



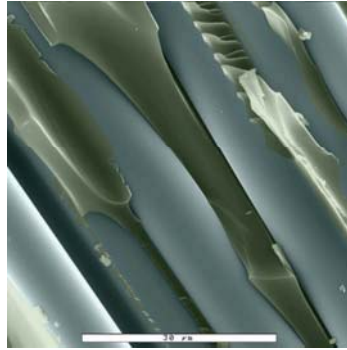
18 SORUDA LİFLİ POLİMERLER İLE YAPILARIN GÜÇLENDİRİLMESİ

Bayram Aygün, İnş. Yük. Müh

M: + 90 536 525 9027
E: bayramaygun@fyfeurope.com

S1. Kompozit malzeme kabaca nasıl tanımlanır?

C1. Benzer olmayan iki ya da daha fazla malzemenin birleştirilmesiyle meydana gelen yeni bir malzemedir. Birleşen malzemeler kimliklerini korur ve birbirleri içerisinde çözünmezler ama birlikte hareket ederler. Oluşan yeni malzeme belirli bir hedef için birleşen malzemelerden çok daha sağlam ve faydalı olabilir.



Kaynak: www.polymermicroscopy.com

S2. Lifli polimerlerden başka yapı malzemesi olarak kullanılan kompozit malzeme var mı?

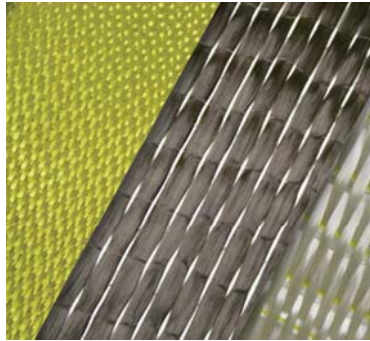
C2. Evet, kerpiç ve betonarme elemanlar en klasik örneklerdir. Birincisi toprak ve suyun birleşiminden oluşan çamurun saman, ot veya sazlarla takviyesi ile; ikincisi çimento & su birleşiminin çelik donatı ile güçlendirilmesi ile oluşur.



Kaynak: tr.wikipedia.org;
www.wallpaperpersonweb.com

S3. Lifli polimerler hangi tür liflerden ve bağlayıcılardan oluşur?

C3. Aramid, karbon, cam liflerden oluşan takviye elemanları epoksi, polyeşter, poliüretan vb. reçineler ile birleştirilebilir.



Kaynak: www.fyfeurope.com

S4. Peki lifli polimerler ile nerede kullanılabilir?

C4.

- Yeni betonarme yapılarda çekme donatısı olarak;
- Mevcut yapılarda onarım ve güçlendirme elemanı olarak;
- Durabilite artırıcı kalıp görevi görecektir şekilde yeni betonarme elemanların üretiminde;
- Profil yapı elemanı olarak;



Kaynak: www.fyfeurope.com

S5. Şartnameler lifli polimer ile tasarım kurallarını açıklıyor mu?

C5. Mühendislerin kullanabilecekleri çok sayıda şartnameler mevcut:

- Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, 2007
- Amerikan Beton Enstitüsü, ACI 440.2R-08, 2008
- Eurocode 8, Bölüm 3
- FIB 14, 2001



S6. TDY 2007'ye göre eksenel basınç dayanımını nasıl artırırım?

C6. Elemanın uzun boyutunun kısa boyutuna oranı ikiden fazla olmadığı durumlarda aşağıdaki formüller geçerlidir:

$$f_{cc} = f_{cm} (1 + 2.4 (f_1 / f_{cm})) \geq 1.2 f_{cm}$$

$$f_1 = \frac{1}{2} \kappa_a \rho_f \varepsilon_f E_f$$

$$\kappa_a = \begin{cases} 1 & \text{Dairesel kesit} \\ \left(\frac{b}{h}\right) & \text{Elips kesit} \\ 1 - \frac{(b-2r_c)^2 + (h-2r_c)^2}{3bh} & \text{Dikdörtgen kesit} \end{cases}$$

$$\rho_f = \begin{cases} (4nt_f/D)(b_f/s) \\ (2nt_f(b+h)/bh)(b_f/s) \end{cases}$$

$$\varepsilon_f \leq 0.004$$

$$\varepsilon_f \leq 0.50 \varepsilon_{fu}$$

Kaynak: TDY 2007

S7. TDY 2007'ye basınç dayanımına karşı gelen birim kısalmayı nasıl artırabilirim?

C7. Elemanın uzun boyutunun kısa boyutuna oranı ikiden fazla olmadığı durumlarda aşağıdaki formüller geçerlidir:

$$\varepsilon_{cc} = 0.002 (1 + 15 (f_1 / f_{cm})^{0.75})$$

$$f_1 = \frac{1}{2} \kappa_a \rho_f \varepsilon_f E_f$$

$$\kappa_a = \begin{cases} 1 & \text{Dairesel kesit} \\ \left(\frac{b}{h}\right) & \text{Elips kesit} \\ 1 - \frac{(b-2r_c)^2 + (h-2r_c)^2}{3bh} & \text{Dikdörtgen kesit} \end{cases}$$

$$\rho_f = \begin{cases} (4nt_f/D)(b_f/s) \\ (2nt_f(b+h)/bh)(b_f/s) \end{cases}$$

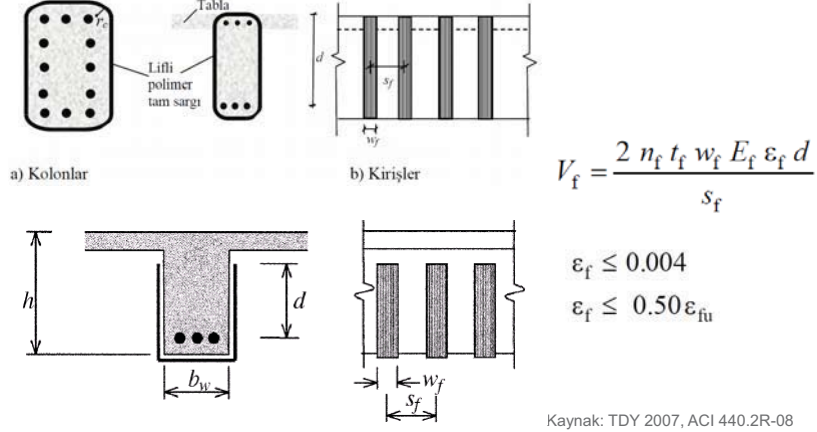
$$\varepsilon_f \leq 0.004$$

$$\varepsilon_f \leq 0.50 \varepsilon_{fu}$$

Kaynak: TDY 2007, ACI 440.2R-08

S8. TDY 2007'ye göre kesme dayanımını nasıl artırırım?

C8. TDY 2007 kesit boyunca tam sargı ile ilgili formülasyonları belirtiyor ancak ACI 440.2R-08'de benzer ifadeleri kesit boyunca süreksiz sargılama durumunda kullanmak mümkün:



S9. TDY 2007'ye göre kolonlarda yetersiz bindirme boyunu nasıl artırırım?

C9. TDY 2007'de belirtilen aşağıdaki formüller geçerlidir:

$$t_f = \frac{500 b_w (f_k - f_{hs})}{E_f} \quad f_k = \frac{A_s f_{ym}}{\left[\frac{p}{2n} + 2(\phi + d') \right] L_s}$$

ϕ donatı çapı

L_s varolan bindirme boyu

n bindirme yapılmış donatı sayısı

b_w kesit genişliği

f_{hs} enine donatıda 0.001 birim uzamaya karşılık gelen gerilme

A_s kolon donatı alanı (tek çubuk için)

d' pas payı kalınlığı

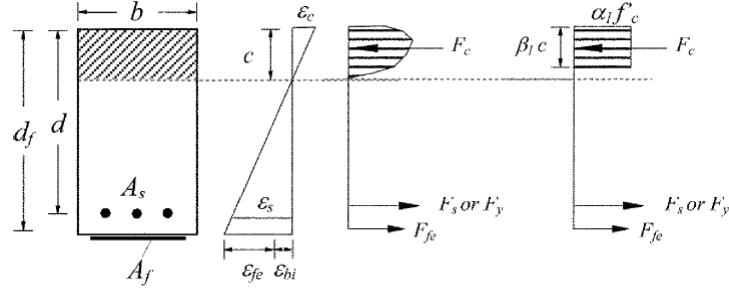
p çekirdek kesiti çevresi

f_{ym} mevcut donatı akma

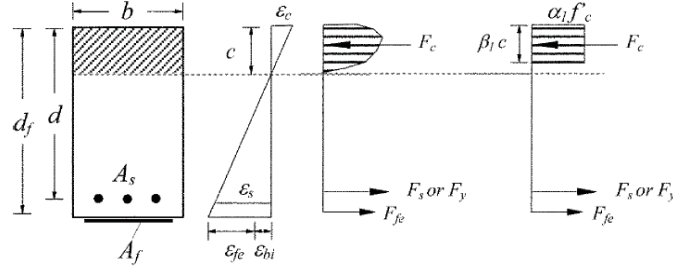
Kaynak: TDY 2007

S10. TDY 2007 lifli polimer ile eğilme kapasitesini artırmak için ne öneriyor?

C10. TDY 2007 bu konuya değinmiyor ancak ACI 440.2R-08'deki yöntem ile kesitlerin eğilme kapasitesini artırmak mümkün:



Kaynak: TDY 2007



$$\epsilon_{fu} = 0.004$$

ϵ_{bi}
hesaplanır

c, tarafsız eksen
derinliği seçilir(örn. 0.20d)

$$\epsilon_{fe} = 0.003 \left(\frac{d_f - c}{c} \right) - \epsilon_{bi} \leq 0.004 \longrightarrow \epsilon_c = (\epsilon_{fe} + \epsilon_{bi}) \left(\frac{c}{d_f - c} \right)$$

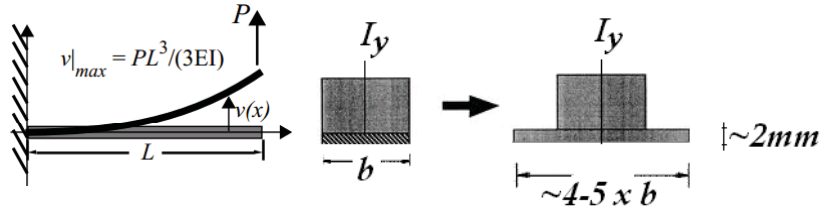
$$c = \frac{A_s f_s + A_f f_{fe}}{\alpha_l f'_c \beta_1 b} \longleftarrow \epsilon_s = (\epsilon_{fe} + \epsilon_{bi}) \left(\frac{d - c}{d_f - c} \right)$$

$$f_s = E_s \epsilon_s \leq f_y$$

Kaynak: ACI 440.2R-08

S11. Lifli polimer ile eksenel basınç, kesme kuvveti, eğilme momenti kapasiteleri artırılabilir. Peki elemana yanal ötelenme rijitliği katabiliyor muyuz? Döşeme sehimlerini azaltabiliyor muyuz?

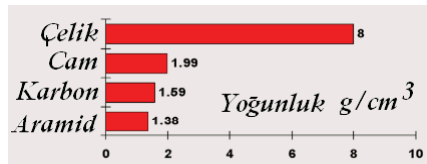
C11. Lifli polimer malzemeleri sertleşmiş durumda tipik olarak birkaç mm kalınlığında olduğu için kesite rijitlik katmaz. Mevcut sehimler lifli polimer takviye ile azaltılamaz.



Kaynak: TDY 2007

S12. Başlıca avantajları nedir lifli polimerlerin?
C12.

- Çeliğe göre çok daha hafiftir.
- Güçlendirilen elemanın rijitliği artırmaz.
- Paslanmaz, bakım istemez.
- Daha az ısıçılık gerektirir.
- Betondan daha geçirimsizdir.
- Uygulama süresi kısadır.
- Kullanıcılara yarattığı rahatsızlık azdır.

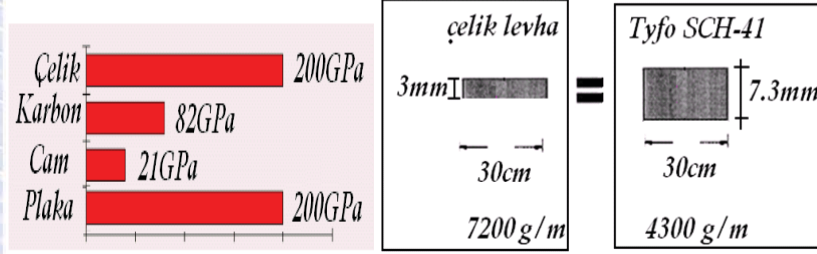


Kaynak: TDY 2007

S13. Lifli polimerleri mukavemet açısından çelik malzemesi ile mukayese eder misiniz?

C13. 4‰ birim uzama sınır kabul edilirse aşağıdaki levhalar aynı yükü taşırlar. Ancak FYFE ürünü karbon lifli polimer aynı işi ağırlık olarak ~%40 daha az malzeme ile yapar.

~73.4 ton



S14. Lifli polimerler ile hangi yapılar ve elemanlar güçlendirilebilir?

C14. Kolonlar, kiriřler, perdeler, ahřap elemanlar vs.



C14. Döşemeler, sonradan açılan küçük döşeme yırtıkları, tarihi yığma yapılar vs.



Kaynak: fyfeurope.com

C14. Su ve enerji isale hatları, deniz yapıları vs.



Kaynak: fyfeurope.com

C14. Köprüler, endüstriyel tesisler vs.

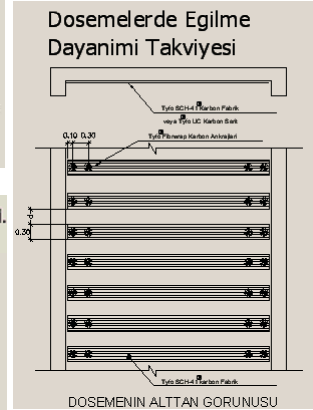
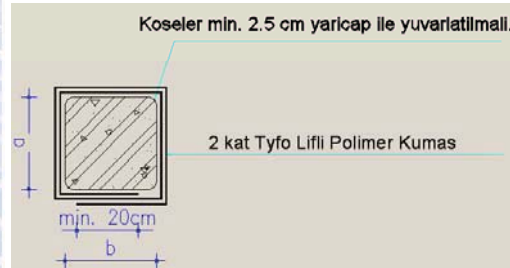
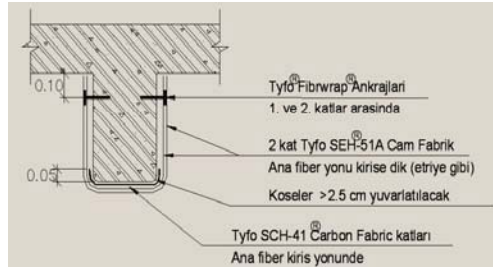


Kaynak: fyfeurope.com



S15. Birkaç tipik çizim detayı gösterebilir misiniz?

C15. Kolon, kiriş ve döşemeler için detaylar şunlardır:



Kaynak: fyfeurope.com; tekstar.com

S16. Uygulama esnasındaki kalite kontrol süreci hakkında ne söylenebilir?

C16. Uygulamanın doğru yapılıp yapılmadığı ve malzeme kalite kontrolü için çekme (TS EN 2561 veya ASTM D-3039) ve yapışma deneyleri (TS EN 1542 veya ASTM D-4541) çok önem kazanıyor:



Kaynak: fyfeurope.com; tekstar.com

S17. FYFE'in Türkiye'de ya da Türk işverenler için şimdiye kadar bitirdiği birkaç projeden bahsedermisiniz?

C17. Shaktar Donetsk Stadyumu, ~15,000 m² LP, 2009



Kaynak: fyfeurope.com

C17. Trabzon Kuşluk HES, 2012



Kaynak: fyfeurope.com

C17. İzmir Köprü Güçlendirmesi, 1997



Kaynak: fyfeurope.com

C17. Yeni Camii, Ankara, 2011



Kaynak: fyfeurope.com

C17. Poyraz Fındık İşleme Tesisi, Ordu, 2011



Kaynak: tekstar.com.tr

C17. Grand Azur Oteli, Marmaris, 2012

