

18 SORUDA LİFLİ POLİMERLER İLE YAPILARIN GÜÇLENDİRİLMESİ

Karbon/cam lifli polimerler ile yapıların güçlendirilmesi, basit hesap teknikleri ve şantiyedeki kalite kontrolü



Bayram Aygün, İnş. Yük. Müh

E-posta: bayramaygun@fyfeurope.com

aygunbayram@gmail.com

Web: www.fyfeurope.com

www.tekstar.com.tr

Adres: Fatih Sultan Mehmet Caddesi, Şehit Üsteğmen Önder Balkaya

Sokak No: 14, 3. Blok. Daire 7. Kavacık – Beykoz

Aşağıdaki felaketi tahmin edebilir misiniz?

- Dünyada her yıl yaklaşık 1.050.000 insan bu felakete kurban gidiyor.
- 15-20 yaş arası insanların sebebi bu felakete kurban gidiyor.
- Bu felaketlerin %80'i hızla oluyor.
- 2030 yılında bu felaketlerin sebebi olacağı tahmin ediliyor.



Türkiye'de depremler mi daha çok can alıyor yoksa trafik kazaları mı?



~790* can/sene
(son 100 senede)

<http://www.edwilson.org/History/Fear%20of%20Earthquakes.pdf>

~5055* can/sene
(son 35 senede)



* Yazarın İnternet kaynaklarından derlediği rakamlardır.

Güçlendirme gerçekten işe yarıyor mu?

Kompozit malzemeler ile ilgili örnekler...



Figure 6. Columns at I5/Hwy 2 Interchange



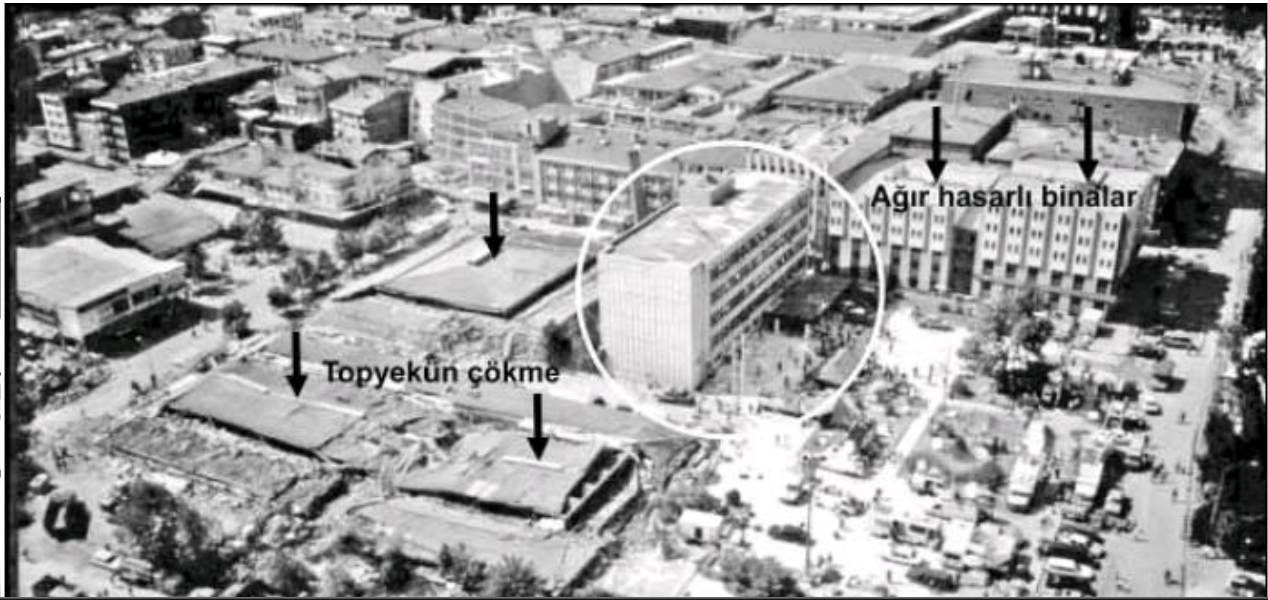
Figure 8. Cathedral in San Salvador that survived three consecutive earthquakes.

Beverly Hills'deki otel 1994'te güçlendirildi. Narin kolonlar kolonlarda süneklik artırımı yapıldı. . 1994 Norridge depreminde sağlamadı.

Kaynak: FIBER REINFORCED POLYMER (FRP) RETROFITTED STRUCTURES THAT HAVE SURVIVED URBAN EARTHQUAKES Sarah Cruickshank

column at Hotel Nikko

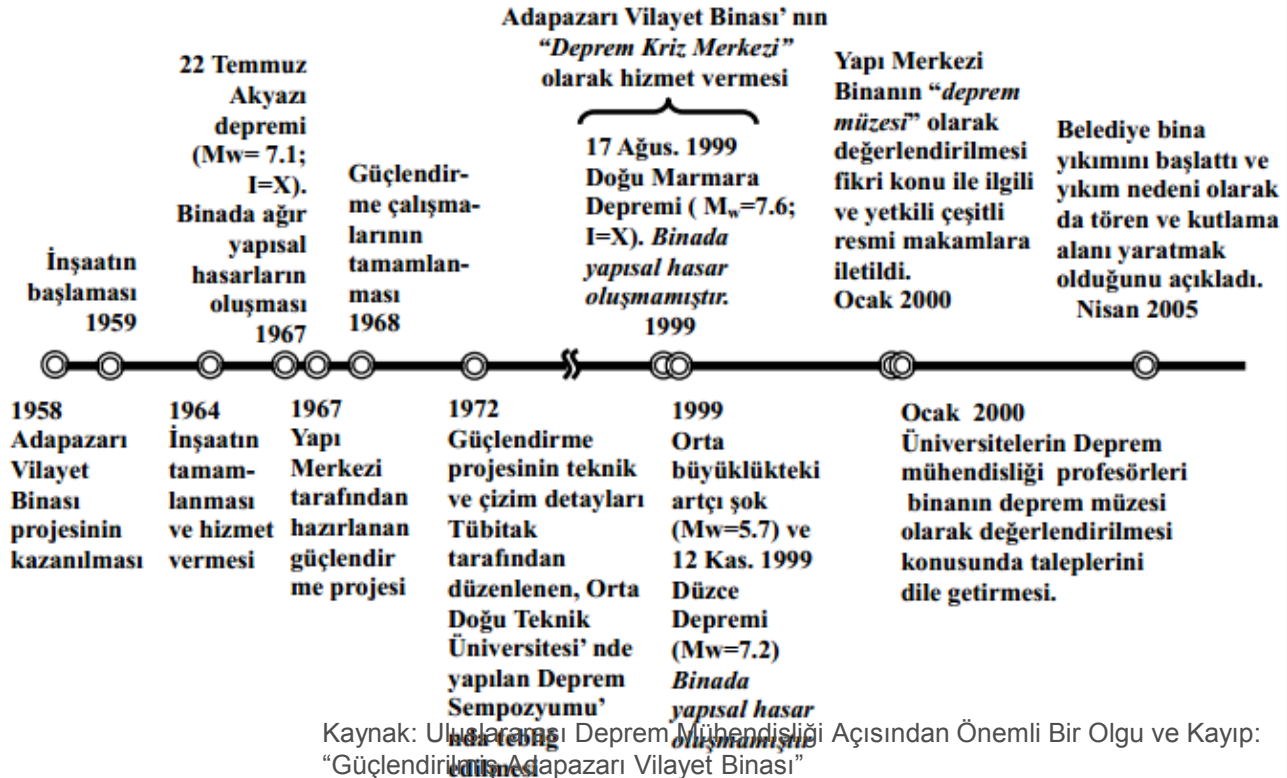
Ye



Earthquakes

As for any form of retrofit programme of existing beams,

earthquake, with performed well; several broken every activities



25 Nisan 2015 Katmandu Depremi

- 25 Nisan 2015 Katmandu depreminde 8,000 kişi hayatını kaybetti, binlerce bina yıkıldı.
- 160 devlet okulu 7.8 şiddetindeki depremde ayakta kaldı. Bunların büyük çoğunluğu Nepal Hükümeti tarafından güçlendirilen okullardı.



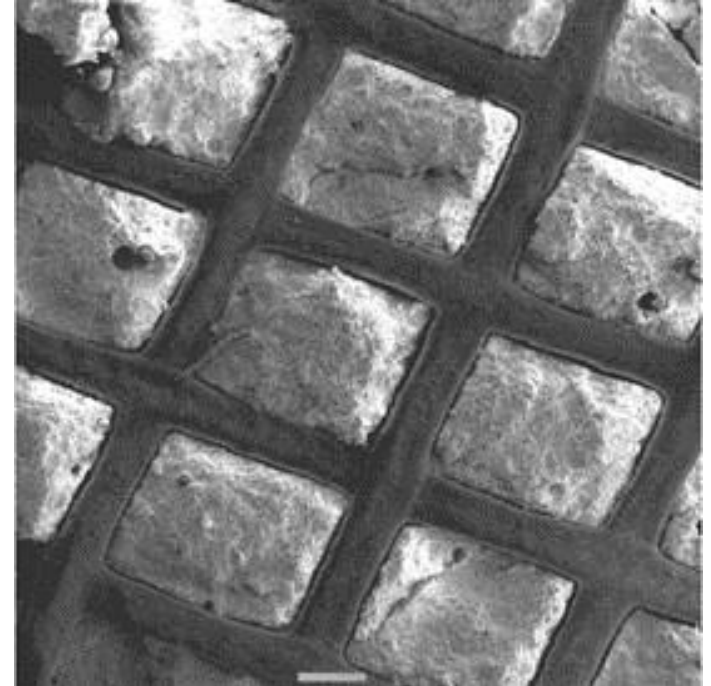
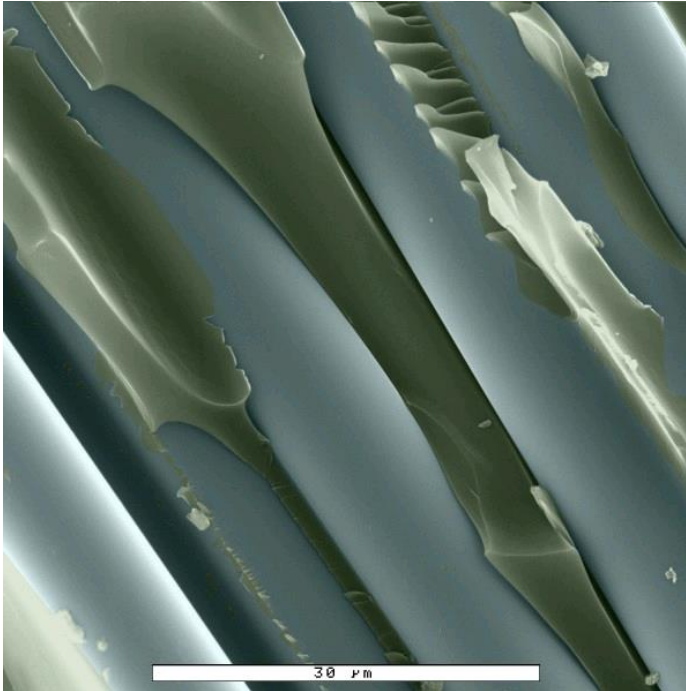
Güçlendirme ve kentsel dönüşüm

Kentsel dönüşüm yasası metni incelendiğinde "yıkma", "yıkırmak" ve benzeri kelimelerin 22 defa geçtiğini ancak "güçlendirme" kelimesinin sadece 2 yerde geçtiğini görebilirsiniz. Halbuki, beklenen Marmara depreminde can güvenliğini sağlamayacağı tespit edilen binaların önemli bir kısmının yıkılmadan güvenli hale gelmesi gayet mümkün.

Her ne kadar vatandaşlara oturdukları evler için "yıkıp yenisini yapma" fikri empoze ediliyorsa da, bu şekilde hem Türkiye'nin parasal kaynakları hem de depremi beklerkenki zaman boşa harcanıyor. Kentsel dönüşümde izlenmesi gereken yol mümkün olan en kısa sürede, en az mali kaynağı harcayarak en fazla sayıda binayı depreme karşı can güvenliğini sağlayacak hale getirmektir. Gelişmekte olan ülke ekonomisinin her binayı yıkıp yeniden yapacak özkaynağı bulunmamakta ve daha da önemlisi tüm ülkeyi yeniden inşa edecek vakit de bulunmamaktadır.

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.



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

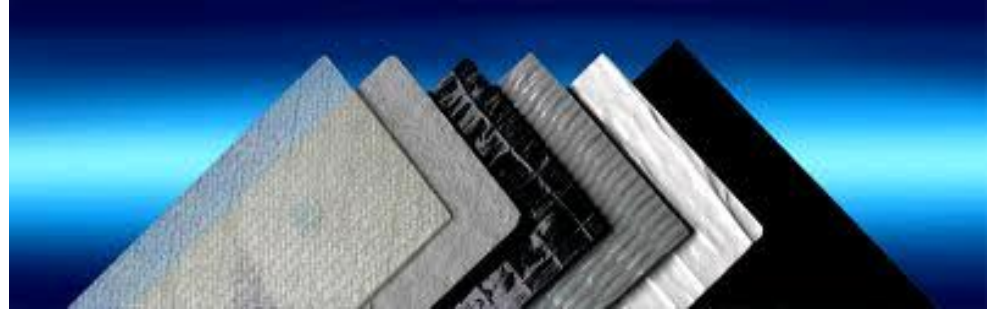
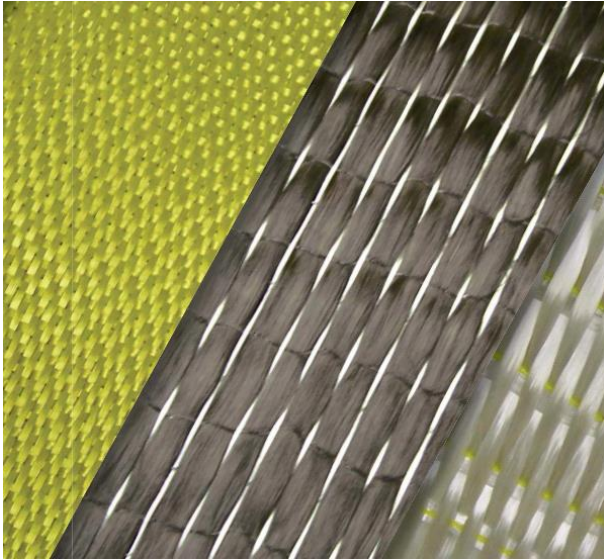
C2. Evet, kerpiç ve betonarme elemanlar en klasik örneklerdir. Birincisi toprak ve suyun birleşiminden oluşan çamurun saman, ot veya sazlarla takviyesi ile; ikincisi çimento & su birleşiminin çelik donatı ile güçlendirilmesi ile oluşur.



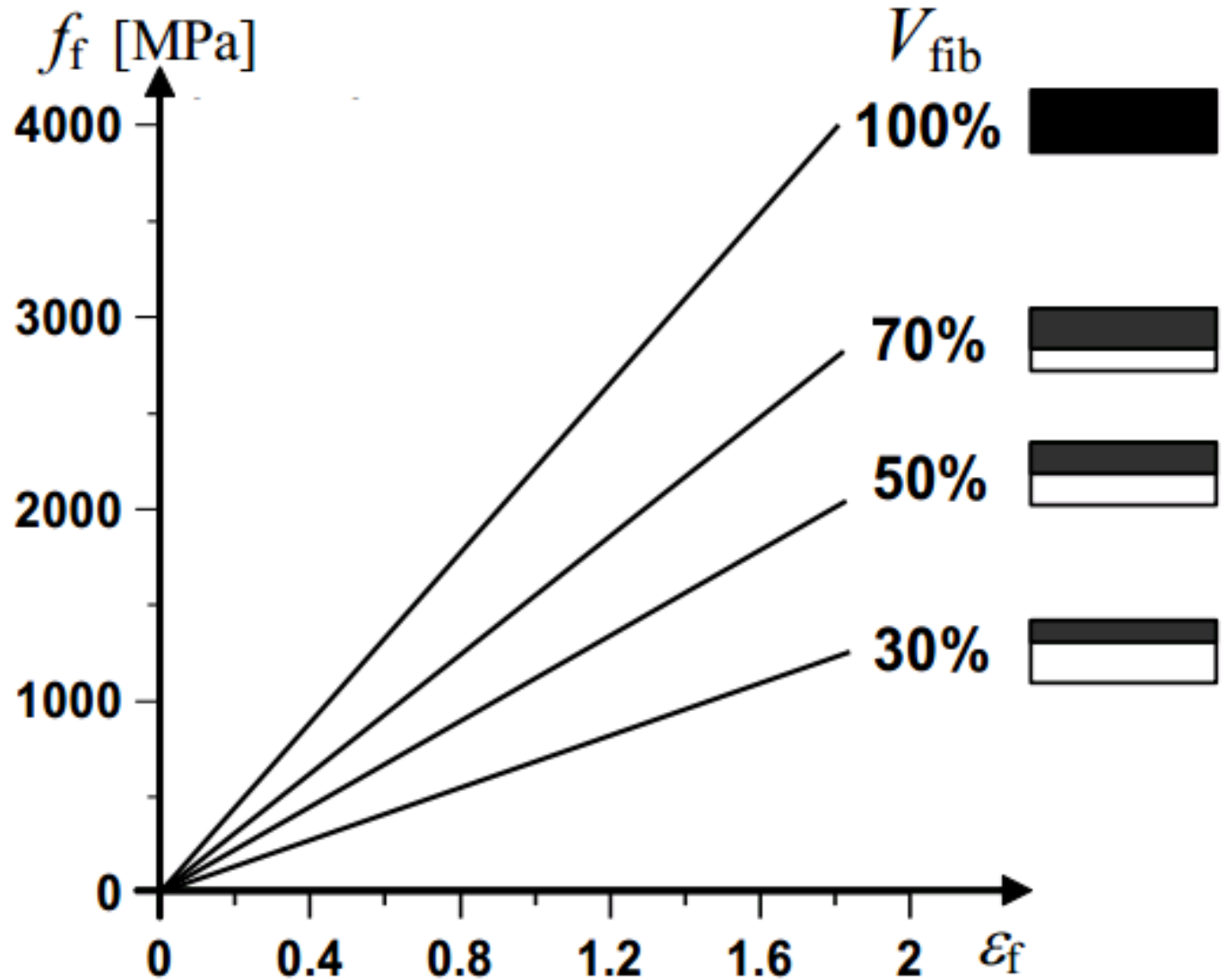
Kaynak: tr.wikipedia.org;
www.wallpaperpersonweb.com

S3. Lifli polimerler hangi tür liflerden ve bağlayıcılardan oluşur?

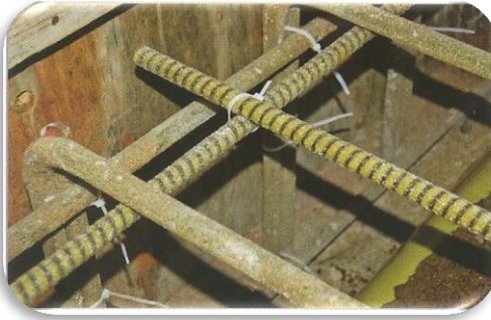
C3. Aramid, karbon, cam liflerden oluşan takviye elemanları epoksi, polyester, poliüretan vb. reçineler ile birleştirilebilir.



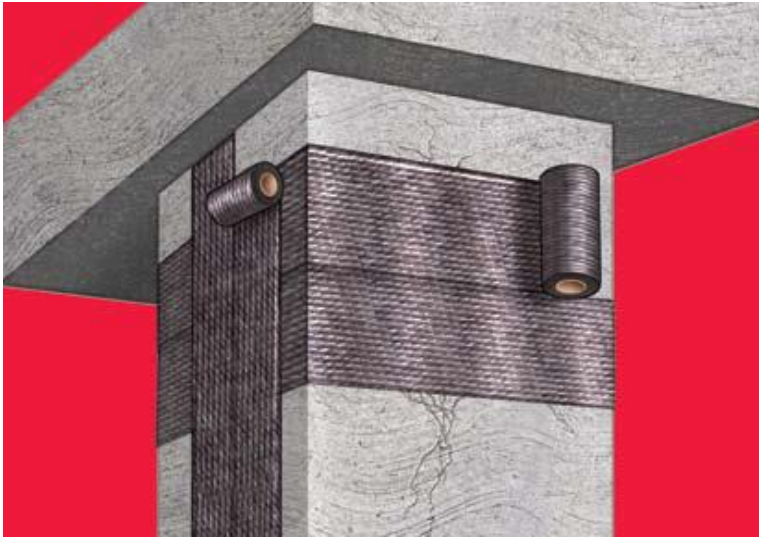
Lifli Polimer Kompozit Davranışı



S4. Peki lifli polimerler hangi elemanlarda kullanılabilir?



1. Betonarme kolonlarda etriye olarak kullanılması



2. Betonarme perdelerde etriye olarak kullanılması



3. Betonarme kirişlerde etriye ve alt/üst donatı olarak kullanılması



4. Döşemelerde alt/üst donatı olarak kullanılması



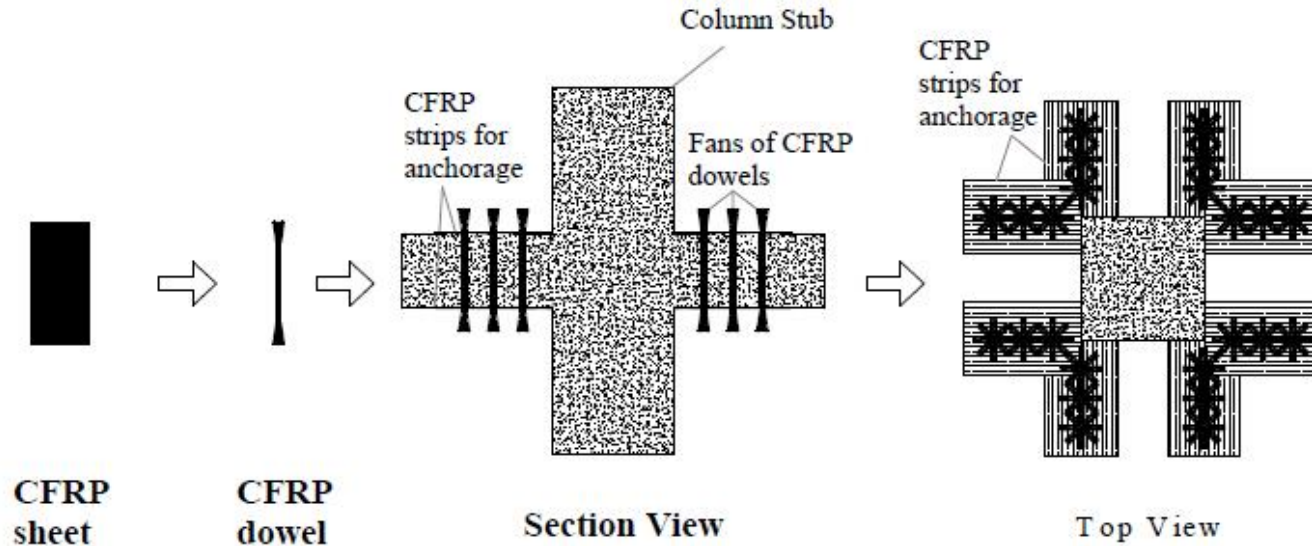
5. Betonarme döşeme ve perde boşluklarında yırtık donatısı olarak kullanılması



6. Tarihi yapılarda yığma duvarların ve kubbelerin takviyesinde kullanılması



7. Kolon DÖŞEMELER – ZIMBALAMA



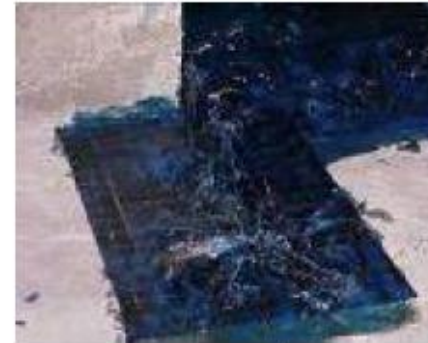
(a)



(b)



(c)



(d)

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

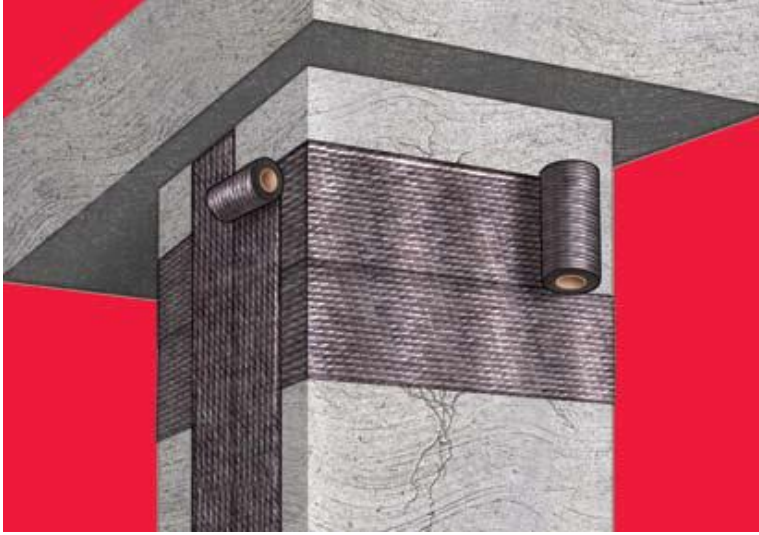


8. Başlıca avantajları lifli polimerlerin:

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



9. Lifli polimerlerimizin kabaca demir donatı karşılıkları:



2 kat Tyfo SEH-51A,
 $\Phi 8/10$ cm etriyeye
eşdeğerdir.

2 kat Tyfo SCH-11UP,
 $\Phi 10/10$ cm etriyeye
eşdeğerdir.



30cm genişliğindeki 2 kat
Tyfo SCH-11UP, 2 $\Phi 14$
boyuna donatıya eşdeğerdir.

30cm genişliğindeki 2 kat
Tyfo SCH-41, 2 $\Phi 18$ boyuna
donatıya eşdeğerdir.

S5. Şartnameler lifli polimer ile tasarım kurallarını açıklıyor mu?

C5. Mühendislerin kullanabilecekleri çok sayıda şartnameler mevcut:

- DBYBHY, 2007
- CNR-DT 200 R1/2013
- ACI 440.2R-08, 2008
- Eurocode 8, Bölüm 3
- FIB 14, 2001



CNR - Commissione incaricata di formulare pareri in materia di normativa tecnica relativa alle costruzioni

CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE
COMMISSIONE INCARICATA DI FORMULARE PARERI IN MATERIA
DI NORMATIVA TECNICA RELATIVA ALLE COSTRUZIONI

Istruzioni
per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo
di Interventi di Consolidamento Statico
mediante l'utilizzo di
Compositi Fibrorinforzati

Materiali, strutture di c.a. e di c.a.p., strutture murarie



American Concrete Institute®
Advancing concrete knowledge



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

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

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

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

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

$$\rho_f = \left\{ \begin{array}{l} (4nt_f/D)(b_f/s) \\ (2nt_f(b+h)/bh)(b_f/s) \end{array} \right.$$

$$\varepsilon_f \leq 0.004$$

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

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:

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

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

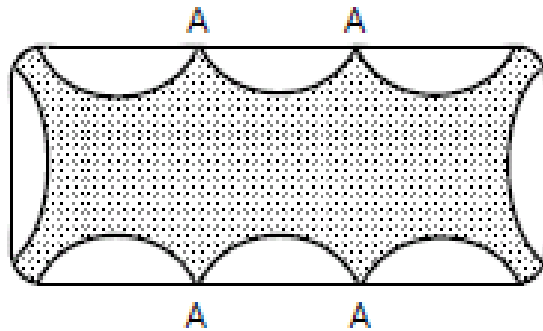
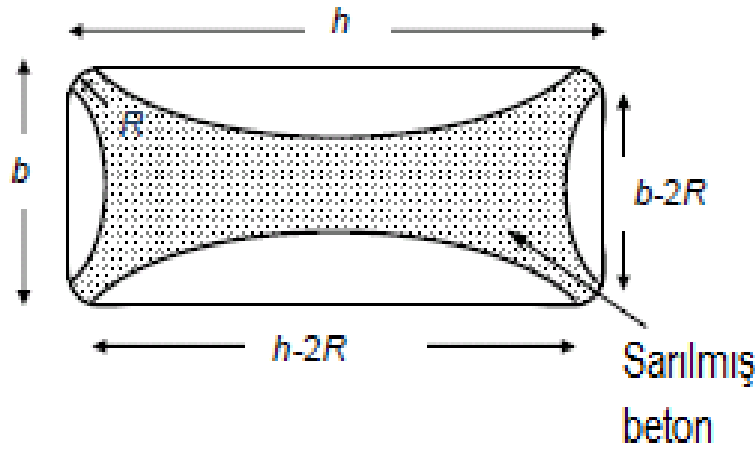
$$\kappa_a = \left\{ \begin{array}{ll} 1 & \text{Dairesel kesit} \\ \left(\frac{b}{h} \right) & \text{Elips kesit} \\ 1 - \frac{(b-2r_c)^2 + (h-2r_c)^2}{3bh} & \text{Dikdörtgen kesit} \end{array} \right\}$$

$$\rho_f = \left\{ \begin{array}{l} (4nt_f/D)(b_f/s) \\ (2nt_f(b+h)/bh)(b_f/s) \end{array} \right.$$

$$\varepsilon_f \leq 0.004$$

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

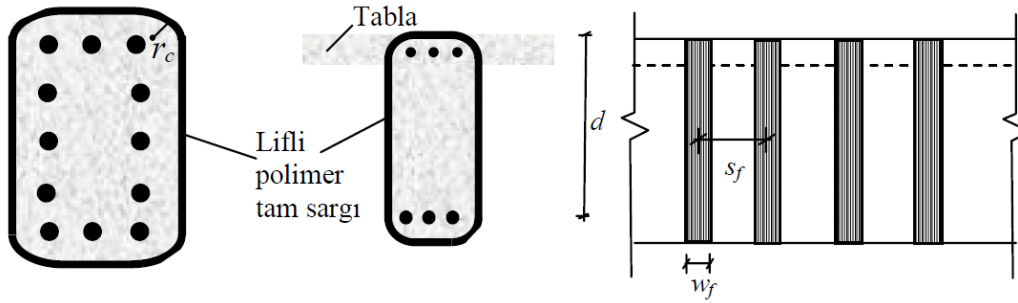
Elemanın uzun boyutunun kısa boyutuna oranı ikiden fazla olduğu durumlar için İTÜ'de ve Patras Üniversitesi'nde başarılı sonuçlar veren (%80 lere varan aksenal yük kapasite artışları) deneyler yapılıyor:



Kaynak: FRP Confinement of Wall-like Reinforced Concrete Columns, UNIVERSITY OF PATRAS, 2014

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

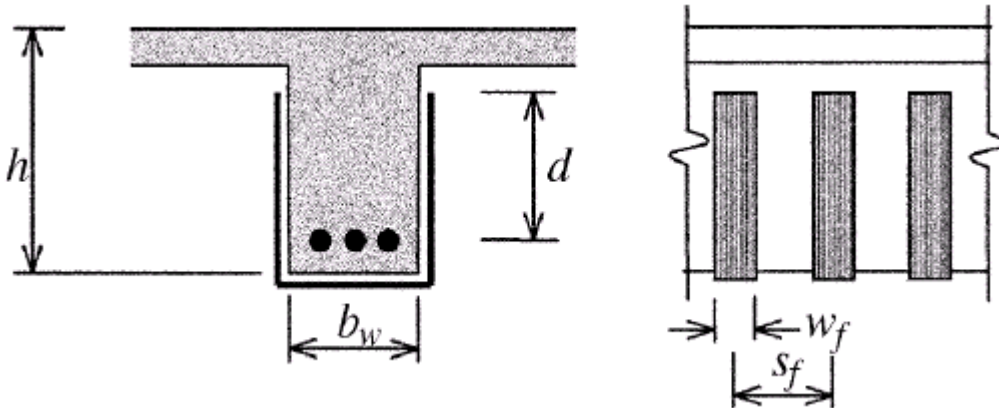
C8. TDY 2007 kesit boyunca tam sargı ile ilgili formülasyonları belirtiyor ancak ACI 440.2R-08'de benzer ifadeleri kesit boyunca süreksiz sargılama durumunda kullanmak mümkün:



a) Kolonlar

b) Kirişler

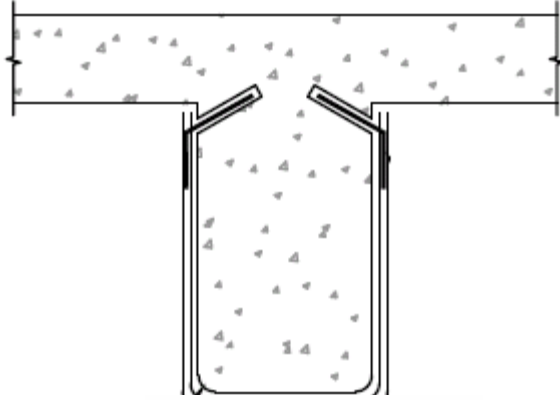
$$V_f = \frac{2 n_f t_f w_f E_f \varepsilon_f d}{s_f}$$



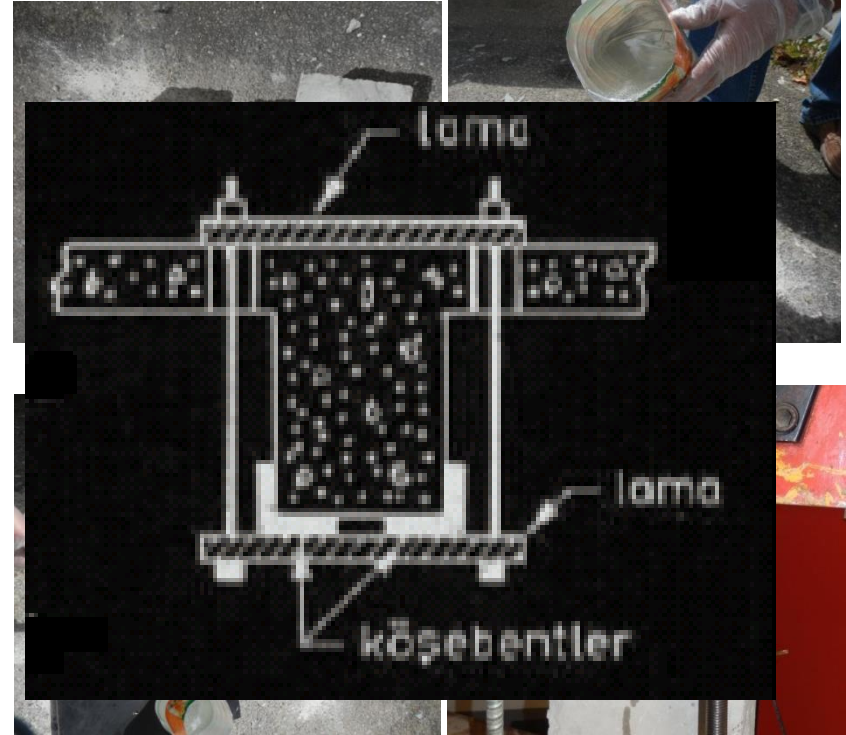
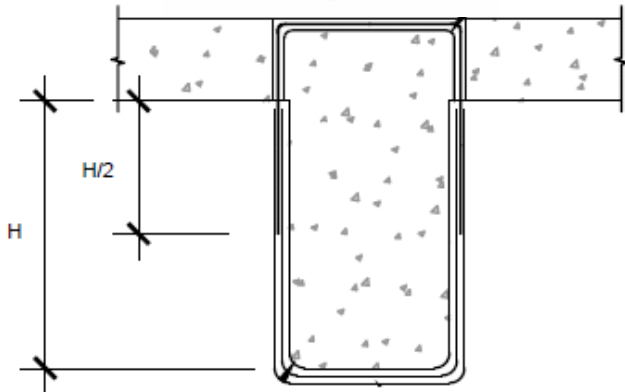
$$\varepsilon_f \leq 0.004$$

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

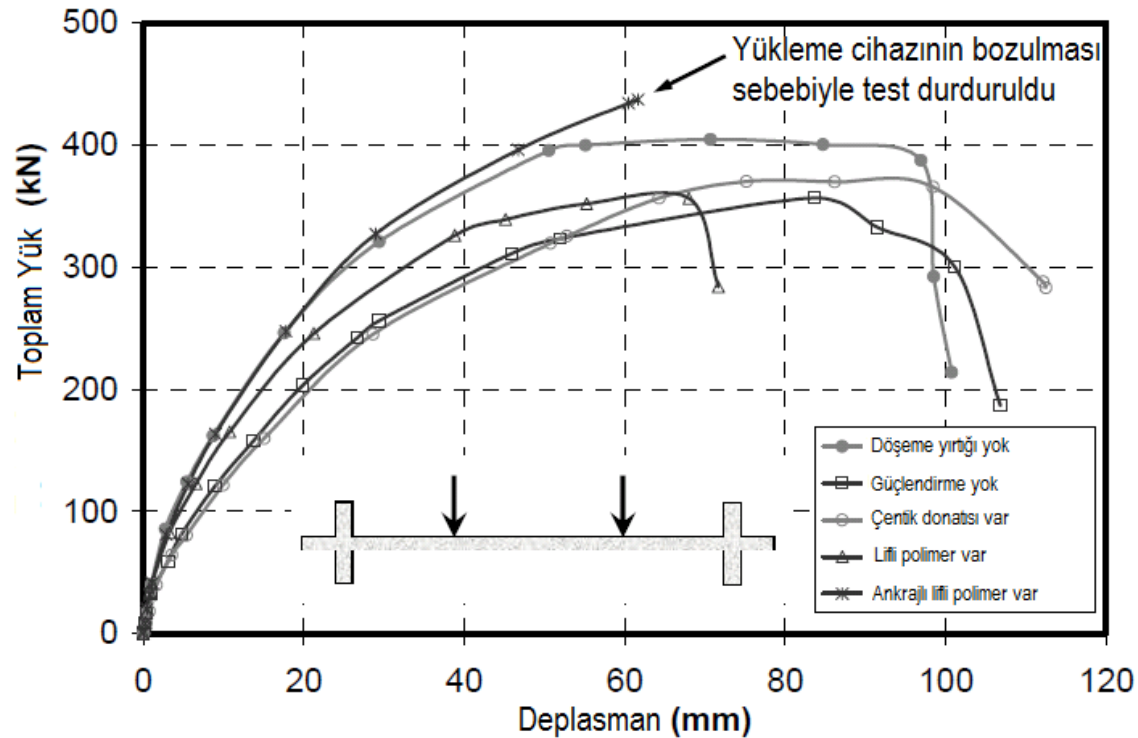
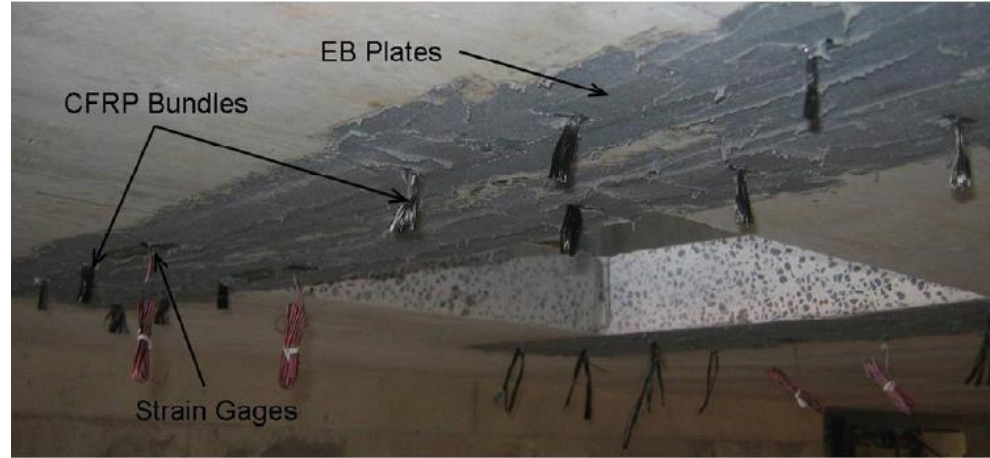
Etkin birim uzamayı artırmak için ankraj kullanımı



~ 4 ton



Döşeme yırtığı takviyesinde ankrajlar



Kaynak: Seliem, H.M., Sumner, E.A., Seracino, R. and Smith, S.T. (2008). "Field testing of RC slabs with openings strengthened with CFRP", Proceedings (CD Rom), Fourth International Conference on FRP Composites in Civil Engineering. CICE 2008. Zürich. Switzerland. 22-24 July.

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

C9. TDY 2007'de belirtilen aşağıdaki formüller geçerlidir:

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

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)

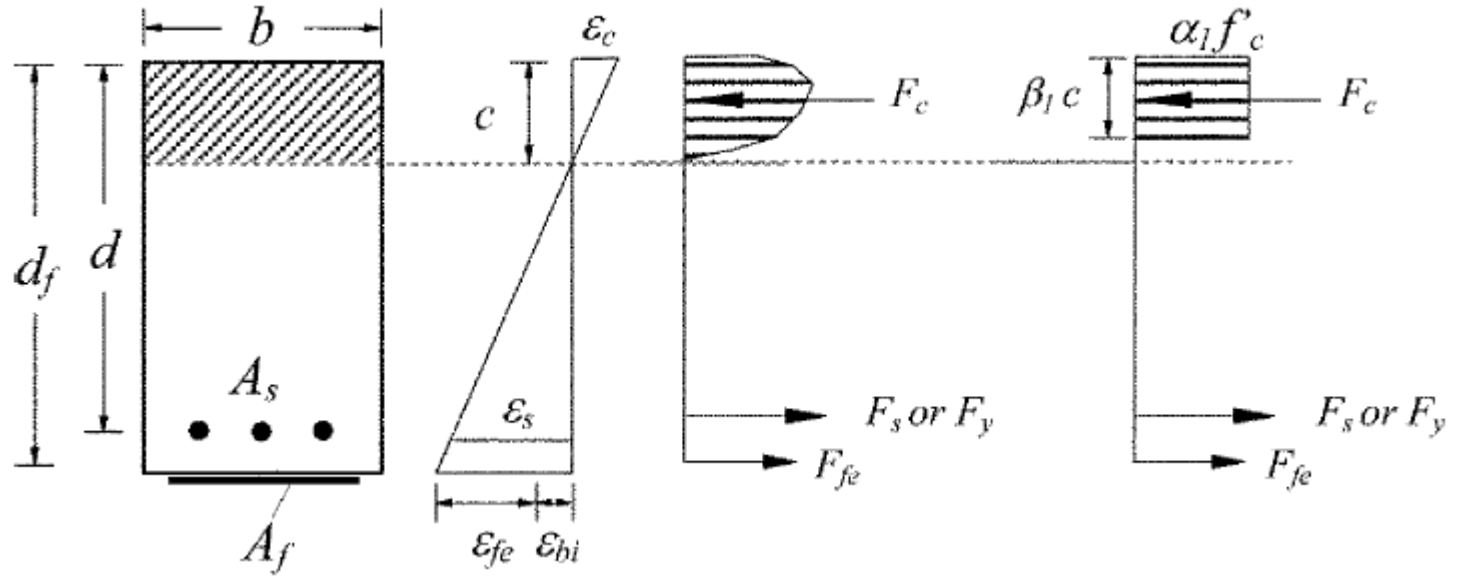
d' pas payı kalınlığı

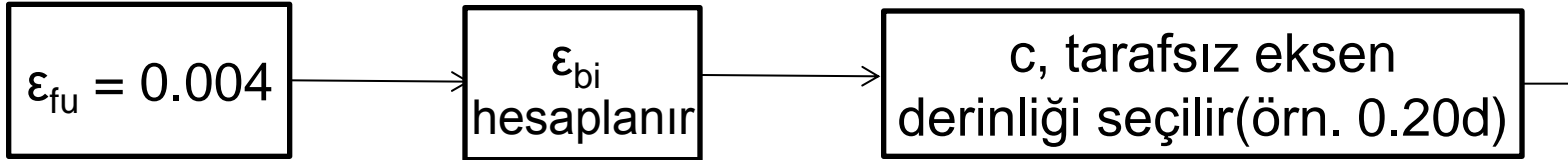
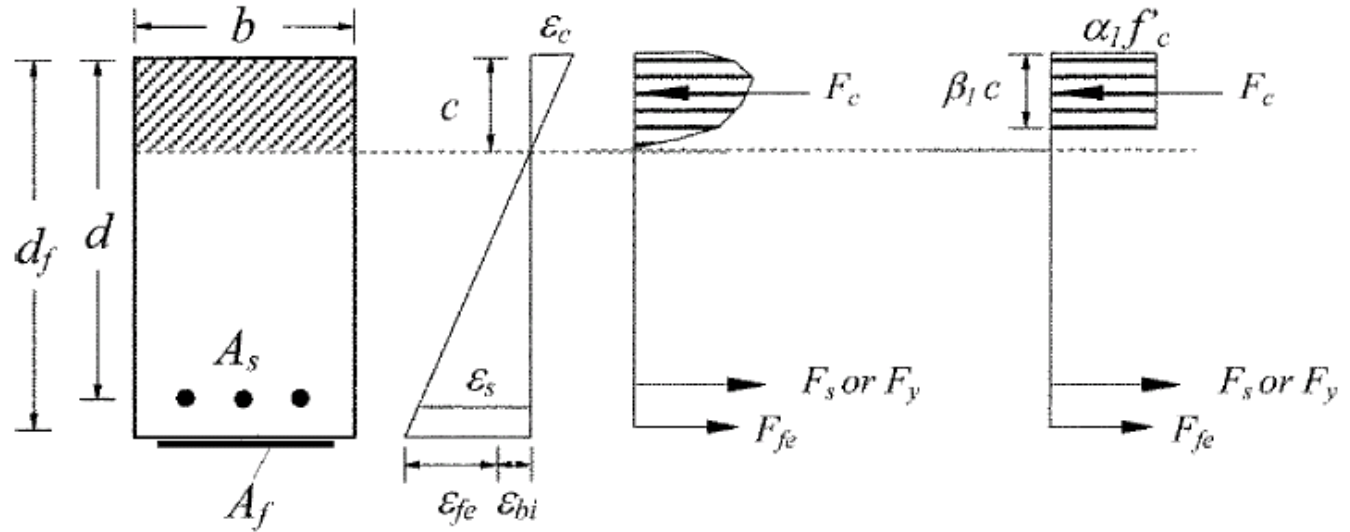
p çekirdek kesiti çevresi.

f_{ym} mevcut donatı akma

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:





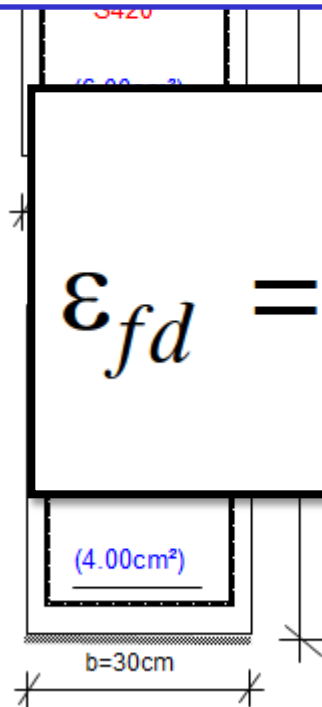
$$\epsilon_{fe} = 0.003 \left(\frac{d_f - c}{c} \right) - \epsilon_{bi} \leq 0.004 \longrightarrow \epsilon_c = (\epsilon_{fe} + \epsilon_{bi}) \left(\frac{c}{d_f - c} \right)$$

$$c = \frac{A_s f_s + A_f f_{fe}}{\alpha_1 f'_c \beta_1 b} \longleftarrow \epsilon_s = (\epsilon_{fe} + \epsilon_{bi}) \left(\frac{d - c}{d_f - c} \right)$$

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

Eğilme moment kapasitesi artırımında elle basit tasarım

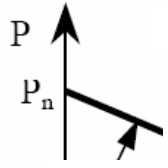
**Dikkat ! 0.004 tasarım birim uzaması
düşük dayanımlı betonlarda ve/veya
çok katlı lifli polimer ihtiyacı varsa
güvenli bir varsayım olmayabilir.**



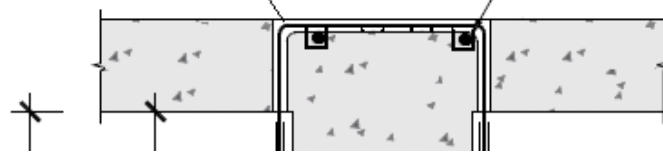
$$\varepsilon_{fd} = 0.41 \sqrt{\frac{f'_c}{nE_f t_f}} \leq 0.9 \varepsilon_{fu}$$

$$n_{frp} = 0.74 \text{ kat}$$

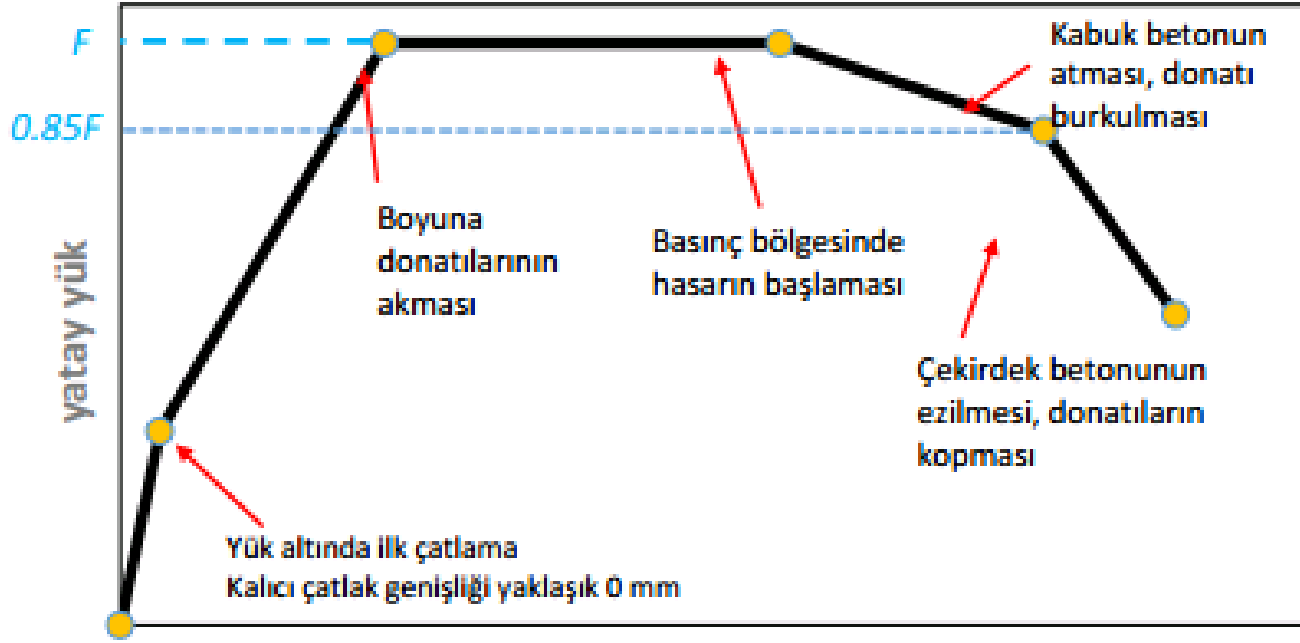
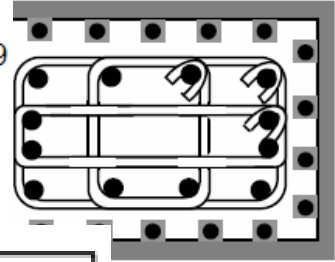
$$M_{RD} = 109.9 \text{ KNm}$$



Köşeler 25-30mm yarıçapında yuvarlatılmak

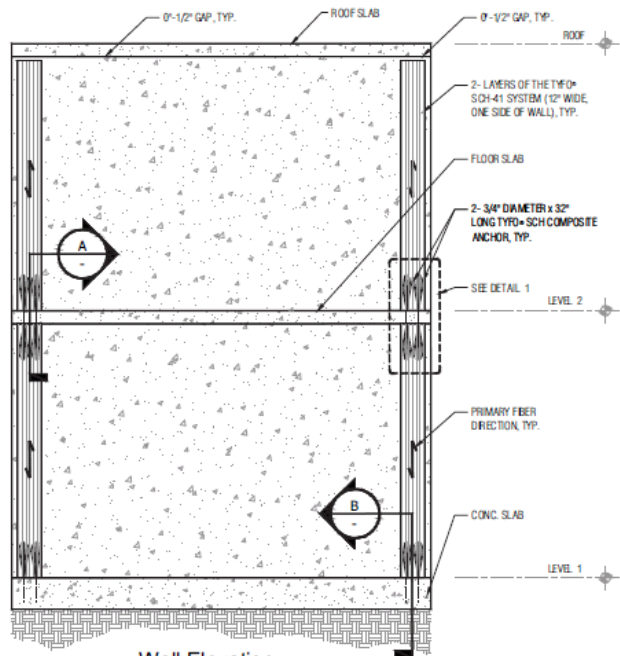


2-2.5cm paspayı içinde epoksi ile gömülecek çentik donatıları
Φ12 ya da Φ14 ya da Φ16 gijon
12.9 kalitesinde ya da 10.9

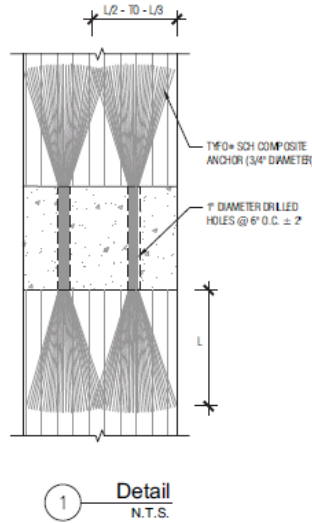


öteleleme oranı





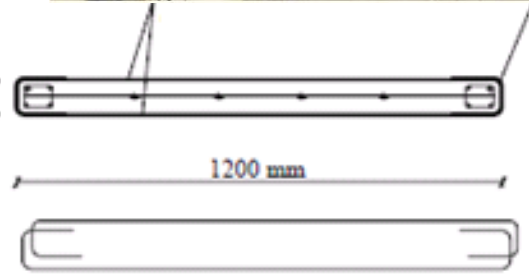
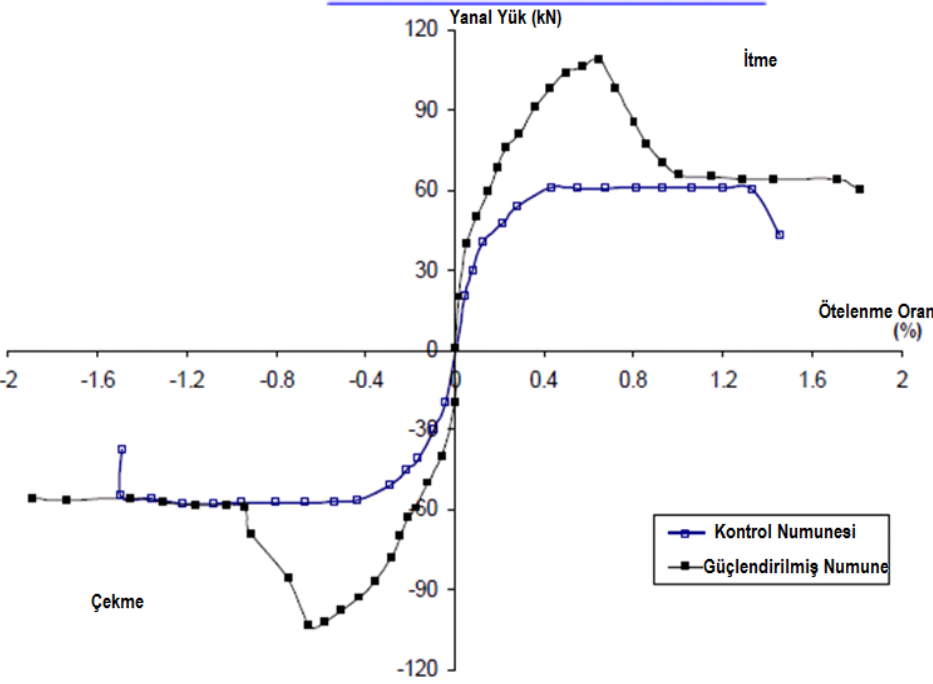
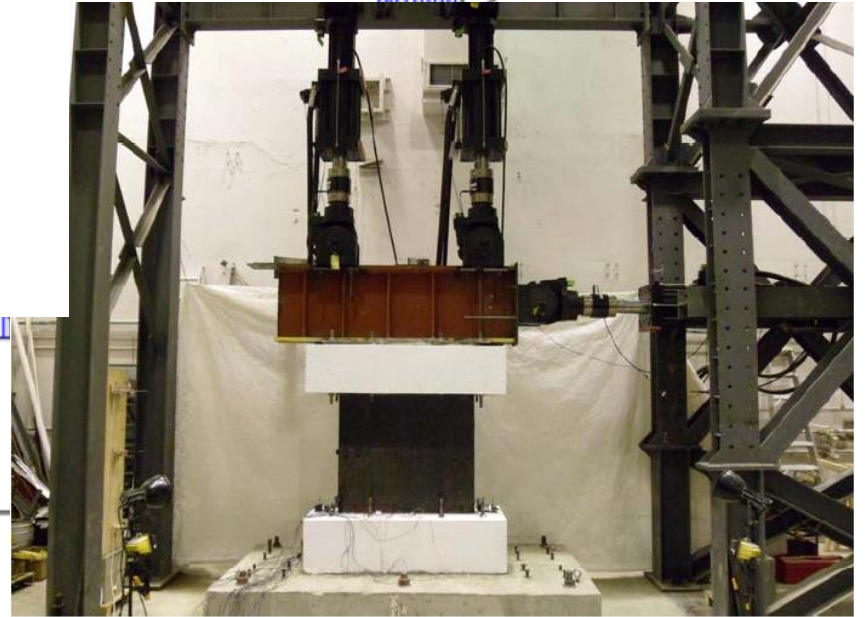
Wall Elevation
N.T.S.



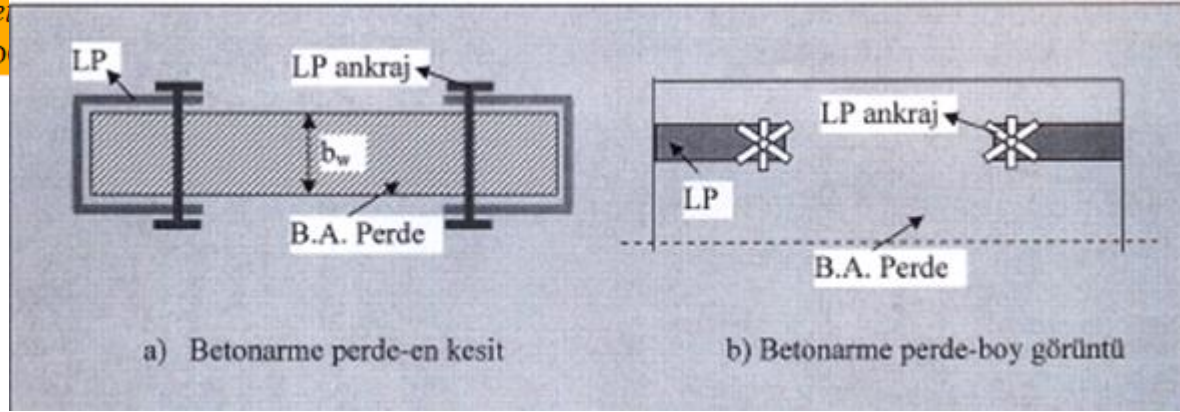
Detail
N.T.S.



Düsey yönde LP



(c) Sarılma bölgesindeki enine donatı koşulları bakımından 3.3.4'ü sağlayan betonarme kolonlar, 3.4.4'ü sağlayan betonarme kirişler ve uç bölgelerinde 3.6.5.2'yi sağlayan betonarme perdeler “sargılanmış”, sağlamayanlar ise “sargılanmamış” eleman sayılır. “Sargılanmış” sayılan elemanlarda sargı donatılarının 3.2.8'e göre “özel deprem”



TABLO 7.3 – BETONARME KOLONLAR İÇİN HASAR SINIRLARINI TANIMLAYAN ETKİ/KAPASİTE ORANLARI (r_s)

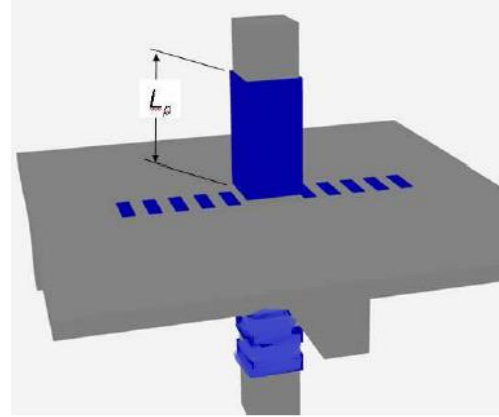
Sünek Kolonlar			Hasar Sınırı		
$\frac{N_K}{A_c f_{cm}}$ (1)	Sargılama	$\frac{V_e}{b_w d f_{ctm}}$ (2)	MN	GV	GÇ
≤ 0.1	Var	≤ 0.65	3	6	8
≤ 0.1	Yok	≤ 0.65	2	3.5	5
≤ 0.1	Var	≥ 1.30	2.5	5	6
≤ 0.1	Yok	≥ 1.30	1.5	2.5	3.5

TABLO 7.2 – BETONARME KİRİŞLER İÇİN HASAR SINIRLARINI TANIMLAYAN ETKİ/KAPASİTE ORANLARI (r_s)

Sünek Kirişler			Hasar Sınırı		
$\frac{\rho - \rho'}{\rho_b}$	Sargılama	$\frac{V_e}{b_w d f_{ctm}}$ (1)	MN	GV	GÇ
≤ 0.0	Var	≤ 0.65	3	7	10
≤ 0.0	Yok	≤ 0.65	2.5	4	6
≥ 0.5	Var	≤ 0.65	3	5	7
≥ 0.5	Yok	≤ 0.65	2	3	5

S10. Kolon-kiriş birleşim bölgelerini takviye etmek için lifli polimer ile ne yapılabilir?

C10. Birleşim bölgesindeki kolon ve kiriş uçlarında depremden kaynaklı hasarları kontrol altına alabilir:



S11. Düşey elemanların boyuna LP ile moment kapasitesi nasıl yapılabilir??

C11.

uygun
raji ya



(a)



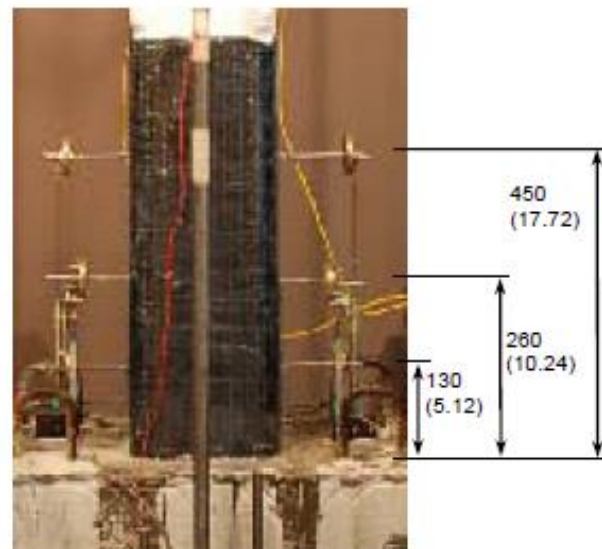
(b)



(c)



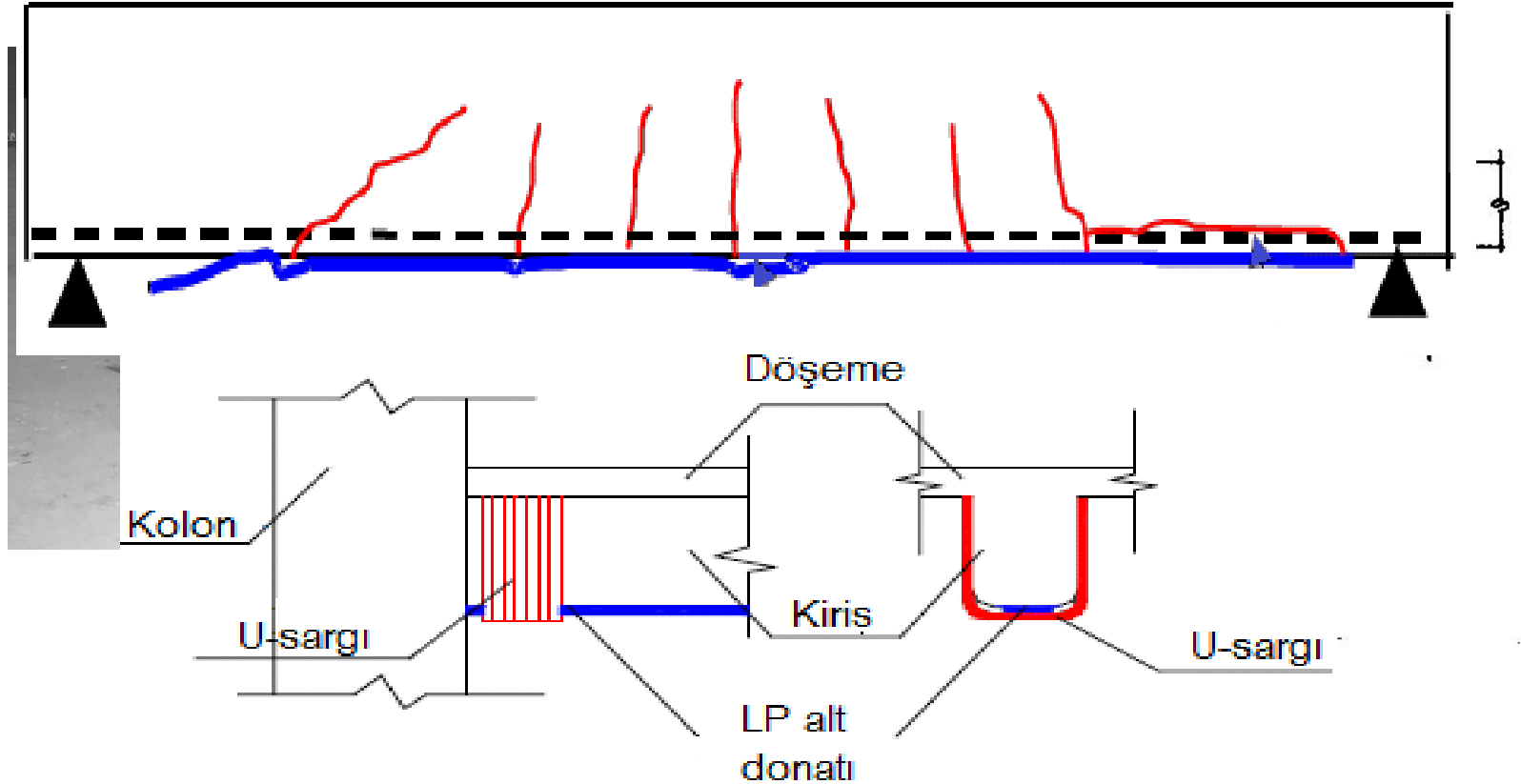
(d)

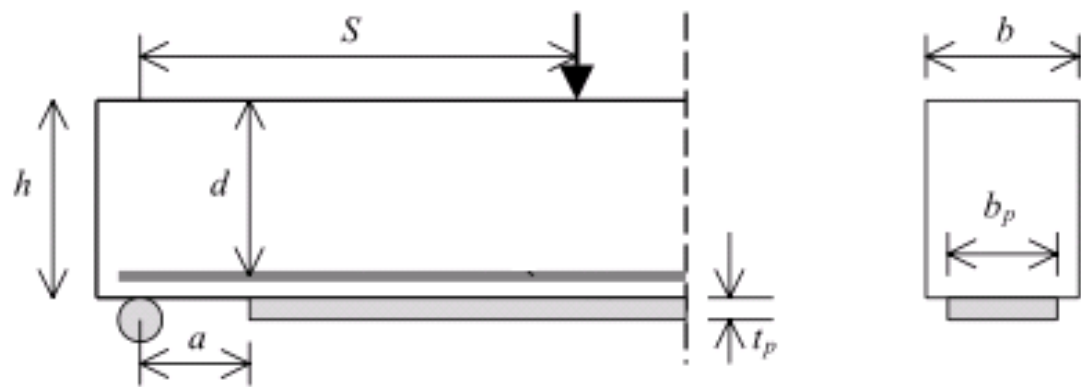


(e)

S12. Kirişlerde açıklık ve mesnet donatı eksikliğini LP ile nasıl kapatabiliriz?

C12. LP malzeme mesnette etkili tabla genişliğine yayılarak konulabilir. Açıklık donatısı açıklık boyunca devam ettirilirse daha faydalı olur.



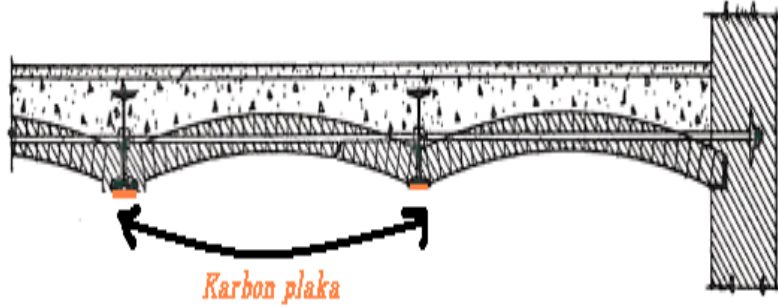
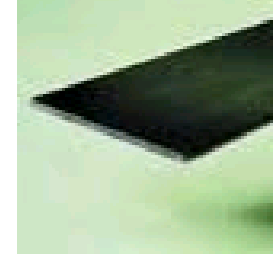


<i>Kalınlık</i> t_p (mm)	$E_p t_p$ ($\times 10^3$ N/mm)	<i>Göçme</i> <i>Yükü</i> (kN)	<i>LP birim uzaması</i> ($\times 10^{-6}$)
0.22	51.7	216.2	7254
0.44	103.4	239.1	6475
0.66	155.1	255.2	5655
0.88	206.8	275.9	4934
1.10	258.5	276.8	4421
1.32	310.2	251.8	3097

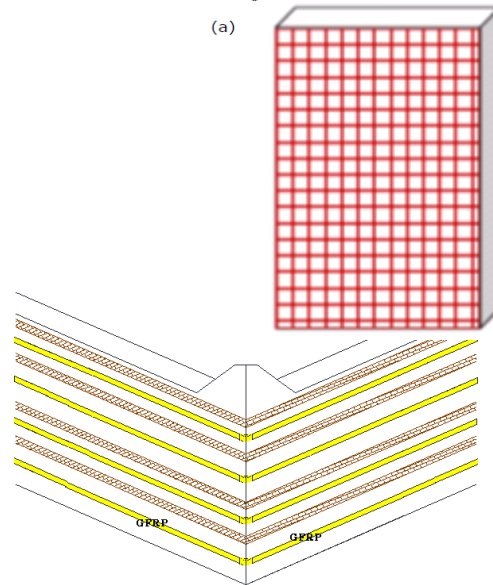
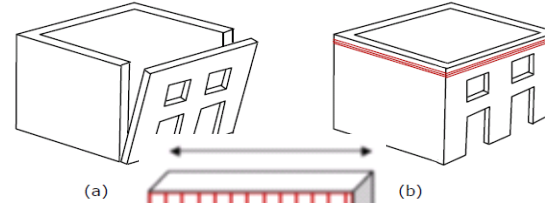
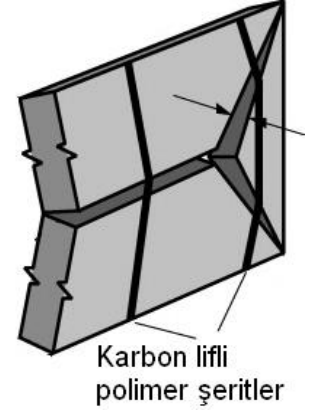
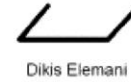
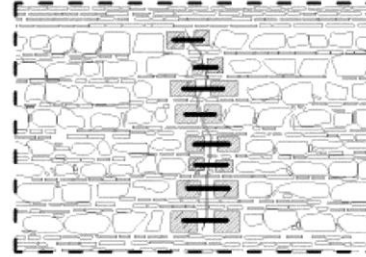
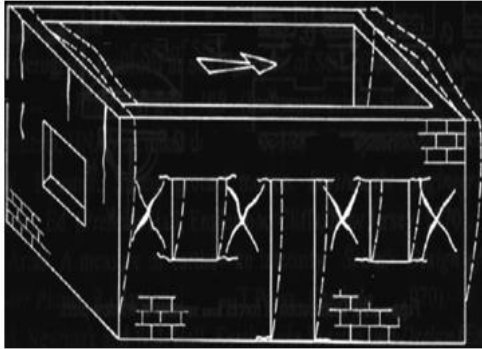
a (mm)	a/S	<i>Göçme</i> <i>Yükü</i> (kN)	<i>LP birim uzaması</i> ($\times 10^{-6}$)
25	0.004167	263.4	7057
300	0.25	265.1	7280
450	0.375	234.8	4943
600	0.50	204.1	3072

S13. Tarihi yapıları pratik olarak bu malzemelerle nasıl güçlendirebiliriz?

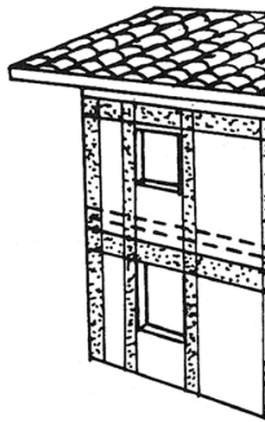
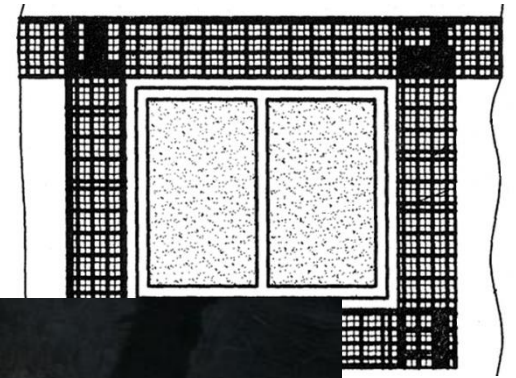
C13. Döşemelerden başlayalım isterseniz:



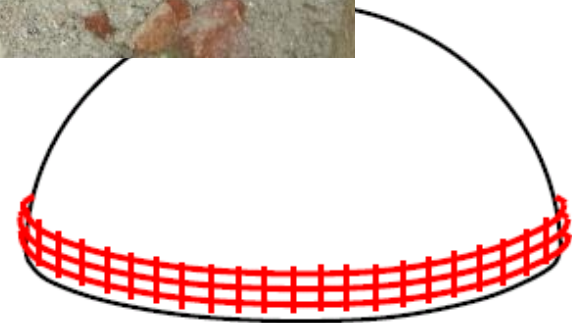
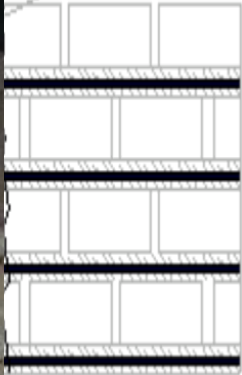
S14. Taşıyıcı duvarları, kubbeleri nasıl güçlendiriyoruz?
C14. Birkaç yolu var bu elemanları depreme karşı
sağlamlaştırmanın:



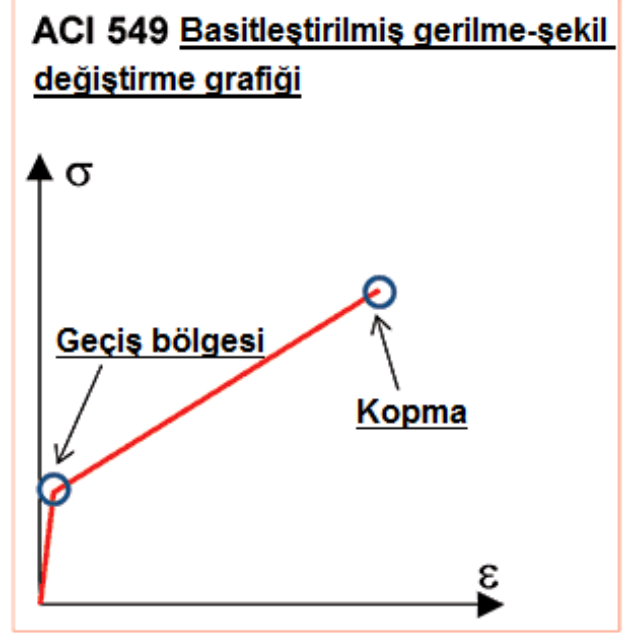
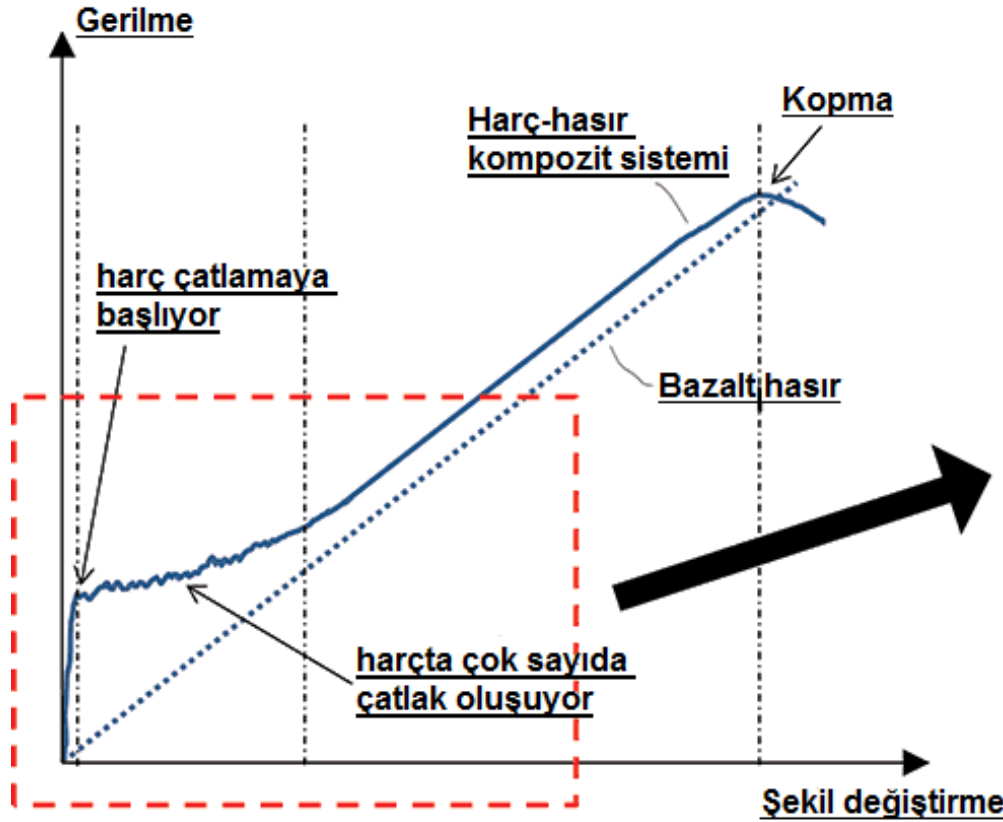
C14.



Dikey çatlak



Tekstil donatılı harç sistemlerinin kompozit halde davranışı



Dharahara Kulesi, Katmandu-Nepal

1832'de Nep
başbakanınca y
Bhimsen Kulesi
bilinen bu
basamaklı merdi
seyir balkonund
dolayısıyla turis
ettiği yerler arası



Kaynak:
http://www.bbc.com/turkce/haberler/2015/04/150427_nepal_unesco_dunya_mirasi

Güçlendirilmiş yığma duvarların yerinde testi



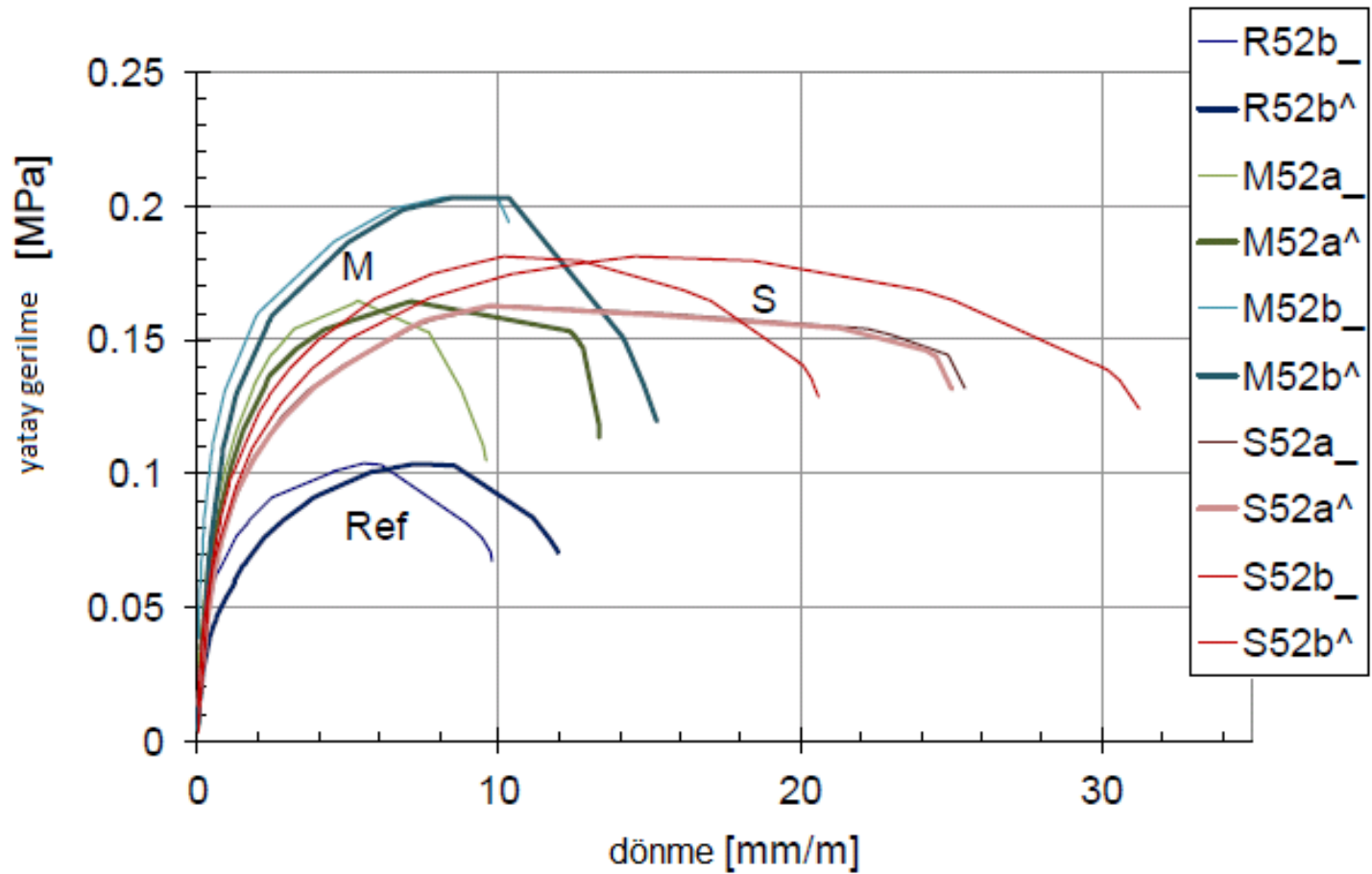
Güçlendirilmemiş duvar



Yatay karbon lifli polimer şeritler ile güçlendirilmiş duvar



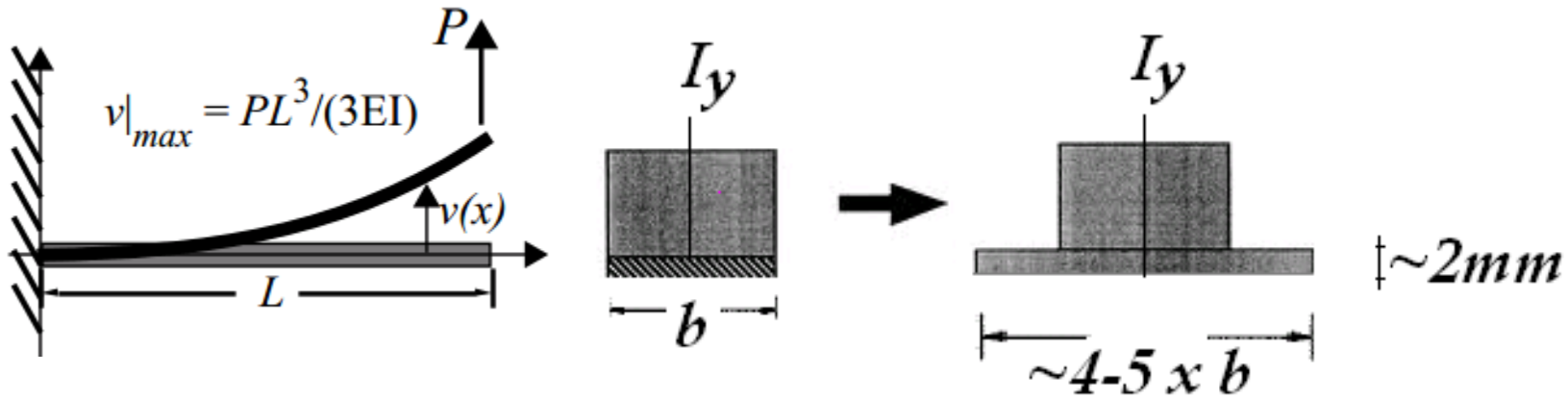
Tekstil hasır donatılı harç ile güçlendirilmiş duvar



IN-SITU TESTED BRICK MASONRY WALLS STRENGTHTED WITH HORIZONTAL CARBON STRIPS AND FRP MESH. Mojca Jarc Simonic, Samo Gostič, R. Žarnić, 2013

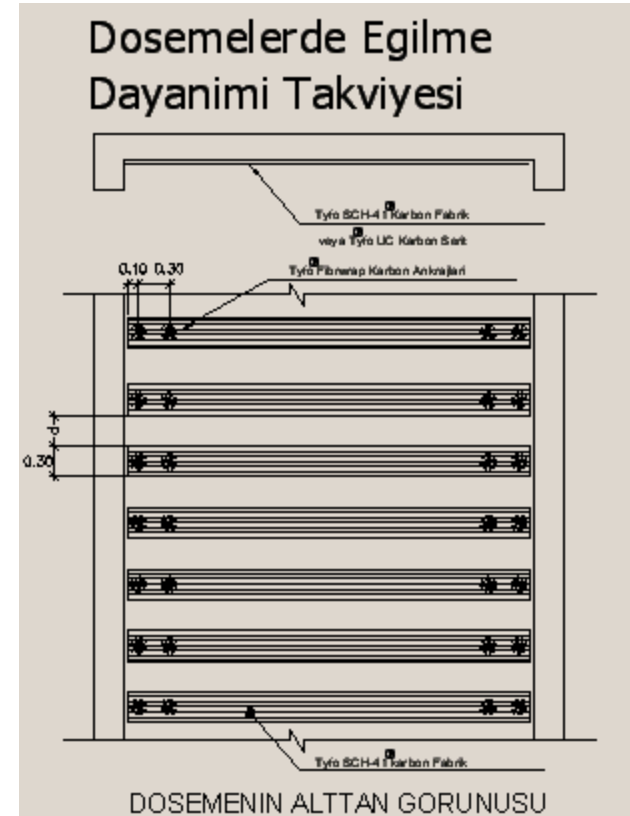
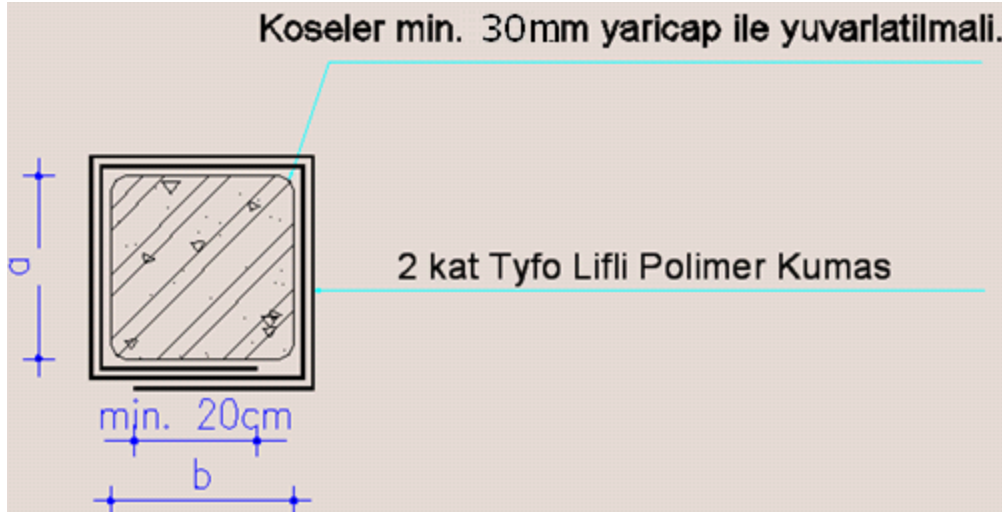
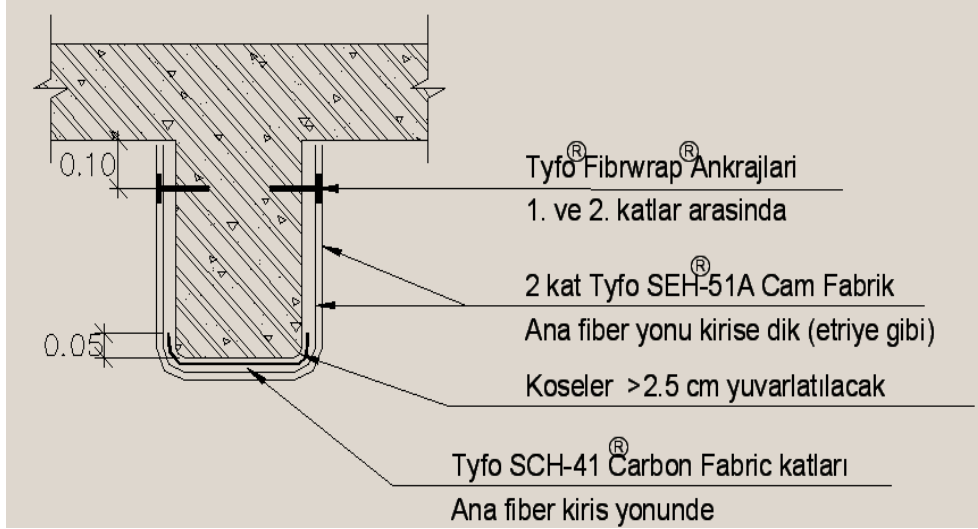
S15. Lifli polimer ile aksenal basınç, kesme kuvveti, eğilme momenti kapasiteleri artırılabilir. Peki elemana yanal ötelenme rijitliği katabiliyor muyuz? Döşeme sehimleri azaltabiliyor muyuz?

C15. Lifli polimer malzemeleri sertleşmiş durumda tipik olarak birkaç mm kalınlığında olduğu için kesite rijitlik katmaz. Mevcut sehimler lifli polimer takviye ile azaltılamaz.



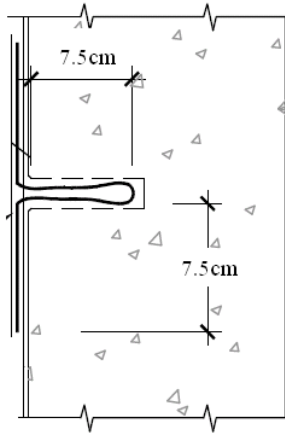
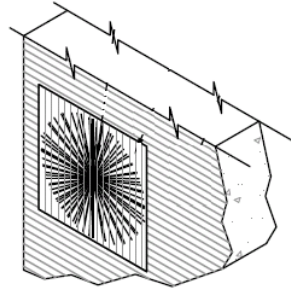
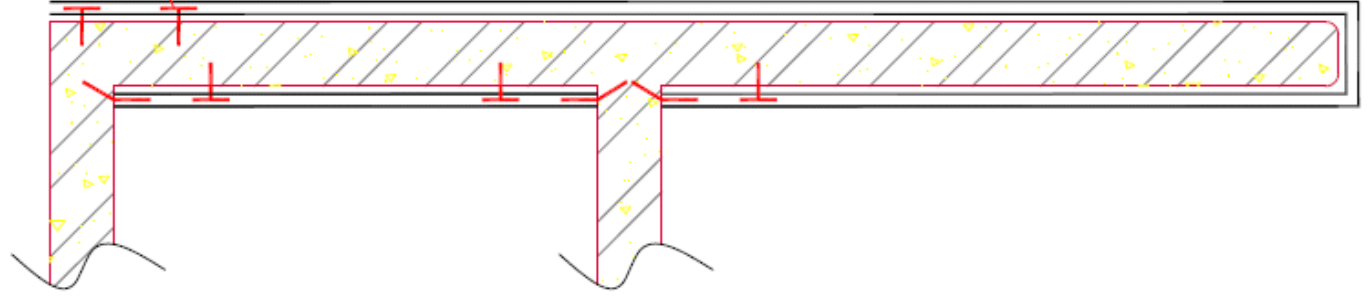
S16. Birkaç tipik çizim detayı gösterebilir misiniz?

C16. Kolon, kiriş ve döşemeler için detaylar şunlardır:

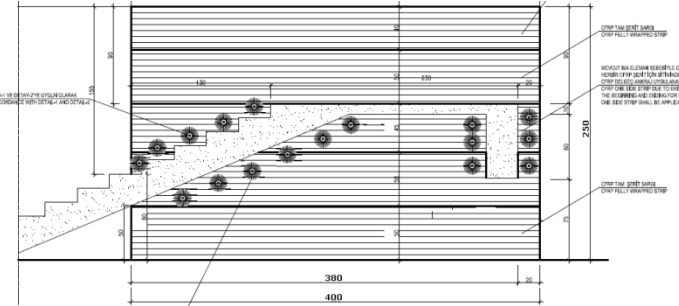


Lifli Pollmer Ankrajlar

Düşeyde her 30cm'de bir



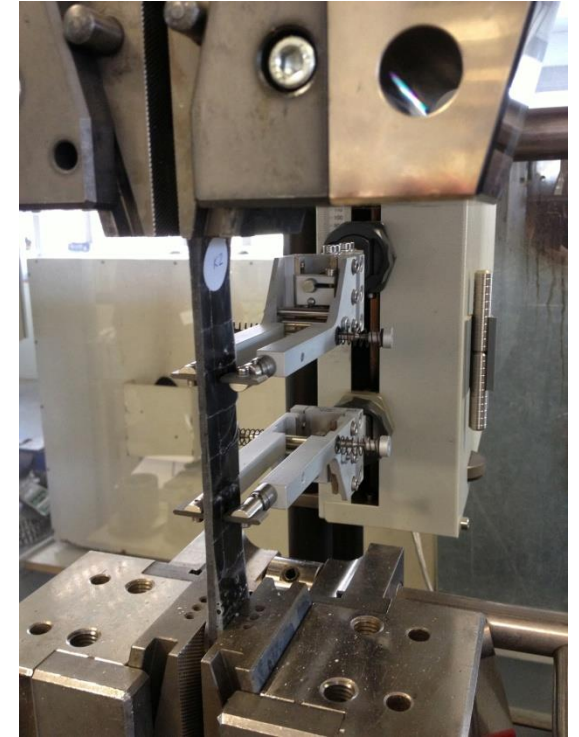
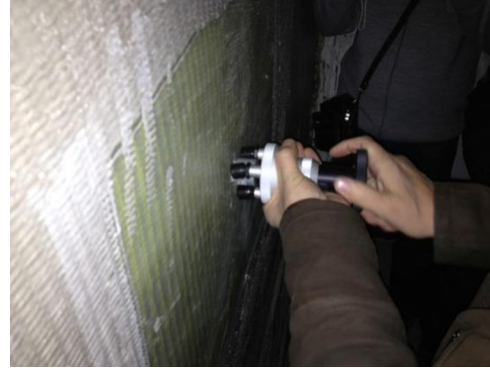
EDUCATIONAL PRODUCT



MEVCUT MERKEZİ SEVERİYE TAM SAGIRILANA YAPLIMLAMA DURUMINDA ÇERÇİFE DETAYI ÇERÇİFE DETAYI IN CASE OF EXISTING R/C STAIRS

S17. Uygulama esnasındaki kalite kontrol süreci hakkında ne söylenebilir?

C17. 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:

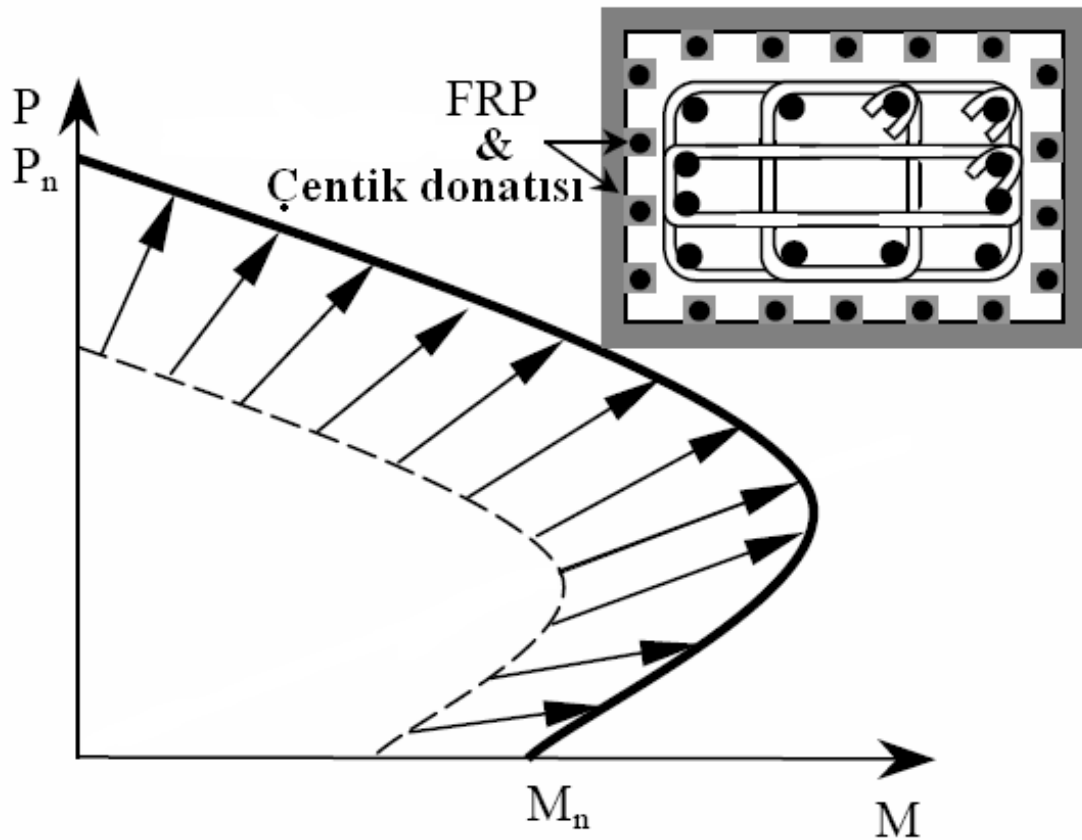
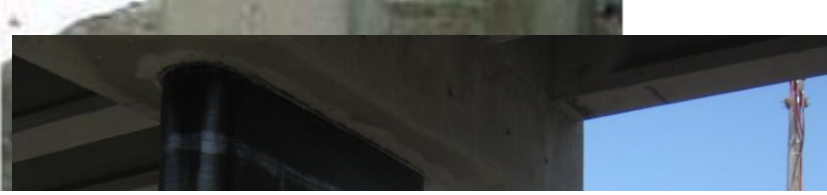


Aşağıdaki hasarlardan hangileri lifli polimer ile önlenebilir ve nasıl?



İlması
atlağı

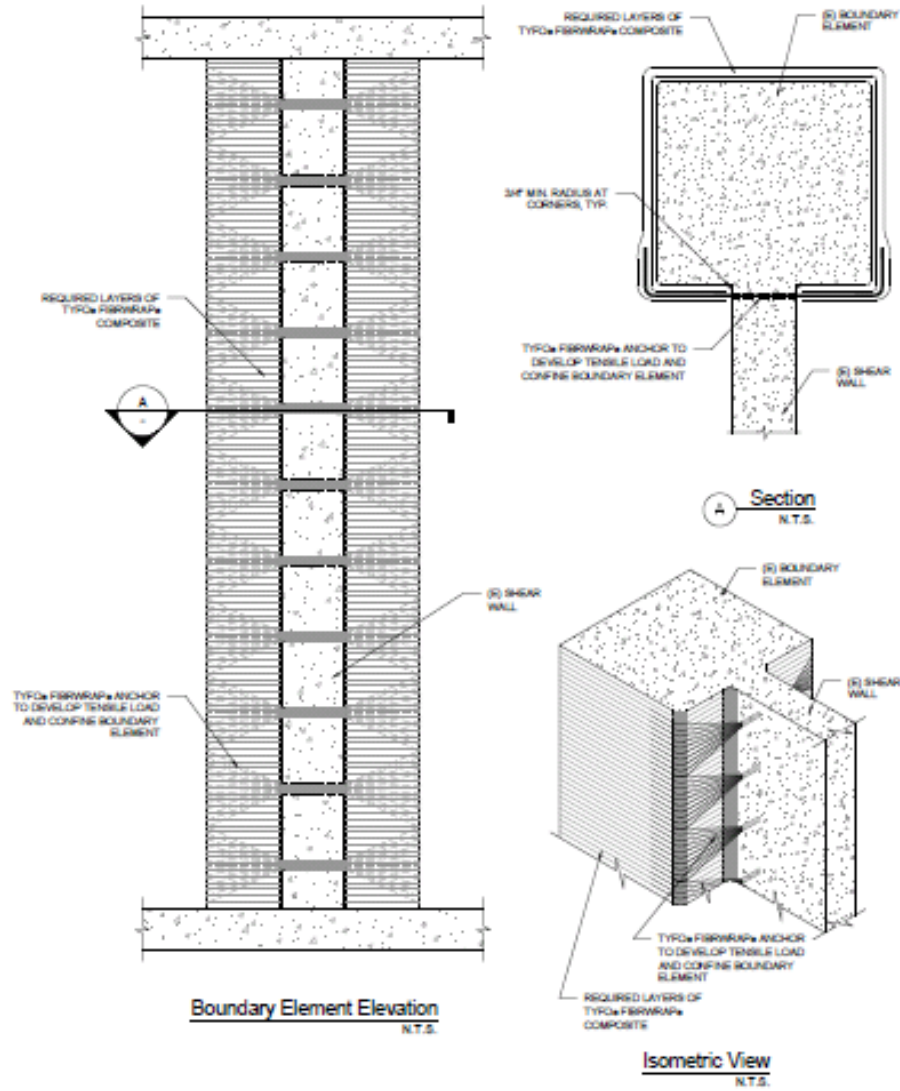




Kaynak: Deprem Sonrasında Betonarme Binaların Hasar Sınıflandırılmasında Kullanılacak Yeni AFAD Hasar Tespit Formları , Beyza TAŞKIN

TYPICAL BOUNDARY ELEMENT CONFINEMENT DETAIL

Note: Type of material and design thickness will vary based on individual project requirements.



jilme

ği



Kirişlerde kesme çatlağı, boyuna mesnet donatısının burkulması



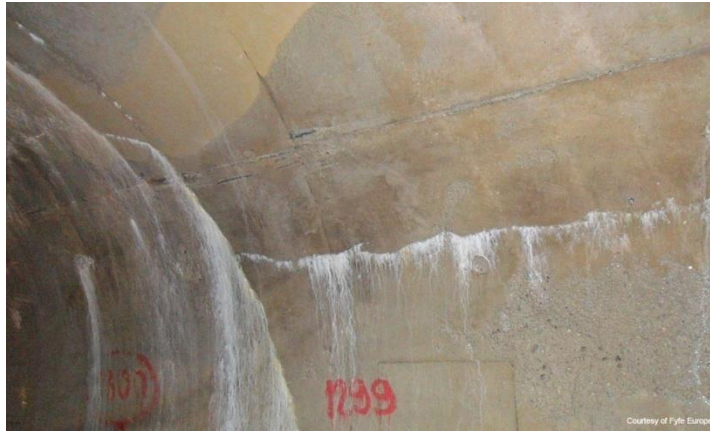
S18. FYFE'in Türkiye'de ya da Türk işverenler için şimdiye kadar bitirdiği birkaç projeden bahsedermisiniz?

C18. Ukrayna'da Bir Stadyum, ~15,000 m² LP, 2009



Kaynak: fyfeurope.com

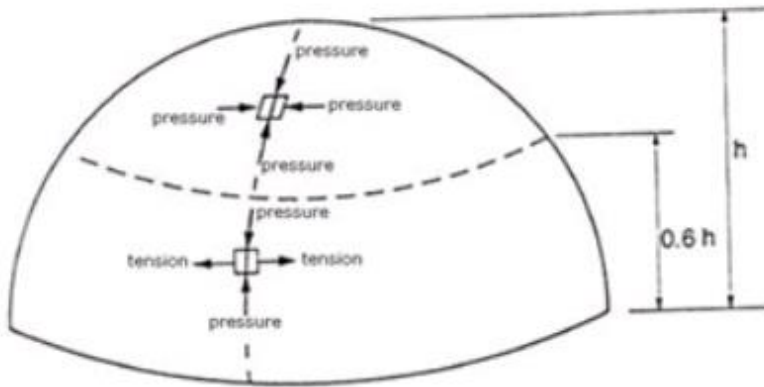
C18. Trabzon HES, 2012



C18. İzmir Köprü Güçlendirmesi, 1997



C18. Cenab-ı Ahmet Paşa Camii, Ankara, 2011



Kaynak: fyfeeurope.com

Yapısal restorasyon mühendisliği : İlkeleri ve uygulama örnekleri, Prof. Dr. Oğuz Cem ÇELİK

C18. Ostim Ankara Metrosu Viyadüğü, Ankara, 2004



C18. Poyraz Fındık İşleme Tesisi, Ordu, 2011



C18. Grand Azur Oteli, Marmaris, 2012



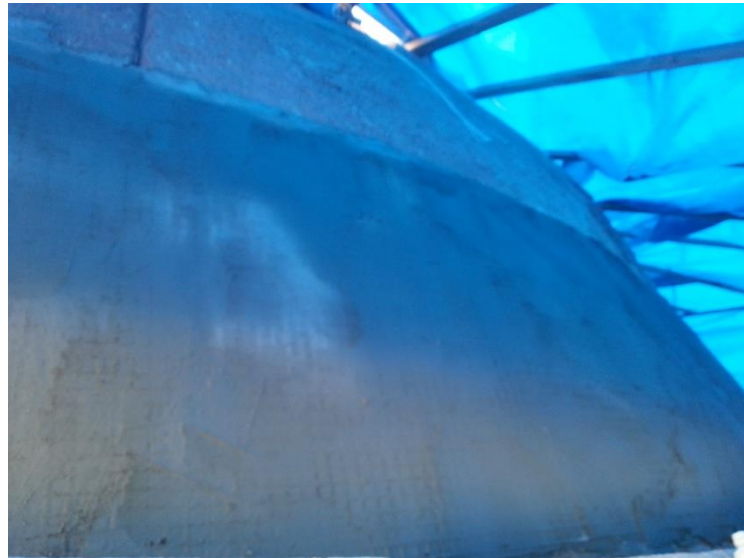
C18. SEDAŞ Gebze İşletmesi, 2013



C18. İstanbul Menkul Kıymetler Borsası, Betonarme Perde Boşluklarının Takviyesi, 2013



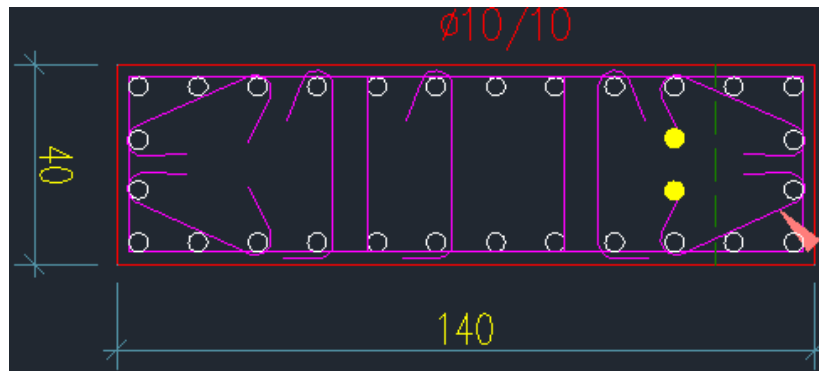
C18. Molla elebi Camii Kubbe Eteęinin Sarılması, 2013



C18. Konut Projesi Betonarme Perde & Kiriş Güçlendirmesi, 2014



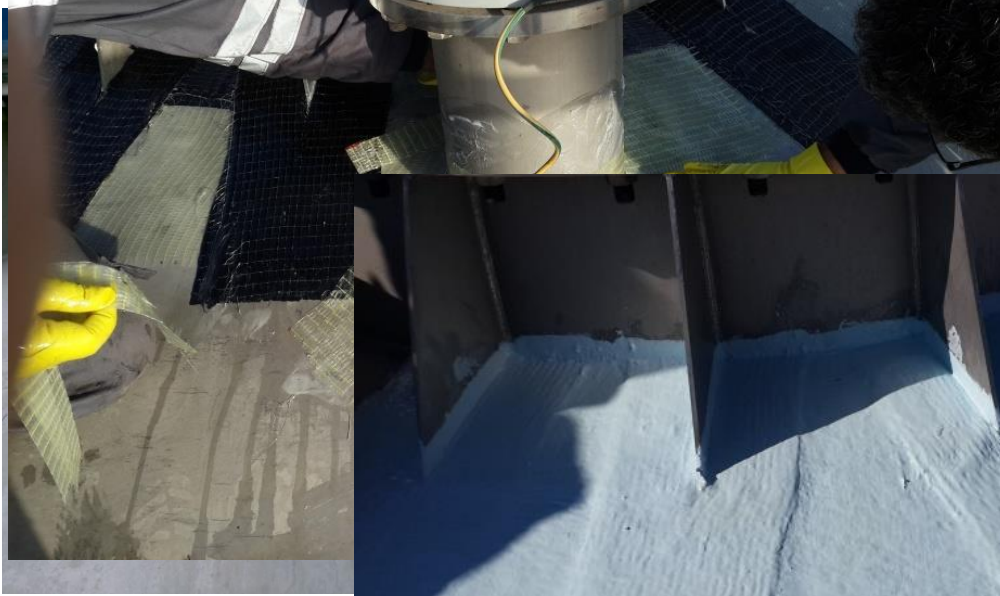
C18. Konut Projesi Kolon Etriye Takviyesi, 2014



Diyarbakır Otel Binası Güçlendirilmesi



AKTOR ARBIOGAZ IĐLI ÇAMUR ÇÜRÜTME VE KURUTMA, 2015



BURSA NİLÜFER EMNİYET HİZMET BİNASI, 2015



