



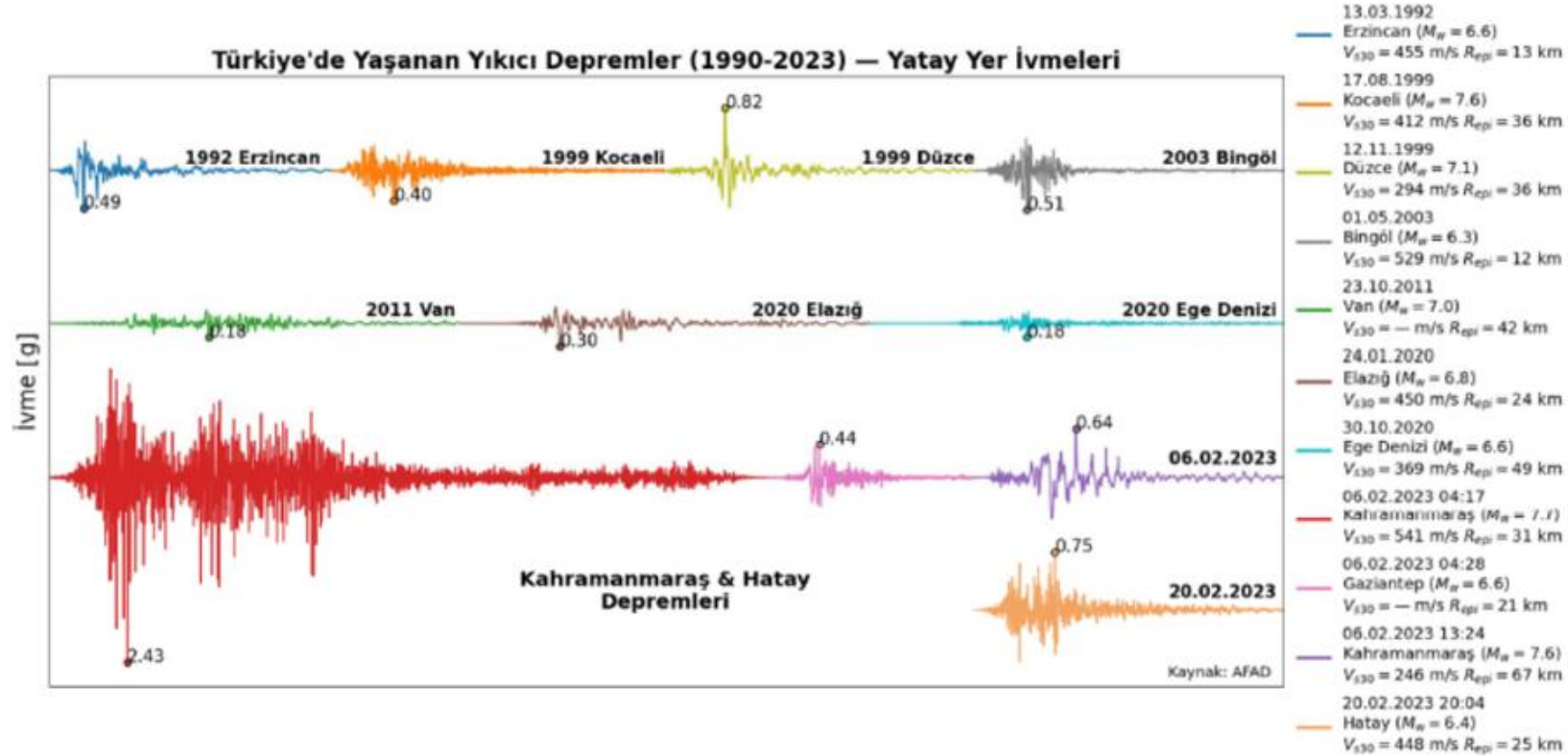
contact@yildirimeng.com.tr
www.yildirimeng.com.tr

6 ŞUBAT 2023 DEPREMLERİ ALINACAK DERSLER

Suat YILDIRIM
İnşaat Yüksek Mühendisi
ODTÜ 1989

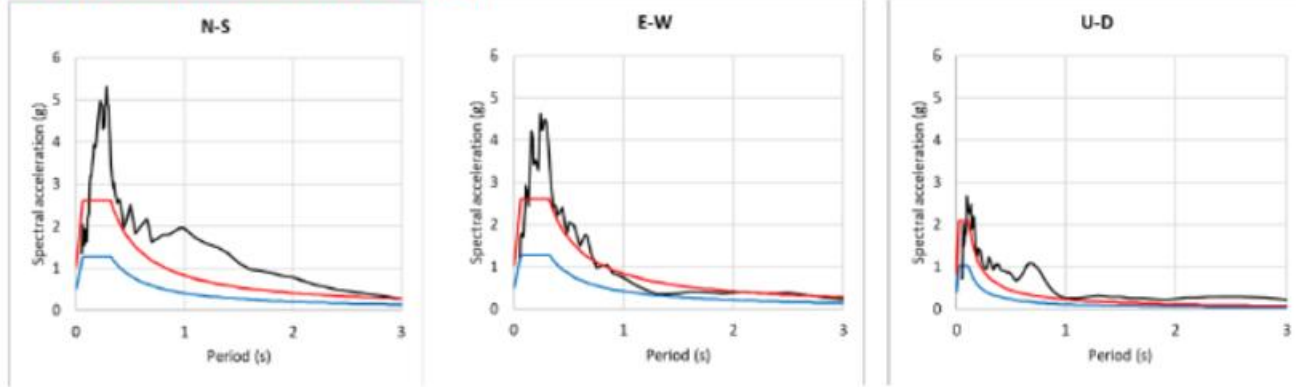
YLD Yıldırım Müh. A.Ş. Yön. Kur. Bşk.

6 Şubat Maraş Depremi ve Önceki Depremler Karşılaştırması



6 Şubat Maraş Depremi Yer Hareketleri

Hatay (İstasyon no:3129, Defne)



Güncelleme, 13.04.2023

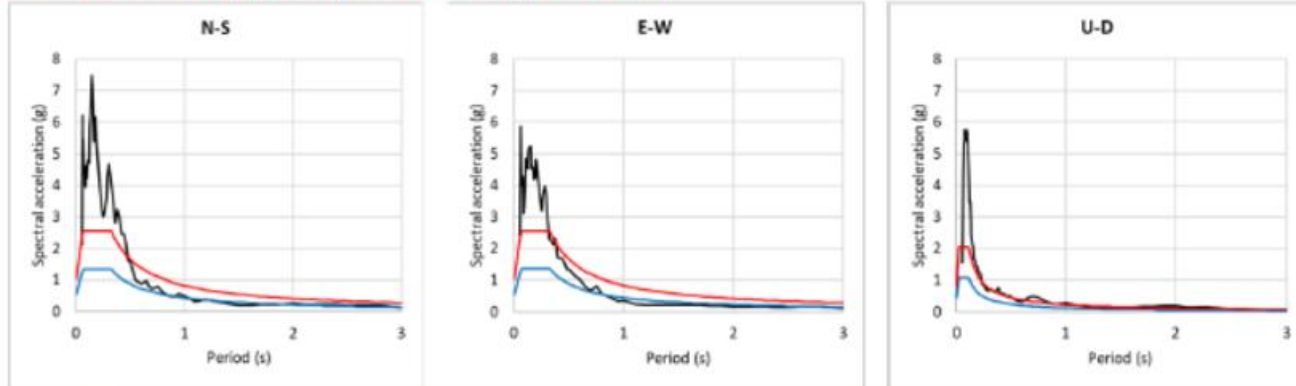
Kayıtlar ilgili ilde ölçülen en yüksek kayıtlardır.

E-W, N-S, U-D aynı kayda aittir.

— DD1 Z_c

— DD2 Z_c

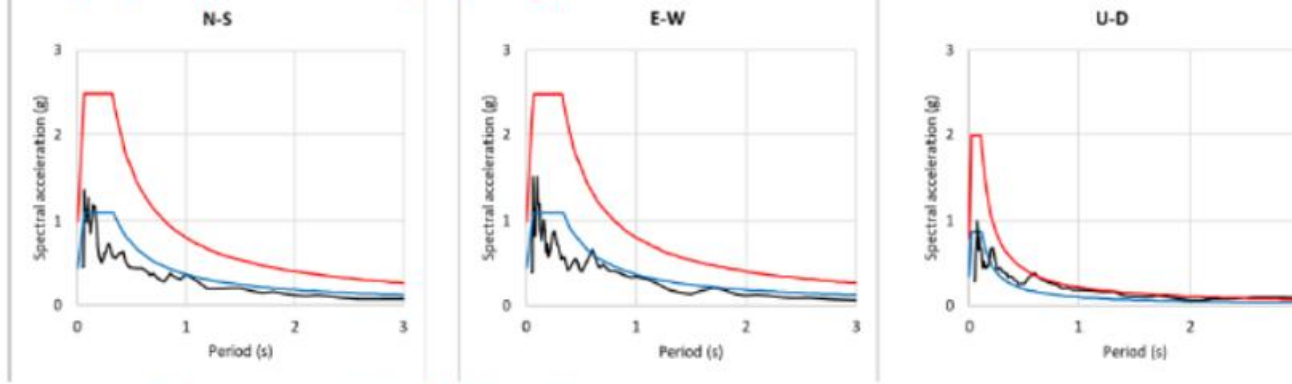
Kahramanmaraş (İstasyon no:4614, Pazarcık)



%5- sönümlü ivme tepki spektrumu, 475 ve 2475 yıllık geri dönüş periyotları için TBDY (2018)'de tanımlanan tasarım spektrumlarına göre karşılaştırılmıştır.

6 Şubat Maraş Depremi Yer Hareketleri

Malatya (İstasyon no: 4406, Akçadağ)



Güncelleme, 13.04.2023

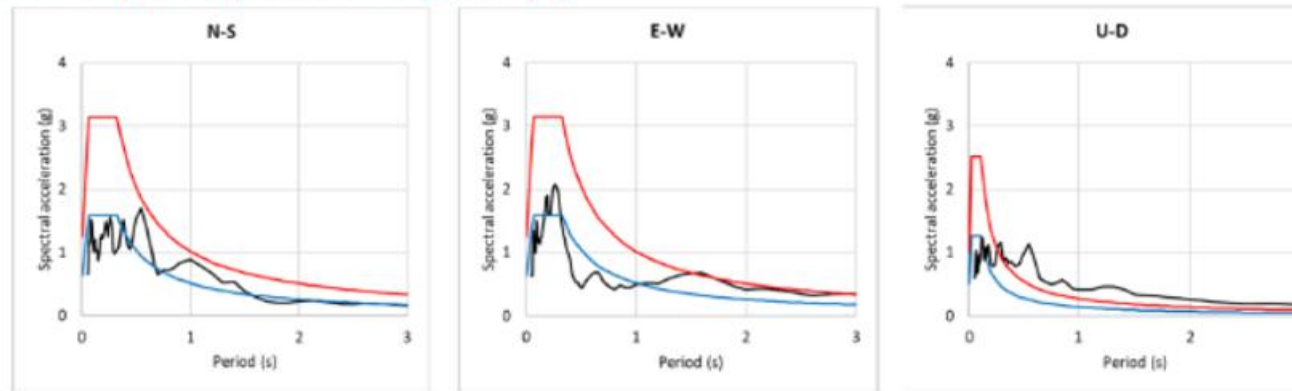
Kayıtlar ilgili ilde ölçülen en yüksek kayıtlardır.

E-W, N-S, U-D aynı kayda aittir.

— DD1 Z_c

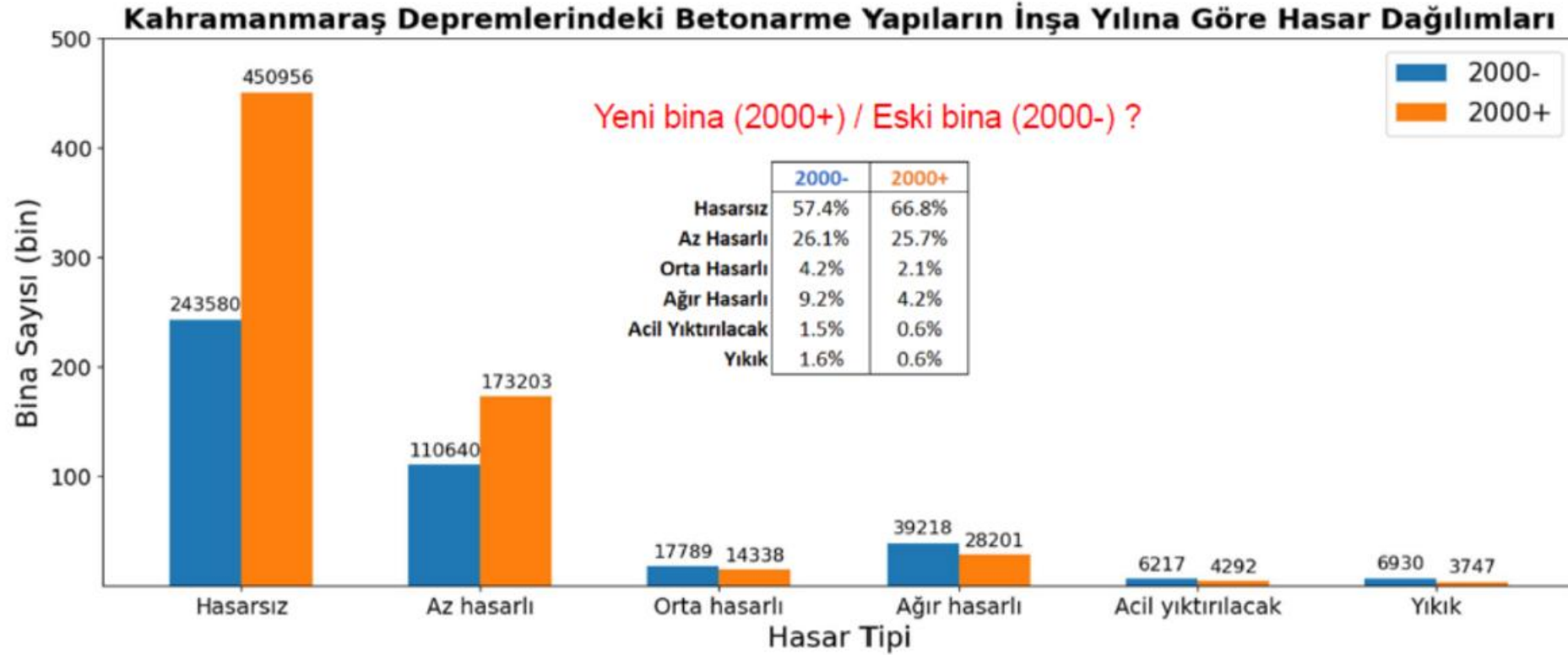
— DD2 Z_c

Gaziantep (İstasyon no 2718, İslahiye)



%5- sönümlü ivme tepki spektrumu, 475 ve 2475 yıllık geri dönüş periyotları için TBDY (2018)'de tanımlanan tasarım spektrumlarına göre karşılaştırılmıştır.

6 Şubat Maraş Depremi Yapım Yılına Göre Hasar Dağılımları



Sunumda beyan edilen görüşler saha gözlemleri neticesinde tecrübeye dayalı oluşan kanaatler olup herhangi bir bilimsel çalışma (analiz, modelleme, vs) ile desteklenip ispatlanmamıştır.

Bundan dolayı herhangi bir hukuksal süreçte kullanılması uygun değildir.

Yeni Yapılardaki Ağır Hasar / Yıkım Sebeplerinden Dikkat Çekenler

Tasarım Zaafiyetleri;

- Kolon mekanizması-kiriş mekanizması (kuvvetli kolon) problemi
- Duvar düzensizliği - Yumuşak kat kısa kolon problemi,
- Yüksek burulmaya ve düşük süneklik kapasitesine sahip yapılar
 - Yatay yük dayanım sistemleri (Perde / Çerçeve) eksikliği veya düzensizliği
 - Aşırı yoğun donatılı kesitler
- Narin yapı (yükseklik/genişlik oranı) kaynaklı kolonlarda çekme oluşumu

İmalat Problemleri;

- Süneklik detaylarındaki eksiklik (ettriye sıkılaştırma, 135 derece kanca, çiroz)
- Soğuk derzler, ayrışma, vibrasyon eksikliği, paspayı yetersizliği

6 Şubat Maraş Depremi

Tasarım Depreminin Aşılması Durumunda Yapının Yıkılması Kaçınılmaz mıdır?

Kolon Mekanizması

Yıkılan Binalar (2000 öncesi)



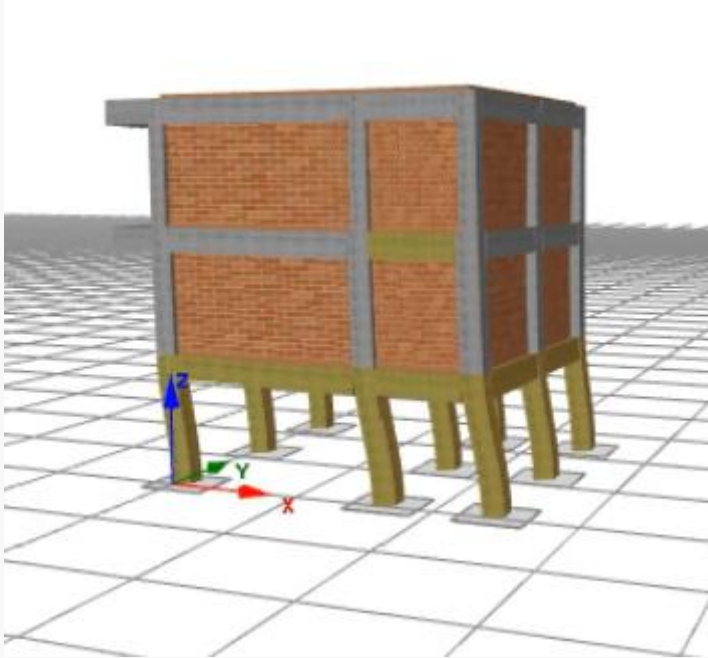
Kiriş Mekanizması



6 Şubat Maraş Depremi

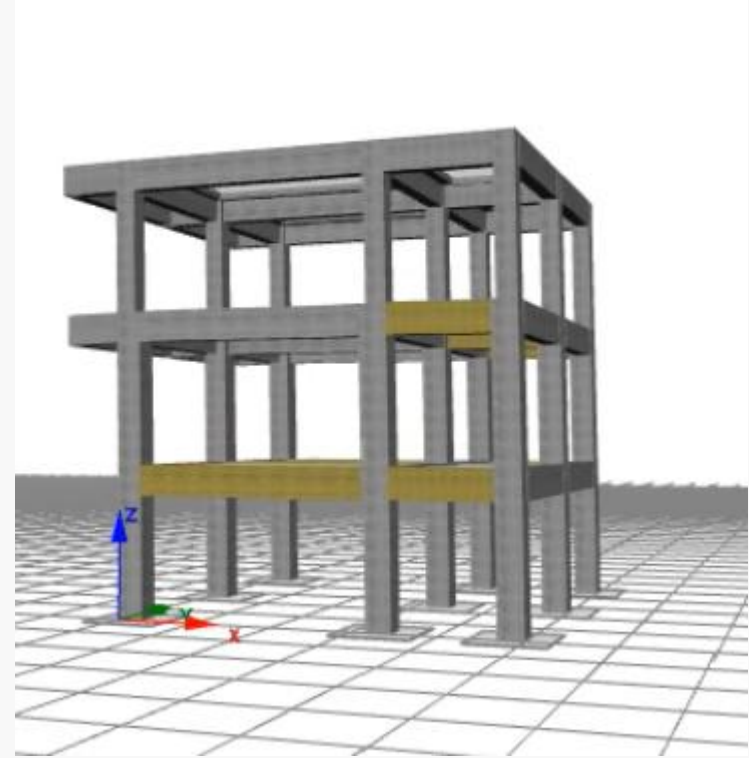
Tasarım Depreminin Aşılması Durumunda Yapının Yıkılması Kaçınılmaz mıdır?

Saha Gerçeği: Kolon Mekanizması – Tüm deplasmanlar zemin kata yoğunlaşıyor



Yatay Rijitlik Kaybedilir - Toplam Göçme !!!

Modelleme: Kiriş Mekanizması – Deplasmanlar yapıya dağılmış (ideal davranış)



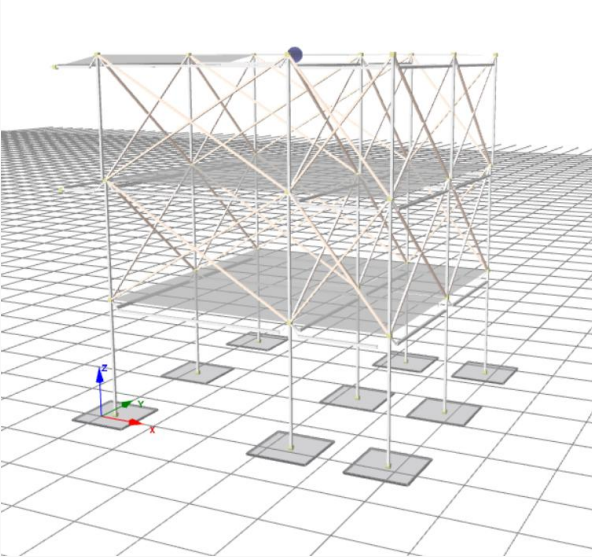
Yatay Rijitlik Azalır- İvme Azalır – Kısmi Hasar

6 Şubat Maraş Depremi

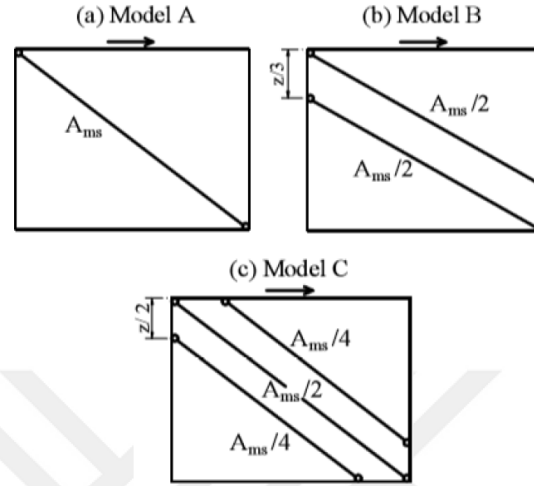
Dolgu Duvar Modellenmediğinde Neleri kaçıırıyoruz

Yapı dinamik davranışında farklılık

Duvar kaynaklı kesme aktarımı



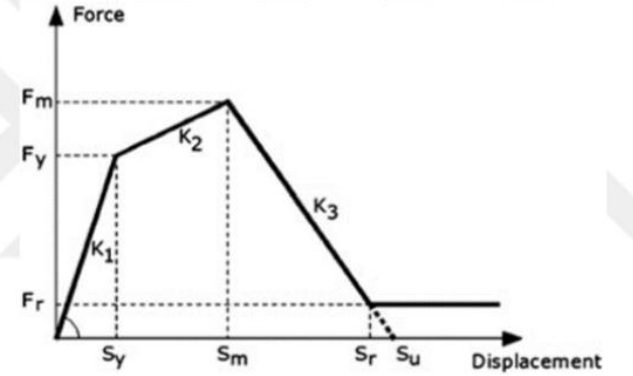
Programda Duvar FEM modeli



Şekil 3.3. a) Tekli eşdeğer basınç çubuğu modeli, b) İkili eşdeğer basınç çubuğu modeli, c) Üçlü eşdeğer basınç çubuğu modeli (Crisafulli, 1997)

A hesabı DBYBHY 2007, Fema 356 (2000) Denklem 7.14

Modelleme: Kiriş Mekanizması – Deplasmanlar yapıya dağılmış (ideal davranış)



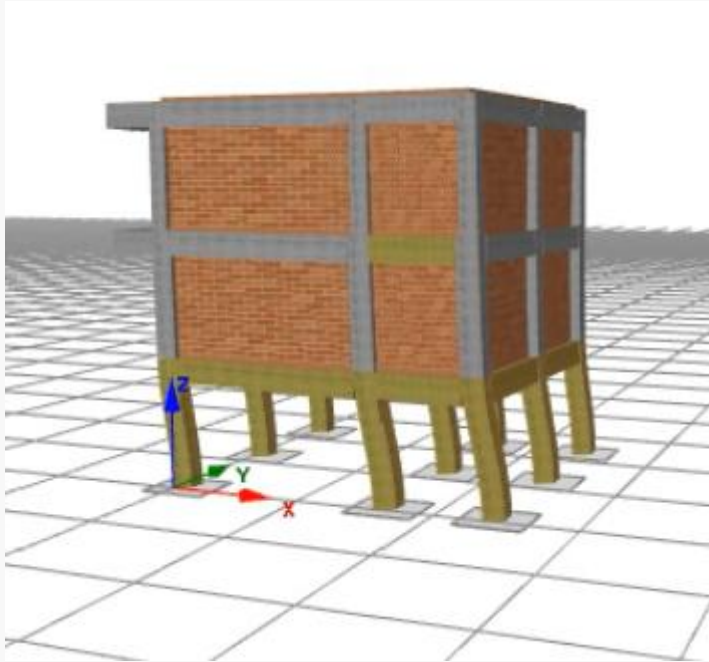
Şekil 3.8. Panagiotakos ve Fardis (1996)'a ait kuvvet-deplasman ilişkisi (Akansel, 2017)

Parametreler için Fardis ve Panagiotakos veya FEMA 356 Bölüm 7.4

Şekiller İ Turgut, Ö Avşar Y.L Tezinden Alınmıştır.

6 Şubat Maraş Depremi

Dolgu Duvar Modellenmediğinde Neleri kaçırmıyoruz
Yapı dinamik davranışında farklılık



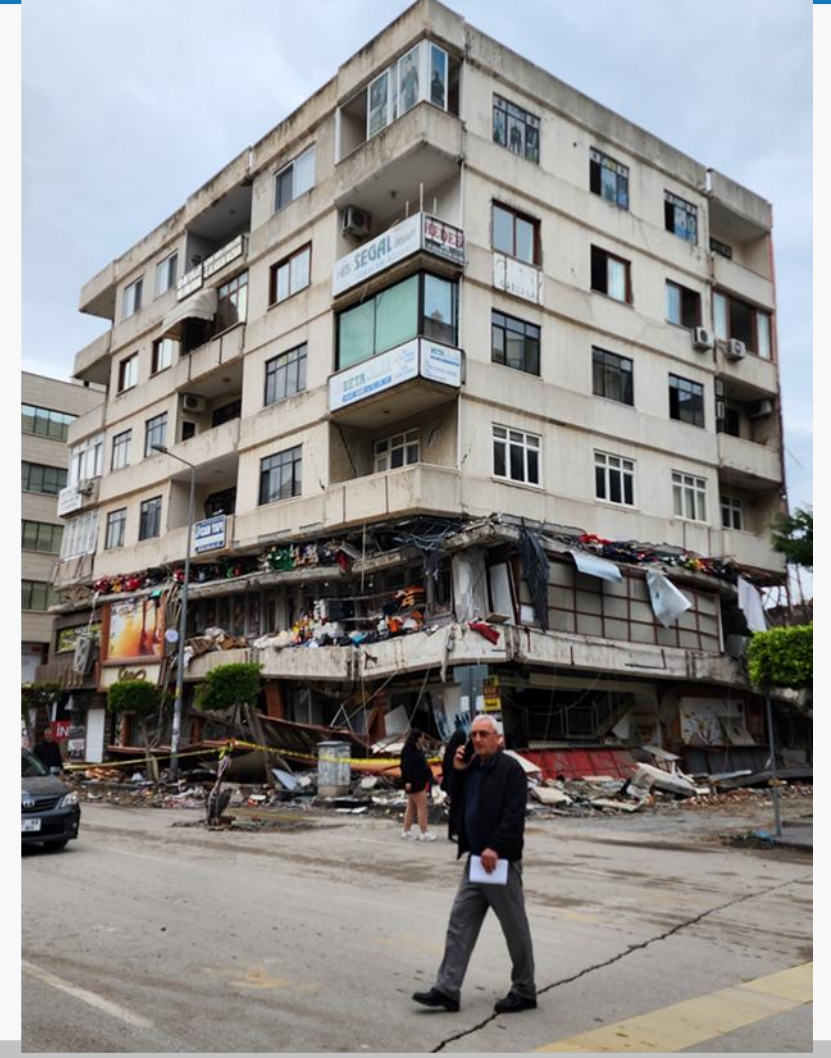
Duvar kaynaklı kolonda kesme hasarı



Şekil 1.1. Boşluksuz dolgu duvarların kolonda oluşturduğu kesme hasarı (Özcebe vd., 2004)

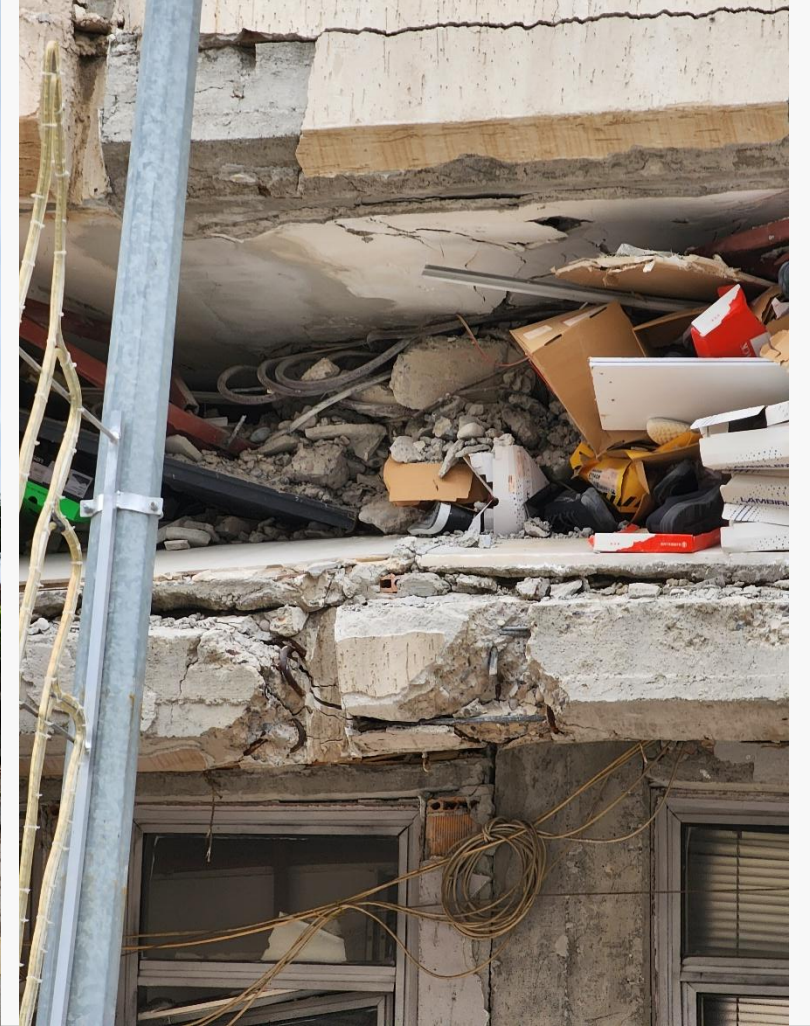
6 Şubat Maraş Depremi

En Öne Çıkan Hasar Kaynakları
Tuğla duvar düzensizliği
Saha ve deprem gerçeği

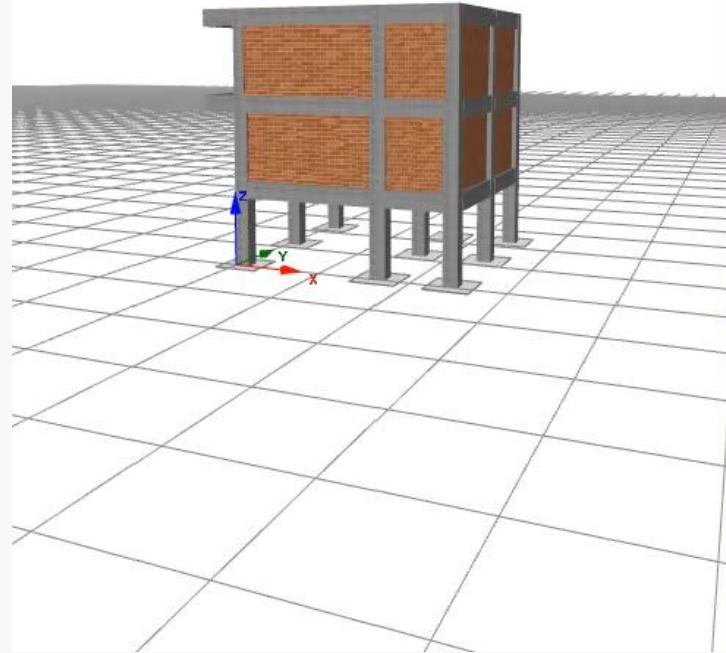
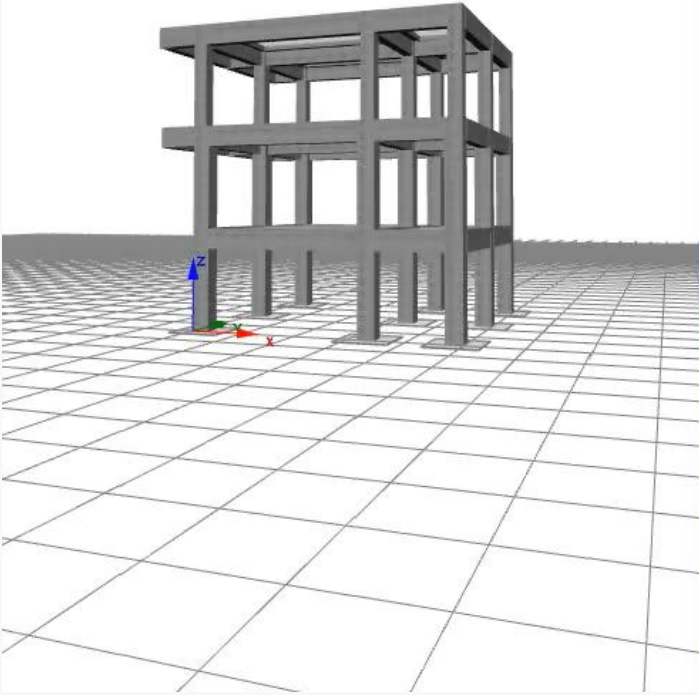


6 Şubat Maraş Depremi

En Öne Çıkan Hasar Kaynakları
Yumuşak kat, kısa kolon



6 Şubat Maraş Depremi Duvarlı ve Duvarsız Yapı Davranışı



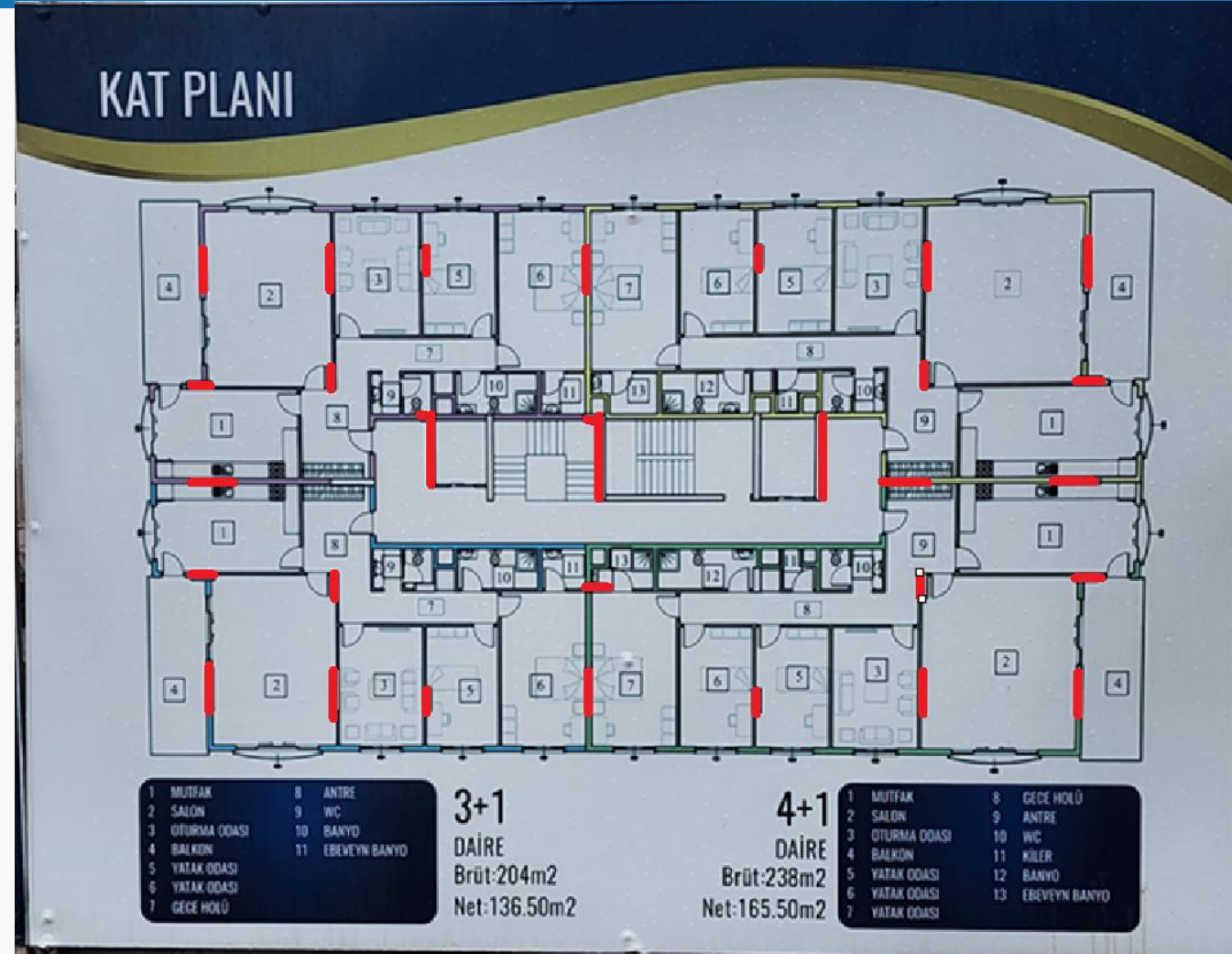
6 Şubat Maraş Depremi

En Öne Çıkan Hasar Kaynakları
Dengesiz Tasarım – Çerçeve Eksikliği



6 Şubat Maraş Depremi

En Öne Çıkan Hasar Kaynakları
Dengesiz Tasarım – Çerçeve Eksikliği



6 Şubat Maraş Depremi

En Öne Çıkan Hasar Kaynakları

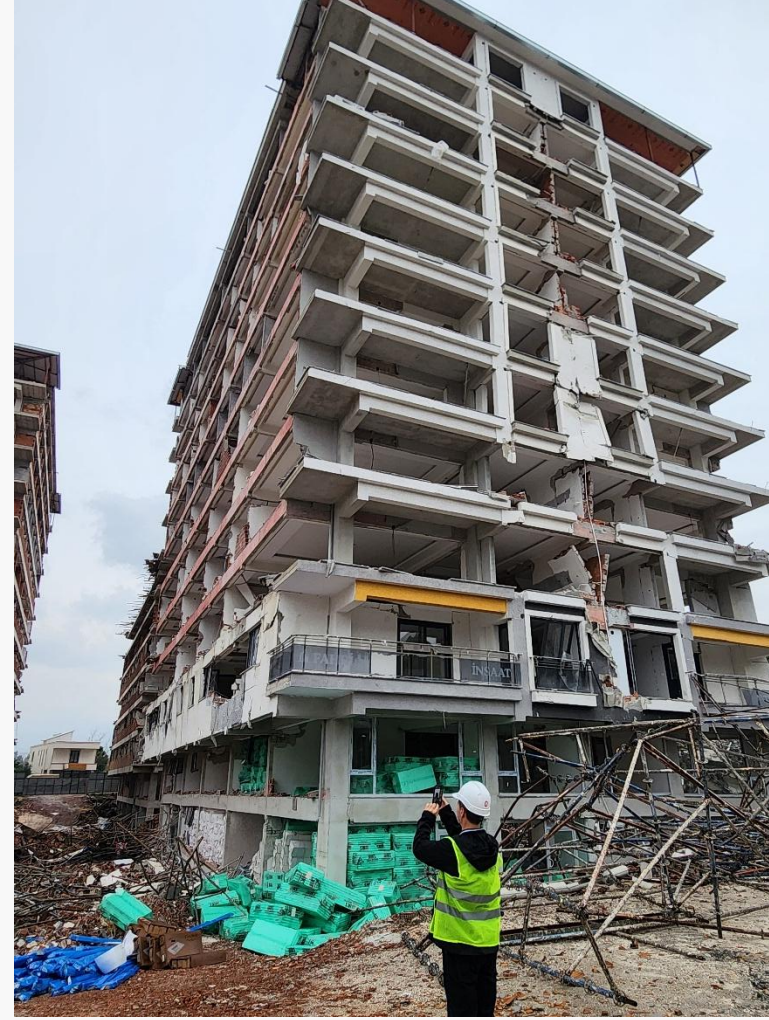
Dengesiz Tasarım –
Çerçeve Eksikliği



6 Şubat Maraş Depremi

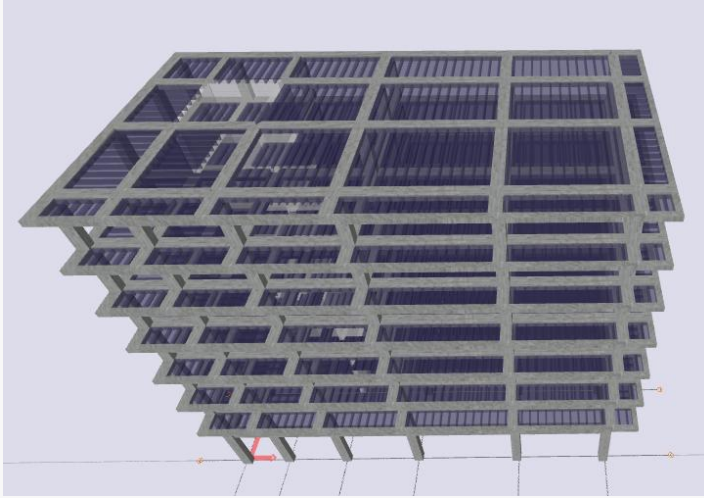
En Öne Çıkan Hasar Kaynakları

Dengesiz Tasarım –
Çerçeve Eksikliği



6 Şubat Maraş Depremi Duvarlı ve Duvarsız Yapı Davranışı

En Öne Çıkan Hasar Kaynakları
Dengesiz Tasarım –
Yüksek eksantrik asmmolen yapı
Doğrusal Response Analiz

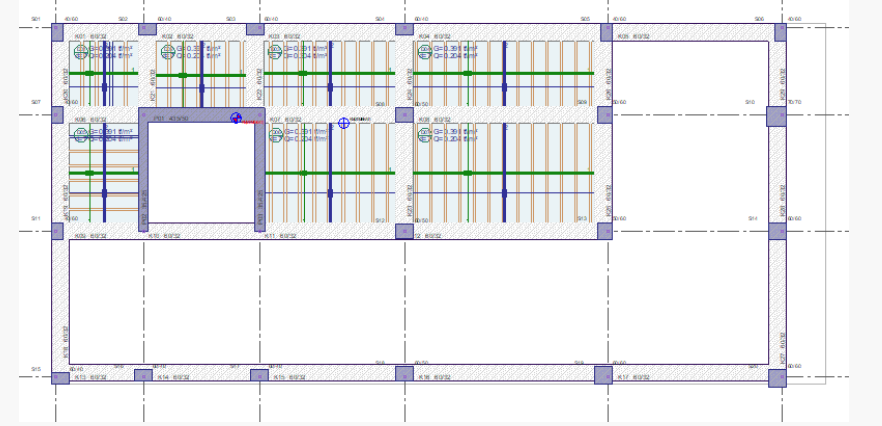


Perspektif Model

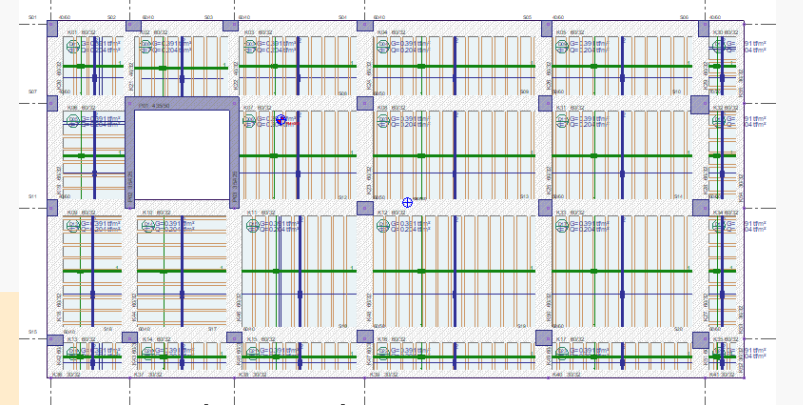
Modal Kütle Katılım Oranları				
Mod	Periyot [s]	Ux	Uy	Uz
1	1.56982	0.12723	0.33408	0.00000
2	0.90001	0.43803	0.29498	0.00000
3	0.68572	0.19461	0.13505	0.00000
4	0.46775	0.02023	0.04691	0.00000
5	0.23581	0.00046	0.01131	0.00000
6	0.21348	0.12249	0.05250	0.00000
7	0.15825	0.03399	0.06211	0.00000
8	0.14086	0.00095	0.00349	0.00000
9	0.09707	0.02765	0.01209	0.00000
10	0.08408	0.00326	0.00986	0.00000
11	0.07210	0.00222	0.00468	0.00000
12	0.06262	0.00617	0.00733	0.00000
13	0.05262	0.01080	0.01139	0.00000
14	0.03474	0.00173	0.00298	0.00000
15	0.03397	0.00479	0.00330	0.00000

Etkin Modlar Burulma modları

Doğrusal Response Analizde Yeterli
Görünen Yapı Yeterli mi !!!!!



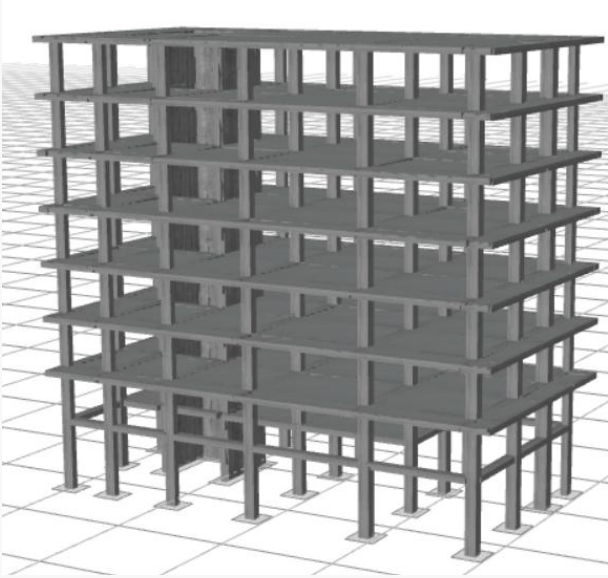
Zemin Kat Planı



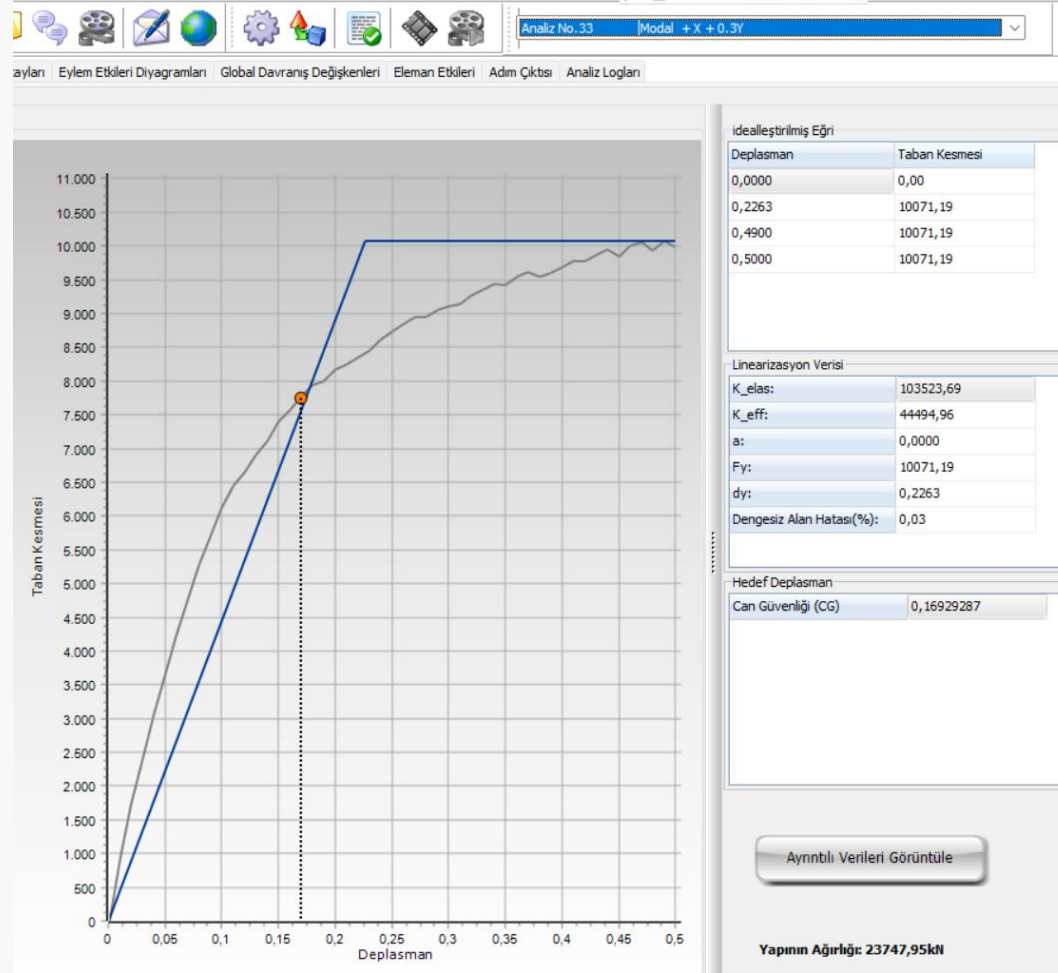
Normal Kat Planı

6 Şubat Maraş Depremi Duvarlı ve Duvarsız Yapı Davranışı

En Öne Çıkan Hasar Kaynakları
Dengesiz Tasarım –
Yüksek eksantrik asmolen yapı
Doğrusal olmayan tek modlu itme



Perspektif Model



+X+0.3Y itme

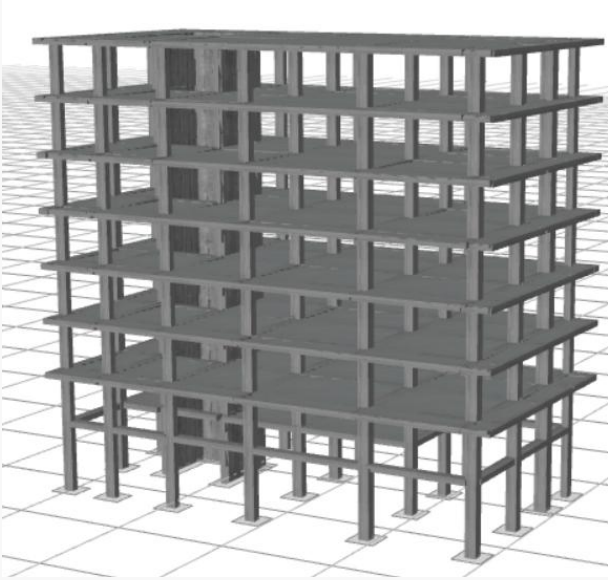
6 Şubat Maraş Depremi Duvarlı ve Duvarsız Yapı Davranışı

En Öne Çıkan Hasar Kaynakları

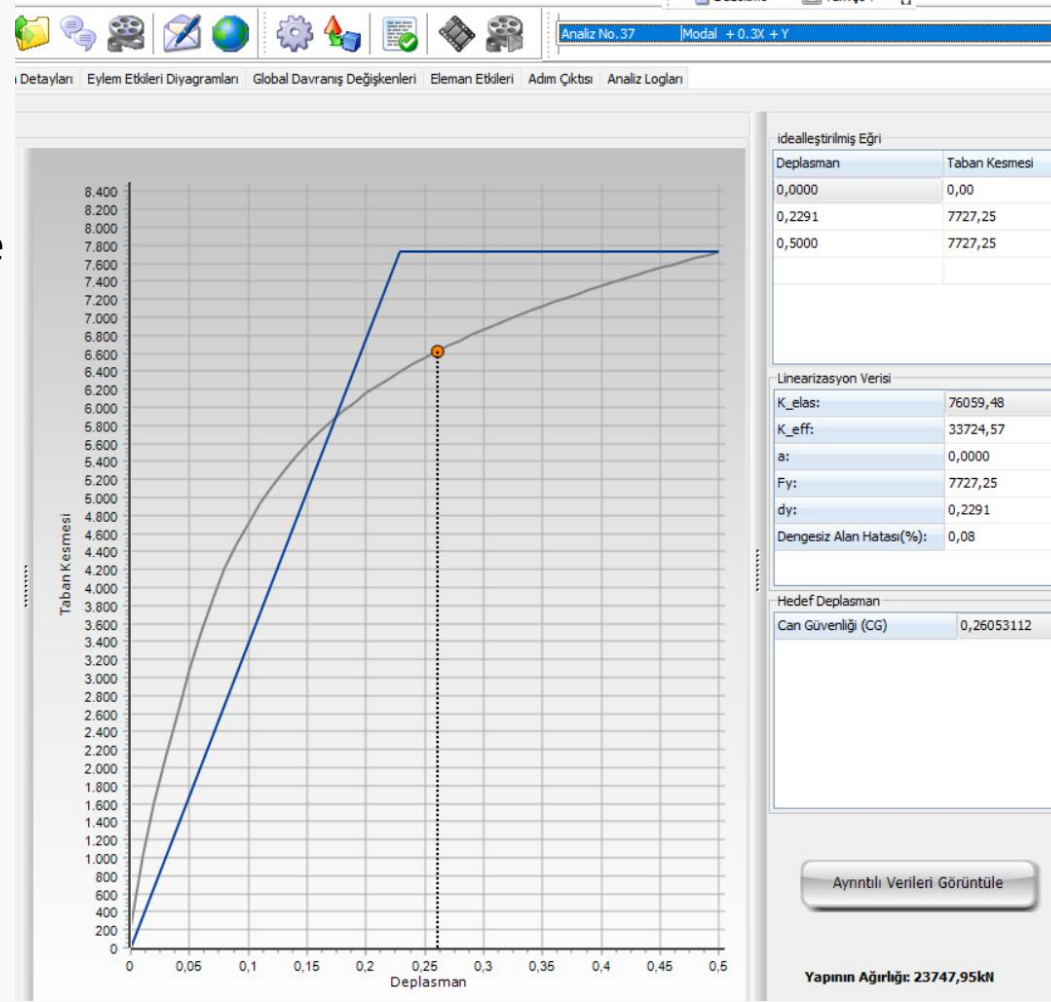
Dengesiz Tasarım –

Yüksek eksantrik asmolen yapı

Doğrusal olmayan tek modlu itme



Perspektif Model



+Y+0.3X itme

6 Şubat Maraş Depremi Duvarlı ve Duvarsız Yapı Davranışı

En Öne Çıkan Hasar Kaynakları

Dengesiz Tasarım – Yüksek eksantrik asmolen yapı Doğrusal olmayan tek modlu itme

Eleman Dönmeleri | Eleman Birim Şekil Değiştirme | Elemanların Kesme Kuvvetleri

Sınır Durumu	Eleman	kat 3	Kenar 4	Yerel 5	Talep Edilen6	Kapasite 7	Performans
☒ Can Güvenliği (CG)	kolon C15	1	Başlangıç	(2)	0,037871	0,012272	3,085990
Kriterleri Görüntüle	kolon C6	1	Başlangıç	(2)	0,037871	0,013463	2,812999
Zarfi Kritik Analiz	kolon C16	1	Başlangıç	(2)	0,026243	0,012596	2,083429
Tüm Katlar	kolon C8	1	Başlangıç	(2)	0,026044	0,013746	1,894735
Kolonlar & Duvarlar	kolon C13	1	Başlangıç	(2)	0,026033	0,014646	1,777480
Her iki yerel (lokal) eksen	duvar W22	1	Başlangıç	(2)	0,006725	0,003848	1,747745
Performans Oranı Renkli Ekran	kolon C14	1	Başlangıç	(2)	0,035285	0,021721	1,624432
☐ Tüm Elemanları Göster	kolon C5	1	Başlangıç	(2)	0,026125	0,016576	1,576065
☐ Başarısız Elemanları Göster	kolon C1	1	Başlangıç	(3)	0,017284	0,011469	1,506971
	kolon C7	1	Başlangıç	(2)	0,035836	0,024850	1,442109
	kolon C3	1	Başlangıç	(3)	0,015749	0,013572	1,160417
	kolon C6	2	Bitiş	(2)	0,019046	0,018353	1,037786
	kolon C4	1	Başlangıç	(3)	0,015032	0,014740	1,019801
	kolon C9	1	Başlangıç	(2)	0,014832	0,015267	0,971482
	duvar W23	1	Başlangıç	(2)	0,005736	0,006297	0,910827
	kolon C17	1	Başlangıç	(2)	0,014990	0,016553	0,905573
	kolon C15	2	Bitiş	(2)	0,015507	0,017676	0,877276

6 Şubat Maraş Depremi Duvarlı ve Duvarsız Yapı Davranışı

En Öne Çıkan Hasar Kaynakları

Dengesiz Tasarım –
Çerçeve Eksikliği

Narin Yapı !

$h/l = 4-5$



6 Şubat Maraş Depremi

En Öne Çıkan Hasar Kaynakları

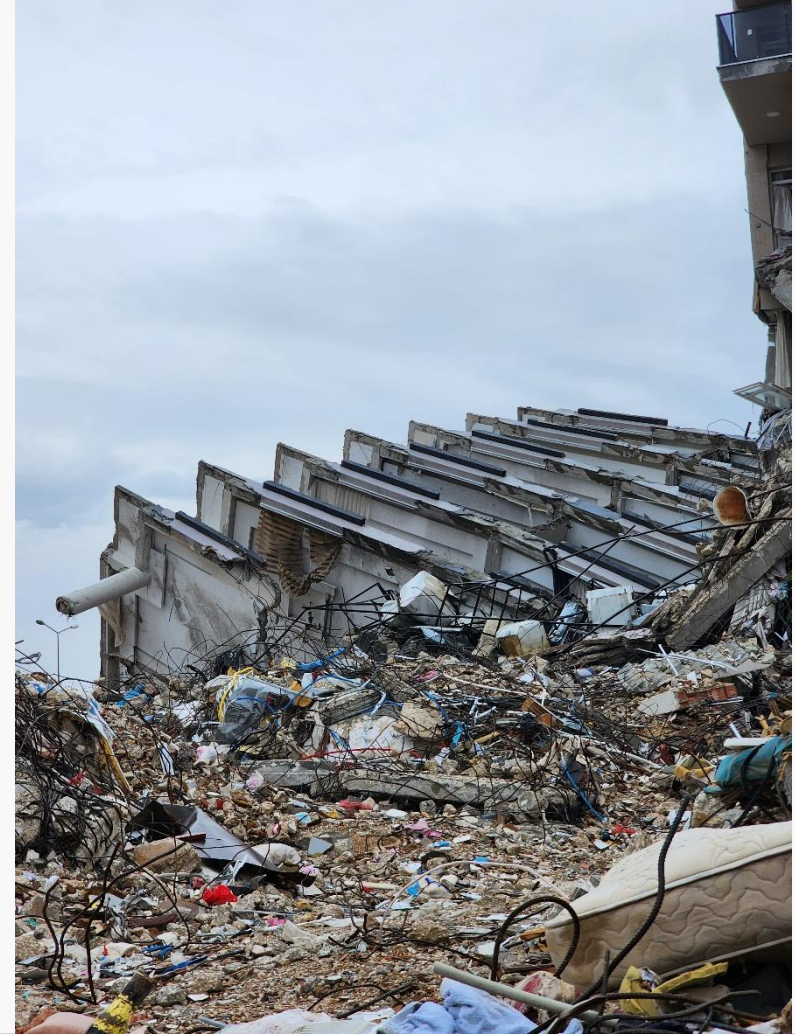
Dengesiz Tasarım –
Dengesiz Perde
Yerleşimi –

Narin Yapı !



6 Şubat Maraş Depremi

En Öne Çıkan Hasar Kaynakları
Dengesiz Tasarım – Çerçeve Eksikliği
Narin Yapı !
 $h/l = 4-5$



6 Şubat Maraş Depremi

En Öne Çıkan Hasar Kaynakları
Narin Yapı !

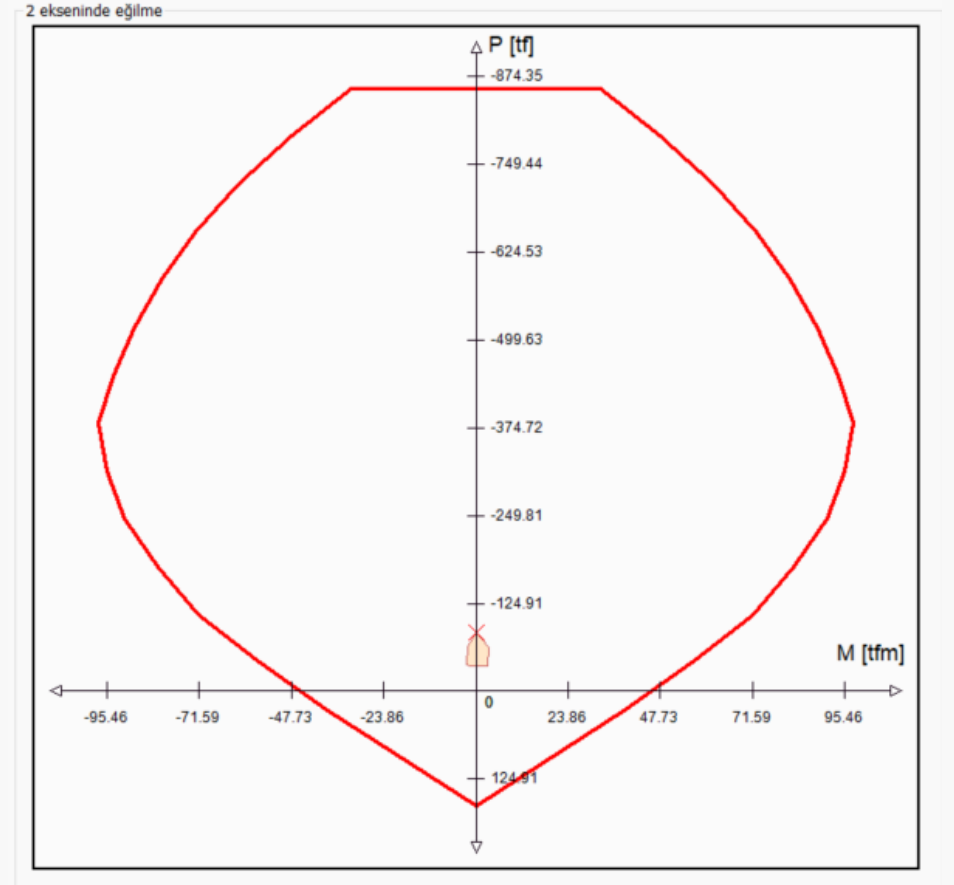
Narin Yapı yönetmeliklerimizde özel yapı
kategorisine alınmalı...

Öneri $h/l < 2-3$

Kolon Çekme Problemi !!!

Çekmeye Maruz Kalan Kolon Moment Kapasitesi
ciddi oranda düşer !!!

Kolon Etkileşim Diyagramı (Tipik)



6 Şubat Maraş Depremi

En Öne Çıkan Hasar Kaynakları

Dengesiz Tasarım –
Çerçeve Eksikliği

Asmolen Yapı-

Dengesiz perde
yerleşimi



6 Şubat Maraş Depremi

En Öne Çıkan Hasar Kaynakları ; Yetersiz Sargılama, Aşırı Yoğun Donatı



6 Şubat Maraş Depremi

En Öne Çıkan Hasar Kaynakları

Dengesiz Tasarım –
Çerçeve Eksikliği

Asmolen Yapı-

Dengesiz perde
yerleşimi



Ref: Barış Erkuş

6 Şubat Maraş Depremi

En Öne Çıkan Hasar Kaynakları

Dengesiz Tasarım –
Çerçeve Eksikliği

Asmolen Yapı-

Dengesiz perde
yerleşimi



Ref: Barış Erkuş

6 Şubat Maraş Depremi

En Öne Çıkan Hasar Kaynakları

Dengesiz Tasarım –
Çerçeve Eksikliği

Dengesiz perde
yerleşimi



Ref: Barış Erkuş

6 Şubat Maraş Depremi

En Öne Çıkan Hasar Kaynakları

Dengesiz Tasarım –
Asma kat rijitlik
farklılığı (üst kat
duvar rijitlik farkı)

Süneklik detay eksikliği

Birleşim bölgesi
hasarı

Ağır Hasarlı Bina Betonarme Bina (2000 öncesi)



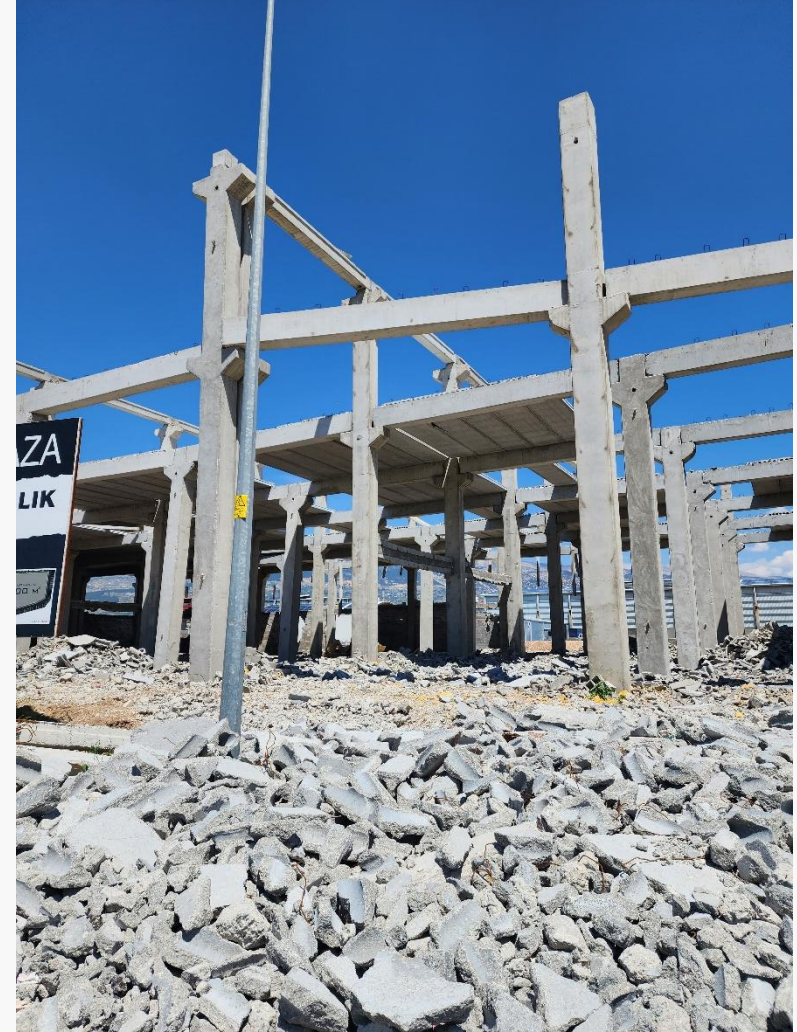
Ref: Barış Erkuş

6 Şubat Maraş Depremi

En Öne Çıkan Hasar Kaynakları

Prefabrik Yapı

Birleşim ve Yapı Stabillitesi Problemi



6 Şubat Maraş Depremi

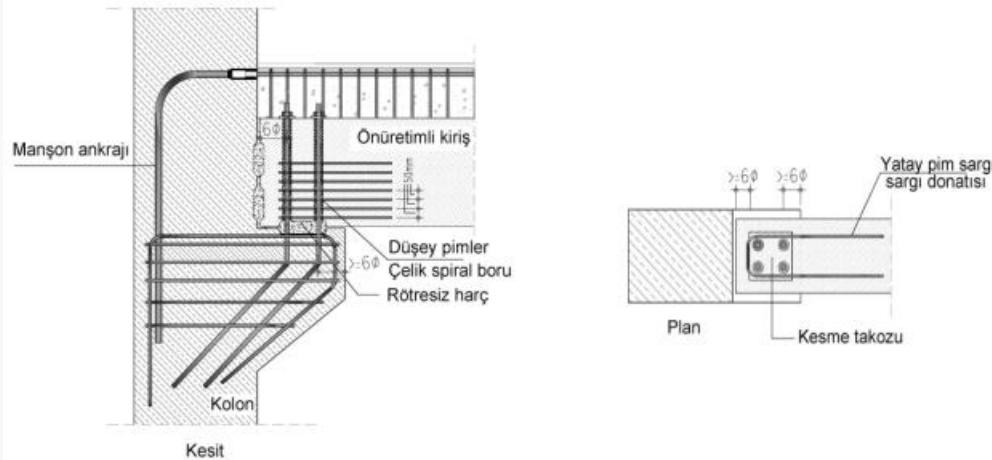
En Öne Çıkan Hasar Kaynakları

Prefabrik Yapı

TBDY 2018 8.4.5

MAP4- Pimli Maşonlu Bağlantı

- Min. 4 Pimli olmalı
- Pim yuvaları yivli boru olmalı, büzülmeyen çimento harcı ile doldurulmalı
- Pim Kesme Kapasitesi kiriş alt çekme kapasitesinden büyük olmalı !!!



Şekil 8.10



6 Şubat Maraş Depremi

En Öne Çıkan Hasar Kaynakları

Prefabrik Yapı

Birleşim ve Yapı Stabilitesi Problemi

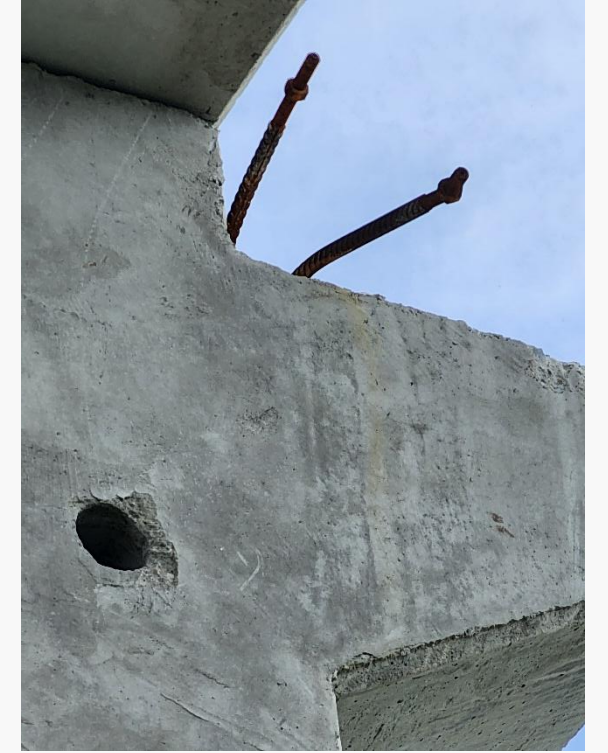


6 Şubat Maraş Depremi

En Öne Çıkan Hasar Kaynakları

Prefabrik Yapı

Birleşim ve Yapı Stabilitesi Problemi

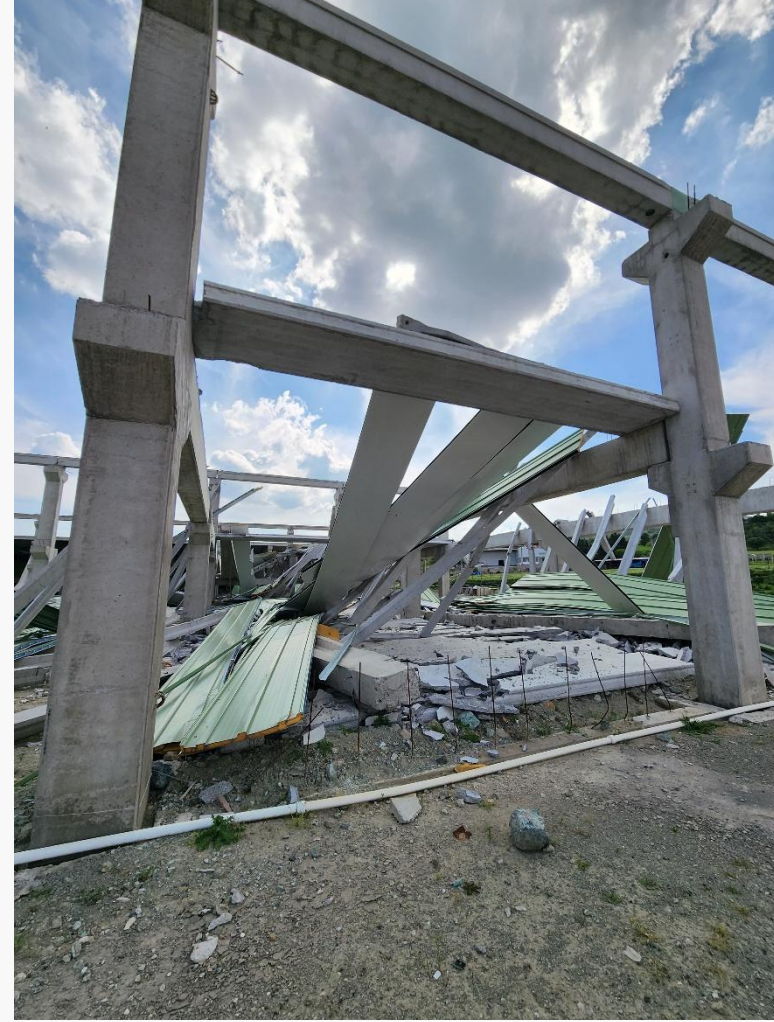


6 Şubat Maraş Depremi

En Öne Çıkan Hasar Kaynakları

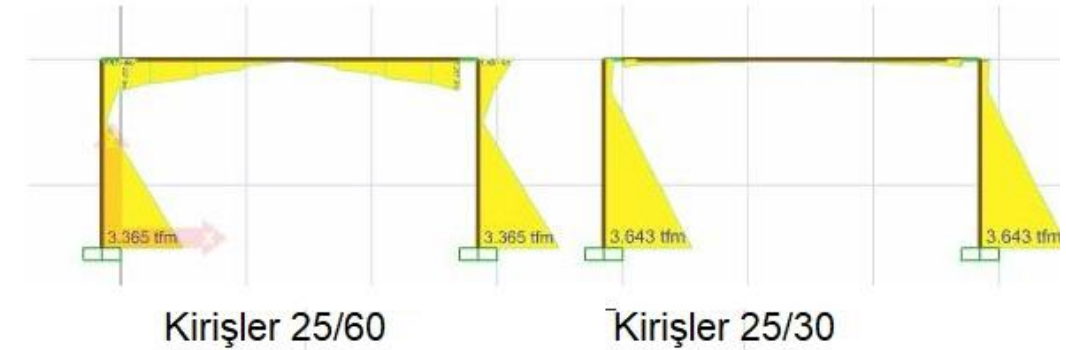
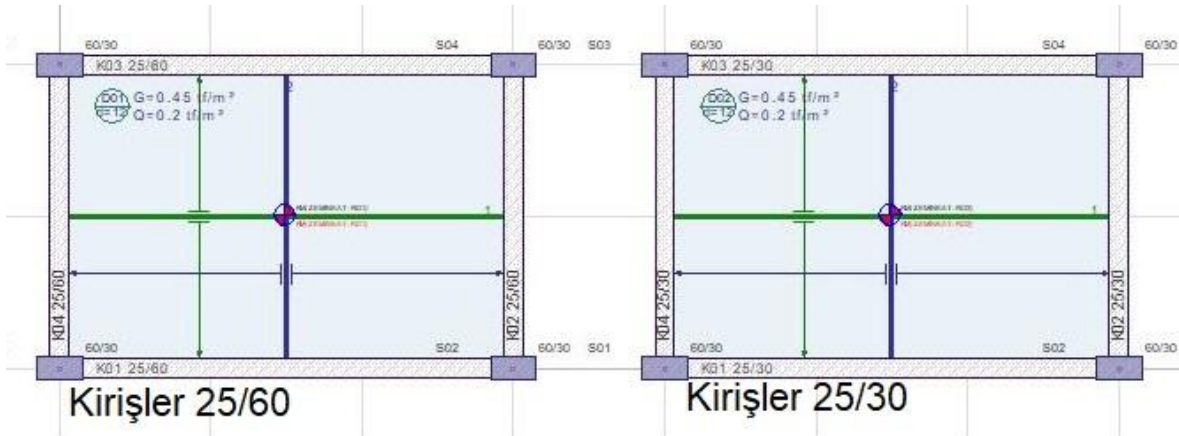
Prefabrik Yapı

Birleşim ve Yapı Stabilitesi Problemi



6 Şubat Maraş Depremi

Çerçeve Davranışı Ne Anlama Gelir ?



Figürde soldaki planda kirişler 25×60 ve sağdaki planda 25×30 ebatlarındadır. Kolonlar her iki yapıda da 30×60 . Aynı döşeme yükleri ve kalınlıkları ve aynı deprem etkisi altında Ex depremi altındaki moment diyagramları şeklin sağında görülebilir.

Aradaki bariz farz soldaki 25x60 kirişleri olan yapıda kolon üstlerinde momentlerin diğerine göre yaklaşık iki kat yüksek olmasıdır. Sağdaki modelde ise kiriş, kolondan çok az moment paylaşmış ve adeta basit mesnetli kiriş gibi çalışmıştır. Kolonlar ise adeta üstten mafsalsal bağlantılı konsol kolon gibi davranmıştır.

Çerçeve Davranışı Ne Anlama Gelir ?

Yönetmeliğin ilgili maddesi sürekli tek yönde boşluklu veya boşluksuz asmolen yapıdan bahsetmesine rağmen asıl kastettiği çerçeve etkisi yaratmayan yatık kirişlere sahip yapı tipini engellemektir.

Problem sadece tek yöne yük aktarması veya düşük döşeme kalınlığı (5-7 cm) sebebi ile rijit diyafram oluşturmaması olsa idi iki yöne yük aktaran ve oldukça kalın döşemelere sahip kirişsiz döşeme sistemleri de sınırlı sünek sayılmaz idi. Tamamı sınırlı sünek kabul edilen bu sistemlerin ortak özelliği çerçeve davranışı gösterecek kolon kiriş birleşimlerine sahip olmamalarıdır.

Hiç diyaframı olmayan döşemesiz çerçeve sistemler yüksek sünek detayları sahip ise yine yüksek sünektir.

Dolayısı ile döşemenin rijit diyafram oluşturup oluşturmaması veya tek ya da iki yöne yük aktarması değil yapının yeterli rijitliğe sahip kolon kiriş birleşimlerine sahip olması süneklik seviyesini yükseltir.

Bu anlamda ben iki yöne dişli döşeme yaptım diyerek yapınızı yüksek sünek yapamazsınız. Yapmanız gereken dik kirişlere sahip kolon kiriş birleşimleri oluşturmaktır. Bunu yapamıyor isek yeterli perde ekleyip karma sistemleri oluşturmaktır.

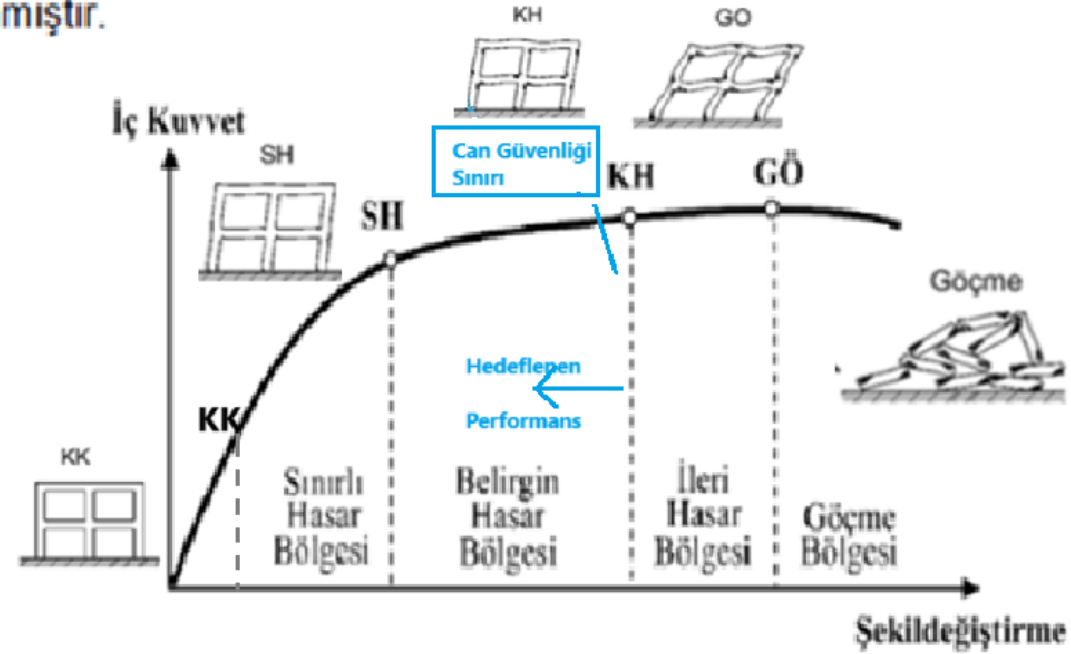
6 Şubat Maraş Depremi

Yapı Performans Seviyeleri Ne Anlama Gelir

Depreme Dayanıklı Yapı Hangi Seviye?

KH Yeterli mi?

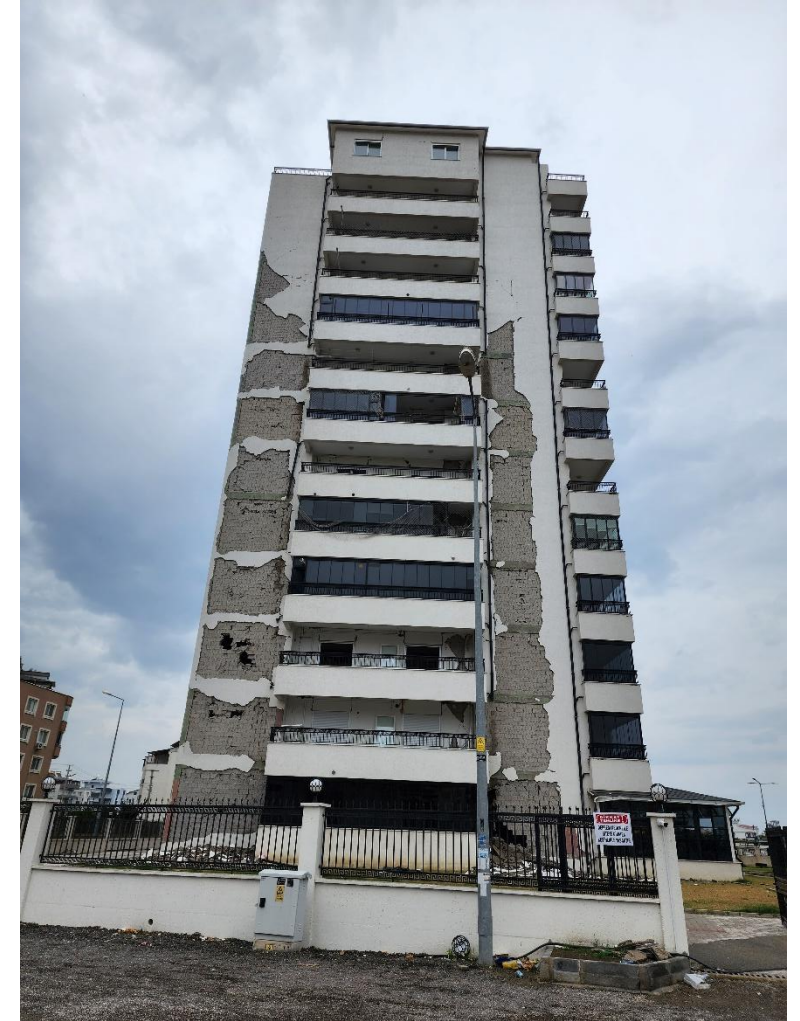
TBDY 2018 bölüm 15.3.2' de kesit hasar bölgeleri Şekil 15.1 de gösterildiği şekilde tanımlanmıştır.



Şekil 15.1

6 Şubat Maraş Depremi

Yapı Performans Seviyeleri Ne Anlama Gelir
Depreme Dayanıklı Yapı Hangi Seviye?
KH Yeterli mi?



Deprem Azaltma Katsayısı R Ne Anlama Gelir?

Hangi Durumlarda Azaltılması Gerekir?

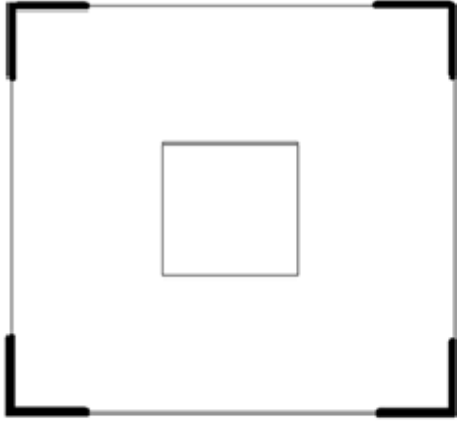
4.3.2.4 – DTS = 1, 1a, 2, 2a olan betonarme perdeli ve/veya çelik çaprazlı çerçeveli binalarda, herhangi bir doğrultuda aşağıda **(a)** ve **(b)**'de tanımlanan iki koşuldan birinin sağlanamaması durumunda, o doğrultuda *Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R* yerine $(4/5)R$ gözönüne alınacaktır. *Dayanım Fazlalığı Katsayısı D*'de herhangi bir değişiklik yapılmayacaktır. **4.5.4.5**'de verilen koşulu sağlayan bağ kirişli perde sistemi, tek bir perde olarak olarak gözönüne alınacaktır.

(a) Taşıyıcı sistemde tek bir perdenin veya çelik çaprazlı çerçevenin aldığı taban devrilme momenti M_{DEV} , o doğrultuda binanın tümü için deprem yüklerinden meydana gelen toplam taban devrilme momenti M_o 'ın $1/3$ 'ünden fazla olmayacaktır.

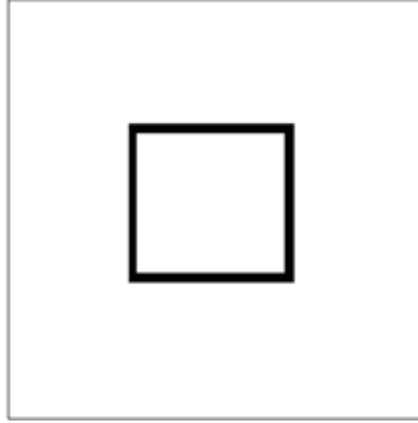
(b) Binanın her bir kenar aksında yer alan perde/perdelerin veya çelik çaprazlı çerçeve/çerçevelerin aldığı taban devrilme momenti M_{DEV} veya M_{DEV} 'lerin toplamı, o doğrultuda binanın tümü için deprem yüklerinden meydana gelen toplam taban devrilme momenti M_o 'ın $1/6$ 'sından az olmayacaktır.

6 Şubat Maraş Depremi

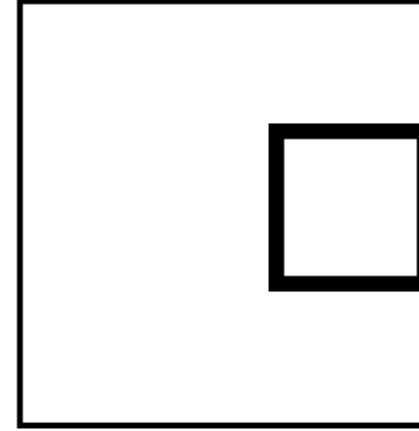
Deprem Azaltma Katsayısı R Ne Anlama Gelir?
Hangi Durumlarda Azaltılması Gerekir?



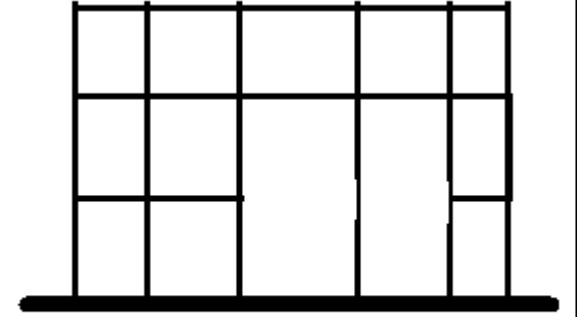
Perdeler Dış Akslara Yerleştirilmiş
BURULMA RİJİTLİĞİ YÜKSEK
EN İDEAL YERLEŞİM



Perdeler Merkez Aksa Yerleştirilmiş
BURULMA RİJİTLİĞİ DÜŞÜK
R AZALTILMASI GEREKİR



Perdeler Eksantrik Yerleştirilmiş
BURULMA RİSKİ !!!
R AZALTILMASI GEREKİR



Düşeyde Diyafram ve Çerçeve Düzensizliği
R AZALTILMASI GEREKİR

Yönetmelikleri Beklemeden Alacağımız Basit Önlemler

1- Kirişli çerçeveler ve dengelenmiş perdelerden oluşan yapı tipini tercih edeceğiz. Eksantrik perde yerleşimi ve burulma modlarının hakim olduğu yapılardan uzak duracağız.

Yapamıyor isek yapı R sini azaltabiliriz....

2- Yapı davranışını etkileyen herşeyi modele dahil etmeye çalışacağız (Örnek duvarlar)

Yapamıyor isek önlem alacağız... Deplasman yoğunlaşmasını beklediğimiz duvarsız katlara cezalandırıcı yatay yükler tanımlayabiliriz....

3- Yüksek yapı analizinde uzman değil isek narin yapıdan uzak duracağız.

H/L <2-3

4- Yapıda stress ve donatı yoğunlaşmasına izin vermeyeceğiz kolonlarda $N/b.d \leq 0,35$ donatı oranında % 1.5-2 altında kalalım.

5- Doğrusal tasarım yaptığımız yapıya mutlaka doğrusal olmayan bir performans analizi yapalım.

- 1- Yetkin Mühendis
- 2- Yetkin Denetleme
- 3- Yetkin Müteahhit
- 4- Yetkin Yapı Sahibi

Yıkmak kolay, yapmak zordur...

Beni dinlediğiniz için teşekkür ederim.

SUAT YILDIRIM

YLD Yıldırım Müh. A.Ş. Yön. Kur. Bşk.
DEGÜDER Yönetim Kurulu Danışmanı

