

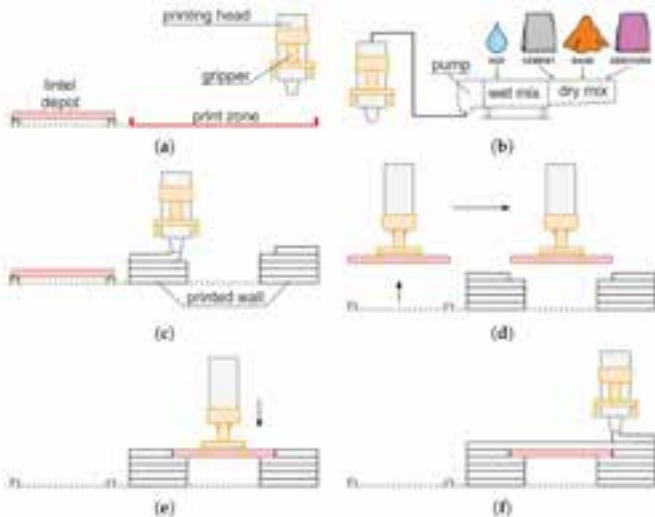
3D baskı bina için otomasyon seçenekleri araştırılıyor

Polonya'daki Batı Pomeranian Teknoloji Üniversitesinden (ZUT) araştırmacılar, 3D baskı inşaat otomasyonu üzerine bir araştırma yaparken, aynı zamanda beton karışımının reolojik özellikleri ile ilgili süreci iyileştirme yöntemlerini araştırdı.

Çalışma, spesifik olarak kapı açıklığının otomatik bir lento kurulumu ile tamamlandığı bir bina duvar modelinin imalatında katmanlı üretim teknolojisinin uygulanmasını detaylandırmaktadır. Lento, üstteki yapıdan kaynaklanan yükü desteklemek için binalarda bulunan kapı, pencere vb. açıklıklara yerleştirilen bir kiriştir.

Çalışmanın amacı, 3D baskı beton karışımlarının yük taşıma konusundaki düşük kapasitesini artırmaktır. Bu durum, 3D baskı inşaat işlemleri sırasında prekast lento veya zemin kirişleri gibi üste yerleştirilmesi gereken harici bileşenler olduğunda özellikle sorun yaratabiliyor.

Araştırmacılara göre böyle bir araştırma, beton 3D baskı teknolojisini kullanarak daha büyük yapıların tasarlanmasında faydalı olabilir.



Lentolu bir duvar basmanın adımları.

Polish Researchers Explore Automation for 3D Printed Building

Researchers from the West Pomeranian University of Technology (ZUT) in Poland have produced a study on the automation of 3D printing construction, while also investigating methods of improving the process in regards to the rheological properties of the concrete mix.

3D Baskı ile İnşanın Avantajları

Çalışma, inşaat teknolojisindeki gelişmelerin otomasyon yoluyla bina ve yapıların inşasını hızlandırmaya odaklandığını açıklayarak başlamaktadır. Bu gelişmenin öncüsü olan bir teknoloji de, beton karışımları kullanılarak yapılan ve her bir katmana beton karışımını ekstrüzyon yoluyla yedirerek, yapının yükselmesine olanak sağlayan katmanlı üretimdir.

Araştırmacılar, "Beton bir yapı ortaya çıkarmanın toplam maliyetinin %35-54'ünü kalıp oluşturur. Yani, katmanlı üretimin uygulanması ciddi kâr sağlayabilir. Sadece yapıların kalıp olmadan üretilmesine izin

vermekle kalmaz, aynı zamanda toplam üretim süresini, maliyetleri ve işçiliği de azaltır. Teknoloji, aynı zamanda şantiyedeki işçilerin güvenliğini de artırır, daha az atık üretir ve düşük enerjili ham maddeler kullanır." diye açıklıyor.

Gerçekten de, son zamanlarda 3D baskı inşaat sektörü, geleneksel inşaat süreçlerine kıyasla büyük yapıların daha kısa sürelerde inşa edilmesini sağlayan bir dizi girişim ve proje gördü. Örneğin, New York merkezli SQ4D şirketi, yakın zamanda "dünyanın en büyük 3D baskı evi" olduğunu iddia ettiği yeni bir binanın yapımını tamamladı. 1900 m² bir alana yayılan 3D baskı evin yapımının 48 saat baskı süresi ile beraber toplam sekiz günlük bir sürede tamamlandığı söylendi.

Evsizliğe karşı mücadele eden kâr amacı gütmeyen bir organizasyon olan New Story ve bir inşaat teknolojileri şirketi olan ICON da "dünyanın ilk" 3D baskı beton toplu konutlar inşa etmeyi hedefleyen bir girişim başlattı. İlk kez 2018'de ilan edilen 3D baskı evler projesi, Latin Amerika'daki düşük gelirli gruplar için, günlük yaşamlarına uyum sağlayan düşük maliyetli konutlar sağlamayı amaçlamaktadır. Şimdiye kadar Tabasco'da iki ev ICON ve New Story tarafından 3D olarak basıldı; evlerin her biri yaklaşık 24 saatlik baskı süresi içinde tamamlandı ve 46 m² büyüklüğünde bir alana sahipler. 3D baskı, New Story tarafından bu ailelere daha hızlı bir şekilde ev sağlama yöntemi olarak görülüyor.



S4QD'nin 3D Baskı Evi.

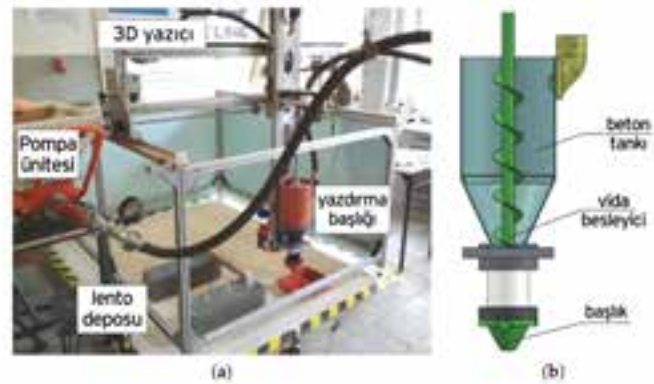
Specifically, the study details the application of additive manufacturing technology in the fabrication of a building wall model, in which the door opening was finished with an automated lintel installation. A lintel is a beam placed across openings in buildings like doors, windows etc. to support the load from the structure above.

3D baskıda betonun reolojik özellikleri

Yapıların katmanlı üretim sürecini tartışan araştırmacılar, araştırmalarında basılı katmanların eklenmesiyle ortaya çıkan yük artışı ile kür işlemi sırasında zaten yerleştirilmiş olan katmanların dayanım artışı arasında bir korelasyon sağlamanın önemini açıklamaktadır. Yazarlar şunları da ekliyor: "Bu bakış açısıyla, her bir katman için yeterli dayanıma ulaşmayı sağlayan doğru ekstrüzyon hızını belirlemek önemlidir. Yazdırma başlığı ilk pozisyonuna döndüğünde, katman üste eklenen katmandan kaynaklanan yüke dayanabilmelidir." Bu nedenle, 3D baskıda önemli bir sıkıntı, sorunsuz bir baskı işlemi için arzu edilen reolojik özelliklere sahip karışımı elde etmektir.

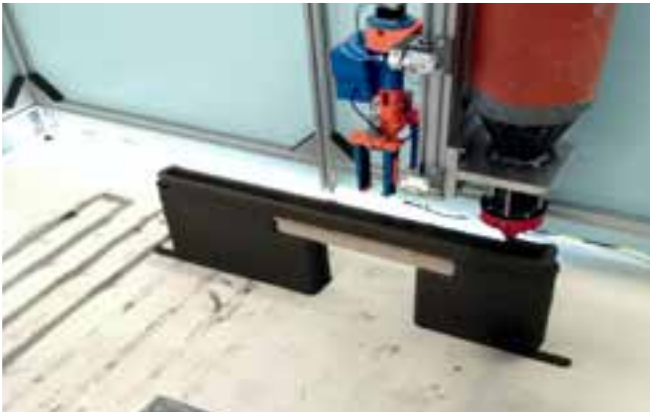
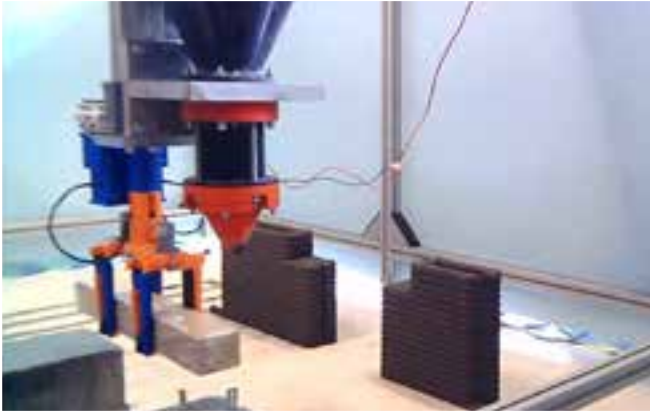
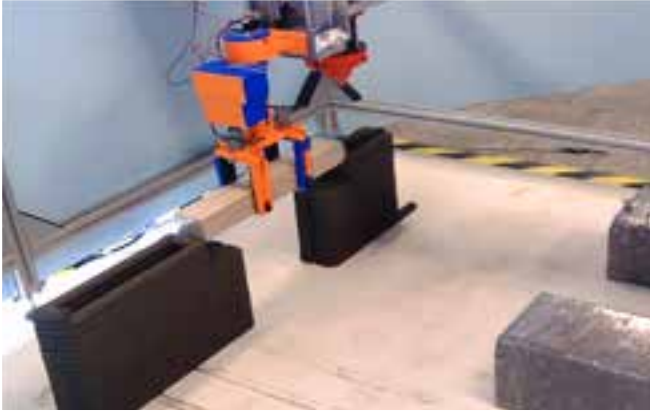
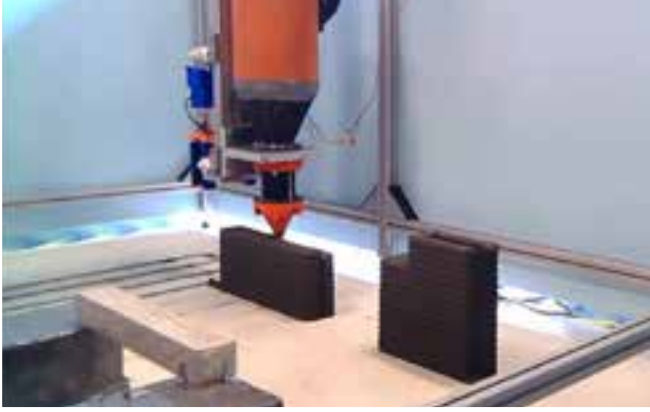
Bu çalışmanın amacı, bir lentonun otomatik montajı da dâhil olmak üzere, kapı açıklığına sahip küçültülmüş ölçekte bir duvar modelinin katmanlı üretimini tanıtmaktır. Araştırma,

özellikle, duvar tasarımını ve baskı işlemini, taze betonun reolojik ve mekanik özelliklerinin yanı sıra otomatik lento kurulum sürecini de hesaba katacak şekilde ayarlar.



3D yazıcı kurulumu

Araştırmacılar, simülasyonun da doğruladığı gibi, otomatik sürecin yüksek hassasiyetle tasarlanabileceğini göstermeyi hedefliyor. Araştırmacılar duvarı, pompalama modülüne bağlı bir 3D robotun bulunduğu özel tasarım bir alanda inşa



etti. 3D yazıcı ve yazıcı başlığının hareketleri bir G kodu ile kontrol edilirken, karışım bir laboratuvar mikserinde hazırlandı ve pompa ünitesine aktarıldı, buradan bir hortum yoluyla yazıcı başlığı hunisine verildi.

Deneyin bir parçası olarak, lentoyu otomatik olarak taşımak ve belirlenen pozisyonda duvara monte etmek için özel bir robot kısıkaç inşa edildi. Kısıkaç yoluyla lento yerleşimi, her bir baskı işlemi tamamlanır tamamlanmaz yeniden başlayarak, 3D baskı robotu çalışırken gerçekleşti. Deneylerde kullanılan beton karışımı, 3D baskı işlemi için optimum reolojik özellikleri elde edebilmek için tasarlandı. Beton karışımı, 0,23 su/çimento oranına ve 2168 kg/m³ yoğunluğa sahipti.

Adım adım duvar yazdırma süreci

Araştırmacılar küçük ölçekli model duvarı başarılı bir şekilde 3D yazdırdıktan sonra katmanlı üretimle duvar inşasının, özel bir kısıkaçla lento kurulumu yoluyla otomatikleşme olasılığını doğrulayabildi. Ayrıca yazıcının, tüm baskı işlemi sırasında prekast elemanlar yerleştirmek için kullanılabileceği de kanıtlandı. Bunların yanı sıra, araştırmacılar taze betonun reolojik özelliklerinin sürecin spesifik özellikleri nedeniyle, 3D baskıda geleneksel beton inşasında olduğundan daha önemli olduğunu doğruladı.

Araştırmacılar, "Şu anda farklı araştırma merkezlerinde yürütülen, beton karışımlarının istenen mekanik ve reolojik özelliklerini ve baskı işlemi sırasındaki davranışlarını araştıran çeşitli deneysel projeler var. Karışım özellikleri ve 3D baskı stratejileri ile ilgili daha fazla araştırma, ihtiyaç duyulan seviyede yapı güvenliğini garantileyecek tasarım ve yapı prosedürlerinin geliştirilmesine yol açacaktır." diyerek araştırmayı sonuçlandırdı.

Kaynak: <https://3dprintingindustry.com/news/polish-researchers-explore-automation-for-3d-printed-building-170796/>

Grafen Oksitin Beton Korumada Kullanımı



Beton yapıların aşınması ve bunun sonucunda ortaya çıkan düzenli bakım ve onarım ihtiyacı, betonu koruma yöntemlerine olan ilgiyi artırmıştır.

Betonun ömrünü uzatmak ve bakım maliyetini azaltmak için uygulanan yaklaşımlardan biri, yüzey koruma malzemelerinin uygulanması olmuştur. Bu malzemeler hidrofobiktir ve su kaynaklarında bulunan zararlı klorür iyonlarının nüfuzunu engeller.

Beton yüzey işlemleri genellikle üç farklı kategoriye ayrılır:

The Use of Graphene Oxide for the Protection of Concrete

The degradation of concrete constructions and the resulting need for regular maintenance and repair has driven interest in methods to better protect concrete, particularly from the negative impacts of water and precipitation.

1. Beton yüzeyin üstünde sürekli film oluşturan kaplamalar
2. Koruyucu bir bariyer oluşturmak için çözümler yüzey bileşenlerini "emprenye etmek" için bir kaplamanın kullanılması
3. Su itici beton yapmak için yüzey bileşenlerinin 'hidrofobik emprenyesi'

Mevcut kaplama malzemeleri, değişen derecelerde etkinlik göstermektedir. Şu anda her türlü betonu bozulmaya karşı koruyabilecek tek bir kaplama yoktur.

Grafen Oksitin Yüzey Koruma Malzemesi Olarak Kullanımı

Beton üzerine çalışan araştırmacılar, son zamanlarda üstün kaplama malzemeleri geliştirmek için nano malzemelerin kullanımına odaklanmıştır. Özellikle, grafitin kimyasal eksofoliasyonu ile üretilen grafen oksit, umut veren bir aday olarak ortaya çıkmıştır.

Yüksek yüzey alanı ve mukavemetinden kaynaklanan üstün mekanik özelliklerinin yanı sıra, sudaki mükemmel dağılılırlığı nedeniyle grafen oksit, betonun yüzey koruması için mükemmel bir aday gibi görünmektedir.

Performanslarını arttırmak için yapı malzemelerinde grafen oksit kullanımı konusunda artan sayıda çalışma yapılmaktadır. Malzemeye ilginin kısmen artmasının nedeni, üretiminin karbon nanotüp ve karbon nanofiber gibi benzer karbon nano malzemelerden daha ucuz olmasıdır.

Su ve İyon Penetrasyonunun Önlenmesi

Son zamanlarda yapılan bir çalışmada araştırmacılar, grafen oksit kaplamanın beton üzerindeki koruyucu etkisini, su ve iyonların nüfuzunu önleme yeteneğine odaklanarak araştırmıştır

Beton numunelere 9 mg grafen oksit tabakası uygulamak için çalışma ekibi üç uygulama yöntemi kullanmıştır: Fırçalama, püskürtme ve daldırma.

Araştırmacılar 90 günlük örnekleri, su emme, kılcal emme ve su buharı geçirgenliği açısından değerlendirmiştir. Ayrıca moleküler değişiklikleri değerlendirmek için Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR) ve klorür penetrasyonuna bağlı korozyon derecesini değerlendirmek için hızlı klorür geçirimliliği testi (RCPT) yapmıştır.

Numune yüzeylerindeki kaplamaların kalitesini değerlendirmek için bir taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılmış ve numune yüzeylerindeki herhangi bir değişikliği belirlemek için zeta potansiyel analizi yapılmıştır.

Su emme ve geçirimlilik testlerine göre, grafen oksit kaplamalar, beton numuneler tarafından hacimsel ve kılcal su alımını sırasıyla yaklaşık %40 ve %57 oranlarında azaltmıştır.

Araştırmacılar, bir yüzeyin grafen oksit içeriği arttığında, betonun hem hacimsel hem de kılcal emiliminin daha düşük olduğunu bulmuştur. Grafen oksit kaplı numunelerin FTIR değerlendirmesi, kimyasal bağların meydana geldiğini göstermiştir. Test kaplamaları, su buharı geçirgenliğini etkileme-

miş, ancak grafen oksit klorür iyonu geçirgenliğini yaklaşık %25'e düşürmüştür.

Çalışma ekibi, çalışmanın sonuçlarının grafen oksitin, özellikle zorlu koşullardaki yapılarda, gelecek nesillerde beton yüzey koruma malzemesi olarak kullanılma potansiyelini ortaya koyduğunu söylemiştir.

Grafen Oksitin Betona Katılması

Koruyucu bir beton kaplaması olarak araştırılmasının yanı sıra, grafen oksit potansiyel bir beton katkı maddesi olarak da incelenmektedir. Araştırmalar, grafen oksitin karışıma dâhil edilmesinin üstün mekanik güç ve daha fazla dayanıklılık getirdiğini göstermiştir.

Genel olarak, nano malzemelerin bir beton katkı maddesi olarak önemli bir olumsuz yönü bulunmaktadır: Zayıf dağılılırlık. Bununla birlikte, grafen oksitin oksidatif işlevleri, suda diğer nano malzemelere göre daha kolay dağılmasına sebep olmuştur.

Çimento esaslı malzemelere grafen oksit eklemenin en büyük dezavantajı, suyu emme eğilimi gösteren nispeten geniş yüzey alanı nedeniyle işlenebilirliğin azalması ihtimalidir. Ayrıca, su tutma için önemli bir kapasiteye sahip elverişsiz bir boyuta sahiptir.

Bu dezavantajlara rağmen, az miktarda grafen oksitin, (yaklaşık olarak çimentonun ağırlığının %1'i kadar) basınç mukavemetini arttırdığı kanıtlanmıştır. Ayrıca %0,5 grafen oksit kullanımının betonun basınç ve eğilme mukavemetini arttırdığı

gösterilmiştir.

Yeni bir çalışmada özellikle doğal ince ve kaba agrega içeren beton kompozitlere grafen oksit eklenmesi üzerinde durulmuştur [1]. Çalışma, değişen yüzdelik içerikte grafen oksit ilavesinin işlenebilirliği azaltabildiğini, ancak basınç mukavemetini (%21 ila 55) ve gerilme mukavemetini (% 16 ila 38) önemli ölçüde arttırdığını ortaya koymuştur.

Beton yüzeylerde grafen oksit içeriği arttıkça, başlangıç yüzey emilimi ve kılcal geçirimliliğin de azaldığı bulunmuştur.

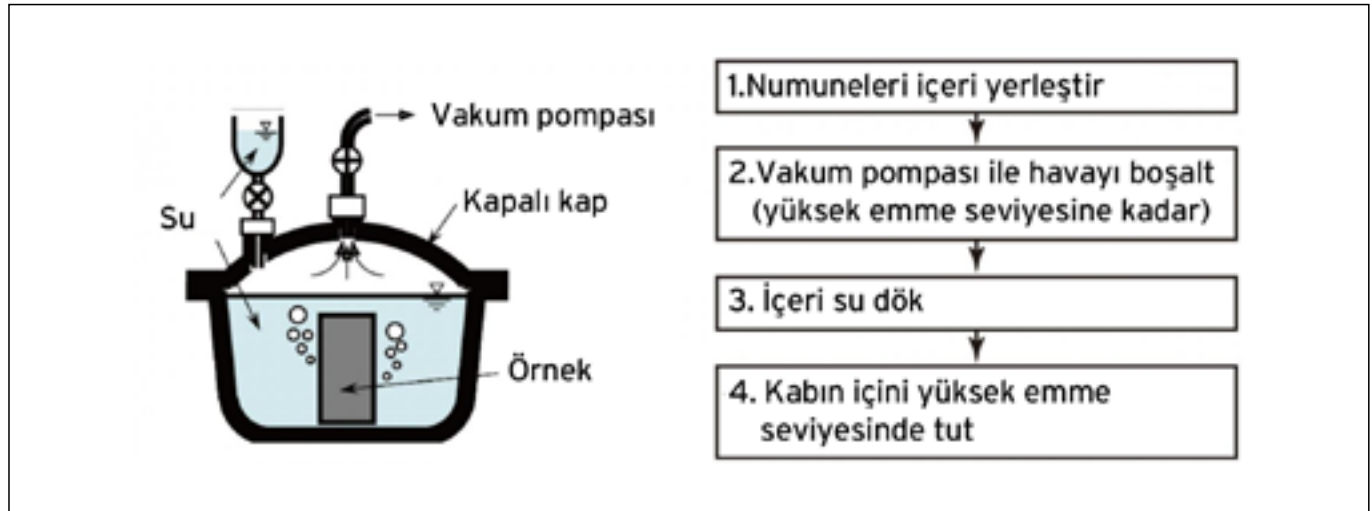
Çalışma ekibi, 90 günlük numunelerde elde edilen maksimum mukavemet için %0,6 oranında grafen oksit ilavesinin mümkün olan en iyi karışımı ortaya çıkardığını tespit eden bir maliyet analizi gerçekleştirmiştir.

Kaynak: <https://www.azobuild.com/article.aspx?ArticleID=8416>

Ultra yüksek dayanımlı beton, yapıları afetlere ve darbelere karşı korumak gibi önemli avantajlar sunuyor

Beton, dünyada en çok kullanılan yapı malzemesidir ve dolayısıyla günümüzün ihtiyaçlarına cevap verebilmek için sürekli olarak geliştirilmektedir. Beton dayanımını geliştirme çabaları, bugüne kadar test edilen en sert beton tiplerinden biri olan "PFC" geçirimsiz beton ile ilgili araştırmaların önünü

açmıştır. PFC betonun bazı temel özellikleri üzerine yapılmış birçok çalışma hâlihazırda mevcuttur. Şimdi Kanazawa Üniversitesinin içinde bulunduğu bir ekip de bu yenilikçi malzemenin etki-tepkisini araştırıyor. Ekibin bulguları Uluslararası İnşaat Mühendisliği Dergisi'nde yayımlandı.



Gaz giderme ve su emme işleminin ana hatları. PFC örnekleri daha sonra bir vakum pompası kullanılarak basınçsız hâle getirilen kapalı bir kaba yerleştirilir ve su, dış yüzeyden içeriye yavaşça eklenir.

Ultra yüksek dayanımlı beton, büyük yapıların ağırlığını azaltmak ve onları doğal afetlere veya kazara gelen darbelere karşı korumak gibi önemli avantajlar sunar. PFC Geçirimsiz beton ultra yüksek dayanımlı bir betondur ve özelliklerinin etkisi çelik lifler ile birleştirilerek daha da artırılabilir.

PFC'nin hazırlanma şekli, nihai malzemede çok az boşluk olmasına sebep olur, bu da yüksek dayanım sağlar; yani, standart beton yaklaşık 20-30 MPa değerinde basınca

direnebilirken, PFC'ye yapısını bozmadan 400 MPa basınç uygulanabilir. Çelik lif donatılı PFC'nin bazı temel malzeme

özellikleri daha önce araştırılmıştı; şimdi ise araştırmacılar, farklı çelik lif içeriği ve kesit yüksekliklerine sahip bir dizi PFC preparatının etki-tepkisini değerlendirdi.

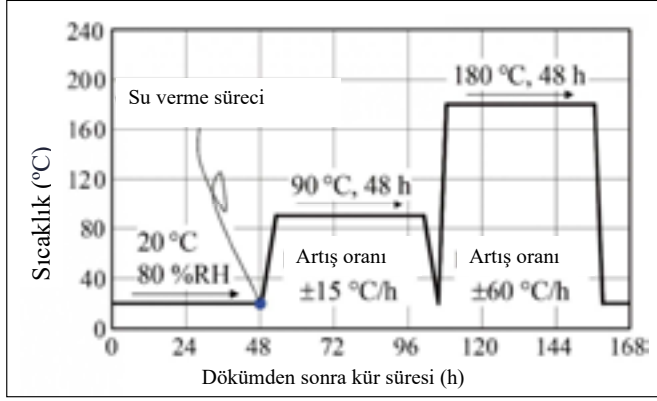
Çalışmanın önde gelen yazarlarından biri olan Yusuke Kurihashi, "İnşaat malzemelerinin sürekli geliştirilmesi, sık sık doğal afetlerin yapıların bütünlüğünü tehdit ettiği alanlarda özellikle önemlidir. Tepkilerini belirlemek için çeşitli çelik fiber donatılı PFC numuneleri üzerinde darbe testleri yaptık ve böylece PFC'nin inşaat projelerinde yaygın olarak uygulanması sürecini

Utilizing the impact resistance of the world's hardest concrete for disaster prevention

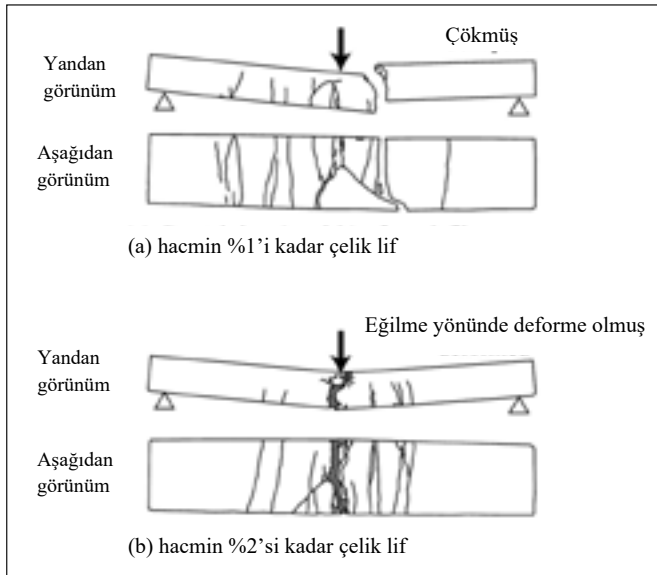
Outline of degassing and water absorption treatment. The PFC specimens are then placed in a closed vessel that was depressurized using a vacuum pump, and water introduced from the outer surface to the inside.

Credit: Kanazawa University

hızlandırdık. Testlerimiz kaya düşmesi, patlamalar ve uçan objeler gibi olaylara yanıtları simüle etmek için tasarlandı.” dedi.



Kür süreci. Su emme işleminden sonra, numune buhar kürüne tabi tutuldu (ısıtma hızı: 15 °C/sa., maksimum sıcaklık: 90 °C, maksimum sıcaklık tutma süresi: 48 sa., soğuma hızı: 15 °C/sa.). Daha sonra, ısı ile kür (ısıtma hızı: 60 °C/sa., maksimum sıcaklık: 180 °C, maksimum sıcaklık tutma süresi: 48 sa., soğuma hızı: 60 °C/sa., 1 atm) uygulandı.



Darbe yüklemesinden sonra çökme durumu. Kirişlerin hasar derecesi, geçirimsiz beton kirişindeki çelik lif oranı hacimce %1'den 2'ye çıkarılarak azaltılabilir.

Araştırmacılar iki kilit bulgu ortaya koydu. İlk olarak, çelik lif içeriğinin %1'den %2'ye çıkarılmasının, darbeden kaynaklanan hasarı %30-50 oranında azalttığı gözlemlendi. Performanstaki bu önemli iyileşmenin gelecekteki malzeme tesa-

rımı kararlarında etkili olması beklenmektedir.

Buna ek olarak, hesaplanan değerleri ölçülen değerlerle karşılaştırarak, numunelerin davranışlarını yaklaşık %80 doğrulukla tahmin etmenin mümkün olduğunu gösterdi ve bu da geliştirme süreçlerini kolaylaştırmaya yardımcı olacak bir gelişmedir.

Dr. Kurihashi "PFC'nin gelecekte yapı güvenliğinin artırılmasına katkıda bulunacağını umuyoruz." diyor ve şöyle devam ediyor: "PFC'yi yaygın pratik uygulamalara tam olarak dâhil etmek için daha fazla deneysel çalışmaya ve istatistiksel işlemlere ihtiyaç olsa da, bulgularımız PFC'nin yüksek binalar, köprüler ve yollar da dâhil olmak üzere birçok büyük yapının güvenliğini artırmadaki rolünün anlaşılmasına önemli bir katkı sağlıyor."

Kaynak: <https://phys.org/news/2020-04-impact-resistance-world-hardest-concrete.html>

Ultra-high-strength concrete offers significant advantages including reducing the weight of large structures and protecting them against natural disasters and accidental impacts. PFC is an ultra-high-strength concrete whose properties can be further enhanced by incorporating steel fibers. The way in which PFC is prepared leads to very few voids in the final material, which gives it its high strength—400 MPa can be applied to PFC before it fails, compared with 20-30 MPa for standard concrete. Some of the basic material properties of steel fiber-reinforced PFC have already been reported; now the researchers have evaluated the impact response of a range of PFC preparations with different steel fiber contents and section heights.

Araştırmacılar 3D baskı beton için yüksek dayanımlı hafif beton geliştiriyor

Messina Üniversitesinden araştırmacılar, herhangi bir kalıba ihtiyaç duyulmadan binanın taşıyıcı sistemini daha etkili 3D baskı yoluyla üretmek için hafif köpük beton formülü geliştirdi. Geleneksel hafif köpük betondan farklı olarak, yeni malzeme yüksek viskozitesi nedeniyle "eriyik" veya "taze" hâldeyken şeklini koruyabiliyor. Kapsamlı testler sonucunda ekip, özel olarak formüle edilmiş betonun, geleneksel betondan daha yüksek basınç dayanımına sahip olduğunu ve endüstriyel kullanım için potansiyel olarak uygulanabilir olduğunu buldu.

Messina Researchers Develop High-Strength Lightweight Cement Mix for Concrete 3D Printing

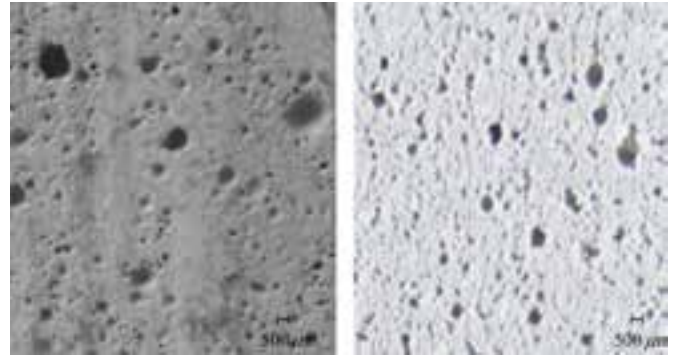
Researchers from the University of Messina have formulated a lightweight foamed concrete to more effectively 3D print building structures without the need for any formwork. Unlike traditional lightweight foamed concrete, the novel material (3DPC) is able to retain its shape in its 'molten' or 'fresh' state due to a very high viscosity.

Hafif köpük beton

Köpük beton, içine hava eklemek için köpük oluşturucu madde ile doldurulmuş düşük yoğunluklu çimentolu malzemelere verilen genel isimdir. Karışımdaki hava kabarcıklarının varlığı, betona düşük ağırlık, ısı yalıtımı, akustik emme ve yangına dayanıklılık gibi bazı tuhaf (ama şaşırtıcı derecede faydalı) özellikler katma eğilimindedir ve bu özelliklerin hepsi inşaat sektöründe fazlasıyla beklenmektedir. Bununla birlikte, köpük betonun hafif doğasının dezavantajları da vardır. Geleneksel

köpük betonlar genellikle kararsızlık ve düşük mekanik dayanım sergiler, bu da onları herhangi bir bina yapımı için uygunsuz hâle getirir.

Messina'daki araştırmacılar, piyasada bulunabilen üç farklı tip-te çimentodan farklı ve köpük oluşturucu madde olarak "Foamin C"nin kullanıldığı yeni ve hafif bir 3D baskı beton karışımı formüle etmeye çalıştı.



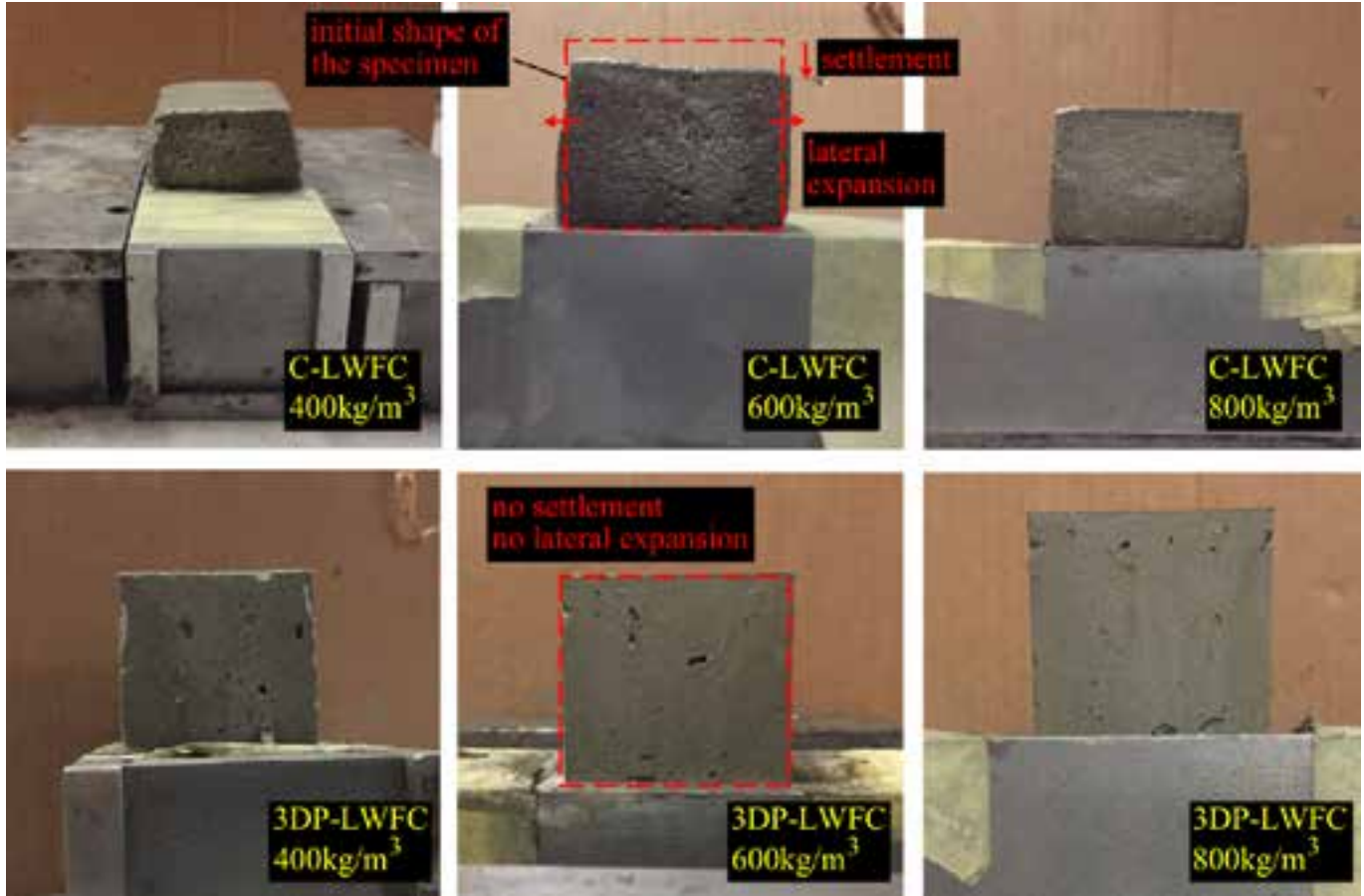
Geleneksel beton (solda) ve 3D baskı betonda (sağda) boşluk dağılımının kesitte karşılaştırılması.

Geleneksel beton ile 3D baskı betonun karşılaştırılması

Çalışma, 3D baskı betonun geleneksel beton ile iki farklı şekilde karşılaştırıldığını gördü. Birincisi, taze hâldeyken iki betonun boyutsal stabilitesinin karşılaştırılmasını içeriyordu (ekstrüzyon testi) ve ikincisi, basınç dayanımı karşılaştırmasıydı.



Çimento örnekleri testten önce oluşturulurken.



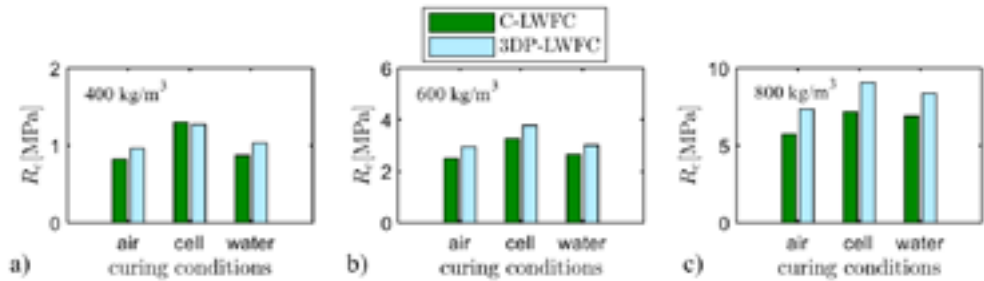
Beş dakikalık bir dinlenme süresi ile ekstrüzyon testine tabi tutulan taze kübik çimento örnekleri (üstte geleneksel beton ve altta 3D baskı beton).

Taze hâldeki iki betondan 4,5 cm'lik altı küp örnek oluşturuldu. Küpler 40 dakikaya kadar dinlendirildi ve iki malzemenin "çökme mesafeleri" ölçüldü ve belgelendi. Araştırmacılar, özel olarak formüle edilmiş 3D baskı betonların standart geleneksel betondan çok daha az akıcı kıvamlı olduğu ve geleneksel beton düzleşirken 3D baskı betonun şeklini korumaya devam ettiği sonucuna vardı. Bu nedenle yeni beton herhangi bir kalıp olmadan 3D olarak basılabilir ve kür işlemi tamamlanincaya kadar kendisini muhafaza edebilir.

Daha sonra, benzer örnekler çeşitli ortamlarda kürlenmeleri için bırakıldı ve basınç dayanımları karşılaştırıldı. Ortalama olarak, ekibin 3D baskı betonu tüm kuru yoğunluklarda (400 - 800kg/m³) CC'den önemli ölçü-

de daha yüksek basınç dayanımı gösterdi ve bu da binaların duvarlarında bulunan gerilmelere karşı koyabilecek yapıda olduğunu gösterdi.

Kaynak: <https://3dprintingindustry.com/news/messina-researchers-develop-high-strength-lightweight-cement-mix-for-concrete-3d-printing-171377/>



Kuru yoğunluk ve kürlenme ortamları ile beton numunelerin basınç dayanımları.

Doğal antifiriz daha dayanıklı beton tasarımlarına ilham veriyor



İnşaat işçileri dökülmüş betonu düzeltirken

Gelecekteki altyapımızın sürdürülebilirliğini sağlamlaştırmanın sırları, bitki ve hayvanların aşırı soğuk koşullarda donmasını önleyen proteinlerde olduğu gibi doğada saklı olabilir. Colorado Boulder Üniversitesinden araştırmacılar, doğal antifiriz proteinlerden esinlenerek geliştirilen sentetik bir molekülün donma-çözülme hasarını en aza indirdiğini ve yeni altyapıların ömrünü uzatıp, kullanım süresi boyunca karbon salınımını azaltarak betonun mukavemetini ve dayanıklılığını artırdığını keşfetti.

'Nature's antifreeze' provides formula for more durable concrete

Secrets to cementing the sustainability of our future infrastructure may come from nature, such as proteins that keep plants and animals from freezing in extremely cold conditions. CU Boulder researchers have discovered that a synthetic molecule based on natural antifreeze proteins minimizes freeze-thaw damage and increases the strength and durability of concrete, improving the longevity of new infrastructure and decreasing carbon emissions over its lifetime.

Araştırmacılar, Kuzey ve Güney Kutup bölgelerinde yaşayan organizmalarda bulunan antifiriz bileşiklerini taklit eden bir biyomimetik molekülün betona eklenmesiyle, buz kristali büyümesinin ve daha sonra meydana gelen hasarın etkili bir şekilde önlendiğini buldu. Bugün Cell Reports Physical Science dergisinde yayımlanan bu yeni yöntem, beton altyapıda-

ki donma hasarının azaltılmasında 70 yılı aşkındır süregelen geleneksel yaklaşımlara meydan okuyor.

Yeni çalışmanın yazarlarından biri olan ve inşaat, çevre ve mimari mühendislik bölümünde yardımcı doçent olarak görev yapan Wil Srubar III, "Kimse betonu ileri teknoloji bir ürün olarak düşünmüyor. ama insanların düşündüğünden çok daha yüksek teknoloji bir ürün. İklim değişikliğiyle karşı karşıya olduğumuz bu dönemde, üretim süreçlerinde çok fazla karbondioksit salınımına neden olan beton ve diğer inşaat malzemelerinin yalnızca nasıl imal edildiğine değil, aynı zamanda bu malzemelerin uzun vadede dayanıklılığının nasıl sağlandığına da dikkat etmemiz gerekir." dedi.

Beton, su, çimento ve kum veya çakıl gibi çeşitli agregaların karıştırılmasıyla oluşur.

1930'lardan beri su ve buz kristallerinin yaratacağı hasardan korumak için betona küçük hava kabarcıkları konmuştur. Bu, betona sızan suyun donarken genişleyebilmesi için alan sağlar. Onsuz, hasarlı betonun yüzeyi tabakalar hâlinde dökülür.

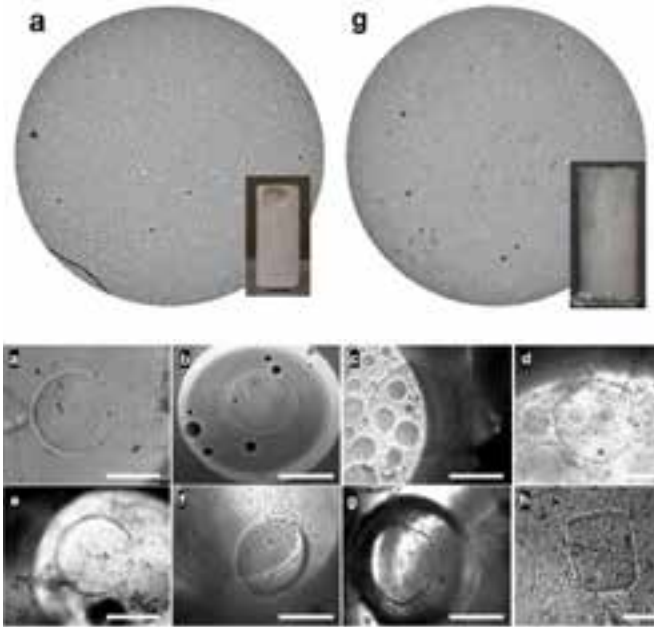
Ancak bu zorlu işlem mukavemeti azaltabilir ve geçirgenliği artırabilir. Bu, yol tuzlarının ve diğer kimyasalların betona sızmasına sebep olur ve bu da betonun içinde gömülü olan çeliği aşındırabilir.

Srubar. "Bir problemi çözerken, aslında başka bir problemi daha da kötü hâle getiriyorsunuz." diyor.

ABD'de, ülke çapında önemli miktarda eskiyen altyapı ile karşılaşıldığından, her yıl zararları azaltmak ve önlemek için milyarlarca dolar harcanıyor. Ancak bu yeni biyomimetik molekül maliyetleri önemli ölçüde azaltabilir.

Testlerde, hava molekülleri yerine bu molekülle yapılan betonun eş değer performansla, daha yüksek mukavemete, daha düşük geçirgenliğe ve daha uzun bir ömre sahip olduğu gösterilmiştir.

Patenti beklemede olan Srubar, bu yeni yöntemin önümüzdeki 5 ila 10 yıl içinde ticari pazara girmesini umuyor.



Doğa bir yolunu bulur

Üstte: Donma-çözülme döngüsünden sonra çimento hamuru örneklerinin kesit görüntüleri. Şekil (g), donma-çözülme döngüsünden sonra herhangi bir çatlama ve hasara yol açmayan, doğru tip ve miktarda antifriz polimerini göstermektedir. Şekil (a), polimer içermeyen kontrol örneğidir.

Altta: Bu görüntüler, çözeltiye antifriz polimerlerinin eklenmesinin, büyüyen bir buz kristalinin şeklini nasıl değiştirebileceğini göstermektedir. Normal buz kristalleri küre şeklinde büyürken, antifriz polimerlerinin olduğu karışımda buz kristalleri altıgen şekli oluşturur.

Antartika'nın sıfır derecenin altındaki sularından, Kuzey Kutbu'nun buz gibi soğuk tundrasına kadar birçok soğuk bölgede yaşayan bitki, balık, böcek ve bakteri, donmalarını önleyen proteinler içerir. Bu antifriz proteinleri, organizmada buz kristalleri ortaya çıkar çıkmaz, kristallerin yüzeyine bağ-

lanır böylece kristaller çok küçük ve hasara neden olmayan bir yapıda kalırlar.

Srubar: "Bunun çok zekice olduğunu düşündük. Doğa zaten bu sorunu çözenin bir yolunu bulmuş." dedi.

Beton, daha önceki yıllarda mühendislerin hava kabarcıkları ekleyerek etkisini azaltmaya çalıştıkları sorundan, yani buz kristali oluşumundan muzdarip bir malzemedir. Bu durum Srubar ve ekibini şöyle düşünmeye itmiş: Neden bu proteinden bir miktar toplayıp betona koymayalım ki?

Ne yazık ki, doğada bulunan bu proteinler doğal ortamlardan uzaklaştırılmayı sevmez. Fazla pişmiş makarna gibi, çözülür veya parçalanır.

Beton ayrıca oldukça bazik bir malzemedir, pH değeri genellikle 12 veya 12,5'in üzerindedir. Bu da, bu proteinler dâhil olmak üzere, birçok molekül için dostane bir ortam değildir.

Bu nedenle Srubar ve öğrencileri, aynı antifriz proteinleri gibi davranan ancak yüksek pH derecelerinde çok daha kararlı olan sentetik bir molekül (polivinil alkol veya PVA) kullandı ve bu molekülü genellikle ilaç endüstrisinde ilaçların vücutta dolaşım sürecini artırmaya yarayan ve zehirli olmayan başka bir sağlam molekülle, yani polietilen glikolle birleştirdi. İki polimerin bu moleküler kombinasyonu, yüksek pH'ta kararlı kaldı ve buz kristali büyümesini engelledi.

Artan gerilme faktörleri

Sudan sonra, beton dünyada en çok tüketilen ikinci malzemedir. Her yıl kişi başına iki ton beton üretilmektedir. Srubar'a göre bu, en azından önümüzdeki 32 yıl boyunca, her 35 günde bir yeni bir New York şehrinin inşa edilmesi anlamına gelir.

"Üretimi, kullanımı ve bertarafının önemli çevresel sonuçları var. Beton üretmek için kullandığımız tozun, yani çimentonun tek başına üretimi, küresel CO₂ emisyonlarımızın yaklaşık yüzde 8'inden sorumludur.

Paris Anlaşması hedeflerine ulaşmak ve küresel sıcaklık artışını -15 °C altında tutmak için, inşaat sektörü emisyonları 2030 yılına kadar yüzde 40 oranında azaltmalı ve 2050 yılına kadar tamamen ortadan kaldırmalıdır. İklim değişikliği, artan aşırı sıcaklar ve bazı bölgelerde daha sık görülen donma-çözülme döngüleriyle, beton ve yaşlanan altyapı üzerindeki gerilme faktörlerini şiddetlendirecektir.

Srubar, "Bugün tasarlanan altyapı, gelecekte farklı iklim koşullarıyla karşı karşıya kalacak. Önümüzdeki on yıllarda, malzemeler daha önce hiç olmadıkları şekilde sınava tabi tutulacaklar. Yani yaptığımız betonun sürdürülebilir olması gerekiyor." dedi.

Kaynak: <https://www.colorado.edu/today/2020/05/27/natures-antifreeze-provides-formula-more-durable-concrete>

Sisal lifleriyle yapılan 3D baskı betonun değerlendirilmesi

Fransa ve İngiltere'den araştırmacılar, inşaatta 3D baskı beton kullanımını araştırıyor ve malzeme parametreleriyle denemeler yapıyor. Bulgularını "Sisal Lifi İçeren 3D Baskı Betonun Reolojik Özellikleri" isimli makalede yayımlayan yazarlar, işlemin beton üzerindeki olumlu ve olumsuz etkilerini anlatıyor.

Günümüzde kalıplar beton yapıların maliyetinde önemli bir faktördür. Bu nedenle genel olarak daha uygun fiyatlı olma, yüksek hız, kişiselleştirilebilme gibi 3D baskıya özgü faydalar, bu teknolojiyi endüstriyel kullanıcılar için cazip bir hâle getiriyor. Şu anda kullanılan en popüler yöntemler D-şekilli veya yapıştırıcı ile katmanlı imalat (binder jetting) ve ekstrüzyon yoluyla baskı betondur. Bu çalışma için araştırmacılar, Portland çimentosu ile bağlayıcı olarak uçucu kül ve öğütülmüş kireç taşı kullandı ve baskılanabilir harç üzerindeki etkileri görmek için aşağıdaki özellikleri araştırdı:

- Uçucu kül
- Öğütülmüş kireç taşı
- Doğal sisal lif yüzdesi
- Süper akışkanlaştırıcı dozu
- Viskozite düzenleyici katkı maddesi

Araştırmacılar, "Reolojik parametreler silindirik çökme testi kullanılarak statik akma gerilmesi ile değerlendirildi." diye açıkladı.

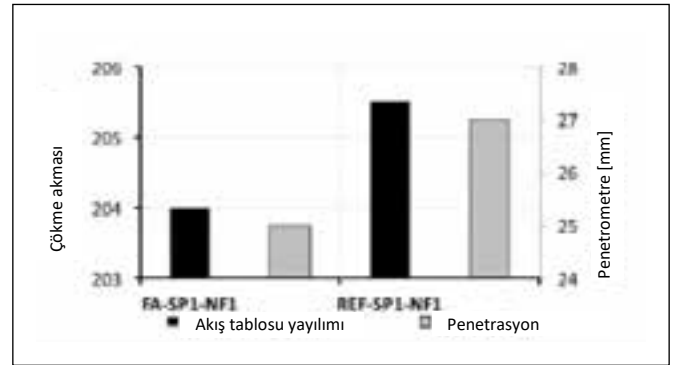
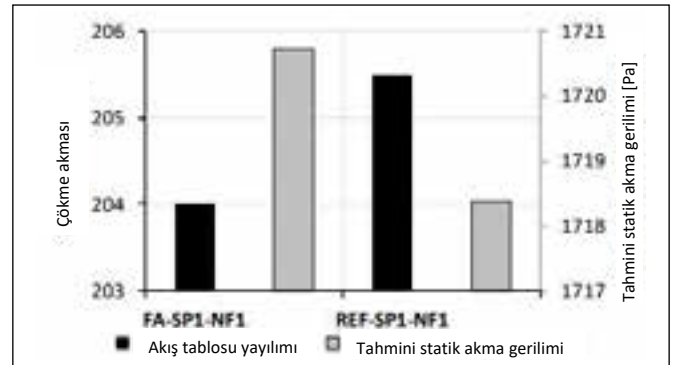


Çökme testi ile akma gerilimini tahmin etmek için formüller

International Research: Evaluating 3D Printing Concrete with Sisal Fibers

Researchers from France and the UK are delving into 3D printing in construction and experimenting with parameters in materials. Releasing their findings in 'Rheological properties of 3D printing concrete containing sisal fibres,' the authors explain positive and negative effects as they studied impacts on cement.

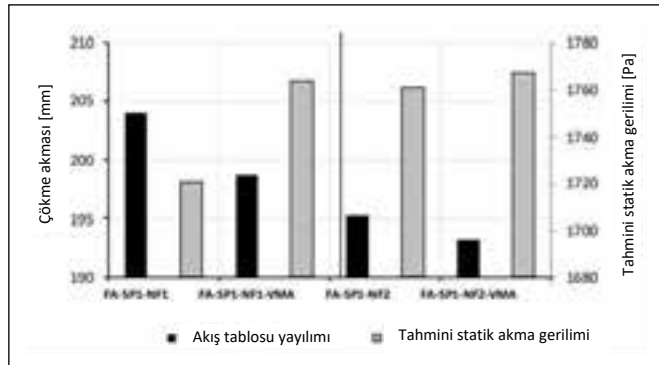
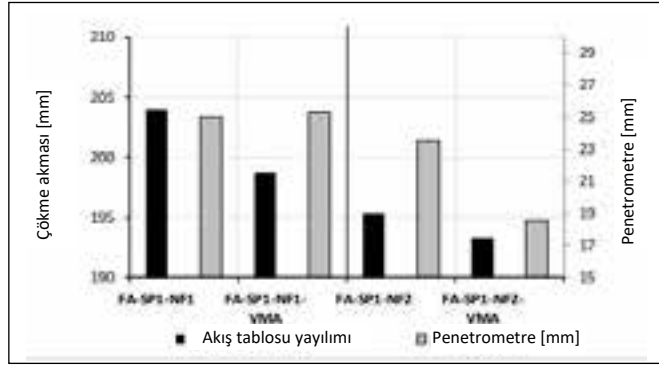
Beton ile yapılan her türlü çalışmanın "güçlü bir şekilde zamana bağlı" olduğunu hatırlatan yazarlar, zamanlamanın tüm örnek kompozisyonlarla yapılan deneylerde tutarlı olması gerektiğini, olmaması durumunda ise karşılaştırmaların geçersiz olacağını belirtti. Kuru malzemeler, bağlayıcı maddeler ve su bir karıştırıcıda karıştırıldı ve daha sonra hem doğal lifler hem de viskozite düzenleyici katkı ilave edildi. Daha sonra harç reolojik özellikleri açısından değerlendirildi.



Uçucu külün akış tablosu yayılımı ve tahmini akma gerilimi üzerine etkisi

İki çeşit harç (biri %100 bağlayıcıyla, diğeri ise çimento alternatifinin uçucu kül oranının %24'üyle yapılan) değerlendirildiği için uzmanlar uçucu külün olduğu akış tablosu yayılımında ufak bir azalma gözlemledi ve bu da tahmini akma gerilimi ve çökme akmasına etki etti. Ekstrüzyon yöntemi kullanıldığında, öğütülmüş kireç taşı karışımı tabakaları korumada başarılı olmadı. Önceki araştırmalar ayrıca öğütülmüş kireç taşı kullanımının çimentoda "ayırışma"nın olası nedeni olduğunu göstermiştir.

Araştırmacılar: "Sonuç olarak, sadece çimento ve öğütülmüş kireç taşı ile yapılan bağlayıcıların, harçla 3D baskı beton işlemlerinde uygulanmaya uygun olmadığı görülmüştür." dedi.



Viskozite düzenleyici katkı maddesinin reolojik özelliklere etkisi

Artan bir oranla süper akışkanlaştırıcı dozunun eklenmesi, tahmini akma gerilimini önemli ölçüde azalttı ve "işlenebilirlik, tutarlılık ve yazdırılabilirlik" gibi özellikleri etkiledi. Viskozite düzenleyici katkı maddesi eklerken ekip, aşağıdakilerde bir azalma kaydetti: akış tablosu yayılımı, penetrasyon ve tahmini akma geriliminde artış. Bu tür karışımlar, stabil tabaka yapışmasının yanı sıra daha iyi viskozite sunar.



Viskozite düzenleyici katkı maddesinin ekstrüzyon ve görsel gözlem üzerindeki etkisi

Bağlayıcıdaki sisal lif miktarının %0,6'dan %1'e çıkartılması, daha yoğun bir lif ağıyla harcın kohezyonunu artırarak akışkanlığını azalttı. Araştırmacılar, "Gerçekten de, daha yüksek miktarlarda doğal sisal lif ilavesiyle akma gerilimi artırıldı ve taze beton özellikleri azaltıldı." dedi.

"Çimento esaslı malzemelere 3D baskı işlemlerini uygulamak için uygun işlenebilirlik, iyi ayırışma ve kasma direnci, kalıptan kolay çekilebilirlik, mükemmel basılabilirlik ve esneklik gerekiyordu. Yani, ekstrüzyon yöntemiyle elde edilen tabakalar kendilerini korumalı ve ek tabakaların yükü altında deforme olmamalıdır. Ayrıca boşlukların, soğuk derzlerin ve diğer zayıflama sorunlarının önlenmesi için katmanların birbirine yapışması gerektiği anlamına da gelir."

	BİLEŞİM [g/m ³]							Penetrometre [mm]	Akış tablosu yayılımı [mm]	Tahmini statik akma gerilimi [Pa]	
	Çimento	Su	Kum	FA	LS	SP	NF				VMA
REF-SP1-NF1	618	311	1232	-	-	0.136	3.6	-	25	206	1718
FA-SP1-NF1	---	311	1195	144	-	0.136	3.6	-	27	204	1721
FA-SP1-NF1	463	311	1195	144	-	0.272	3.6	-	29	205	1693
FA-SP1-NF2	463	311	1195	144	-	0.136	6.0	-	24	195	1761
LS-SP1-NF1	463	311	1195	-	144	0.136	3.6	-	30	229	1243
FA-SP1-NF1-VMA	463	311	1195	144	-	0.136	3.6	5	25	199	1763
FA-SP1-NF2-VMA	463	311	1195	144	-	0.136	6.0	5	19	193	1767

Bileşim, tazelik ve reolojik özellikler

Beton 3D baskı ve bu teknik ve malzemelerin inşaatta kullanımını, son birkaç yılda düşük iletkenliğe sahip farklı bağlayıcıların araştırılmasından, 3D baskılı beton köpük panellerin kullanımına ve hatta kendi kendini iyileştiren malzemelere kadar birçok çalışma ve dinamik projeye sonuçlandı.

Kaynak: <https://3dprint.com/265481/international-research-evaluating-3d-printing-concrete-sisal-fibers/>

Onarım ihtiyacını bildiren ve kendi kendini onaran kara yolları geliyor

Yolların sürekli onarılmaya ihtiyacı varmış gibi görünüyor. Luna Lu, betona “koşma” ve hatta kendi kendini iyileştirmeye yeteneği veriyor.

Lu'nun Purdue Üniversitesindeki laboratuvarı, beton kaplamalı köprü ve ottoyolların onarımına ihtiyaçları olduğunda bunu daha iyi belli etmelerini ve potansiyel hasara yanıt veren malzemelere sahip olmalarını sağlayacak bir teknoloji geliştiriyor.

Purdue Üniversitesi Lyles İnşaat Mühendisliği Fakültesinde doçent olan Lu, “Yapay zekâ ve büyük verilerden yararlanan malzeme ve sensörler kullanarak altyapıdaki sorunları nasıl ele alabileceğimize bakıyoruz. Fikir, altyapıyı uyarlanabilir, sürdürülebilir ve dayanıklı hâle getirmektir.” diyor.

Amerikan Karayolu ve Ulaştırma Üreticileri Derneğinin 2020 tarihli raporuna göre, ABD'deki köprülerin üçte birinden fazlasının onarımına ihtiyacı bulunuyor.

Örneğin, yeni betonun yoğun trafik almaya ne zaman hazır olacağı hakkında daha iyi bir fikir edinmek, yolların çok erken açılmasından kaynaklanan çatlakları önleyebilir. Çatlakların önlenmesi, betonu yenisiyle değiştirmek için yapılacak daha az onarım projesi anlamına geliyor ve bu da genellikle bu projelerden kaynaklanan trafiği azaltacaktır.

Enabling highways and bridges to prevent their own damage

Roads always seem to need repairs. Luna Lu is giving concrete the ability to “talk” and even heal itself.

Her lab at Purdue University is developing technology that would allow concrete-paved bridges and highways to reveal more accurately when they need repairs and to come equipped with materials that respond to potential damage.

“We look at how we can address problems in infrastructure using materials and sensors that harness artificial intelligence and big data,” said Lu, an associate professor in Purdue’s Lyles School of Civil Engineering. “The idea is to make infrastructure adaptive, sustainable and resilient.” More than one-third of U.S. bridges need repair work, according to a 2020 report by the American Road and Transportation Builders Association.

Getting a better idea of when new concrete is ready to take on heavy traffic, for example, could prevent cracks caused by reopening roads too soon. Preventing cracks means fewer repair projects to replace the concrete, which would cut down on traffic typically held up by those projects.

Lu, 2019 yılında Indiana Ulaştırma Başkanlığı ile iş birliği yaparak laboratuvarının geliştirdiği sensörleri Indiana'da bulunan üç kara yoluna yerleştirdi. Bu kara yolları, Indianapolis yakınlarındaki Interstate 465, Plainfield yakınlarındaki I-70 ve Batesville yakınlarındaki I-74'tür.

Sensörlerden gelen veriler, yeni bir kaplama veya yama projesinden sonra trafiğin açılması için en iyi zamanı tavsiye etmeye ve betondaki gelişmeyi sürekli olarak izlemeye yardımcı oluyor. Lu'nun ekibi, bu beton sensörlerini diğer eyaletlerde de uygulamaya koymak için Federal Karayolu İdaresi ile birlikte çalışıyor.

Betonu konuşurmanın yanı sıra, Lu ve laboratuvarı, betonun kendini onarabileceği bir yöntem geliştiriyor.

Kendi kendini onaran beton, sert kışlar süresince özellikle faydalı olacak. Orta Batı ABD'de sert kış koşullarında yollarındaki beton sürekli bir donma ve erime döngüsündedir. Sıcaklık 0 °C altına düştüğünde, yol yüzeyindeki su molekülleri donar ve genişleyerek betonu çatlatır. Bu çatlaklar birkaç kış sonrasında yarıklara yol açar.

Lu'nun laboratuvarı, beton karışımına eklemek için “iç kür malzemeleri” adı verilen oldukça geçirimsiz, kum benzeri malzemeler üzerinde araştırmalar yapıyor. Beton

çatladığında, kür malzemeleri suyu emer ve bu suyla kimyasal reaksiyonları besler. Bu reaksiyonlar çatlakları kapatan, betonu "iyileştiren" katı maddeler üretir. İyileştirme işlemi aynı zamanda suyun betona sızarak çelik veya çubuk donatıları aşındırmasını da önler.

Amerikan Beton Kaplama Derneği üyesi ve Beton Kaplama ve Malzeme Bilimi araştırmacısı olan Lu, "Bu kendi kendini iyileştiren malzemeleri kullanarak, altyapıları sıcaklık değişimine uyumlu bir hâle getirebiliriz." diyor.

Lu ve diğer araştırmacılar, akıllı altyapının insan davranışını nasıl etkileyebileceğini ve ona nasıl uyum sağlayabileceğini düşünüyor.

Lu, "Trafik her zaman yön ile ilgilidir. Basmakalıp bir çözüm olarak, fazladan şerit eklemek düşünülebilir, ancak yapay zekâ ve büyük veriler az kullanılan bir şeridi belirleyebilir ve trafiği bu yöne kaydırabilir. Fazla şerit eklemekten trafiğin daha iyi kontrol edilmesini sağlayacak bir teknoloji geliştiriyoruz." diyor.

Akıllı altyapı yeni bir alan. Lu, diğer üniversitelerle ortaklıklar yoluyla, bu tür bir altyapıyı büyük ölçekte sağlamak için gereken araştırmacı ve kaynakları bir araya getirmek için çalışıyor.

In 2019, Lu collaborated with the Indiana Department of Transportation to embed into three Indiana highways sensors that her lab developed. The highways include Interstate 465 near Indianapolis, I-70 near Plainfield and I-74 near Batesville.

Data from the sensors are helping to recommend the best time to open up traffic after a patching or new pavement project and continuously track concrete development. Lu's team is working with the Federal Highway Administration to implement these concrete sensors in other states.

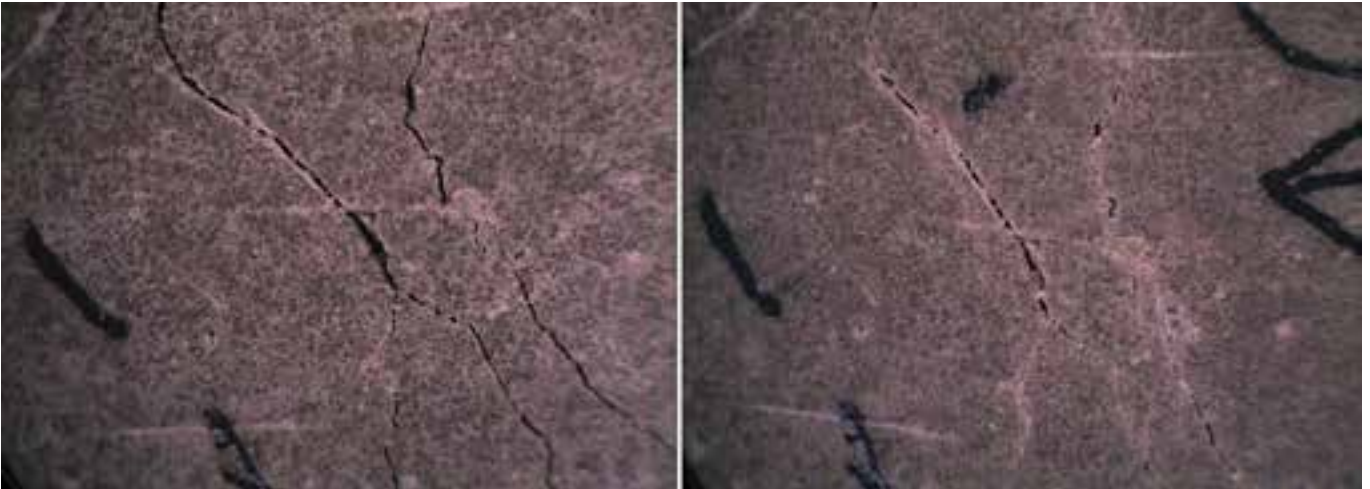
At the same time as making concrete talk, Lu and her lab are developing a way that concrete could repair itself.

Self-healing concrete would be particularly useful during harsh winters. For roads in the U.S. Midwest, winter makes concrete freeze and thaw in cycles. When temperatures drop below 32 degrees F, water molecules on a road's surface freeze and expand, cracking the concrete. These cracks lead to fissures over the course of several winters.

Lu, Purdue Üniversitesinden araştırmacıların uzmanlıkları ile malzeme, algılama ve yapay zekâ gibi çeşitli disiplinleri birleştiren Akıllı Altyapı Merkezini yönetiyor. Ayrıca birkaç devlet ulaşım daireesi ile ortaklık kurarak ilk Orta Batı akıllı altyapı konsorsiyumunun kurulmasına yardımcı oluyor.

Lu, "Birlikte, altyapıyı daha güvenli ve esnek hâle getirmenin en iyi yollarını belirlemek için daha da fazla veri çekebiliriz. Gelecekte altyapıdaki güvenlik açıklarını gösteren algoritmalar geliştirebiliriz" diyor.

Kaynak: <https://www.purdue.edu/newsroom/releases/2020/Q2/enabling-highways-and-bridges-to-prevent-their-own-damage.html>



Deney, betonun kendi çatlaklarını 28 gün içinde nasıl iyileştirdiğini gösteriyor.