

YENİ NESİL HİBRİT POLYTWIST® PTB SENTETİK FİBER DONATININ SAHA BETONLARINDA KULLANIMI - PERFORMANS HESAPLARININ TAYİNİ

ÖZET

Makro sentetik fiber donatılar, 1990'lı yıllardan itibaren endüstriyel zemin betonlarında, kompozit döşemelerde, yol betonlarında, püskürtme betonlarında ve bazı prekast elamanlarda; mikro sentetik fiberler ise 1970'li yıllardan itibaren plastik büzülme kontrol etmek amaçlı kullanılmaktadır. Ayrıca, taze betonun kuma oranını azaltırlar, pasif yangın dayanımı ve donma çözülme direncini artırır (ACI 544.4R).

Yeni nesil geliştirilmiş makro sentetik fiberlerin aynı paket içerisinde özel oranlı birleştirilmesi, çelik hasır donatı kullanımı gibi geleneksel yöntemlere alternatif oluşturmaktadır. Gerçekleştirilen arge çalışmalarıyla elde edilen sentetik fiber, özel tasarlanmış yumuşak ve bükülebilir yapısı sayesinde perdah sonrası daha iyi gömülür ve yüzeye çıkmaz. İşçiliği ve perdah sayısını azaltır. Fibrile içeriği sayesinde ilave mikro fiber kullanımını ortadan kaldırır. Burgulu makro ve fibrile karışık (hibrit) yapısı nedeniyle hem ana donatı olarak kullanılabilir hem de sıcaklık ve rötre çatlaklarını engeller. İki tamamlayıcı sistemi bir araya getirmektedir.

USE OF NEW GENERATION BLENDED POLYTWIST® PTB SYNTHETIC FIBERS ON SLAB ON GROUND - DETERMINATION OF PERFORMANCE CALCULATIONS

Synthetic microfibers became available in the 1990s with applications such as slabs-on-

ground, composite decks, shotcrete, pavements, roads and some precast units. Synthetic microfibers have been used in concrete since the 1970s to control and reduce plastic shrinkage cracks (and sometimes drying shrinkage cracks) without significantly improving the mechanical properties of hardened concrete. They may also affect the bleeding rate of fresh concrete, improving the near-surface properties of the hardened concrete. These fibers have been used to reduce the spalling of concrete exposed to fire and explosion (ACI 544.4R).

It is an alternative to traditional steel mesh reinforcement methods by combining new generation-developed micro and macro synthetic fibers in the same package in special proportions. As a result of R&D studies, thanks to its specially designed soft and bendable structure, it is embedded better after polishing and does not protrude. It has fibril content, so there is no need to use extra microfibers. Thanks to its twisted macro and fibrillated micro mixed (blended) structure, it is used both as main reinforcement and shrinkage and temperature cracks. The complement brings the two systems together.

MAKRO SENTETİK FİBER DONATILARIN PERFORMANSLARININ TAYİNİ

Makro sentetik fiber donatıların betona olan katkılarının değerlendirilmesi için kullanılan iki yöntem bulunmaktadır.

Yöntem 1: EN 14651 Test method



İNŞ. YÜK. MÜH. BURAK ERDAL

Dicle Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden 2009 yılında bölüm birincisi olarak mezun olmuştur. 2009-2011 yılları arasında Yıldız Teknik Üniversitesi Yapı Malzemeleri Ana Bilim dalında yüksek lisans yapmıştır. Tez konusu "Geri kazanılmış agrega ile üretilen polipropilen lif katkılı betonların özellikleri" dir. Uzmanlık alanı mikro ve makro fiberlerin geliştirilmesi ve ticarileştirilmesidir. Betonda kullanılan fiberler ile ilgili 30 yakın patent başvurusu ve birçok ulusal yayını bulunmaktadır.

for fibered concrete – Measuring the flexural tensile strength (limit of proportionality (LOP), residual) Lifli beton - Deney metodu - Eğilmeye çekme dayanımının tayini (oranlı sınırı (loc), artık)

Numune boyutları 150×150×600 mm dir. Deneyde prizmalar yan çevrilerek kalıplara değen beton yüzeyleri iki çelik mesnet üzerine serbestçe oturtulur. Deneyde mesnet açıklığı 500 mm dir. Prizmanın üst yüzeyinde, mesnet açıklığının 1/2 si mesafesinde, yük uygulanır. Numunenin orta noktasındaki sehimi, bu noktaya yerleştirilen CMOD (crack mouth opening displa-

cement - çatlak ağız ölçer) ile ölçülür. Dene, kapalı çevrimli yerdeğiştirme kontrollü deney makinesinde gerçekleştirilir. Deneyler 28 günlük numuneler üzerinde ve her bir deney en az üçer adet numune üzerinde gerçekleştirilir, Şekil 1. 0,1 mm çatlak ağız genişliğine ulaşana kadar 0,05 mm/dk, 0,1-4 mm



Şekil 1. EN 14651 Test Düzeneği

çatlak genişliği aralığında 0,2 mm/dk yükleme hızıyla yük-çatlak eğrileri elde edilir. Yük-yerdeğiştirme eğrilerinden betonun eğilme dayanımı ve artık da-

yanımlar hesaplanır. Dayanımlar kullanılarak beton kesidinin moment taşıma kapasitesi belirlenir.

Yöntem 2: ASTM C1609 / C1609M - 19a - Standard Test Method For Flexural Performance Of Fiber-Reinforced Concrete (Using Beam With Third-Po-



int Loading) Lifle Güçlendirilmiş Betonun Eğilme Dayanımı Test Metodu Standardı (4 Nokta Kiriş Yükleme)



Şekil 2. ASTM C 1609 Test Düzeneği



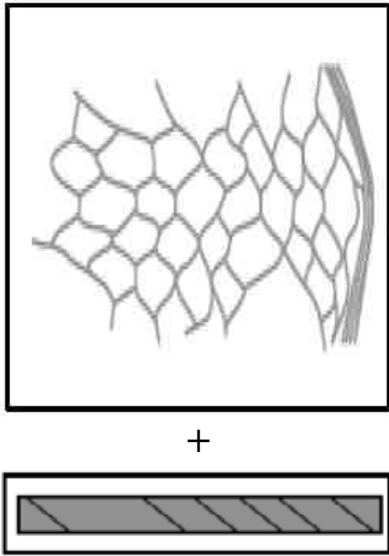
İnş. Yük. Müh. A. Samed DEMİRHAN

İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden 2014 yılında mezun olmuştur. Yurtiçi ve Yurt dışında çeşitli projelerde görev almış olup 2020 yılından bu yana Polyfibers da Ürün & Teknik Müdür olarak çalışmaya devam etmektedir. Bilecik Üniversitesi Yapı Malzemeleri Ana Bilim dalında yüksek lisansına devam etmektedir.

Numune boyutları 150×150×500 mm dir. Yapılan deneyde prizmalar yan çevrilerek beton yüzeyleri iki çelik mesnet üzerine serbestçe oturtulur. Deney mesnet açıklığı (L) 450 mm dir. Prizmanın üst yüzeyinde, mesnet açıklığının 1/3'ü mesafesinde, birbirine eşit iki yük uygulanır. Yükler kapalı çevrim test cihazı ile uygulanır ve nu-



munenin orta noktasında gerçekleşen sehim LVDT (linear variable differential transformer) ile ölçülür. Bütün deneyler 28 günlük numuneler üzerinde ve her bir deney en az üçer adet numune üzerinde gerçekleştirilir, Şekil 2. L/900 (0,5 mm) sehime kadar 0,035- 0.01 mm/dk, L/900-L/150 (0,5 mm-3 mm) sehim aralığına kadar 0,05-0.3 mm/dk yükleme hızıyla yük-sehim eğrileri elde edilir.



Şekil 3. Fibrile Fiber Donatı + Bükümlü Makro Fiber



Şekil 4. Polytwist PTB Fiber Donatı

Tablo 1. Beton Karışımı

Beton Karışımı	1 m ³ beton, kg/m ³
Su	160
Çimento (CEM 1 42.5 R)	320
Kaba Agrega	940
İnce Agrega	960
Süper Akışkanlaştırıcı	2,6
Polytwist PTB Sentetik Fiber	2-2, 5-3

Tablo 2. Polytwist PTB Fiber Donatı Teknik Özellikleri

Boy	54 mm
Çekme Gerilmesi	650 MPa
Elastisite Modülü	8.5 GPa

Tablo 3. Basınç Deneyi Sonuçları

Fiber Donatı	Dozaj kg/m ³	Numune boyutları mm×mm×mm	Gün	MPa
Polytwist PTB Fiber Donatı	2,0	150×150×150	28	45,3
	2,5			47,3
	3,0			45,1

DENEYSEL ÇALIŞMA

Numunelerin beton tasarımında TS 13515'e uygun agrega elek analizi uygulanmıştır. C30/37 beton sınıfına ait mix dizayn Tablo 1'de verilmiştir. Kullanılan Polytwist PTB sentetik fiber donatının teknik özellikleri Tablo 2'de yer almaktadır. Deneyler EN 14651 standardına göre yapılmıştır.

Fibrile burgulu yapıya sahip olan Polytwist PTB sentetik fiber donatıya ait iki görsel Şekil 3 ve Şekil 4 de verilmiştir.

Tablo 4. EN 14651 Denev Sonuçları

Polytwist® PTB Fiber Donatı	Orantılılık Sınırı Limit of Proportionality		CMOD			
			0.5 mm	1.5 mm	2.5 mm	3.5 mm
	Tepe Yüğü* (kN)	Tepe Yüğü Gerilme* (MPa)	f_{r1}^* , Mpa	f_{r2}^* , Mpa	f_{r3}^* , Mpa	f_{r4}^* , Mpa
			Gerilme	Gerilme	Gerilme	Gerilme
2 kg/m ³	13,6	4,36	1,3	1,3	1,2	1,1
2.5 kg/m ³	13	4,17	1,4	1,3	1,3	1,1
3 kg/m ³	13,7	4,37	1,7	1,7	1,7	1,5

f_{r1} 0.5 mm çatlak ağzındaki artık dayanım, MPa

f_{r2} 1.5 mm çatlak ağzındaki artık dayanım, MPa

f_{r3} 2.5 mm çatlak ağzındaki artık dayanım, MPa

f_{r4} 3.5 mm çatlak ağzındaki artık dayanım, MPa

DENEY SONUÇLARI

Basınç deneylerinde her durum için üçer adet küp kırılarak elde edilen ortalama basınç dayanımları Tablo 3 de verilmiştir.

EN 14651 kiriş eğilme deneylerinde altışar adet numune kullanılmıştır. Her durum için elde edilen ortalama sonuçlar Tablo 4 de verilmiştir.

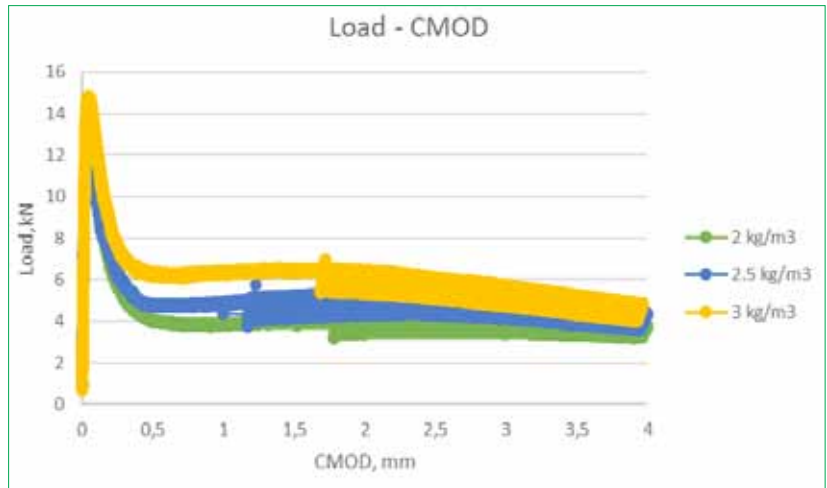
Farklı fiber donatı durumları için elde edilen ortalama yük-çatlak ağzı genişliği grafikleri Şekil 5 de verilmiştir.

ENDÜSTRİYEL ZEMİNLERDE SICAKLIK ve RÖTRE GERİLMELERİ İÇİN MAKRO SENTETİK FİBER KULLANIMI

Donatı oranına göre gerekli olan makro fiber miktarı ACI 544.12-23'e göre hesaplanmıştır. Tablo 5 de donatı oranına bağlı olarak makro fiberin sağlaması gereken dayanım değerleri verilmiştir.

Tablo 6 da çelik hasır donatı kullanılan 200 mm kalınlıklı betonarme plağın özellikleri verilmiştir.

Betonarme plağın donatı oranı aşağıdaki gibi hesaplanabilir.



Şekil 5. Yük – Çatlak Ağzı Grafiği (ortalama)

Tablo 5. Donatı Oranına Bağlı Olarak Artık Dayanım – Eşdeğer Dayanımın Belirlenmesi

Donatı oranı, %	Artık Dayanım – Residüel Dayanım – MPa f_{r3} & f_{150} & f_{e3}
≤ 0.10	0.7
0.12	0.8
0.14	1.0
0.16	1.1
0.18	1.3
0.20	1.4

f_{r3} 2.5 mm çatlak ağzındaki artık dayanım, MPa (EN 14651)

f_{150} 3 mm sehime karşılık gelen artık dayanım, MPa (ASTM C 1609)

f_{e3} 3 mm sehime karşılık gelen eşdeğer eğilme dayanımı, MPa (ASTM C 1609)

Tablo 6. Çelik Hasır Donatı Kullanılan Betonarme Plak

Plak Kalınlığı,	200 mm
Beton sınıfı	C30/37 MPa
Donatı Alanı,	262 mm ² /m çift kat (Q131/131)
Donatı Akma Dayanımı,	500 MPa
Pas payı	50 mm

Tablo 7. Çelik Hasır ve Polytwist Ptb Fiber Donatı Kullanım Durumlarının Karşılaştırması

Geleneksel Çözüm	
Beton kalınlığı, h (mm)	200
Beton basınç dayanımı, f _{ck} (MPa)	C30/37
Donatı	Çift kat Q131/131
Polytwist PTB Fiber Donatı ile Çözüm	
Beton kalınlığı, h (mm)	200
Dozaj, kg/m ³	2,0
Polytwist PTB	54 mm
f _{r3} (MPa)	1,2

$$\rho = \frac{A_s}{bxh} = \frac{262}{1000 \times 200}$$

$$= 0.00131 = \%0.13$$

Burada, ρ donatı oranına (%), A_s donatı alanına (mm²), b birim genişliğe (mm) ve h plak kalınlığına (beton kalınlığı) (mm) karşı gelmektedir.

Tablo 4'te yer alan deney sonuçları incelendiğinde, 2 kg/m³ Polytwist PTB fiber donatı 1.2 MPa (EN 14651 test sonucu) eğilme dayanımı sağlamıştır. Donatı oranı %0.13 olan bir kesit için gerekli (1.2 MPa > 0.9 MPa) artık dayanım sağlanmaktadır. 2 kg/m³ Polytwist PTB fiber donatı, geleneksel olarak kullanılan çelik hasır donatıya denk bir dayanım sağlamaktadır.

Çelik hasır donatı ve Polytwist PTB fiber donatı kullanımına ait sonuçlar Tablo 7 de birlikte verilmiştir.

SONUÇLAR

2 kg/m³ dozajlı Polytwist PTB makro sentetik fiber donatı, artık (rezidüel) dayanım koşulunu sağladığından geleneksel çelik hasır donatı yerine kullanılabilir.

Makro fiberlerin bir arada olduğu bu sistem ile etkili çatlak kontrolü sağlanabilmektedir. Çatlaksız betonun servis ömrü uzamaktadır.

Örneklenen hesap yöntemi, altında zemin bulunan (sürekli destekli sistem) endüstriyel zemin betonları, yol betonları, kompozit döşeme üstü be-

tonları gibi sistemlerdeki "makro fiber dozajının" belirlenmesi amacıyla kullanılabilir.

REFERANSLAR

ACI 544.4R-18: Guide to Design with Fiber-Reinforced Concrete

EN 14651: Test method for fibered concrete – Measuring the flexural tensile strength (limit of proportionality (LOP), residual)

ASTM C 1609: Standard Test Method for Flexural Performance of Fiber-Reinforced Concrete (Using Beam With Third-Point Loading)

TS 13515: TS EN 206-1'in Uygulamasına Yönelik Tamamlayıcı Standart

ACI 544.12-23: Performance-Based Fiber-Reinforced Concrete for Slabs-on-Ground and Overlays-Specification