

# Püskürtmeli ön karışım – Yeni Cam Elyaf Takviyeli Beton



Cam elyaf takviyeli beton (GRC/GFRC) teknolojisinin önemli noktalarını alan teknik notlar serisindeki bu ilk techNOTE'da, genellikle ev inşaatlarındaki mimari detaylar olmak üzere nispeten küçük ancak karmaşık bileşenlerin imalatında kullanılan devrim niteliğindeki bir teknik olan püskürtmeli ön karışımı açıklıyoruz.

**IAIN D PETER**

FIBRE TECHNOLOGIES INTERNATIONAL

Püskürtmeli ön karışım, GRC ürünlerinin üretiminde nispeten yeni bir yöntemdir ve geleneksel elle püskürtme ve vibrasyonla dökülmüş ön karışım yöntemleri yerine veya bunları destekleyici olarak kullanılabilir. Karıştırma işlemi sırasında matrise elyaf eklenir ve karıştırılan elyaf ile matris önce bir püskürtme tabancasına oradan da kalıbın üzerine püskürtülür.

Vibrasyonla döküme kıyasla şu avantajları sağlar:

- Vibrasyonla dökülmüş ön karışım karmaşık kalıplar gerektirir ve bu kalıpları üretmek hem yüksek maliyetlidir hem de bunların sıyrılıp yeniden monte edilmeleri zaman alır.
- Püskürtmeli ön karışım yöntemi kullanıldığında ise Cam Elyaf Takviyeli Beton doğrudan dikey kenarlara ve kalıbın üzerine püskürtülebilir ve vibrasyonla döküm yönteminin aksine iç kalıp gerekmez.
- Vibrasyonla döküm yöntemi kullanılarak taş kaplamalar üretmek zordur ve üretilebilecek ürün çeşitliliği sınırlıdır.

Püskürtmeli ön karışım yönteminde ise böyle sınırlamalar yoktur. Aynı karışım tasarımı ve elyaf içeriği kullanılarak yapılan testlerde, vibrasyonla dökülmüş ön karışım kıyasla daha yüksek bükülme mukavemetleri elde edilmiştir. Bunun nedeninin, konvansiyonel ön karışımındaki üç boyutlu yönelimin aksine püskürtme yönteminde daha ziyade iki boyutlu bir elyaf yönelimi elde edilmesi olduğu düşünülmektedir.

Şekil 2, dört farklı karşılaştırmanın sonuçlarını göstermektedir.

Bunların her birinde, değişken hızlı bir karıştırıcının içinde 60 kg'lık bir ön karışım Cam Elyaf Takviyeli Beton partisi hazırlanmıştır. Karıştırma işleminden sonra, partinin yarısı numune kalıplarının üzerine

**Önümüzdeki aylarda Cam Elyaf Takviyeli Beton (GRC) teknolojisinin önemli noktalarını ele alan bir teknik bilgi notları serisi yayımlayacağız.**

püskürtülmüş kalan yarısı ise vibrasyon yöntemiyle dökülmüştür. Her iki yöntem için de aynı kütle ve depolama prosedürleri izlenmiş ve bu sayede iki yöntem arasındaki tek farkın üretim yöntemi olması sağlanmıştır. Bükülme mukavemetindeki artışın ortalama %35 olduğu görülmüştür.

## Elle püskürtme yöntemiyle karşılaştırma

Püskürtmeli ön karışım, konvansiyonel elle püskürtmeden daha basit bir işlemdir. Daha az işgücü ve beceri gerektirir. Püskürtme tabancası daha küçüktür ve daha az hortum kullanılır, bu da küçük ürünlerin püskürtülmesini kolaylaştırır. Eğitimli personele sahip köklü üreticiler elle püskürtme yöntemiyle yüksek kaliteli ürünler üretebiliyorlarsa da, sektörde yeni şirketler bu teknikte oldukça zorlanıyorlar.

Elle püskürtme tekniğiyle yüksek kaliteli Cam Elyaf Takviyeli Beton üretebilmek için sıkı fabrika denetimlerinin yanı sıra şunların da yapılması gerekiyor:

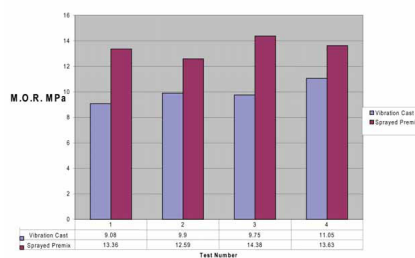
- Düşük su/çimento oranı kullanmak
- Cam elyaf içeriğinin %4 ile %5,5 arasında olmasını sağlamak
- Püskürtme ekipmanını düzenli olarak kalibre etmek (torba ve kova testleri)
- Cam içeriğini ölçmek (çalkalama testi)
- Cam Elyaf Takviyeli Betonunu iki veya üç aşamada püskürtmek ve her kat arasında sıkıştırma yapmak
- Cam Elyaf Takviyeli Betonunu hem kalıptayken hem de kalıptan çıkardıktan sonra kürelemek
- Her gün numune levhaları püskürtmek ve 7 ve/veya 28 günde bir bükülme testleri yapmak.

Yukarıda bahsedilenlerin hepsi düzenli olarak gerçekleştirilirse istenen özellikler elde edilebilir. Aksi takdirde, belirsiz kalitede bir malzeme üretilecektir.



**Şekil 1: Püskürtmeli ön karışım yönteminde karıştırma işlemi sırasında matrise elyaf eklenir ve karıştırılan elyaf ile matris önce bir püskürtme tabancasına oradan da kalıbın üzerine püskürtülür.**

**Şekil 2: Püskürtmeli ön karışım/vibrasyonla dökme ön karışım yöntemlerinin karşılaştırılması.**



Başta çekme ve bükülme mukavemeti olmak üzere elyafa bağlı mekanik özellikler, elle püskürtme yöntemiyle elde edilen özelliklerden daha zayıftır. Bu üretim yöntemiyle Sınıf 18 (18 MPa bükülme mukavemeti) Cam Elyaf Takviyeli Beton elde edilemez, ancak Sınıf 10 Cam Elyaf Takviyeli Beton kolaylıkla elde edilebilir. Bazı mekanik özellikler daha zayıf olsa da, bunları tutarlı bir şekilde elde etmek çok daha kolaydır.

Elyaf içeriği tartılarak belirlenir. Kalibrasyon yapılmaz veya "torba ve kova" testleri ile çalkalama testleri yapmak gerekmez. Karışım sıkı bir şekilde kontrol edilmelidir. Su/çimento oranı çok yüksek veya çok düşükse püskürtme zorlaşır veya imkansız hale gelir.

İyi bir yüzey kaplaması elde etmek için sıkıştırma yöntemi kullanılır, ancak hava boşaltmak veya elyafın çimentoyla sarılmasını sağlamak için gerekmez.

Püskürtülen malzeme homojendir ve elle püskürtme yönteminin aksine yüzeyden püskürtmeli malzeme kullanılarak atık azaltılabilir. Elde edilen özellikler daha tutarlı olduğundan çok daha az numune paneli gerekir, bu da test giderlerini azaltır.

Test donanımını temizlemek daha kolay ve hızlıdır, ayrıca daha az su sarf edilir. Pompanın hareketli parçaları karışımla temas etmediğinden, saha hızlı oturan malzemeler için kullanılabilir.

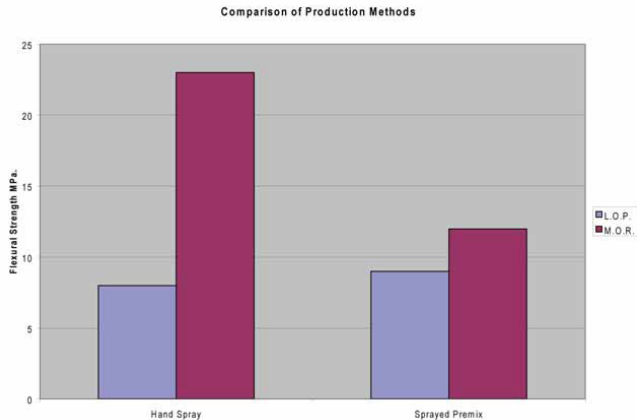
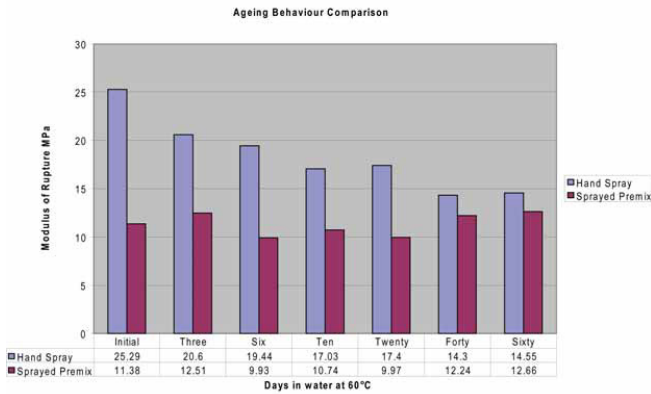
### Eskime özellikleri

Konvansiyonel tasarım kurallarında, elyafa bağlı bazı malzeme özelliklerinin zaman içinde değişim göstermesi anlaşılabilir ve kabul edilebilir bir durumdur. Elle püskürtme yönteminde özelliklerin zayıflaması çok yüksek seviyededir, ancak malzeme tamamen eskidiğinde bile önemli bir emniyet faktörü korunur.

Püskürtmeli ön karışım malzemelerin ise başlangıçtaki özellikleri daha zayıftır, eskime çok azdır ve 28 gün eskimiş malzemenin özellikleri ile tamamen eskimiş malzemenin özellikleri birbirine çok yakındır. Pratikte bu, hizmet sırasında arızalanma potansiyelinin ortadan kaldırdığı anlamına gelir.

### Yüksek kaliteli bir püskürtmeli ön karışım üretmenin şartları

Tutarlı ve yüksek kalitede bir püskürtmeli ön karışım Cam Elyaf Takviyeli Beton üretebilmek için şunlar gereklidir:



### Yüksek kaliteli ham maddeler

Ön karışımında mutlaka alkaliye dirençli elyaf kullanılmalıdır, parçalanmış el püskürtmeli elyaf uygun değildir.

### Spesifik bir karışım tasarımı

Uygun bir karışım tasarımı belirlenmeli ve tutarlı bir şekilde uygulanmalıdır.

### Malzemelerin doğru sınıflandırılması ve tartılması

Tutarlılık elde edilebilmesi için ham maddeler doğru sınıflandırılıp tartılmalıdır. Tartılmış poşetlerden çıkarılmış kuru malzemeler kullanılabilir, ancak su, polimer ve diğer sıvı katkı maddeleri otomatik olarak sınıflandırılıp uygulanmalıdır.

### Ön karışım Cam Elyaf Takviyeli Beton için tasarlanmış bir karıştırıcı

Kum/çimento bulamacını üretmek için yüksek hızda parçalayıcı bir karıştırıcı kullanılmalıdır, ancak elyaf karışıma düşük hızlarda eklenmelidir. Ön karışım Cam Elyaf Takviyeli Beton için özel tasarlanmış bir karıştırıcı kullanılmalıdır.

Pompa ve püskürtme tabancasından oluşan ön karışım püskürtme istasyonu

Ön karışım püskürtme tabancasının yanı sıra bir de peristaltik pompa gereklidir.

### Şekil 3: Üretim yöntemleri karşılaştırması.

### Şekil 4: Eskime davranışları karşılaştırması.

### Sonuç ve yorumlar

Püskürtmeli ön karışım yöntemiyle, tutarlı özelliklere sahip Cam Elyaf Takviyeli Beton üretilir (bazı mekanik özellikler daha zayıf olsa da daha karardır) ve elyaf içeriği garanti edilir. Proses konvansiyonel elle püskürtme yönteminden daha kolaydır ve daha az işgücü gerektirir. İşgücü maliyetleri arttıkça, püskürtmeli ön karışım yönteminin popülaritesi de artacaktır.

#### Detaylı bilgi

Bu teknik bilgi dokümanı yıllara dayanan çalışmaların bir ürünüdür ve 2005 yılında Hong Kong'ta düzenlenen GRCA Uluslararası Kongresi'nde eksiksiz olarak sunulmuştur.