

McCarthy, İnşaatlarında Beton Karışımında Sıvı Nitrojen Kullanıyor



Kuzeydoğu Texas Kanser ve Araştırma Enstitüsündeki lineer hızlandırıcı döşemesi duvarları için sıvı-azotla soğutulmuş 850 m³ beton, iki beton pompası ile 12 saat içinde döküldü. McCarthy yerleştirme ve sıcaklık kontrolünü kendisi yaptı.

Tıbbi tesisler, özellikle kanser tedavisi ve araştırmasında kullanılacak olanlar, benzersiz inşaat zorlukları ortaya çıkarır. İnşaat sırasında oluşan sıcak hava ve pandemi sonrası tedarik zinciri gecikmeleri olması da süreçleri daha da zorlu hâle getirir.

Çok aşamalı sağlık ve araştırma tesisi projelerine yabancı olmayan McCarthy Building Companies Inc., Mayıs 2021'de Tyler'daki 85.000 metrekarelik alana sahip, üç katlı CHRISTUS Mother Frances Hastanesi Kampüsündeki Kuzeydoğu Teksas Kanser ve Araştırma Enstitüsü temelini attığın-

McCarthy Construction Utilizes Liquid Nitrogen in Concrete Mix

The mass concrete pour for the linear accelerator vault walls at Northeast Texas Cancer and Research Institute called for two concrete pumps, which placed more than 1,100 cu. yd. of liquid-nitrogen cooled concrete in the span of 12 hours. McCarthy self-performed the placement and temperature control.

da bu zorlukların üstesinden gelerek inşaatı ekim ayında tamamladı.

Kuzeydoğu Teksas Kanser ve Araştırma Enstitüsü içinde 7.500 metrekarelik alana sahip bir CHRISTUS Health binası bulunmaktadır. Christ Health, 3 Tesla MRI, PET/CT, ultrason, röntgen ve nükleer tıp ile donatılmış gelişmiş bir görüntüleme merkezidir. Ayrıca, CHRISTUS Mother Frances Hastanesindeki Bradley-Thompson Tower'da yer alan ve kanser hastalarına gelişmiş yatarak tedavi hizmeti sunan Louise Herrington Kanser Merkezi bulunuyor. 930 met-

rekarelik alana sahip klinik, cerrahi onkoloji programlarını desteklemek için kullanılacak. Komplekste ayrıca 620 araçlık kapalı otopark da yer alıyor.



Bu tür gelişmiş tıbbi teknolojiye sahip yapılarda, yaklaşık 2,7 metre kalınlığa kadar dikkatli bir şekilde beton koruyucu kalkanı inşa edilmesini gerektirir. Ayrıca, inşaat sırasında oluşan hafriyat, binanın konumu nedeniyle zorluğa sebep oldu. Bir tepenin kenarına inşa edilen tesiste, zeminde yaklaşık 7m'lik kot farkı bulunuyordu. Bu durum da beton temel işinin zamanında tamamlanması için özel kazı yöntemlerinin ve geçici püskürtme beton istinat duvarlarının kullanılmasını gerektiriyordu.

Sıra dışı bir beton dökümü

Projenin lineer hızlandırıcıları çok büyük miktarlarda beton gerektiriyordu. Kesin miktar, 2.340 m³tü. Döşeme duvarları için 850'şer m³lük iki parça hâlinde 12 saatlik dökümler yapıldı. Üçüncü döküm, duvarların altındaki döşeme temeli içindi ve tamamlanması sekiz saat sürdü. Dökümler sadece çok büyük değildi, aynı zamanda betonun iç sıcaklığının 38 dereceyi aştığı bir ağustos sıcaklığında gerçekleşti.



Projenin denetçi yardımcısı Martin Montgomery, "Doğru, bu betonu yaz aylarında dökmek gibi parlak bir fikrimiz vardı." dedi.

Dökülen betonun iç sıcaklığının 24 derece olmasını gerektiren Amerikan Beton Enstitüsü standartlarına göre McCarthy, beton karışımında sıvı nitrojen kullandı ve betonun sıcaklığını düşürmek için beton mikserlerindeki tüm suyu buzla değiştirdi.

Montgomery, "Kamyon yükleriyle buz getirdik ve aslında kasabanın yerel buz tedarikçisini satın aldık." dedi.

Montgomery, "Sızdırma yapmayan (radyasyon geçirmeyen) yeckpare yapılar sağlayan sürekli beton dökümleri için termal kontrol planları geliştiren hazır beton yüklenicimiz Martin Marietta ve Mj2 Consulting ile sürekli koordinasyon ve iletişim sağlanıyordu." diye ekledi.

Koordinasyon ve İletişim

Montgomery, koordinasyon ve iletişimin proje boyunca kritik öneme sahip olduğunu söyledi.



Medical facilities, especially those specializing in cancer treatment and research, pose unique construction challenges. Even more when construction takes place during a heat wave and in the face of post-pandemic supply-chain delays. McCarthy Building Companies Inc., no stranger to multiphase healthcare and research facility projects, met these challenges head on beginning in May 2021 when it broke ground on the 85,000-sq.-ft., three-floor Northeast Texas Cancer and Research Institute on the CHRISTUS Mother Frances Hospital Campus in Tyler, Texas. The facility is scheduled for completion in October.



“Mimari, mekanik, sıhhi tesisat, elektrik vb. tüm iç inşaat çizimlerini içeren projeler, tıbbi ofis binasının yerinde beton dö-kümünün tamamlanmasından aylar sonra, ekim 2021’de yayımlandı. Temeller temmuz 2021’de tamamlandı. Bu, tesisatlar döşenirken sorunsuz olmasını ve sahadaki kırım işlemleri sırasında hiçbir tesisatın kesintiye uğramamasını sağlamak için tasarlanmakta olan duvarların içindeki tesisat beslemelerinin, sıhhi tesisat menfezlerinin ve drenajların günlük koordinasyonunu gerektiriyordu.”

Kuzeydoğu Teksas Kanseri Araştırma Enstitüsü Hakkında

Bağımsız bir onkoloji muayeneha-

nesi olan Texas Oncology ile kâr amacı gütmeyen bir Katolik sağlık hizmeti sağlayıcısı olan CHRISTUS Health’in ortak gi-

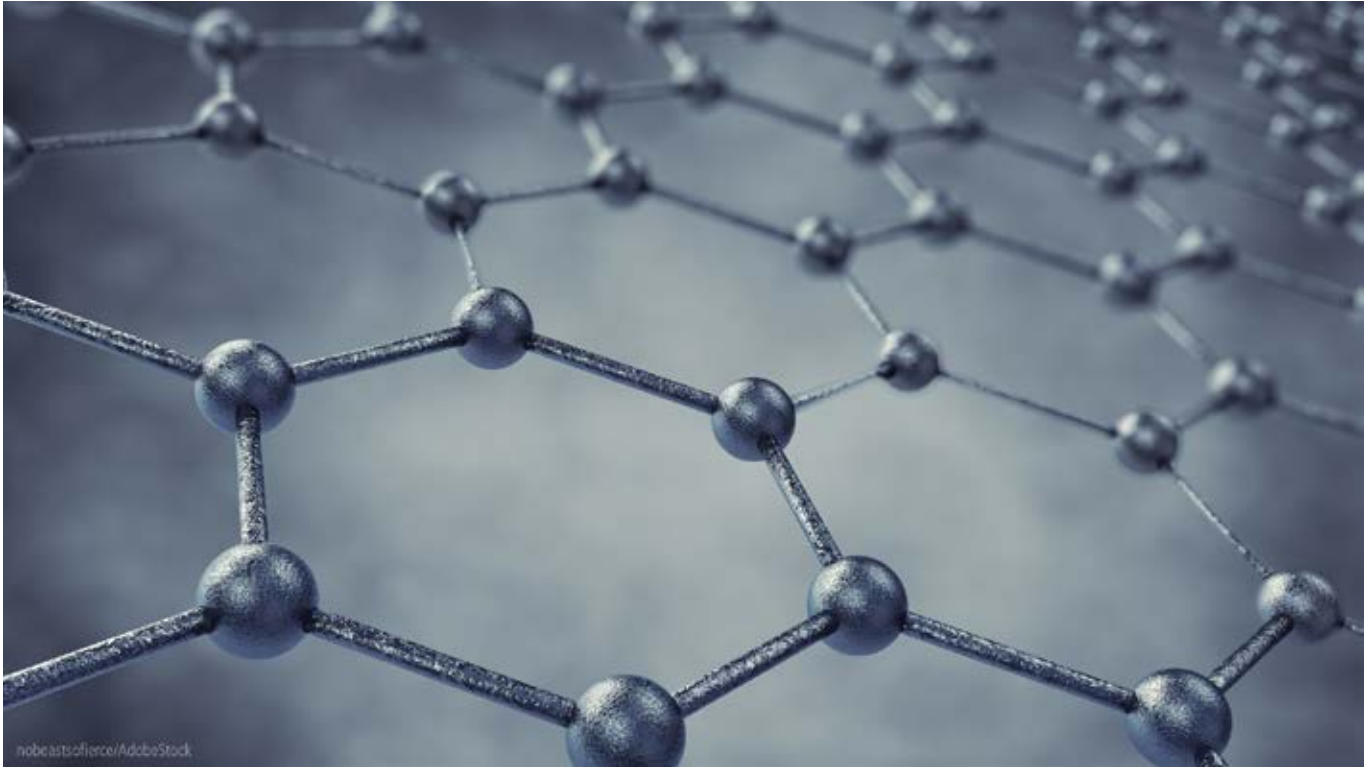
rişimi olan Kuzeydoğu Teksas Kanseri ve Araştırma Enstitüsü, tıbbi, radyasyon ve jinekolojik onkoloji hizmetleri ve araştırmaya adanmış bir yapıdır. Ekipman, radyasyon tedavisi için üç lineer hızlandırıcı ve altısı araştırma için olmak üzere 52 kemoterapi infüzyon istasyonu içerir. Ayrıca: dört özel oda, eczane ve laboratuvar hizmetleri ve bir hasta egzersiz alanını kapsamaktadır.

Kaynak: <https://www.constructionequipmentguide.com/mccarthy-construction-utilizes-liquid-nitrogen-in-concrete-mix/57768>

Within Northeast Texas Cancer and Research Institute is a CHRISTUS Health 7,500-sq.-ft. Christ Health advanced imaging center equipped with 3 Tesla MRI, PET/CT, ultrasound, x-ray and nuclear medicine. And an additional 10,000 sq. ft. of clinic space will be used to support the surgical oncology programs of Louise Herrington Cancer Center, an inpatient facility located within the Bradley-Thompson Tower at CHRISTUS Mother Frances Hospital, providing advanced inpatient care for cancer patients. The construction also includes a 620-car parking garage.

Grafen Takviyeli 3 Boyutlu Beton Baskı ve Faydaları

3 boyutlu beton baskı işlemi beton kalıpları içermediğinden, inşaat demiri ve çelik hasır gibi geleneksel takviyeler kullanılamaz. Grafen baskı, beton için en umut verici katkı malzemelerinden biri olduğunu kanıtıyor.



Grafen, bir atom kalınlığındaki karbon atomu katmanlarından oluşur. Sahip olduğu eşsiz tasarımı, çelikten 100 kat daha güçlü çekme mukavemeti ile dünyanın en güçlü malzemelerinden biri olmasını sağlar.

3 boyutlu beton baskı, inşaat dünyasını değiştiren yeni teknolojilerin başında yer alıyor. İnşaat maliyetlerini, süresini ve atıklarını azaltma vaadi, inşaat sektörüne geleneksel beton blok ve dökülmüş beton işlemlerine bir alternatif olarak araştırıp, keşfetme konusunda ilham verdi.

3 boyutlu beton baskıdaki en son gelişmelerden biri, beton güçlendirme malzemesi

olarak grafen kullanmayı içeriyor. Grafenin etkinliğine yönelik testler devam ederken, bugüne kadar yapılan testler, grafenin baskı betonun mekanik özelliklerini ve dayanıklılığını iyileştirmede çok etkili olduğunu gösterdi.

3 boyutlu beton baskının temelleri

3 boyutlu baskı, basılmakta olan malzeme ne olursa olsun, bilgisayarda bir nesnenin 3 boyutlu modelini oluşturmakla başlar. Yazılım, daha sonra 3 boyutlu bir yazıcıyı, gerçek modeli oluşturmak amacıyla kullanılan bir örüntüde malzemeyi ekstrüde etmesi için yönlendirir.

Graphene Reinforced 3D Concrete Printing & Its Benefits

Because the process for 3D concrete printing does not involve concrete forms, normal means of reinforcement like rebar and wire mesh cannot be used - graphene is proving to be one of the more promising additives for printed concrete.

Yazıcı 3 boyutlu beton baskı ile bir bilgisayar tarafından yönlendirilerek betonu duvar, merdiven veya diğer yapılar şeklinde ortaya çıkarır.

3 boyutlu beton baskı ile yazıcı, normalde beton blokların döşenmesini ya da beton formların oluşturulmasını ve doldurulmasını içeren duvarlar, merdivenler ya da diğer yapılar şeklindeki betonu ekstrüde etmek için bir bilgisayar tarafından yönlendirilir. Süreç, kurulum için bir binanın sahaya taşınan bileşenlerini prefabrike olarak üretmek için kullanılabilir ya da hedeflenen konumlarında duvarlar ve diğer bileşenleri inşa etmek için sahaya getirilebilir.

Bir bilgisayar, bir köprü sistemi ya da vinç benzeri robotik kol ve bir beton pompası kullanarak, bir evin ya da başka bir binanın iç ve dış duvarlarını inşa etmek için 3 boyutlu bir yazdırma kafasını yönlendirebilir ve bir plan ya da 3 boyutlu modelde detayları verilen tasarımla şerit benzeri yollarda beton ekstrüzyonu yapabilir.

Baskı betonu güçlendirmek için grafen kullanımı

Betonun 3 boyutlu baskı işlemi beton kalıplarını içermediğinden, inşaat demiri ve çelik hasır gibi normal takviyeler kullanılmaz. Deneyler, beton karışımına çelik liflerin dâhil edilmesini ve yeni basılmış kalıplara çelik vidaların yerleştirilmesini içerse de grafen, dayanımı artırma açısından baskı beton için en umut verici katkı maddelerinden biri olduğunu kanıtlıyor.

Bir atom kalınlığında karbon atomu katmanından oluşan grafen, bazı araştırmacılar tarafından teknolojinin geleceği olarak görülüyor. Karbondakilerle aynı atomları içeriyor, ancak bu atomlar çelikten 100 kat daha güçlü bir çekme dayanımı ile dünyanın en güçlü malzemelerinden biri olmasını sağlayan benzersiz bir tasarımda düzenleniyor.



Betonda grafen kullanımına yönelik araştırma, Nisan 2018'de "Advanced Functional Materials" dergisinde yayımlandı.

Grafen, çeşitli 3 boyutlu baskı filamentleri için bir katkı maddesi olarak kullanılmış, filament yüzeyinin mukavemetini, sertliğini ve tokluğunu artırmıştır. Grafen, betona ilave edildiğinde beklenen faydalarının yanı sıra, mukavemeti önemli ölçüde artırdığı ortaya konulmuştur.

Grafen ile yapılan ilk deneyler, betonun dayanımını %40'a kadar artırabileceğini öngörüyordu. Takip eden çalışmalar, grafen eklenmesiyle betonun basınç dayanımında %146'lık bir artışın yanı sıra, eğilme dayanımında %79,5'lik bir artış ve su geçirimsizliğinde yaklaşık %400'lük azalma olduğunu ortaya koydu.

Grafen katılmış 3 boyutlu baskının kullanılmasının dayanım ve dayanıklılık açısından fark edilen faydalarının dışında, betonun kullanıldığı projelerin çevresel etkilerini de büyük ölçüde azaltır. Çimento endüstrisi, küresel CO₂ emisyonlarının %8'inden sorumlu olan dünyanın önde gelen sera gazı üreticilerinden birisidir. 3 boyutlu baskı, bazı ağır malzemelere olan ihtiyacı ortadan kaldırarak ve betonun sahada üretilmesine izin vererek, nakliye araçlarına ve vinçlere olan ihtiyacı azaltıp bir projenin karbon ayak izini büyük ölçüde düşürür.

Genel olarak, 3 boyutlu baskı beton, inşaatın daha az iş ve atıkla, daha hızlı bir şekilde tamamlanmasını sağlıyor. 3 boyutlu baskı beton, karışıma grafen ekleyerek elde edilen ekstra faydalarla, güvenilir ve uygun fiyatlı konut konusunda umut vadediyor.

Kaynak: <https://www.forconstructionpros.com/concrete/equipment-products/rebar-accessories-equipment/article/21980794/dibara-masonry-benefits-of-graphene-as-reinforcement-in-3d-concrete>

3D concrete printing definitely makes the list of developing technologies that are changing the world of construction. Its promise of reducing construction costs, construction time, and construction waste has inspired many builders to explore it as an alternative to traditional concrete block and poured concrete processes.

One of the latest developments in 3D concrete printing involves using graphene to reinforce concrete. While tests on the effectiveness of graphene are ongoing, testing to date has shown that graphene is very effective in improving the mechanical properties and durability of printed concrete.

3D printing, regardless of the material being printed, begins by creating a 3D model of an object within a computer. Software then directs a 3D printer to extrude a filament material in a pattern that is used to create the model in the real world.

Araştırmacılar, Büyük Ölçekli Beton Yapılardaki Kusurlar İçin Dijital Çözümler Geliştirecek



Swansea Üniversitesindeki bir araştırma ekibi, beton yapı kusurlarını azaltmak için dijital çözümler geliştirmeleri için 322.000 £ fon aldı.

Fen ve Mühendislik Fakültesindeki uzmanlar, büyük ölçekli beton inşaatlardaki kusurlardan kaynaklanan büyük gecikmeler ve maliyetlerle mücadele etmek için inşaat sektörünün önde gelen üç kuruluşuyla birlikte çalışıyor.

Proje, yeni yazılım araçları geliştirmeyi ve daha yüksek verimlilik, daha iyi kalite, daha sürdürülebilir kalkınma ve daha düşük maliyet sağlayacak iyileştirilmiş beton karışımları, yapısal tasarımlar ve inşaat süreçleri için endüstriyel kılavuzlara katkıda bulunmayı amaçlıyor.

Proje lideri Profesör Chenfeng Li, "Beton taze hâldeyken süreçte çeşitli yapısal kusurlar oluşabiliyor ve bu da sektöre önemli maliyetlere neden oluyor. İnşaat mühendisliği ve inşaat sektörü, büyük ölçekli beton işlerinden kaynaklanan yüksek maliyetli kusurların acilen ele alınması gereğini ortaklaşa kabul etmektedir. Sorun ve ilgili teknik zorluklar, yapı tasarımcıları ve inşaatçılardan beton üreticilerine kadar tüm tedarik zincirini ilgilendiriyor."

"İş birliği yaklaşımımız, sayısal modelleme ve yazılım teknolojisi yoluyla bir çözüm üretmek için bilgisayar modelleme alanındaki akademik uzmanlık ile endüstri uzmanlığını birleştirmeyi amaçlıyor. Örneğin, taze beton akış simülasyonu için su seviyesinin altında dike bir boru kullanan bir su altı beton

dökümü yöntemi olan tremi yöntemi gibi teknikleri inceleyen bir prototip yazılım aracının geliştirilmesi gibi."

"Ortaya çıkan etki, taze betonla ilgili inşaat kusurları riskini azaltacak ve büyük maliyetlere ve proje tesliminde önemli gecikmelere neden olan kusurları da azaltacaktır. Galler'in araştırma ve yenilikçiliğine yapılan bu önemli katkı, küresel zorlukların üstesinden gelmeye yardımcı olacak, COVID salgını sonrasında ekonomik üretkenliği ve yenilenmeyi destekleyecek gelecekteki bölgesel yatırım ve iş birliğinin önünü açacaktır."

Proje, dünyanın önde gelen mühendislik danışmanlık şirketi ARUP, önde gelen mühendislik analiz yazılımı geliştiricisi LUSAS ve Avrupa Vakıf Müteahhitleri Federasyonu (EFFC) ile yapılan bir iş birliğidir.

Researchers To Develop Digital Solutions for Defects In Large-Scale Concrete Construction

A team of researchers at Swansea University have been awarded £322,000 to develop digital solutions to reduce concrete construction defects.

EFFC'den Chris Harnan, "Tremi rehberimizi hazırlarken Swansea Üniversitesi ile daha önce gerçekleştirilen sayısal modelleme çalışması, tremi yöntemini kullanırken beton akış modellerini anlamamızı büyük ölçüde geliştirdi. Bu proje, anlayışımızı daha da geliştirecek ve yeni gelişmiş teknikler hakkında fikir verecektir." dedi.

Arup Direktör Yardımcısı Chris Barker, "Birleşik Krallık endüstrisinin kazık çakma spesifikasyonları, tarihsel deneyime dayalı olarak tremi betonu gereklilikleri geliştirmiştir. Artık, Swansea Üniversitesi tarafından SMART

Expertise projesinde olduğu gibi sayısal yöntemler kullanılmaktadır." diye konuştu.

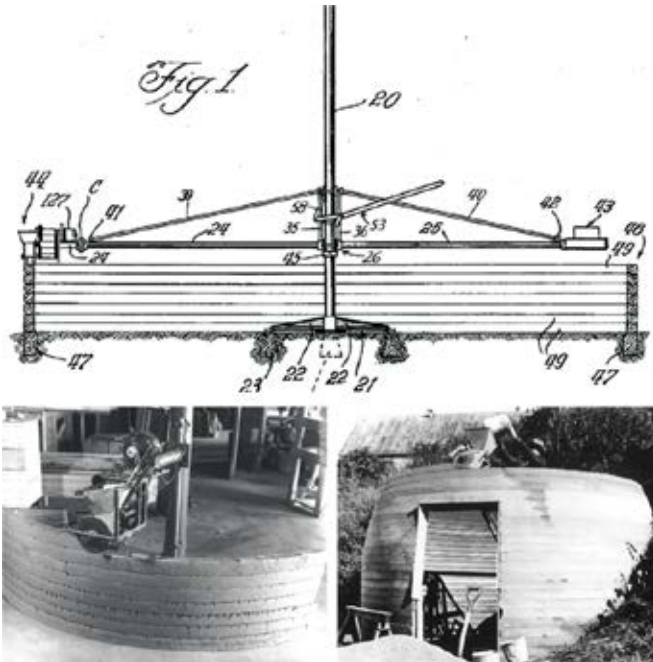
LUSAS Genel Müdürü Paul Lyons, "LUSAS, inşaat sektöründe beton yapılar için sünme, büzülme, erken yaş davranışı ve çatlama dâhil olmak üzere gelişmiş simülasyon araçları geliştirdi; bu projede modelleme hizmetlerimizi, kusurlarla ilgili sorunların büyük endişe ve kayıplara neden olduğu bir alan olan taze beton davranışına doğru genişletmeyi hedefliyoruz." dedi.

SMART Uzmanlık projesi, Avrupa Bölgesel Kalkınma Fonu tarafından finanse edilmektedir.

Kaynak: <https://www.swansea.ac.uk/press-office/news-events/news/2022/07/researchers-to-develop-digital-solutions-for-defects-in-large-scale-concrete-construction.php>

1939'dan Günümüze, 3 Boyutlu Beton Baskı

1939'da mucit William E. Urschel, Indiana, Valparaiso'daki küçük bir deponun arkasında dünyanın ilk 3 boyutlu beton baskı binasını yaptı. Ertesi yıl, "Duvar İnşa Makinesi" için bir dizi patent başvurusunda bulunacaktı (Şekil 1). Bu basit ama dahiyane makine, tümü kalıpsız betonla basılmış, donatı entegre edilmiş ve kendi kendini taşıyan kubbeli çok katlı yapıları imal etmek için kullanılacaktı. 30'ların sonunda, bu süreç katmanlı yatay kayar kalıp olarak tanımlanmış olabilir. Bu prototiplerle Urschel, 2000'lerin başında Behrokh Khoshnevis tarafından yayımlanan ilk modern 3 boyutlu beton baskı örneklerinden 60 yıl önce Büyük Ölçekli Katmanlı Üretimde (LSAM) bugün gördüğümüz yeniliklerin çoğunu eşleştirdi (Khoshnevis 2004). Urschel geometrik tasarım özgürlüklü, donatı ile güçlendirilmiş, değişken ekstrüzyonlu, sıkıştırılmış malzemeyle ve en önemlisi, hâlâ aktif olan tam ölçekli binalar yarattı. Urschel'in Duvar İnşa Makinesinin detayları (Şekil 1), mühendisler ve tasarımcılar için 3 boyutlu baskı teknolojisinin hızla büyüyen endüstrisini anlamaları için kritik bir mercek sağlar.



Şekil 1. Duvar İnşa Makinesi merkezi bir eksen etrafında radyal olarak çalışır ve kapladığı alan, oluşturacağı binanınkinden çok daha küçüktür.

Neden Binalar İçin 3 Boyutlu Baskı?

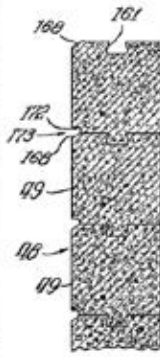
3 boyutlu baskının sağladığı avantaj, sürekli malzeme katmanlarını biriktirmek için bilgisayar kontrollü bir kızak veya robot kolu kullanarak işçiliği, inşaat süresini ve malzemeyi en aza indirerek maliyeti düşürmektir. Hesaplamalı bir inşaat süreci olarak, proje maliyetinde önemli artışlar olmadan yapısal olarak sağlam, geometrik olarak karmaşık, toplu olarak özelleştirilebilir tasarımlar elde etmek mümkündür. Bu sürecin teorik sonuçları, dünyanın herhangi bir yerinde birkaç gün içinde inşa edilebilen, verimli, düşük karbonlu yapılarıdır. Bununla birlikte, kalıp ve geçmeli köprüler olmadan basılan açıklıklı yapıların heyecan verici araştırma örnekleri olsa da (Curth 2021, Bhooshan 2022), gerçek şu ki, günümüzde tamamlanmış 3 boyutlu baskılı binaların çoğu, geleneksel betonarme ile imal edilmiş ve ahşap çerçeve konstrüksiyonu ile kapatılmış ekstrüde dikey duvarlardır. Urschel'in Duvar İnşa Makinesine bakıldığında, temel zorlukların nerelerde devam ettiği ve büyük ölçekli eklemeli üretim için malzeme, donatı takviyesi ve kalıptaki heyecan verici adımlar fark edilebilir.

Malzemeler

Büyük ölçekli yapılar artık plastik, köpük ve hatta toprakla basılabilir; ancak çoğu çimentolu karışımlardan üretilmektedir. Çimentolu karışımlar, maliyet ve işlenebilirlik gibi diğer beton yapı modlarıyla paylaşılan birçok net fayda sunarken, buna karşılık basılı malzeme katmanları arasındaki soğuk derzler gibi belirli dezavantajlar mevcuttur. Urschel'in sistemi, soğuk derzleri azaltmak için katmanlar arasında birbirine kenetlenen kanallar içeriyordu (Şekil 2). Şimdi, katmanlar arasındaki anizotropi konusu esas olarak karışımın tasarımı sırasında çalışılmaktadır. Bununla birlikte şirketler, Urschel'in 1940'ta yaptığı gibi, yüzey alanını ve dolayısıyla soğuk derzlerin mekanik dezavantajlarını azaltmak üzere katmanlar arasındaki sürtünmeyi arttırmak için ekstrüzyonlarının yüzeyine oluklar eklemeye başladılar.

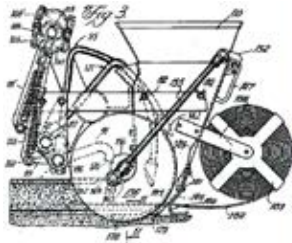
3-D Printed Concrete 1939 to Present

In 1939, inventor William E. Urschel created the world's first 3-D printed building behind a small warehouse in Valparaiso, Indiana. The following year he would file a series of patents for a "Wall Building Machine" (Figure 1). This simple yet ingenious machine would be used to fabricate multistory structures with integrated reinforcement and a self-supporting dome, all printed in concrete without formwork.



Şekil 2. Ekstrüdere eklenen kalıplama elemanları, katmanlar arasında birbirine kenetlenen kanallar oluşturularak ve basılı bir yapının farklı görünümünü vurguluyor.

Duvar İnşa Makinesi'nde kullanılan malzeme, çoğu modern sistemde kullanılan 3 boyutlu baskı malzemeleri gibi özel olarak formüle edilmiş, çabuk sertleşen bir harç karışımı değildi. Bunun yerine, o zamanın yerel inşaat endüstrisinde yaygın olarak kullanılan oldukça büyük agregalı kuru beton karışımıydı. Bu sistem ile modern sistemler arasındaki en önemli fark, Urschel'in makinesinin, beton karışımını dönen diskler arasında sıkıştırarak, malzeme ekstrüde edilirken baskının her katmanını birleştirip düzleştiren otomatik bir sıkıştırma mekanizması (Şekil 3) içermesidir.



Şekil 3. Entegre tel takviyesi, modern sürüklenmiş tel baskı sistemiyle hemen hemen aynı şekilde yerleştirildi.

20 yıllık araştırmadan sonra, büyük ölçekli 3 boyutlu baskı şirketleri, ekstrüderlerinde 4 mm'den daha büyük agregaları kullanmanın yollarını bulmaya yeni başlıyor.

Yüzey pürüzsüzlüğü elde etmek hâlâ devam eden bir zorluktur çünkü sadece statik düzeltme mekanizmaları kullanılır. Ayrıca, büyük agrega kullanımı, hızlı sertleşme süresi ve uygun işlenebilirliği birleştiren katkı karışımlarının pompalama sorunu çözülmediğinden, modern baskıların çoğu basit

bir şekilde harçtır ve tipik olarak basılmış bir duvar bölümünü gelenekselden daha düşük mukavemet ve daha fazla karbon yoğun bir beton hâline getirir.

Basım şirketleri pompalama sistemlerini ve karışım tasarımlarını iyileştirdikçe, geleneksel olmayan bir yapı sistemine uyan malzemeler tasarlamak yerine Urschel'in ekstrüderi geleneksel yapı malzemelerini kullanacak şekilde tasarlama yaklaşımını dikkate almaya başlayabilir.

Donatı takviyesi

Sadece basıncı karşılamaya ötesinde, betonun donatı ile güçlendirilmesi gerekir 3 boyutlu baskılı duvar yapılarının çoğu oyuktur, bu da dikey donatı elemanlarının yerleştirilmesini ve derz dolgusunu baskı sonrası kolay hâle getirir. Bu-

nunla birlikte, yatay donatı takviyesi daha fazla dikkat gerektirir. Urschel'in 1941 tarihli patent çizimleri, gömülü çelik tel takviyesinin gerçek zamanlı olarak biriktirilmesi için bir mekanizma göstermektedir (Şekil 3), aynı zamanda TU Eindhoven'da (Mechtcherine 2021) birkaç yeni projenin konusudur. Diğer araştırma grupları, çelik ağ ruloları ve hatta ekstrüderi takip eden ve malzeme katmanları arasına birbirine kenetlenen güçlendirme yerleştiren zimba tabancaları ile benzer yaklaşımları denedi.

Fiberlerle takviye edilmiş çimento karışımları da tatmin edici sonuçlarla basılmıştır. Son zamanlarda, Ghent Üniversitesi'ndeki araştırmacılar, ardgermeli kablolar için dâhili kanallara sahip modüler açıklık elemanları ürettiler (Vantygheem 2020).



Şekil 4. Yapım aşamasında, modern bir 3 boyutlu baskılı bina, nispeten geleneksel takviye ve Apis Core tarafından yapılmış bir radyal baskı sistemine sahiptir.

Urschel explored geometric design freedom, reinforcement, variable extrusion, material compaction, and, most notably, created full-scale buildings, the very first of which is a still an occupied, working structure. A look at the details of Urschel's Wall Building Machine (Figure 1) provides a critical lens for engineers and designers to view the rapidly growing industry adoption of 3-D printing technology. The promise of 3-D printing lies in reducing cost by minimizing labor, construction time, and material by using a computer-controlled gantry or robot arm to deposit continuous layers of material. As a computationally-driven construction process, it is possible to achieve structurally sound, geometrically complex, mass customizable designs without significant increases in project cost. The theoretical results of this process are beautifully efficient, low embodied carbon structures, which can be built in a matter of days anywhere on earth. However, while there are exciting research examples of spanning structures printed without formwork and click-together bridges (Curth 2021, Bhooshan 2022), the reality is that most completed 3-D printed buildings today are extruded vertical walls filled with conventional reinforced concrete and capped with timber frame construction. Looking to Urschel's Wall Building Machine, one can recognize where the fundamental challenges have persisted and the exciting next steps in materials, reinforcement, and form for large-scale additive manufacturing.

Genel olarak, 3 boyutlu baskının izin verdiği geometrik esneklik, inşaat demiri soğuk derz uzantıları, yerinde dökmek yerine basılı duvar yapılarındaki dikey boşluklara manuel olarak konumlandırılıp harçla doldurulsa da inşaat demiri takviyesini geleneksel bina standartlarını karşılayacak şekilde detaylandırmayı mümkün kılar. APIS Core'un 2019'da tamamlanan çok katlı yapısı, bu hibrit yaklaşımın bugüne kadar en büyük ölçekli örneğidir (Şekil 4).

Geleceğe bakmak

3 boyutlu baskı, düşük maliyetle karmaşık kalıp oluşturma imkânı sunar. Urschel sadece duvarların ve kubbelerin inşasını araştırırken (Şekil 5), sürekli bir tasarım sürecinde hem pozitif hem de negatif hacim düşünülebilir. Temeller ve döşeme plakaları, tipik olarak en yüksek düzeyde karbon gömülü yapı elemanlarından ikisidir ve tipik olarak imalat için kalıp gerektirir, beton veya sıkıştırılmış toprak için bir kalıp görevi gören basılı geometri ile yerinde üretilebilir. Ayrıca pencere ve kapılar, yapı tamamlandıktan sonra çıkarılmak üzere toprak veya plastik gibi yeniden kullanılabilir bir malzemeye basılabilir, bu da sürekli yazdırmaya olanak tanır (Şekil 1'de). Bir yazıcı ayrıca, basılı ve insan tarafından birleştirilmiş elemanların hibrit yapısında işçiler veya diğer makineler için geri dönüştürülebilir, özelleştirilmiş yapı iskelesi oluşturmak için kullanılabilir.



Şekil 5. Bir kişi ve bir Duvar İnşa Makinesi tarafından kubbeli bir yapı inşa ediliyor, bu ölçekte modern bir baskı sistemi ile henüz elde edilen bir başarı. Eğim arttıkça azalan katman yüksekliğine dikkat, bu, şu anda modern 3 boyutlu baskı sistemlerinde sarkan katmanları yönetmek için kullanılan bir tekniktir.

Büyük ölçekli baskı için fiziksel ve simülasyon araçlarındaki ilerlemelerle, Urschel'in 1939'da yarattığından çok daha verimli ve işlevsel yapılar üretmek artık mümkün.

Kaynak: <https://www.structuremag.org/?p=20944>