

# Geleneksel çeliğe alternatif olarak fiber takviyeli beton

## Fiber-Reinforced Concrete as an Alternative to Conventional Steel

As the demand for more sustainable construction grows and raw material shortages like steel continue to be a challenge, fiber-reinforced concrete has become an increasingly popular choice for flatwork and elevated construction—from precast and ready-mix concrete to shotcrete.

Fibers make concrete significantly more resistant to cracking from plastic and drying shrinkage, leading to a highly durable end product with a longer lifespan. Some fiber types can even greatly reduce construction time and, in some applications, eliminate the need for conventional steel.

### Betonda Neden Lif Kullanılır?

İnşaat demiri ve çelik hasır gibi geleneksel çeliğe uygun maliyetli, dayanıklı ve hatta sürdürülebilir bir alternatif olarak kabul edilen lif takviyeli beton, çeşitli avantajlara sahiptir:

- Plastik ve kuruma rötre çatlaklarını önler
- Daha hızlı inşaat süreleri ve daha düşük işçilik maliyetleri sağlar
- Beton kesiti boyunca eşit dağılımla çelik hasır ile aynı seviyede takviye sağlar
- Geleneksel çelik inşaat demiri ve çelik hasır desteklemek için sehpa ihtiyacını ortadan kaldırır
- Büyük beton kuruluşları tarafından iyi tanınmış ve endüstri standartlarına göre test edilmiştir

### Sentetik Elyafar Çelikle Nasıl Karşılaştırılır?

Mikro sentetik elyafar, kaynaklı hasır üzerindeki plastik büzülme çatlamaına karşı üstün direnç sağlarken, kuruma büzülmesi, yapısal yük veya diğer stres türlerinin neden olduğu daha fazla çatlak genişliğinde açıklıklara karşı dirençli değildir.

Sürdürülebilir yapılara olan talep artışı ve çelik gibi ham maddelerin temininde sorun olması, fiber takviyeli betonu, prefabrik, hazır beton ve püskürtme beton dâhil inşaatlar için daha popüler bir seçim hâline getirdi.

Lifler, betonu büzülmeden kaynaklanan çatlama ve kuruma büzülmesine karşı önemli ölçüde daha dirençli hâle getirerek daha uzun ömürlü, son derece dayanıklı bir son ürün ortaya çıkarır. Hatta bazı fiber türleri inşaat süresini büyük ölçüde azaltabilir ve bazı uygulamalarda geleneksel çeliğe olan ihtiyacı ortadan kaldıracaktır.

Bununla birlikte, yerleştirme sırasında betonun çatlama direncini, dağılmasını, donma-çözülme dayanıklılığını ve homojenliğini geliştirmek için her türlü betonda kullanıma uygundur. Mikrofiberler, fiber türüne ve uygulama tipine bağlı olarak 0,3 - 0,9 kg/m<sup>3</sup> arasında değişen dozaj oranlarıyla 12 - 19 mm uzunluklarda kullanılabilir.

Makro sentetik elyafar yalnızca plastik büzülme karşı direnç sağlamakla kalmaz, aynı zamanda uygun şekilde tasarlandığında betonun dayanıklılığını, tokluğunu ve sınırlı yapısal kapasitesini de artırır. Geleneksel donatıya eş değer miktarlarda dozlanan bu lifler, beton kesit boyunca üç boyutlu olarak dağıtılır. Makro sentetik fiberler çelik fiberlerin kullanımına benzetilebilir, ancak daha hafif olmaları, aşındırıcı olmayan yapıları ve yüksek pompalanabilirlikleri nedeniyle genellikle yerleştirilmesi ve bitirilmesi daha kolaydır. Makro elyafar tipik olarak 38 - 50 mm uzunluğunda olup, dozaj oranları elyaf ürününe ve uygulama tipine bağlı olarak 1,8 - 9,0 kg/m<sup>3</sup> arasında değişmektedir.



Plastik betonun büzülme çatlamaını kontrol etmek için kullanılan mikro fiber takviyesi

### Peki sentetik elyafar, çelikle rekabet edebilir mi?

Makrofiberler çeliğe eş değer dayanıklılık ve artık dayanım kapasitesi sunar. Yeterli bir fiber tasarımının gerçekleştirildiği varsayıldığında, makro sentetik fiberler genellikle çeliğe kıyasla 5-10 kat daha az malzeme ağırlığı gerektirir ve bu da yerinde taşıma ve depolamayı kolaylaştırır. Ayrıca manyetik ve aşındırıcı değildir; bu da onları estetik ve güvenliğin önemli olduğu dış kaplamalar için ideal kılar. Makro elyaf içeren beton aynı zamanda bir miktar esnek hâle gelir, pompalama hatları ve ekipmanı için neredeyse aşındırıcı değildir.



Sentetik makrofiber takviyesi



Tipik çelik fiber takviyesi

## BETON ZEMİN



Makrofiber takviye, inşaat demiri ve çelik hasıra göre maliyet tasarufu sağlar

Beton zeminlere erken yaşta çatlama direnci sağlayan fiber takviye, sıcaklık/büzülme çatlakları kontrolü ve sınırlı yapısal uygulamalar için geleneksel çeliğin yerine kullanılabilir. Makrofiberlerin sunduğu üç boyutlu takviye aynı zamanda aşınmaya, yorulmaya ve darbelere karşı daha fazla dayanıklılık sunarken, gelişmiş dayanıklılık sayesinde hizmet ömrünü de artırır.



Makrofiber çatlama karşı üç boyutlu güçlendirme sağlar

Ayrıca, beton matrisin artan çekme kapasitesi, genel büzülme gerilimlerini azaltabilir, bu da daha fazla derz aralığına olanak tanır. Makro sentetik ve çelik fiberli zemin tasarımlarında kontrol derz aralıklarının artırılmasını destekleyen başarılı örnekler ve önemli sektör araştırmaları mevcuttur. Bu genellikle ileri kimyasal katkıların kullanıldığı geliştirilmiş beton karışımı tasarımlarının yanı sıra uygun yerleştirme ve kütleme uygulamalarıyla desteklenir.

Bazı elyaf üreticileri derzsiz zeminler üzerinde de deneyler yapmıştır. Derz aralıklarını geleneksel inşaat uygulamalarının ötesine taşımak için dikkate alınması gereken birçok faktör vardır. Düşük su/çimento oranı, daha düşük çimento içeriği ve yeterli kürlenme ile rötre azaltıcı ve/veya telafi edici katkıları, kıvrılma ve rötre çatlakları riskini azaltan parametrelerdir. Uygun alt zemin hazırlığı, yerleştirme, derz kesimi derinliği, kütleme süresi ve çevresel etkiler gibi diğer faktörler de değerlendirilmelidir.

Mühendislik ve şartname gerekliliklerinin karşılandığından emin olmak için endüstriyel döşeme inşaatı projesinden önce test ve doğrulama yapılması önemle tavsiye edilir. Bu genellikle, potansiyel derz aralığı ölçümlerinin tartışılmasına yol açan genel büzülme özelliklerini belirlemek için önerilen beton karışımı tasarımı üzerinde büzülme testleri ile yapılır.

## BETON KAPLAMA





Makro fiber takviyeli beton kaplama

Fiber takviyeli beton aynı zamanda mevcut yol kaplamalarının ve köprü tabliyelerinin yeniden kaplanması ve rehabilitasyonu için uygun maliyetli, sürdürülebilir bir çözümdür. Aslında, birçok ulaşım kurumları, hizmet ömrünü artırmak ve uzun vadeli bakım maliyetlerini azaltmak için, geleneksel çelik yerine makrofiberleri teşvik ediyor. Yeni yol kaplamaları, tam kapsamlı yenileme ve tamirat sistemleri için performans dayalı spesifikasyonlar geliştiriyor.

Makro sentetik fiberler, geleneksel donatılı zeminlerin maliyetini ve imalat süresini önemli ölçüde azaltır, hatta tamamen ortadan kaldırırken, şantiyede daha az çevresel etkiyle kolayca yerleştirilen beton kaplamalar üretilir.

### BETON DUVAR SİSTEMLERİ

Makro sentetik fiberler aynı zamanda neredeyse her türlü beton duvar uygulamasında çelik donatıya alternatif olarak da kullanılabilir. Dozaj oranları, standartlaştırılmış test yöntemleri ve endüstri uygulamaları tarafından desteklenen mukavemet hesaplamalarına dayanmaktadır. Bu, daha dayanıklı beton üretirken zaman ve işçilik maliyetlerini önemli ölçüde azaltır. Bu lifler aynı zamanda istinat duvarı gibi duvar uygulamalarında da çelikle aynı dayanım kapasitesini sağlayabilmektedir.

Makro fiber takviye, geçmişte toprak, rüzgâr ve diğer yüklenme koşullarından kaynaklanan kuvvetlere direnmek üzere tasarlanmış çelik donatı ile güçlendirilmiş yalıtımlı beton kalıp duvar sistemleriyle inşa edilen binalar için uygun maliyetli, sürdürülebilir bir çözüm olarak kullanılabilir. Doğru dozajda makrofiberler, yalıtımlı beton duvarlarındaki inşaat demirini ortadan kaldırarak önemli ölçüde zaman ve maliyet tasarrufu sağlar.

### Beton Karışım Tasarımı ve Uygulamasında Dikkat Edilmesi Gerekenler

Lif eklemek genellikle beton karışımının kıvamını düşürerek çökme değerini azaltır; bu da yerleştirme sırasında taze betonun işlenebilirliğini etkiler. Bu nedenle kıvamı korumak için daha fazla su veya katkı gerekir; aynı zamanda şantiyede işlenebilirlik kaybı da ortaya çıkabilir. Tipik dozajlarda kullanılan mikrofiberler genellikle çökmeyi biraz azaltır ve yerleştirme özelliklerini korumak için önemli değişiklikler gerektirmez ancak makro-sentetik ve çelik fiberler, fiber tipine ve dozajına bağlı olarak betonun işlenebilirliğini önemli ölçüde etkileyebilir.

ACI 544.3 Standardı, elyaf takviyeli betonun işlenebilirliğini geliştirmek için karışım tasarımını potansiyel olarak değiştirmeye yönelik öneriler sunar. Ayrıca süper akışkanlaştırıcılar veya su azaltıcılar gibi kimyasal katkıların kullanılması betonun su ilave edilmeden işlenebilirliğini artırır. Karışımın işlenebilirliğini sağlamak için deneme serilerinin yapılması tavsiye edilir.



Fiber kullanılan yalıtımlı beton kalıp inşaatı / Tipik fiber takviyeli beton yüzey kaplaması

Fiber malzeme türü, mimarisi, boyutu ve dozajı gibi faktörler, fiber takviyeli betonun yüzey kaplamasını ve ayrıca kullanılan gerekli yüzey bitirme yöntemini etkileyebilir. Sert fiberler tipik olarak esnek fiberlere göre yüzeyden yukarıya doğru çıkıntı yapma eğilimine daha fazla sahiptir.

Fiber takviyeli betonun bitirilmesinde uygun vibrasyon bir diğer önemli faktördür. Genel öneri, geleneksel betonla aynı bitirme tekniklerinin ve yaklaşık zamanlamanın kullanılmasıdır. Sentetik elyaflar yüzeydeki terleme suyunu geciktirebilir, bu da daha büyük döşemelerde bitiş zamanlamasını etkiler.



Makrofiber takviyeli beton yüzeyi bitirilişi

Tek yönde süpürme veya yüzeyde tekstür oluşturmak için özel süpürge kıllarının kullanılması gibi yüzey görünümünü şekillendiren birçok süpürge bitirme aparatı vardır. Gerekirse, alev tutularak beton yüzeyindeki sentetik elyaflar yakılabilir; ancak istenen tüm sertleşmiş beton özellikleri elde edilene kadar kullanılmamalıdır. Yüksek dozajda makro sentetik ve çelik elyafların kullanıldığı endüstriyel, ticari ve depo zeminlerinin bitirilmesinde genellikle lazer veya vibrasyonlu tesviye araçları önerilir.

**Kaynak:** <https://concretefactsmagazine.com/2023/10/27/fiber-reinforced-concrete-as-an-alternative-to-conventional-steel/>



# Adaları selden koruyan yapay mercan resifleri

Mercan resifleriyle çevrili adalar genellikle alçak rakımlı olduklarından kıyı taşkınlarına karşı son derece savunmasızdır. Dünya çapında mercan resiflerinin yok olması, dalgaların serbestçe hareket etmesine olanak tanıyor. Mercan resiflerini koruma çabalarının yanı sıra, yapay olarak mercan resiflerini restore etme yöntemleri geliştiriliyor. Peki, resif restorasyonu, taşkınlarla karşı etkili bir azaltma önlemi olabilir mi?

Mercan resifi restorasyonunun etkisini doğru bir şekilde modellemek ve tahmin etmek için Delft Teknik Üniversitesinden (TU Delft) araştırmacılar, dünyanın en büyük dalga kanallarından birinde bir resife sahip kumlu bir ada inşa etmeye karar veren Plymouth Üniversitesi ile iş birliği yaptı. Farklı deniz seviyesi koşulları altında mercan resifi üzerinde dalgaların nasıl değiştiğini ölçüldü. Mercan resifi restorasyonunun etkisinin bu kadar büyük ölçekli bir laboratuvar deneyinde ilk kez inceleniyor olması dikkat çekicidir.

## Dalga kanalında hasar görmüş resifler

TU Delft'te okyanus dalgaları ile ilgili çalışmaları olan öğretim görevlisi Marion Tissier, bu deneyin gerçekleştirilebilmesinden çok memnun: "Bu, benzersiz bir fırsat. Dalga kanalının boyutları sayesinde, mercan resifi adalarındaki gerçek duruma yaklaşabiliriz." 300 metre uzunluğundaki Deltares Delta dalga kanalında, 50 metre uzunluğunda kumlu bir ada inşa edildi ve 1,5 metreye kadar yükselen dalgalarla karşılaşacak. Başlangıçta resif, deforme olmuş bir mercan resifini temsil edecek şekilde düz olacak. Ardından, mercan resifi yapay resif yapıları kullanılarak restore edilecek.

## Karmaşık mercan örtüleri

Bu aşamada, yüksek lisans öğrencileri Vincent Takens ve Kjell Albers da devreye giriyor. Farklı konfigürasyonlarda ve aralıklarda 150'ye kadar 3D baskılı yapay resif parçası yerleştirildi. Bu yapay resif yapıları, doğal bir mercan örtüsünün

## Artificial coral reefs that help protect islands from flooding

Reef-lined islands are often low-lying and thus extremely vulnerable to coastal flooding. The vanishing of coral reefs worldwide gives the waves free rein. Besides efforts to protect the reefs, ways to artificially restore coral reefs are being devised. Can the proposed reef restoration be an effective mitigation measure against flooding?

karmaşık yapısını taklit edecek şekilde tasarlanmış olup, çevre dostu bir kıyı koruma önlemi olarak işlev görecek.

Bu deneyin büyük ölçeği, suyun bu karmaşık yapılar arasında nasıl hareket ettiğine ve dolayısıyla bu yapıların dalgaları nasıl etkilediğine dair gerçekçi bir resim elde etmemizi sağladığı için önemlidir.

## Taşkın riski azaltma

Resif yapılarıyla etkileşime giren dalgalar hakkında elde edilen bilgilerle, resif restorasyonunun ada taşkınları üzerindeki etkisini daha iyi anlayabilir ve tahmin edebiliriz. Tissier, "Umarım bu bilgiler kıyı koruma için tasarımın optimize edilmesine yardımcı olur." diyor. Ayrıca, veri seti sayısal model geliştirme için kullanılacak. "Bu, nihayetinde gelecekteki taşkın senaryolarını ve taşkınla mücadele önlemlerini analiz etmek için kullanılacak ve resiflerle çevrili adalar için taşkın tahmini yapılmasına olanak sağlayacaktır."



**Kaynak:** <https://www.tudelft.nl/en/2024/citg/artificial-coral-reefs-that-help-protect-islands-from-flooding>

# Sürdürülebilir 3D beton baskıya doğru



## Sürdürülebilir 3D beton baskıya doğru

Ekstrüzyon bazlı 3D Beton Baskı (3DCP) uygulamalarının sayısı son birkaç yılda hızla arttı. Bu, üretkenliği artırmayı ve yeni mimari tasarımlar elde etmeyi amaçlayan yeni inşaat yöntemlerini keşfetmeye yönelik endüstriyel bir çabayı gösteriyor; böylece inşaat yöntemleri bir üretim sürecine dönüştürülüyor. Bunu sağlamak için inşaat tasarım, malzeme ve süreçler arasında kesintisiz bir bağlantı oluşturmak gerekiyor.

Bu, malzeme geliştirme, süreç izleme ve malzeme karakterizasyon yöntemleri üzerine araştırma yapılmasını gerektirir. Danimarka Teknoloji Enstitüsü, bu ihtiyacı karşılamak ve aynı zamanda inşaat sektörüne yeni bilgiler kazandırmak amacıyla, Danimarka inşaat sektörünün önemli oyuncularıyla iş birliği

## Next Generation 3D-printed Concrete Structures (N3XTCON)

### Towards sustainable 3D Concrete Printing

The number of extrusion-based 3D Concrete Printing (3DCP) applications has increased rapidly over the past few years. This indicates an industrial strive to explore new construction methods, aiming at boosting productivity and obtaining new architectural designs; thus, shifting building methods into a manufacturing process. To enable that, it is necessary to create a seamless link between design, materials, and processes in construction.

This calls for research on material development, process monitoring, and material characterisation methods. To address such need, while generating new knowledge to the construction industry, the Danish Technological Institute – in collaboration with key players from the Danish construction industry – started the project “Next Generation 3D-printed Concrete Structures” (N3XTCON).

The N3XTCON project aims at developing technologies that bring 3D Concrete Printing (3DCP) to an industrial scale – with a clear focus on sustainability and new architectural designs. Its scope includes both on-site and prefabrication applications based on extrusion-based 3DCP, including the production of large-scale reinforced concrete structures as well as residential buildings. The is funded by the Innovation Fund Denmark and runs until 2022.

içinde, “Yeni Nesil 3D Baskılı Beton Yapılar” (N3XTCON) projesini başlattı.

N3XTCON projesi, sürdürülebilirliğe ve yeni mimari tasarımlara net bir şekilde odaklanarak 3D Beton Baskıyı (3DCP) endüstriyel ölçüğe getiren teknolojiler geliştirmeyi amaçlıyor. Kapsamı, büyük ölçekli betonarme yapıların yanı sıra konut binalarının üretimi de dâhil olmak üzere, ekstrüzyon bazlı 3DCP'ye dayalı hem yerinde hem de prefabrikasyon uygulamalarını içeriyor. Proje, Danimarka İnovasyon Fonu tarafından finanse ediliyor.

**Kaynak:** <https://www.cpt-worldwide.com/research-and-development-77/issue-81/towards-sustainable-3d-concrete-printing-889>

# Beton üretiminin evrimi ve geleceği

Çimento bazlı malzemeler çok uzun zamandır hayatımızda ve antik Romalılar, volkanik puzolanları kullanarak bu malzemeleri ilk kez etkin bir şekilde değerlendiren mühendisler olarak sıkça anılır. 1700'ler ve 1800'ler boyunca İngiltere ve Fransa'da kayda değer gelişmeler yaşandı. Sonuçta, Dorset, İngiltere'deki Portland Adası'ndan adını alan Portland çimentosu, modern altyapının en temel malzemesi olan betonun kilit bileşeni olarak dünyada baskın hâle geldi. Hazır beton tesislerinin, en yüksek kaliteli betonu ürettiği ve artık üretim süreçlerinin dozaj sistemleriyle kontrol edildiği tartışmasızdır.

## Modern hazır beton'un doğuşu

Talihsizlik genellikle fırsat yaratır. II. Dünya Savaşı'nın yıkımı, altyapının yeniden inşasını birçok Avrupa ve Asya ülkesinde ulusal bir öncelik hâline getirdi. Aynı dönemde, ABD Başkanı Eisenhower'ın ulaşım vizyonu, devasa bir altyapı ihtiyacı doğurdu ve bu, ABD'nin karayolu sisteminin inşasını gerektirdi. Avrupa'daki yarı devletleştirilmiş hazır beton üreticileri dev şirketler yaratırken, serbest piyasa odaklı ABD'de ise ülke genelinde binlerce yeni şirket ortaya çıktı.

Talep baskısı, betonu büyük ölçüde yerinde karışım yönteminden kamyonlarla teslim edilen hazır betona dönüştürdü. Bu durum, merkezi üretim sayesinde yapısal kalite kontrolünde de iyileşmelere yol açtı ancak üretim, materyal akışını kapaklar ve valfler aracılığıyla kontrol etmek için kolları güçlü insanlar tarafından kadranslar, tekerlekler ve kollarla yapılırdı.

## Batching Evolution and the Future

*A look at how game-changing technologies have been transforming ready mixed concrete and batching.*

*Cementitious materials have been around for a very long time, with the ancient Romans often cited as the first accomplished engineers to exploit them via volcanic pozzolanas. Throughout the 1700s and 1800s, significant development took place in England and France. Ultimately, ordinary portland cement—named after the Isle of Portland in Dorset, England—dominated the world as the key ingredient for the most essential material for modern infrastructure: concrete. Arguably, ready mixed concrete (RMC) plants produce the highest-quality concrete and are now controlled by batching systems.*

*Misfortune often drives opportunity. The ravages of World War II demanded the reconstruction of infrastructure as a national priority in much of Europe and Asia. In parallel, President Eisenhower's vision for transportation in the U.S. demanded immense infrastructure to build out the interstate system.*

1960'lar ve 70'lerin başlarında katı hal transistörlerin gelişmesiyle birçok endüstri bu fırsatı değerlendirerek operasyonlarını iyileştirmek için bilgisayarları kullanmaya başladı. Alkon Corp., tamamen elektronik kart okuma özellikli ilk tesis dozaj sistemlerinden birini yarattı. Bu sistem yaklaşık 76 x 127 cm büyüklüğündeydi. Karışım tasarımında belirtilen malzeme ağırlıkları ile delinmiş plastik kartlar, kapakları ve valfleri kontrol eden makineye yerleştirilerek bir karışım üretildi.

## Çığır Açan 1: Masaüstü bilgisayarlar/spectrum

1982 yılında, Intel 80286 16-bit mikroişlemcisi (diğer adıyla 286) dünyayı salladı ve güçlü cihazları insanların masalarına yerleştirerek bilgisayarları yaygınlaştırdı. Erken yenilikçiler, dozaj bilgisayarları için 286'ya geçiş yaptı. Bu bilgisayarlar, uç cihazları çalıştırmak için özel bağlantı kutuları ve manuel istasyonlar aracılığıyla tesisle entegre edildi; en yaygın olanı Alkon Spectrum'du. Bu bilgisayarlar, malzeme üreticisinin sahip olduğu tek bilgisayarlar arasında yer alıyordu.

Hazır betonun gerçek zamanlı doğası, hızlı dozajlamayı gerektirir ve üretilen birim başına maliyeti düşürür. Daha güçlü bilgisayarlar, hız için en zor sorun olan, hedefe ulaşmak için malzeme akışını kontrol eden kapak ve valflerin açılma süresinin ayarlanmasını sağladı. Bilgisayar, önceki tartımlardaki doğruluğu kısa bir süre izler ve bir sonraki malzeme tartım süresi için ince ayar yapardı.

1970'lerin sonlarından 1980'lerin sonuna kadar, ABD hazır

beton endüstrisi büyük bir konsolidasyon yaşadı ve bu da daha fazla kamyon, tesis, karışım, teklif vb. işlevselliğini koordine etme ihtiyacını doğurdu. Bu, mikroişlemci tabanlı dozaj sistemine satış, lojistik, kalite kontrol ve çok daha fazlası için işlevsellik eklenmesine yol açtı ve bu da sistemi "mini-dispatch" olarak adlandırılabilir bir yapıya itti.

### Çığır açan mobil teknoloji

2000'lerin başında, ağ teknolojisinde önemli ilerlemeler yaşandı ve bu da hizmet olarak yazılım (SaaS) ve bulut bilişime yol açtı. Bilgisayar çip teknolojisinde kaydedilen büyük ilerlemelerle birlikte, SaaS ve bulut bilişim, nihayetinde 2008'de iPhone'un piyasaya sürülmesini sağlayan mobil el cihazlarına doğrudan yol açtı. Apple'ın bu lansmanı, 30 yıl içindeki dünyanın ikinci büyük çığır açıcı olayı olarak kabul edildi ancak, riskten kaçınan, maliyet odaklı hazır beton endüstrisi, SaaS ve buluta geçişi talep etmedi.

### Çığır açan yapay zekâ (AI)

Piyasada ciddi rekabet yaratacak yeni dozajlama çözümleri ortaya çıktı; bunlardan bazıları, modern ve genel olarak mevcut PLC'lere (programlanabilir lojik kontrolörler) dayalı, daha maliyet verimli platformları kullanıyordu. 2010'ların sonlarında, çip teknolojisindeki ek gelişmeler, dünyayı bir kez daha sarsan yapay zekânın uygulanabilir hâle gelmesini sağladı. Yapay zekânın dozajlamada sağladığı en önemli kazanım, malzeme tartım sürelerinin ayarlanarak daha iyi doğruluk ve kalite sağlanması ve üretim hızının artırılması oldu.



Şekil 1: 90'lardan kalma bir Kontrol Ünitesi

### Dozaj hesabından daha fazlası

Nitelikli iş gücü geliştirmek ve bu iş gücünü elde tutmak her zaman zor olmuştur. SaaS uyumlu modern dozajlama sistemleri artık bulut üzerinden kontrol edilebilir. Bu, yapay zekâ tabanlı sevkiyat optimizasyonu ile birleştiğinde, merkezden dozajlama gözetimini sağlayacak ve tesis bazlı dozaj personeline olan ihtiyacı azaltacak veya tamamen ortadan kaldıracaktır.

Hazır beton kamyonunu tesisin bir uzantısı olarak görüp onu mobil bir üretim platformu olarak yeniden markalaştırmak mümkün olacaktır. Kritik ölçümler ve düzeltmeler yapabilen hava ölçüm sistemleri ve yerleşik dozajlama gibi önemli ilerlemeler, yolda giderken yapılabilir hâle gelmiştir. Gelecekteki dozajlama süreçleri, yolda taşınan betonun karakteristiklerinin dönüşleri bir sonraki üretilen karışıma etki edecek şekilde ortaya çıkacaktır.

Planlanmamış gecikmeler son derece maliyetlidir ve mekanik veya elektronik arızalardan kaynaklanabilir. "Arıza onarım" en az maliyetli parça değiştirme yaklaşımıdır, ancak gecikmiş üretim, potansiyel mali ve itibar kaybı nedeniyle en maliyetli olanıdır. Önleyici bakım en pahalı yaklaşımdır, genellikle "kusursuz" bileşenleri değiştirir, ancak en güvenilir olanıdır. Yapay zekâ sayesinde, modern dozaj sistemleri, bu alanda en düşük maliyetli ve en güvenilir yaklaşım olan kestirimci bakımda önemli bir rol oynayabilir.

Yapay zekâ ile karışım optimizasyonunda da büyük ilerlemeler kaydedilmiştir. Yapay zekâ ile optimize edilmiş dozajlama süreçlerinin çok düşük hata payı ve SaaS bağlantısı ile birleştiğinde, kalite kontrolünü iyileştirmek, maliyetleri düşürmek ve karbonu azaltmak için dijital geri besleme döngüsü oluşturulabilir.

Roma mühendislerinden ve doğal puzolanlardan bu yana çok yol kat ettik. Modern teknoloji ile hazır betonun üretimi konusunda büyük ilerlemeler kaydediyoruz; bu sayede betonun maliyeti ve karbon ayak izi azaltılacak ve modern altyapıyı desteklemede daha da güvenilir hâle gelecektir.



**Kaynak:** <https://concreteproducts.com/index.php/2024/08/20/batching-evolution-and-the-future/>



# Beton yoğunluğunun sismik tasarıma etkisi

Beton önemli ölçüde basınç dayanımı sağlar ve uygun şekilde donatılındırırsa sismik aktivitenin neden olduğu eğilme ve kayma kuvvetlerine dayanabilir ancak, sismik tasarımda, aşırı dayanımın fazlası bazı durumlarda zararlı olabilir. Beton için, daha yüksek bir mukavemet kırılma eğilimine neden olmaktadır.

## How Concrete Density Can Impact Seismic Design

Concrete provides considerable compressive strength and, if reinforced properly, can withstand flexure and shear caused by seismic activity. But, in seismic design, too much of a good thing can in some cases be detrimental. For concrete, a higher strength can contribute to brittleness. Brittle structures often perform less than optimally during seismic events. While there are several approaches to improve the seismic behavior of concrete structures, these solutions often address only one aspect of seismic design. Reducing the total mass of a structure, while still providing the same functionality, can also impact its seismic resilience.

Structural lightweight concrete (SLWC) has a lower density than normal weight concrete (NWC), which can significantly reduce the overall mass of a structure. Structural components can weigh less when SLWC is used because they are carrying less deadload from self-weight and the elements that they are supporting, such as SLWC floor slabs.

Yapısal hafif beton (YHB), normal ağırlıktaki betona (NAB) göre daha düşük bir yoğunluğa sahiptir ve bu da bir yapının toplam kütlesini önemli ölçüde azaltabilir. YHB kullanıldığında yapısal bileşenler daha hafif olabilir çünkü YHB zemin döşemeleri gibi kendi ağırlıklarından ve destekledikleri elemanlardan daha az ölü yük taşırlar. İkinci olarak, YHB kullanımı kirişlerin, kolonların ve döşemelerin boyutunu azaltabilir. Son olarak, YHB elemanlarının boyut ve ağırlığındaki azalmalar daha küçük temellere izin verir.

Daha hafif yapılar deprem sırasında daha az sismik atalet yaşadığından, mühendisler ve beton üreticileri bir yapının kütlesini azaltmak için YHB kullanarak gelişmiş sismik dayanıklılık planlayabilirler.

Kırılgan, yani gevrek yapılar sismik olaylar sırasında genellikle optimumdan daha az performans gösterir. Beton yapıların sismik davranışını iyileştirmek için çeşitli yaklaşımlar olsa da, bu çözümler genellikle sismik tasarımın yalnızca bir yönünü ele alır. Bir yapının toplam kütlesinin azaltılması, aynı işlevselliği sağlamaya devam ederken, sismik esnekliğini de etkileyebilir.

Yapısal hafif beton (YHB), normal ağırlıktaki betona (NAB) göre daha düşük bir yoğunluğa sahiptir ve bu da bir yapının toplam kütlesini önemli ölçüde azaltabilir. YHB kullanıldığında yapısal bileşenler daha hafif olabilir çünkü YHB zemin döşemeleri gibi kendi ağırlıklarından ve destekledikleri elemanlardan daha az ölü yük taşırlar. İkinci olarak, YHB kullanımı kirişlerin, kolonların ve döşemelerin boyutunu azaltabilir. Son olarak, YHB elemanlarının boyut ve ağırlığındaki azalmalar daha küçük temellere izin verir.

## Sismik atalet nedir ve bir yapının kütlesiyle ilişkisi nedir?

Sismik olaylar zemini sarsar. Buna tepki olarak bina, tabanındaki zemin hareketine maruz kalır. Bir yapının bu temel elemanlarına oturan kısımları, atalet yoluyla dolaylı olarak sismik kuvvete maruz kalacaktır.

Bir yapının maruz kaldığı sismik kuvvet, sismik olay sırasındaki yer ivmesinin ve yapının toplam kütlesinin bir fonksiyonudur. Bu nedenle, yer hareketi aynı kalacağından, bir yapının kütlesinin azaltılması, yapının tasarlanması gereken atalet kuvvetlerini azaltacaktır. YHB betonu, metreküp başına yaklaşık 1.520 kg kadar düşük bir yoğunluğa sahip olabilir; bu değer, NAB için tipik olan 2.320 kg/m<sup>3</sup> yoğunluğa kıyasla oldukça düşüktür. Azalan ağırlığın, bir yapının maruz kaldığı atalet etkilerini azaltması beklenebilir.

## Sismik bölgelerde köprü tasarımları için YHB uygulaması

YHB kullanımı, sismik bölgelerdeki köprü tasarımlarını da iyileştirebilir. Örneğin, Kuzey Kaliforniya'daki Green Valley Fayı'nın yaklaşık 4,8 kilometre batısındaki yaşam hattı kara yolunun bir parçası olan Benicia-Martinez Köprüsü, yüksek sismik kuvvetlere dayanacak şekilde tasarlanmıştır. Birkaç YHB karışımını test ettikten sonra, mühendislik ekibi metreküp başına 1.920-2.000 kg yoğunluk aralığına ve 28 günde minimum 23400 MPa elastisite modülüne sahip bir YHB belirledi.





Hafif, yüksek performanslı beton seçimi, sismik bir olayın kazıklara, temellere ve ayaklara uygulayacağı kuvveti azaltmanın ve böylece köprünün deprem sırasında yapısal olarak sağlam kalma yeteneğini geliştirmenin anahtarı olmuştur. Ayrıca, ayak ve iskele segmentleri de YHB kullanılarak inşa edilmiş olsaydı, köprünün kütlesinde daha fazla azalma gerçekleşebilirdi.



### YHB her tür yapı için sismik dayanıklılık sağlayabilir

Sismik davranışı iyileştirmek için bir yapıdaki beton yoğunluğunun azaltılması her tür büyük yapı için önemlidir. Salt Lake City Havaalanı'nın genişletilmesi ve Las Vegas'taki Allegiant Stadyumu bunlara birkaç örnektir. Bu projelerde kütlenin azaltılması, bir deprem meydana gelmesi durumunda yapıların maruz kalacağı sismik kuvvetleri azaltmıştır. Daha da önemlisi, ASTM C330 veya AASHTO M 195'e uygun geliştirilmiş şeyl, kil ve arduvaz hafif agregaların kullanılması, bu projelerde optimize edilmiş maliyetin yanı sıra yapısal gereklilikleri de karşılamıştır.

Mühendisler, yapılar üzerindeki sismik yükü azaltmak için YHB kullanımını göz önünde bulundurmaya ve ardından proje performans kriterlerini karşılamak için gereken beton özelliklerini belirlemeye teşvik edilmektedir. Ayrıca, beton özelliklerinin gereğinden fazla karmaşıklaşmaması önerilmektedir, zira bu durum zorluklara yol açabilir ve proje maliyetlerini gereksiz yere artırabilir.

Second, using SLWC may reduce the size of beams, columns, and decks. Finally, the reductions in size and weight of SLWC elements allow for smaller foundations. Because lighter structures experience less seismic inertia during an earthquake, engineers and concrete producers can plan for enhanced seismic resilience by using SLWC to reduce the mass of a structure.

Kaynak: <https://concreteproducts.com/index.php/2024/08/21/how-concrete-density-can-impact-seismic-design/>

