanarak dijital bir tasarımdan üç boyutlu, katı nesnelere üretme anlamına gelmektedir.

Bu işlemden, nesne oluşana kadar malzeme katları art arda "basılır". Boyutlar genellikle diğer üretim teknolojilerine nazaran daha hızlı, daha uygun maliyetli ve kullanımı daha kolaydır.

3D yazıcılar, geliştiricilerin karmaşık birbirine geçen parçaları basmalarına ve aynı zamanda bunları bir araya getirmeden önce değişen mekanik ve fiziksel özelliklere sahip farklı malzemelerden parçaları üretmelerine olanak tanır.



Proje; hükümet, özel ve akademik sektörler arasındaki iş birliğince, Sharjah'ın son teknoloji bina tekniklerinin geliştirilebildiği, ileri görüşlü mimari için tercih edilen bir merkez olarak statüsünü teşvik etme amacıyla hazırlandı.

SRTI Park, mühendislik öğrencilerinin uygulamalı bilimler ve araştırma konularında geliştirilmesi ve yetiştirilmesinde oldukça önemli bir rol aldı.

Al Mahmoudi, "Bu proje aracılığıyla, ülkemizin dünyadaki bir araştırma ve yenilik merkezi olarak konumunu güçlendirmeyi amaçlıyoruz." şeklinde konuşmasını sonlandırdı.

Kaynak: <https://www.constructionweekonline.com/projects-and-tenders/269622-pictures-look-at-the-region's-first-functional-3d-printed-house>