




17 AĞUSTOS 1999 DEPREMİNİN YOL AÇTIĞI KAYIPLAR

Deprem	Can Kaybı	Yaralı	Yıkılan/Ağır Hasarlı Bina Sayısı	Toplam Ekonomik Zarar
17 Ağustos 1999 Marmara M = 7.4	40.000	150.000	5000	20 Milyar \$

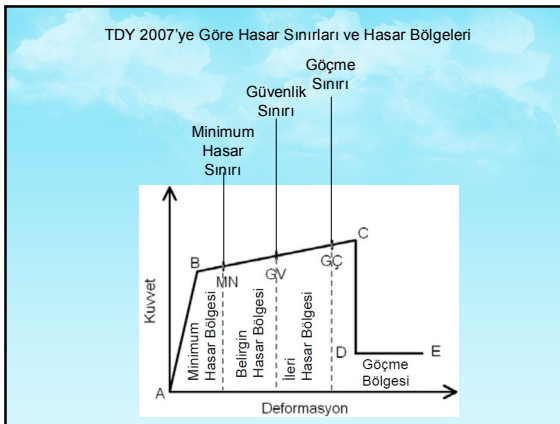


**Mark FİNTEL;**

“...Deprem mühendisliğinin ana kaygısı çökmeye karşı gerekli olan güvenlidir. Güvenliğe ek olarak hasar kontrolü bizim ana amacımız olmalıdır.

Çok katlı betonarme binaların depremler sırasındaki davranışına bakılırsa, hasar kontrolünü sağlamak için sünek perde duvarlar deprem bölgelerinde en iyi çözüm olarak görülmektedir.

Aslında, depremlerdeki gözlemlerden, perde duvarlar olmaksızın çok katlı bina inşa etmemizin artık mümkün olmadığı görülmektedir.”



**KULLANILABİLİRLİK KAVRAMI**

Kullanılabilirlik kavramı, en yüksek şiddetteki depremde dahi, **hemen depremin ardından**, yapının kullanılabilir durumda olması felsefesine dayanır.

Bu yeni felsefeye göre, kat ötelemelerinin deprem perdeleri ile sınırlandırılması gerekmektedir.

### 17 Ocak 1995 Kobe Depremi

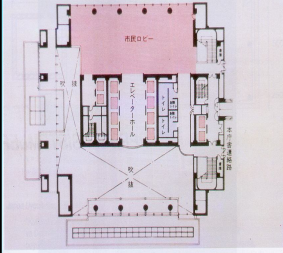
Deprem	Can Kaybı	Yaralı	Ağır ve Orta Hasarlı Bina
17 Ocak 1995 Kobe M = 7.4	5100	26.000	100000

### Kobe Belediye Binası



- Hiç hasar görmeden, depremi birkaç kılcak çatlakla veya bir iki mermer kaplama plakasının kırılması ile atlatan, yüksek katlı betonarme binalar "**Kullanılabilirlik**" kavramının en belirgin örnekleridir.
- Zemin üstüne 58 katlı betonarme bir bina olan Kobe Belediye Binası, depremde hiçbir hasar görmemiştir. Sadece, giriş katında asansör çekirdeği etrafındaki perde duvarın bazı mermer kaplamaları çatlamıştır.

### Kobe Belediye Binası Tipik Kat Planı



- Bu binanın tipik bir kat planı ve tıp içinde tıp şeklinde düzenlenen perde duvar sistemi gösterilmiştir. Yapılan hesaplar bu yüksek katlı binanın kat arası deplasmanlarının, yönetmelik sınırlarının çok altında kaldığını göstermiştir. Dolayısı ile, binanın depremde hiç hasar görmemesinin ve depremden sonra hemen kullanılabilir olmasının tek dayanağı, yatay kat arası deplasmanlarını önemli ölçüde sınırlayan bu yoğun deprem perdeleridir.

Dünyada hemen hemen tüm ülkelerin Deprem Yönetmeliklerinin öngördüğü geleneksel tasarım ilkesi özetle şöyledir;

“Binanın ömrü boyunca meydana gelebilecek en şiddetli depremde, can kaybını önlemek amacı ile, binanın kısmen veya tamamen göçmesi önlenmelidir. Bu esnada, bölme duvarları, dolgu duvarları, sıva ve kaplamalar gibi yapısal olmayan elemanlar ağır hasar görebilirler. Binanın yatay ve düşey yük taşıyıcı sisteminde bazı çatlaklar meydana gelmesine, hatta yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarın onarılabilecek düzeyde kalmasına izin verilir. Ancak, taşıyıcı sistemde herhangi bir göçme olmamalıdır.”

Yapısal olmayan elemanlarda ağır hasar, yapısal elemanlarda ise mafsallaşma ile sınırlı, göçme önlenmiş hafif hasar, başarılı bir deprem davranışı olarak kabul edilmektedir. Ancak, yapısal ve yapısal olmayan hasarların onarılması ve binanın ileride meydana gelebilecek şiddetli bir depreme karşı güçlendirilmesi için gerekli masraf binanın yenileme maliyetinin %30 ila %70 arasında olabilir. Fakat, binanın deprem sırasındaki davranışı hala "**başarılı**" sayılmaktadır.

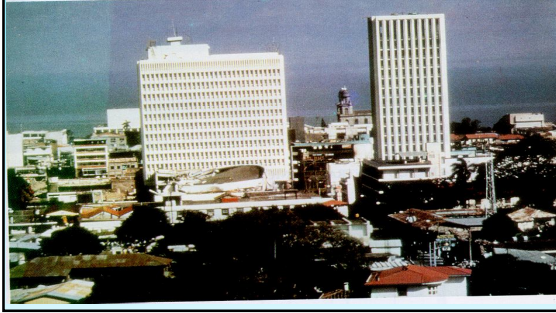
İşte bu onarım ve güçlendirme zorluklarını ortadan kaldırmak ve binanın depremden hemen sonra fonksiyonel hale gelmesini sağlamak amacı ile yeni bir tasarım ilkesi, "**Kullanılabilirlik**" ilkesi getirilmiştir.

### Kullanılabilirlik Kriteri'nde Kullanılan Semboller;

- n' inci Kattaki Maksimum Elastik Yer Değiştirme:  $d_n$
- Kat Yüksekliği :  $h$
- Kat Ötelemesi :  $\delta_o = d_{n+1} - d_n$
- Kat Ötelemesi Oranı :  $S_m = \delta_o / h$
- Taban Kesme Katsayısı :  $C_m = A_o S(t) / R$
- Kontrol Endeksi :  $i_m = 10^4 (S_m / C_m)$

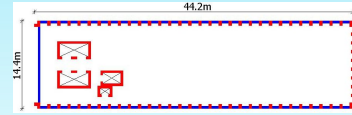
No	KRİTER	GENEL TASARIM İLKESİ	KULLANILABİLİRLİK İLKESİ	ORAN
		(a)	(b)	(a/b)
1	Maksimum Çatı Yer Değiştirmesi	$0.0035 H$ $0.02 H / R$	$0.0007 H$	5.0
2	Maksimum Kat Arası Deplasmanı	---	4 mm	---
3	Maksimum Kat Arası Deplasmanı Oranı	$0.0035$ $0.02 / R$	$0.0014$ ---	2.5 ---
4	Kontrol Endeksi'i	---	120	---

### Kullanılabilirlik İçin Gerçek Bir Örnek; 23 Aralık 1972 Managua, Nicaragua Depremi (M=6.5)

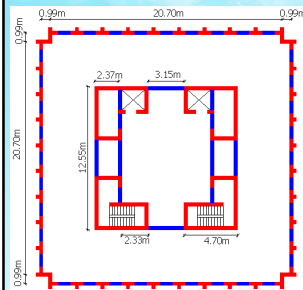


### Banco Central De Nicaragua Binası

- Banco Central de Nicaragua binası iki bodrumlu, çatısında eksantrik yerleşmiş bir çatı katı bulunan 15 katlı bir binadır. Asansör ve merdiven kovası, kat planlarında eksantrik yerleştirilmiştir.
- Kat planında rijitlikler simetrik dağıtılmamış, asansör ve merdiven kovası etrafındaki perde duvar eksantrisite yaratmıştır. Çerçevenin esnekliği nedeni ile binada önemli yatay deplasmanlar ve dolayısı ile önemli hasarlar meydana gelmiştir.

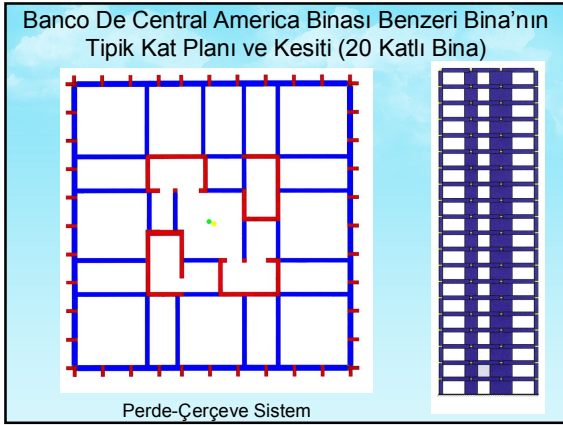
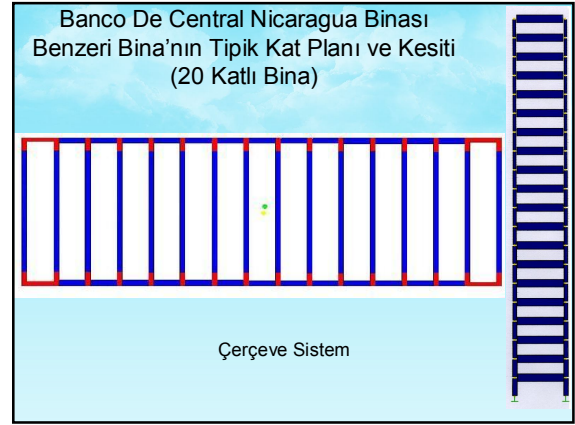
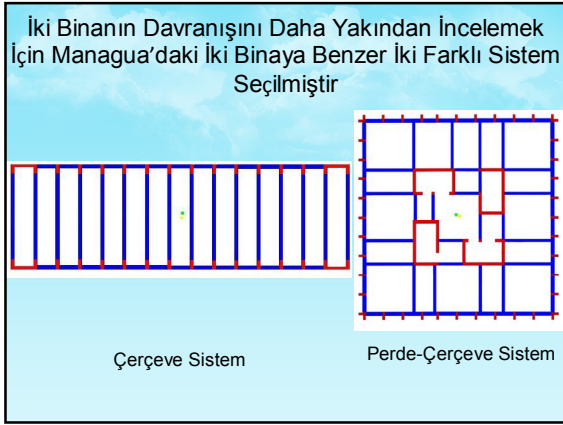


### Banco De America Binası



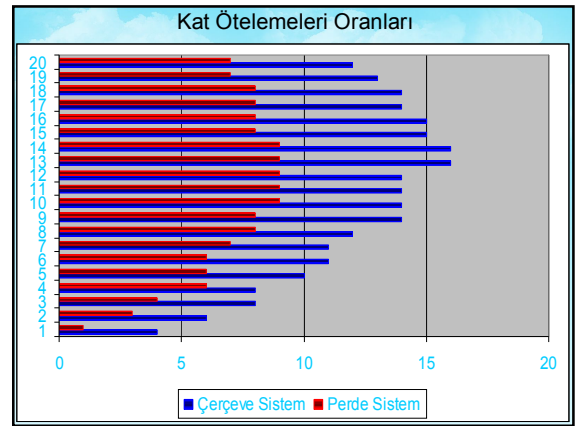
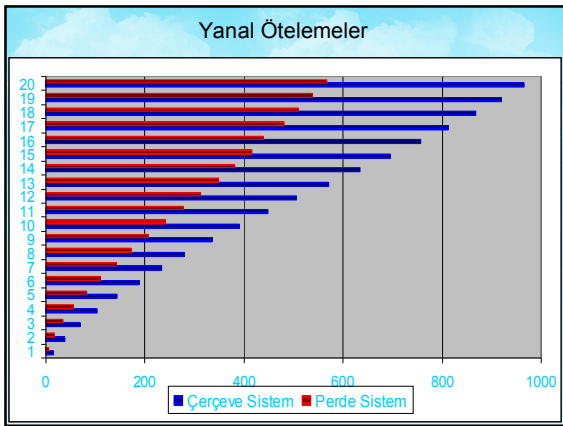
- Oysa, 18 katlı Banco de America binası deprem sırasında harika bir performans sergilemiştir. Deprem esnasında mobilyalar bile devrilmemiş, yalnızca bazı kitaplar raflardan düşmüştür. Bina, depremi yapısal olmayan çok hafif hasarlarla atlattığı ve ufak bazı onarımlarla bir hafta gibi kısa bir süre içinde hizmete sunulmuştur.

Birbirine bu kadar yakın bu iki binanın deprem davranışlarındaki bu tezat durum, birinin yıkılmaya kadar giden ağır hasarları, diğ erinin ise hemen hizmete sokulabilecek kadar çok hafif hasar görmesi, perdeli ve hatta çerçeve+perdeli sistemlerin deprem davranışlarının çok başarılı olduğunu bariz bir kanıttır.

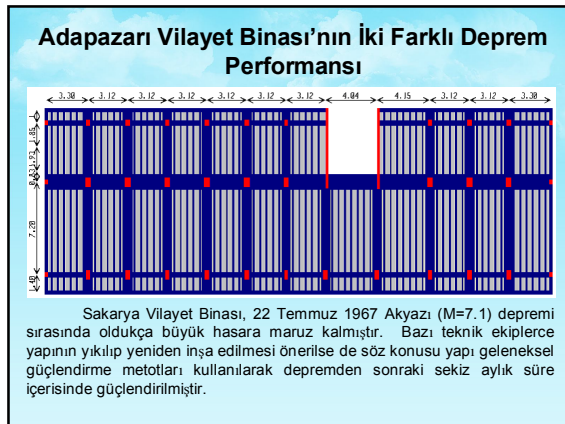
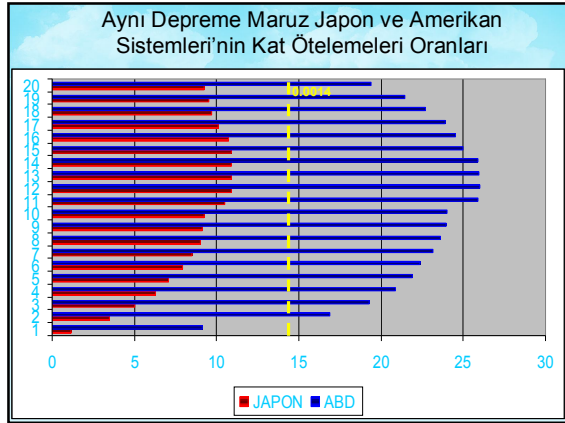
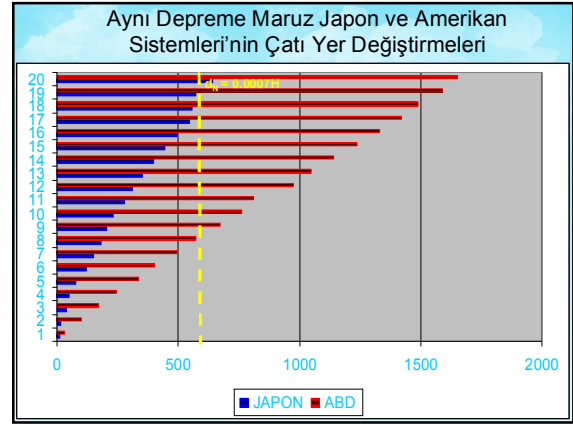
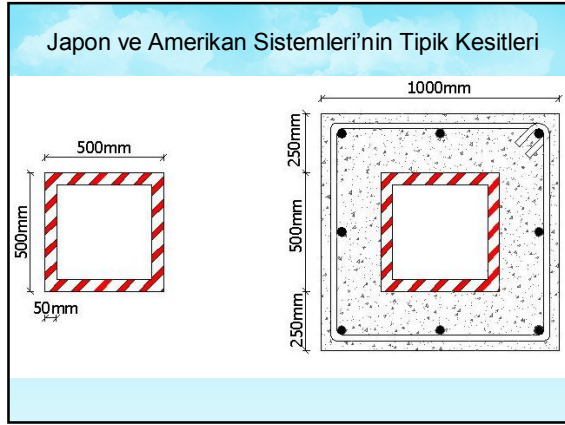


İki Binanın Analizi Sonucunda Elde Edilen Yanal Ötelemeler ve Kat Ötelemeleri

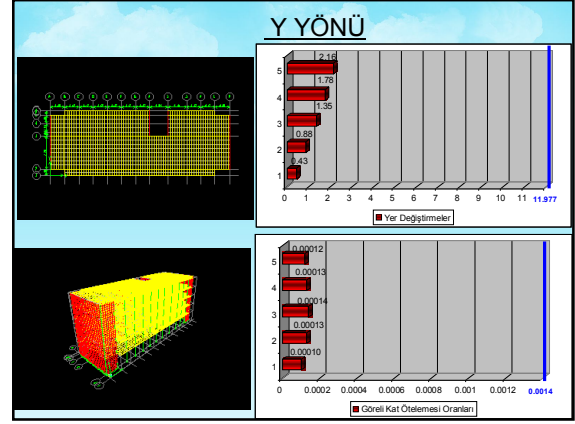
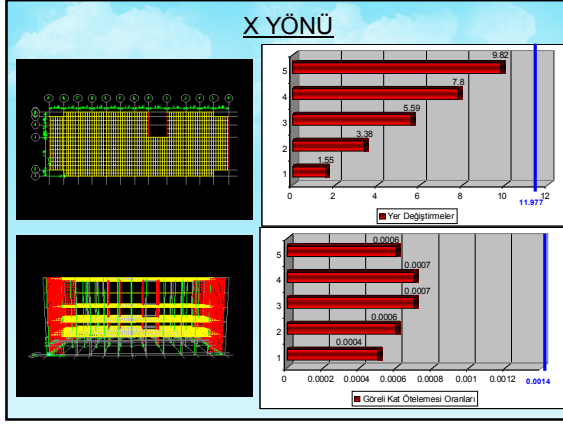
Kat	Çerçeve sistem		Perde sistem	
	Yanal Öteleme	Kat Ötelemesi	Yanal Öteleme	Kat Ötelemesi
	10 <sup>-4</sup> m	10 <sup>-4</sup> m	10 <sup>-4</sup> m	10 <sup>-4</sup> m
1	15	4	5	1
2	39	6	17	3
3	69	8	34	4
4	103	8	56	6
5	144	10	82	6
6	187	11	110	6
7	233	11	141	7
8	280	12	173	8
9	335	14	207	8
10	391	14	242	9
11	449	14	277	9
12	505	14	312	9
13	570	16	348	9
14	634	16	382	9
15	696	15	416	8
16	756	15	438	8
17	813	14	480	8
18	868	14	510	8
19	919	13	539	7
20	966	12	567	7





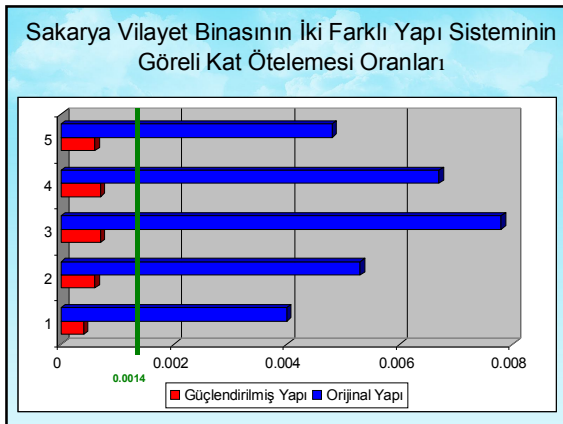
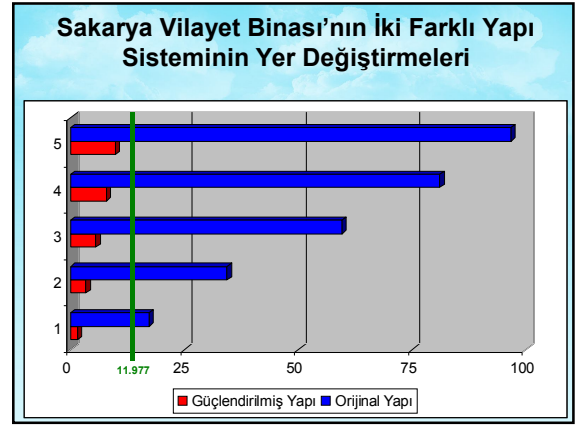






### İki Sistemin Karşılaştırılması

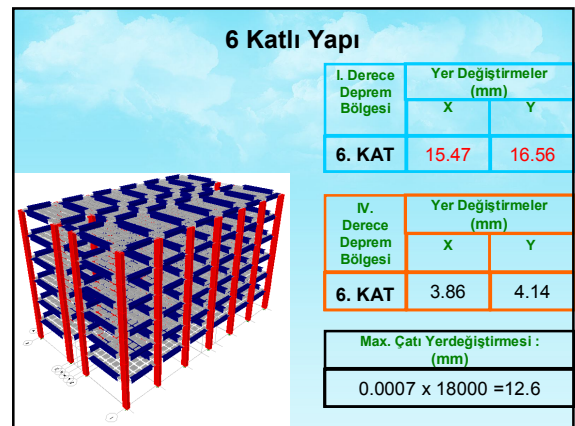
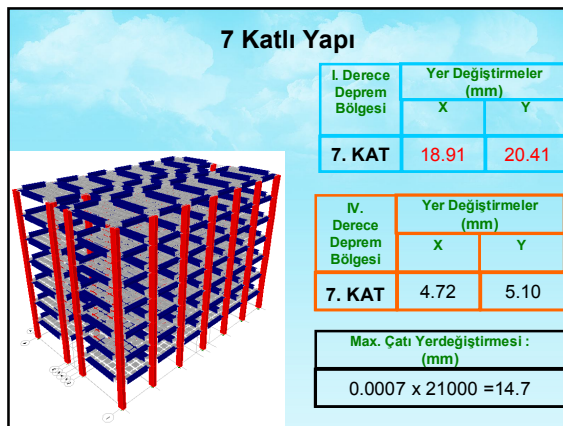
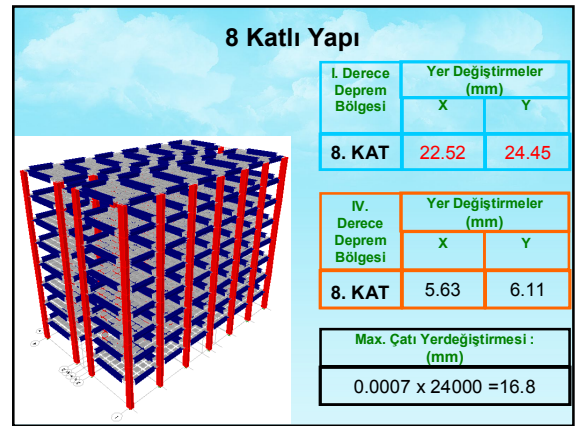
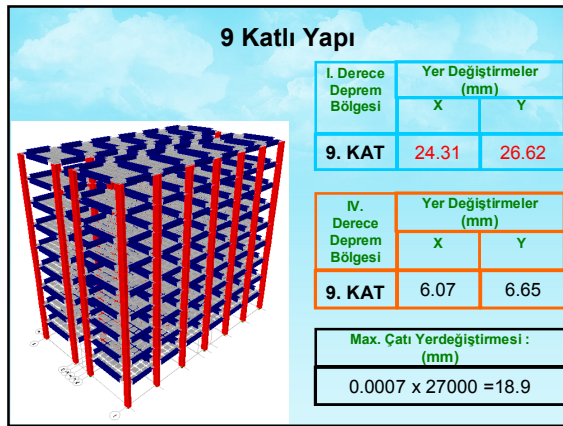
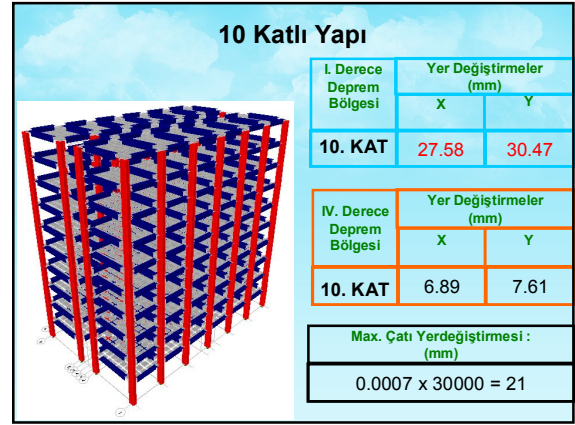
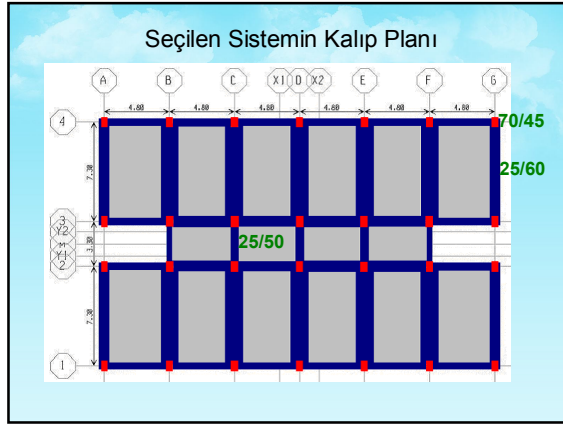
1967 Akyazı ve 1999 Marmara depremlerini iki farklı sistemle karşılamış olan Sakarya Vilayet Binası'nın, 1967'deki orijinal sistemi yıkılmaya gidecek kadar ağır hasara uğramıştı. Oysa bina, güçlendirilen yapı sistemiyle 1999 Marmara depreminden hemen sonra kullanılabilir durumdaydı ve Sakarya İli'nin kriz merkezi olarak hizmet verdi.

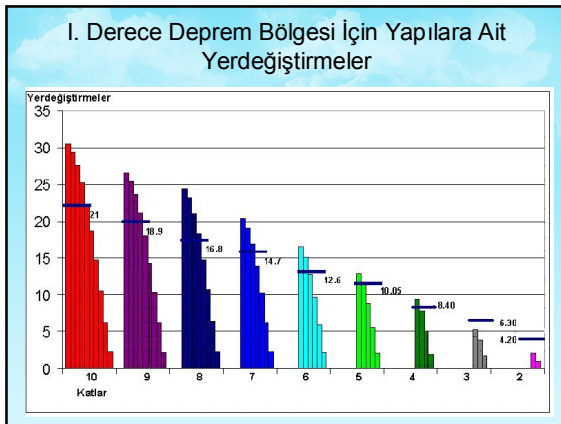
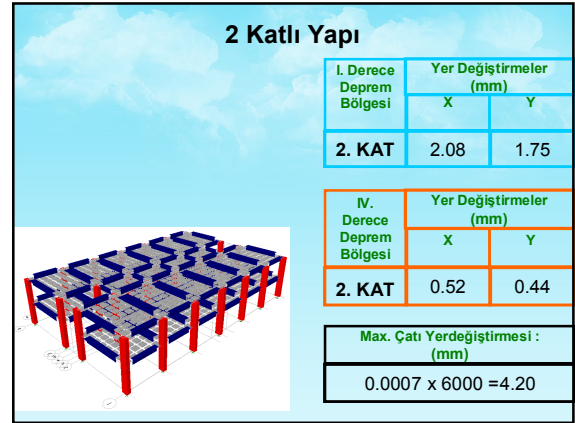
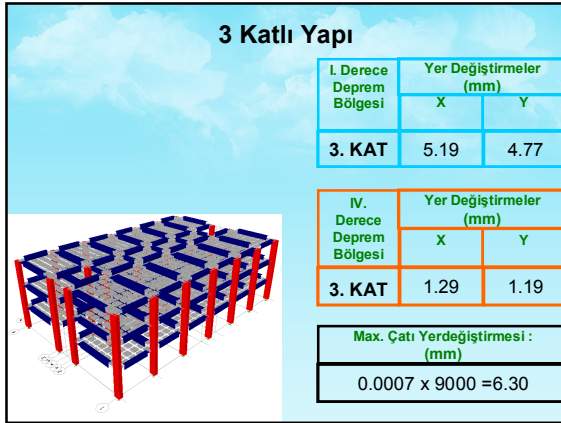
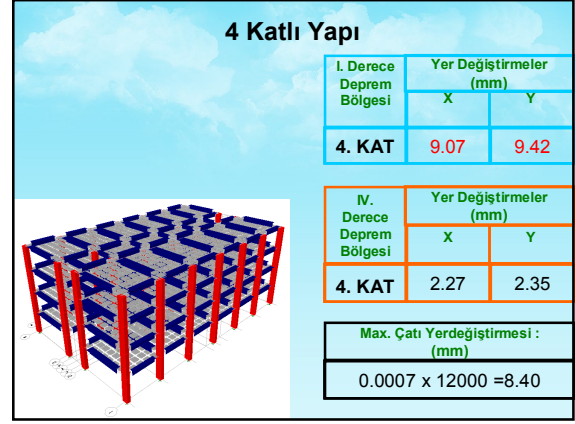
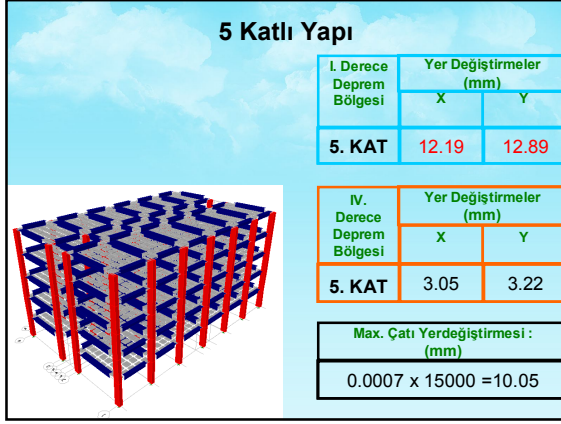


### Kullanılabilirlik ve Yapı Yüksekliği

Kullanılabilirlik kriterinin yapı yüksekliği ile olan ilişkisini belirlemek amacıyla mimari planı şekilde gösterilen yapı seçilmiş ve kat yüksekliği 3 metre olan 10 katlı bir yapı olarak dizayn edilmiştir. 10 katlı yapının I. ve IV. derece deprem bölgelerinde uygulandığı düşünülerek iki farklı çözüm yapılmıştır.



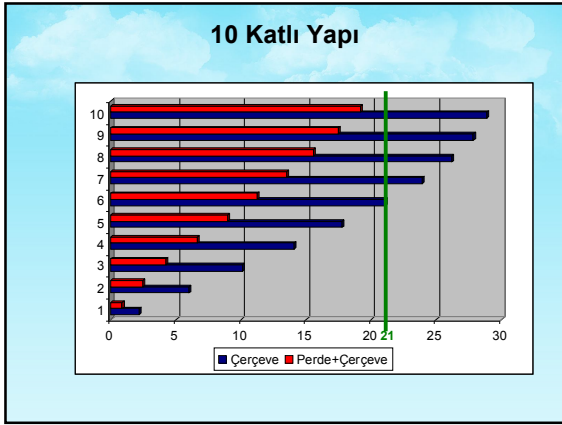
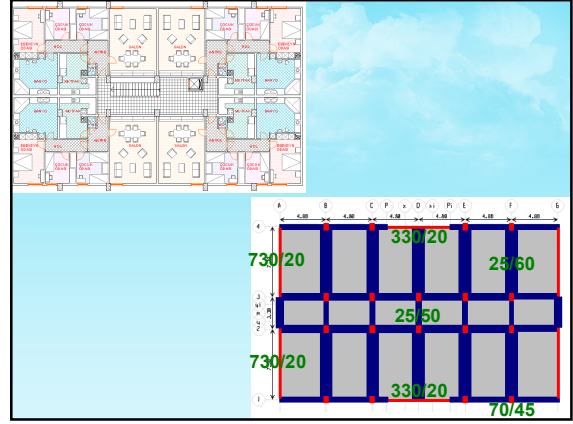
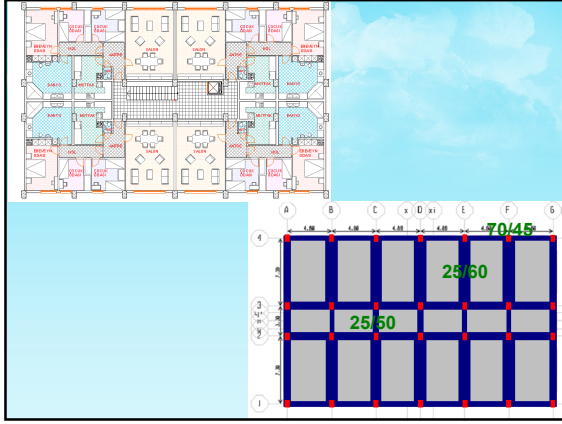




### KULLANILABİLİRLİĞİN YAPI MALİYET'İNE ETKİSİ

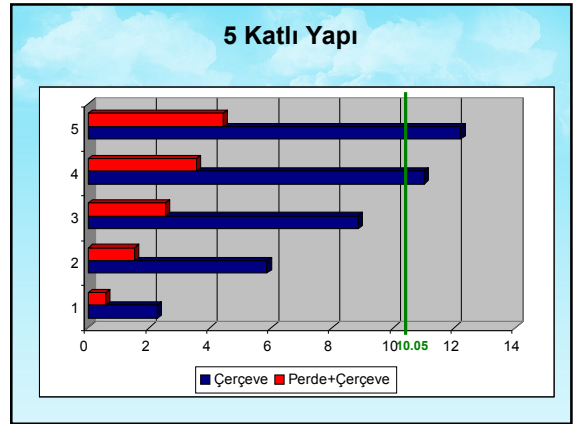
#### I. Derece Deprem Bölgesi

Kullanılabilirlik felsefesi ile inşa edilen yapılarda ne kadar maliyet artışı olabileceğini belirlemek amacı ile, bir yapı planı seçilerek, 10 katlı ve 5 katlı çerçeve sistem olarak **I. Derece Deprem Bölgesi**'nde statik analizleri yapılmıştır. Daha sonra binalar kullanılabilirlik kriterini sağlayacak şekilde taşıyıcı sistemi Perde+Çerçeve olarak belirlenmiş ve maliyet artışının ne mertebede olacağı hesaplanmıştır.



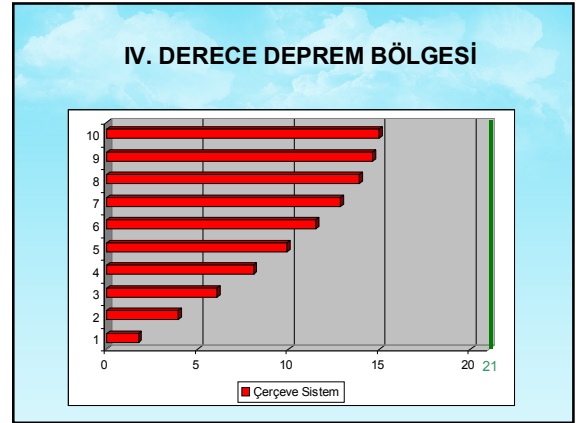
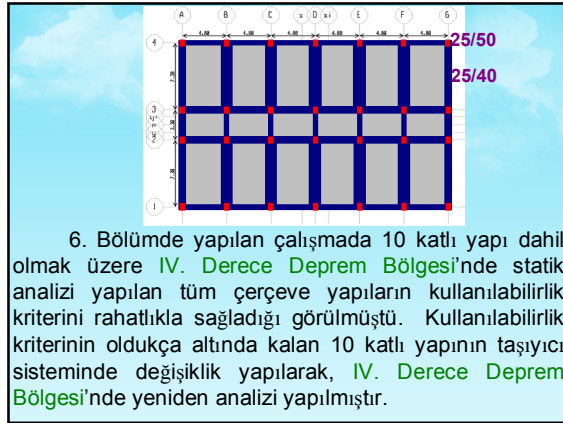
ÇERÇEVE SİSTEM					PERDE+ÇERÇEVE SİSTEM				
Malzeme	Birim	Miktar	Birim Fiyatı (\$)	Tutar (\$)	Malzeme	Birim	Miktar	Birim Fiyatı (\$)	Tutar (\$)
Beton (C20)	m <sup>3</sup>	1307.4	50.76	66363.6	Beton (C20)	m <sup>3</sup>	1382	50.76	70150.3
					Kalıp	m <sup>2</sup>	10102	6.65	67178.3
8-12 mm Donatı	t	85.7	604.18	51778.2	8-12 mm Donatı	t	78.6	604.18	47488.5
					14-18 mm Donatı	t	85.1	571.98	48675.5
14-18 mm Donatı	t	78.5	571.98	44900.4	Tuğla	adet	23820	0.0662	-1576.9
				<b>TOPLAM</b>	<b>222381</b>				
						<b>TOPLAM 231915</b>			

10 Katlı yapıda, taşıyıcı sistemin maliyet artışı %4.3 olmaktadır. Kaba inşaatın maliyeti tüm yapının maliyetinin %40'ı kadar olduğunu da göz önünde bulundurarak tüm yapının maliyet artışı %2 civarında olmaktadır.



ÇERÇEVE SİSTEM					PERDE+ÇERÇEVE SİSTEM				
Malzeme	Birim	Miktar	Birim Fiyatı (\$)	Tutar (\$)	Malzeme	Birim	Miktar	Birim Fiyatı (\$)	Tutar (\$)
Beton (C20)	m <sup>3</sup>	649.1	50.76	32948.3	Beton (C20)	m <sup>3</sup>	686.4	50.76	34841.6
Kalıp	m <sup>2</sup>	4465	6.65	29692.2	Kalıp	m <sup>2</sup>	5054.1	6.65	33609.7
8-12 mm Donatı	t	39.4	604.18	23804.7	8-12 mm Donatı	t	38.7	604.18	23381.7
14-18 mm Donatı	t	32.8	571.98	18760.9	14-18 mm Donatı	t	38.2	571.98	21849.6
					Tuğla	adet	11910	0.0662	-788.4
TOPLAM				105206	TOPLAM				112894

5 Katlı yapıda, taşıyıcı sistemin maliyet artışı %7.3 olmaktadır. Kaba inşaatın maliyeti tüm yapının maliyetinin %40'ı kadar olduğunu da göz önünde bulundurarak tüm yapının maliyet artışı %3 civarında olmaktadır.



ÇERÇEVE SİSTEM				
Malzeme	Birim	Miktar	Birim Fiyatı (\$)	Tutar (\$)
Beton (C20)	m <sup>3</sup>	878.5	50.76	44592.6
Kalıp	m <sup>2</sup>	7668.4	6.65	50994.8
8-12 mm Donatı	t	64.5	604.18	38969.6
14-18 mm Donatı	t	74.1	571.98	42383.7
TOPLAM				176940

Aynı yapının I. Derece Deprem Bölgesi'nde inşa edilmesi durumunda yapı, kullanılabilirlik sınırını sağlayamamaktadır. Daha önce analizi yapılan çerçeve yapıya göre kolon ve kiriş boyutları azaltılmasına karşılık IV. Derece Deprem Bölgesi'nde yapının kullanılabilirlik kriterini sağladığı ve yapı maliyetinin sadece kaba inşaat %25, tüm yapıda ise %10 azaldığı görülmektedir.

## SONUÇLAR

1) Çerçeve sistemler sünek yapıları ile deprem etkilerini absorbe etmelerine karşın yapısal olmayan elemanların hasarını engelleyemezler. Bazen çerçeve sistem ile inşa edilmiş yapılarda, meydana gelen depremlerden sonra, ikincil elemanların hasarının tamir ve takviye masrafları toplam yapı maliyetinin %70'ine kadar çıkabilmektedir. Yapısal olmayan elemanların hasarının önlenmesi için betonarme perde kullanımı oldukça etkili bir metottur.

2) Daha önceki depremlerden elde ettiğimiz tecrübeler göstermiştir ki, betonarme perdeler ile yanal yerdeğıştirmelerin sınırlandırıldığı yapılarda bazı yapı hataları olsa dahi, yapılar ağır hasara maruz kalmamaktadırlar. Depremlerden son derece zarar görmüş bir ulus olarak, yönetmeliğimizdeki yatay yer değıştirme sınırlarının betonarme perdeler ile daha da kısıtlanması bundan sonra oluşabilecek yeni felaketlerin önlenmesinde etkili olacaktır.

3) Yönetmeliğimizde yerdeğıştirmelerin sınırlandırılması için getirilen koşullarda revizyon yapılarak, bu sınırlar daha düşük değerlere çekilmelidir. Sınırlamalar belirlenirken yapının teşkil edileceğı deprem bölgesi de göz önüne alınmalıdır.

4) Bazen yapıların taşıyıcı sistemlerinin simetrik yerleştirilmemesi yada asimetrik yükleme sebebi ile yapılar burulma etkilerine maruz kalmakta ve yapının çok büyük yerdeğıştirmeler yapmasına sebep olmaktadır. Yapılarda burulmaya sebebiyet vermeyecek şekilde taşıyıcı sistem seçimi yapılmalı, yapıya etkiyecek yükler düzgün dağıtılmalıdır.

5) Betonarme perdelerin takviyesi ile yapı maliyetinin artışı **I. Derece Deprem Bölgesi**'nde on katlı yapı için %4.3, beş katlı yapı için ise %7.3 olduğu görülmektedir. Bu artış sadece kaba inşaat göz önüne alınarak hesap edilmiştir. Kaba inşaatın toplam yapı maliyetinin %40'ı civarında olduğu da düşünülürse tüm yapının, ince işler dahil, maliyetindeki artış on katlı yapı için **%2**, beş katlı yapı için ise **%3** civarında olacaktır. Oysa meydana gelebilecek birkaç depremdeki ikincil hasarların maliyeti bu maliyet artışından çok daha fazla olmaktadır.

6) Önceki depremlerden elde ettiğimiz tecrübeler ile çok katlı yapıların taşıyıcı sistemlerinin perde+çerçeve sistem olarak seçilmesi halinde kullanılabilirlik kriterini rahatlıkla sağlayacakları görülmektedir.

Teşekkürler...

Unutmadık...  
Unutmayacağız!



Haftaya; SİSMİK İZOLATÖRLER