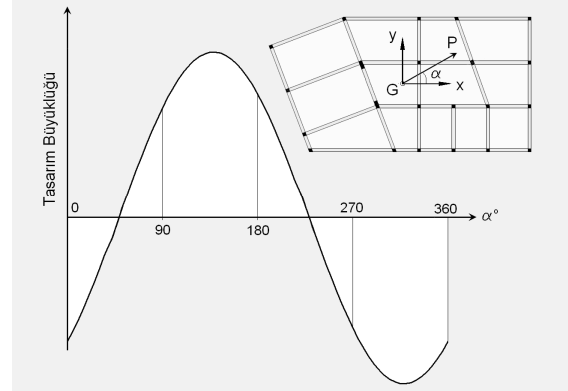


Elverişsiz Deprem Doğrultuları için Yaklaşık bir Çözüm

Günay Özmen
İstanbul Teknik Üniversitesi

1/60

Elverişsiz Deprem Doğrultusu



2/60

Önceki Sunum

Deprem Etkisi Altında Tasarım İç Kuvvetleri (Ocak 2011)

- 4 adet tek katlı "Tipik Yapı" seçilerek DBYBHY'deki "Ortak Etki Formülleri" irdelenmiştir.

$$B_a = \pm B_{ax} \pm 0.30 B_{ay} \quad \text{veya} \quad B_a = \pm 0.30 B_{ax} \pm B_{ay}$$
$$B_b = \pm B_{bx} \pm 0.30 B_{by} \quad \text{veya} \quad B_b = \pm 0.30 B_{bx} \pm B_{by}$$

3/60

Sonuçlar

- DBYBHY esaslarına göre elde edilen donatı oranlarındaki hatalar pratik uygulamalar bakımından kabul edilebilir mertebededir.
- Yönetmelikte verilen "Ortak Etki Formülleri"nde 0.30 katsayıları yerine 0.35 değerinin kullanılması halinde hata mertebeleri çok değişmemekte, fakat güvensiz yöndeki hatalar önemli oranda azalmaktadır.
- Varsayımların irdelenmesi için daha geniş çapta araştırmalar yapılmalıdır.

4/60

Önerilen Yaklaşık Çözüm

	DBYBHY	Yaklaşık Çözüm
Yüklemeler		
Yükleme	2 (4) Adet	4 (8) Adet
Yükleme Birleşimi	64 Adet	16 Adet

5/60

Sunum Düzeni

1. Giriş, Tipik Yapılar ve Varsayımlar
2. Kolon Donatı Oranları
3. Kiriş Uç Momentleri

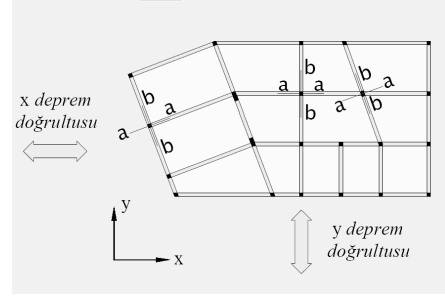
6/60

Tasarım Büyüklükleri

- Kirişlerde Uç Momentleri (KTKK - A. Çakıroğlu, 1975)
- Kolonlarda Donatı Oranları (İki eksenli eğilme)

7/60

Deprem Doğrultuları



Tüm taşıyıcı elemanlar (kolonlar, kirişler ve perdeler) için özel bir elverişsiz deprem doğrultusu vardır.

8/60

Eleman Asal Eksen Doğrultularındaki İç Kuvvetler (DBYBHY - Madde 2.7.5.)

$$B_a = \pm B_{ax} \pm 0.30 B_{ay} \quad \text{veya} \quad B_a = \pm 0.30 B_{ax} \pm B_{ay}$$

$$B_b = \pm B_{bx} \pm 0.30 B_{by} \quad \text{veya} \quad B_b = \pm 0.30 B_{bx} \pm B_{by}$$

Temel Deprem Yüklemeleri

EXP	X yönünde +%5 dışmerkezlilik
EXN	X yönünde -%5 dışmerkezlilik
EYP	Y yönünde +%5 dışmerkezlilik
EYN	Y yönünde -%5 dışmerkezlilik

9/60

Deprem Yüklemesi Birleşimleri

Birleşim No.	EXP	EXN	EYP	EYN
1	1		0.30	
2	1		-0.30	
3	1			0.30
4	1			-0.30
5	-1		0.30	
6	-1		-0.30	
7	-1			0.30
8	-1			-0.30
9		1	0.30	
10		1	-0.30	
11		1		0.30
12		1		-0.30
13		-1	0.30	
14		-1	-0.30	
15		-1		0.30
16		-1		-0.30

10/60

Deprem Yüklemesi Birleşimleri

Birleşim No.	EXP	EXN	EYP	EYN
17	0.30		1	
18	-0.30		1	
19		0.30	1	
20		-0.30	1	
21	0.30		-1	
22	-0.30		-1	
23		0.30	-1	
24		-0.30	-1	
25	0.30			1
26	-0.30			1
27		0.30		1
28		-0.30		1
29	0.30			-1
30	-0.30			-1
31		0.30		-1
32		-0.30		-1

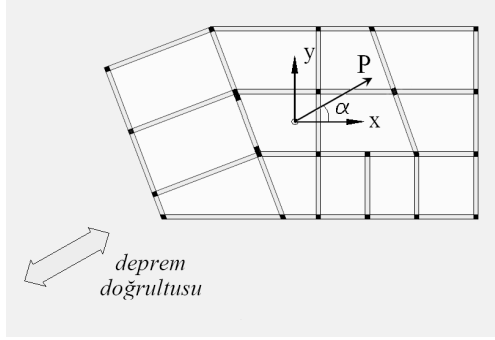
11/60

Toplam Yükleme Birleşimleri

1.4G+1.6Q	1 Adet
G+Q±[E]	32 Adet
0.9G±[E]	32 Adet
Toplam	65 Adet

12/60

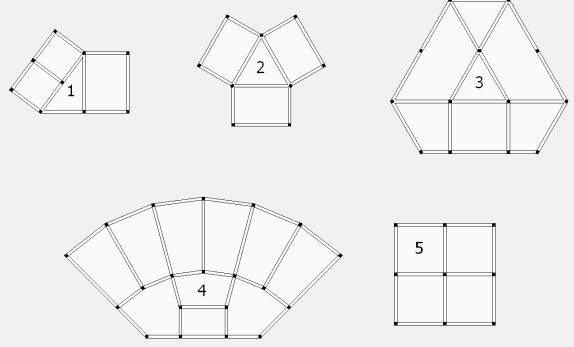
Parametrik Araştırma



$$\alpha = 0, 5, 10, \dots, 180^\circ (\pm P \rightarrow 360^\circ)$$

13/60

Tipik Yapılar



14/60

Genel Özellikler ve Varsayımlar

- Tüm örneklerde düşey taşıyıcı elemanlar kolonlardır. Perde kullanılmamıştır.
- Tüm kolonların kesitleri 30x30 cm² dir ve 8 adet donatı kullanılmıştır.
- Tüm örneklerde malzeme kalitesi beton C25 ve çelik BÇIII olarak seçilmiştir.
- Tüm örnekler tek katlı olup kat yükseklikleri 4.00 m'dir.

15/60

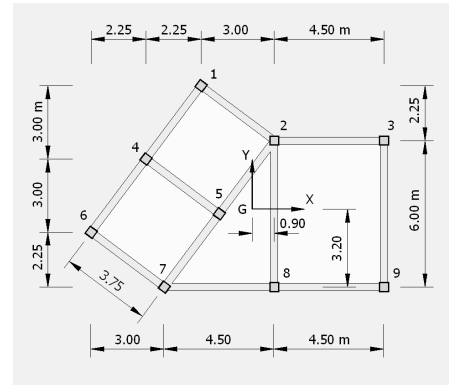
- Donatı hesaplarında düşey yüklerden oluşan eğilme momentleri göz önüne alınmamıştır. Bu varsayımın irdelemelere etkisinin ihmal edilebilecek nitelikte olduğu düşünülmektedir.
- Tüm örnekler için, eksenel kuvvet ve eşdeğer deprem yükü değerleri, kolon donatı oranları % 1~2 mertebesinde elde edilecek biçimde seçilmiştir.
- Ek dışmerkezlilikler göz önüne alınmamıştır.

16/60

Kolon Donatı Oranları

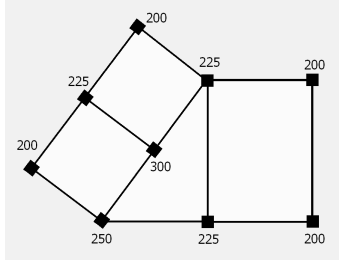
17/60

Tip 1 Kalıp Planı



18/60

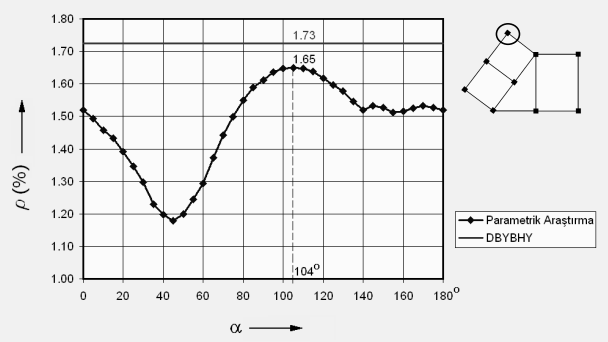
Kolon Aksenal Kuvvetleri (kN)



Eşdeğer Deprem Yüğü = 320 kN

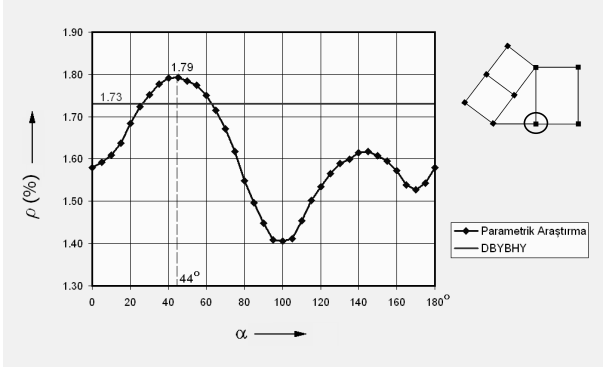
19/60

Kolon 1 Donatı Oranı Değişimi



20/60

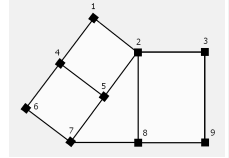
Kolon 8 Donatı Oranı Değişimi



21/60

Parametrik Araştırma Sonuçları

Kolon No.	Parametrik Araştırma Donatı Yüzdesi	α (derece)	DBYBHY Donatı Yüzdesi	Hata (%)
1	1.65	104	1.73	4.6
2	1.81	128	1.79	-1.3
3	1.79	123	1.89	5.2
4	1.63	2	1.68	3.1
5	1.64	13	1.73	5.3
6	1.64	5	1.69	3.0
7	1.74	13	1.82	4.4
8	1.79	44	1.73	-3.5
9	1.96	52	1.99	1.8



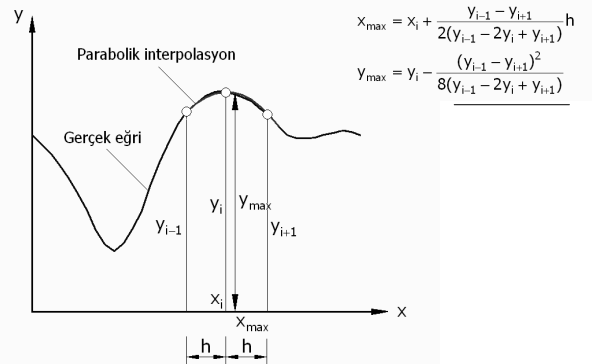
22/60

Farklı Artım Değerleri için Donatı Yüzdeleri

Kolon No.	α Açısı Artım Değeri				
	1°	5°	10°	20°	45°
1	1.65	1.65	1.65	1.65	1.61 *
2	1.81	1.81	1.81	1.79 *	1.80 *
3	1.79	1.79	1.79	1.79	1.76 *
4	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63
5	1.64	1.64	1.64	1.63 *	1.63 *
6	1.64	1.64	1.64	1.64	1.64
7	1.74	1.74	1.74	1.73 *	1.71 *
8	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79
9	1.96	1.95 *	1.95 *	1.91 *	1.92 *

23/60

Parabolik İnterpolasyon



24/60

Parabolik İnterpolasyon Sonuçları

Kolon No.	Donatı Yüzdeleri	
	1° Artım için	5° Artım için Parabolik İnterpolasyon
1	1.65	1.65
2	1.81	1.81
3	1.79	1.79
4	1.63	1.63
5	1.64	1.64
6	1.64	1.64
7	1.74	1.74
8	1.79	1.79
9	1.96	1.96

25/60

Sonuçlar (1)

- 1°, 5° ve 10° artım değerleri için elde edilen sonuçların hemen hemen aynı olduğu görülmektedir.
- 5° artım için parabolik interpolasyon ile bulunan sonuçların 1° artım için elde edilenlerle özdeş oldukları görülmektedir.
- 5° artım için parabolik interpolasyon ile bulunan sonuçların kesin olduğu kabul edilebilir.
- Bundan sonraki irdelemelerde bu sonuçlar kesin olarak kabul edilecektir.

26/60

45° Artım için Hatalar

Kolon No.	Parametrik Araştırma Donatı Yüzdeleri	45° Artımda Donatı Yüzdeleri	Hata (%)	DBYBHY Donatı Yüzdeleri	Hata (%)
1	1.65	1.61	-2.4	1.73	4.6
2	1.81	1.80	-0.6	1.79	-1.3
3	1.79	1.76	-1.7	1.89	5.2
4	1.63	1.63	0.0	1.68	3.1
5	1.64	1.63	-0.6	1.73	5.3
6	1.64	1.64	0.0	1.69	3.0
7	1.74	1.71	-1.7	1.82	4.4
8	1.79	1.79	0.0	1.73	-3.5
9	1.96	1.92	-2.0	1.99	1.8

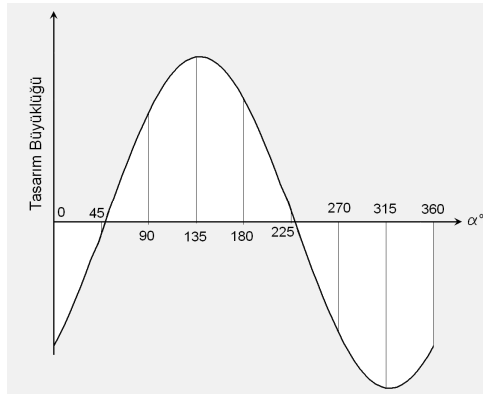
27/60

Sonuçlar (2)

- 45° artım değerleri için elde edilen sonuçların çoğunluğu hatalıdır. Hatalar (beklendiği gibi) negatif (güvensiz) yöndedir.
- Ancak bu hatalar pratik uygulamalar bakımından kabul edilebilir mertebededir.
- 45° artım değerleri için bulunan sonuçlardaki hatalar (genellikle) DBYBHY esaslarına göre elde edilenlerden daha düşüktür.
- Bundan sonraki irdelemelerde sadece 45° artım değerleri kullanılacaktır.

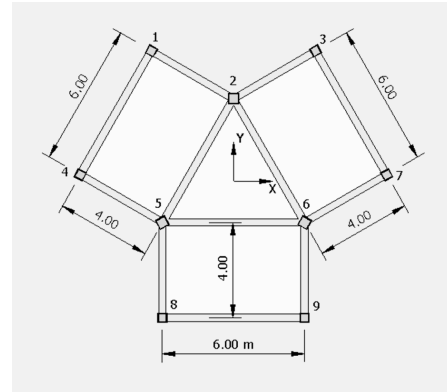
28/60

45° Artım



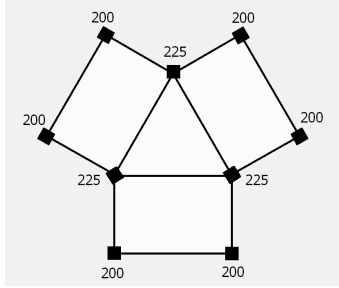
29/60

Tip 2 Kalıp Planı



30/60

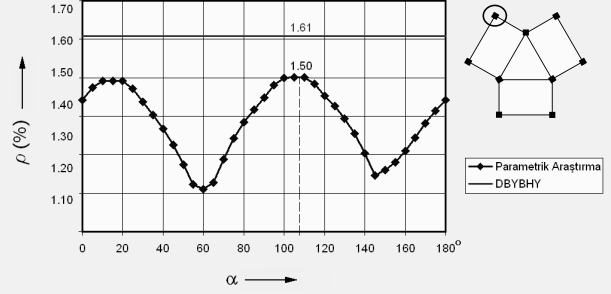
Kolon Aksenal Kuvvetleri (kN)



Eşdeğer Deprem Yüğü = 220 kN

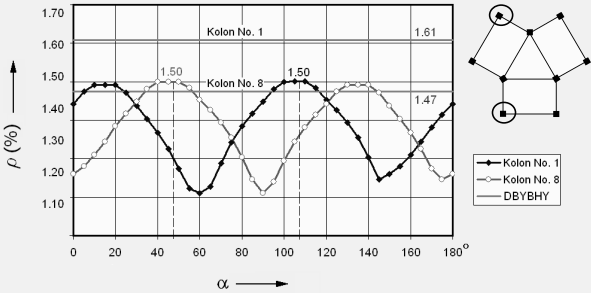
31/60

Kolon 1 Donatı Oranı Değişimi



32/60

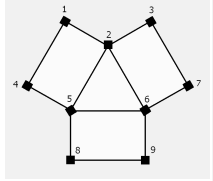
Kolon 1 ve 8 Donatı Oranı Değişimi



33/60

45° Artım için Donatı Yüzdeleri ve Hatalar

Kolon No.	Parametrik Araştırma	45° Artım	Hata (%)	DBYBHY	Hata (%)
1	1.50	1.45	-3.3	1.61	7.1
2	1.62	1.61	-0.6	1.56	-3.3
3	1.50	1.45	-3.3	1.61	7.1
4	1.50	1.45	-3.3	1.61	7.0
5	1.62	1.57	-3.1	1.72	6.2
6	1.62	1.57	-3.1	1.72	6.2
7	1.50	1.45	-3.3	1.61	7.0
8	1.50	1.50	0.0	1.47	-1.7
9	1.50	1.50	0.0	1.47	-1.7



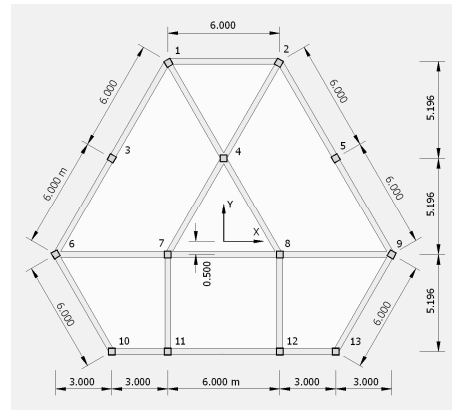
34/60

Gözlemler

- Sadece 45° artım (4 yükleme) kullanılarak elde edilen donatı oranları merkezi simetri özelliğini yansıtmamaktadır. Ancak hatalar yine de düşük mertebededir.
- Bu örnek için de hatalı sonuçların tümü güvensiz yöndedir.
- Bu örnek için de 45° artım değerleri için bulunan sonuçlardaki hatalar DBYBHY esaslarına göre elde edilenlerden daha düşüktür.

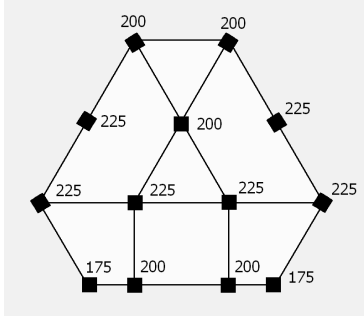
35/60

Tip 3 Kalıp Planı



36/60

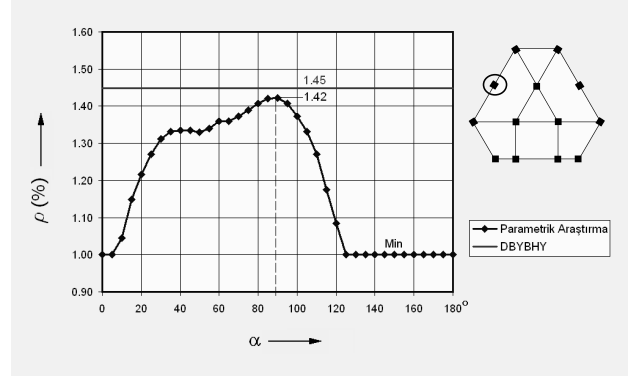
Kolon Aksenal Kuvvetleri (kN)



Eşdeğer Deprem Yüğü = 440 kN

37/60

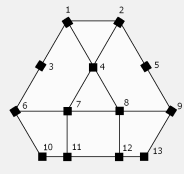
Kolon 3 Donatı Oranı Değişimi



38/60

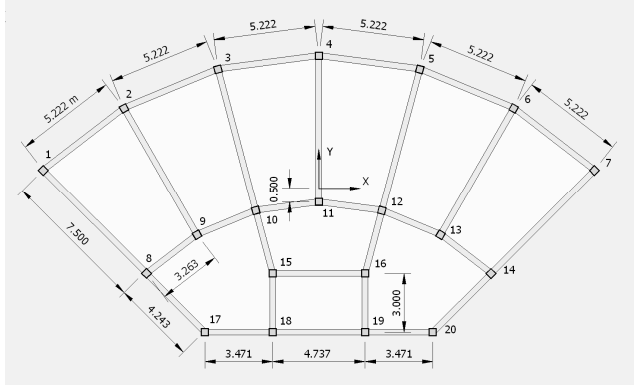
45° Artım için Donatı Yüzdeleri ve Hatalar

Kolon No.	Parametrik Arastirma	45° Artım	Hata (%)	DBYBHY	Hata (%)
1	1.60	1.58	-1.3	1.66	4.3
3	1.42	1.42	0.0	1.45	1.7
4	1.55	1.53	-1.3	1.56	0.6
6	1.68	1.62	-3.6	1.75	4.5
7	1.70	1.69	-0.6	1.65	-3.0
10	1.78	1.76	-1.1	1.82	2.1
11	1.76	1.74	-1.1	1.80	2.3



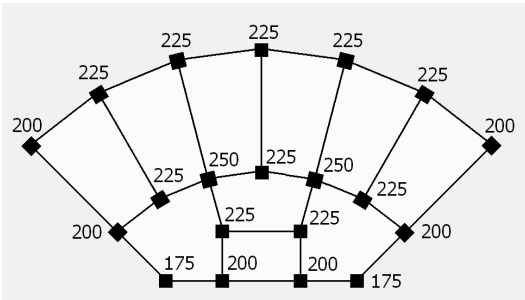
39/60

Tip 4 Kalıp Planı



40/60

Kolon Aksenal Kuvvetleri (kN)

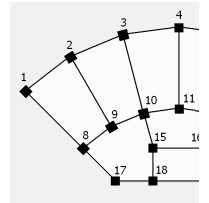


Eşdeğer Deprem Yüğü = 700 kN

41/60

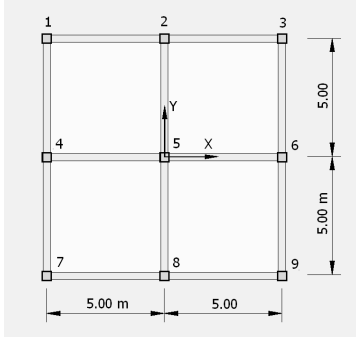
45° Artım için Donatı Yüzdeleri

Kolon No.	Parametrik Arastirma	45° Artım	Hata (%)	DBYBHY	Hata (%)
1	1.65	1.64	-0.6	1.83	11.0
2	1.78	1.74	-2.2	1.82	2.5
3	1.75	1.74	-0.6	1.77	0.8
4	1.75	1.73	-1.1	1.74	-0.9
8	1.70	1.68	-1.2	1.76	3.4
9	1.74	1.64	-5.7	1.81	3.7
10	1.71	1.67	-2.3	1.75	2.7
11	1.65	1.64	-0.6	1.59	-3.5
15	1.63	1.62	-0.6	1.64	0.3
17	1.46	1.46	0.0	1.47	0.3
18	1.61	1.60	-0.6	1.61	0.1



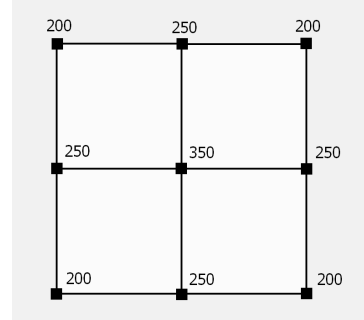
42/60

Tip 5 Kalıp Planı



43/60

Kolon Aksenal Kuvvetleri (kN)

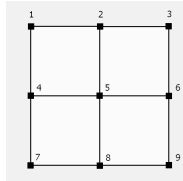


Eşdeğer Deprem Yüğü = 350 kN

44/60

45° Artım için Donatı Yüzdeleri ve Hatalar

Kolon No.	Parametrik Araştırma	45° Artım	Hata (%)	DBYBHY	Hata (%)
1	1.78	1.78	0.0	1.75	-1.4
2	1.87	1.85	-1.1	1.81	-3.0
3	1.78	1.78	0.0	1.75	-1.4
4	1.87	1.85	-1.1	1.81	-3.0
5	1.98	1.98	0.0	1.82	-8.2
6	1.87	1.85	-1.1	1.81	-3.0
7	1.78	1.78	0.0	1.75	-1.4
8	1.87	1.85	-1.1	1.81	-3.0
9	1.78	1.78	0.0	1.75	-1.4



45/60

Hata Özetleri

	TİP 1	TİP 2	TİP 3	TİP 4	TİP 5
Maksimum Hata (%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Minimum Hata (%)	-2.4	-3.3	-3.6	-5.7	-1.1
Ortalama Hata (%)	-1.0	-2.2	-1.3	-1.5	-0.5
Negatif Hatalı Kolonlar	6/9	6/9	12/13	18/20	4/9

DBYBHY

	TİP 1	TİP 2	TİP 3	TİP 4	TİP 5
Maksimum Hata (%)	5.3	7.1	4.5	11.0	-1.4
Minimum Hata (%)	-3.5	-3.3	-3.0	-3.5	-8.2
Ortalama Hata (%)	± 3.6	± 5.3	± 2.8	± 2.7	-2.9
Negatif Hatalı Kolonlar	2/9	3/9	2/13	1/20	9/9

46/60

Genel Hata Özeti

	45° Artım	DBYBHY
Maksimum Hata (%)	0.0	11.0
Minimum Hata (%)	-5.7	-8.2
Ortalama Hata (%)	-1.3	± 3.3
Negatif Hatalı Kolonlar	46/60	17/60

47/60

Sonuçlar (2)

- 45° artım değerleri için tüm tipik yapılarda elde edilen sonuçların çoğunluğu hatalıdır. Hatalar (beklendiği gibi) negatif (güvensiz) yöndedir.
- Ancak bu hatalar pratik uygulamalar bakımından kabul edilebilir mertebededir.
- 45° artım değerleri için bulunan sonuçlardaki ortalama hatalar (genellikle) DBYBHY esaslarına göre elde edilenlerden daha düşüktür.

48/60

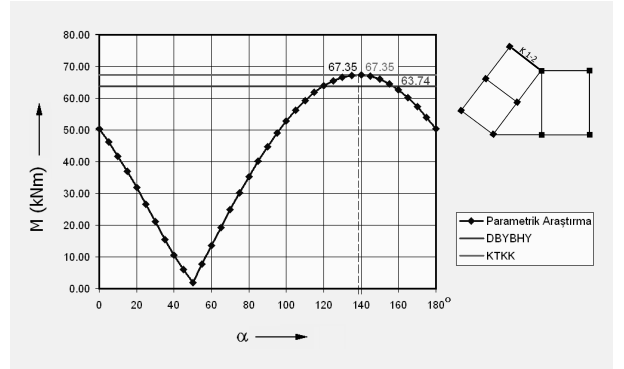
Kiriş Uç Momentleri

Çakıroğlu, A., En Büyük Tesirleri Veren Deprem Doğrultularının Tayini, İ.T.Ü. Dergisi, Cilt 33, Sayı 3, 1975.

$$B = \pm \sqrt{B_x^2 + B_y^2}$$

49/60

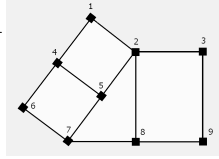
Tip 1 K 1-2 Kirişinde Uç Momentleri Değişimi



50/60

Uç Momentleri (kNm)

Kiriş No.	Parametrik Araştırma (KTKK)	45° Artım	Hata (%)	DBYBHY	Hata (%)
1-2	67.35	67.24	-0.2	63.74	-5.4
2-3	62.38	62.25	-0.2	63.43	1.7
4-5	68.63	67.83	-1.2	67.52	-1.6
6-7	64.52	62.87	-2.6	64.97	0.7
7-8	31.49	31.20	-0.9	32.46	3.1
8-9	65.85	65.65	-0.3	67.28	2.2
6-4	58.05	57.58	-0.8	56.55	-2.6
4-1	56.28	55.90	-0.7	54.63	-2.9
7-5	57.43	54.04	-5.9	58.30	1.5
5-2	34.81	34.32	-1.4	34.43	-1.1
8-2	62.08	62.07	0.0	62.41	0.5
9-3	75.26	75.21	-0.1	76.06	1.1



51/60

Kiriş Uç Momentlerinde Hata Özetleri

	TİP 1	TİP 2	TİP 3	TİP 4	TİP 5
Maksimum Hata (%)	-	-	-	-	0.0
Minimum Hata (%)	-5.9	-6.0	-5.4	-5.8	0.0
Ortalama Hata (%)	-0.8	-2.2	-2.4	-2.3	0.0
Negatif Hatalı Kirişler	20/24	8/24	13/38	23/58	0/24

DBYBHY

	TİP 1	TİP 2	TİP 3	TİP 4	TİP 5
Maksimum Hata (%)	2.4	3.6	4.3	4.4	0.0
Minimum Hata (%)	-7.5	-1.8	-3.9	-7.7	0.0
Ortalama Hata (%)	± 2.6	± 1.6	± 2.3	± 3.5	0.0
Negatif Hatalı Kirişler	11/24	3/24	4/19	4/58	0/24

52/60

Genel Hata Özeti

	45° Artım	DBYBHY
Maksimum Hata (%)	0.0	4.4
Minimum Hata (%)	-7.1	-7.7
Ortalama Hata (%)	-1.8	± 2.2
Negatif Hatalı Kirişler	64/168	22/168


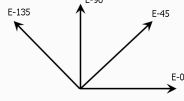
53/60

SONUÇLAR (3)

- Kirişlerde 45° artım için edilen uç momentlerindeki hataların büyük çoğunluğu negatif (güvensiz) yöndedir. Ancak bu hatalar pratik uygulamalar bakımından kabul edilebilir mertebededir.
- 45° artım değerleri için bulunan sonuçlardaki ortalama hatalar DBYBHY esaslarına göre elde edilenlerden daha düşüktür.
- Kirişler için "Karelerin Toplamının Karekökü" yönteminin uygulanması halinde uç momentleri hatasız olarak elde edilmektedir. (Çakıroğlu-1975).

54/60

Yüklemeler ve Yükleme Birleşimleri

	DBYBHY	45° Artım
Yüklemeler		
Yükleme	2 (4) Adet	4 (8) Adet
Yükleme Birleşimi	64 Adet	16 Adet

55/60

Karşılaştırma

- 45° artım için toplam 8 adet deprem yüklemesi yapmak gerekmektedir. DBYBHY esaslarına göre 4 yükleme yapılmaktadır.
- 45° artım için toplam 16 adet yükleme birleşimi yapmak yeterlidir. DBYBHY esaslarına göre ise yükleme birleşimi sayısı 64'tür.
- 45° artım için bulunan sonuçlardaki ortalama hatalar DBYBHY esaslarına göre elde edilenlerden daha düşüktür. Ancak hataların büyük çoğunluğu negatif (güvensiz) yöndedir.

56/60

GELİŞTİRME KONULARI

Bu çalışmada sunulan araştırma sonuçlarının geliştirilebilmesi için, yukarıda açıklanan varsayımların önemli bir bölümünün irdelenmesi gerekir. Özellikle

- ✓ Çok katlı yapı sistemleri,
 - ✓ Perde içeren yapı sistemleri,
 - ✓ Dikdörtgen kolonlu sistemler,
 - ✓ Kesit içinde değişik donatı dağılımları,
 - ✓ Düşey yüklerden oluşan kesit zorları,
 - ✓ Gerçek normal kuvvet değerleri,
- göz önüne alınarak araştırmalar geliştirilmelidir.

57/60

GENEL SONUÇLAR

- DBYBHY "Ortak Etki" formüllerine göre elde edilen hatalar pratik uygulamalar bakımından kabul edilebilir mertebededir.
- 45° artım için bulunan sonuçlardaki ortalama hatalar DBYBHY esaslarına göre elde edilenlerden daha düşüktür.
- Daha kapsamlı araştırmalar yapılarak her iki yaklaşım sonuçları irdelenmelidir.
- DBYBHY'teki "Ortak Etki" formülleri yerine çok sayıda yükleme kullanılabilmesine de olanak sağlanmalıdır.

58/60

KAYNAKLAR

- Deprem Etkisi Altında Tasarım İç Kuvvetleri, www.yapistatigi.itu.edu.tr/raporlar/raporlar.html, 2009.
- Elverişsiz Deprem Doğrultuları için Yaklaşık bir Çözüm, Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı: 465-466, Haziran 2011.

59/60

Teşekkürler...

Günay Özmen
İstanbul Teknik Üniversitesi

60/60