

Nanokarbon çimento kendini algılayan monitörlere dönüştürüyor



“Case Studies in Construction Materials” dergisinde yayımlanan bir makale, nanokarbon malzemeye tasarlanmış elektriksel olarak iletken çimento kompozitleri (ECCC’ler) hakkındaki mevcut araştırmaları, 2014’ten 2024’e kadar olan kendini algılama uygulamalarına odaklanarak inceledi.

Nanokarbon malzemelerle tasarlanmış ECCC’ler

ECCC’ler, iletken dolgu maddeleriyle entegre edilmiş çimentolu bir matristen oluşan ve elektron transferini kolaylaştıran bir ağı oluşturan çok

Nanocarbon transforms cement into self-sensing monitors

A recent article published in Case Studies in Construction Materials reviewed the current research on nanocarbon material-engineered electrically conductive cement composites (ECCCs), with a focus on their self-sensing applications from 2014 to 2024.

ECCCs are multi-phase, multi-component materials composed of a cementitious matrix integrated with conductive fillers, forming a network that facilitates electron transfer. These conductive fillers are typically derived from graphene, carbon nanotubes (CNTs), and carbon nanofibers (CNFs). Meanwhile, the cementitious matrix, made up of cement and aggregates, provides the necessary structural support.

fazlı, çok bileşenli malzemelerdir. Bu iletken dolgu maddeleri tipik olarak grafen, karbon nanotüpler (CNT’ler) ve karbon nanofiberlerden (CNF’ler) türetilir. Bu arada, çimento ve agregalardan oluşan çimentolu matris gerekli yapısal desteği sağlar.

ECCC’leri hazırlamak için, nanokarbon malzemeler çimento ve agregalarla birleştirilmeden önce bir çözeltide önceden dağıtılır veya doğrudan kuru çimento ile harmanlanır, ardından su ve agregalarla karıştırılır. ECCC’lerin performansı büyük ölçüde matris içinde nano-

karbon malzemelerin düzgün ve kararlı bir şekilde dağılmasına bağlıdır ancak, yüksek yüzey enerjileri genellikle dağılma ile ilgili zorluklara neden olur.

Nanokarbon malzemelerin sulu çözeltilerde dağılma kalitesini artırmak için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bunlara ultrasonik dağılma, yüzey aktif madde işlemleri ve birleşik teknikler dâhildir. Bu gelişmelere rağmen, nanokarbon malzemelerin aglomerasyonu kalıcı bir sorun olmaya devam etmektedir.

Bunu ele almak için araştırmacılar alternatif bir çözüm olarak nanokarbon kaplı agregaları önerdiler. Örneğin, standart agregaların yüzeyine karbon nanotüp-lateks (CNT-lateks) mürekkebi püskürtülerek iletken bir agregaya sentezlenebilir. Başka bir yaklaşım, iletken agregalar oluşturmak için modifiye jelatin ve karbon siyahını gözenekli seramik malzemelere emdirmeyi içerir. Bu yenilikler, dispersiyon zorluklarının üstesinden gelirken ECCC'lerin düzgünlüğünü ve iletkenliğini iyileştirmeyi amaçlamaktadır.

Kendini algılayan çimento kompozitlerinin (SSCCC'ler) çalışma mekanizması

Kendini algılayan çimento kompozitleri (SSCCC'ler) olarak da bilinen ECCC'lerin kendini algılama özellikleri, dış kuvvetlere maruz kaldıklarında iç iletken ağlarındaki değişikliklerden kaynaklanır. ECCC'lere yerleştirilen nanokarbon malzemeler, doğrudan temas yoluyla verimli yollar oluşturarak elektriksel iletimi kolaylaştırır.

Doğrudan temas olmasa bile, tünelleme iletimi gibi kuantum etkileri nedeniyle iletim yolları ortaya çıkabilir. Bu olay, yüklü parçacıklar dalga benzeri davranış sergilediğinde meydana gelir ve 10 nm'den daha küçük mesafelerle ayrılmış nanokarbon malzemeler arasındaki boşluktan "tünelleme" yapmalarına olanak tanır. Ek olarak, tünelleme iletiminin belirli bir tezahürü olan alan emisyonu, CNT'ler gibi belirli nanokarbon malzemelerdeki yerel güçlü elektrik alanlarından kaynaklanır.

ECCC'lerin kendi kendini algılama yeteneği, hacimsel öz direnç, öz direnç indeksi, reaktans, empedans ve kapasitans

gibi ölçülebilir elektriksel özellikler ile karakterize edilir. Bu özellikler, iletken katkı maddelerinin türleri ve dağılımının yanı sıra elektrot seçimi ve yerleşimi, sinyal edinme yöntemleri, kütleme yaşı ve çevre koşulları (sıcaklık ve nem) gibi dış faktörlerden etkilenir.

Dış yükler altında, ECCC'ler iletken dolgu maddelerinin yeniden dağılımını deneyimler ve bu da öz dirençte değişikliklere yol açar. Bu öz direnç kayması, iletken dolgu maddeleri arasındaki boşluktaki değişikliklerden

kaynaklanan tünelleme etkilerinden daha da etkilenir. Ek olarak, gerilme altında çimento matrisinin yerel deformasyonları nanokarbon malzemelerin içsel direncini değiştirir. Bu faktörler birlikte, SSCCC'lerin algılama performansını dinamik olarak etkileyerek yapısal değişikliklerin doğru bir şekilde algılanmasını ve izlenmesini sağlar.

Performans ve uygulamalar

ECCC'lerin performansı, tekrarlanabilirlik, histerezis, hassasiyet ve sinyal-gürültü oranı gibi parametreler kullanılarak değerlendirilir. Bunlar arasında hassasiyet ve tekrarlanabilirlik özellikle kritiktir, çünkü farklı yükleme koşulları değerlendirmelelerini önemli ölçüde etkileyebilir.

ECCC'lerin elektriksel ve kendi kendini algılama davranışı, öncelikle iletken ağlarının geliştirilmesi ve dağıtımı tarafından yönetilir. ECCC'lerin performansını artırmak, iletken dolgu maddelerinin türü, geometrik şekli, konsantrasyonu ve yüzey işlemi dâhil olmak üzere çeşitli faktörleri optimize etmeyi içerir. Çimentolu matris, kendi kendini algılama yeteneklerini daha da artırabilir.

SSCC'ler, kaydedilen elektrik sinyallerine dayanarak gerilme, çatlaklar ve hasar gibi yapısal parametreleri tespit edebilir ve izleyebilir. Bu, onları ulaşım bilgisi tespiti için ideal hâle getirir. Örneğin, SSCC'leri köprü kaplama katmanlarına veya yol yüzeylerine entegre etmek, araç hızı, trafik hacmi ve dinamik ağırlık gibi trafik bilgilerinin gerçek zamanlı izlenmesini sağlar. Bu içgörüler, yol kullanım verimliliğinin iyileştirilmesine,

To prepare ECCCs, nanocarbon materials are either pre-dispersed in a solution before being combined with cement and aggregates or directly blended with dry cement and subsequently mixed with water and aggregates. The performance of ECCCs heavily depends on achieving a uniform and stable dispersion of nanocarbon materials within the matrix.

However, their high surface energy often results in challenges with dispersion.

Various methods have been developed to enhance the dispersion quality of nanocarbon materials in aqueous solutions. These include ultrasonic dispersion, surfactant treatments, and combined techniques. Despite these advancements, agglomeration of nanocarbon materials remains a persistent issue.

To address this, researchers have proposed nanocarbon-coated aggregates as an alternative solution. For example, a conductive aggregate can be synthesized by spraying carbon nanotube-lateks (CNT-lateks) ink onto the surface of standard aggregates. Another approach involves impregnating modified gelatin and carbon black into porous ceramic materials to create conductive aggregates. These innovations aim to improve the uniformity and conductivity of ECCCs while overcoming dispersion challenges.

güvenliğin artırılmasına ve ulaşım ağlarının akıllıca çalışmasına katkıda bulunur.

Şu anda, üstün iletkenlikleri ve birleştirme kolaylıkları nedeniyle CNT'ler, tasarlanmış SSCC'lerde en yaygın kullanılan iletken dolgu maddesidir. Doğrudan çimentoya karıştırılabilir veya agrega yüzeylerine kaplama olarak uygulanabilir ancak, özellikle CNT kaplı agregalardan hazırlanan SSCC'ler pratik uygulamalarda nispeten nadir kalmaya devam etmektedir, bu da daha fazla geliştirme ve yenilik için bir alanı vurgulamaktadır.

Sonuç ve gelecek beklentileri

Çalışma, nanokarbon malzemeyle tasarlanmış ECCC'ler üzerindeki mevcut araştırmaların kapsamlı bir genel görünümünü sunmakta olup, SSCC uygulamalarına vurgu yapmaktadır. Bu malzemeler, özellikle trafik izleme uygulamalarında büyük bir gelişme vadetmekte, ancak üretimleri önemli zorluklarla karşı karşıya kalmaya devam etmektedir.

Ultrasonik dispersiyon, mekanik karıştırma ve yüzey aktif maddeler gibi yöntemler yüksek kaliteli nanokarbon malzeme dispersiyonları elde etmede potansiyel göstermiş olsa da, çimentolu matrislerde aynı dispersiyon seviyesini korumak bir zorluk olmaya devam etmektedir. Dispersiyon sorunu, nanokarbon malzemelerin aglomerasyon eğilimiyle birleştiğinde, genellikle ECCC'lerin hem mekanik hem de elektriksel özelliklerini tehlikeye atar.

Dahası, nanokarbon malzemelerin dâhil edilmesi, çimento karışımlarının işlenebilirliğini olumsuz yönde etkileyerek taşıma ve döküm süreçlerini karmaşıklaştırabilir. Bu faktörler, ECCC'lerin pratik uygulamalarda yaygın olarak benimsenmesini sınırlar.

Bu zorlukların üstesinden gelmek için, gelecekteki araştırmalar, çimentolu kompozitler içinde nanokarbon malzemelerin düzgün ve kararlı dispersiyonunu sağlamak için daha uygun ve düşük maliyetli süreçler geliştirmeye odaklanmalıdır. Bu tür gelişmeler, ECCC'lerin mekanik, elektriksel ve algılama yeteneklerini geliştirecek, akıllı altyapı ve ötesinde daha geniş uygulamalara giden yolu açacaktır.

Kaynak: www.nature.com/articles/s41598-024-77908-3

The self-sensing properties of ECCCs, also known as self-sensing cement composites (SSCCs), stem from changes in their internal conductive network when subjected to external forces. Nanocarbon materials embedded in ECCCs facilitate electrical conduction by forming efficient pathways through direct contact.

Even in the absence of direct contact, conduction pathways can emerge due to quantum effects such as tunneling conduction. This phenomenon occurs when charged particles exhibit wave-like behavior, allowing them to "tunnel" through the gap between nanocarbon materials separated by distances smaller than 10 nm. Additionally, field emission, a specific manifestation of tunneling conduction, arises from localized strong electric fields in certain nanocarbon materials, such as CNTs.

The self-sensing properties of ECCCs, also known as self-sensing cement composites (SSCCs), stem from changes in their internal conductive network when subjected to external forces. Nanocarbon materials embedded in ECCCs facilitate electrical conduction by forming efficient pathways through direct contact.

Even in the absence of direct contact, conduction pathways can emerge due to quantum effects such as tunneling conduction. This phenomenon occurs when charged particles exhibit wave-like behavior, allowing them to "tunnel" through the gap between nanocarbon materials separated by distances smaller than 10 nm. Additionally, field emission, a specific manifestation of tunneling conduction, arises from localized strong electric fields in certain nanocarbon materials, such as CNTs.

The self-sensing ability of ECCCs is characterized by measurable electrical properties, including volumetric resistivity, resistivity index, reactance, impedance, and capacitance. These properties are influenced by the types and distribution of conductive additives, as well as external factors such as electrode selection and placement, signal acquisition methods, curing age, and environmental conditions (temperature and humidity).

Under external loads, ECCCs experience a redistribution of conductive fillers, leading to changes in resistivity. This resistivity shift is further influenced by tunneling effects caused by variations in the spacing between conductive fillers. Additionally, local deformations of the cement matrix under stress alter the intrinsic resistivity of the nanocarbon materials. Together, these factors dynamically impact the sensing performance of SSCCs, enabling accurate detection and monitoring of structural changes.

Thomas Edison'un farklı bir icadı: Beton evler



Thomas Edison, ampulün icadıyla tanınır; ancak konut yapımıyla da ilgilenmiştir. 1917'de, tamamen betondan yapılmış, uygun fiyatlı ve dayanıklı evler üretmek için yenilikçi bir inşaat sistemi icat ederek patentini aldı. Edison'un beton inşaat için tek döküm sistemini icat etmesi, umduğu gibi gayrimenkulde devrim yaratmadı, ancak akıllı bir mucit olarak mirasını sağlamaştırdı. Bu mi-

Thomas Edison Cemented His Legacy As A Clever Inventor With His Concrete House Invention

Thomas Edison is best known for his contributions to the lightbulb—but he dabbled in housing, too! In 1917, he invented and patented an innovative construction system to mass-produce affordable and durable homes made entirely of poured concrete.

marî tasarım ve inşaat teknolojisi tarzı, çoğunlukla 20. yüzyılın başlarındaki Avrupa avangardıyla ilişkilendirilir. Ancak, Edison'un birçok evi, fabrikasının bulunduğu New Jersey, West Orange yakınlarındaki kasabalarda hala ayakta. Şimdi, Ulusal Tarihi Park'a dönüştürüldü. Park arazisinde Edison'un beton evinin bir örneği bile var.

New Jersey Teknoloji Enstitüsü'nde yar-

dımcı doçent olan Matt Burgermaster, "Edison'un benzersiz sistemi, tek bir inşaat eylemiyle, hiçbir parça olmadan tek, tekrarlanabilir bir yapı inşa etme amacıyla patentlendi" dedi.

Edison, 1899'da Portland Çimento Şirketi'ni kurdu. Şirket, çimento endüstrisinde sürekli olarak bir dizi iyileştirme ortaya koydu. Yine de ayakta kalmak için mücadele etti. 1922'de Yankee Stadyumu'nun inşası için beton tedarik etti, ancak birkaç yıl sonra iflas etti. Bu dönemde, yerinde dökülen betondan evler inşa etmek için bir plan hazırladı. Mucit, işçi sınıfı için uygun maliyetli evler yaratmaya motive oldu.

Seri üretimdeki ilk deneyi, 20. yüzyılın başlarında yalnızca bir malzemeye bir bina inşa etme girişimlerinden biriydi. Patentinin tanıtımında şöyle yazıyordu: "İcadımın amacı, tek bir kalıplama işlemiyle bir çimento karışımından bir bina inşa etmek, yanlar, çatılar, bölmeler, küvetler, zeminler vb. dâhil olmak üzere tüm parçaları bir çimento karışımının ayrılmaz bir kütesinden oluşacak şekilde inşa etmektir."

Beton evler, hava koşullarına ve yangına dayanıklı, böcek geçirmez ve ortalama bir işçi sınıfı ailesi için ev başına 1.200 dolardan bütçe dostu olacaktı. Edison, fikrini konut sıkıntısı çeken şehirler için potansiyel bir çözüm olarak gördü. Başarılı olursa, insanların gecekondularından beton evlerin bulunduğu yeni, ucuz yerleşim alanlarına taşınmasına olanak tanıyacaktı. Bu konuda yardımcı olmak için patentli bilgileri yetenekli inşaatçılara bağışlamaya karar verdi.

Edison daha önce 1910 yılında yeni den kullanılabilir kalıp sistemleriyle

Edison's invention of a single-pour system for concrete construction did not revolutionize real estate as he had hoped, but it cemented his legacy as a clever inventor.

This style of architectural design and building technology is mostly associated with the European avant-garde of the early 20th century. However, many houses of Edison's are still standing in towns near West Orange, New Jersey, which was where his factory was located.

Now, it has been turned into a National Historic Park. There is even an example of Edison's concrete house on the park grounds.

"Edison's one-of-a-kind system was patented for the purpose of building a single, repeatable structure without any parts, with a single act of construction," said Matt Burgermaster, an assistant professor at the New Jersey Institute of Technology.

Edison established the Portland Cement Company in 1899. The company consistently came up with a number of improvements to the cement industry.

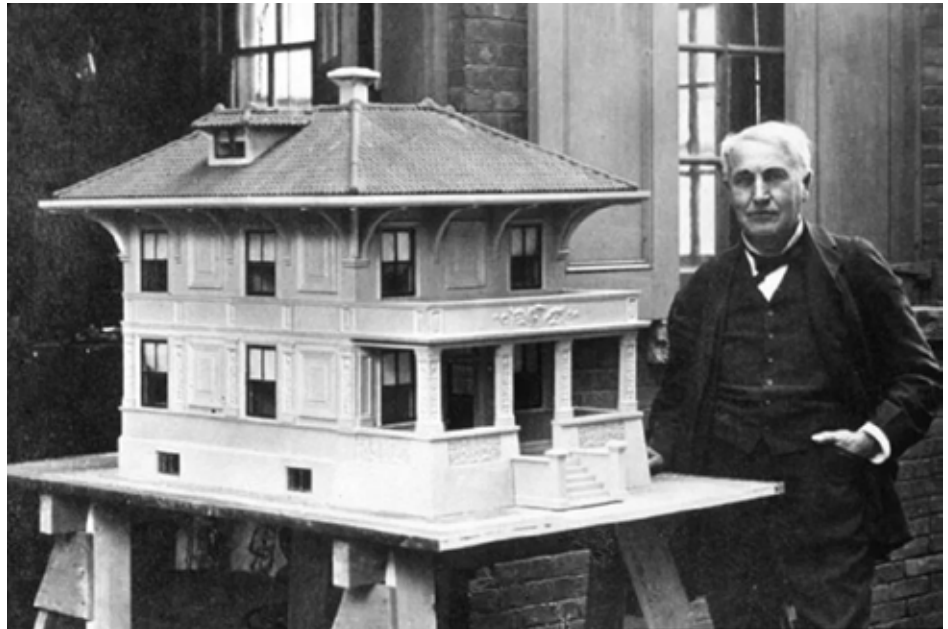
Yet, it still struggled to stay afloat. In 1922, it supplied the concrete for the construction of the Yankee Stadium, but it went bankrupt a few years later. During this period, he cooked up a plan for building homes out of cast-in-place concrete. The inventor was motivated to create cost-effective homes for the working class.

His early experiment in mass production was one of the first attempts to construct a building with just one material during the early 20th century.

deneysel yapılmıştı. New Jersey'deki malikânesinde küçük bir kulübe ve bir garaj inşa etti. Ancak, bunu daha büyük ölçekte tamamlamak çok daha karmaşık olacaktı. Her beton ev için yaklaşık 2.300 parçadan oluşan bir kalıp gerekiyordu. Bir inşaatçının ayrıca bir ev imal etmeden önce en az 175.000 dolarlık ekipman satın alması gerekiyordu. Edison evleri zevkli ve sofistike olarak tanımlamaya çalışsa da, insanlar bunları gecekondular için ucuz konaklama yerleri olarak görüyordu.

Halkın ilgisizliğine rağmen, şirket sonunda New Jersey ve Gary, Indiana'daki Polk Caddesi çevresinde birkaç beton ev inşa etti. Bazıları yıkıldı, ancak diğerleri bir asırdan fazla bir süre geçmesine rağmen hala ayakta durmaya devam ediyor.

Kaynak: www.chipchick.com/2024/12/thomas-edison-cemented-his-legacy-as-a-clever-inventor-with-his-concrete-house-invention



Cam elyaf takviyeli beton ürünler



Glass-fibre-reinforced concrete

TNIE spends a day at an arty factory that uses glass-fibre-reinforced concrete to create a diverse range of aesthetically appealing products, including tables, basins, bathtubs, natural-textured tiles, and vases.

The New Indian Express gazetesini masalar, lavabolar, küvetler, doğal dokulu fayanslar ve vazolar dâhil olmak üzere çeşitli estetik açıdan çekici ürünler yaratmak için cam elyaf takviyeli beton kullanan sanatsal bir fabrikada bir gün geçiriyor.

KOCHI: Sadece birkaç gün içinde hazır olan bir eve sahip olduğunuzu hayal edin. Bir fabrikayı ziyaret ediyorsunuz, yeni yapılmış bir ev seçiyorsunuz ve geriye sadece taşınmak kalıyor. Ferrocon Concrete Factory'nin öngördüğü ve aktif olarak kurulmasına yardımcı olmayı planladığı inşa-

atın geleceği budur.

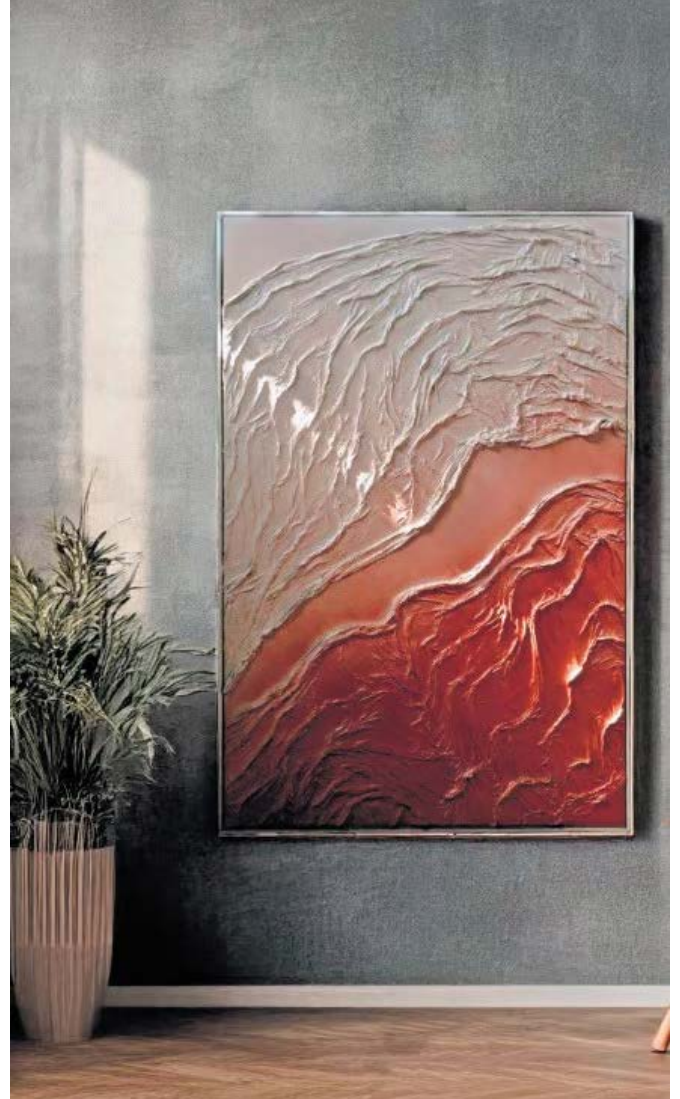
Kochi'deki önde gelen beton odaklı fabrikalardan biri olan Ferrocon Concrete Factory, masalar, lavabolar, küvetler, doğal dokulu fayanslar ve vazolar dâhil olmak üzere çeşitli ürünler yaratmak için cam elyaf takviyeli betonun (CETB) sunduğu güç, dayanıklılık ve estetik çekicilikten yararlanıyor. Yaşamaya hazır evler yaratarak, büyük sıçrama yapmak istiyorlar.

Ferrocon'un yönetici ortağı Mohammed Sufyan, "Felsefemiz, mümkün olduğunca yenilik yapmak" diyor.

Şirket fikri, yaklaşık yirmi yıl önce, yeniliğe tutkulu bir müteahhit olan babası Mohammed Sunil'in çeşitli tasarımlar ve karışımlarla uğraşmasıyla ortaya çıktı. Genç bir mimar olan Sufyan, fikri daha da geliştirmek için babasıyla güçlerini birleştirdi ve şirket 2021'de faaliyete geçti. Ürün yelpazesi genişledikçe ekip önemli ölçüde büyüdü ve artık sanatçılar,

tasarımcılar, mühendisler ve kalifiye işçiler içeriyor. Sufyan, Ferrocon'un pazarlama ve tasarımını yönetirken, babası Sunil üretim ve geliştirmeyi denetliyor.

Yenilik mirası devam ediyor. Sufyan, "CETB neredeyse her tasarımı tamamladığından sayısız deney yaptık. En son yaptığımız şey, onu polistirenle (termokolle) karıştırmak ve fabrikada tamamen dökülebilen ve yerinde monte edilebilen prekast tuvaletler ve apartman blokları üzerinde deneyler yapmak." diyor.



Ürün

Ferrocon'un ürünleri CETB'nin çok yönlülüğünü sergiliyor. Jali ekranları, gizliliği korurken rüzgâr ve ışığın içeri girmesine izin vererek binaların öne çıkmasını sağlıyor. Duvar kaplama panelleri esnek ve doğal taşı taklit ederek geleneksel fayansların yerine geçiyor. Bazıları yarı saydam oluşu, ışık geçtiğinde doğal renklerin ortaya çıkmasını sağlıyor.

Sufyan "Son kat uygulandıktan sonra, tıpkı taş gibi görünüyor ve elyaf dışında zararlı maddeler kullanılmıyor." diyor.

Ferrocon ile çalışan Roshan Chandy, "Taş ve kilden kozmik desenlere kadar değişen yüzeylere sahip saksılarımız, karbon fiberden yapılmış lavabolarımız ve 3D duvar panellerimiz var. CETB'yi temel malzeme olarak kullanarak mümkün olan her fikri araştırıyoruz." diyor.

CETB'nin ortalama ömrünün 50 yıl olduğu söyleniyor ancak daha eski yapılar bile var. Yıllık bir kaplama ömrünü uzatabilir. Suya dayanıklı olduğundan, değişen hava koşullarına dayanabilir.

İşlem

Ferrocon'da üretim süreci titizlikle yapılandırılmıştır. İlk önce, istenen şekilde bir kalıp oluşturulur daha sonra CETB içine dökülür. Sufyan, "Tüm süreç elle yapılıyor, ürünü tamamlamak ve nakliye için hazırlamak yedi gün sürüyor. CETB yerleştikten sonra zımparalama ve boyama işlemi gelir. Son sanat eseri de dâhil olmak üzere her şey el yapımıdır ve her ürüne benzersiz bir hava verir." diyor.



Bir pazar bulmak zordu, bu yüzden ürünlerini arkadaşları ve meslektaş mimarlar aracılığıyla tanıttılar. İlk başta zor olsa da, yerleşik mimarlar mobilyalarını tasarımlarına dâhil etmeye başladıkça, giderek daha fazla müşteri edindiler.

Bugün Ferrocon, Hindistan genelinde müşterilere hizmet veriyor. Ekipleri, bir dizi CETB ürününü özelleştiriyor ve ihraç ediyor. Şirket, şimdi uluslararası pazarlara da göz dikiyor.

OldWall cazibesi

Ferrocon'un yolculuğuna kısa bir süre kala, Sufyan'ın eşi Jihan Ashraf bu beton karışımlarında sanat keşfetti. Beton fabrikasında üretilen ham dokuları büyüleyici duvar parçaları yapmak için kullandı ve böylece OldWall Factory'yi ortaya çıkardı.

Ferrocon ile birlikte faaliyet gösteren OldWall, benzersiz, konsept tabanlı ve mekanı süsleyen sanata odaklanıyor. Gerçekçi portreler, kına ve hat sanatında yetenekli bir sanatçı olan Jihan, yeteneklerini bu girişime yönlendiriyor.

Geleneksel bir alanda sanat sergilemek yerine, kişiselleştirilmiş şaheserleri doğrudan evlere getiriyor. Jihan, hem doğal hem de yapay ışıkla güzelce etkileşime giren parçalar üretmek için dokunsal dokular, canlı renkler ve organik şekillerle oynuyor.

Mumbai'deki bir müşteri için, yolculuklarından ilham alan ve odanın renk temasıyla uyumlu bir şekilde harmanlanan soyut bir parça yarattı. Başka bir projede, bir binanın arazisinin doğal hatlarını yansıtan sanat eserleri tasarladı.

Jihan ayrıca geri dönüştürülmüş kumaş gibi malzemeler de kullanıyor. OldWall ayrıca büyük kurulumlar üstlenerek tek parça sanat eserleri veya daha büyük projeler için parçalı tasarımlar sunuyor.



FRP karmaşasını temizleme

Ferrocon yakın zamanda kıyı ortamlarında FRP (fiberglas takviyeli plastik) atıklarının geri dönüştürülmesine yardımcı olmak için ICAR - Merkez Balıkçılık Teknolojisi Enstitüsü ile bağlantı kurdu. Belirlenen atık türlerinden biri FRP'den yapılmış balıkçı tekneleridir. Bu teknelerin ömrü 10 yıldır ve geri dönüştürülmedikleri için çevresel atıklara yol açmaktadır. Ferrocon, bu FRP atığını CETB ile karıştırarak faydalı yapılar oluşturmayı ve atıkları etkili bir şekilde değerli ürünlere dönüştürmeyi öneriyor.

Kaynak: www.newindianexpress.com/cities/kochi/2024/Dec/10/a-concrete-idea