İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi Meslek İçi Eğitim Semineri

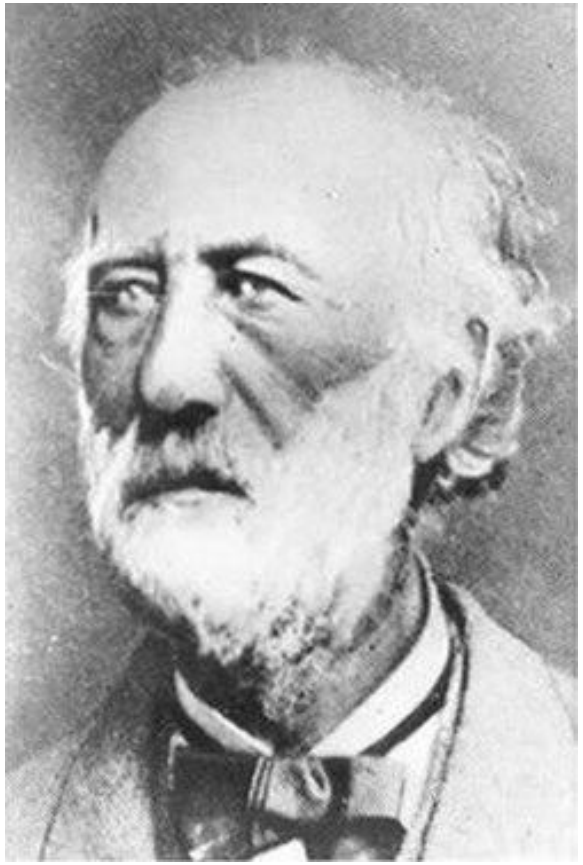
Beton Prefabrikasyon: Dünü, Bugünü, Yarını

A. Ata Kulaksızoğlu

Dr. İnşaat Mühendisi

26 Ekim 2026

“Béton Armé” kavramı



Joseph-Louis Lambot (1814-1887)



Lambot’nun teknesi, Brignoles Müzesi, Fransa (1848) [1]

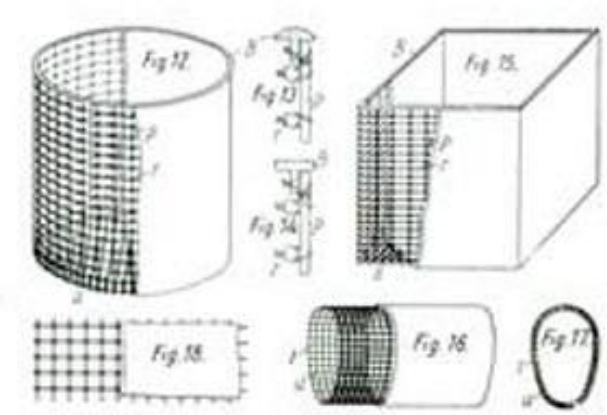
1. https://france3-regions.franceinfo.fr/provence-alpes-cote-d-azur/var/a-decouvrir-dans-le-var-le-bateau-ciment-a-brignoles-2054101.html

“Béton Armé” kavramı



Joseph Monier (1823-1906)





Joseph Monier betonarme patenti, 1867 [2]

2. https://resource.midasuser.com/en/blog/get-motivated/secrets-reinforced-concrete

“Béton Armé” kavramı

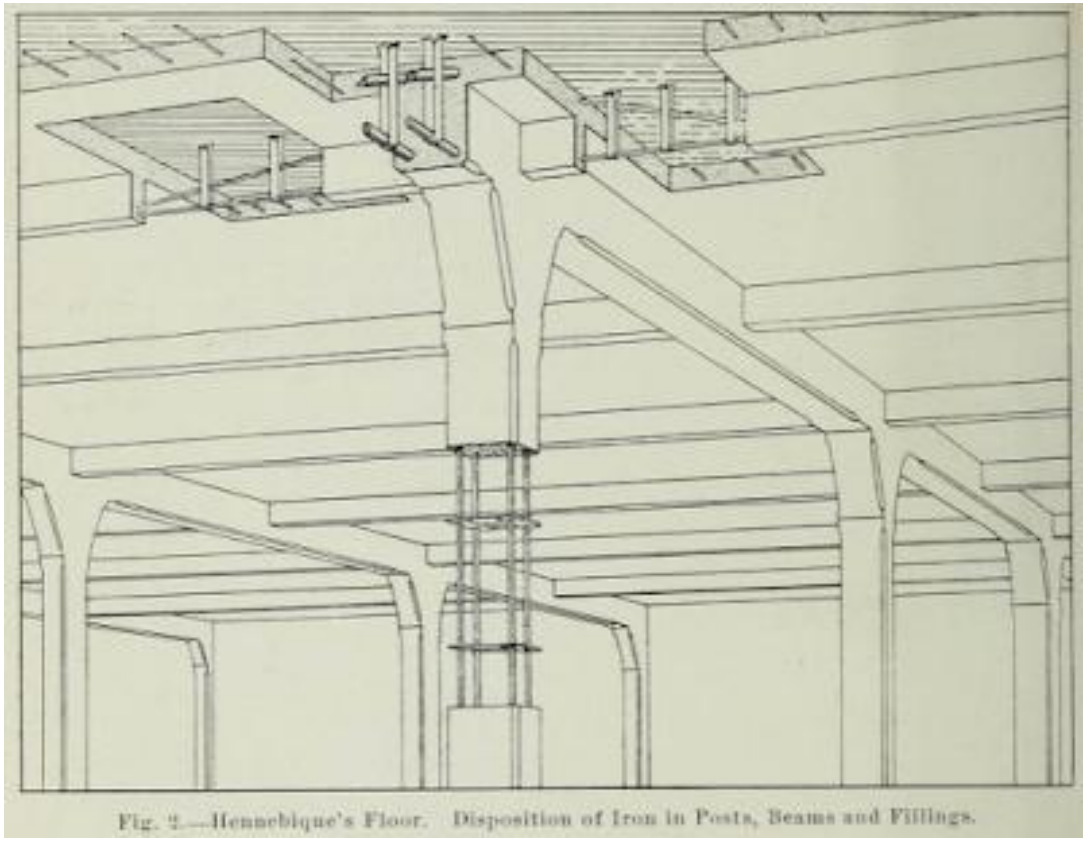


François Hennebique (1842-1921)



François Hennebique betonarme patenti, 1892

“Béton Armé” kavramı





François Hennebique betonarme sistemi, Hull, İngiltere [3]

3. https://www.thehullstory.com/allarticles/hennebique-feature-angus

“Ön üretim” kavramı



Un değirmeni binası, İngiltere, 1898 [4]

4. Elliott, K. S. (2017). Precast concrete structures (2nd ed.). CRC Press

“Ön üretim” kavramı



John Alexander Brodie [1858-1934]



Eldon Street Apartments, Liverpool, İngiltere (1905) [5]

5. https://losttribeofeverton.com/street/eldon-street/

“Ön üretim” kavramı





Eldon Street Apartments, Liverpool, İngiltere (1905) [5]

5. https://losttribeofeverton.com/street/eldon-street/

İkinci Dünya Savaşı Sonrası





Airey Houses, İngiltere, 1946 [6]

6. https://leedscivictrust.org.uk/airey-homes/

İkinci Dünya Savaşı Sonrası



Ashburton Konutları, İngiltere, 1946

İkinci Dünya Savaşı Sonrası



Lower Tampa Bay Köprüsü önüretim tesisi, ABD, 1953 [7]

7. civilengineering-digital.com/civilengineering/may_2017/MobilePagedArticle.action?articleId=1107111

İkinci Dünya Savaşı Sonrası



Önüretimli beton üretim tesisi, Polonya, 1957 [8]

8. https://www.szukajwarchiwach.gov.pl/jednostka/-/jednostka/5960966?refererPlid=2144199

İkinci Dünya Savaşı Sonrası



Prekast panelli konut, Ukrayna 1960 [9]



Önüretimli beton üretim tesisi, Khabarovsk, Sovyetler Birliği (1967) [9]

8. https://www.fineartstorehouse.com/michael-ochs-archives/prefab-concrete-41312884.html
9. https://www.ukrainianphotographies.org/2026/06/10/it-wasnt-that-long-ago-kyiv-in-20th-century-architectural-photography-chapter-2/?utm_source=chatgpt.com

Öngerilme Kavramı

"Yirminci yüzyılın bir ürünü olan öngerme fikri, yapı mühendisliği tarihinde, tüm dönemler göz önüne alındığında, en önemli yeni yönelimi ortaya koymuştur.

Bu fikir, tasarımcıya yapısal davranışı kontrol etme olanağı sunarken, aynı zamanda onu yapım süreci üzerine daha derinlemesine düşünmeye yöneltmiş, hatta bunu zorunlu kılmıştır.

Dahası, öngerme fikri biçim açısından yeni olanakların kapısını açmıştır. Sonuçta, genel kültürü etkileyen yeni biçimlerdir. Bu biçimler görsel nitelik taşıdığından, yeni bir yönelimi ilk sezenlerin görsel sanatçılar olmasını bekleyebiliriz.

Nitekim, yirminci yüzyılın büyük mimarları arasında sanatsal yönü en güçlü olan Le Corbusier, yeni fikri ilk kez çarpıcı bir biçimde ortaya koymuştur. 1933 yılında kaleme aldığı ve büyük takdir gören Işıyan Kent (La Ville Radieuse) adlı eserinin sonlarına doğru şu ifadeyi kullanmıştır:"[9]

"Freyssinet'yi yıllardır görmemiştim. Sonra yeniden ortaya çıktı ve bana, o süre boyunca kendisini bütünüyle adadığı, son derece titiz ve zorlu araştırma projesini anlattı: Daha önce var olan tüm malzemelerden tamamen farklı, o dönemde kullanılan çimento ve çeliklerden beş ya da altı kat daha dayanıklı yeni bir malzemenin keşfi"

Le Corbusier, 1933 [9]



Charles-Édouard Jeanneret, "Le Corbusier"(1887-1965)

9. Billington, D. P. (1976). Historical perspective on prestressed concrete. PCI Journal, 21(5), 48–71.

Öngerilme Kavramı



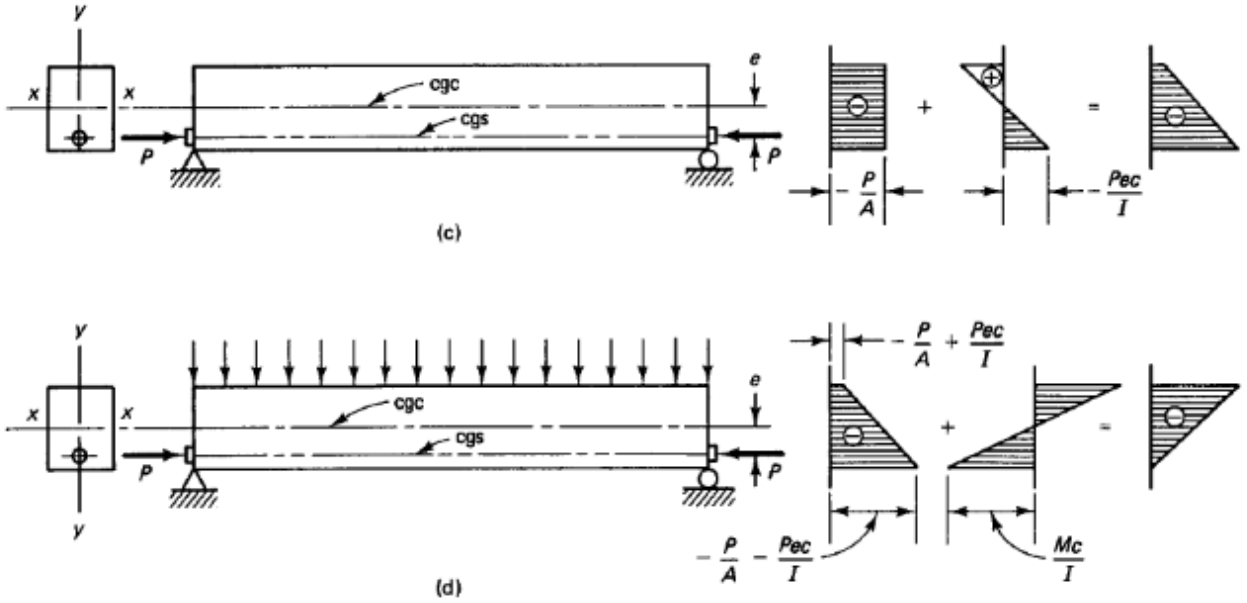
Eugene Freyssinet (1879-1962)

"Yükler nedeniyle oluşan sehimlerin betonarme donatısında meydana getirdiği elastik kuvvetleri, yeterli büyüklükte, önceden uygulanmış ve kalıcı gerilmelerle ikame etme fikri ilk kez 1903–1904 yıllarında, Charles Rabut'nün École des Ponts et Chaussées'de verdiği bir dizi ders sırasında aklıma geldi. Bu dersler bir yandan betonarme konusuna, diğer yandan da yapıların kendiliğinden veya dış etkilerle meydana gelen sehimlerinin sistematik olarak incelenmesine ayrılmıştı."

Eugene Freyssinet, 1949 [9]

9. Billington, D. P. (1976). Historical perspective on prestressed concrete. PCI Journal, 21(5), 48–71.

Öngerilme Kavramı



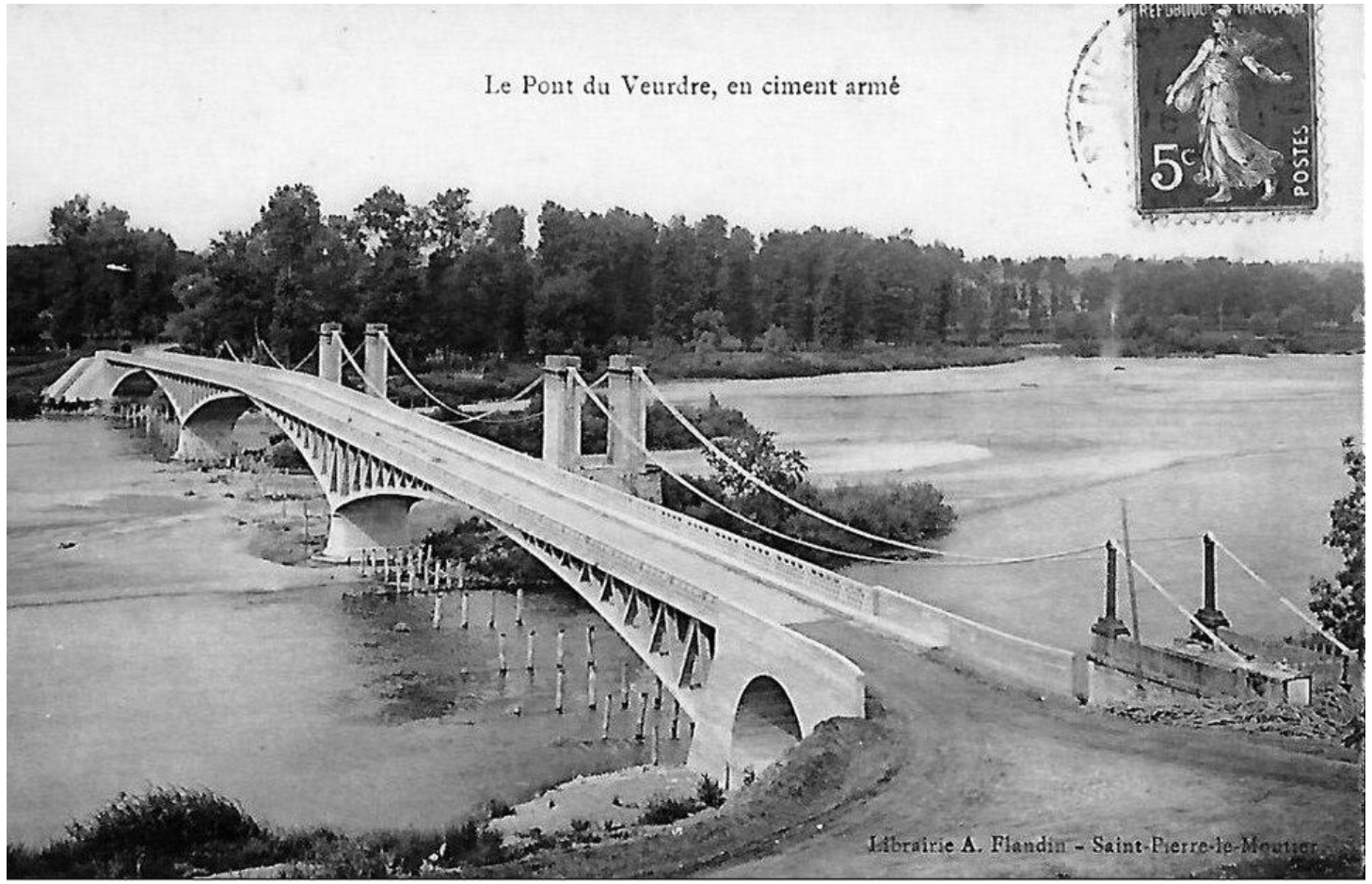
Öngerilme teorisi [10]



Öngerilme işlemi [11]

10. Nawy, E. G. (2006). Prestressed concrete: A fundamental approach (5th ed.). Pearson Prentice Hall.
11. https://nordimpianti.com/Products/Stressing-and-Detensioning/Single-stressing-system/Wire-stressing-machine

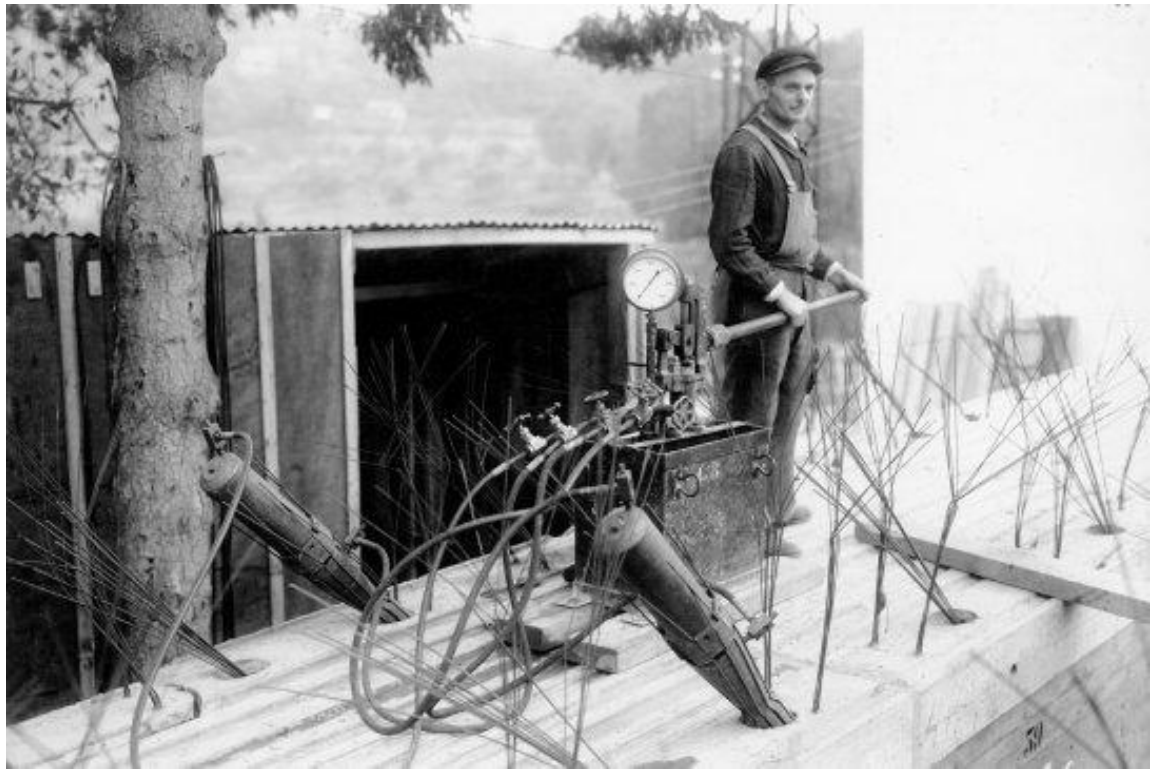
Öngerilme Kavramı



Veurdre Köprüsü (1912) ve sünme problemi [9]

9. Billington, D. P. (1976). Historical perspective on prestressed concrete. PCI Journal, 21(5), 48–71.

Öngerilme Kavramı



Luzancy Köprüsü, Fransa (1946) [12]



Walnut Lane Köprüsü, ABD (1950) [13]

12. https://www.vinci.com/en/group/our-history
13. https://whyy.org/articles/rehab-begins-wednesday-on-wissahickon-s-walnut-lane-bridge/

Amerikan “Double Tee”



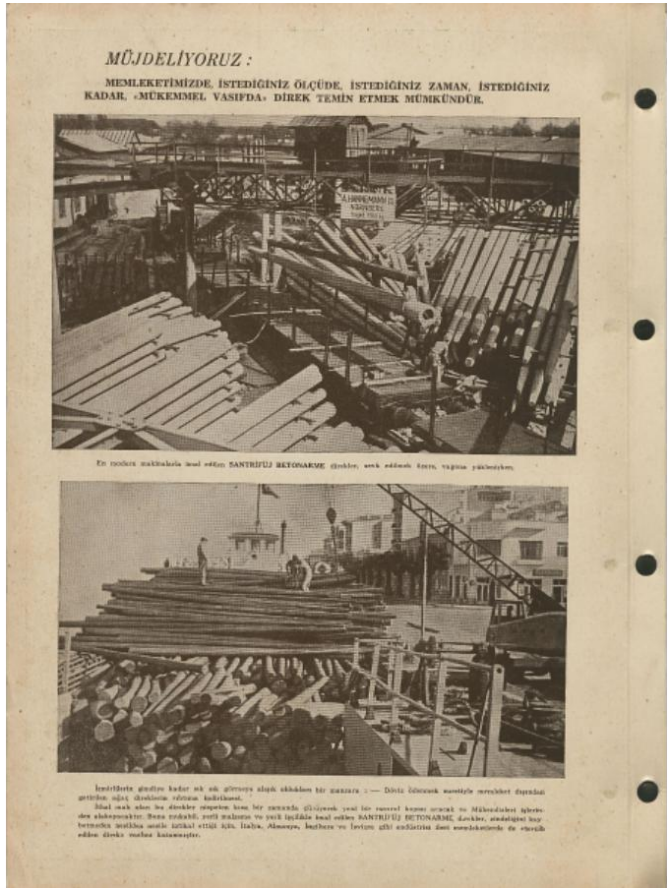
TT panel montaj durumu [14]



Colorado, ABD (1952) [15]

14. Precast/Prestressed Concrete Institute. (2010). PCI design handbook: Precast and prestressed concrete (7th ed.). Precast/Prestressed Concrete Institute.
15. https://npgallery.nps.gov/GetAsset/821d76be-b601-4a13-97f7-6f5ef4376ed8

Türkiye'de Beton Prefabrikasyonun Gelişimi



Santrfüj Direkler, 1950'ler



Ereğli Demir Çelik Tesisleri Lojmanları (İnşaat: 1965)

16. https://www.prefab.org.tr/yapi-sistemleri/prefabrikasyon-turkiyede-gelisimi
17. https://archives.saltresearch.org/handle/123456789/210212

Türkiye'de Beton Prefabrikasyonun Gelişimi

- 1970-1980'ler: Büyüme Yılları
  - Sanayi tesisleri
  - Yurt inşaatları
  - Depolar
  - Turistik amaçlı tesisler

- 1984: Türkiye Prefabrik Birliği'nin Kuruluşu
  - Standardizasyon çalışmaları
  - Panel ve konferanslar

- 1990'lar: Otoyolların yaygınlaşması
  - Ulaştırma projeleri
  - Köprü kirişleri
  - Toprakarme duvarlar
  - Beton bariyerler

- 1990'ların sonları: Duraklama dönemi
  - Hazır beton
  - Karar vericilerin konvansiyonel yapım yöntemleri tercihi

- 1999 Depremi

- 2000'ler:
  - Sanayi yapıları
  - Hafif raylı sistemler
  - Otoparklar
  - AVM'ler
  - Stadyumlar

16. https://www.prefab.org.tr/yapi-sistemleri/prefabrikasyon-turkiyede-gelisimi

Günümüzde Önüretimli Beton – Sanayi Yapıları





Günümüzde Önüretimli Beton – Alışveriş Merkezleri



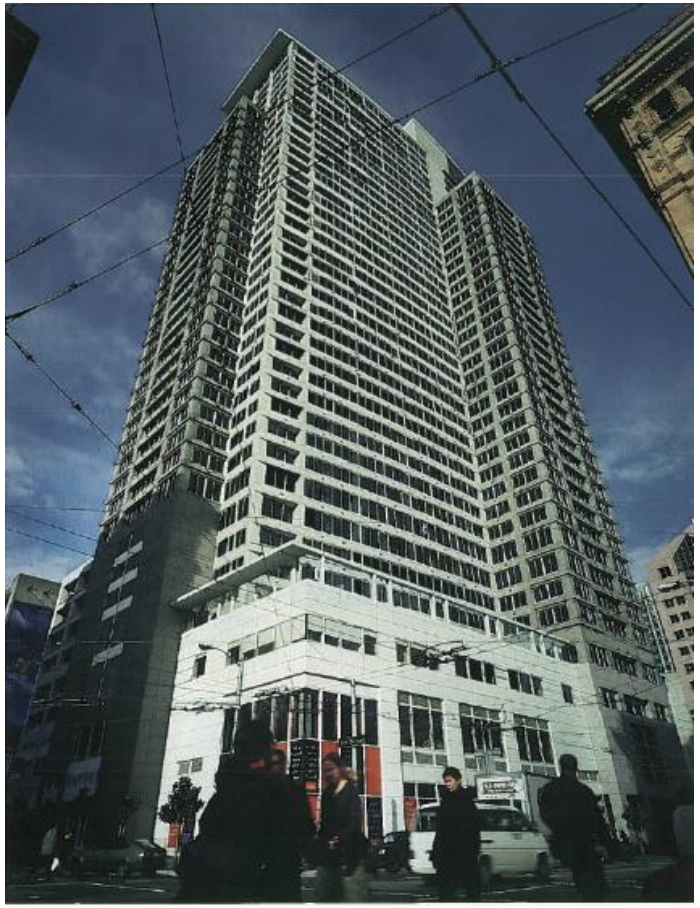
Ümraniye IKEA [18]



Otopark yapısı [19]

18. https://dengemimart.com/umraniye-ikea-avm-projesi
19. https://www.kniferiverprestress.com/products/double-tee/

Günümüzde Önüretimli Beton – Konut Yapıları



The Paramount, San Francisco, ABD [14]



Unité d'habitation, Marsilya, Fransa

14. Precast/Prestressed Concrete Institute. (2010). PCI design handbook: Precast and prestressed concrete (7th ed.). Precast/Prestressed Concrete Institute.

Günümüzde Önüretimli Beton – Konut Yapıları



Sao Paolo, Brezilya



Kyiv, Ukrayna

Günümüzde Önüretimli Beton – Köprü Segmentleri





14. Precast/Prestressed Concrete Institute. (2010). PCI design handbook: Precast and prestressed concrete (7th ed.). Precast/Prestressed Concrete Institute.

Günümüzde Önüretimli Beton – Döşeme Sistemleri



TT Plak



Boşluklu Döşeme

14. Precast/Prestressed Concrete Institute. (2010). PCI design handbook: Precast and prestressed concrete (7th ed.). Precast/Prestressed Concrete Institute.

Günümüzde Önüretimli Beton – Köprü Kirişleri





14. Precast/Prestressed Concrete Institute. (2010). PCI design handbook: Precast and prestressed concrete (7th ed.). Precast/Prestressed Concrete Institute.

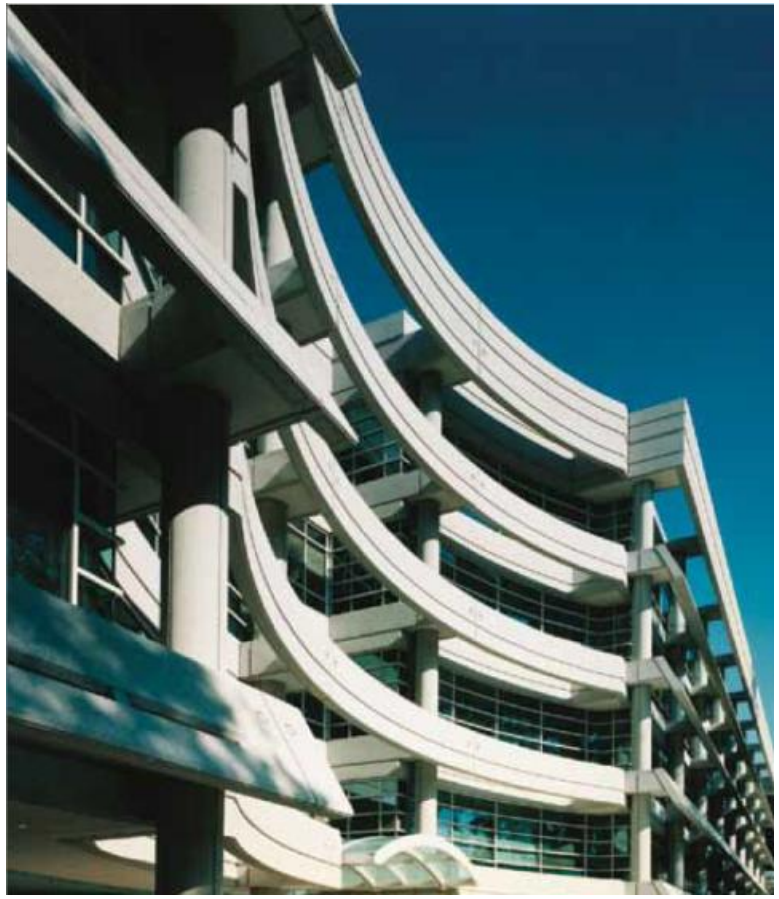
Günümüzde Önüretimli Beton – Tribün Sistemleri





14. Precast/Prestressed Concrete Institute. (2010). PCI design handbook: Precast and prestressed concrete (7th ed.). Precast/Prestressed Concrete Institute.

Günümüzde Önüretimli Beton – Mimari Cephe Elemanları





14. Precast/Prestressed Concrete Institute. (2010). PCI design handbook: Precast and prestressed concrete (7th ed.). Precast/Prestressed Concrete Institute.

Günümüzde Önüretimli Beton – Kutu Menfezler



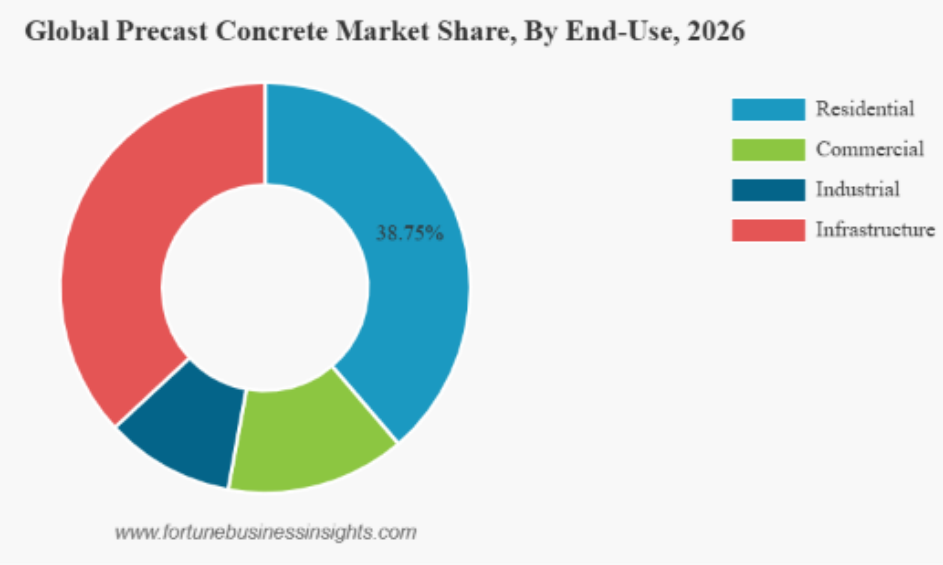
15. https://poundfield.com/bespoke-precast-concrete/box-culverts/

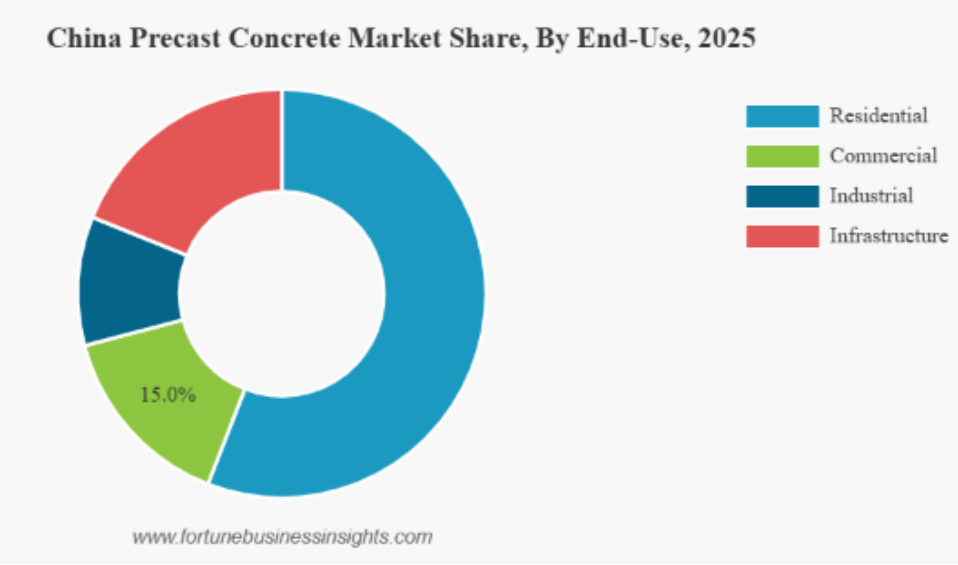
Dünyada Önüretimli Beton

- 2025 küresel pazar büyüklüğü: 160 Milyar USD
- 2026 küresel pazar büyüklüğü tahmini: 170 Milyar USD
- 2034 küresel pazar büyüklüğü tahmini: 278 Milyar USD (%6.3 Bileşik Büyüme Oranı)

- 2025 bölge bazında en büyük pazar payı: Asya-Pasifik (%39)

- 2025 ürün bazında en büyük pazar payı: Kolon-kiriş (çerçeve) sistemleri (%29)





20. https://www.fortunebusinessinsights.com/precast-concrete-market-103301

Ülkemizde Önüretimli Beton

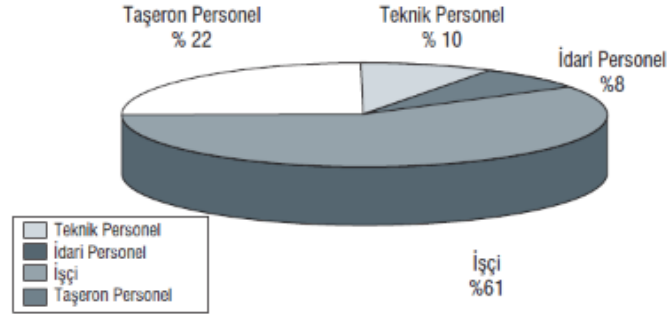
Beton Prefabrikasyon Sektörünün 2023 Yılı Profili

❑ Toplam Firma Sayısı	160
❑ TPB Üye Sayısı	42
❑ TPB Tesis Sayısı	62
❑ TPB İstihdamı	7.232 kişi
❑ Ortalama Tesis Başına İstihdam	117 işçi/tesis
❑ Toplam Prefabrike Beton Üretimi	2.030.688 m³
❑ TPB Üretimi ve Toplam Üretimdeki Payı	1.701.004 m³ (83.8%)
❑ TPB Kapasitesi	3.660.000 m³
❑ Kapasite Kullanımı	46.5%
❑ Ortalama Tesis Başına Üretim	27.436 m³
❑ Birim İstihdam Başına Üretim	235 m³/işçi
❑ TPB Üyelerinin Ürün Bazında Üretim Miktarları ve Dağılımı	
- Üstyapı	1.190.915 m³ (58.6%)
- Altyapı	300.165 m³ (14.8%)
- Çevre Düzeni	182.429 m³ (9.0%)
- SBD	27.495 m³ (1.4%)
TOPLAM	1.701.004 m³ (83.8%)
❑ Üyedışı Firmaların Ürün Bazında Üretim Miktarları ve Dağılımları	
- Üstyapı	320.494 m³ (15.8%)
- Altyapı	6.190 m³ (0.3%)
- Çevre Düzeni	1.000 m³ (0.0%)
- SBD	2.000 m³ (0.1%)
TOPLAM	329.684 m³ (16.2%)
❑ Beton Prefabrik Sektörünün Sanayi Yapılarındaki Payı	85,0%
TPB Üyelerinin Demir, Çimento Tüketimi Demir Çimento	 260.488 ton 670.099 ton

Prefabrike Beton Sanayi 2023 Yılı Toplam Üretimi

	Üyeler		Üye Olmayanlar		Toplam	
	miktar (m³)	Payı	miktar (m³)	Payı	miktar (m³)	Payı
Üstyapı	1.190.915	0,586	320.494	0,158	1.511.409	0,744
Altyapı	300.165	0,148	6.190	0,003	306.355	0,151
Çevre Düzeni	182.429	0,090	1.000	0,000	183.429	0,090
SBD	27.495	0,014	2.000	0,001	29.495	0,015
Toplam	1.701.004	0,838	329.684	0,162	2.030.688	1,000

TPB Üyeleri İşgücü Dağılımı



2023 Yılında Sektördeki Firmalar

Kayıtlı toplam firma sayısı..... : 160

TPB Üyeleri..... : 42

Üye Dışı Firmalar

Bilgi veren..... : 15

Toplam..... : 57

Birlik Üyesi Firmalar

Firma sayısı..... : 42

Tesis sayısı..... : 62

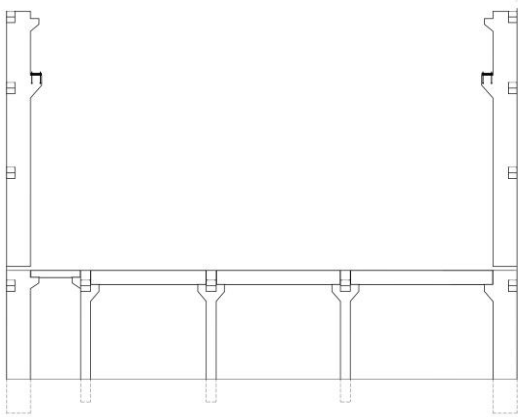
Toplam kapasite ..... : 3.660.000 m³

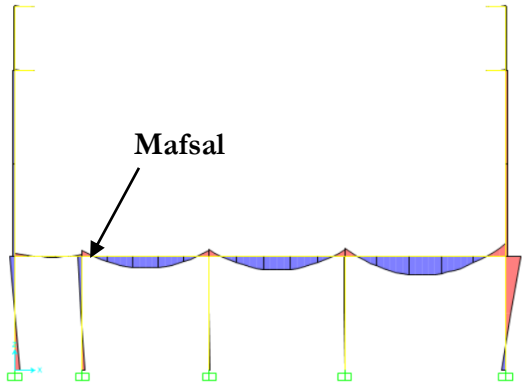
İstihdam..... : 7.232 kişi (Sadece Üyeler)

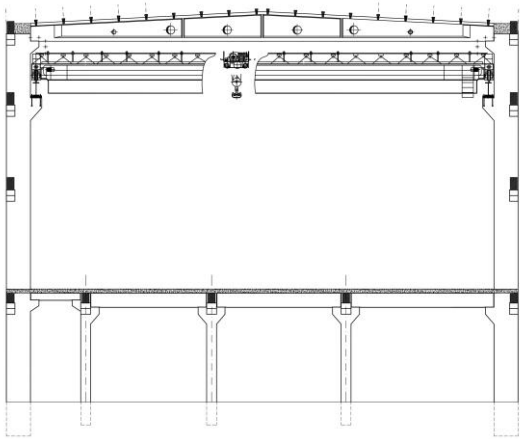
21. Rakamlarla Prefabrike Beton 2023. Türkiye Prefabrik Birliği Sektör Raporu. Ağustos 2024.

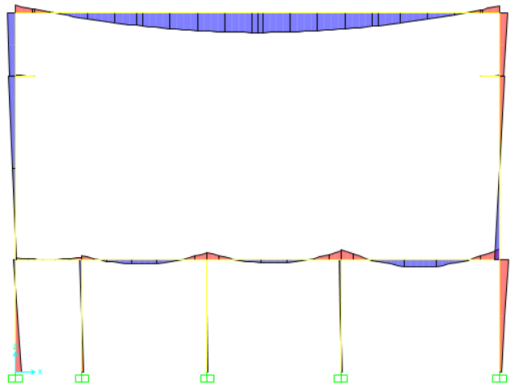
Önüretimli Betona Özgü Modelleme Prensipleri

Aşamalı Yapım

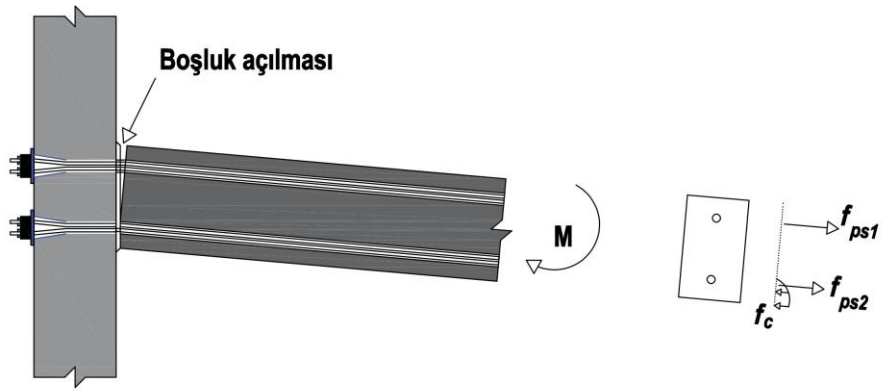


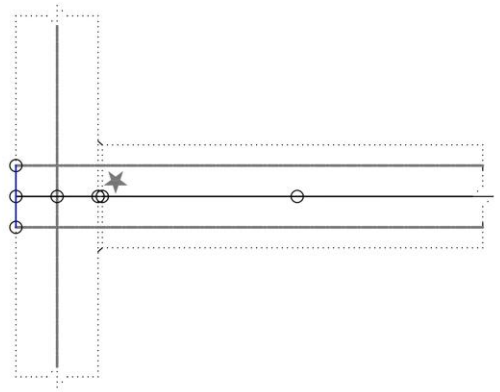






Ardgermeli Binalarda Boşluk Açılması





Rijit link

Doğrusal olmayan fiber eleman

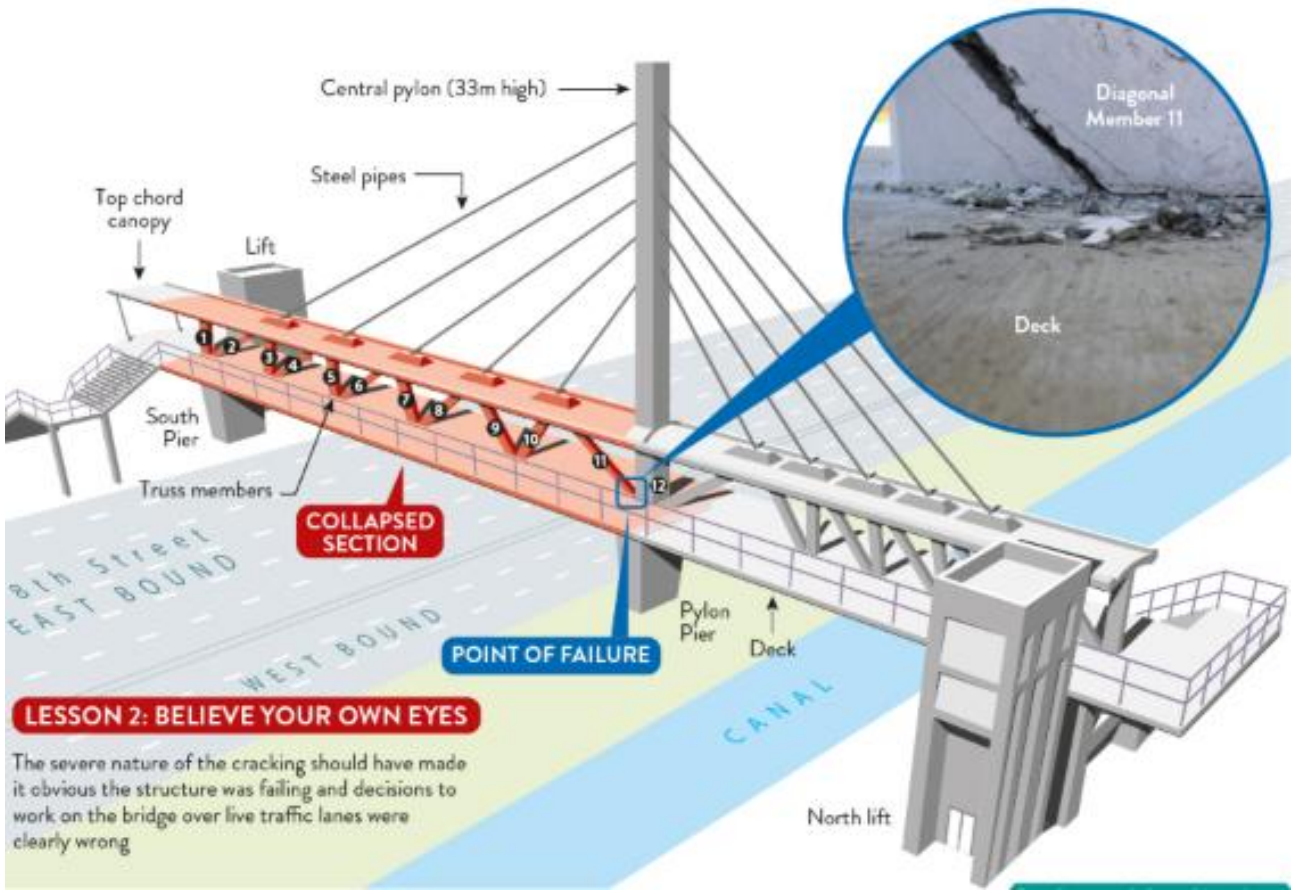
Beton çekme rijitliğinin 0 olduğu doğrusal olmayan fiber eleman

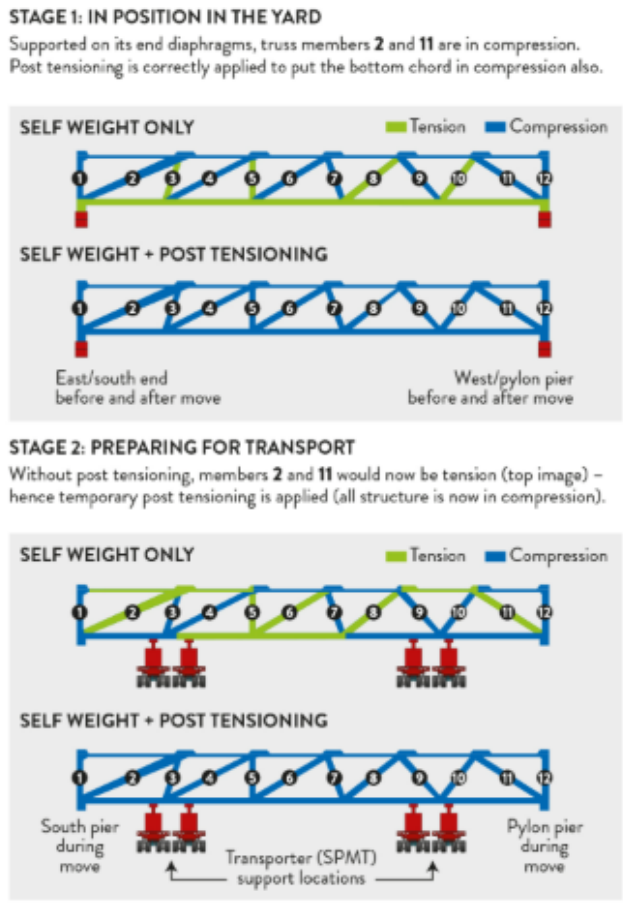
Aşamalı Yapım: 2018 Florida International University Köprüsü Olayı



23. https://www.newcivilengineer.com/latest/fiu-bridge-collapse-lessons-learnt-three-years-since-florida-tragedy-15-03-2021/

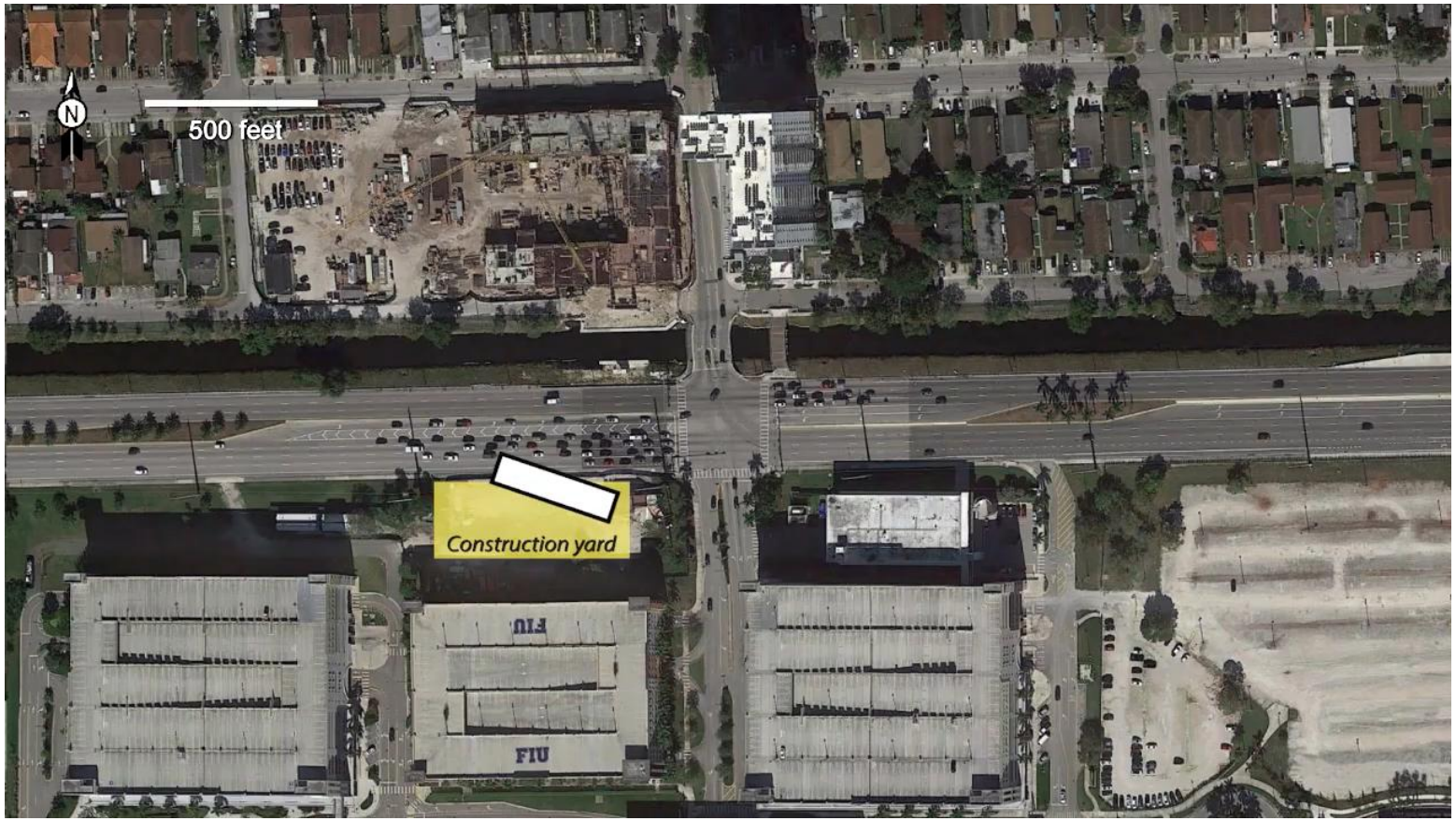
Aşamalı Yapım: 2018 Florida International University Köprüsü Olayı





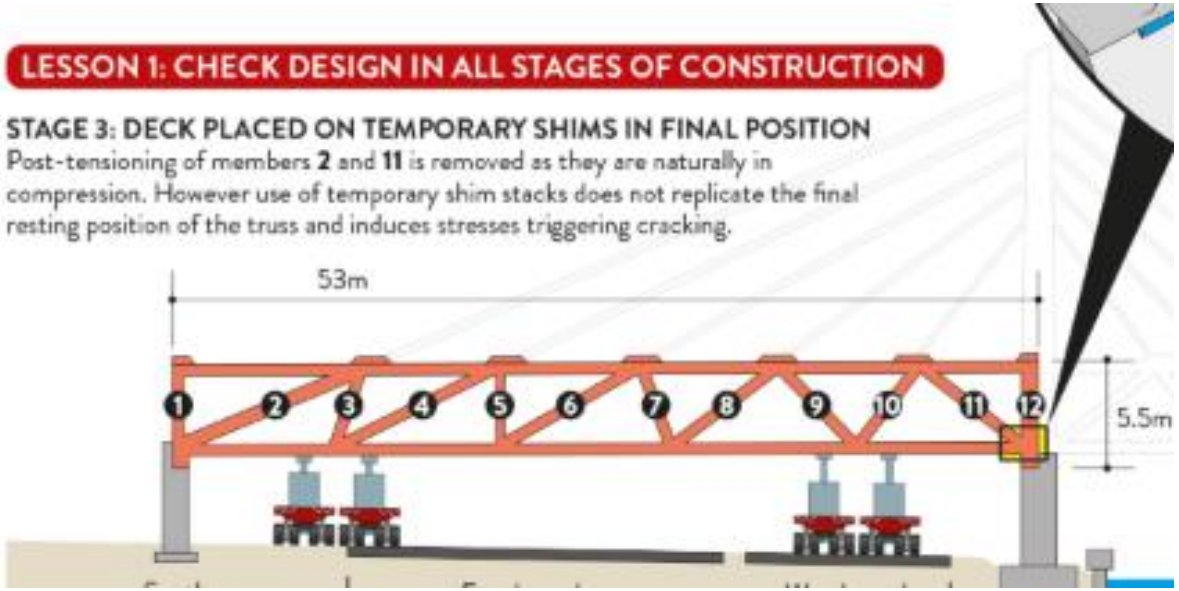
23. https://www.newcivilengineer.com/latest/fiu-bridge-collapse-lessons-learnt-three-years-since-florida-tragedy-15-03-2021/

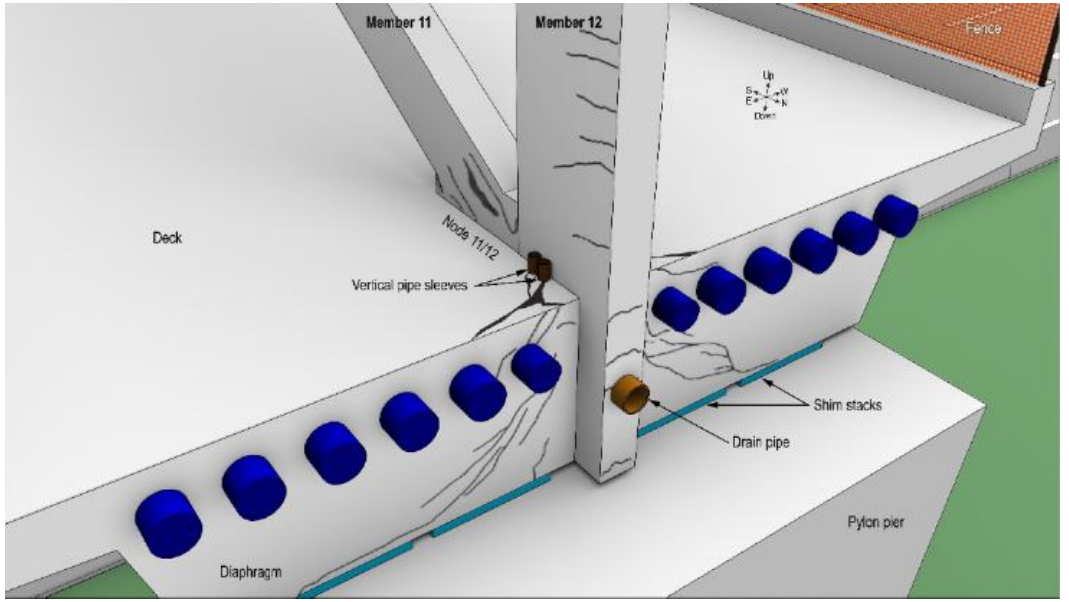
Aşamalı Yapım: 2018 Florida International University Köprüsü Olayı



24. https://www.youtube.com/watch?v=hBjntrebxj8

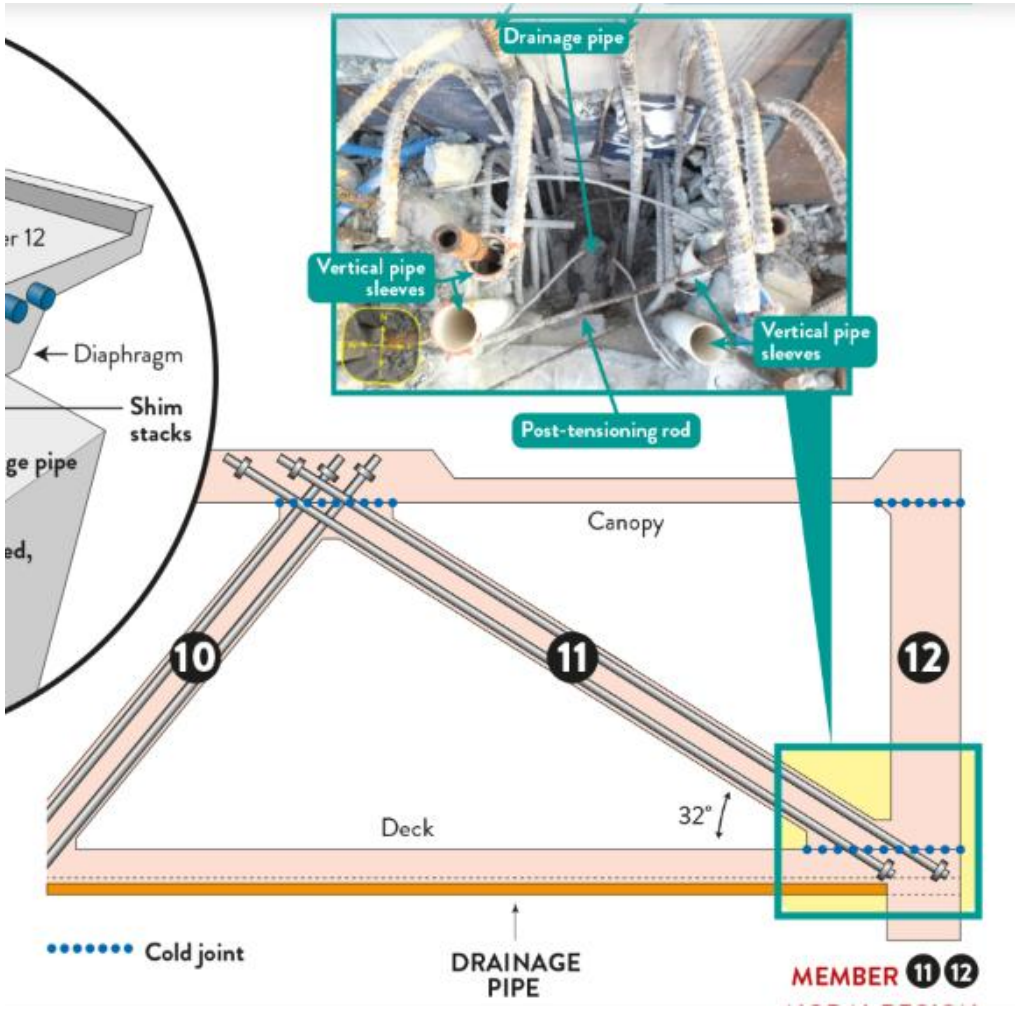
Aşamalı Yapım: 2018 Florida International University Köprüsü Olayı





25. National Transportation Safety Board. (2019). Pedestrian bridge collapse over SW 8th Street, Miami, Florida, March 15, 2018 (Highway Accident Report No. NTSB/HAR-19/02).
23. https://www.newcivilengineer.com/latest/fiu-bridge-collapse-lessons-learnt-three-years-since-florida-tragedy-15-03-2021/

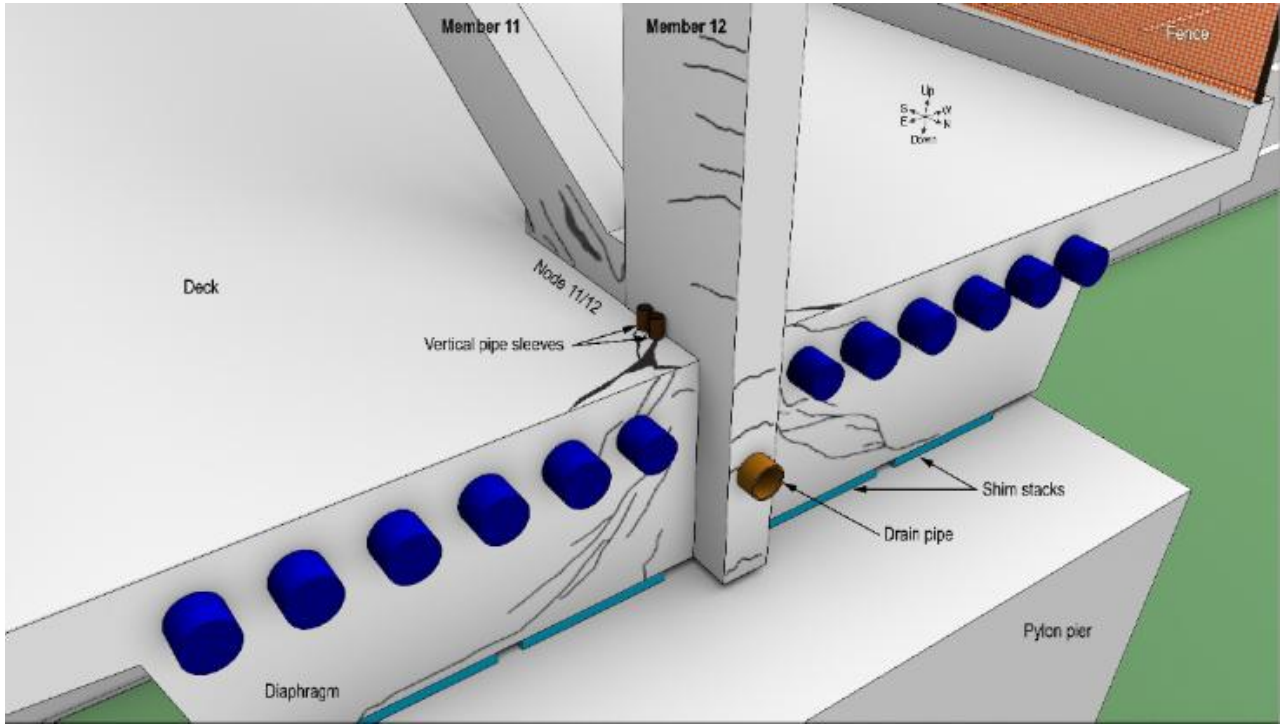
Aşamalı Yapım: 2018 Florida International University Köprüsü Olayı



23. https://www.newcivilengineer.com/latest/fiu-bridge-collapse-lessons-learnt-three-years-since-florida-tragedy-15-03-2021/

Aşamalı Yapım: 2018 Florida International University Köprüsü Olayı





25. National Transportation Safety Board. (2019). Pedestrian bridge collapse over SW 8th Street, Miami, Florida, March 15, 2018 (Highway Accident Report No. NTSB/HAR-19/02).
23. https://www.newcivilengineer.com/latest/fiu-bridge-collapse-lessons-learnt-three-years-since-florida-tragedy-15-03-2021/

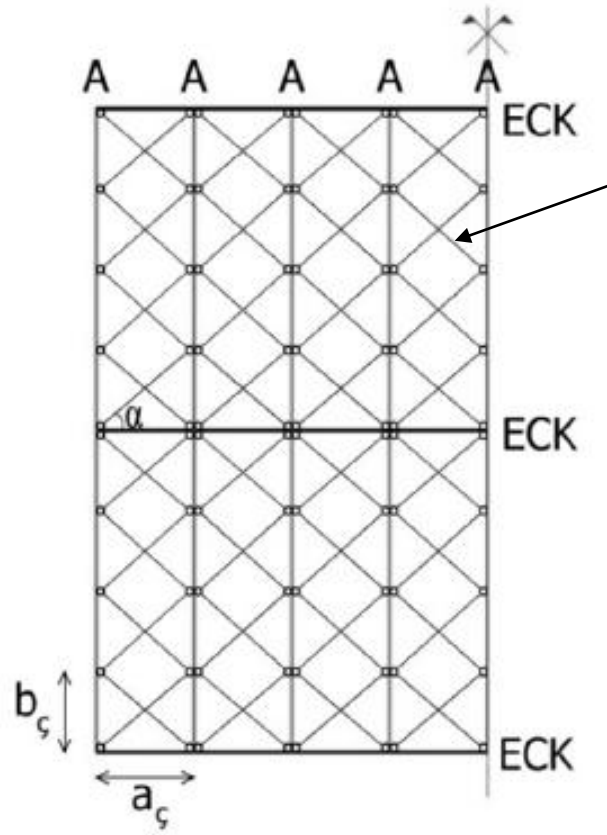
Aşamalı Yapım: 2018 Florida International University Köprüsü Olayı



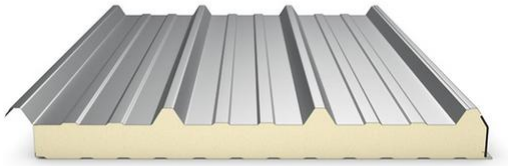
24 https://www.youtube.com/watch?v=hBjntrebxj8

Önüretimli Betona Özgü Modelleme Prensipleri

Çatı Düzlemi Diyaframı



Trapez sac levha ya da sandviç panel türü çatı örtü malzemesini temsil eden, iki ucu mafsallı elastik çapraz çiftleri



$(EA)_e = 3.5t$

t = örtü malzemesi sac kalınlığı

EÇK = Eğimli çatı kirişi
A = Aşık
$a_ç$ = Aşık aralığı ≤ 2.00m
$\alpha = 45^o$

26. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. (2018). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği.

Önüretimli Betonda Depreme Karşı Tasarım Yaklaşımı

Deprem Yer Hareketi Düzeyi	Normal Performans Hedefi	Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Tasarım Yaklaşımı
Yeni Binalar	DTS=1,1a,2,2a,3,3a,4,4a		DTS=1a,2a	
DD-3 *(50 yılda %50)*	-	-	SH	ŞGDT
DD-2 *(50 yılda %10)*	KH	DGT*	KH	DGT
DD-1 *(50 yılda %2)*	-	-	KH	ŞGDT
Mevcut Binalar	DTS=1,2,3,3a,4,4,a		DTS=1a,2a	
DD-3 *(50 yılda %50)*	-	-	SH	ŞGDT
DD-2 *(50 yılda %10)*	KH	ŞGDT	-	-
DD-1 *(50 yılda %2)*	-	-	KH	ŞGDT

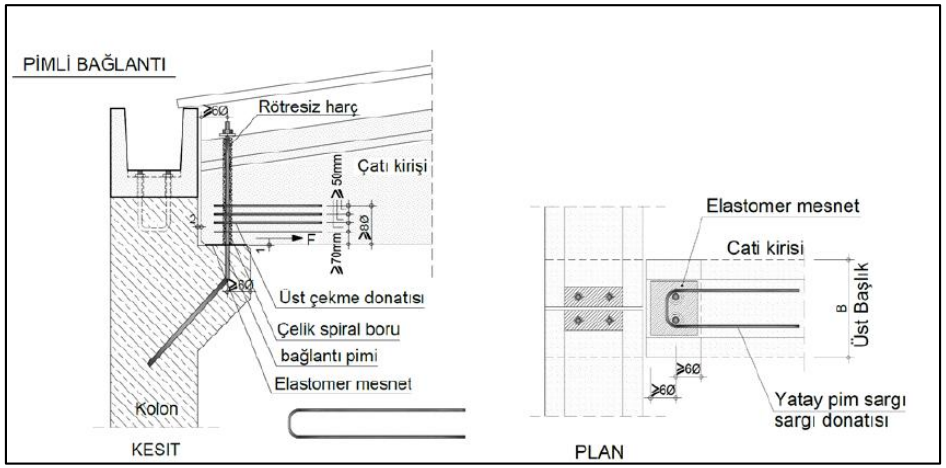
DGT=Dayanıma Göre Tasarım, ŞGDT=Şekildeğiştirmeye Göre Tasarım, DTS=Deprem Tasarım Sınıfı, SH=Sınırlı Hasar, KH=Kontrollü Hasar

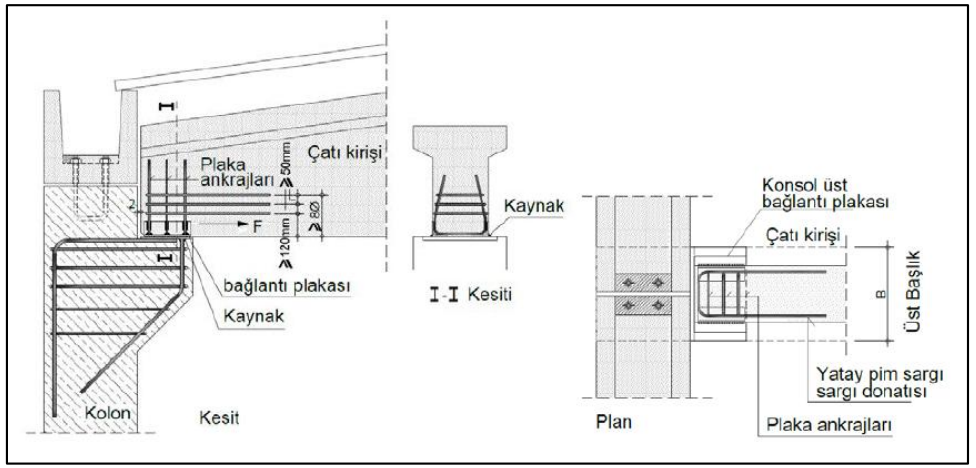
*Ardgermeli binaların kesin tasarımı ŞGDT ile yapılır.

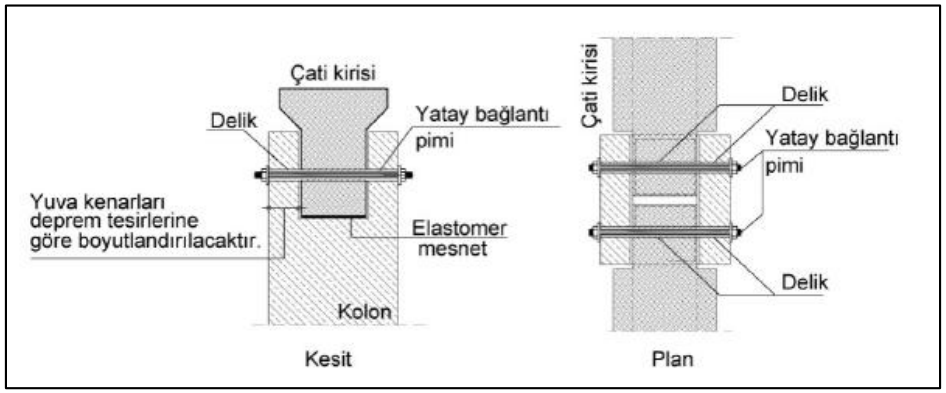
26. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. (2018). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği.

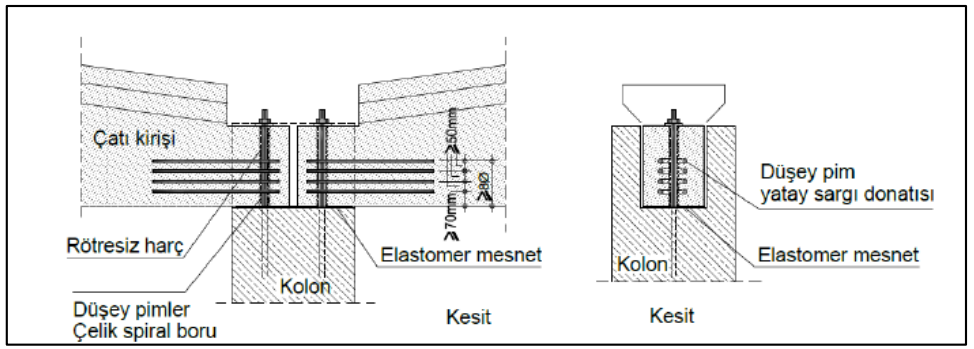
Birleşimler, R ve D Katsayıları

MFB (Mafsallı) Birleşimler









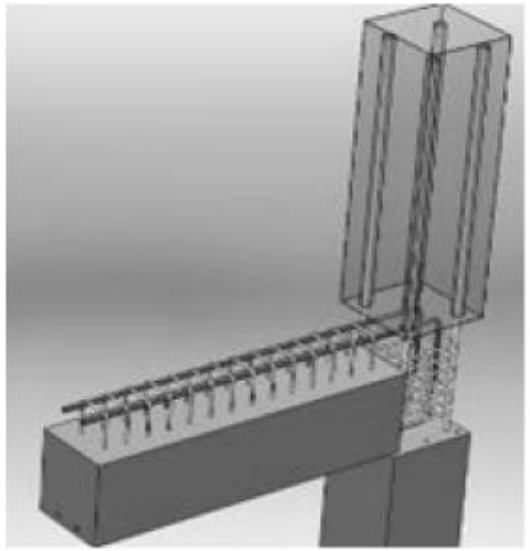
$$R = 3,\ D = 2,\ H_N \leq 12.0\text{m}$$

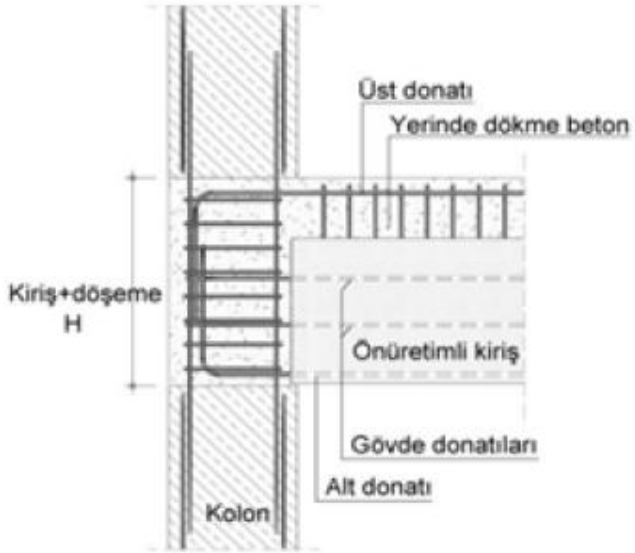
26. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. (2018). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği.

Birleşimler, R ve D Katsayıları

MAB1 (Moment Aktaran Tip 1) Birleşim

- 'Islak' birleşim
- Yerinde dökme birleşime eşdeğer davranış
- Pozitif ve negatif moment yerinde dökme beton ve süreklilik donatısı tarafından karşılanır



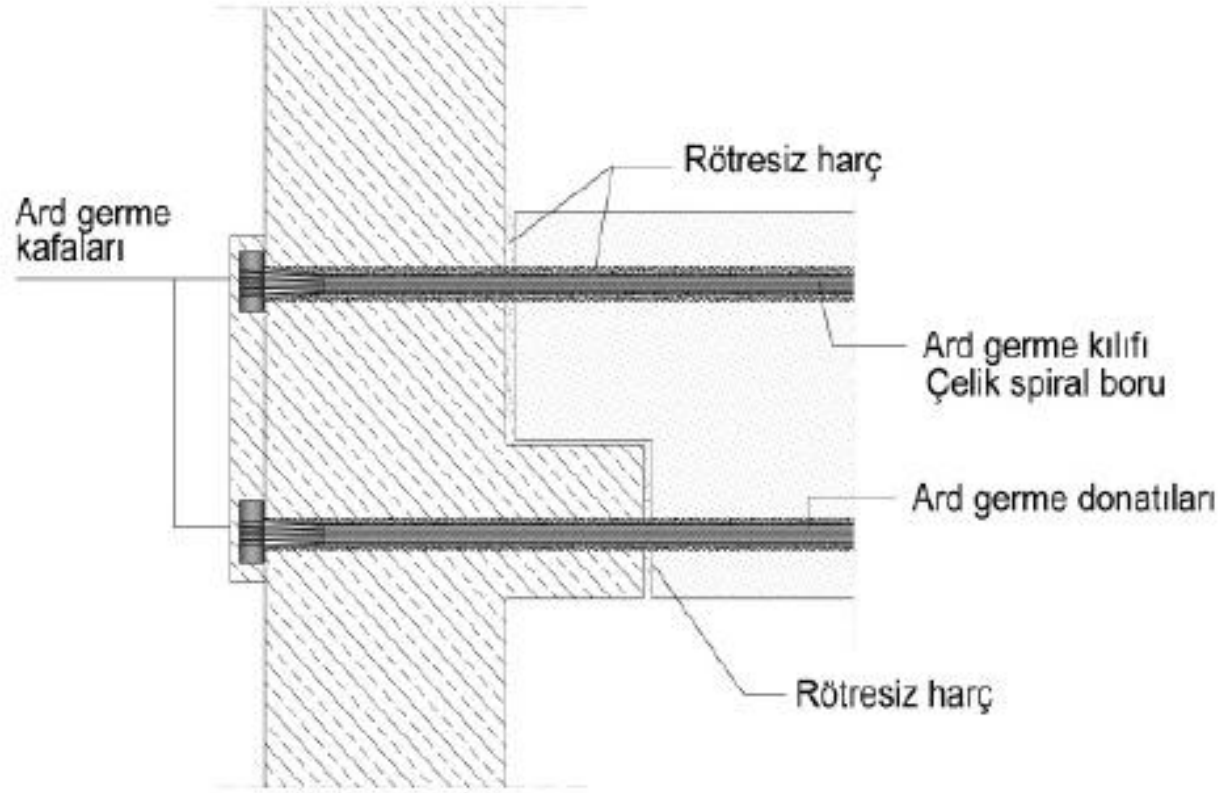


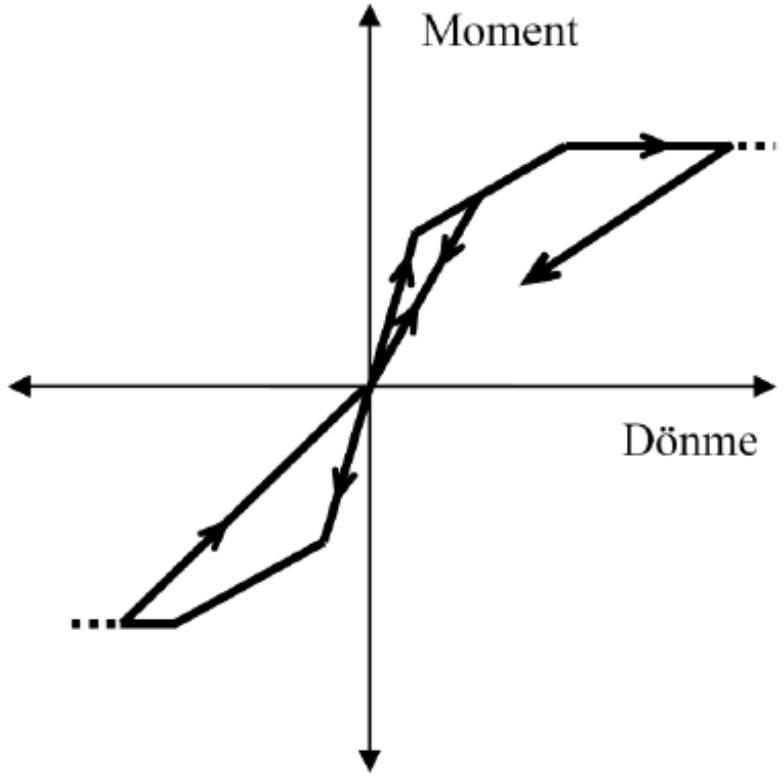
26. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. (2018). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği.

Birleşimler, R ve D Katsayıları

MAB2 (Moment Aktaran Tip 2) Birleşim

- Ardgermeli birleşim





26. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. (2018). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği.

Birleşimler, R ve D Katsayıları

MAB1 ve MAB2 Birleşimler

Bina Taşıyıcı Sistemi	*R*	*D*	BYS Sınırı
SDY çerçeveler	7	2.5	BYS ≥ 4
SDY çerçeveler + SDY boşluklu perdeler	7	2.5	BYS ≥ 2
SDY çerçeveler + SDY boşluksuz perdeler	6	2.5	BYS ≥ 2
SDS çerçeveler + SDY perdeler	5	2.5	BYS ≥ 5
SDS çerçeveler	3	2	BYS = 8
SDS çerçeveler + SDS perdeler	3	2	BYS ≥ 7

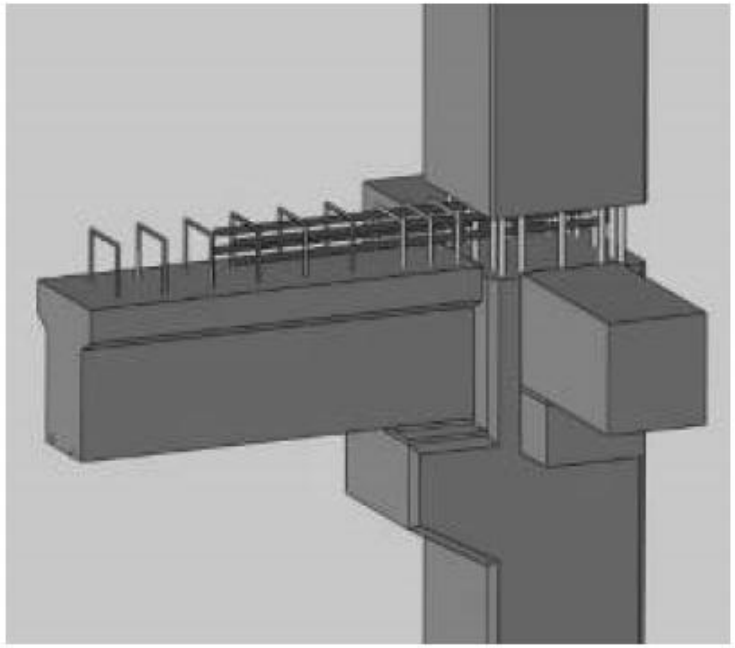
SDY = Süneklik düzeyi yüksek
SDS = Süneklik düzeyi sınırlı

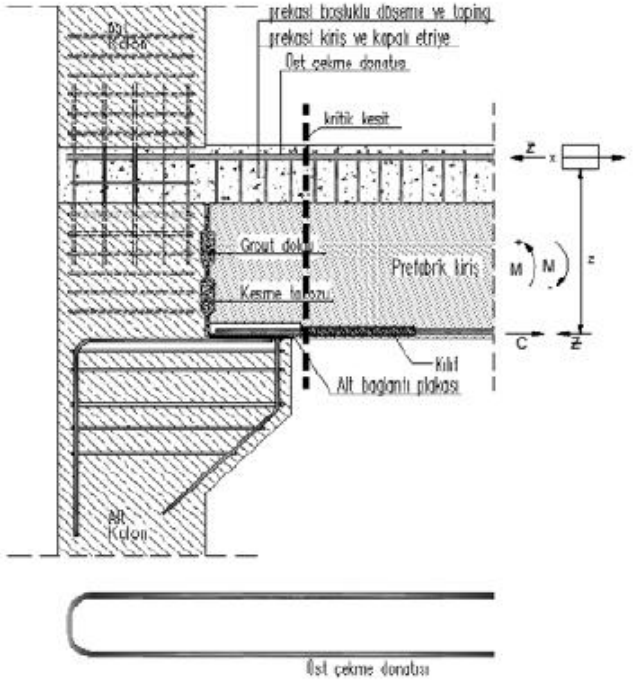
26. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. (2018). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği.

Birleşimler, R ve D Katsayıları

MAB3 (Moment Aktaran Tip 3) Birleşim

- Üstte ‘ıslak’, altta kaynaklı birleşim
- Yerinde dökme birleşime eşdeğer davranış
- Pozitif moment kaynak, negatif moment süreklilik donatısı tarafından karşılanır



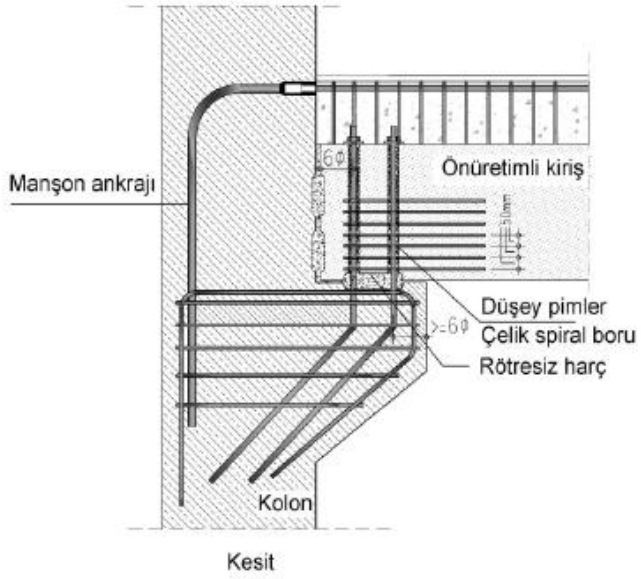


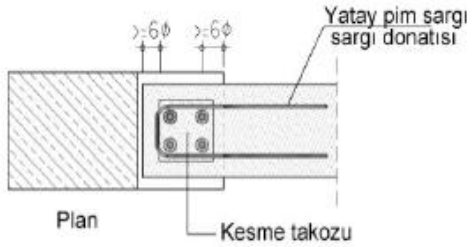
26. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. (2018). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği.

Birleşimler, R ve D Katsayıları

MAB4 (Moment Aktaran Tip 4) Birleşim

- Manşonlu-pimli birleşim
- Yerinde dökme birleşime eşdeğer davranış
- Pozitif moment pim-kayma kapasitesi ile, negatif moment süreklilik donatısı/manşon tarafından karşılanır





26. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. (2018). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği.

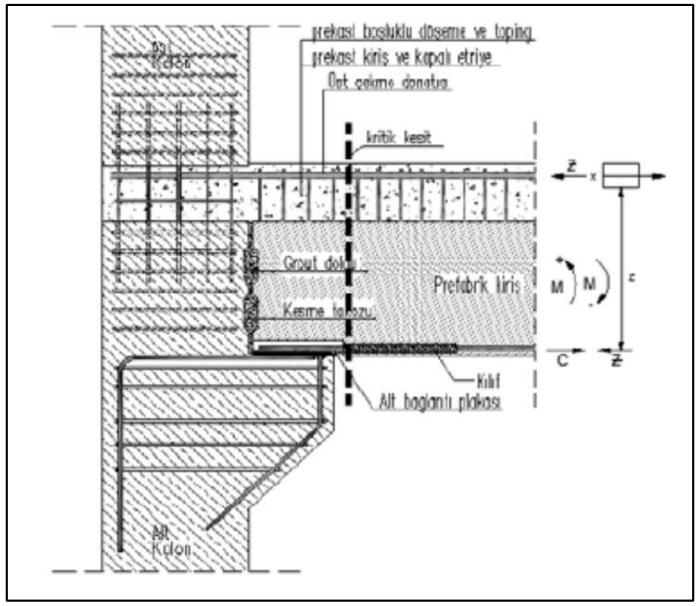
Birleşimler, R ve D Katsayıları

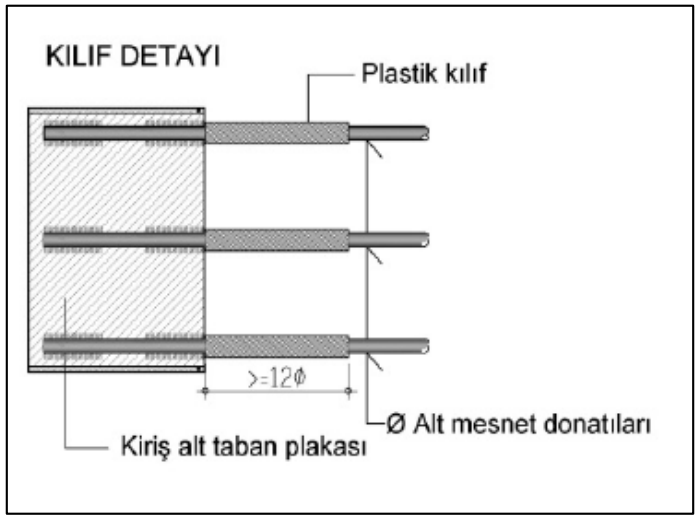
MAB3 ve MAB4 Birleşimler

Bina Taşıyıcı Sistemi	*R*	*D*	BYS Sınırı
SDY çerçeveler	5	2.5	BYS ≥ 6
SDY çerçeveler + SDY boşluklu perdeler	5	2.5	BYS ≥ 6
SDY çerçeveler + SDY boşluksuz perdeler	5	2.5	BYS ≥ 6
SDS çerçeveler + SDY perdeler	4	2.5	BYS ≥ 6
SDS çerçeveler	3	2	BYS = 8
SDS çerçeveler + SDS perdeler	3	2	BYS ≥ 7

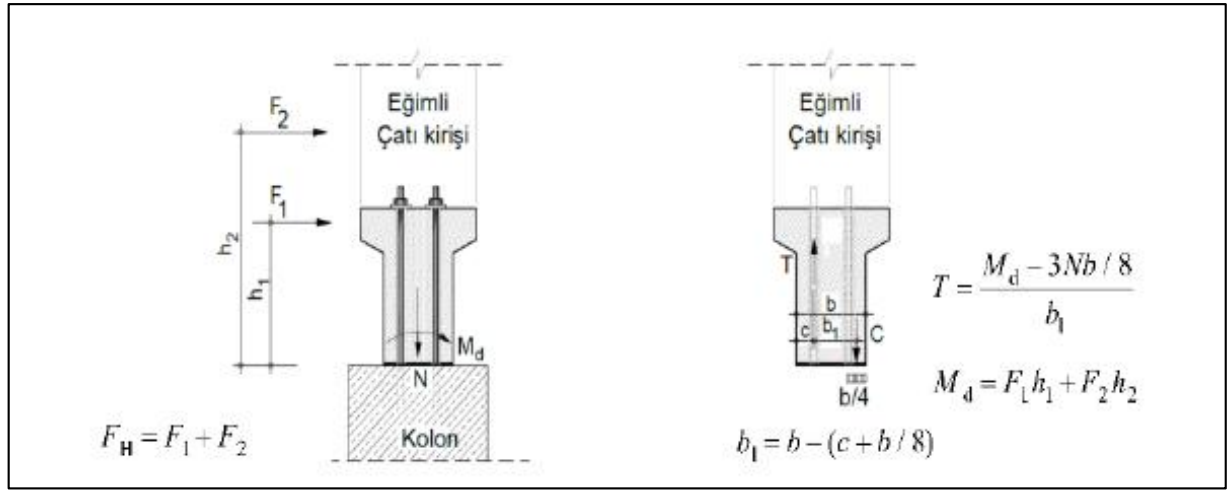
SDY = Süneklik düzeyi yüksek
SDS = Süneklik düzeyi sınırlı

26. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. (2018). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği.





Kapasite Tasarımı



Kolon ve kirişlerin kesme güvenliği ile ilgili kapasite davranış kontrollerine ek olarak, gevrek davranış göstermesi beklenen durumlar için deprem kuvvetleri *D* katsayısı ile çarpılır.

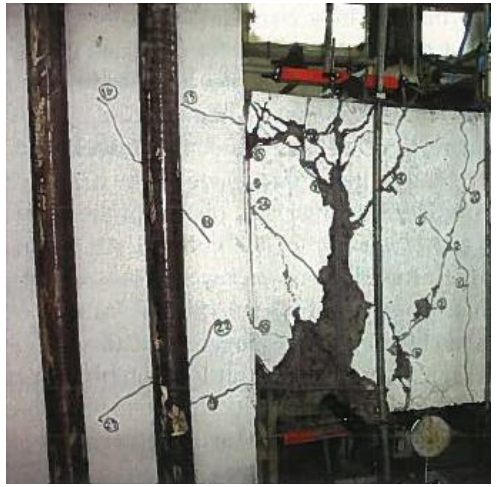
Örnekler:

- Mafsallı bağlantıda pim çekme kuvvetleri
- MAB3 bağlantıda donatı-plaka ve plaka-plaka kaynak hesabı

26. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. (2018). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği.

Düşük Hasarlı Tasarım

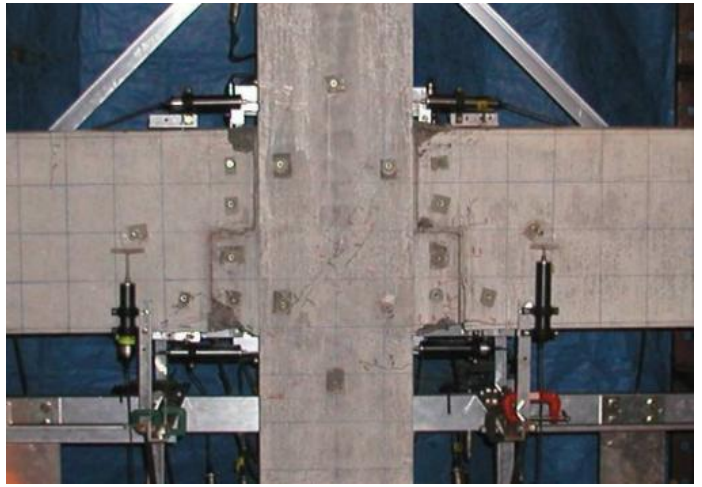
Hasar ← Süneklik → Dayanım



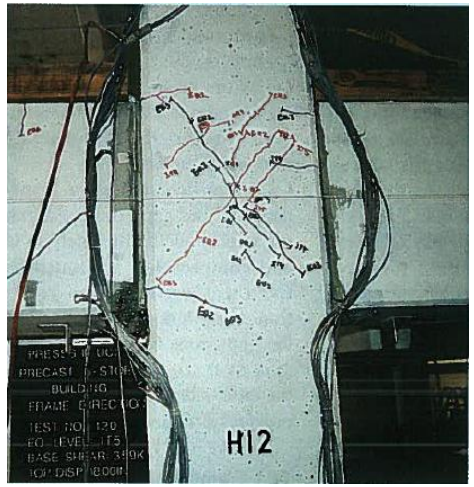
Konvansiyonel Monolitik Bağlantı (%4.00 öteleme) [27]



'Emülatif' (Eşdeğer) Prekast Bağlantı (%3.50 öteleme) [27]



Tam ardgermeli prekast bağlantı (%4.00 öteleme) [28]

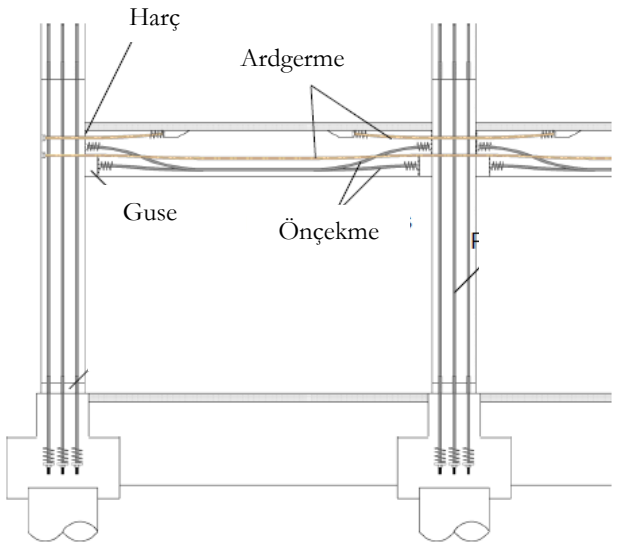


Hibrit ardgermeli prekast bağlantı (%4.00 öteleme) [29]

27. Ertas E, Sevket O, Ozturan T (2006) "Ductile Connections in Precast Concrete Moment Resisting Frames" PCI Journal, Vol 51, Issue 3, pp 66-76
28. Wada et al. (2006) "Study on Damage Controlled Precast-Prestressed Concrete Structure with P/C Mild-Press-Joint." Fib Proceedings of the 2nd International Congress. Naples, Italy.
29. Priestley M.J.N, Sritharan S, Conley J.R. ve S. Pampanin. (1999) "Preliminary Results and Conlusions From the PRESSS Five-Story Precast Concrete Test Building". PCI Journal. Vol 44. No 6. pp 42-67.

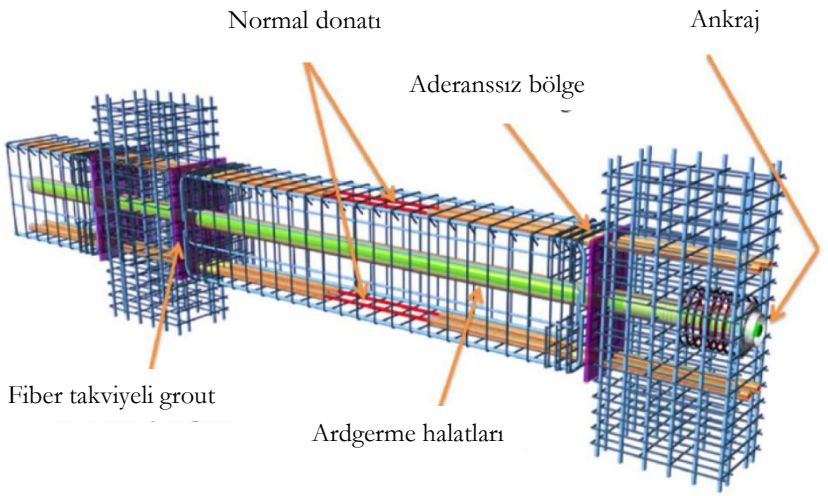
Düşük Hasarlı Tasarım

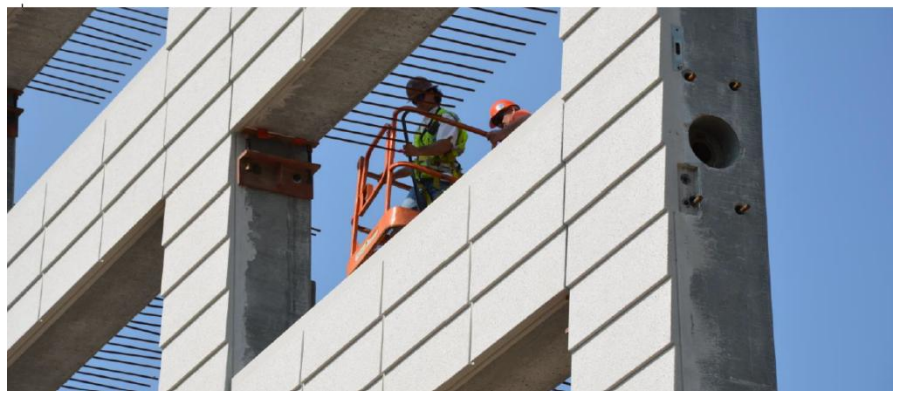
Tam Ardgermeli Bağlantı [28]





Hibrit Bağlantı [30]

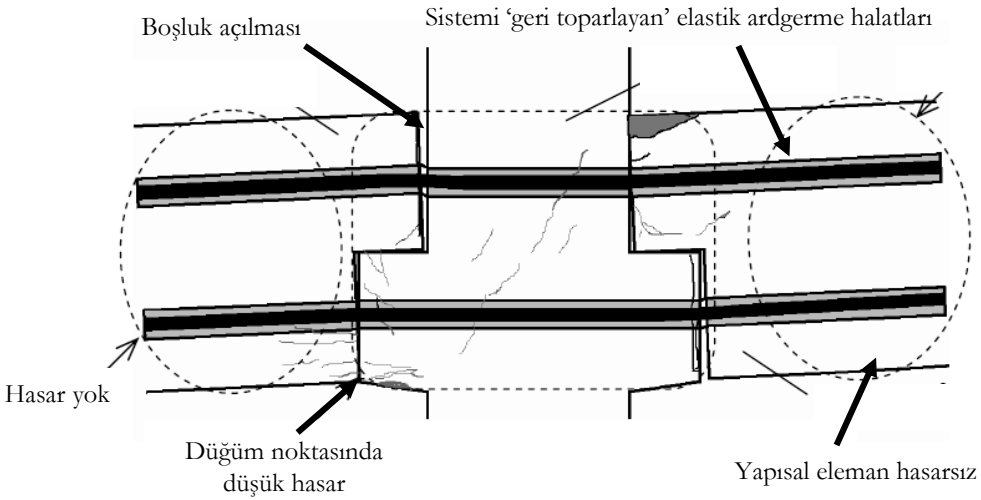




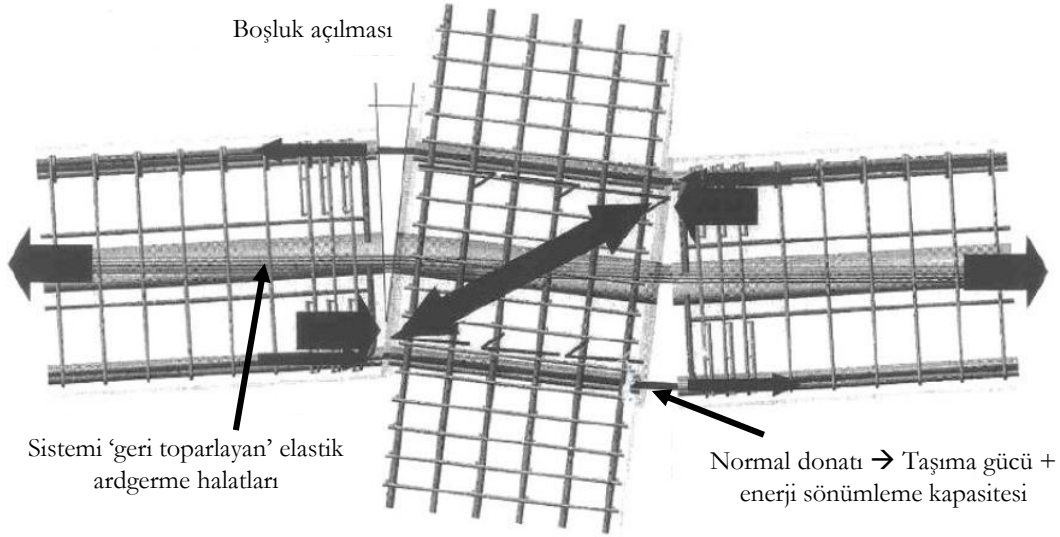
28. Wada et al. (2006) "Study on Damage Controlled Precast-Prestressed Concrete Structure with P/C Mild-Press-Joint." Fib Proceedings of the 2nd International Congress. Naples, Italy.
30. Clark Pacific Hibrit Moment Aktaran Çerçeve Kataloğu (Clark Pacific Precast Hybrid Moment Frame System Description)

Düşük Hasarlı Tasarım

Tam Ardgermeli Bağlantı [28]



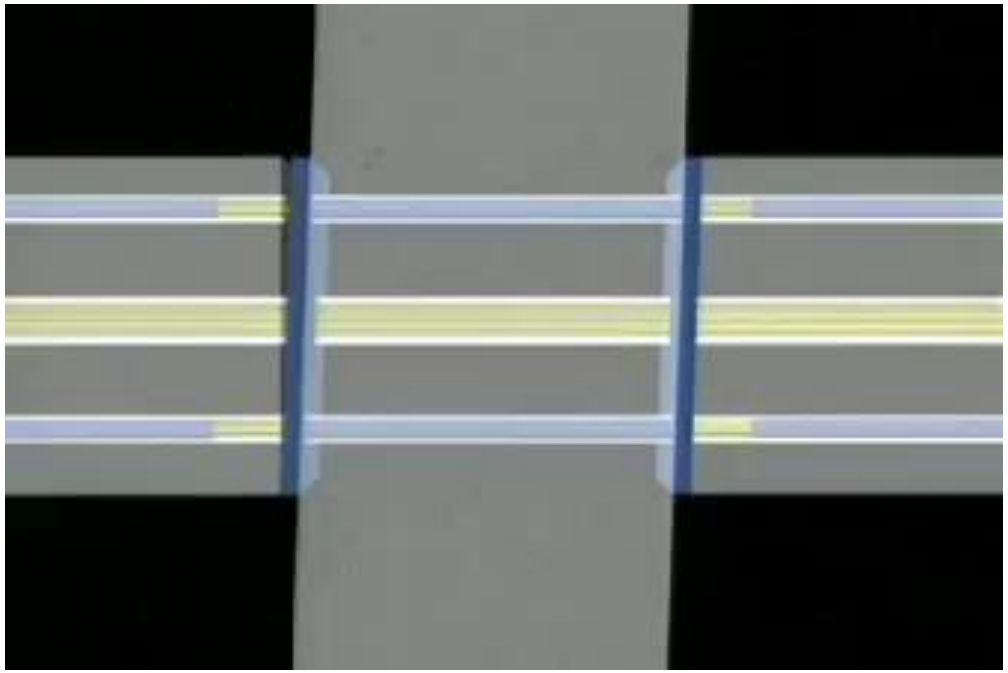
Hibrit Bağlantı [30]



28. Wada et al. (2006) "Study on Damage Controlled Precast-Prestressed Concrete Structure with P/C Mild-Press-Joint." Fib Proceedings of the 2nd International Congress. Naples, Italy.
30. Clark Pacific Hibrit Moment Aktaran Çerçeve Kataloğu (Clark Pacific Precast Hybrid Moment Frame System Description)

Düşük Hasarlı Tasarım

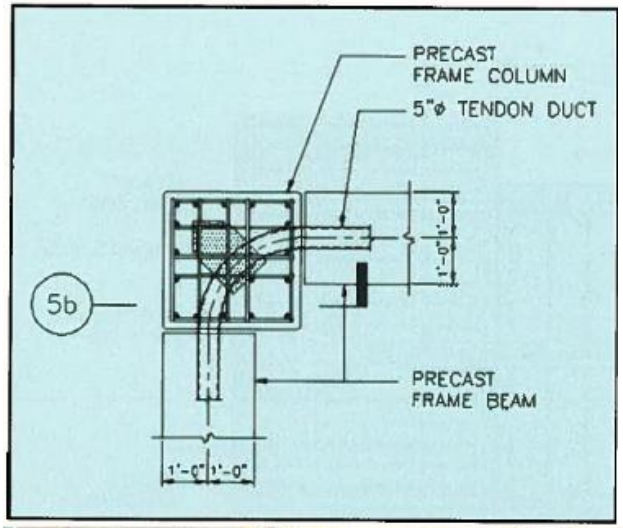






31. University of California San Diego Dijital Kütüphanesi

Düşük Hasarlı Tasarım – Paramount Binası

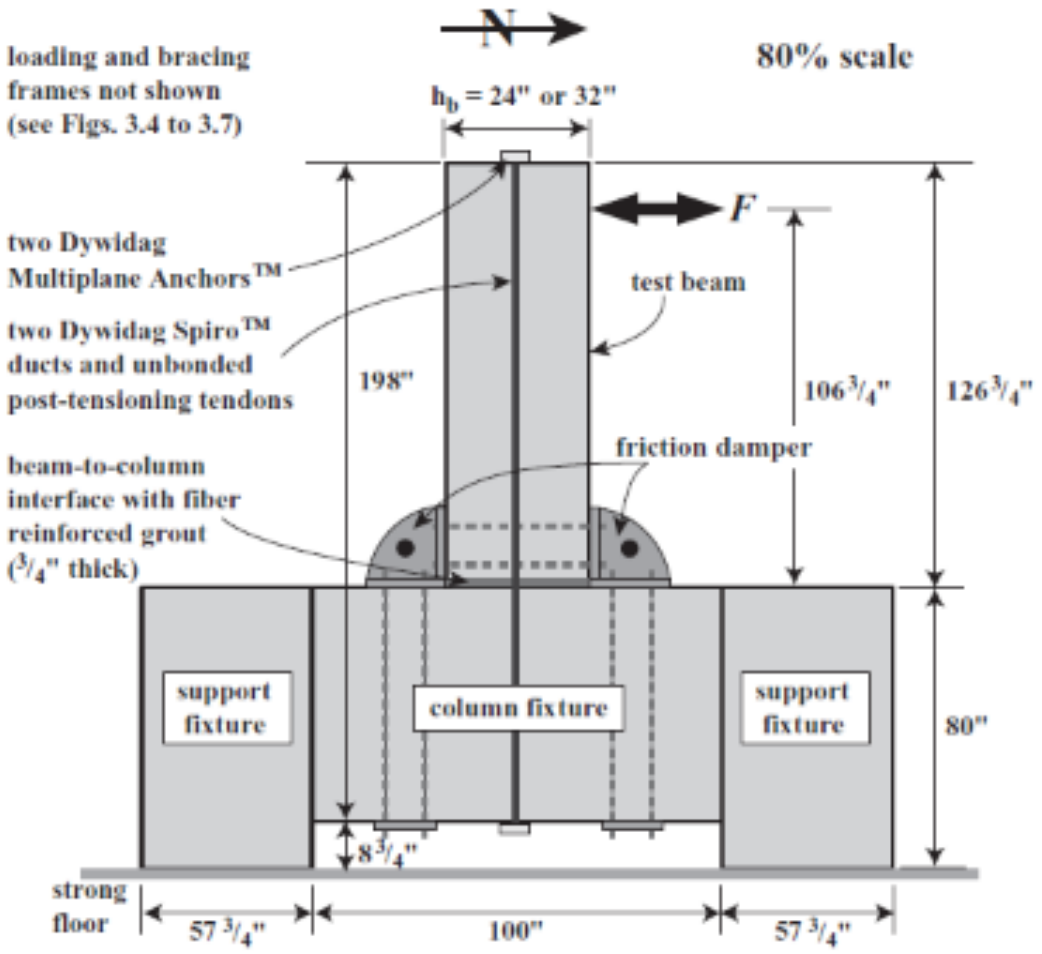


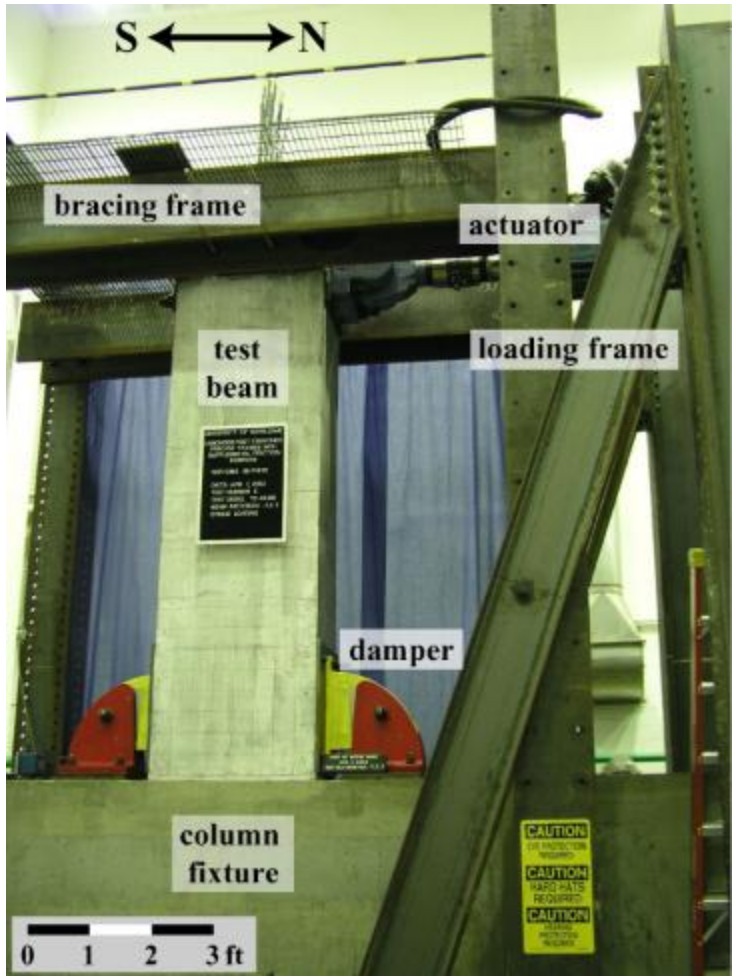




32. Englekirk, R. (2002) "Design-Construction of the Paramount: 1 39-Story Precast Prestressed Apartment Building". PCI Journal. Vol 47. No 4. pp 56-71

Düşük Hasarlı Tasarım





33. Morgen B, Y Kurama. (2007) "Friction-Damped Unbonded Post-tensioned Precast Concrete Moment Frame Structures for Seismic Regions". Structural Engineering Research Report. University of Notre Dame

Düşük Hasarlı Tasarım



Deney öncesi



±%4.9 göreli öteleme sonrası

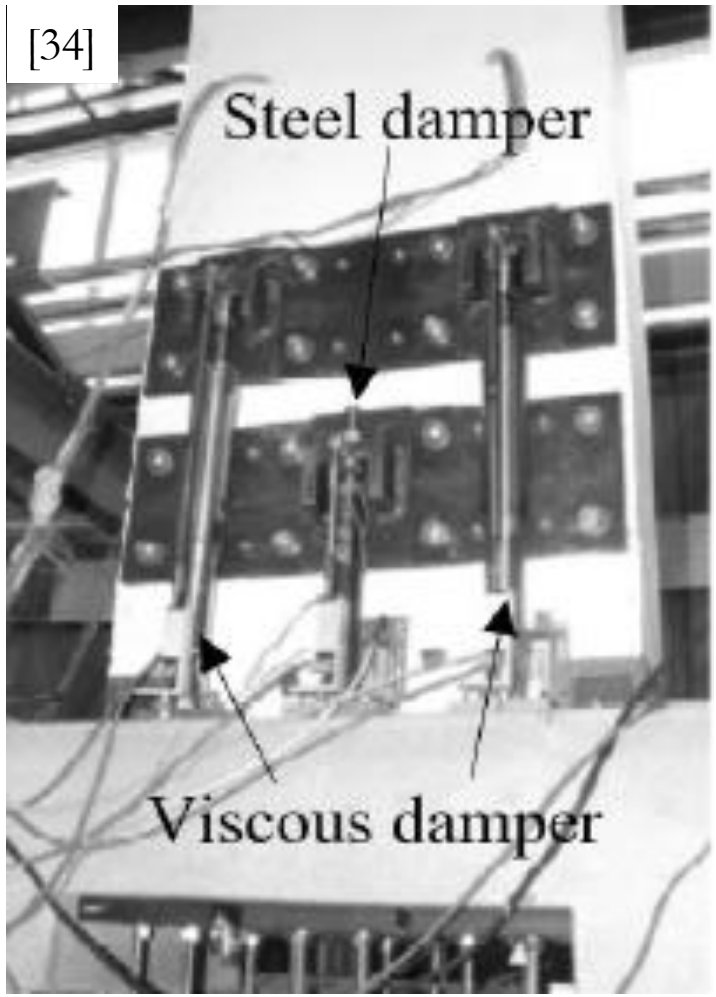
33. Morgen B, Y Kurama. (2007) "Friction-Damped Unbonded Post-tensioned Precast Concrete Moment Frame Structures for Seismic Regions". Structural Engineering Research Report. University of Notre Dame

Düşük Hasarlı Tasarım – Enerji Sönümleyiciler

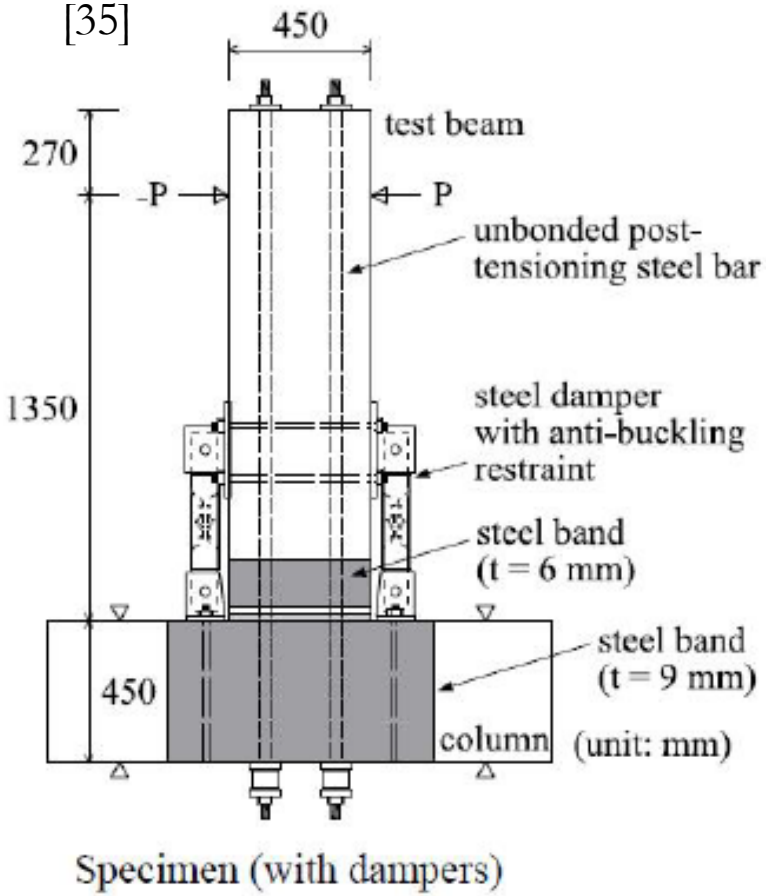
[33]



[34]

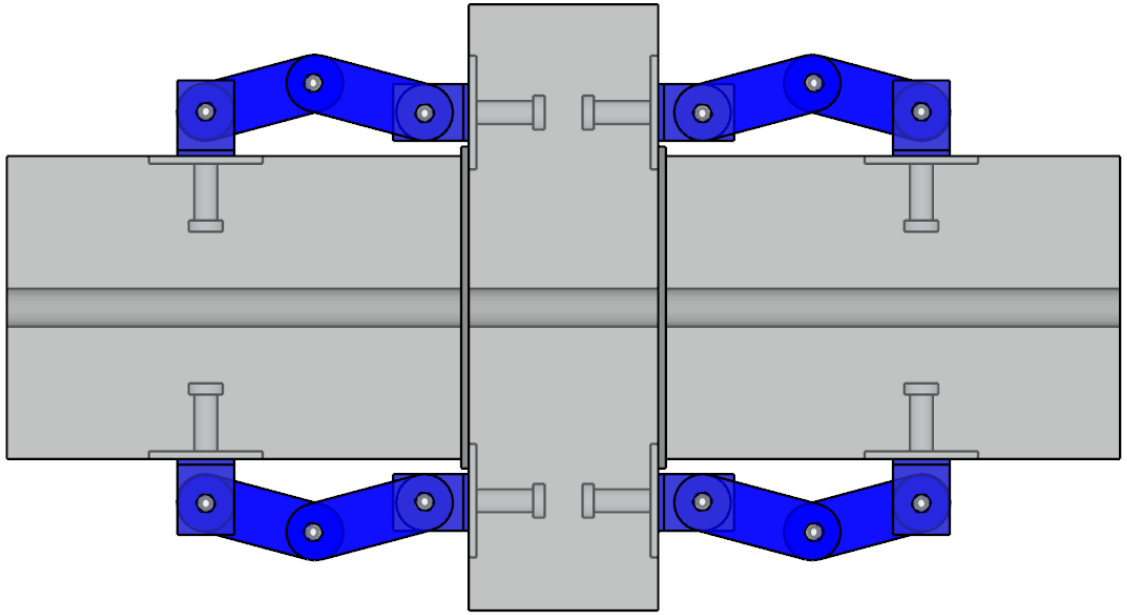


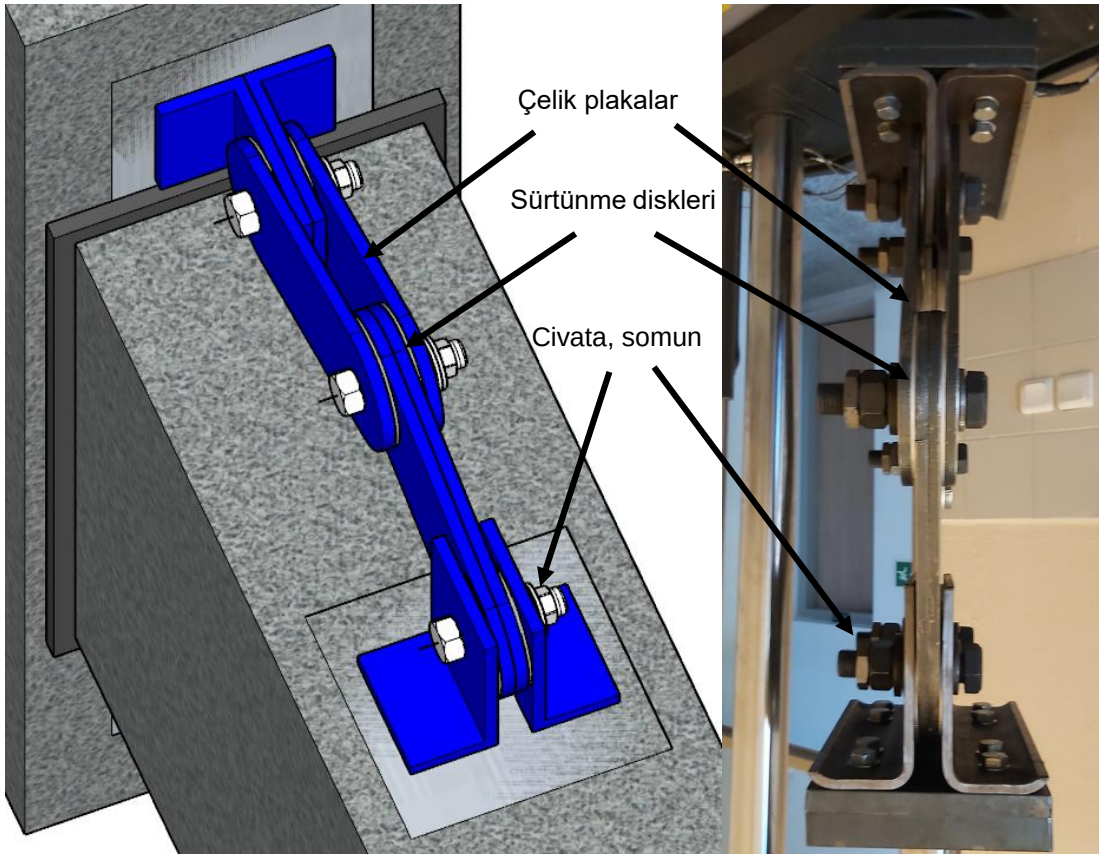
[35]



33. Morgen B, Y Kurama. (2007) "Friction-Damped Unbonded Post-tensioned Precast Concrete Moment Frame Structures for Seismic Regions". Structural Engineering Research Report. University of Notre Dame.
34. Marriot D, S Pampanin, A Palermo ve D Bull. (2008) "Shake-Table Testing of Hybrid Post-Tensioned Precast Wall Systems with Alternative Dissipating Solutions". Proceedings of the 14th Conference on Earthquake Engineering. Beijing, China.
35. Koshikawa T, H Kadowaki ve M Matsumora. (2012) "Energy Dissipation Efficiency of Unbonded Post-Tensioned Precast Concrete Beam-Column Connections with Beam-End Dampers". Proceedings of the 15th World Conference on Earthquake Engineering. Lisbon, Portugal.

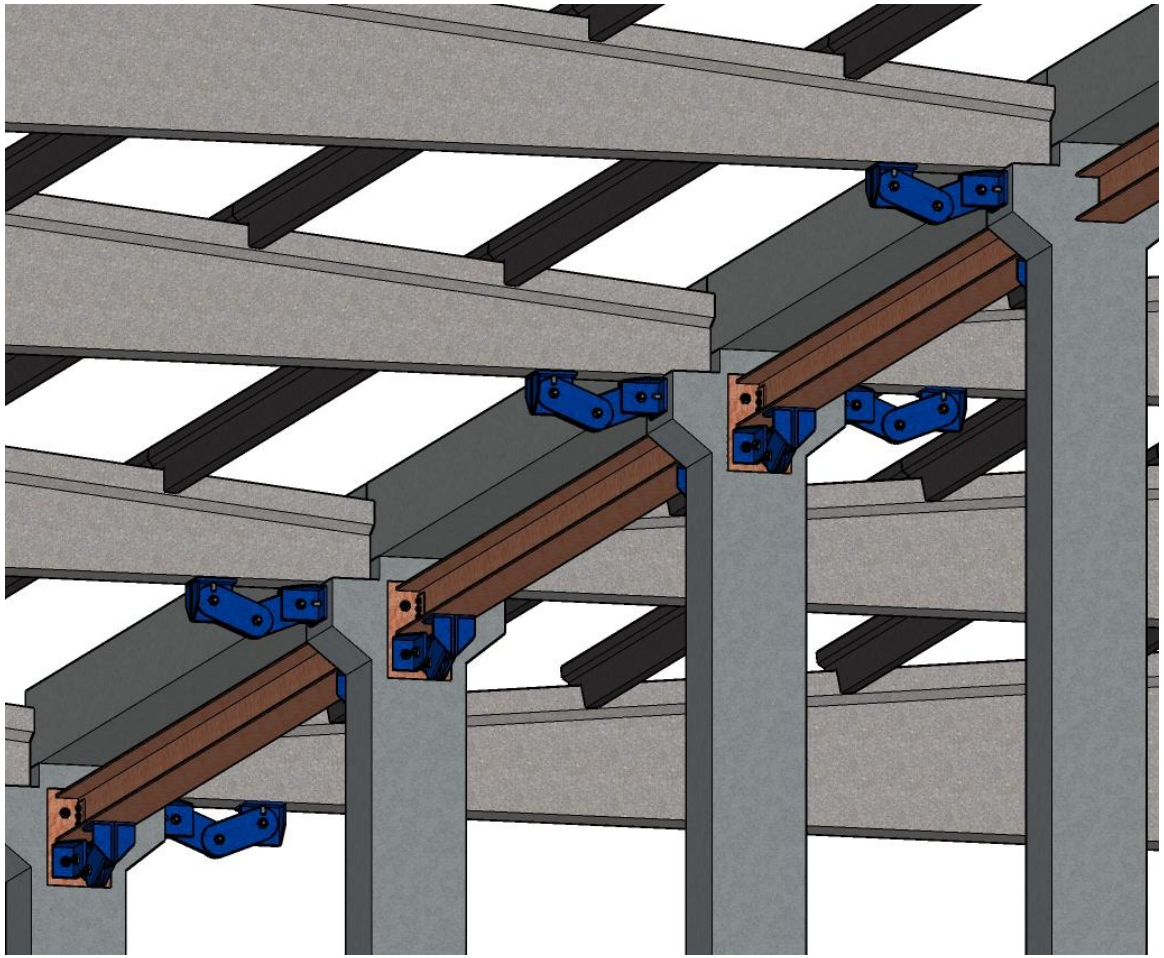
Düşük Hasarlı Tasarım – Enerji Sönümleyiciler

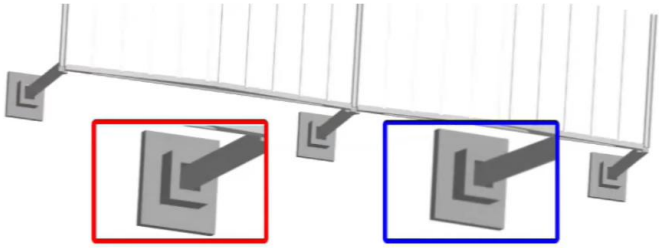


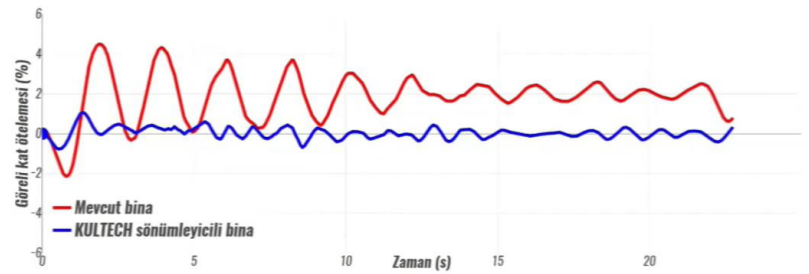


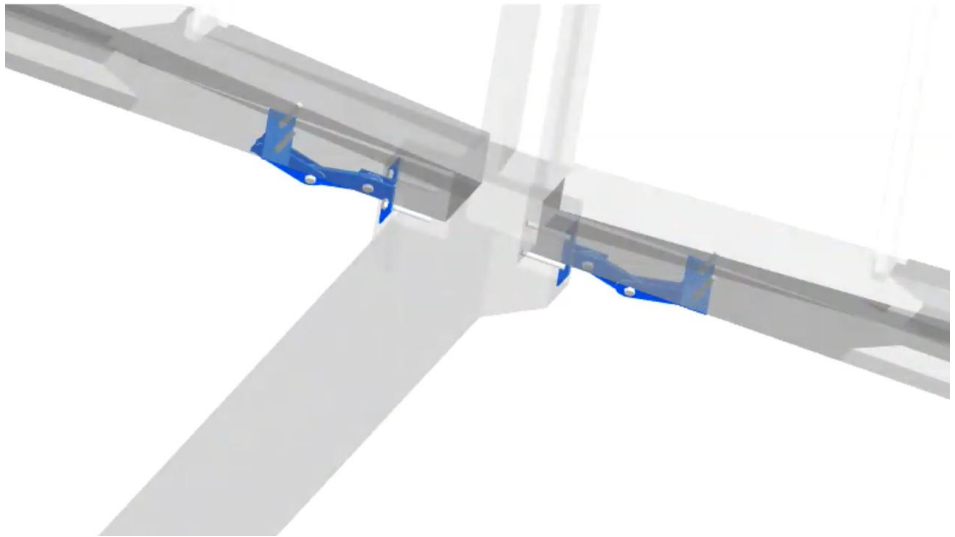
36. Kulaksizoglu A A, C Yilmaz, C Yalcin. “Analytical and experimental investigation of a motion amplified rotational friction damper”. Engineering Structures Vol 288. 2023.

Düşük Hasarlı Tasarım – Enerji Sönümleyiciler









33. https://kul-tech.com/tr/damper

Dışarıdan Çerçeveler ile Güçlendirme



Japonya. İnşaat: 1970, Güçlendirme: 2010 [37]

37. Takeda, K., Tanaka, K., Someya, T., Sakuda, A., and Ohno, Y. (2013). "Seismic retrofit of reinforced concrete buildings in Japan using external precast, prestressed concrete frames." PCI Journal, 58(3), 41–61.

Veri Merkezleri





38. https://www.clarkpacific.com/products/data-centers/

Hedef Bazlı Tasarım





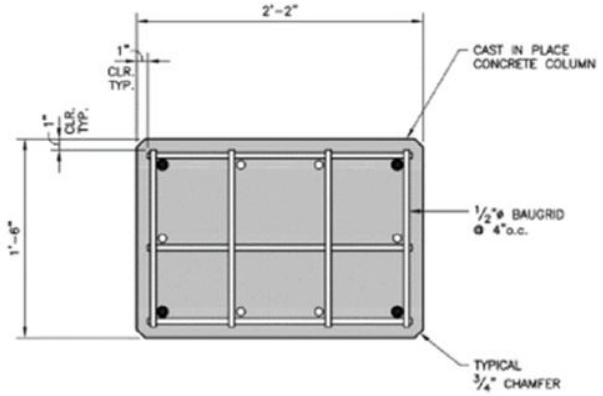
2003 UCSD Englekirk Laboratuvarı Sarsma Masası Deneyleri [39]



2024 Mayıs İTÜ Çalıştayı

39. Englekirk R., Le Heux M., Cardona M., Faghihi M. and Sabol T. 2017. "Design and Performance Evaluation of a Full-Scale Ductile Frame Braced Building (In Support of the BNCS Test Program)". The University of California, Structural Systems Research Project, SSRP-17-08.

Hedef Bazlı Tasarım





±%6 göreli kat ötelemesi sonrası HBT ile tasarlanmış kolon hasarı [39]

· Dayanımın, binaların deprem performansı açısından kilit rol oynadığı teorisinin bilimsel bir temeli yoktur. Dayanımın da tasarımda rol oynaması gerektiği yadsınamaz bir gerçektir, ancak dayanımı bir tasarım hedefi olarak merkeze oturtmak hem yanıltıcıdır, hem de istenmeyen göçme mekanizmalarına yol açması olasıdır.

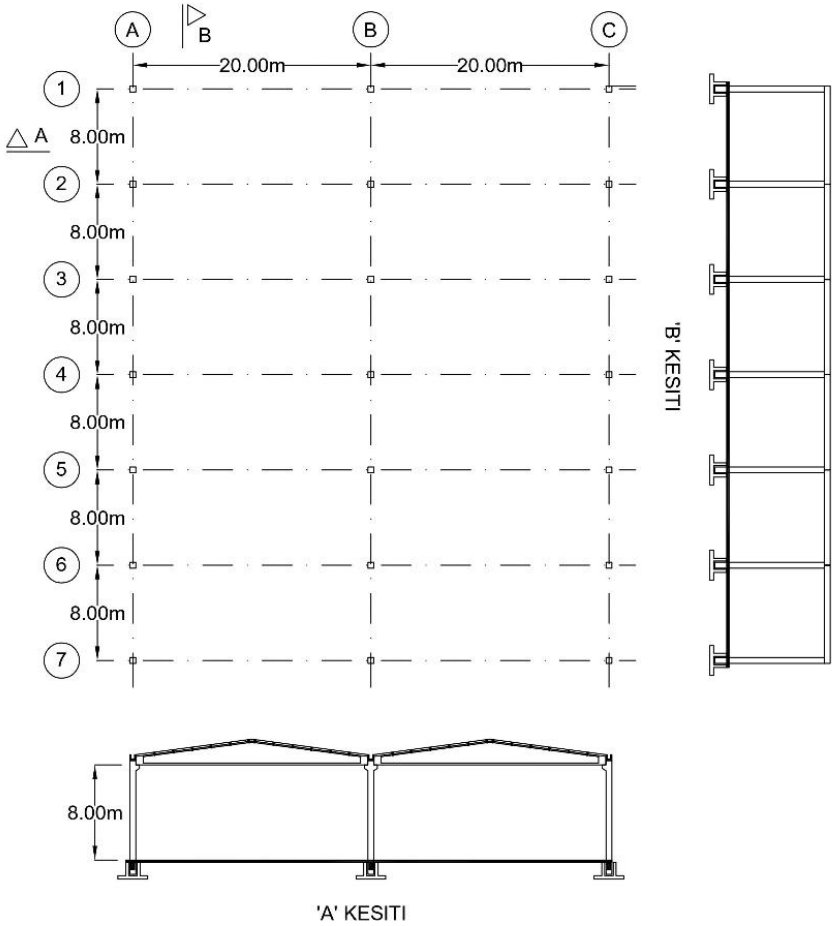
· Dayanımın artması hem sistem sünekliğini olumsuz etkiler, hem de sistem ivmelerini arttırır. Yüksek ivmeler yapısal olmayan hasarı tetikler.

· Bu sebeplerle dayanım bir tasarım hedefi olmamalıdır. Deplasman bazlı tasarım yöntemleri dayanım bazlı tasarım yöntemlerinin tamamen yerini almalıdır.

· Dayanım (kuvvet) bir tasarım hedefi olmadığı için, depremsellik spektral ivme ile değil, inşaat mühendisliği yapılarının önemli bir kısmının içinde olduğu periyod aralığında göreli olarak sabit olan spektral hız ile tanımlanmalıdır.

39. Englekirk R., Le Heux M., Cardona M., Faghihi M. and Sabol T. 2017. "Design and Performance Evaluation of a Full-Scale Ductile Frame Braced Building (In Support of the BNCS Test Program)". The University of California, Structural Systems Research Project, SSRP-17-08.

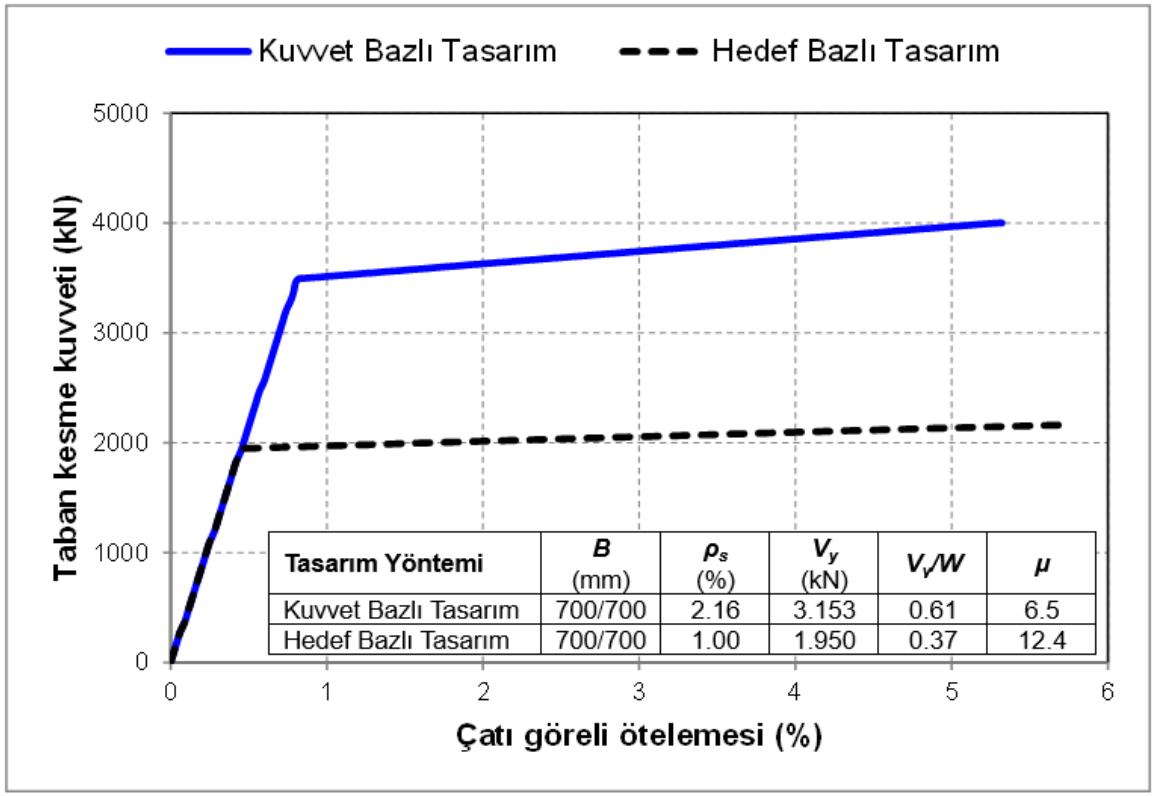
Hedef Bazlı Tasarım



Kuvvet Bazlı Tasarım	Hedef Bazlı Tasarım
1. Binanın taşıyıcı sistemi belirlenir.	
2. Yapısal elemanların önboyutlandırması yapılır.	2. Göreli kat ötelemesi için hedef değer δ_T belirlenir.
3. Binanın doğal titreşim analizi yapılır.	3. Bu hedef değere göre spektral yerdeğiştirme hedefi S_d hesaplanır. $\Delta_T=\delta_T H_N$ $\Gamma=\frac{3n}{2n+1}$ $S_d=\frac{\Delta_T}{\Gamma}$
4. Doğal titreşim analizi sonuçlarına göre, elastik ivme tepki spektrumu kullanılarak, tasarım spektral ivmesi S_a bulunur.	4. Spektral yerdeğiştirme hedefi S_d ve depremselliğin tanımlandığı spektral hız S_v kullanılarak binanın hedef hakim doğal titreşim periyodu T_T bulunur. $T_T=\frac{2\pi S_d}{S_v}$
5. Tasarım spektral ivmesi ve yapının süneklik kapasitesini ifade eden ve yönetmelikler tarafından verilen taşıyıcı sistem davranış katsayısı R de kullanılarak, seçilen tasarım yöntemine göre (Eşdeğer Deprem Yükü ya da Mod Birleştirme) yapıya etkiyen taban kesme kuvveti belirlenir.	5. Yapısal elemanların boyutları hedef hakim doğal titreşim periyodu T_T elde edilene kadar iteratif olarak değiştirilerek belirlenir.
6. Belirlenen taban kesme kuvveti kat kütle merkezlerine dağıtılır ve binanın düşey ve yatay yüklerin kombinasyonu altında statik analizi yapılır.	6. Yapısal elemanların donatı miktarları ve detaylandırması, minimum donatı oranlarına yakın olacak, yeterli sünekliği sağlayacak ve yapısal hasarın kabul edilemeyecek boyutlara ulaşmasını engelleyecek şekilde belirlenir (Bunun kontrolü 7'nci adım ile yapılır). R ve D katsayıları yoktur, kuvvet hesabı yapılmaz.
7. Adım 6'daki statik analiz sonuçlarına göre göreli kat ötelemesi, ikinci mertebe, kat düzensizlikleri gibi kontroller yapılır. İç kuvvetlere göre donatı miktarları belirlenir ve detaylandırılır. Yönetmelikte verilen dayanım fazlalığı katsayısı D ile kapasite tasarımı, bağlantı tasarımı yapılır.	7. Yapılan tasarım, zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi kullanılarak, göreli kat ötelemeleri, kat ivmeleri, taban kesme kuvvetleri, plastik dönmeler, birimşekildeğiştirme talepleri, süneklik kapasitesi gibi parametrelere göre kontrol edilir.

50. Kulaksızoğlu A A. "Hedef Bazlı Tasarım: Yenilikçi bir Tasarım Yönteminin Teorisi ve Önüretimli Beton Binada Uygulama Örneği". Beton Prefabrikasyon. Sayı 152. 2024.

Hedef Bazlı Tasarım



İtme analizi sonuçları

Deprem	Çatı ötelemesi (%)		Çatı ivmesi (g)		Taban kesme kuvveti (kN)		Maksimum plastik dönme ($\theta_{p,max}$)	
	KBT	HBT	KBT	HBT	KBT	HBT	KBT	HBT
Bingöl_0	0.81	0.87	1.31	1.16	3.819	2.601	0.0065	0.0095
Bingöl_90	2.89	3.00	2.34	1.94	4.982	3.355		
Düzce_0	1.17	1.89	0.97	0.78	4.237	2.586		
Düzce_90	1.4	1.31	1.55	1.22	3.841	2.554		
Gölcük_0	1.6	1.72	1.12	1.03	3.962	2.793		
Gölcük_90	1.37	1.76	1.09	0.83	4.278	2.786		
Ortalama	1.54	1.76	1.40	1.16	4.187	2.779		

Zaman tanım alanında dinamik analiz sonuçları

40. Kulaksızoğlu A A. "Hedef Bazlı Tasarım: Yenilikçi bir Tasarım Yönteminin Teorisi ve Önüretimli Beton Binada Uygulama Örneği". Beton Prefabrikasyon. Sayı 152. 2024.

Teşekkürler..