

ÖZET

BETON GÜÇLENDİRME ELEMANI

- 5 Mevcut buluş ile betonun güçlendirilmesi için kullanıma uygun olan, bir kaplama malzemesi ile kaplanmış makro sentetik naylon 6.6 liflerinden mamul bir güçlendirme elemanı olup özelliği poliüretan, poliakrilat, poliamid, resorsinol-formaldehit bazlı bir gruptan seçilen söz konusu kaplama malzemesinin nanosilika parçacıkları içermesidir.

10

İSTEMLER

1. Betonun güçlendirilmesi için kullanıma uygun olan, bir kaplama malzemesi ile kaplanmış, çapı 0.3 mm'den büyük olan sentetik naylon 6.6 liflerinden mamul bir güçlendirme elemanı olup özelliği bahsedilen naylon 6.6 liflerinin kaplanması için poliüretan, poliakrilat, poliamid, resorsinol-formaldehit içeren bir gruptan seçilen ve nanosilika parçacıklarını içeren bir kaplama malzemesini içermesidir.
2. İstem 1'e uygun bir güçlendirme elemanı olup özelliği, naylon 6.6 lifinin çapının 0.6 mm'den küçük olmasıdır.
3. İstem 2'ye uygun bir güçlendirme elemanı olup özelliği, naylon 6.6 lifinin çapının 0.55 mm olmasıdır.
4. İstem 1'e uygun bir güçlendirme elemanı olup özelliği, naylon 6.6 lifinin boyunun 36-70 mm aralığında olmasıdır.
5. İstem 1'e uygun bir güçlendirme elemanı olup özelliği, bahsedilen kaplama malzemesinin poliüretan bazlı kaplama malzemesi olmasıdır.
6. İstem 5'e uygun bir güçlendirme elemanı olup özelliği, poliüretan bazlı kaplama malzemesinin kaprolaktam bloke poliizosiyanatın, epoksitlenmiş orto-kreselik novolak ve su ile reaksiyonu sonucu elde edilmesidir.
7. İstem 5'e uygun bir güçlendirme elemanı olup özelliği, poliüretan bazlı kaplama malzemesinin; kaplamanın toplam ağırlığına göre %40,4 oranında kaprolaktam bloke poliizosiyanat, %4,6 oranında epoksitlenmiş orto-kreselik novolak ve %55 oranında su içermesidir.

8. İstem 1'e uygun bir güçlendirme elemanı olup özelliği, bahsedilen kaplama malzemesinin toplam ağırlığa göre %20 oranında söz konusu nanosilika parçacıklarını içermesidir.
- 5 9. İstem 1'e uygun bir güçlendirme elemanı olup özelliği, bahsedilen nanosilika parçacıklarının yüzey alanının en az 35 m²/g olmasıdır.
- 10 10. İstem 5'e uygun bir güçlendirme elemanı olup özelliği, poliüretan bazlı kaplama malzemesi; malzemenin toplam ağırlığına göre %32,3 oranında kaprolaktam bloke poliizosiyanat, %3,7 oranında epoksitlenmiş orto-kreselik novolak, %20-30 oranında nanosilika parçacıkları ve %34-44 oranında su bulunmaktadır.
- 15 11. Betonun güçlendirilmesi için kullanıma uygun olan, bir kaplama malzemesi ile kaplanmış çapı 0.3 mm'den büyük olan sentetik naylon 6.6 liflerden mamul bir güçlendirme elemanı olup özelliği; poliüretan, poliakrilat, poliamid, resorsinol-formaldehit içeren bir gruptan seçilen ve nanosilika parçacıkları içeren bir kaplama malzemesinin naylon 6.6 liflerine en azından kısmen kaplanması yöntemiyle üretilmesidir.
- 20 12. İstem 11'e uygun bir yöntem ile elde edilen bir güçlendirici eleman olup özelliği; nanosilika parçacıklarının kaplama malzemesi karışımı içerisine sulu çözelti olarak eklenmesidir.
- 25 13. İstem 12'ye uygun bir yöntem ile elde edilen bir güçlendirici eleman olup özelliği; kaplama malzemesine sulu çözelti olarak eklenen nanosilika parçacıklarının pH değerinin en az 9 olmasıdır.
- 30 14. İstem 12'ye uygun bir yöntem ile elde edilen bir güçlendirici eleman olup özelliği; kaplama malzemesine sulu çözelti olarak eklenen nanosilika parçacıklarının yoğunluğunun 1,39 g/cm³ olmasıdır.

- 15.** İstem 12'ye uygun bir yöntem ile elde edilen bir güçlendirici eleman olup özelliği; kaplama malzemesine sulu çözelti olarak eklenen nanosilika parçacıklarının yüzey alanının en az 35 m²/g olmasıdır.

TARİFNAME**BETON GÜÇLENDİRME ELEMANI****5 İlgili Teknik Alan**

Mevcut buluş, betonun güçlendirilmesi için kullanıma uygun olan, bir kaplama malzemesi ile kaplanmış makro sentetik lif içeren bir güçlendirme elemanı ile ilgilidir.

10

Önceki Teknik

Beton; çakıl, kum gibi “agrega” denilen maddelerin bir bağlayıcı madde (Çimento, Çimento ile (Uçucu Kül, Silis Dumanı, Öğütülmüş Granüle Yüksek Fırın Cürufu)) ve su ile birleştirilmesinden meydana gelen inşaat yapıtaşıdır. Betonun, içine eğilme ve çekme gerilmelerini karşılamak için çelik (Donatı) yerleştirilmiş haline betonarme denilmektedir. Betonarmeyi oluşturan iki asli unsurdan birisi donatıdır. Betonun kendisi, basınca karşı çok iyi çalışan bir malzeme olmasına rağmen çekme dayanımı çok düşüktür. Bu sebeple çekme bölgesindeki gerilmeleri karşılamak üzere, bu bölgeye betonarme donatı olarak genelde çelik çubuklar yerleştirilir. Bu donatılar çelikten mamul edilmektedir.

Betonarme donatı olarak kullanılan çelik teller her ne kadar çekme dayanımını artırsa da bu teller oldukça ağırdır. Bunun yanı sıra, çelik teller betonda oluşan mikro çatlakların oluşması ile zamanla paslanmakta ve bu nedenle de kullanımları kısa ömürlü olmaktadır. Ayrıca, çelik teller beton mikseri ve pompasını aşındırmaktadır. Çelik tellerin tüm bu dezavantajları sebebiyle yeni, teknolojiler geliştirilmiştir. Bunlardan birisi çelik teller yerine makro sentetik liflerin kullanılmasıdır. Makro lif (çapı 0.3 mm’den büyük) donatılar, çelik tellerden daha hafif olduğundan ve paslanmadığından (korozyon uğramadığından) tercih edilen bir donatı türüdür. Burada kullanılan lifler; cam elyafları, sentetik lifler (polimer)

ve doğal lifler olabilmektedir. Poliolefin (polipropilen, polietilen, polipropilen/propilen kopolimer) ve polivinilalkol teknikte sıkça kullanılan makro sentetik liflere örnektir.

- 5 Bilinen teknikte beton güçlendirme amaçlı kullanılan liflerin bir örneği US2001/051266A1 sayılı patent dokümanında yer almakta olup burada, polipropilen esaslı liflere yönelik uygulamalardan bahsedilmektedir. Ancak burada bahsedilen liflerin kimyasal yapısının beton ile bağ yapacak fonksiyonel gruplar bulundurmamaktadır. Söz konusu kimyasal bağ oluşturulmadığından, betonla
- 10 uyumluluğu tamamen mekanik kuvvetlerle (ankraj) sağlamaktadır. Bu sebeple bu liflere kabartma, kıvrım verme ve dalgalandırma gibi yüzey işlemleri uygulanmaktadır. WO2012174414A2 sayılı patent dokümanında ise beton güçlendirici poliolefin lifleri açıklanmaktadır. Poliolefin lifler hidrofobiktir ve yüzeyinde reaktif uçlar bulunmadığından beton ile kimyasal bağ yapamazlar. Bu
- 15 nedenle, yüzeyine kabartma ile veya dalgalandırılarak sıyrılma (pull-out) dayanımının artırılması gerekmektedir. Makro sentetik liflerin yüzey alanları bağlayıcı ile birlikte beraber çalışmadığı sürece, lifler betondaki ilk çatlaktan sonra sıyrılarak çıkmaktadır. Tekniğin bilinen durumuna ait bir diğer doküman ise US2002/0182406 A1 sayılı patent dokümandır. Bu dokümanda karbon liflerin
- 20 beton içindeki topaklanmasını önlemek ve betona dayanım kazandırmak amacıyla epoksi kaplamalar uygulanmaktadır. Fakat kullanılan kaplama, beton-lif arasında kimyasal bağ oluşturmamakta dolayısıyla da lifler betonda çekme gerilmesi altında kolayca sıyrılmaktadır.
- 25 Tekniğin bilinen durumunda yer alan dokümanlarda kullanılan lifler geleneksel olarak kullanılan çelik donatı yerine kullanım açısından istenilen performansı sağlayamamaktadır. Şöyle ki, bu lifler kimyasal bağ yapamamakta dolayısıyla da mekanik kuvvetlerle dayanımın artırılması gerekmektedir. Ayrıca bu lifler, betona süneklik kazandırmakta, ilk çatlak sonrası gevrek kırılmayı önlemede, betona yük
- 30 altında şekil değiştirme yeteneği kazandırmada ve betonun gevrek olan davranışını sünek davranışa dönüştürmede yetersiz kalmaktadır.

Buluşun Kısa Açıklaması

5 Mevcut buluş ile betonun güçlendirilmesi için kullanıma uygun olan, bir kaplama malzemesi ile kaplanmış, çapı 0.3 mm'den büyük olan sentetik naylon 6.6 liflerinden mamul bir güçlendirme elemanı geliştirilmekte olup söz konusu güçlendirme elemanı bahsedilen naylon 6.6 liflerinin kaplanması için poliüretan, poliakrilat, poliamid, resorsinol-formaldehit içeren bir gruptan seçilen ve nanosilika parçalarını içeren bir kaplama malzemesini içermektedir.

10

15 Mevcut buluş ile ayrıca, geliştirilen betonun güçlendirilmesi için kullanıma uygun olan, bir kaplama malzemesi ile kaplanmış, çapı 0.3 mm'den büyük olan sentetik naylon 6.6 liflerinden mamul bir güçlendirme elemanı; poliüretan, poliakrilat, poliamid, resorsinol-formaldehit içeren bir gruptan seçilen ve nanosilika parçacıkları içeren bir kaplama malzemesinin bahsedilen naylon 6.6 lif yüzeyine en azından kısmen kaplanması yöntemiyle üretilmektedir.

20 Mevcut buluş ile geliştirilen güçlendirici eleman betona süneklik kazandırarak, ilk çatlak sonrası gevrek kırılmayı önlemektedir. Ayrıca betona yük altında şekil değiştirme yeteneği kazandırıp betonun gevrek olan davranışını sünek davranışa dönüştürür. Bu sayede servis süresi boyunca güvenli bir şekilde kullanılan, rezidüel dayanım değeri, moment kapasitesi ve çekme dayanımını arttırmaktadır. Çatlak genişliği sınırlandırılan betonlar elde edilmektedir.

25

Buluşun Amacı

30 Mevcut buluşun amacı, makro sentetik lif ile beton arasındaki adhezyonun kimyasal bir kaplama ile sağlandığı betonda kullanıma uygun bir güçlendirme elemanı geliştirmektir.

Mevcut buluşun bir diğer amacı, betonun rezidüel dayanım değerini, moment kapasitesini ve çekme dayanımını artıran bir güçlendirme elemanı geliştirmektir.

5 Mevcut buluşun başka bir amacı servis sınır durumu hesabı için kullanılan moment taşıma kapasitesinin artırıldığı bir güçlendirme elemanı geliştirmektir.

10 Mevcut buluşun bir diğer amacı, servis süresi boyunca betonda oluşacak çatlak genişliğinin sınırlandırılmasını sağlayan, betonu daha güvenli hale getiren bir güçlendirme elemanı geliştirmektir. Çatlakların sınırlandırılması betonun durabilitesini (zamanla meydana gelen dayanım değişikliği) artıracaktır.

Sekillerin Açıklaması

15 Şekil 1; EN14651 standardı doğrultusunda gerçekleştirilen Yük-Çatlak Ağzı test grafiğini göstermektedir.

Buluşun Açıklaması

20 İnşaat ve yapı sektöründe en sık kullanılan malzemelerden birisi betondur. Beton basınca karşı çok iyi çalışan bir malzeme olmasına rağmen çekme dayanımı çok düşüktür. Bu sebeple çekme bölgesindeki gerilmeleri karşılamak üzere, belirli bölgelere betonarme donatı olarak çelik çubuklar yerleştirilir. Ancak bu donatılar, korozyona uğradıkları için ve çelik teller beton mikseri ve pompasını aşındırdığı için tercih edilmemektedir. Bu çelik tellerin yerine geliştirilen makro sentetik lifler
25 ise kimyasal bağ yapmadığı için betonun dayanımının mekanik kuvvetlerle artırılması gerekmektedir. Ayrıca bu makro lifler, betona süneklik kazandırmakta, ilk çatlak sonrası gevrek kırılmayı önlemede, betona yük altında şekil değiştirme yeteneği kazandırmada ve betonun gevrek olan davranışını sünek davranışa dönüştürmede yetersiz kalmaktadır. Bu sebeple mevcut buluşla, betonun
30 güçlendirilmesi için kullanıma uygun olan, bir kaplama malzemesi ile kaplanmış sentetik lif içeren bir güçlendirme elemanı geliştirilmektedir.

Mevcut buluş ile geliştirilen güçlendirme elemanı betonda kullanılmaktadır. Bu güçlendirme elemanı içerisinde yer alan Naylon 6.6 geleneksel olarak kullanılan çelik donatı yerine kullanılabileceği gibi, donatı miktarını azaltıp hibrid şeklinde beton içerisinde de kullanılabilmektedir.

Mevcut buluş ile betonun güçlendirilmesi için kullanıma uygun olan, bir kaplama malzemesi ile kaplanmış, çapı 0.3 mm'den büyük olan sentetik naylon 6.6 liflerinden mamul bir güçlendirme elemanı geliştirilmekte olup söz konusu güçlendirme elemanı; bahsedilen naylon 6.6 liflerinin kaplanması için poliüretan, poliakrilat, poliamid, resorsinol-formaldehit içeren bir gruptan seçilen ve nanosilika parçalarını içeren bir kaplama malzemesini içermektedir.

Mevcut buluşun alternatif bir uygulamasında, bahsedilen naylon 6.6 lifinin çapı 0.3-0.6 mm aralığındadır. Mevcut buluşun ilgili olduğu alan makro sentetik lifleri esas almakta ve lif çapının 0.3 mm den büyük olması ile sınırlıdır. Naylon 6.6 lifinin çapının 0.6 mm üstünde olması durumunda ise betonda topaklanma meydana gelmesi problemi ile karşılaşılmaktadır. Beton içerisinde topaklanma yapan lifler 3 boyutlu olarak çalışmamakta ve topaklanma sebebi ile arattıkları yüksek hacime bağlı olarak beton içerisinde boşluk oluşturarak dayanımı düşürmektedirler. Bu durumda naylon 6.6 lifinin çapının belirtilen aralıklarda olması ile söz konusu problemlerin önüne geçilmektedir.

Tekniğin bilinen durumunda, makro sentetik liflerin yüzeyi, yüksek crosslinked (çapraz bağlı) ve hidrofilik yapıdaki beton ile uyumluluğu arttırmak amacı ile yapısında hidroksil, karboksil, amid, üretan, silan gibi polar fonksiyonel gruplar bulunduran poliüretan, poliakrilat, poliamid, resorsinol-formaldehit bazlı kaplama malzemeleri arasından seçilen bir kaplama malzemesi ile kaplanmaktadır. Böylece bahsedilen özelliklere sahip kaplama malzemeleri sayesinde lif olarak kullanılan naylon 66 lifine yeterli dirilik verilebilmekte ve hidrofilik özellikteki beton ile lifin uyumluluğunun artırılarak beton içerisinde daha kolay karışması amaçlanmaktadır.

- Mevcut buluş ile geliştirilen betonun güçlendirilmesi için kullanıma uygun olan, bir kaplama malzemesi ile kaplanmış, çapı 0.3 mm'den büyük olan sentetik naylon 6.6
- 5 liflerinden mamul bir güçlendirme elemanı; poliüretan, poliakrilat, poliamid, resorsinol-formaldehit içeren bir gruptan seçilen ve nanosilika parçacıkları içeren bir kaplama malzemesinin bahsedilen naylon 6.6 lif yüzeyine en azından kısmen kaplanması yöntemiyle üretilmektedir.
- 10 Mevcut buluş ile geliştirilen güçlendirme elemanında bahsedilen kaplama malzemesine eklenen nanosilika parçacıkları ile yalın yapıştırıcıya kıyasla, yapıştırıcının mekanik gücünün ve çekip çıkarma kuvvetini artırılması, çimento ile nanosilika/yapıştırıcı yapıları arasındaki kimyasal benzerliğin ıslatma/uyumluluk özelliğinin artırılması ve yapışmayı iyileştirmesi sağlanmaktadır. Kullanılan silika
- 15 parçacığın çapı nano boyutlarda olduğundan, yapışkan yüzeylerdeki boşluk ve deliklere penetrasyon artırılmakta ve bu sayede güçlenmiş birleşme mukavemeti elde edilmektedir. Nanosilika parçacıkları, kaplama malzemesi ile beton arasındaki uyumluluğu artırılmakta, beton içerisinde bulunan silan grupları ile bağ yaparak lif ile beton arasındaki yapışmanın artmasını sağlamaktadır. Aynı amaçla yapılan
- 20 çalışmalarda kaplama malzemesine, parçacık büyüklüğü tercihen 55 nm, yüzey alanı ise tercihen 15-35m²/g aralığında olan mikrosilika parçacıkları eklendiğinde, kaplamanın yapışma performansını artırmak yerine azalttığı gözlemlenmiştir. Nanosilika parçacıkları ile elde edilen gelişmiş özelliklerin mikrosilika parçacıkları ile elde edilememesinin nedeni, nano parçacıkların yüzey alanlarının mikro
- 25 parçacıklara göre daha fazla olmasıdır. Nano parçacıkların yüzey alanı daha büyük olduğunda, yapıştırıcı matriks ile daha fazla etkileşime girip, daha etkin bir stres transferi sağlamakta ve yapışma mukavemetini artırmaktadır.
- Mevcut buluşta önerilen nanosilika malzemelerin yapışma performansına etkisinin
- 30 analizi için, nanosilika içermeyen, yalın kaplama malzemesi olarak poliüretan bazlı kaplama malzemesi ile yapılan çalışmada, poliüretan bazlı kaplama malzemesi

izosiyanat ve epoksinin reaksiyonu sonucu elde edilmektedir. Bu poliüretan bazlı kaplama malzemesi kaprolaktam bloke poliizosiyanatın, epoksitlenmiş orto-kreselik novolak ve su ile reaksiyonu sonucu elde edilmektedir. Bu reaksiyon sonucu oluşan poliüretan bazlı kaplama malzemesinin reçetesi Tablo 1'de açıklanmaktadır. Bu tabloya göre poliüretan bazlı kaplama malzemesi içerisinde; kaplamanın toplam ağırlığına göre tercihen %40,4 oranında kaprolaktam bloke poliizosiyanat, tercihen %4,6 oranında epoksilenmiş orto-kreselik novolak ve tercihen %55 oranında su bulunmaktadır.

Kaplama Reçetesi (Toplam Ağırlıkça %)		
BN-27 (kaprolaktam bloke poliizosiyanat)	W68 (epoksitlenmiş orto- kreselik novolak)	Su Miktarı
40,4	4,6	55

10

Tablo 1

Mevcut buluşun alternatif bir uygulamasında; nanosilika parçacıklarını içeren poliüretan bazlı kaplama malzemesinin reçetesi Tablo 2 içerisinde açıklanmaktadır. Bu tabloya göre poliüretan bazlı kaplama malzemesi; malzemenin toplam ağırlığına göre tercihen %32,3 oranında kaprolaktam bloke poliizosiyanat, tercihen %3,68 oranında epoksitlenmiş orto-kreselik novolak, tercihen %20 oranında nanosilika parçacıkları (tercihen Dispercol 5005) tercihen %55 oranında su içermektedir. Bahsedilen nanosilika parçacıklarının büyüklüğü tercihen 55 nm olup, yüzey alanı ise tercihen en az 35 m²/g dır.

20

Nanosilika (20%) Katkılı Kaplama Malzemesi Reçetesi (ağırlıkça %)			
BN-27 (kaprolaktam bloke poliizosiyanat)	W68 (epoksitlenmiş orto-kreselik novolak)	Nanosilika parçacıkları (tercihen Dispercol 5005 (Katı yüzde: 50%))	Su Miktarı
32,3	3,7	20-30	34-44

- Mevcut buluşun alternatif bir uygulamasında, nanosilika parçacıkları kaplama malzemesi içerisine sulu çözelti olarak eklenmekte olup, nanosilika parçacıklarından elde edilen sulu çözeltinin pH değeri tercihen en az 9, yoğunluğu ise tercihen 1,39 g/cm³ dır.

- Mevcut buluş ile geliştirilen güçlendirme elemanının eklendiği beton, nanosilika parçacıklarını içeren güçlendirme elemanının eklendiği beton ve bunları içermeyen referans beton üzerinde karşılaştırmalı deneyler yapılmış olup bu deneylerin sonuçları Tablo 3'te açıklanmaktadır. Buluşa konu nanosilika içeren kaplama malzemesi ile kaplanmış güçlendirme malzemesinin testlerinin yapılmış olduğu betonların içerikleri ve söz konusu bu betona ait agrega elek analizi Tablo 4'te, su/çimento oranının 0.55 olduğu durumdaki hacim (dm³), ağırlık (kg) ve özgül ağırlık (gr/dm³) ölçüm sonuçları Tablo 5'te, 1 m³ beton üretimi için kullanılan miktarlar ise Tablo 6'da gösterilmektedir. Tablo 7'de ise beton üretiminde kullanılan Naylon 6.6 yapısal makro sentetik liflerin özellikleri açıklanmaktadır

Deney No	Lif Çeşidi	Kaplama Çeşidi	Dozaj, kg/m ³	Numune Adeti
1	-	-	-	8
2	54 mm Naylon 6.6, çap 0.55 mm	kaplama	7	8
3	54 mm Naylon 6.6, çap 0.55 mm	Kaplama+nanosilika parçacıkları	7	8

Tablo 3

5

ELEK (mm)	Agregalar				KARIŞIM
	KUM	T.TOZU	1 NO	2 NO	
22,4	100,0	100,0	100,0	100,0	100
20	100,0	100,0	100,0	96,1	99
16	100,0	100,0	100,0	52,2	88
10	100,0	100,0	78,7	0,8	70
8	100,0	100,0	35,6	0,1	59
5,6	99,1	100,0	3,5	0,1	51
4	93,3	95,8	0,2	0,1	47
2	75,5	59,0	0,2	0,1	33
1	56,7	35,5	0,2	0,1	22
0,5	35,3	24,1	0,2	0,1	14
0,25	9,3	17,2	0,2	0,1	7
0,125	2,3	12,5	0,2	0,1	4
KARIŞIM	20	30	25	25	100

Tablo 4

MALZEME	SU/Çİ M	HACİM (dm ³)	DYK ÖZG.A GR gr/dm ³	AĞIRLI K KG.
CEM I 42,5 R	0,55	89,17	3,14	280
SU		154	1	154
HAVA		20,0		
KİSMİ HACİM TOPLAMLARI		263,17		

Tablo 5

AGREGALAR			HACİ M (dm ³)	DYK ÖZG.A GR gr/dm ³	kg/m ³
KUM	%	20,0	146,8	2,62	384,6
T.TOZU	%	30,0	220,2	2,63	579,1
1 NO	%	25,0	183,5	2,74	502,8
2 NO	%	25,0	183,5	2,74	502,8
Süper Akışkanlaştırıcı	%	1,20	3,9	1,17	3,4
AGREGA TOPLAM HACMİ			734,0		
KATKI HACMİ			2,9		
TOPLAM HACİM ve AĞIRLIK			1000,0		2406,6

Tablo 6

5

Çekme Gerilmesi	900, N/mm ²	ISO 2062:2009
Elastisite Modülü	5,15, Gpa	ISO 2062:2009
Özgöl ağırlık	1,14, gr/cm ³	ASTM D 792
Uzunluk	54,mm	EN 14889-2
Çap	0.55, mm	EN 14889-2
Erime Noktası	260, °C	ISO 11357-3
kg/fiber	88000	
Alkali Direnci	Çok iyi	ASTM E 2098

Tablo 7

Nanosilika içermeyen, yalın kaplama malzemesi olarak poliüretan bazlı kaplama malzemesi ile kaplanmış naylon 6.6'yı içeren güçlendirme elemanını içeren beton,

- mevcut buluş ile geliştirilen nanosilika parçacıkları içeren kaplama malzemesi ile kaplanmış naylon 6.6'yı içeren güçlendirme elemanını içeren beton ve tek başına beton kirişleri üretilip bu betonların eğilme mukavemetleri test edilmiştir. Bu testler EN 14651 Eğilme mukavemetinin ölçülmesi (Measuring the flexural tensile strength) standardına göre yapılmıştır. Kullanılan beton kiriş numune boyutları 15*15*60 cm'dir. Üç noktalı kiriş eğilme deneyi olarak adlandırılmakta ve mesnet aralığı, 50 cm'dir. Yapılan testin sonuçları Tablo 8, 9 ve 10'da gösterilmekte olup Tablo 8 referans betona, Tablo 9 tek başına kaplama malzemesi ile kaplanmış 7 kg/m³ Naylon 6.6 içeren güçlendirme elemanını içeren betona, Tablo 10 ise %20 nanosilika parçacıkları içeren kaplama malzemesi ile kaplanmış 7 kg/m³ Naylon 6.6 içeren güçlendirme elemanını içeren betona yöneliktir. Tablo 11 bütün bu sonuçları özetler niteliktedir.

Kiriş No	Max Yük (N)	Eğme gerilmesi Flop (Mpa, N/mm ²)	fr1	fr2	fr3	fr4
			0,5 mm çatlak ağzı (Mpa, N/mm ²)	1,5 mm çatlak ağzı (Mpa, N/mm ²)	2,5 mm çatlak ağzı (Mpa, N/mm ²)	3,5 mm çatlak ağzı (Mpa, N/mm ²)
1	15502,67	4,96	0,26	0,0	0,0	0,0
2	14611,47	4,68	0,31	0,0	0,0	0,0
3	14375,89	4,60	0,18	0,0	0,0	0,0
4	15098,63	4,83	0,26	0,0	0,0	0,0
5	14124,86	4,52	0,34	0,0	0,0	0,0
6	14294,06	4,57	0,29	0,0	0,0	0,0
7	14772,26	4,73	0,35	0,0	0,0	0,0
8	14393,99	4,61	0,23	0,0	0,0	0,0
Ortalama	14646,72875	4,69	0,28	0,0	0,0	0,0

Kiriş No	Max Yük	Eğme gerilmesi Flop	fr1	fr2	fr3	fr4
			0,5 mm çatlak ağzı	1,5 mm çatlak ağzı	2,5 mm çatlak ağzı	3,5 mm çatlak ağzı
	(N)	(Mpa, N/mm2)	(Mpa, N/mm2)	(Mpa, N/mm2)	(Mpa, N/mm2)	(Mpa, N/mm2)
1	15382 ,37	4,65	1,6	2,4	2,8	3,1
2	15626 ,6	4,68	1,6	2,5	2,8	3,2
3	16130 ,16	4,82	1,7	2,7	3,2	3,4
4	16213 ,79	4,69	1,7	2,3	3,0	3,2
5	14910 ,78	4,77	1,4	2,1	2,5	3,2
6	15697 ,88	4,74	1,6	2,3	2,8	3,1
7	15842 ,5	4,92	1,3	1,9	2,4	2,4
8	14636 ,98	4,68	1,1	1,7	2,3	2,4
Ortalama	15555 ,13	4,74	1,5	2,2	2,7	3,0

Tablo 9

Kiriş No	Max Yük	Eğme gerilmesi Flop	fr1	fr2	fr3	fr4
			0,5 mm çatlak ağzı	1,5 mm çatlak ağzı	2,5 mm çatlak ağzı	3,5 mm çatlak ağzı
	(N)	(Mpa, N/mm2)	(Mpa, N/mm2)	(Mpa, N/mm2)	(Mpa, N/mm2)	(Mpa, N/mm2)
1	13449,37	4,30	2,2	2,8	2,6	2,0
2	14518,11	4,65	2,0	2,5	2,4	1,7
3	14141,65	4,53	2,2	3,2	3,3	2,3
4	15096,15	4,83	2,2	3,2	3,7	3,1
5	14371,01	4,60	1,6	2,5	2,7	2,4
6	15015,98	4,81	2,0	2,7	2,5	2,3
7	15389,72	4,92	2,4	3,1	3,1	1,9
8	15302,98	4,90	2,1	2,9	2,6	1,8
Ortalama	14660,62	4,69	2,1	2,9	2,8	2,2

Tablo 10

5

Deney no	Kaplama	N/mm2				
		Flop	fr1	fr2	fr3	fr4
1	-	4,69	0,3	0,0	0,0	0,0
2	tek başına kaplama malzemesi	4,74	1,5	2,2	2,7	3,0
3	kaplama malzemesi + % 20 Nanosilika parçacıkları	4,69	2,1	2,9	2,8	2,2

Tablo11

- 10 Buluş ile geliştirilen güçlendirme elemanı ile fr1 olarak adlandırılan 0.5 mm çatlak ağzına karşılık gelen rezidüel dayanım, kaplama içeriğinin değişmesiyle referans (şahit) betonuna göre önemli ölçüde artmaktadır. Bu da 0.5 mm moment taşıma

kapasitesinin artması anlamına gelmektedir. 0.5 mm çatlak ağzındaki rezidüel gerilme 1 (f_{r1}) yapısal sistemlerde servis sınır durumu hesabında kullanılmaktadır. Servis sınır durumu hesabı, çatlak genişliğinin sınırlandırılıp yapının servis ömrü boyunca durabilitesini artırmak için kullanılır. Bir yapının servis ömrü boyunca oluşacak çatlak genişliğinin sınırlandırılması servis süresi boyunca güvenli bir şekilde yapının kullanılabilmesini sağlamaktadır.

Tablo 11’de yer alan sonuçlar CMOD (Crack mouth opening displacement EN 14651) ile grafiğe dökülmüş olup bu grafik şekil 1 olarak adlandırılmıştır. Şekil 1 içerisinde yer alan 1 referansı kaplama malzemesi ile %20 nanosilika parçacıklarının bir arada kullanıldığı, 2 referansı tek başına kaplama malzemesinin kullanıldığı durumu, 3 referansı ise referans betonun durumunu göstermektedir. Ortaya çıkan grafiğe göre; Nylon 6.6, 54 mm ve 0.55 mm eşdeğer çaplı yapısal makro sentetik lifler betonun gevrek olan kırılma şeklini sünek davranışa çevirmektedir. 0.5 mm çatlak ağzından sonra beton yük taşımaya devam etmekte olup geleneksel çelik donatı görevini üstlenmektedir. Tasarımcı bu artık gerilmeleri kullanıp tamamen veya kısmen buluş ile geliştirilen yapısal makro sentetik donatıyı geleneksel çelik donatı yerine kullanabilmektedir. Servis sınır durumu için moment kapasitesi tercihen, [1] numaralı eşitlik ile belirlenir.

20

$$M_p = f_{r1} * h^2/6[1]$$

Burada; f_{r1} 0.5 mm çatlak ağzına karşılık gelen rezidüel dayanım (N/mm²), h beton kesiti (yükseklik, mm), f_{r1} ise rezidüel dayanım değeridir. Bu değerler referans beton değerleri ile birlikte değerlendirildiğinde Tablo 12’de yer alan sonuçlar ortaya çıkmaktadır.

25

Deney no	Kaplama	fr ₁ , N/mm ²	%
1	-	0,3	100,0
2	tek başına kaplama malzemesi	1,5	500
3	kaplama malzemesi + % 20 Nanosilika parçacıkları	2,1	700

Tablo 12’de çıkan sonuçlara göre kaplama malzemesi ile kaplanmış naylon 6.6’yı içeren güçlendirme elemanını içeren beton, referans betonuna göre %400, kaplama malzemesi ve %20 nanosilika parçacıkları ile kaplanmış naylon 6.6’yı içeren güçlendirme elemanını içeren beton ise referans betonuna göre % 600 fr₁ değerini artırmaktadır.

10 Buluş ile geliştirilen kaplama malzemesi ile kaplanmış naylon 6.6’yı içeren güçlendirme elemanı ile kaplama malzemesi ve %20 nanosilika parçacıkları ile kaplanmış naylon 6.6’yı içeren güçlendirme elemanı kendi aralarında değerlendirildiğinde ise;

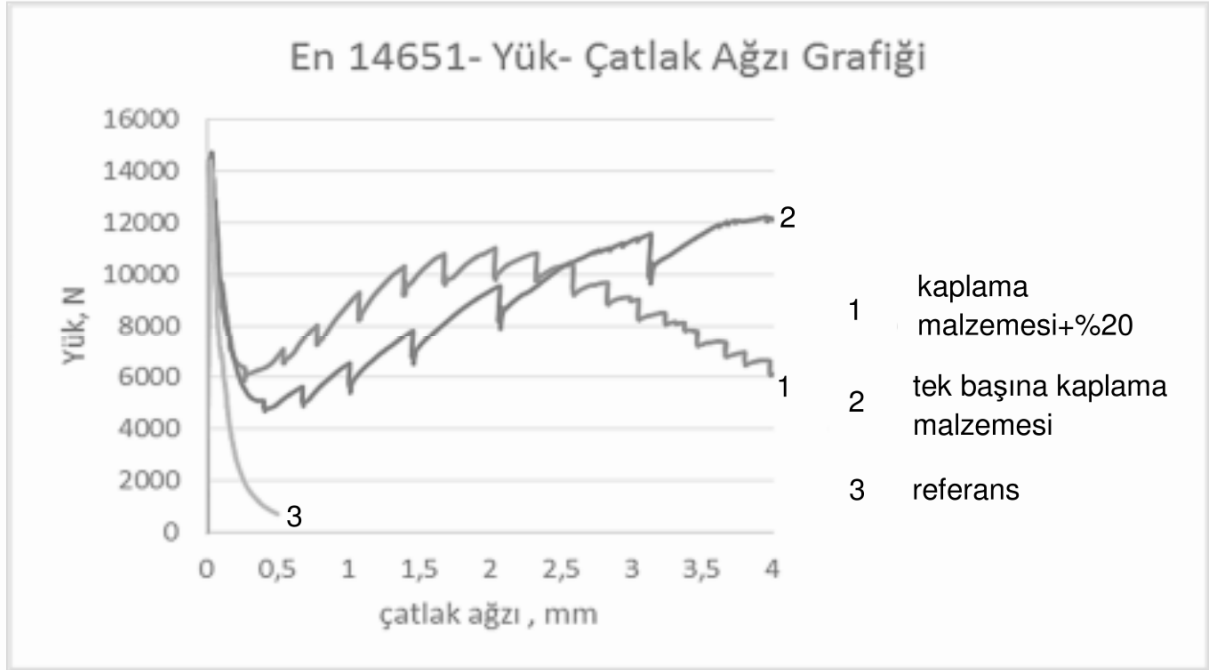
Deney no	Kaplama	fr ₁ , N/mm ²	%
2	tek başına kaplama malzemesi	1,5	100
3	kaplama malzemesi + % 20 Nanosilika parçacıkları	2,1	140

15

kaplama malzemesi ve %20 nanosilika parçacıkları ile kaplanmış naylon 6.6’yı içeren güçlendirme elemanının, fr₁ değerini, kaplama malzemesi ile kaplanmış naylon 6.6’yı içeren güçlendirme elemanına göre %40 artırdığı görülmektedir.

20 Mevcut buluş ile geliştirilen güçlendirici eleman betona süneklik kazandırarak, ilk çatlak sonrası gevrek kırılmayı önlemektedir. Ayrıca betona yük altında şekil

değiştirme yeteneği kazandırıp betonun gevrek olan davranışını sünek davranışa dönüştürür. Bu sayede servis süresi boyunca güvenli bir şekilde kullanılan, rezidüel dayanım değeri, moment kapasitesi ve çekme dayanımı artan, çatlak genişliği sınırlandırılan güvenli yapılar elde edilmektedir.

**řekil – 1**