

Alternatif malzemeler betonun karbon ayak izini azaltabilir

Çimento üretimi dünyadaki antropojenik CO₂ salınımının %8'inden sorumludur. Yeni formülasyonlar bu sayıyı yarıya kadar indirebilir.

En çok kullanılan malzemeler listesinde ilk sırada olmaması, betonun önemsiz olduğu anlamına gelmez. Dünyada kullanım miktarı bakımından sudan sonra gelen bu yaygın malzemenin imalat miktarı oldukça büyük. Endüstri raporlarına göre, yaklaşık 30 milyar ton beton her yıl köprü, yol, otoban, gökdelen, kanalizasyon sistemleri ve daha birçok yapının inşasında kullanılıyor.

Özetle

Yıllar boyu milyarlarca ton miktarında imalatı yapılan çimento, betonu bağlayan bir bağlayıcı görevi üstlenmenin yanı sıra modern dünyanın büyük bir kısmını bir arada tutuyor: Köprüler, barajlar, gökdelenler, gözden uzak altyapı ancak, dünya genelinde imal edilen ve hayati önem taşıyan bu malzeme, atmosfere küresel antropojenik CO₂ emisyonlarının %8 kadarını yayıyor. Sonuç olarak, araştırmacılar bu sera gazı emisyonlarını dizginleyecek alternatif çimento formülasyonları ve prosedürleri bulmak istiyor. Bazıları ticarileştirilmeye başlayan bu girişimlerin arasında, başka sanayilerin atık ürünlerini kullanmak ve imalat sırasında CO₂ salınımına sebep olacak tepkimelere maruz bırakılmayacak, standart olmayan çimento bileşenleri kullanmak bulunuyor.

Şüphesiz ki bu yapay taş malzeme modern dünyanın çoğununun ağırlığını kaldırıyor. Aynı zamanda dünyadaki sera gazı emisyonlarının birçoğundan da sorumlu. Çimento imalatı yüksek ısı üreten bir süreçtir. Çok önemli olan ve betonun bileşenlerini bağlayan bu yapıştırıcı, dünyadaki antropojenik karbondioksit emisyonlarının aşağı yukarı %8'inden sorumlu. Bunun yanı sıra, Uluslararası Enerji Ajansına göre küresel enerji

ikmalinin %2 veya 3'ünü de tüketiyor.

Georgia Teknoloji Enstitüsünde çalışan, inşaat mühendisi ve beton uzmanı Kimberly E. Kurtis "Beton çok işe yarar bir malzeme ve bu yüzden çok fazla kullanıyoruz. Her zamankinden daha fazla beton kullanmakla kalmıyor, her zamankinden daha fazla kişi başı beton kullanıyoruz." diyor ve geçtiğimiz 40 yılda kişi başı tüketimin neredeyse üçe katlandığının da altını çiziyor.

Bu akımın azaldığı da yok. Asya ve Afrika'daki ülkeler yeni inşaat projeleri ortaya çıktıkça ve Avrupa ile Amerika kıtalarındaki ülkeler eskiyen altyapıyı yeniledikçe, beton talebi gittikçe yükselmeye devam ediyor. Bu artan kullanım daha ciddi çevresel etkilere sebep olabilir, tabii eğer imalatçılar hayati önem taşıyan bu malzemenin üretiminde değişiklikler yapmaya başlamazsa.

Değişikler yapılmaya şimdiden başlandı. Melsela Dünya Çimento Birliği CEO'su Ian Riley, çimento imalatçılarının çimento yapımında kullanılan malzemelerin yakılarak işlenmesini sağlayan devasa fırınların enerji verimliliklerini, mühendislikte yapılan yeni gelişmeleri kullanarak arttırdığını söyledi. Enerji verimliliğini artırmak yakıt kullanımını, böylece CO₂ emisyonlarını azaltır. Bu emisyonları yakalamak da işe yarar tabii ki. Bazı çimento imalatçıları net CO₂ emisyonlarını, katı emici maddeler kullanarak veya katılaşıp sertleşmeden önce direkt betonun içindeki gazları ayırarak karbon yakalama teknolojisi aracılığıyla azaltıyor.

Her zamankinden daha fazla beton kullanmakla kalmıyor, her zamankinden daha fazla kişi başı beton kullanıyoruz.

Kimberly E. Kurtis, İnşaat Mühendisi ve Beton Uzmanı, Georgia Teknoloji Enstitüsü

Alternative materials could shrink concrete's giant carbon footprint

Making cement releases 8% of the world's anthropogenic CO₂. New formulations could slash that number

On the list of materials people use most, concrete may be a runner-up, but it isn't small potatoes.

Second only to water in terms of how much is used across the globe, the ubiquitous construction material is produced in staggering quantities. According to industry analysts, some 30 billion metric tons of concrete is used globally each year to build bridges, roads, highways, high-rise buildings, sewage systems, and more.

Betonun CO₂ sorununa karşı alınabilecek başka bir önlem ise geleneksel imalat yöntemlerinde kullanılan çimentolar yerine, çimentoları daha az CO₂ emisyonu üreten benzer malzemeler ile yeniden formüle etmek ve onları kullanmak. Bir başka seçenek ise imalatçıların daha az CO₂ üreten bileşenler kullanmasını sağlayacak malzemeler bulmak.

Çimentoyu yeniden formüle etme isteği yeni ortaya çıkmadı. Ancak iklim değişikliğinin oluşturduğu tehdidin gün geçtikçe artmasıyla, konu üzerindeki ilgi arttı. Kolayca bulunup bulunamadıklarını, ucuz olup olmadıklarını, standart ekipmanlar ve uygulamalarla uyumlu olup olmadıklarını, dayanıklı ve sert ürünler ortaya çıkarıp çıkarmayacağını belirleyebilmek için sanayideki ve akademik çevredeki bilim insanları bu alternatif malzemeleri baştan aşağı değerlendiriyor.

ÇİMENTO VE BETON NEDİR?

RAKAMLARA GÖRE ÇİMENTO VE BETON

~8%:

Çimento imalatı sebebiyle etrafa yayılan küresel antropojenik CO₂.

~30 milyar ton:

Dünyada üretilen yıllık beton miktarı

1,450 °C:

Çimento işlemek için kullanılan fırınların ısısı

25-50%:

2050 yılında küresel beton talebindeki tahmini artış

Kaynak: Uluslararası Enerji Ajansı; Nat. Mater. 2017, DOI: 10.1038/nmat4930.

Günümüz çimento şirketlerinin yaptığı standart ürün, portland çimentosu olarak geçiyor. Yapılmasında kullanılan prosedür 200 yıl kadar önce İngiltere'de geliştirildi, o zamandan beri çok bir değişime uğramadı. Sertleşmiş malzemenin ismi, İngiltere'nin Portland Adası'nın taş ocaklarından çıkarılan kalyalara olan benzerliğinden geliyor.

Bu yöntem, hem yaygın hem de ucuz malzemeler olan toz kalker ve kili 1.450 °C bir fırında ısıtmakla başlıyor. Kalsinasyon olarak bilinen bu süreç, kalkerin asıl bileşeni kalsiyum karbonatı (CaCO₃) kalsiyum oksite (CaO) yani kalkere çevirir. Bu sayede CO₂ salınmış olur.

Ohio Eyalet Üniversitesinde çalışan Beton Uzmanı ve İnşaat Mühendisi Lisa E. Burris'in dediğine göre çimento yapımının en önemli unsuru olan bu basit tepkime hem çimento imalatında üretilen CO₂ emisyonlarının neredeyse yarısının kaynağı hem de emisyonları azaltmayı zorlaştıran sebeplerin

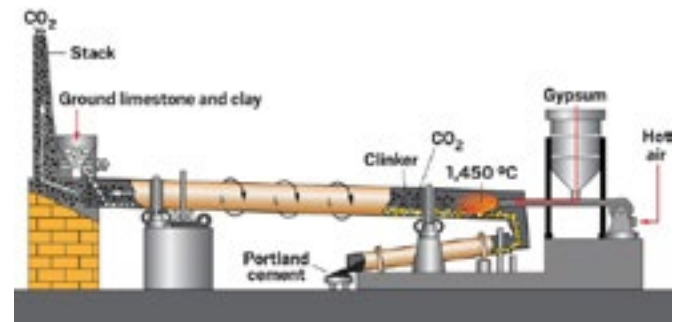
en büyüğü. Kalan emisyonların büyük bir çoğunluğunun sebebi ise başta kömür olmak üzere fırınları ısıtmak için yakılan fosil yakıtlar.

Çimento imal etmek için imalatçılar, kalsinasyon sürecinden çıkan klinker adlı ürünü öğütürler, sonra da topaklanmayı engellemek ve sertleşme hızını kontrol etmek için kalsiyum sülfat minerali olan alçıyla karıştırırlar. Bu süreç genel olarak imal edilen her ton çimento başına 800 kg'den fazla CO₂ ürettiyor.

Beton yapmak için, tedarikçiler çimento tozunu kum, çakıl ve suyla karıştırıyor. Böylece karmaşık bir kimyasal tepkime dizisini tetikliyorlar. Bu tepkimeler de hamurumsu kütleyi inşaatta çok kullanılan kaya gibi sert hâline getiriyor. Önemli tepkimelerden biri trikalsiyum silikatın çimento içindeyken hidrasyona uğraması. Bu ısıveren süreç, kalsiyum ve hidroksit iyonları üretilen kalsiyum silikat hidratı oluşturur. Bu aşama, sentetik kayayı güçlendirir. Dikalsiyum silikat kullanılarak elde edilen benzer bir tepkime ise betonu güçlendirir.

ÇİMENTO 101

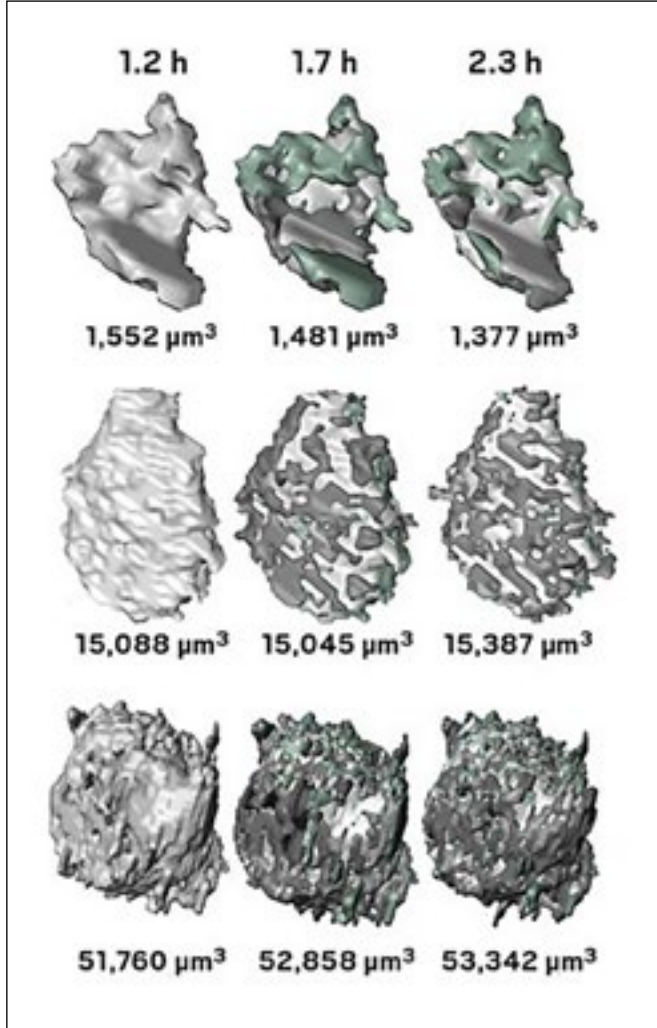
Öğütülmüş kalker ile kili döner fırında yüksek ısı eşliğinde karıştırmak CO₂ salar ve klinker üretir. Klinker de çimento elde etmek için alçıyla karıştırılır. Farklı girdi malzemeler CO₂ emisyonlarını azaltabilir.



Kaynak: Yang H. Ku/C&EN/Shutterstock

ATIK FIRSATLARI

Çimento yapımında üretilen emisyonları azaltmanın bir yolu kalkerleri CO₂ üretmeyen çimentoya benzer malzemeler ile karıştırıp kalker kullanımını azaltmaktır. En iyi örnek kömür yakmanın bir yan ürünü olarak ortaya çıkan uçucu küldür. Bu malzeme genellikle yüksek oranda silis, alüminat ve demir oksit içerir. Pahalı bir malzeme olduğu da doğrudur. Su ile karıştırıldığında çimento benzeri özelliklere sahip bileşenler ortaya çıkarır.



Kaynak: Constr. Build. Mater.

Mikroskopik çimento partiküllerinin X-ray tomografi görüntülemesi, çimento su serleşiren hidratasyon süreci sırasında daha büyük olan partiküllerin genişlemeye meyilli olduğunu gösteriyor. Daha küçük partiküller ise sabit bir şekilde çözülmeye başlıyor. Yeşil, çözülmüş mineralleri ve düşük kütleli bölgeleri gösteriyor. Koyu gri ise katıları gösteriyor.

Burris'e göre yıllar boyu yapılmış olan araştırmalar, hem uçucu külün betondaki karbon ayak izini düşürüleceğini gösteriyor hem de dayanımını ve işlenebilirliğini, yani yerleşme akıcılığını arttırdığını gösteriyor. Mesela hızlı sertleşme gerektirmeyen bazı uygulamalarda portland çimentosu %40 veya 50 oranına ulaşabilecek kadar uçucu kül ile karıştırılabilir. Bunun sonucunda hem emisyon üretimi aşağı yukarı aynı miktarda azaltılır hem de maliyet düşer.

Kurtis'e göre uçucu kül sadece imalat sırasında, fayda sağlamakla kalmıyor. Aynı zamanda betonu daha dayanıklı ya-

parak fayda sağlıyor. Malzemenin ömrünü uzatmak, yapıları onarmak ya da yeniden yapmak için kullanılan enerjiyi ve üretilen emisyonları azaltıyor.

Gerçekte etrafta çok fazla atık kül mevcut. On yıllardır kömür ile beslenen elektrik santrallerinin sonucu bu malzeme ile dolu devasa göletler oluştu, Burris'e göre bu seviyede kullanılmaya devam edilirse uçucu kül, sanayiye 130 yıl daha ikmal edebilir durumda. Dahası ise kömür santralleri etrafında yaşayan insanlar bu atığın uzaklaşmasını istiyor çünkü ciddi oranda çevre kirliliğine sebep olmakta ancak birkaç sebepten ötürü çimentoya eklenmek için kullanılan uçucu kül temininde sıkıntı mevcut. Kömür ile beslenen elektrik santrallerinin sayısı, doğal gaz kullanan santrallere göre gittikçe azalmaya başladı, bu yüzden üretilen uçucu kül miktarı da azalmaya başladı. Uçucu külün kimyasal yapısı kömürün cinsine göre ve yanma sürecinin detaylarına göre değiştiği için kömür santrallerinden çıkan atık malzemelerin hepsi çimento sanayisinin gereksinimlerini ya da Uluslararası ASTM gibi kuruluşların belirlediği standartları karşılamıyor. Mesela yüksek oranda karbon içeren (%10 üstünde) uçucu kül, hapsolmuş hava cepleri yüzünden zayıf ve boşluklu betonlara sebep olabilir.

Uzun vadeli saklama göletlerinden toplanan malzemeleri kullanmak da çok basit değil. Külle başka kömür yanması sonucu oluşan yan ürünlerle karışmış olabilir veya on yıllar süren depolanma sürecinde kimyasal değişimlere uğramış olabilir. Bu da çimento hidratasyonunu etkileyebilir. Kurtis, "Uçucu külü betonla kullanmada çok büyük bir fırsat var ama ilk önce en iyi şekilde nasıl kullanacağımızı anlamamız gerek." diyor.

Burris, Kurtis ve başka araştırmacılar hem uçucu külün sahip olması gereken kimyasal ve fiziksel özellikleri hem de istenilen performansı elde etmek için portland çimentosuyla ne kadar karıştırılabileceğini sistematik bir şekilde değerlendiriyorlar. Malzeme zaten betonlarda kullanılıyor ama bu araştırmacılar kullanımını genişletmeyi hedefliyor. Sanayi, bu atık malzemeleri kullanmakta hemfikir olsun ve bu malzemenin ortaya çıkardığı beton ürünleri yıllarca iyi performans sağlasın diye uçucu kül standartlarını güncellemekle uğraşsın.

Çimento ve betonda kullanılan tek atık uçucu kül değil. Çimento imalatçıları aynı zamanda çelik yapımı sırasında eritilen demir cevherlerinin kalsiyum alüminosilikat yan ürünü olan yüksek fırın cürufunu da kullanıyor. Uçucu külden olduğu gibi, toz hâlindeki cüruf ile suyu karıştırmak CO₂ üretmeyen ve çimentoya benzer ürünlerin ortaya çıkmasını sağlayan kimyasal tepkimelere sebep oluyor. Yani cürufu portland çimentosunu karıştırmak çimentodaki CO₂ salınan bileşenlerin oluşmasını önüyor. Böylece sera gazı emisyonları azalmış oluyor.

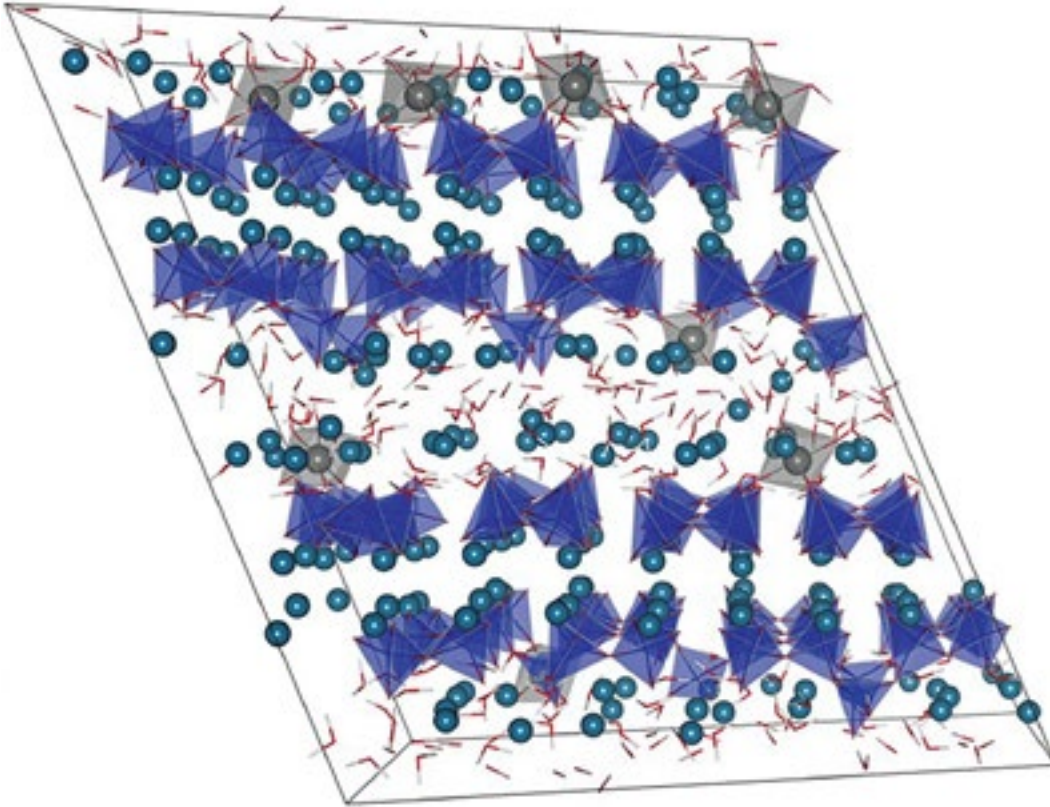
Bazı imalatçılar cüruf ve uçucu kül barındıran ticari beton ürünlerini satıyor. Portland çimentosunu bu atık ürünler ile ikame ederek geleneksel çimentoya göre %30-%60 oranında CO₂ azaltımı sağlayabiliyor ancak İsveç Malzeme Bilimi ve Teknolojileri Federal Laboratuvarında (EMPA) çimento kimyası ekip liderliği yapan Frank Winnefeld'a göre bu yan ürünlerden sanayinin devasa taleplerini karşılayacak kadar yok. Bu yüzden Winnefeld ve ekibi başka seçenekleri araştırıyor.

EMPA ekibi, elektronik atık kaynağına sebep olup, büyümeye devam edeceği kesin olan, metalurjik süreçler kullanarak cep telefonlarını geri dönüştüren Avrupa'lı bir şirketle iş birliğine girdi. Winnefeld'ın dediğine göre değerli metaller çıkarıldığı zaman kalıntı, kalsiyum, silikon, alüminyum ve demir içerip CO₂ üretmeyen bir çimento bağlayıcısı görevi görüyor. Ekip çimento formüllerinde bu malzemenin en iyi nasıl kullanılacağına araştırıyor.

ALTERNATİF YEŞİL ÇİMENTOLAR

Biliminsanları, betondaki karbon ayak izini düşürmek için geleneksel portland modelinin yanı sıra birçok çimento modeli araştırdı. Isıtılmış kil baz alan bir örnek de dâhil olmak üzere bu alternatif çimentolardan bazıları ciddi dikkat çekti.

Lozan'daki İsviçre Federal Teknoloji Enstitüsünde (EPFL) araştırmacı bir ekibin liderliğini yapan Karen Scrivener'in açıklamasına göre killer, sıradan çimentoyu ısıtmak için gereken 1.450 °C dereceden çok daha düşük olan 800 °C derecede ısıtılınca veya kalsine edilince aktif çimento benzeri malzemelere dönüşür. Killeri kalsine etmek daha az CO₂ üreten yakıt kullanmakla kalmıyor, aynı zamanda geleneksel çimento hazırlama sürecinde çok büyük bir gaz kaynağı olan kalker ayrıştırmayı da kullanmıyor. Scrivener'in dediğine göre kil bazlı çimento az da olsa ısıtılmamış kalker içeriyor.



Kaynak: J. Am. Chem. Soc.

Nükleer manyetik rezonans çalışmaları ve hesaplamaları sayesinde araştırmacılar çimento ve betonu güçlendirmek için kullanılan en önemli hidrasyon ürünlerinden biri olan kalsiyum alüminat silikat hidrattaki alüminyum ve kalsiyumun nasıl bağlandığını belirledi (Al = gri; Ca = turkuaz; Si = mavi dört yüzlü piramit; O = kırmızı; H = beyaz).

Kalker kalsineli kil çimento ürünü, diğer adıyla LC3, portland çimentosuyla karıştırılır ve Scrivener'in dediğine göre geleneksel malzeme ile aşağı yukarı aynı özelliklere sahiptir. Ancak LC3'ün karbon ayak izi geleneksel çimentodan %40 oranında daha küçük. Aynı zamanda LC3'ü tercih edenlerden olan Kurtis, LC3'ün saf olmayan kil kullanılarak da imalatının yapılabileceğini söyledi. Böylece hem pratik hem de ekonomik olacak.

LC3 başarılı olmaya başladı. Scrivener Hindistan ve Küba'da tam ölçekli deneyler yaptıklarını söyledi. Kolombiya'da bir LC3 ürününün ticarileştirildiğini ve Fildişi Sahili'nde büyük çaplı bir kalsine santrali açılacağını da ekledi.

Karmaşık çimento türlerinin arasında kalsiyum sülfalüminat (KSA), çevre dostu olmasından dolayı ciddi dikkat çekiyor. KSA standart çimento hazırlanmasıyla karşılaştırıldığında işlenirken neredeyse yarısından daha (bazen %20'den bile daha az) az CO₂ üretiyor çünkü işlenmemiş malzeme karışımındaki kalker miktarı daha az ve işleme ısı 200 °C derece daha düşük.

Winnefeld'in dediğine göre KSA çimentoları ticari olarak sayılı uygulamalarda kullanılıyor, standart portland modelinden daha hızlı sertleşiyor ve daha pahalı oluyor. Hızlı sertleşen doğası KSA çimentolarını tamir işleri için ideal fakat inşaat için kullanışsız yapıyor.

Beton olmazsa olmaz ancak ürettiği ciddi miktardaki emisyonlar olmadan da üretilebilir..

Karen Scrivener, Araştırma Ekibi Lideri, İsviçre Federal Teknoloji Enstitüsü, Lozan (EPFL)

Bu malzemeler Zürih Havaalanında, hava trafiğinde geçici bir sakinleşme olduğu zaman tek gece süren uçak pisti tamirlerinde kullanılmakta. Burris ise Illinois otoyolunda sabah trafiğinde açılan ama akşam trafiğine kadar KSA çimentosuyla kapatılan obruku anlatıyor. Burris'e göre "Portland çimentosuyla yapmak imkânsız olurdu" çünkü sertleşmesi için en az birkaç gün gerekiyor. Araştırmacılar KSA'nın hidrasyon kinetiklerini yavaşlatıp, çevre dostu çimentonun daha geniş çapta kullanılması için araştırmalar yapıyor.

Gündemde olan ve az CO₂ üreten bir başka çimento kategorisi ise jeopolimerler. Zampini'nin dediğine göre klinkersiz olan ve bağlayıcı rolü gören bu jeopolimer beton, alkali aktif alumina siklat matrisine sahip. Bu malzeme geleneksel çimento göre CO₂ emisyonlarını %70 oranında düşürüyor ve yüksek ısı ile işlemeye ihtiyaç duymuyor.

MOLEKÜLER DÜZEYDE ÇİMENTO

Araştırmacıların çimento formülasyonlarını daha çevre dostu hâle getirmek için çimentonun moleküler düzeyde nasıl işlediğini daha iyi anlamaları gerekiyor. İş çimento kimyasına gelince Zampini "Roket bilimi değil sonuçta, kaya bilimi" demekten hoşlanıyor.

Bu dediği temel öğelerin basit ve köklü olduğunu düşündürtebilse de, gerçek öyle değil. Araştırmacılar on yıllar boyu çimento ve betonu güçlendiren merkezi hidrasyon tepkimesiyle uğraştıkları hâlde birçok detay hala bilinmiyor. Yakın zamanda yapılan iki çalışma biliminsanlarının bu kayıp detayları ortaya çıkarmak için güçlü analitik yöntemler kullandığını gösteriyor.

Bir çalışmada, Oklahoma Eyalet Üniversitesinden Masoud Moadian ile Princeton Üniversitesinden ve Argonne Ulusal Laboratuvarından çalışma arkadaşları, portland çimentosundan alınan bir örnekte 60.000 partikülün hidrasyonun ilk 16 saati boyunca nano boyutta yaşadığı evrimi inceleyebilmek için X ışını tomografisi çekti. Analizler büyük partiküllerin örnekteki ağır mineralleri toplayarak iyice büyüdüğünü, küçük partiküllerin ise sabit bir şekilde eridiğini gösterdi. Moradian'ın dediğine göre bu süreci daha iyi anlamak beton dayanıklılığı alanında gelişmeler kat edilmesini sağlayabilir.

Diğer çalışmada ise EPFL biliminsanları Scrivener, Aslam Kunhi Mohamed ve Lyndon Emsley'nin de dahil olduğu araştırma ekibi, kalsiyum alüminat silikatın, az CO₂ üreten çimentolarda görülen hidrasyon fazındaki atom düzeyinin yapısını anlamak için hesaplama yöntemleri ve nükleer manyetik rezonans spektroskopisini birlikte kullandı.

Scrivener'in dediğine göre dayanımın ve diğer çeşitli çimento özelliklerinin gelişmesi bu faza bağlı. "Uzun zaman boyunca yapısı gizem altındaydı. Çimentonun nasıl geliştiğini anlarsak çevreyi nasıl daha az kirletmesini sağlayacağımızı da anlamış oluruz."

Her yıl milyarlarca ton beton üretiliyor ve modern dünyanın vazgeçilmez malzemesi. Kurtis, "Çok ilginç bir malzeme, toplum için de hayati önem taşıyor. Ancak ürettiği sera gazı emisyonlarının dizginlenmesi lazım." diyor. Scrivener ise "Beton olmazsa olmaz ancak ürettiği ciddi miktardaki emisyonlar olmadan da üretilebilir." diyor.

Kaynak: <https://cen.acs.org/materials/inorganic-chemistry/Alternative-materials-shrink-concretes-giant/98/i45>

3D beton yazıcı ile prototip bir kulübe inşa edildi



Ashen Kabin'in beton zemini bir 3D beton yazıcıyla oluşturuldu, ahşap olan dış kısmı ise daha önce otomobil yapımında kullanılan bir robotik kol kullanılarak oluşturuldu

Dalgalı ahşap dış cephesi ve beton zemini ile Ashen Kabin oldukça çarpıcı bir görünüme sahip, ancak bu prototip konutun asıl ilgi çekici tarafı, yapım yöntemi. Beton zemini bir 3D yazıcı ile oluşturuldu ve böceklerden zarar görmüş dışbudak odunu daha önce otomotiv sanayisinde kullanılan bir robotik kol kullanılarak kesildi.

3D printer and automotive robot used to build prototype cabin

With its wavy wooden exterior and concrete base, Ashen Cabin has a striking appearance, but the really interesting thing about this prototype dwelling is how it was made. Its concrete base was created with a 3D printer and the wood is beetle-damaged ash cut using a robotic arm previously used in the automotive industry.

Bu kabin, Ithaca, New York merkezli bir mimarlık firması tarafından tasarlandı. Kulübe 10 x 10 ft (3 x 3 m) ölçülerinde olup oldukça sade dizayn edildi; içerisinde şömine, lavabo, raf bulunan bir oda ve oturmak veya uyumak için kullanılacak bir platform bulunmaktadır.



Kabin'in iç dekoru, 3D baskılı beton ve böceklerden zarar görmüş ahşap kullanımı sayesinde sade ve sağlam bir görünüme sahip

Daha önce yapılmış 3D beton baskılı projelerde olduğu gibi, kulübenin bacası da dâhil olmak üzere yapısal zemini, betonu bir nozülden katmanlar hâlinde ekstrüde eden bir 3D yazıcı kullanılarak inşa edildi. Yaklaşık iki hafta süren yapım süreci, mümkün olduğunca az beton kullanılmasından dolayı oldukça verimli geçti.

Mimarlık ofisinde çalışan ve New York Cornell Üniversitesinde Mimarlık Bölümünde yardımcı doçent görevinde bulunan Leslie Lok ve Sasa Zivkovic, "Kulübe, Cornell Robotik İnşaat Laboratuvarında (RCL) kendi kendine inşa eden ve açık kaynaklı, büyük ölçekli bir yazıcı kullanılarak 3 boyutlu olarak basıldı." şeklinde aktardı.

"Yazıcıyı RCL'de 2016 yılında bir öğrenci ekibiyle sıfırdan inşa ettik ve o zamandan beri geliştirmekteyiz. Dik konsollar için destek malzemesi olarak yeniden kullanılabilir çakıl agrega içeren özel bir 3D yazdırma tekniği geliştirdik. Bu, kulübenin "bacakları" olan dik konsolları 3D olarak basabilmemizi sağladı. Herhangi bir hırdavatçıdan satın alınabilecek çimento ve kumdan yapılmış kendi beton karışımımızı geliştirdik."



Kabin'in bacası da dâhil olmak üzere beton zemini, açık kaynaklı bir 3D yazıcı kullanılarak iki haftalık bir süreçte basıldı

Kullanılan ahşap, bir böcek türü tarafından enfekte edilmiş hâldeydi. Firma, bu tür bir haldeki ahşabın normalde konvansiyonel kereste fabrikaları tarafından ev yapımı için bir kereste kaynağı olarak kullanılmaya uygun görülmediğini söyledi. Zivkovic, "Böcekler tarafından istila edilmiş dişbudak ağaçları genellikle ya çürür ya da enerji için yakılır. Ne yazık ki, her iki senaryoda da atmosfere CO₂ salınımı meydana gelmek-

te, bu nedenle inşaat için nispeten riskli olan dişbudak ağacı kullanmanın avantajı hem karbonu toprağa bağlaması hem de daha yaygın olarak kullanılan ağaç türlerinin hasadını dengelemesidir." şeklinde açıkladı.

Odunu kullanıma hazırlamak için, Zivkovic ve RCL ekibi internetten satın aldıkları, daha önce otomobil yapımında kullanılan bir robotik kolun üzerinde değişiklikler yaptı. Ekip, robotu yeniden programlayıp şekilsiz dişbudak ağaçlarını işlemek için bir platform inşa etti.

Robotik kol, öğrencilerin yardımıyla kulübe monte edilmeden önce ahşabı gerekli şekil ve boyutlarda kesti.



Kabin'in ahşap bölümleri, internetten satın alınan ve daha önce otomobil yapımında kullanılan bir robotik kol kullanılarak oluşturuldu

Lok ve Zivkovic, gelecekte bu projenin sürdürülebilir konut inşaatı için örnek oluşturabilmesini umuyor. Bunu göz önünde bulundurarak, ikili, konut inşa süreçlerini artırmak adına hem 3D beton baskı hem de robotik ahşap yapımında inşaat endüstrisi ile iş birliği yapmayı hedefliyor.

Kaynak: <https://newatlas.com/architecture/ashen-cabin-3d-printed-prototype/>

Zemin Betonlarında ACI 360R-10'a Göre Makro Sentetik Fiber Donatılı Tasarım

Burak Erdal¹, Tuluhan Ergin², Uğur Alparslan³

Özet

Makro sentetik fiber donatılar 1990'lı yıllardan itibaren saha (zemin) betonlarında, yol betonlarında, püskürtme ve bazı prekast elamanlarda kullanılmaktadır. Sürekli destekli sistemlerde örneğin püskürtme ve saha (zemin) betonlarında tamamen geleneksel donatının yerine kullanılabilir. Makro sentetik fiber donatılar betonda çatlak direncini arttırıp durabilite sağlar, tokluk ve sünekliği arttırır. Makro sentetik fiber donatılar EN 14889-2 (Lifler - Beton da Kullanım için - Bölüm 2: Polimer Lifler - Tarifler, Özellikler ve Uygunluk) Standardı'na uygunluk gösterir. Eş değer çapı >0,3 mm'den büyük olan lif çeşitleri makro olarak adlandırılır.

Zemin Betonlarında Tasarım

Zemin betonları makro fiber donatılarının ana uygulamalarından biridir. Bu uygulamada güçlendirme malzemesi sadece makro sentetik donatı olabilmektedir. Çeşitli konut ve ticari gibi yer üstü yapılarının zeminlerinin yanı sıra, yollar ve kaldırımlarda nihai yükler uygulanmadan önce betonda çatlaklar oluş-

bilmektedir. Kuruma büzülmesi, termal değişimler, çevresel etkiler (örneğin, donma, çözme ve alkali silika reaksiyonu), beton köşelerinde gerilim konsantrasyonu ve tekrarlayan

yüklemeler (yorgunluk) betondaki çatlakların oluşmasını etkiler. Üç boyutlu takviye sağlayan makro sentetik makro fiberler betonun çatlak direncini arttırır ve daha uzun hizmet ömrü sağlar.

Deneysel Çalışma

Deneysel çalışmada oluşturulan beton dizaynında kullanılan agregaların elek analizi TS 13515'e uygun olarak seçilmiştir. C30/37 beton sınıfına ait mix dizayn aşağıdaki Tablo 1'de belirtilmiştir. Kullanılan makro sentetik elyafın teknik özellikleri Tablo 2'de yer almaktadır.



Şekil 1. Makro Sentetik Lif

Design of the Slab-On-Ground Concrete with Macro Synthetic Fiber Reinforcement according to ACI 360R-10

Synthetic macrofibers became available in the 1990s with applications such as slabs-on-ground, pavements, shotcrete, and some precast units. Synthetic macrofibers can be viable alternatives for full replacement of conventional steel bars in concrete elements with continuous support such as slabs-on-ground or shotcrete. They can provide crack resistance enhanced ductility, toughness, and durability. Macro synthetic fiber reinforcement conformity with the standard EN 14889-2 (Fibers - for use in concrete - Part 2: Polymer fibers - Definitions, specifications, and conformity) equivalent diameter \rightarrow 0.3 mm are referred to as macro synthetic fiber.

1) burak.erdal@kordsa.com 2) tuluhan.ergin@kordsa.com 3) ugur.alparslan@kordsa.com
Kordsa Teknik Tekstil, İzmit Kocaeli

Tablo 1: Beton Karışım Değerleri

Beton Karışım Değerleri	1 m ³ beton, kg/m ³
Su	157,5
Çimento (CEM 1 42.5 R)	315
Kaba Agregası	957,6
İnce Agregası	981,4
Süper Akışkanlaştırıcı	2,5 (%0,8)
Makro Sentetik Lif	2

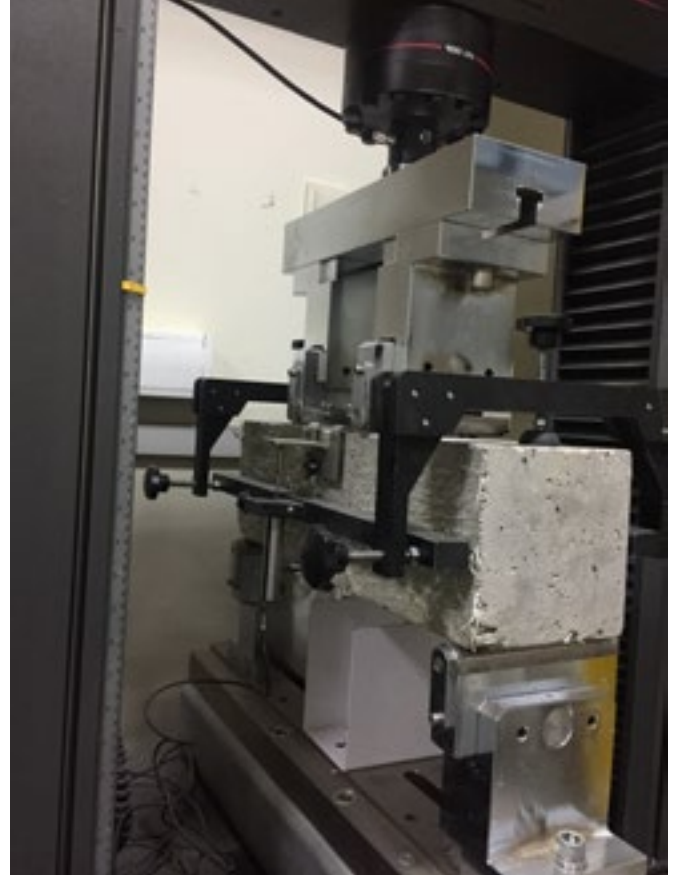
Tablo 2: Makro Sentetik Lif Teknik Özellikleri

Boy	50 mm
Eş değer çap	0,65 mm
Çekme Gerilmesi	660 MPa
Elastisite Modülü	10 GPa

ASTM C1609 / C1609M - 19a Lifle Güçlendirilmiş Betonun Eğilme Dayanımı Test Metodu Standardı (4 Nokta Kiriş Yükleme)

Üretilen numuneler üzerinde ASTM C1609 Standardı'na göre eğilme deneyleri yapılmıştır. Yapılan deneyde prizmalar yan çevrilerek kalıplara geçen beton yüzeyleri iki çelik mesnet üzerine serbestçe oturtulmuştur. Deney mesnet açıklığı 450 mm'dir. Prizmanın üst yüzeyinde, mesnet açıklığının 1/3'ü mesafesinde, birbirine eşit iki yük uygulanmıştır. Yükler kapalı çevrim test cihazı ile uygulanmış, numunenin orta noktasındaki sehimi LVDT (linear variable differential transformer) ile ölçülmüştür. Bütün deneyler, 28 gün yaşlandırılmış numuneler üzerinde ve altı adet numune üzerinde gerçekleştirilmiştir. Numune boyutları 15 cm x 15 cm x 50 cm'dir. L/900

(0,5 mm) kadar 0,035 mm/dk, L/900 - L/150 (0,5 mm- 3 mm) sehimi aralığı 0,12 mm/dk oluşacak biçimde uygulanan bir yükleme hızıyla yük-sehimi eğrileri elde edilmiştir.



Şekil 2: ASTM C 1609 Test Düzenliği

Tablo 3. Test sonuçları

Makro Sentetik Lif 2 kg/m ³	Tepe Yüğü Gerilme (Mpa) f ₁	0,75 mm sehimi (Gerilme) (Mpa) f ₆₀₀ ^D	3 mm sehimi (Gerilme)/(Strength) (Mpa) f ₁₅₀ ^D	Tokluk/ Toughness (0-3mm)(joule) T ₁₅₀ ^D	Re3 Eş değer eğilme oranı/ Equivalent flexural strength ratio
1	5,14	2,18	2,91	59	51
2	4,46	1,20	1,56	32	32
3	4,52	1,26	1,25	32	32
4	5,06	1,50	1,96	40	35
5	4,28	1,75	2,05	48	50
6	4,22	2,22	3,03	59	62
Ortalama	4,61	1,69	2,13	45	44
STD	0,39	0,44	0,71	12	13

Beton miks dizaynına bağlı olarak fiber performansı değişebilmektedir.

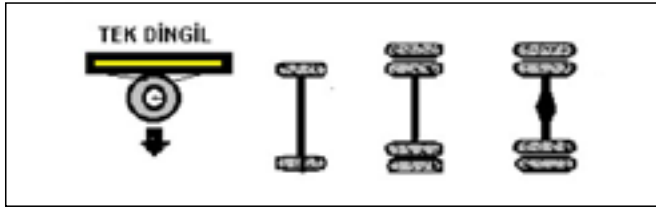
Tablo 4. Basınç Denei sonuçları

Lif	Dozaj kg/m ³	Numune Boyutu (cm)	Adet	Basınç Dayanımı (MPa)	Ortalama
Makro Sentetik Lif	2	15 x 15 x 15	3	38,00	37,8
				37,50	
				38,00	

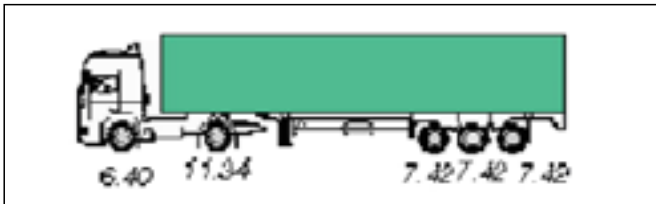
Makro Sentetik Fiber Kullanılarak Zemin Beton Tasarımının Yapılması (ACI 360R-10'e göre hesaplamalar yapılmıştır)

Tablo 5. Hesaba Katılan Parametreler, Proje Bilgileri

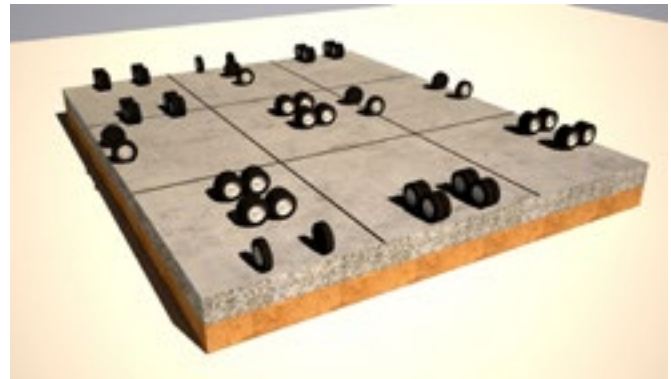
Plak Kalınlığı	200 mm, h
Zemin Yatak Katsayısı	0,03 N/mm ³ , k
Beton Sınıfı	C30/37, MPa
Tekerlek Yüğü	60 kN
Tekerlek Temas Alanı	500 mm, 250 mm
Tekerlek Basıncı	0,8 MPa
Re3 Eş değer Eğilme oranı	44% (Makro Sentetik Lif 2 kg/m ³)



Şekil 3. Dingil 12 ton, Tek tekerlek 6 ton



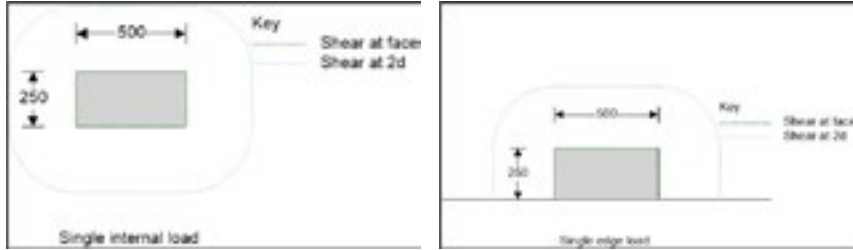
Şekil 4. Tır Aks Yüğü



Şekil 5: Tekerlek Yüğü

Makro fiber donatının pozitif moment hesabına olan katkısının değerlendirilmesi tekil yük çözümü yapılmıştır.

Şekil 6. Yükün merkez ve kenarda olması durumu

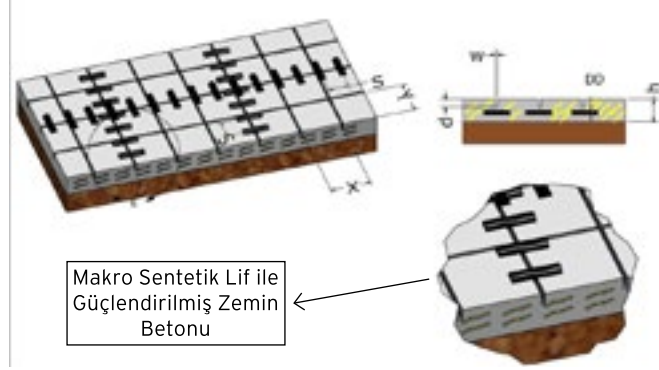


Tablo 6. Proje Bilgileri

Tanımlar	Değer	Birim	Kaynak
f'c: Betonun basınç dayanımı	30	MPa	-
h: Beton kalınlığı	200	mm	-
fr: Betonun eğilme dayanımı	3,40	MPa	ACI 318R-19 19.2.3.1
Ec: Betonun elastisite modülü	25.742,96	MPa	ACI 318R-19 19.2.2.1.b
v: Poisson oranı	0,15	-	-
k: Zemin yatak katsayısı	0,03	N/mm ³	-
Re3: Eş değer eğilme oranı	44	%	ASTM C1609
L: Bağıl rijitlik yarı çapı	874,65	mm	ACI 360R-10- eşitlik 7.3/ equ.7.3
γc: Beton için malzeme güvenlik faktörü	1,5	-	ACI 360R-10 A6.2
Mn: Zeminin negatif moment kapasitesi	15,09	kNm/m	ACI 360R-10 11.3.3.3 Durum 3/Case3
Mp: Zeminin pozitif moment kapasitesi	6,64	kNm/m	ACI 360R-10 11.3.3.3
Mp+Mn =Mo, Toplam moment kapasitesi	21,73	kNm/m	ACI 360R-10 11.3.3.3
Tekil Yük	60	kN	-
Taban alanı, a	500	mm	-
Taban alanı, b	250	mm	-
a: yükün eşdeğer temas alanı yarıçapı	199,52	mm	ACI 360R-10 A6-1
			-
Durum: 1 Yük merkezde			ACI 360R-10 11.3.3.3
Po: Taşıma kapasitesi	189,90	kN	-
a: Yük transferi	0	%	-
γl: Yük için malzeme güvenlik faktörü	1,7	-	ACI 360R-10 Tablo 5.2 / Table 5.2
Pult: Etki eden toplam yük	102	kN	ACI 360R-10 A6-2
Pult/(Po)≤1	0,54		Uygun
			-
Durum 2: Yük kenarda			ACI 360R-10 11.3.3.3
Po: Taşıma kapasitesi	128,12	kN	-
a: Yük transferi	20	%	-
γl: Yük için malzeme güvenlik faktörü	1,7	-	ACI 360R-10 Tablo 5.2 / Table 5.2
Pult: Etki eden toplam yük	81,6	kN	ACI 360R-10 A6-4
Pult / (Po) ≤1	0,64		Uygun

Derz Kesimi ve Detayları

Derz, zemin betonlarında oluşturulan düzenli çatlaklardır. Buradaki amaç betonun istemsiz çatlaklarının önüne geçilmesidir. Derz kesimleri betonun durabilitesinin koruması için gereklidir.



Şekil 7. Kesme derz kesimi ve detayları

Derz Kesim Boyutları: Beton Plak kalınlığının maksimum 30 katı, X-Y

Derz Kesim Genişliği: 3-4 mm, w

Derz Kesim Derinliği: Plak kalınlığının %25'i, d

Derz Kesim Zamanı: Beton döküldükten sonra genellikle 24 saat sonra yapılmalı (betonun kesim şeritleri hasar görmeyecek kadar güçlü olmalıdır)

Dikiş Demir Uzunluk, Çapı ve Aralığı: 450 mm uzunluğunda, 25 mm çaplı, 300 mm aralık ile sıralanmış (ACI 302.1R), DD-S

Tablo 7. Derz kesim bilgileri

Derz Kesimi	6m x 6m
Derz Kesim Genişliği	3-4 mm
Derz Kesim Derinliği	50 mm
Dikiş Demir Çapı, Aralığı ve Uzunluğu	25 ϕ /300 - 450 mm uzunluk

Tablo 8. Varsayımlar / Dizayn Kriterleri ve Makro Sentetik Lif ile Çözüm

Varsayımlar / Dizayn Kriterleri	
k, zemin yatak katsayısı, N/mm ³	0,03
Beton Basınç Dayanımı, f'c, MPa	30
Pozitif Moment, Mp kNm/m	6,6
Negatif Moment, Mn kNm/m	15,09
Makro Sentetik Lif ile Çözüm	
Plak Kalınlığı, mm	200
Dozaj, kg/m ³	2
Fiber Tipi	50 mm Makro Sentetik Fiber
Re3: Eş değer Eğilme Oranı ASTM C1609	44%

Tekerlek yükü 60 kN olan yukarıda verilen proje bilgilerine göre çözüm yapıldığında, 200 mm plak kalınlığı için 2 kg/m³ Makro Sentetik Lif ürünü gerekli yük ve moment kapasitesi sağlamış olup, tamamen geleneksel çelik donatının yerine kullanılabileceği görülmektedir. Makro sentetik lifler 3 boyutlu dağılım sağlayarak 2 boyutlu çalışan çelik hasıra göre çatlak kontrolü açısından çok daha etkin rol alır. Çatlak kontrolü betonun durabilitesini (zamana bağlı dayanım) koruması için en önemli kriterdir.

REFERANSLAR

- **ASTM C 1609:** Standard Test Method for Flexural Performance of Fiber-Reinforced Concrete (Using Beam with Third-Point Loading)
- **ACI 544.4R-18:** Guide to Design with Fiber-Reinforced Concrete
- **ACI 360R-10:** Guide to Design of Slabs-on Ground
- **ACI 302.1R:** Guide for Concrete Floor and Slab Construction
- **TS 13515:** TS EN 206-1'in Uygulamasına Yönelik Tamamlayıcı Standart
- **TR 34:** Technical Report No .34, A Guide to Design and Construction

İnce agregasız beton



İnce agregasız beton (İAB) normal beton karışımından ince agregayı, yani kumu çıkarak elde edilir. Tek boyutlu iri agregalar ise dayanım katması amacıyla ince bir çimento hamuru tabakası ile birleştirilir.

İAB'nin sağladığı avantajların arasında ucuz malzeme, daha yüksek ısı yalıtım değerleri, daha az büzülme ve daha düşük birim ağırlığı ve yoğunluğu bulunmaktadır. Genellikle yük taşıma, bir ve çok katlı konutların yerinde dökülmüş dış duvarları, küçük perde duvarlar veya zeminde dökülmüş beton fayansların alt temel malzemelerinin nem dayanıklılığını sağlamak için kullanılmaktadır.

Beton Enstitüsünün (BE) Müdürü Here Bryan Perrie, bu tip betonlar hakkında bilgi veriyor:

Concrete that works fine - without any sand

No-fines concrete (NFC) is obtained by eliminating the fine material - sand - from the normal concrete mix. Instead, single-sized coarse aggregates are surrounded and held together by a thin layer of cement paste to add strength.

Among the main advantages of NFC is economy in materials, higher thermal insulating values, lower shrinkage, and lower unit weight and density.

İAB iri agregası ve çimento hamurundan oluşur. Sertleştikleri zaman, agregası partikülleri ince çimento hamuru tabakasıyla örtülür ve birbirleriyle noktadan noktaya temas içindedir. Her temas noktasında, hamur küçük şeritler oluşturur. Bu şeritler partikülleri bir arada tutup betona dayanım sağlar.

Bu yüzden İAB birbirine bağlı büyük boşluklara ve normal yoğun betondan daha düşük yoğunluğa sahiptir. İAB'nin yapısı kanalizasyon ve bodrum zeminlerinin altında drenaj tabakası olarak kullanılması için mükemmeldir. Yalıtım tabakası ve nem dirençli malzeme olarak da kullanılabilir ancak İAB, agresif kimyasal özellikli suların olduğu yerlerde drenaj için kesinlikle uygun değildir.

Malzemeler:

- Çimento: SANS 50197'e uygun normal çimentolar İAB için kullanılabilir. Harç çimentoları uygunsuzdur.
- Su: Normal betonların yapımında kullanılan su uygundur.
- Agregalar: Temiz, tek boyutlu agregaya kullanılmalıdır. Pul pul olan agregalardan kaçınılmalıdır. En yaygın kullanılan agregaya 19mm kırma taştır. Daha küçük taşlar kullanılabilir. Hatta daha küçük taşlarla yapılan karışımları işleyip yerleştirmek daha kolaydır ama bunun için çok daha fazla çimento gerekir.

Çoğu uygulama için her çimento torbası (50 kg) başına 200 ila 300 litre agregaya karıştırın. Karışımdaki su miktarı kritik: Hamur çok kuru olursa agregayı düzgün kaplayamaz, çok ıslak olursa agregaya partiküllerini ayırıştırır ve dökümün altındaki boşlukları tıkar. Su miktarı çimento torbası başına 18 ila 22 litre arası olmalıdır.

Sıkıştırılmış İAB'nin gevşek hâlde ölçülmüş metre küpü aşağı yukarı 1,05 m³ agregaya gerektirir. Karışım oranına göre çimento içeriği 260 ila 180 kg arası olmalıdır.

El ile karıştırmak zor ve zahmetli olacaktır için İAB makineyle karıştırılmalıdır. Elle karıştırmak dışında bir seçenek yoksa, çimento-su hamurunu agregayla karıştırılmadan önce ayrı bir kaptaki karıştırmak en iyisi olacaktır. Hamuru karıştırırken, çimentoyu suya ekleyerek karıştırın. Suyu çimentoya eklemeyin. İAB açık yapısı yüzünden hızla kuruduğu için karıştırıldıktan sonra en kısa zamanda yerleştirilip sıkıştırılmalıdır. Sıkıştırma betonu şişleyerek elde edilir. Fazla sıkıştırmaya gerek olmadığından titreşim kullanılmamalıdır. İAB açık yapısından dolayı nemli tutulmalı ve

daha önce astarlanmazsa, sıvanmazsa ya da kaplanmazsa en az yedi gün boyunca ıslak şekilde kürlenmelidir.

It is mainly used for load-bearing, cast-in-place external walls of single storey and multi-storey housing, small retaining walls or damp-proofing sub-base material for concrete floors cast on grade.

Here Bryan Perrie, managing director of The Concrete Institute (TCI) sheds some light on this type of concrete:

NFC consists of coarse aggregate and cement paste. In the hardened state, the aggregate particles are covered by a thin layer of cement paste and are in point-to-point contact with each other. At each contact point, the paste forms a small fillet and these fillets hold the particles together and give strength to the concrete.

NFC therefore has large interconnected voids and a lower density than conventional dense concrete. The structure of NFC makes it ideal for use as a drainage layer under reservoir and basement floors and it can also serve as an insulating layer and as a damp-proofing material. Note, however, that NFC is definitely not suitable for drainage purposes where the water is soft or aggressive to concrete.

For most applications, mix proportions range from 200 to 300 litres of aggregate per bag (50 kg) of cement. The water content of the mix is critical: if the paste is too dry it will not coat the aggregate properly; if it is too wet, it will run off the aggregate particles and possibly block the voids at the bottom of the pour. Experience has shown that the water content should be between 18 and 22 litres of water per bag of cement.

A cubic metre of compacted NFC requires about 1.05m³ of stone, measured in the loose state. Cement content is between 260 and 180kg, depending on mix ratio.

NFC should be machine-mixed as hand mixing is difficult and laborious. If hand mixing is unavoidable, it is best to mix the cement-water paste in a container prior to mixing the paste with the stone. When mixing the paste, mix the cement into the water rather than the other way around.

İAB'nin yüzeyi sıvanmak için sert bir yüzeye sahiptir. Normal sıva karışımları kullanılır ve İAB'nin yüzeyi sıvayı uygularken kuru olmalıdır. Sıvanmış İAB duvarları harika özelliklere sahip olmakla beraber, duvarlara aparat bağlamak için ne geleneksel priz ne de beton çivisi kullanılabilir. İAB zemin altı drenajı, çatı yalıtımı ve fayanslar için kullanıldıktan 72 saat sonra sıvayı ıslak şekilde kür edecek şekilde sıvanmalıdır. Çimento torbası başına 100 ila 130 litre beton kumu içeren karışımlar suyla birlikte plastik kıvam çıkaracak şekilde kullanılmalıdır.

İAB'nin neredeyse hiç eğilme veya çekme dayanımı yoktur. Basınç dayanımı ise genellikle 28. günde önceki kapsam göz önünde bulundurulduğunda 5 ve 10 MPa arasındadır. Her çimento torbası başına 50 kg ince kum eklenirse daha yüksek dayanımlar elde edilebilir. Bu, dayanımı arttırır ama aynı zamanda boşlukları azaltıp paralel şekilde yoğunluğu da arttırır.

Kaynak: https://www.engineeringnews.co.za/article/concrete-that-works-fine-without-any-sand-2020-10-27/rep_id:4136

Kendini temizleyen beton, binaların ömrünü uzatıyor



2.000 yıldan uzun bir süre önce Romalılar bugün çimento bazlı beton olarak bildiğimiz malzemeyi icat etti. Dünyadaki en önemli yapı malzemelerinden biri, aynı zamanda çevresel risklere de en dayanıksız olanıdır.

Havaya, yağmura ve kirliliğe uzun süre maruz kaldığı zaman, beton yapılar kirlenir, sollar ve çatlamaya başlar ama bilim insanları binaları güvende tutacak geleceğin betonu- nu keşfetti.

Çin Bilim ve Teknoloji Üniversitesinden Prof. Xu Xin, malzemenin yüzeyinin suyu emebil- diğini söyledi. Su tutma yetisi azaltılırsa çimento hidrofobik olur.

Tech It Out: Self- cleaning concrete helps prolong buildings' life cycle

Over 2,000 years ago, the Romans invented what we now know today as cement-based concrete. It is one of the world's most crucial building materials, and is also the most prone to environmental risks.

Hidrofobik "suya karşı duyulan korku" demektir. Hidrofobi, bir molekülün sudan kaçınma özelliğidir. Bu gibi yüzeyler nilüfer yapraklarından böcek kanatlarına kadar doğada birçok yerde bulunmaktadır. Özel bünyeleri ve kimyasal yapıları sayesinde hem suya hem de toz ve kirleticilere karşı koyabilir.

Bilim insanları bu gibi süper hidrofobik yüzeyleri kıyafet ve ayakkabı gibi günlük kullanılan eşyalar için laboratuvarlarda taklit edebildi. Bu ürünlerin merkezinde PDMS

(Polidimetilsiloksan) olarak bilinen son derece su geçirmez bir silikon polimer var.

Xu, CGTN (Çin Küresel Televizyon Ağı) ile konuşurken "PDMS, toplu üretilebilen ve yüzeylerde koruyucu bir katman olarak kullanılabilen bir sanayi ürünüdür." dedi.

Peki, PDMS polimer nasıl koskoca binaları su geçirmez hâle getirebiliyor? Boya yaparmışçasına duvarlara sürmek yetmiyor, zira üst katmanlar zamanla yıpranıyor.

PDMS'i çimento ile birleştiresek ne olur?

"PDMS çimentoyla birleştirilirse veya bütün bir binayı kaplarsa eşit dağıtım gibi sorunlar ortaya çıkmaz ancak PDMS'de meydana gelen ayrışma, çatlaklara sebep olur."

Peki, PDMS polimeri nasıl etkili bir şekilde çimento ile karıştırabiliriz?

Xu, suya dayanıklı materyal için en uygun taşıyıcının yağ olduğunu belirtti fakat yağ ve suyun karışmadığını hemen hepimiz biliyoruz.

Peki, bu karışımdan nasıl kendini temizleyen beton elde edilir?

Yaz tatlısı olan dondurma örneği ile bu açıklanabilir çünkü yağ ve su arasındaki birlikteliğin en güzel örneğidir. Bu birlikteliğe emülsiyon da deniliyor. Süreç şu şekilde işliyor: Emülsiyonlaştırıcılar kullanılarak sıvı karışımları birleştiriliyor ki ayrılamasınlar. Yani yağ ve suyun birleşemediğini söyleyenler çok da haklı değil, biraz yardımla birleşebilir.

Emülsiyonlaştırma sonucu ne olur? Suda çok miktarda minik yağ damlaları ortaya çıkar. Xu, bu karışıma çimento eklenip karıştırılabileceğini söylüyor.

Artık hidrofobik partikül taşıyan o yağ damlaları sulu harcın her yerine karışmış durumdadır. Bu harç kurutulup ısıtıldığı zaman içindeki damlacıklar buharlaşıp arkalarında hidrofobik polimer gözenekler bırakır.

With extensive exposure to air, rain and pollution, concrete structures tend to get dirty, discolored, and fractured. But scientists have found the future cement to help keep buildings safe.

Xu Xin, a professor at the University of Science and Technology of China, said, the material's surface can absorb water. When people reduce cement's ability to retain water, it becomes hydrophobic.

Hydrophobic literally means "fear of water." Such surfaces exist in nature, from lotus leaves to insect wings. Their special structure and chemical makeup allow them to repel not only water, but also dust and pollutants.

Scientists have been able to emulate these superhydrophobic surfaces in the lab, for application to daily items like clothes and shoes. At the core of these products is a highly water-repellent silicone polymer, known as PDMS.

"PDMS is an industrial product, which can be mass-produced and applied as a layer to protect surfaces," Xu told CGTN.

But how does PDMS polymer work to make an entire building water-repellent? It's not as easy as slathering it on walls, as you would with paint, because top layers would get worn away over time.

What if PDMS is mixed with cement? If you mix it with cement or completely cover a building with PDMS, there wouldn't be many problems, such as equal distribution. The aggregation of PDMS can lead to cracks instead," Xu added.

So how can we effectively get PDMS polymer into concrete?

Professor Xu said the "perfect carrier" for this water-resistant substance is oil. But many of us know that oil and water don't mix.

So how can this mixture happen to create self-cleaning concrete?

Let me expound, with my favorite summer treat: ice cream – it's the perfect example of a marriage between oil and water, also known as emulsion. Through the use of emulsifiers, the process works by stabilizing a mixture of fluids to help them unite and stay together. Therefore, it's not entirely true that oil and water don't mix. They can. With a little bit of help.

İşlemin sonucunda ortaya yeni, hafif ve su geçirmez bir beton çıkacaktır.

Bu beton toz partikülleri ve su dışında süt, bira, soya sosu, kahve, renkli su gibi başka sıvıları da yüzeyinden uzak tutabilecektir. Yüzeyinden içine kadar malzeme süper hidrofobik özelliğini ufulanıp toz hâline getirildikten sonra bile koruyor.

Normal betonların gözenek boyutu aşağı yukarı bir milimetredir. Xu'nun takımı bu boyutu 50 kat daha küçük bir hâle getirmeyi başardı. Gözeneklerdeki bu küçülme sayesinde ısı direnci ve ses emiciliği gelişmiş oldu.

Normal betonlar sertleşip dayanım kazanması için kür sürecinden geçer, bu süreç boyunca birkaç gün ıslak kalsın diye suda bırakılır ancak konu bu yeni beton olduğu zaman işler değişiyor: Süper hidrofobik yüzey olduğu zaman bu betona su eklemek imkânsız hâle gelir fakat bu her an değişebilir. Malzeme normal betonların geçtiği kür sürecinden geçip hem daha güçlü hem de daha verimli olabilsin diye araştırmacılar şimdi de su eklemeyi mümkün kılmaya çalışıyor.

Bilim insanları kendini temizleyen malzemeye tıbbi bir ekleme yapmaya da çalışıyor, bu sayede bu malzeme hem suya hem kire hem de bakterilere karşı koyabilecek hâle gelebilir.

Nemli yüzeyler bakterilerin üremesi için mükemmel bir yerdir. Yüzey kurursa mikrop üreme ihtimali az olur. Xu, bu betonun pratik uygulamalarını geliştirmek istiyorlarsa bilim insanlarının daha yolun başında olduklarına inanıyor.

Kaynak: <https://news.cgtn.com/news/2020-10-02/Tech-It-Out-Self-cleaning-concrete-helps-prolong-buildings-life-Ug41SwSCiY/index.html>