

Yumurta Kabuğu Yöntemi: 3D Beton Baskı ile Ultra İnce Yapılar

İsviçre, Zürih'ten araştırmacılar, son zamanlarda yayımlanan "Yumurta Kabuğu: Beton Yapılar için Üç Boyutlu Olarak Basılmış Ultra İnce Kalıplar" isimli çalışmalarını detaylandırarak yapımda ilerici teknikleri araştırmaya devam ediyor.

Dünyanın dört bir yanındaki endüstriyel kullanıcılar sağlam yapı üretiminde beton kullanımını tercih ediyor. Sayısız köprü, ofis ve konut örneklerinden de anlaşılacağı gibi, günümüzde 3D beton baskı kullanımı oldukça yaygın. Dünya çapında birçok teknik kullanılırken, 3D baskı gibi yöntemler çoğunlukla beton kalıplarının oluşturulması sırasında ortaya çıkan karmaşıklıklar nedeniyle beklenildiği kadar sık tercih edilmiyor.

Bu çalışmada araştırmacılar, standart dışı şekillerdeki beton

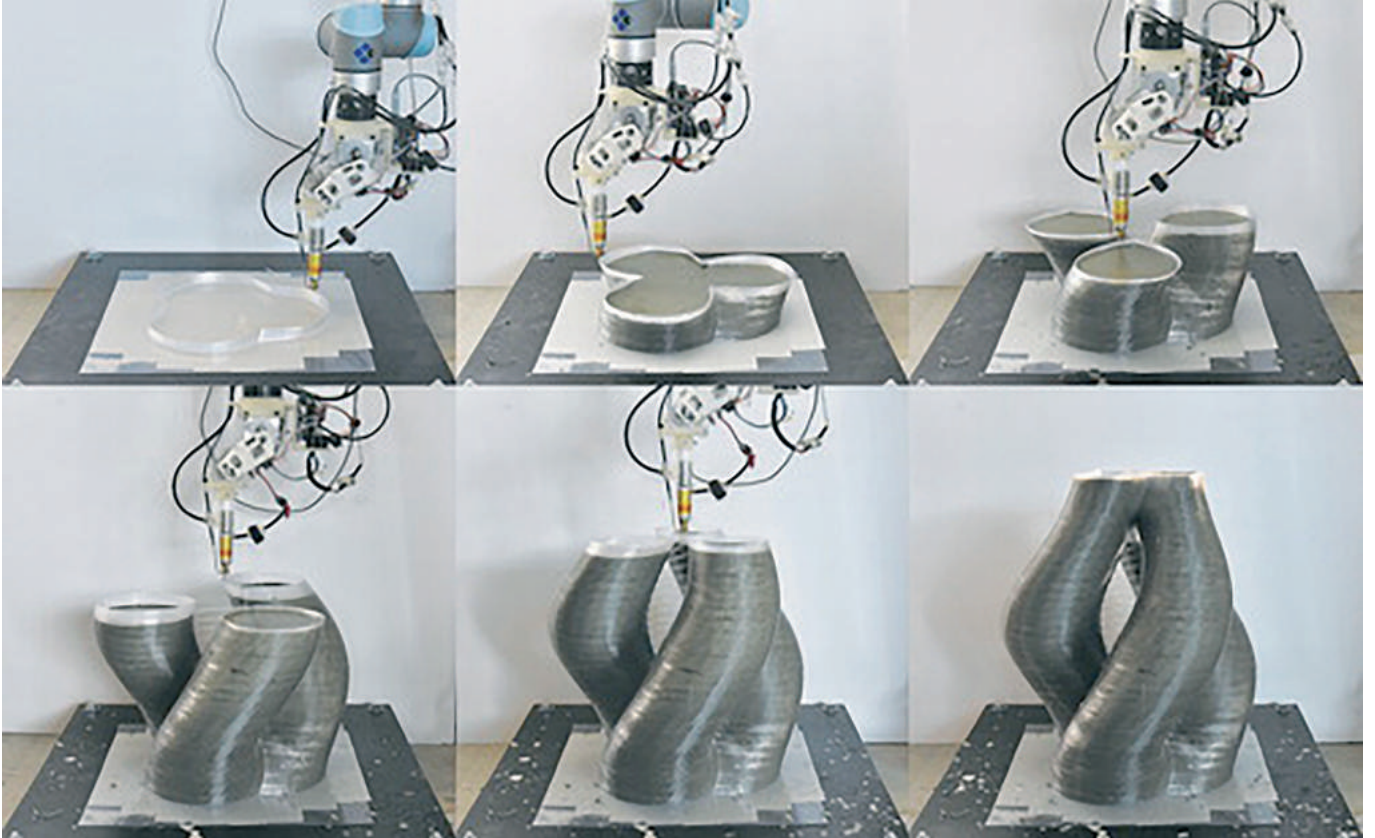
yapıların etkili bir şekilde inşa edilmesini sağlayan yumurta kabuğu üretiminin potansiyelini araştırıyorlar. Yumurta Kabuğu yöntemi, kullanıcıların 3D baskı robot teknolojisi eşliğinde büyük ölçekli projeler yürütmesini sağlayan ve 1,5 mm kalınlığında termoplastik kabuğun bir kalıp olarak kullanılabildiği bir yöntemdir.

The Eggshell Process: 3D Printing Ultra-Thin Concrete Structures

Researchers from Zurich, Switzerland continue recent trends in studying progressive techniques in construction, detailing their work in the recently published, 'Eggshell: Ultra-Thin Three-Dimensional Printed Formwork for Concrete Structures.'

Araştırmacılar, Yumurta Kabuğu yönteminin sipariş usulü üretime imkân sağlayarak yapı malzemeleri üretiminde israfı en aza indirmeyi ve donatı eklenmesini mümkün kılmayı amaçladığını belirtti.

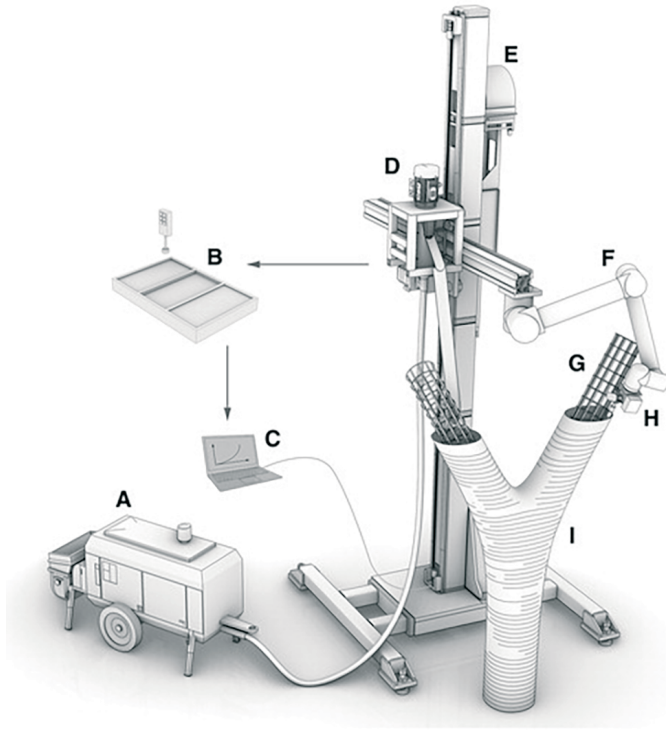
Yumurta Kabuğu sürecinde, döküm kimyası ve işlemlerinden yararlanılırken aynı zamanda, geleneksel donatı kullanma özelliğini koruyarak, karmaşık geometrik şekiller için bir dizi seçenek sunar.



Üç dallı beton kolon üretimi için Yumurta Kabuğu yöntemi.

Kalıp malzemesi: polietilen tereftalat glikol, tabaka yüksekliği: 25-45 mm / sn. baskı hızıyla 1,0 mm, toplam imalat süresi: 210 dk.

Kalıp önce basılıp doldurulabildiğinden (beton gibi ağır bir malzeme ile), hareket ettirildiğinde dahi burkulma riski daha azdır.



Yumurta Kabuğu üretim sürecinin şematik gösterimi: (A) Beton pompası. (B) Uzaktan malzeme geri bildirimi sistemi. (C) Kontrol sistemi. (D) Sıralı mikser. (E) Dikey doğrusal eksen. (F) Altı eksenli robotik kol. (G) Donatı. (H) Ekstrüder ve uç efektörü. (I) Üç boyutlu basılmış kalıp.

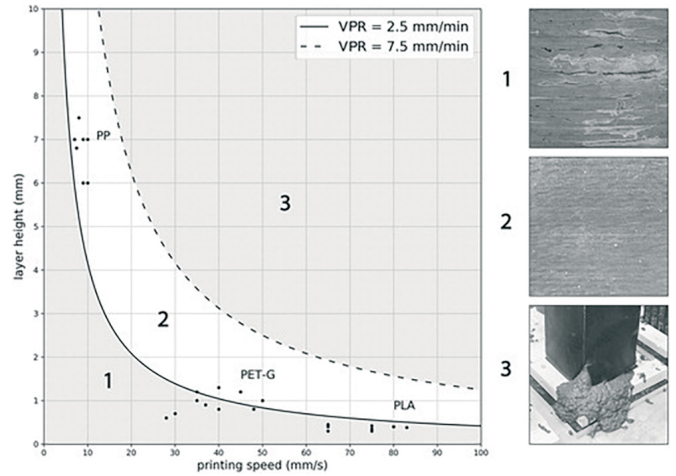
Yumurta Kabuğu genellikle aşağıdaki adımları içeriyor:

1. Geometrik tasarım
 2. Makine kodu üretimi
 3. Prizi geciktirilmiş betonun hazırlanması
 4. Kalıbın baskısı ve eş zamanlı gerçekleşen istek üzerine yapılan döküm
 5. Donatı
 6. Kalıbın sökülmesi ve geri dönüşüm
- 1,2 x 1,2 x 3,6 m yapı hacmine sahip altı eksenli bir robotik kol kurulumu kullanan araştırmacılar üç eksenli bir kızak sisteminin de kullanılabileceğine dikkat çektiler. 3D yazıcının çerçevesi basabilmesinin sırrı robotik kola bağlı olan ekstrüder ve uç efektöründe yatıyor. 1,5 mm çapında bir ağıza sahip olan ekstrüder, standart filament kullanıyor.

Material	Extrusion tool	Nozzle diameter (mm)	Filament diameter (mm)	Printing speed (mm/s)	Layer height (mm)	Maximum vertical printing rate (mm/min)
Polylactic acid	Flexion Extruder ³¹	0.6	1.75	40-80	0.3-0.5	2.4
Polypropylene	BAK Dohle ExOn 3A ³²	10.0	5	6-10	5-7	4.2
Polyethylene terephthalate glycol	Self-built filament extruder	1.5	2.85	30-50	0.8-1.2	3

1000 mm Sabit Çevre Uzunluğunda Farklı Malzeme ve Aletlerle Elde Edilebilen Maksimum Dikey Baskı Oranı (250 mm x 250 Düz Kolon)

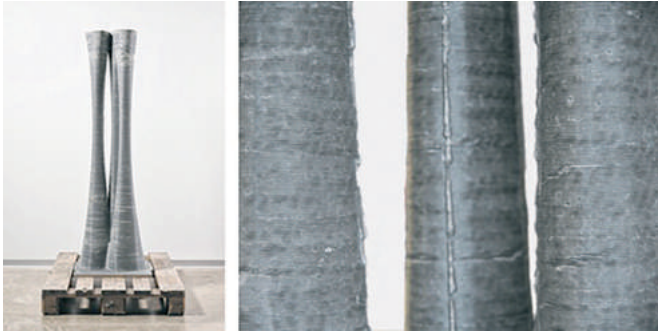
Araştırmacılar, "Beton malzeme kendi kendini 1-2 saatliğine taşıyabilse de, kalıbı yerinde daha uzun süre bırakmak daha iyi kürlenme koşulları sağlıyor. Kalıp 1-3 gün sonra bir ısı tabancası ve pense kullanılarak çıkarılabilir. Malzeme geri dönüştürülmeden önce içinde bulunan beton kalıntıları yıkanmalıdır. Kalıbın geri dönüştürülmesi teoride mümkün gibi görünse de, henüz deneysel olarak kanıtlanmadı." şeklinde belirtti.



Tabaka yüksekliğine göre değişen baskı hızı grafiği. Sürekli çizgi, 2,5 mm / dk.lık bir DBH'yi göstermektedir. Kesikli olan çizgi ise, sabit çevre uzunluğu 1000 mm olan düz bir kolon için 7,5 mm'lik bir DBH'yi göstermektedir. Alan 1 tabakalar arasında soğuk derz ile sonuçlanan 0<2,5 mm / dk.lık DBH'yi, alan 2 tatmin edici bir yüzey kalitesiyle sonuçlanan 2,5 < 7,5 mm / dk.lık bir DBH'yi, alan 3 ise kalıbın kırılması ile sonuçlanan > 7,5 mm / dk.lık bir DBH'yi göstermektedir. Bu üç veri grubu, bu bölümün ilk kısmında yer alan DBH ile ilgili deneylerin parametrelerini içermektedir. DBH, dikey baskı hızı anlamına gelmektedir.

1600 mm uzunluğundaki 3D olarak basılan bir prototip 450 dakikada dolduruldu. DBH yaklaşık olarak 3,5 mm / dk. olarak ortaya çıkarken tabaka yüksekliği 1,2 mm ve baskı hızı 45 mm / sn. idi.

Araştırmacılar, betonunun 10 ila 30 mm arasında değişen katmanlara her beş dakikada bir döküldüğünü belirtti. "Hat- içi malzeme işleme sistemi kullanıldı, fakat beton kalıplara manuel olarak döküldü. DBH 2,5 mm / dk.dan yüksek olduğundan tabakalar arasında soğuk derze rastlanmadı."



Bin altı yüz milimetre uzunluğundaki prototip, 450 dakikada, 1,2 mm tabaka yüksekliğinde, 45 mm/sn. baskı hızıyla, ortalama 3,5 mm / dk.lık bir DBH ile basıldı.

İkinci yapı, karmaşık geometrik şekillerin üretim potansiyelini gösteren bir kolon olarak tasarlandı.



Sol: 1800 mm uzunluğunda Dallanan Kolon, eş zamanlı işlem- den yararlanılarak üç parça hâlinde üretildi. Tabaka uzunlu- ğu: 1 mm, baskı hızı: 30-50 mm / sn, (alttan üste) parçaların üretim süresi: 12, 10, 7 saat.

Sağ: Üretim sonrasında parçaların birlikte gerdirilmesi için yerleştirilecek kablolarla yer sağlamak adına üç ana dalın içinde boş alanlar yerleştirildi. Tasarım ve üretim: A. Barney ve W. Yang.

Birden fazla dal tasarlandı:

Araştırmacılar, "12'ye kadar ayrı dal içeren son yapı, daha sonra gerdirmeye bir araya getirilen üç ayrı eleman olarak basıldı." dedi. "Bu, Yumurta Kabuğu için ilginç perspektifler açarak, başka türlü üretilmesi açıkça zor olan şekillerin en azından verimli bir şekilde üretilmesine izin veriyor. Bu tasarımlar yapısal olarak optimize edilmedi, ancak işlemin geometrik ölçüde yapabileceklerini gösteriyor."



Sol: Gelecek Ağacı köşkünün tamamlanmış hâli. (Resim: Bas- ler ve Hofmann AG, Stefan Kubli). Sağ: Baskılı kalıp, donatı kafesi ve bitmiş beton eleman.

Araştırmacılar, "Araştırma hâlâ erken aşamalarında olmasına rağmen, mimariye uygun ölçekte nesnelerin üretilebileceğini gösterdi. Yumurta Kabuğu eş zamanlı üretim süreci, çok çeşitli geometrik şekilleri mümkün kılma potansiyeli gösteriyor, ancak başarısı, baskının hızlandırılıp hızlandırılmayacağına bağlı. Daha hızlı bir dikey kalıp baskı hızı elde etmek, daha büyük ölçekli nesneleri soğuk derz oluşturmadan üretmek gerekli." dedi.

"Mümkün olan en sürdürülebilir yöntemi elde etmek için, kullanılmış kalıpların geri dönüştürülebilirliğini sağlıyor ve alternatif baskı malzemelerini inceliyoruz. İşlemi ekonomik ve daha az emek harcanarak uygulanabilir hâle getirmek için, araştırma çabalarının, insan müdahalesi ihtiyacını ortadan kaldıran tam otomatik bir beton döküm işlemine yönlendirilmesi gerekiyor. Araştırma ilerledikçe ve süreç stabilize edilip kolaylaştırıldıkça, üretilen bina bileşenleri yelpazesi kirlilere, döşeme plaklarına veya bağlantı ve geçiş unsurlarına kadar genişleyebilir ve beton mimaride sürdürülebilir kitlesel pazarlamaya giden yolu açabilir."

Kaynak: <https://3dprint.com/266499/zurich-eggshell-process-3d-printing-ultra-thin-concrete-structures/>

Kendiliğinden Yerleşen Beton Granit Kalıntıları ile Daha Sürdürülebilir

Cordoba Üniversitesi araştırma ekibi, kendiliğinden yerleşen betonun geleneksel agregalarının yaklaşık %40 kadarını granit çamuru ile ikame etmenin fizibilitesini kanıtladı. Bu değişim inşaat sektörünün çevreye olan etkisini azaltmayı amaçlıyor.

İnşaat sektörü, zaman zaman çevresel sürdürülebilirlik kavramı ile çelişiyor olarak algılanabiliyor. Ham maddelerin çıkarılma ve yapı malzemelerine dönüştürme süreçleri yüksek enerji gerektiriyor. 2013'te İspanya genelinde 614.000 ton miktarında gerçekleştirilen granit üretimi, sonrasında baş etmesi oldukça zor olan bir dizi atık bırakıyor. Granit çamuru adı verilen bu atık, kesme işlemi sırasında açığa çıkan toz partikülleri ile bıçağı soğutmak için kullanılan su karışımından oluşmaktadır. Granit çamurunun atık depolama sahasına dökülmesi ve içindeki suyun buharlaşması durumunda, silikon tozu atmosfere karışarak sağlık açısından olumsuz sonuçlar

doğurabilmektedir. Bu atık aynı zamanda toprağın doğal yaşam döngüsünü de etkileyebilmektedir.

Self-compacting concrete becomes more sustainable thanks to using granite residue

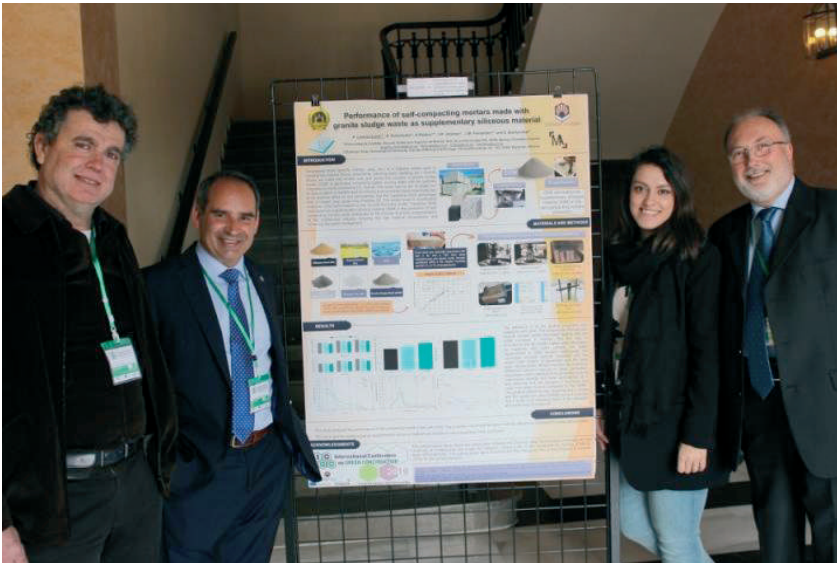
The basis of the construction industry clashes head-on with environmental sustainability. Extracting raw materials and turning them into building materials has high energetic costs. Granite production, totaling 614,000 tons in Spain in 2013, leaves behind it a series of residues that are difficult to manage.

Bu atıkları doğru bir şekilde yöneterek neden olduğu çevresel ve sağlık sorunlarının önlemeyi amaçlayan Cordoba Üniversitesi araştırma ekibinden üç kişi, kendiliğinden yerleşen harçta geleneksel agregaların yerine granit çamurunun kullanılmasının fizibilitesini araştırmak üzere güçlerini birleştirdi.

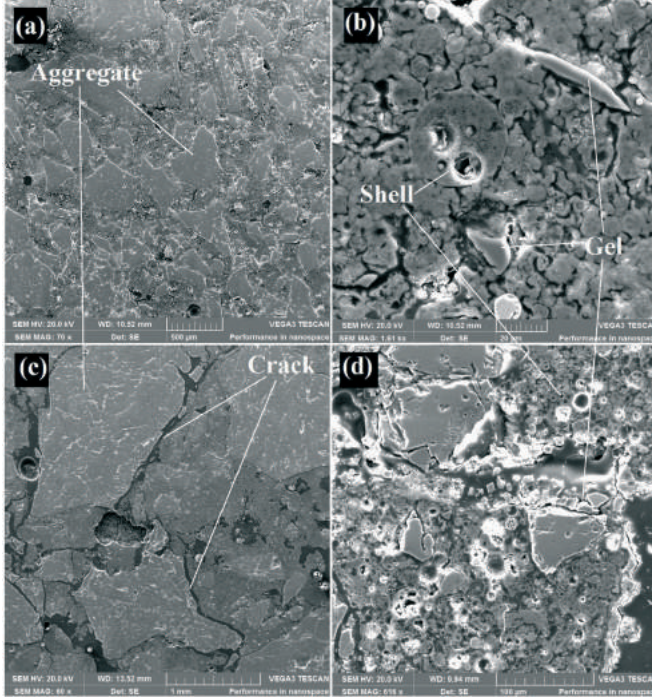
Bu bağlamda, araştırmacılarından İnşaat Mühendisliği ekibinde yer alan Angélica Lozano, harcın dayanıklılık, dayanım ve yerleşme özelliklerini koruyarak, geleneksel agregaların %40'ı kadarını granit çamuru ile ikame etmenin mümkün olduğunu belirtti. Başka bir deyişle, granit çamurunun geleneksel agrega kullanımı için sürdürülebilir bir alternatif olduğu kanıtlanmış oldu.

Profesör José Ramón Jiménez, José María Fernández ve Antonio Roder önderliğinde, bir uyum içinde çalışan grupların adı sırasıyla "İnşaat Mühendisliği", "Malzemeler ve Uygulamalar" ve "Plazma Fiziği: Karakterizasyon, Modeller ve Uygulamalar". Proje kapsamında iki ana amaç hayata geçirildi: Toplum sağlığına bir tehdit oluşturan atıklar için uygun bir yönetim şekli geliştirildi ve yerleştirme işlemi için ayrı bir enerji harcanmadığından yoğun ilgi gören kendiliğinden yerleşen beton türünün daha da sürdürülebilir bir alternatifi elde edildi. Bu yeni malzeme oldukça avantajlı, fakat süregelen yüksek miktarda agrega ihtiyacı çevresel olarak sürdürülebilir değil. Granit çamuru bu soruna büyük ölçüde yardımcı olabilecektir.

Kaynak: www.eurekalert.org/pub_releases/2020-06/uoc-scb062520.php



Uçucu kül bazlı jeopolimer beton



Kömür ile çalışan elektrik santrallerinde üretilen uçucu kül, geniş atık depolama alanlarında ve kül barajlarında yeraltı suyu ve hava kirliliği yaratması nedeniyle çevresel bir sorun hâline gelmiştir. Atık ürünün bir kısmı, ısı kürü uygulanmış prekast yapı elemanları gibi jeopolimer beton elde etmek üzere kullanılmaktadır.

Bununla birlikte, şiddetli alkali saldırısına karşı direncinin düşük olması durabilite açısından önemli bir problem teşkil etmektedir. Johannesburg Üniversitesindeki araştırmacılar, yüksek sıcaklıkta ısıtma işleminin (HTHT), uçucu küllü jeopolimer betondaki bu zararlı mekanizmayı yarı yarıya azaltabileceğini keşfettiler.

Dr. Abdolhossein Naghizadeh, "Önceki bir çalışmada, uçucu küllü jeopolimer betonun, aşırı alkali koşulları altında savunmasız olabileceğinin farkına vardık. Çalışmadan aldığımız sonuç, bu malzemenin bazı kim-

yasal depolama tesisleri gibi yüksek oranda alkaliye maruz kalan yapılarda kullanılmaması gerektiği yönündeydi."

"Yeni çalışmamızın bulguları, jeopolimer betonun alkali direncinin, ideali 200 °C olan, kontrol edilmiş bir sıcaklığa maruz bırakılmasıyla önemli ölçüde geliştirilebileceğini gösteriyor." dedi.

Çalışma, Naghizadeh'in Johannesburg Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bilimi Bölümündeki doktora araştırmasının bir parçasını oluşturmaktadır.

Aşırı alkali ortam

Yapı Malzemelerinde Vaka Çalışmaları'nda yayımlanan araştırmada, uçucu küllü jeopolimer harç blokları 100, 200, 400 veya 600 °C'de 6 saat süreyle çeşitli şekillerde ısıyla kürlenmiştir. Harç blokları daha sonra suya, orta veya aşırı alkali ortama daldırılmış ve performans ölçümüne bağlı olarak 14 gün veya 28 gün 80 °C'de muhafaza edilmiştir.

(28 günlük uzatılmış ısı kürü, sonuçları aynı yöntemi kullanan diğer çalışmalardan elde edilen veriler ile karşılaştırmak adına gerçekleştirilmiştir. Bu uzun süreli kürlenme araştırma

amaçları için uygundur, ancak gerçek yapım için önerilmemektedir. Orta seviyeli alkali ortamı 1M NaOH çözeltisi iken aşırı seviyedeki alkali ortam 3M NaOH çözeltisi olarak ayarlanmıştır.)

Naghizadeh, "200 °C'de ısıyla kürlenmiş ve sonrasında aşırı alkali ortama ("200 / 3M" blokları) daldırılan sertleştirilmiş bloklar alkali saldırısına karşılık yaklaşık %50 oranında (22 MPa) artık dayanımını korudu. Farklı sıcaklıklarda kürlenmiş diğer bloklar dayanımını çok daha düşük oranlarda (10,3-14,6 MPa) korudu." dedi.

"Şiddetli çatlama gösteren diğerlerine kıyasla, aşırı alkali ortama batırılmış 200 / 3M bloklar, az miktarda genişlemeye işaret eden, sınırlı ince çatlak oluşumu gösterdi. Silikon ve alüminyumun sızması 200 / 3M

bloklarda en düşük seviyede idi.

Fly ash geopolymer concrete: Significantly enhanced resistance to extreme alkali attack

Fly ash generated by coal-fired power stations is an environmental headache, creating groundwater and air pollution from vast landfills and ash dams. Some of the waste product can be repurposed into geopolymer concrete, such as pre-cast heat-cured elements for structures.

"X ışını kırınımı, albit ve sillimanit isimli kristal minerallerinin, 200 / 3M blokların bağlayıcı fazında oluştuklarını gösterdi. 200 / 3M bağlayıcılarının elektron mikroskobu görüntüleri, alkali saldırısını karakterize eden jel benzeri bir maddenin varlığını göstermiştir. Isı ile kürlenme, saldırının yoğunluğunu önemli ölçüde azalttı, ancak tam olarak engelleyemedi." dedi.

"200 °C'de gerçekleştirilen Yüksek Sıcaklıkta Isıl İşlem (HTHT), bu etkiyi, sertleşmiş jeopolimer beton matrisi içinde tepkimeye girmemiş uçucu kül partiküllerinin çözünmesini engelleyerek yarattı. Ancak HTHT, bu blokların basınç dayanımını da %26,7 oranında düşürdü."

Naghizadeh, uçucu küllü jeopolimer bağlayıcılarının dikkat çekici dayanıklılık özellikleri sergilediğini belirtti. Bunların arasında, alkali-silika reaksiyonuna ve yangına karşı yüksek direnç, yüksek asit direnci, düşük karbonatlaşma ve sınırlı sülfat saldırısı bulunmaktadır.

Uçucu küllü jeopolimer çimento, çoğunlukla, bir fabrika veya atölyede üretilen prekast beton için uygundur. Bunun nedeni, jeopolimer çimento karışımlarındaki dayanım gelişiminin ortam sıcaklıkları altında genellikle yavaş gerçekleşmesidir.

Bu durum, erken dayanım kazanımı için ısı kürünü gerekli veya şart kılmaktadır. Önceden dökülmüş Portland Çimentosunun (Normal Portland Çimentosu) ısı kürlemesi için oluşturulan pratik yöntemler bu durum için uyarlanabilir.

Bu özellik, uçucu kül jeopolimerlerini bina, köprü, demiryolu traversi, duvar paneli, boşluklu döşeme ve beton borular gibi yapılarda kullanılan kiriş veya ana kiriş gibi prekast beton elemanlar için elverişli hâle getirmektedir.

Sıradan uçucu küllü jeopolimer beton için, yeterli dayanımı elde etmek adına 60-80 °C sıcaklıkta 24 saatlik bir ısıtma süresi yeterlidir. Kürün bu şekilde uygulanması (sıcaklık ve süre), bazı Portland çimento betonları için de kullanılmakta olup, çimento endüstrisinde yaygındır.

Jeopolimer çimento kullanımı her yıl artmasına rağmen, uygulaması Normal Portland Çimentosu'na kıyasla hâlâ çok azdır. Jeopolimer, çoğunlukla Avrupa ülkeleri, Çin, Avustralya ve ABD'deki konut yapılarında, köprülerde ve pistlerde bağlayıcı olarak kullanılmıştır.

Yeni nesil çimento

18. yüzyılın ortalarından beri, Normal Portland Çimentosu beton üretmek için yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Dayanıklılık performansı iyi anlaşılmış olup uzun vadeli davranışı tahmin edilebilmektedir.

Bununla birlikte, belirli uygulamalarda Normal Portland Çimentosu'na uygun bir alternatif olarak yeni nesil çimento ortaya çıkmaktadır. Bu jeopolimer çimentolar (veya jeopolimer bağlayıcılar), Normal Portland Çimentosu'ndan tamamen farklı bir yapıya ve mikroyapıya sahiptir.

Jeopolimer bağlayıcı için kullanılacak bir başlangıç malzemesinin alümin ve silikat içeriği bakımından zengin olması gerekmektedir. Bu kriterlere göre, pirinç kabuğu külü, hurma yağı yakıt külü ve kömür

santrali uçucu külü gibi çok sayıda endüstriyel atık veya yan ürün bu tarz bir kullanım için niteliklidir.

Ancak Naghizadeh, uçucu külün jeopolimer çimento olarak kullanılmasının iki avantajı olduğunu söylüyor.

Birincisi, uçucu kül, gelişmekte olan ülkeler de dâhil olmak üzere küresel olarak milyonlarca ton miktarında mevcuttur. Uçucu külün inşaat malzemesi olarak yeniden kullanılması potansiyel olarak çevresel etkilerinin bir kısmını azaltabilir. Mevcut durumda, uçucu küller hava ve yer altı suyu kirliliği yaratan kömür yakıtlı elektrik santrallerine yakın geniş kül barajlarında ve çöplüklerde bertaraf edilmektedir.

Jeopolimer çimento için başlangıç malzemesi olarak uçucu kül kullanımının ikinci avantajı ise kimyasal bileşimidir. Tipik olarak uçucu kül, daha iyi bir jeopolimerizasyon süreci sağlayan reaktif silisyum oksit ve alüminyum oksitler açısından yeterince zengindir.

Bu da alümino-silikat içeren diğer atık ürünler kullanılarak yapılan jeopolimer betonlara kıyasla bağlayıcıya daha üstün mekanik, fiziksel ve dayanıklılık özellikleri kazandırmaktadır.

Daha karmaşık bir karışım tasarımı

Bir bina tasarlarlarken, mühendisin yapıda kullanılan betonun hizmet ömrü boyunca beklenen dayanıma sahip olmasını sağlaması gerekir. Ancak beton ve diğer inşaat malzemelerinin fiziksel ve mekanik özellikleri zamanla değişebilir. Bu tür değişiklikler, yapının hizmet ömrü boyunca malzeme performansını etkileyebilir.

However, a critical durability problem has been low resistance to extreme alkali attack. Researchers at the University of Johannesburg have found that high temperature heat-treatment (HTHT) can reduce this harmful mechanism in fly ash geopolimer concrete by half.

"In a previous study, we found that fly ash geopolimer concrete can be vulnerable under extreme alkaline conditions. The recommendation from the study, was that this material should not be employed in structures that are exposed to highly alkaline mediums, such as some chemical storage facilities.

Genel olarak, bir Normal Portland Çimentosu betonu karışımı çimento, su ve agrega içermektedir. İnşaat mühendisleri, amaçlanan yapı için bu üç bileşeni belirli oranlarda kullanarak bir Normal Portland Çimentolu beton karışımı tasarımı geliştirmektedir.

Naghizadeh, "Sodyum silikat ve sodyum hidroksit ile aktive edilen uçucu kül bazlı jeopolimer beton için karışım tasarımı Normal Portland Çimentosu betonundan daha karmaşıktır." dedi.

"Daha fazla parametre söz konusudur: uçucu kül, sodyum silikat, sodyum hidroksit, su ve agregat miktarının yanı sıra sodyum hidroksit konsantrasyonu; alkali içindeki cam oranı ve kalitesi de göz önünde bulundurulur."

Kül barajlarından çıkan uçucu kül

Çalışmanın ortak yazarlarından ve Johannesburg Üniversitesi İnşaat Mühendisliği ve Yapılı Çevre Okulunun eski başkanı olan Prof. Stephen Eklou, Güney Afrika'da, jeopolimer çimento olarak uçucu kül kullanımına ilişkin araştırmaların sınırlı olduğunu söylemektedir.

Eklou, "Uçucu küllü jeopolimer betonla ilgili mevcut araştırmalarda doğrudan elektrik santrallerinden elde edilen uçucu kül kullanılmıştır. Jeopolimer çimento üretiminde, teknik olarak "taban küllü" şeklinde adlandırılan, atık depolama alanları ve kül barajlarından elde edilen uçucu kül kullanımı hakkında daha fazla araştırma yapılmasına ihtiyaç vardır."

"En önemli araştırma soruları, malzeme kalitesi, karışım tasarımı ve hâlihazırda kullanılan yüksek sıcaklıklarda kürlenme uygulamasından ziyade, ortam koşullarında kürlenmeye izin verecek teknolojinin geliştirilmesidir. Bu üç bilimsel sorun çözüldükten sonra, uçucu kül ve aslında çoğu diğer jeopolimer çimento formları, dünya çapında Normal Portland Çimentosu ikameleri olarak daha iyi bir şekilde yerleştirilebilir." dedi.

Beton katkısı değil

Şu anda, az miktarda uçucu kül yaygın bir çimento katkısı olarak kullanılmaktadır. Güney Afrika'da bu miktar, yıllık üretilen 36 milyon tonun %10'unu karşılar. Puzolanik Portland Çimentosu (PPC) üretmek için klinker ile karıştırılmaktadır.

Uçucu kül yaygın bir Normal Portland Çimentosu katkısı olarak kullanılsa dahi, uçucu kül bazlı jeopolimer beton (FA-GC) Normal Portland Çimentosu bazlı beton ile birleştirilemez.

Bunun nedeni, Normal Portland Çimentolu betonun hidrasyon sürecinin, FA-GC'nin jeopolimerizasyon reaksiyonundan tamamen farklı olmasıdır. Ayrıca, Normal Portland Çimentosu bazlı beton ve jeopolimer betonun her biri farklı kürlenme koşulları gerektirmektedir.

"The findings of our new study show that the alkali resistance of geopolymer concrete can be significantly improved by exposing it to an evaluated temperature, optimally 200 degrees Celsius," says Dr Abdolhossein Naghizadeh.

Normal Portland Çimentolu betondan farklı bir üretim

Normal Portland Çimentosu üretimindeki ana aşamalar, kalsinasyon ve öğütme işlemleridir.

Normal Portland Çimentosu'ndan farklı olarak, jeopolimer üretimi bu aşamaları gerektirmektedir. Uçucu kül bazlı jeopolimer bağlayıcıları iki bileşenden oluşmaktadır: Uçucu kül ve bir alkali aktivatörü. Genellikle, uçucu kül daha fazla işleme gerek kalmadan, santralde üretildiği gibi kullanılmaktadır.

Sodyum silikat ve sodyum hidroksit gibi alkali aktivatör çözeltileri de endüstride yaygın olarak üretilmektedir. Bunlar, deterjan ve tekstil üretimi gibi birçok amaç için kullanılmaktadır.

"Daha yeşil" beton

Naghizadeh, "Jeopolimer çimentonun farklı çevre koşulları altındaki uzun vadeli dayanıklılığı daha fazla araştırmaya ihtiyaç duymaktadır. Ayrıca, inşaat endüstrisi küresel olarak jeopolimer üretimi konusunda yeterli teknik bilgiye sahip değildir. Jeopolimer bağlayıcıları kullanmak için, mühendisler, teknisyenler ve inşaat işçileri jeopolimer beton karışımı tasarlamak ve üretmek için gerekli olan eğitime tabi tutulmalıdır." dedi.

Eklou, "Portland çimentosu üretiminin, büyük çevresel etkileri nedeniyle gelecekte sınırlandırılması gerektiğine şüphe yok. Bu çevresel etkiler, yaklaşık %5-8 oranında antropojenik karbondioksitin atmosfere salınımını içermektedir ki bunun da iklim değişikliğinde payı bulunmaktadır." şeklinde ekledi.

Johannesburg Üniversitesindekiler de dâhil olmak üzere, birçok çalışma uçucu kül jeopolimerinin Normal Portland çimentosundan üstün veya benzer özellikler gösterebileceğini göstermiştir. Bu, jeopolimeri belirli uygulamalarda Normal Portland çimentosunun yerini almaya uygun bir alternatif hâline getirmektedir.

Ayrıca, uçucu külün dünya çapında, özellikle gelişmekte olan ülkelerde bulunabilirliği, sorunlu bir atık ürünün potansiyel yeniden kullanımı açısından, Normal Portland Çimentosu'ndan daha ekonomik ve "daha yeşil" bir üretim fırsatı sağlamaktadır.

Kaynak: <https://eurekaalert.org/multimedia/pub/231164.php>