

Moleküllerden Köprülere...

Yapı Malzemeleri Doğadan İlham Alabilir

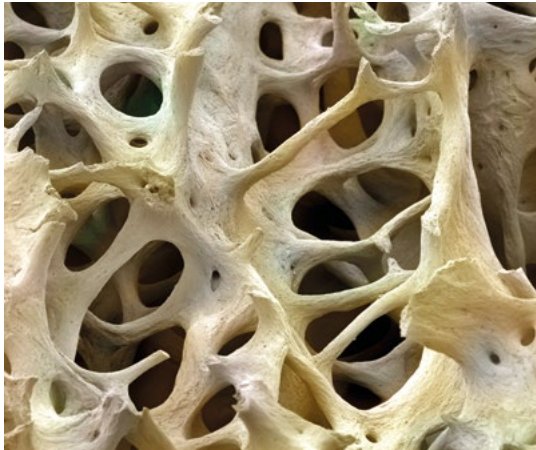
İnsanlığın olmazsa olmaz ihtiyaçlarından barınma, mağaralardan başlayıp rezidanslara kadar uzanan bir gelişim sürecine sahip.

Bu uzun sürecin en önemli bileşenlerinden beton ve çimento gibi yapı malzemeleri mimari yapıların bugün bildiğimiz şekline ulaşmasında büyük bir rol üstlenmiş durumda.

Binlerce yıldır varlığını sürdüren eserler bu malzemelere çok şey borçlu...

Göbekli Tepe'den bugün yaşadığımız evlere kadar uzanan tarihi süreçte yapı malzemeleri de büyük değişikliğe uğradı. Geçmişten günümüze çok sayıda eser bırakan Romalılar, kireci volkanik bir çeşit küllerle bir araya getirip çimento olarak kullandı. Puzzolan çimento olarak da bilinen bu malzemeyle yollardan büyük yapılara kadar pek çok eser inşa edildi. Tarihte Türkler tarafından yapılan

eserlerin birçoğunda Horasan Harcı olarak da bilinen hayli güçlü bir bağlayıcı kullanıldı. Bu madde, bir tür kirecin pişmiş kille karıştırılmasından elde ediliyordu. Modern çimento malzemeleri ise 19. yüzyılda geliştirilen Portland çimentosuna dayanıyor. Kalker ve kil karışımının pişirilip alçıtaşı ile öğütülmesi sonucu elde edilen bu ürünün bugün kullandığımız yapı malzemelerine ulaşılmasında önemli bir rolü var.



Tarih boyunca, yapı malzemelerinin içeriğinin geliştirilmesinde en çok deneme yanılma yöntemi kullanılsa da artık dayanıklı ve sağlam malzemelerin üretiminde farklı bilimsel ve teknolojik yöntemlerden de faydalanılıyor. Bu sayede çok katlı binalar, büyük yapılar kısa sürede inşa ediliyor. Dünyada sudan sonra en çok kullanılan madde beton. Ancak bu kadar çok beton kullanılması hem yüksek enerji ihtiyacı doğuruyor hem de ardında büyük bir karbon ayak izi bırakıyor. Bu nedenle bir yandan hâlihazırda kullanılan yapı malzemelerinin hızlı, kolay ve çok miktarda üretilmesini sağlayacak yöntemlerle ilgili çalışmalar devam ederken diğer yandan da yeni yapı malzemelerinin geliştirilmesine yönelik araştırmalar yapılıyor.

Daha büyük köprülerin veya çok daha yüksek binaların yapımında kullanılacak bu yeni nesil malzemelerin geliştirilmesi için insan gözünün görebileceğinden çok daha küçük maddelerin incelendiği nanoteknolojiden yararlanılıyor. Nano boyutlu (metrenin milyarda biri) yani bir saç telinin yaklaşık 50-100 binde biri ölçeğindeki maddelerin konu edildiği bu teknoloji, yeni yapı malzemelerinin geliştirilmesinde moleküllerden başlayıp büyük binalara uzanacak bir değişime yön veriyor.

Çimento suyla karıştırıldığında sertleşen ve sertleştikten sonra suda çözünmeyen hidrolik bağlayıcı bir maddedir.

Doğadaki varlıkların büyük bir kısmı üstün özellikleri sayesinde farklı alanlardaki bilimsel ve teknolojik gelişmelere ilham olabiliyor. Yapı malzemeleri ile ilgili çalışan araştırmacılara göre betonun ve bağlayıcı maddesi çimentonun da doğayı örnek alarak yeniden tasarlanması mümkün. Doğadaki varlıkların özelliklerinin çok daha iyi anlaşılmasını sağlayan nanoteknoloji burada devreye giriyor. Bu teknoloji sayesinde doğada dayanıklılık, sertlik, sağlamlık gibi farklı özellikleriyle öne çıkan varlıkların yapıları ayrıntılı olarak incelebiliyor.

Prof. Dr. Oral Büyüköztürk kimdir?

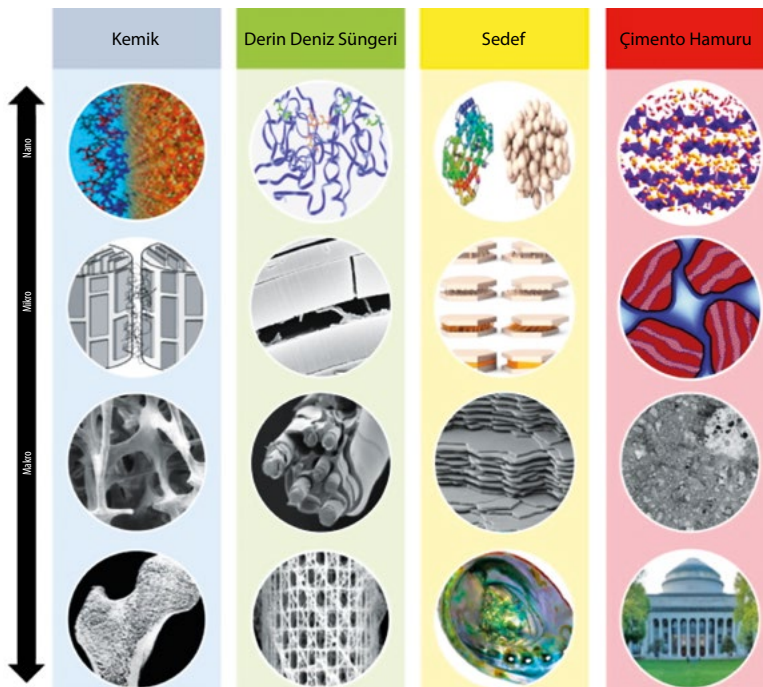
Pertevniyal Lisesi mezunu olan Oral Büyüköztürk lisans eğitimini İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Yapı Mühendisliği Bölümünde aldı (1963). Yüksek lisans ve doktora eğitimlerini Cornell Üniversitesi'nde tamamlayan Dr. Büyüköztürk, araştırmalarına Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (MIT) İnşaat ve Çevre Mühendisliği Bölümünde profesör olarak devam ediyor. Yeni yapılar ile yenilikçi malzemelerin tasarımı ve mekaniği üzerinde çalışmalar yapıyor. Araştırmaları özellikle beton yapıların tasarımı ve davranışı, malzemelerin dayanıklılığı, deprem mühendisliği, yapıların tahribatsız muayenesi, elyaf takviyeli polimerlerin kullanımı

ile çok katmanlı malzemelerin analizleri gibi konularda yoğunlaşıyor. Çok sayıda uluslararası çalışmaya imza atan Dr. Büyüköztürk Amerikan İnşaat Mühendisleri Cemiyeti (ASCE, *American Society of Civil Engineering*), Amerikan Tahribatsız Muayene Cemiyeti (ASNT, *American Society of Nondestructive Testing*), Amerikan Demiryolları Mühendisliği Topluluğu gibi kurumlardan aldığı önemli ödüllerin yanı sıra İsviçre Federal Devlet Araştırma Laboratuvarları Mirko Ros Altın Madalyası'nın sahibi. Bir çok bilimsel derginin editörlüğünü yürüten Dr. Büyüköztürk İskoçya Ulusal Bilim Akademisi ve Edinburgh Kraliyet Cemiyeti'ne de üye.





Mostar Köprüsü



<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061815015664q2>

Bu alandaki yeni çalışmalardan biri de Construction and Building Materials dergisinin Nisan sayısında yayımlandı. Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (MIT, Massachusetts Institute of Technology) İnşaat ve Çevre Mühendisliği'nde görevli Prof. Dr. Oral Büyüköztürk liderliğinde gerçekleştirilen araştırmada yapı malzemelerine ilham olabilecek doğal oluşumların özelliklerini inceleyen çalışmalar bir araya getiriliyor. Böylece bu maddelerin yeni nesil yapı malzemelerinin hazırlanmasına nasıl katkı sağlayabileceği açıklanıyor. Dr. Büyüköztürk'e göre doğal malzemeler basit bileşenlerin karmaşık bir şekilde düzenlenmesiyle büyüleyici bir hal alabiliyor, bu malzemelere üstün özellikler veren mikro mekanizmalar anlaşıldığında bu özelliklerin betona uyarlanması mümkün olabilir.

Araştırmada kemik, sedef (yumuşakça kabuklarının en iç kısmı) ve derin deniz süngerleri gibi varlıkların yapıları ve özellikleri arasındaki ilişkiler inceleniyor.

Bütün bu varlıklar daha doğrusu doğadaki tüm dayanıklı, sert ve güçlü oluşumlar, üstün özelliklerini yapılarına ve içeriklerine borçlu. Örneğin sedefte yaklaşık %95 mineral, %5 organik madde var. Mineraller, tuğla-harç karışımında olduğu gibi tablalar halinde dizilerek birbirine kuvvetlice bağlanır. Yüzeyler arasındaki güçlü bağlar sert ve dayanıklı bir yapı oluşmasını sağlar. Kemiğin yapısında en çok hidroksi apatit ve kollajen vardır. Bu inorganik ve organik maddeler, sayesinde kemiğin mikro ölçekli çatlaklara dayanabilen sağlam bir yapısı vardır. Derin deniz süngerlerinin iskeletini oluşturan iğneye benzer yapılarda (spikül) silisyum katmanları yer alır. Bu katmanlı yapı, çatlak oluşumunu engeller. Çimento doğal yapılardan daha farklıdır. Gözenekli heterojen bir karışım olan çimentoda bağlanmayı sağlayan kalsiyum-silikat-hidrat (C-S-H) jelin içindeki nano ölçekli katmanlar bir araya gelerek daha büyük nanoparçacıkları oluşturur. Bu yapı mikro ölçekte incelendiğinde içeriğindeki atom ve moleküllerin düzenli veya düzensiz dizilen bölgelerden oluştuğu görülür.

MIT mühendisleri dünyanın en çok kullanılan insan yapımı malzemesi olan betonu doğayı örnek alarak yeniden tasarlamayı planlıyor.

Araştırmaya göre, doğal malzemeler ve çimento hamuru arasında içerik ve yapı farklılığı olsa da doğadaki oluşumlar yeni nesil yapı malzemeleri için önemli bir ilham kaynağı olabilir. Ancak doğayı taklit eden malzemelerin çimentoya uyarlanabilmesi için yapı malzemelerinin özelliklerinin de belli bir sistematiğe incelenmesi gerekir. Dr. Büyükoztürk ve ekibi hazırladıkları çalışmada çimento malzemelerinin sil baştan tasarlanmasında hangi özelliklerin incelenmesi gerektiğine de yer veriyor.

Bu sayede biyolojik malzemelerin yapısındaki özelliklerin hâlihazırda var olan çimento üretim yöntemleriyle birleştirilerek yeni nesil yapı malzemeleri üretilmesi hedefleniyor.

Şimdiye kadar bilinen ve kullanılan yapı malzemelerine farklı bir bakış açısı sunan bu çalışmada, çimentonun yapısında yer alan maddeler için nano, mikro ve makro ölçekte yapılması gereken tüm çalışmalar, deneysel ölçümler ve bilgisayar modellemeleri olmak üzere iki ana başlıkta toplanıyor. Elde edilen verilerin, malzemenin sertlik, dayanıklılık, yapışma mekanizması gibi özelliklerinden hangisiyle ilgili olduğu da belirtiliyor.

Bu yöntemin ilk aşamasında malzeme nükleer manyetik rezonans spektrometresi, taramalı elektron mikroskobu, X-ışını difraktometresi gibi cihazlar kullanılarak analiz ediliyor. İlk aşamada elde edilen veriler, bir sonraki simülasyon aşamasına aktarılarak bu malzemedan hazırlanacak köprü, bina ve benzeri yapıların dayanıklılığı inceleniyor.

Çalışmada geliştirilen yöntem sayesinde çimento içeriğinin ve katkı maddelerinin, betonun gücü ve sağlamlığı üzerindeki etkileri kolaylıkla görülebiliyor. Bu yönüyle araştırma, belli başlı biyolojik katkı maddelerinin yapı malzemesi olarak kullanılıp kullanılamayacağının gösterilmesi açısından da büyük bir önem taşıyor. Çünkü yapı malzemesi veya çimento katkı maddesi olmaya aday doğal malzemelerin hâlihazırda kullanılanlarla sistematik olarak karşılaştırılmasına imkân sağlıyor.

Yapı malzemelerine yeni bir bakış açısı getiren bu çalışma sürdürülebilir ve uzun ömürlü bir çimento geliştirmeye yönelik araştırmalar için adeta bir rehber olma özelliği taşıyor. Dr. Büyükoztürk ve ekibi tarafından geliştirilen sistematik yöntem kullanılarak belki de Portland çimentonun yerini alabilecek doğal bir malzeme geliştirilerek mimaride sürdürülebilirlik için önemli bir adım atılabilir. Bu başarırsa mimari yapıların ekonomik, çevresel ve toplumsal gereksinimleri gelecek kuşakların yaşam koşullarına zarar vermeden karşılanabilir.

