

168395

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**


Doç. Dr. Mustafa ZORBOZAN


Prof. Dr. İbrahim EKİZ


Prof. Dr. Kadir GÜLER

**ORTOGONAL OLMAYAN BETONARME TAŞIYICI
SİSTEMLERDEKİ KOLONLARDA DONATI HESABI
İÇİN ELVERİŞSİZ İÇ KUVVETLERİN BELİRLENMESİ**

İnşaat Müh. Uğur YAZICI

FBE İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yapı Programında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Mustafa ZORBOZAN

İSTANBUL, 2005

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ.....	i
KISALTMA LİSTESİ.....	ii
ŞEKİL LİSTESİ.....	iii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	vi
ÖNSÖZ.....	viii
ÖZET.....	ix
ABSTRACT.....	x
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Etkileşimsiz Superpozisyon.....	4
1.2 Etkileşimli Superpozisyon.....	4
1.3 Karelerin Toplamının Karekökü.....	5
1.4 İrdeleme.....	6
2. ÖRNEK YAPILAR.....	7
2.1 Varsayımlar.....	7
3. ÇALIŞMADA İZLENEN PARAMETRİK ARAŞTIRMA.....	9
3.1 Örnek 1-a.....	11
3.2 Örnek 1-b.....	20
3.3 Örnek 1-c.....	29
3.4 Örnek 2.....	46
3.5 Örnek 3.....	67
3.6 Örnek 4.....	97
3.7 Örnek 5.....	121
4. SUPERPOZİSYON FORMÜLLERİN İRDELENMESİ.....	142
5. YENİ SUPERPOZİSYON FORMÜLÜ.....	154
6. SONUÇLAR.....	163
KAYNAKLAR.....	165
ÖZGEÇMİŞ.....	166

SİMGE LİSTESİ

B_a	Taşıyıcı sistem elemanının a asal eksenini etrafında tasarıma esas iç kuvvet büyüklüğü
B_{ax}	Taşıyıcı sistem elemanının a asal eksenini etrafında, x doğrultusundaki depremde oluşan iç kuvvet büyüklüğü
B_{ay}	Taşıyıcı sistem elemanının a asal eksenini etrafında, x'e dik y doğrultusundaki depremde oluşan iç kuvvet büyüklüğü
B_b	Taşıyıcı sistem elemanının b asal eksenini etrafında tasarıma esas iç kuvvet büyüklüğü
B_{bx}	Taşıyıcı sistem elemanının b asal eksenini etrafında, x doğrultusundaki depremde oluşan iç kuvvet büyüklüğü
B_{by}	Taşıyıcı sistem elemanının b asal eksenini etrafında, x'e dik y doğrultusundaki depremde oluşan iç kuvvet büyüklüğü
M_a	Taşıyıcı sistem elemanının a asal eksenini etrafında tasarıma esas eğilme momenti değeri
M_{ax}	Taşıyıcı sistem elemanının a asal eksenini etrafında, x doğrultusundaki depremde oluşan eğilme momenti değeri
M_{ay}	Taşıyıcı sistem elemanının a asal eksenini etrafında, x'e dik y doğrultusundaki depremde oluşan eğilme momenti değeri
M_b	Taşıyıcı sistem elemanının b asal eksenini etrafında tasarıma esas eğilme momenti değeri
M_{bx}	Taşıyıcı sistem elemanının b asal eksenini etrafında, x doğrultusundaki depremde oluşan eğilme momenti değeri
M_{by}	Taşıyıcı sistem elemanının b asal eksenini etrafında, x'e dik y doğrultusundaki depremde oluşan eğilme momenti değeri
N_n	n nolu kolondaki aksinel kuvvet değeri
P_i	Binanın i. katına etkileyen deprem kuvveti
ρ	Donatı oranı
ρ_{max}	Superpozisyon formülleri kullanılarak tespit edilen maksimum donatı oranı değeri
ρ_p	Parametrik araştırmada bulunan donatı oranı değeri
α	Deprem kuvvetlerinin x eksenine yaptığı açı

KISALTMA LİSTESİ

ABYYHY	Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
KTKK	Karelerin Toplamının Kare Kökü
NO	Non-Ortogonal
NOK	Ortogonal Olmayan Kolon
OK	Ortogonal Kolon



ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1 Deprem Yükleri.....	1
Şekil 1.2 Deprem Doğrultuları ve NO Kolonların Asal Eksenleri.....	2
Şekil 2.1 Örnek Yapıların Şematik Kalıp Planı.....	7
Şekil 3.1 Yüklemler ve Kolon Asal Eksenleri.....	9
Şekil 3.2 Donatı Yerleşim Durumları.....	10
Şekil 3.3 Örnek 1-a Şematik Kalıp Planı.....	11
Şekil 3.4 Örnek 1-a (Kolon 1) ($G+Q\pm E$) $\rho(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	15
Şekil 3.5 Örnek 1-a (Kolon 1) $\rho_1(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	17
Şekil 3.6 Örnek 1-a (Kolon 1) $\rho_2(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	17
Şekil 3.7 Örnek 1-a (Kolon 1) $\rho_3(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	18
Şekil 3.8 Örnek 1-a (Kolon 1) $\rho_4(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	18
Şekil 3.9 Örnek 1-a (Kolon 1) ($0,9*G\pm E$) $\rho(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	19
Şekil 3.10 Örnek 1-b Şematik Kalıp Planı.....	20
Şekil 3.11 Örnek 1-b (Kolon 1) ($G+Q\pm E$) $\rho(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	24
Şekil 3.12 Örnek 1-b (Kolon 1) $\rho_1(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	26
Şekil 3.13 Örnek 1-b (Kolon 1) $\rho_2(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	26
Şekil 3.14 Örnek 1-b (Kolon 1) $\rho_3(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	27
Şekil 3.15 Örnek 1-b (Kolon 1) $\rho_4(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	27
Şekil 3.16 Örnek 1-b (Kolon 1) ($0,9*G\pm E$) $\rho(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	28
Şekil 3.17 Örnek 1-c Şematik Kalıp Planı.....	29
Şekil 3.18 Örnek 1-c (Kolon 1) $\rho_1(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	33
Şekil 3.19 Örnek 1-c (Kolon 1) $\rho_2(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	33
Şekil 3.20 Örnek 1-c (Kolon 1) $\rho_3(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	34
Şekil 3.21 Örnek 1-c (Kolon 1) $\rho_4(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	34
Şekil 3.22 Örnek 1-c (Kolon 1) ($G+Q\pm E$) $\rho(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	35
Şekil 3.29 Örnek 1-c (Kolon 1) $\rho_1(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	37
Şekil 3.24 Örnek 1-c (Kolon 1) $\rho_2(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	37
Şekil 3.25 Örnek 1-c (Kolon 1) $\rho_3(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	38
Şekil 3.26 Örnek 1-c (Kolon 1) $\rho_4(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	38
Şekil 3.27 Örnek 1-c (Kolon 1) ($0,9*G\pm E$) $\rho(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	39
Şekil 3.28 Örnek 1-c (Kolon 2) ($G+Q\pm E$) $\rho(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	41
Şekil 3.29 Örnek 1-c (Kolon 2) $\rho_1(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	43
Şekil 3.30 Örnek 1-c (Kolon 2) $\rho_2(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	43
Şekil 3.31 Örnek 1-c (Kolon 2) $\rho_3(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	44
Şekil 3.32 Örnek 1-c (Kolon 2) $\rho_4(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	44
Şekil 3.33 Örnek 1-c Kolon 1 ($0,9*G\pm E$) $\rho(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	45
Şekil 3.34 Örnek 2 Şematik Kalıp Planı.....	46
Şekil 3.35 Örnek 2 Kolon 1 ($G+Q\pm E$) $\rho(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	50
Şekil 3.36 Örnek 2 (Kolon 1) $\rho_1(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	52
Şekil 3.37 Örnek 2 (Kolon 1) $\rho_2(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	52
Şekil 3.38 Örnek 2 (Kolon 1) $\rho_3(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	53
Şekil 3.39 Örnek 2 (Kolon 1) $\rho_4(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	53
Şekil 3.40 Örnek 2 (Kolon 1) ($0,9*G\pm E$) $\rho(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	54
Şekil 3.41 Örnek 2 (Kolon 2) ($G+Q\pm E$) $\rho(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	56
Şekil 3.42 Örnek 2 (Kolon 2) $\rho_1(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	58
Şekil 3.43 Örnek 2 (Kolon 2) $\rho_2(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	58
Şekil 3.44 Örnek 2 (Kolon 2) $\rho_3(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	59
Şekil 3.45 Örnek 2 (Kolon 2) $\rho_4(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	59
Şekil 3.46 Örnek 2 (Kolon 2) ($0,9*G \pm E$) $\rho(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	60

Şekil 3.47 Örnek 2 (Kolon 3) $(G+Q \pm E)$ $\rho(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	62
Şekil 3.48 Örnek 2 (Kolon 3) $\rho_1(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	64
Şekil 3.49 Örnek 2 (Kolon 3) $\rho_2(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	64
Şekil 3.50 Örnek 2 (Kolon 3) $\rho_3(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	65
Şekil 3.51 Örnek 2 (Kolon 3) $\rho_4(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	65
Şekil 3.52 Örnek 2 (Kolon 3) $(0,9*G \pm E)$ $\rho(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	66
Şekil 3.53 Örnek3 Şematik Kalıp Planı.....	67
Şekil 3.54 Örnek 3 (Kolon 1) $(G+Q \pm E)$ $\rho(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	71
Şekil 3.55 Örnek 3 (Kolon 1) $\rho_1(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	73
Şekil 3.56 Örnek 3 (Kolon 1) $\rho_2(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	73
Şekil 3.57 Örnek 3 (Kolon 1) $\rho_3(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	74
Şekil 3.58 Örnek 3 (Kolon 1) $\rho_4(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	74
Şekil 3.59 Örnek 3 (Kolon 1) $(0,9*G \pm E)$ $\rho(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	75
Şekil 3.60 Örnek 3 (Kolon 2) $(G+Q \pm E)$ $\rho(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	77
Şekil 3.61 Örnek 3 (Kolon 2) $\rho_1(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	79
Şekil 3.62 Örnek 3 (Kolon 2) $\rho_2(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	79
Şekil 3.63 Örnek 3 (Kolon 2) $\rho_3(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	80
Şekil 3.64 Örnek 3 (Kolon 2) $\rho_4(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	80
Şekil 3.65 Örnek 3 (Kolon 2) $(0,9*G \pm E)$ $\rho(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	81
Şekil 3.66 Örnek 3 (Kolon 3) $(G+Q \pm E)$ $\rho(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	83
Şekil 3.67 Örnek 3 (Kolon 3) $\rho_1(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	85
Şekil 3.68 Örnek 3 (Kolon 3) $\rho_2(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	85
Şekil 3.69 Örnek 3 (Kolon 3) $\rho_3(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	86
Şekil 3.70 Örnek 3 (Kolon 3) $\rho_4(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	86
Şekil 3.71 Örnek 3 (Kolon 3) $(0,9*G \pm E)$ $\rho(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	87
Şekil 3.72 Örnek 3 (Kolon 4) $(G+Q \pm E)$ $\rho(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	89
Şekil 3.73 Örnek 3 (Kolon 4) $\rho_1(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	91
Şekil 3.74 Örnek 3 (Kolon 4) $\rho_2(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	91
Şekil 3.75 Örnek 3 (Kolon 4) $\rho_3(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	92
Şekil 3.76 Örnek 3 (Kolon 4) $\rho_4(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	92
Şekil 3.77 Örnek 3 (Kolon 4) $(0,9*G \pm E)$ $\rho(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	93
Şekil 3.78 Örnek4 Şematik Kalıp Planı.....	94
Şekil 3.79 Örnek 4 (Kolon 1) $(G+Q \pm E)$ $\rho(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	98
Şekil 3.80 Örnek 4 (Kolon 1) $\rho_1(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	100
Şekil 3.81 Örnek 4 (Kolon 1) $\rho_2(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	100
Şekil 3.82 Örnek 4 (Kolon 1) $\rho_3(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	101
Şekil 3.83 Örnek 4 (Kolon 1) $\rho_4(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	101
Şekil 3.84 Örnek 4 (Kolon 1) $(0,9*G \pm E)$ $\rho(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	102
Şekil 3.85 Örnek 4 (Kolon 2) $(G+Q \pm E)$ $\rho(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	104
Şekil 3.86 Örnek 4 (Kolon 2) $\rho_1(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	106
Şekil 3.87 Örnek 4 (Kolon 2) $\rho_2(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	106
Şekil 3.88 Örnek 4 (Kolon 2) $\rho_3(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	107
Şekil 3.89 Örnek 4 (Kolon 2) $\rho_4(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	107
Şekil 3.90 Örnek 4 (Kolon 2) $(0,9*G \pm E)$ $\rho(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	108
Şekil 3.91 Örnek 4 (Kolon 3) $(G+Q \pm E)$ $\rho(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	110
Şekil 3.92 Örnek 4 (Kolon 3) $\rho_1(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	112
Şekil 3.93 Örnek 4 (Kolon 3) $\rho_2(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	112
Şekil 3.94 Örnek 4 (Kolon 3) $\rho_3(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	113
Şekil 3.95 Örnek 4 (Kolon 1) $\rho_4(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	113
Şekil 3.96 Örnek 4 (Kolon 3) $(0,9*G \pm E)$ $\rho(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	114
Şekil 3.97 Örnek 4 (Kolon 4) $(G+Q \pm E)$ $\rho(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	116

Şekil 3.98 Örnek 4 (Kolon 4) $\rho_1(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	118
Şekil 3.99 Örnek 4 (Kolon 4) $\rho_2(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	118
Şekil 3.100 Örnek 4 (Kolon 4) $\rho_3(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	119
Şekil 3.101 Örnek 4 (Kolon 4) $\rho_4(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	119
Şekil 3.102 Örnek 4 (Kolon 4) $(0,9 \cdot G \pm E)$ $\rho(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	120
Şekil 3.103 Örnek5 Şematik Kalıp Planı.....	121
Şekil 3.104 Örnek 5 (Kolon 1) $(G+Q \pm E)$ $\rho(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	125
Şekil 3.105 Örnek 5 (Kolon 1) $\rho_1(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	127
Şekil 3.106 Örnek 5 (Kolon 1) $\rho_2(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	127
Şekil 3.107 Örnek 5 (Kolon 1) $\rho_3(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	128
Şekil 3.108 Örnek 5 (Kolon 1) $\rho_4(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	128
Şekil 3.109 Örnek 5 (Kolon 1) $(G+Q \pm E)$ $\rho(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	129
Şekil 3.110 Örnek 5 (Kolon 2) $(G+Q \pm E)$ $\rho(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	131
Şekil 3.111 Örnek 5 (Kolon 2) $\rho_1(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	133
Şekil 3.112 Örnek 5 (Kolon 2) $\rho_2(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	133
Şekil 3.113 Örnek 5 (Kolon 2) $\rho_3(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	134
Şekil 3.114 Örnek 5 (Kolon 2) $\rho_4(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	134
Şekil 3.115 Örnek 5 (Kolon 2) $(G+Q \pm E)$ $\rho(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	135
Şekil 3.116 Örnek 5 (Kolon 3) $(G+Q \pm E)$ $\rho(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	137
Şekil 3.117 Örnek 5 (Kolon 3) $\rho_1(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	139
Şekil 3.118 Örnek 5 (Kolon 3) $\rho_2(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	139
Şekil 3.119 Örnek 5 (Kolon 3) $\rho_3(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	140
Şekil 3.120 Örnek 5 (Kolon 3) $\rho_4(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	140
Şekil 3.121 Örnek 5 (Kolon 3) $(0,9 \cdot G \pm E)$ $\rho(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi.....	141

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 3.1 Kat Deprem Yükleri.....	13
Çizelge 3.2 Örnek 1-a (Kolon 1) Eğilme Momentleri ve Donatı Oranları.....	14
Çizelge 3.3 Örnek 1-a (Kolon 1) Eğilme Momentleri ve Donatı Oranları.....	16
Çizelge 3.4 Kat deprem Yükleri.....	22
Çizelge 3.5 Örnek 1-b (Kolon 1) Eğilme Momentleri ve Donatı Oranları.....	23
Çizelge 3.6 Örnek 1-b (Kolon 1) Eğilme Momentleri ve Donatı Oranları.....	25
Çizelge 3.7 Kat Deprem Yükleri.....	31
Çizelge 3.8 Örnek 1-c (Kolon 1) Eğilme Momentleri ve Donatı Oranları.....	32
Çizelge 3.9 Örnek 1-c (Kolon 1) Eğilme Momentleri ve Donatı Oranları.....	36
Çizelge 3.10 Örnek 1-c (Kolon 2) Eğilme Momentleri ve Donatı Oranları.....	40
Çizelge 3.11 Örnek 1-c (Kolon 2) Eğilme Momentleri ve Donatı Oranları.....	42
Çizelge 3.12 Kat Deprem Yükleri.....	48
Çizelge 3.13 Örnek 2 (Kolon 1) Eğilme Momentleri ve Donatı Oranları.....	49
Çizelge 3.14 Örnek 2 (Kolon 1) Eğilme Momentleri ve Donatı Oranları.....	51
Çizelge 3.15 Örnek 2 (Kolon 2) Eğilme Momentleri ve Donatı Oranları.....	55
Çizelge 3.16 Örnek 2 (Kolon 2) Eğilme Momentleri ve Donatı Oranları.....	57
Çizelge 3.17 Örnek 2 (Kolon 3) Eğilme Momentleri ve Donatı Oranları.....	61
Çizelge 3.18 Örnek 2 (Kolon 3) Eğilme Momentleri ve Donatı Oranları.....	63
Çizelge 3.19 Kat Deprem Yükleri.....	69
Çizelge 3.20 Örnek 3 (Kolon 1) Eğilme Momentleri ve Donatı Oranları.....	70
Çizelge 3.21 Örnek 3 (Kolon 1) Eğilme Momentleri ve Donatı Oranları.....	72
Çizelge 3.22 Örnek 3 (Kolon 2) Eğilme Momentleri ve Donatı Oranları.....	76
Çizelge 3.23 Örnek 3 (Kolon 2) Eğilme Momentleri ve Donatı Oranları.....	78
Çizelge 3.24 Örnek 3 (Kolon 3) Eğilme Momentleri ve Donatı Oranları.....	82
Çizelge 3.25 Örnek 3 (Kolon 3) Eğilme Momentleri ve Donatı Oranları.....	84
Çizelge 3.26 Örnek 3 (Kolon 4) Eğilme Momentleri ve Donatı Oranları.....	88
Çizelge 3.27 Örnek 3 (Kolon 4) Eğilme Momentleri ve Donatı Oranları.....	90
Çizelge 3.28 Kat Deprem Yükleri.....	96
Çizelge 3.29 Örnek 4 (Kolon 1) Eğilme Momentleri ve Donatı Oranları.....	97
Çizelge 3.30 Örnek 4 (Kolon 1) Eğilme Momentleri ve Donatı Oranları.....	99
Çizelge 3.31 Örnek 4 (Kolon 2) Eğilme Momentleri ve Donatı Oranları.....	103
Çizelge 3.32 Örnek 4 (Kolon 2) Eğilme Momentleri ve Donatı Oranları.....	105
Çizelge 3.33 Örnek 4 (Kolon 3) Eğilme Momentleri ve Donatı Oranları.....	109
Çizelge 3.34 Örnek 4 (Kolon 3) Eğilme Momentleri ve Donatı Oranları.....	111
Çizelge 3.35 Örnek 4 (Kolon 4) Eğilme Momentleri ve Donatı Oranları.....	115
Çizelge 3.36 Örnek 4 (Kolon 4) Eğilme Momentleri ve Donatı Oranları.....	117
Çizelge 3.37 Kat Deprem Yükleri.....	123
Çizelge 3.38 Örnek 5 (Kolon) 1 Eğilme Momentleri ve Donatı Oranları.....	124
Çizelge 3.39 Örnek 5 (Kolon 1) Eğilme Momentleri ve Donatı Oranları.....	126
Çizelge 3.40 Örnek 5 (Kolon 2) Eğilme Momentleri ve Donatı Oranları.....	130
Çizelge 3.41 Örnek 5 (Kolon 2) Eğilme Momentleri ve Donatı Oranları.....	132
Çizelge 3.42 Örnek 5 (Kolon 3) Eğilme Momentleri ve Donatı Oranları.....	136
Çizelge 3.43 Örnek 5 (Kolon 3) Eğilme Momentleri ve Donatı Oranları.....	138
Çizelge 4.1 Etkileşimsiz Süperpozisyonda Örnek 1'in p3 için Hata Oranları.....	143
Çizelge 4.2 Etkileşimsiz Süperpozisyonda Örnek 2'nin p3 için Hata Oranları.....	143
Çizelge 4.3 Etkileşimsiz Süperpozisyonda Örnek 3'ün p3 için Hata Oranları.....	144
Çizelge 4.4 Etkileşimsiz Süperpozisyonda Örnek 4'ün p3 için Hata Oranları.....	144
Çizelge 4.5 Etkileşimsiz Süperpozisyonda Örnek 5'in p3 için Hata Oranları.....	145
Çizelge 4.6 Etkileşimsiz Süperpozisyonda Örnek 1'in p4 için Hata Oranları.....	145

Çizelge 4.7 Etkileşimsiz Süperpozisyonda Örnek 2'nin p_4 için Hata Oranları.....	146
Çizelge 4.8 Etkileşimsiz Süperpozisyonda Örnek 3'ün p_4 için Hata Oranları.....	146
Çizelge 4.9 Etkileşimsiz Süperpozisyonda Örnek 4'ün p_4 için Hata Oranları.....	147
Çizelge 4.10 Etkileşimsiz Süperpozisyonda Örnek 5'nin p_4 için Hata Oranları.....	147
Çizelge 4.11 Etkileşimli Süperpozisyon Örnek 1'in p_3 için Hata Oranları.....	149
Çizelge 4.12 Etkileşimli Süperpozisyon Örnek 2'nin p_3 için Hata Oranları.....	149
Çizelge 4.13 Etkileşimli Süperpozisyon Örnek 3'ün p_3 için Hata Oranları.....	150
Çizelge 4.14 Etkileşimli Süperpozisyon Örnek 4'ün p_3 için Hata Oranları.....	150
Çizelge 4.15 Etkileşimli Süperpozisyon Örnek 5'in p_3 için Hata Oranları.....	151
Çizelge 4.16 Etkileşimli Süperpozisyon Örnek 1'in p_4 için Hata Oranları.....	151
Çizelge 4.17 Etkileşimli Süperpozisyon Örnek 2'nin p_4 için Hata Oranları.....	152
Çizelge 4.18 Etkileşimli Süperpozisyon Örnek 3'ün p_4 için Hata Oranları.....	152
Çizelge 4.19 Etkileşimli Süperpozisyon Örnek 4'ün p_4 için Hata Oranları.....	153
Çizelge 4.20 Etkileşimli Süperpozisyon Örnek 5'in p_4 için Hata Oranları.....	153
Çizelge 5.1 Yeni Süperpozisyonda Örnek 1'in p_1 için Hata Oranları.....	156
Çizelge 5.2 Yeni Süperpozisyonda Örnek 2'nin p_1 için Hata Oranları.....	156
Çizelge 5.3 Yeni Süperpozisyonda Örnek 3'ün p_1 için Hata Oranları.....	156
Çizelge 5.4 Yeni Süperpozisyonda Örnek 4'ün p_1 için Hata Oranları.....	157
Çizelge 5.5 Yeni Süperpozisyonda Örnek 5'in p_1 için Hata Oranları.....	157
Çizelge 5.6 Yeni Süperpozisyonda Örnek 1'in p_2 için Hata Oranları.....	157
Çizelge 5.7 Yeni Süperpozisyonda Örnek 2'nin p_2 için Hata Oranları.....	158
Çizelge 5.8 Yeni Süperpozisyonda Örnek 3'ün p_2 için Hata Oranları.....	158
Çizelge 5.9 Yeni Süperpozisyonda Örnek 4'ün p_2 için Hata Oranları.....	158
Çizelge 5.10 Yeni Süperpozisyonda Örnek 5'nin p_2 için Hata Oranları.....	159
Çizelge 5.11 Yeni Süperpozisyonda Örnek 1'in p_3 için Hata Oranları.....	159
Çizelge 5.12 Yeni Süperpozisyonda Örnek 2'nin p_3 için Hata Oranları.....	159
Çizelge 5.13 Yeni Süperpozisyonda Örnek 3'ün p_3 için Hata Oranları.....	160
Çizelge 5.14 Yeni Süperpozisyonda Örnek 4'ün p_3 için Hata Oranları.....	160
Çizelge 5.15 Yeni Süperpozisyonda Örnek 5'in p_3 için Hata Oranları.....	160
Çizelge 5.16 Yeni Süperpozisyonda Örnek 1'in p_4 için Hata Oranları.....	161
Çizelge 5.17 Yeni Süperpozisyonda Örnek 2'nin p_4 için Hata Oranları.....	161
Çizelge 5.18 Yeni Süperpozisyonda Örnek 3'ün p_4 için Hata Oranları.....	161
Çizelge 5.19 Yeni Süperpozisyonda Örnek 4'ün p_4 için Hata Oranları.....	162
Çizelge 5.20 Yeni Süperpozisyonda Örnek 5'in p_4 için Hata Oranları.....	162

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışmada, asal eksenleri deprem doğrultularına paralel olmayan taşıyıcı sistemlerdeki kolonlarda iç kuvvetler hesaplanmış ve buna bağlı olarak değişik donatı yerleşimlerine göre gerekli donatı oranları bulunmuştur. Değişik örnek yapılar seçilerek, yürürlükte olan yönetmeliklerdeki konuyla ilgili formüller incelenmiş ve detaylı bir parametrik araştırma neticesinde kolon donatı hesabına esas olacak elverişsiz iç kuvvetler için yeni formül önerilmiştir.

Çalışmalarımın her aşamasında yakın ilgilerini ve bilimsel katkılarını esirgemeyen sayın Doç. Dr. Mustafa ZORBOZAN'a çok teşekkür ederim. Ayrıca çalışmalarım boyunca desteklerini esirgemeyen nişanlıma ve aileme aynı zamanda değerli katkılarından dolayı Mimar Benhur FELEK'e teşekkürlerimi sunarım.



ÖZET

Betonarme yapıların, düşey yüklerle beraber yatay yükleri de güvenli bir şekilde taşıması gereklidir. Bundan dolayı, yapının güvenliği sağlanırken taşıyıcı sistem davranışının esas alınması önemlidir. Deprem etkisi altındaki yapının davranışının belirlenmesinde ve ilgili kesit tesirlerinin bulunmasında, yapının taşıyıcı sisteminin düzenli ya da düzensiz olması büyük önem arz eder. Bu çalışma ortogonal olmayan taşıyıcı sistemlerin birbirine dik yönde yapılan deprem hesaplarından elde edilen kesit tesirlerinin kolon donatı hesabında nasıl hesaba katılacağı konusu incelenecektir. Deprem yönetmeliklerinde, “Asal Eksenleri Deprem Doğrultularına Paralel Olmayan” elemanlar içeren yapıların da deprem hesaplarının seçilen birbirine dik iki doğrultudaki yüklere göre yapılabileceği belirtilmiştir. Bu deprem hesapları için özel süperpozisyon formülleri verilmiştir. Ancak bu formüllerde, ortogonal olmayan kolonların iki asal eksenleri için elde edilen değerlerin karşılıklı etkilerinin nasıl göz önüne alınacağı açıkça belirtilmemiştir. Bunun için belirli sayıda değişik yapılar seçilip bu yapılara parametrik olarak değiştirilen doğrultularda deprem yükleri uygulandı. Her doğrultu için, her iki asal eksen doğrultusundaki eğilme momentleri dikkate alınarak, ortogonal olmayan kolonların değişik donatı yerleşim durumlarına göre donatı oranları hesaplanmış ve maksimum donatı oranı ile bu oranı veren deprem doğrultusu saptanmıştır. Daha sonra deprem yönetmeliklerinde verilen süperpozisyon formüllerinin verdiği sonuçlar, gerçek maksimum değerler ile karşılaştırılarak sonuçlar irdelenmiştir. İrdeleme sonucunda, yönetmeliklerde verilen süperpozisyon yöntemleri kullanılarak belirlenen kesit tesirleri ile hesaplanan donatı oranlarının önemli ölçüde güvensiz bölgede olduğu ortaya çıkmıştır. Yapılan araştırma ve irdelemeler sonucunda daha uygun ve güvenli donatı oranı veren yeni bir süperpozisyon formülü önerilmiştir. Bu önerilen süperpozisyon formülünden elde edilen eğilme momentlerini, örnek yapıların ele alınan kolonların donatı hesabında değişik donatı yerleşim düzenleri için uygulanmış ve diğer süperpozisyon formüllerinden daha gerçeğe yakın sonuçlar verdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler : Ortogonal Olmayan Elemanlar, Deprem Yükleri Süperpozisyon Formülleri

ABSTRACT

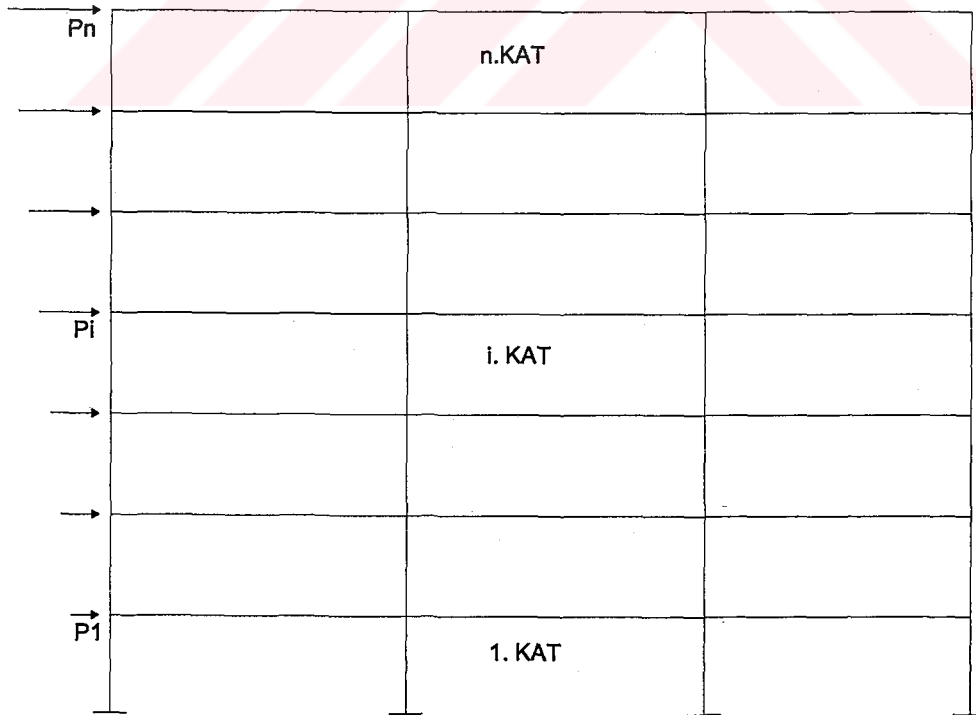
Reinforced concrete buildings, should safely carry horizontal loads as well as the vertical loads. Because of the above mentioned fact, it is important, to take into consideration the load carrying system behaviour as the main concern while ensuring the safety of the building. The regularity condition of the load carrying system, has great impact on the behaviour of the building subjected to earth quake loading and on determining the associated section effects. In this study, how the section effects, which are originate from orthogonal earthquake calculations of non-orthogonal loading systems, are taken into consideration in column reinforcement calculations. In earthquake regulations, it is stated that earthquake calculations of buildings, which contain "Components whose principal axes are not in the same direction with the earthquake direction", can also be done via selecting two loads that are in orthogonal directions. Special superposition formulae are given for the above mentioned earthquake calculations. However, in this calculation, the effect of interaction of the bending moments acting on the two principal axes of the non-orthogonal columns, is not clearly explained. For this purpose, a sample group of different buildings have been selected and the samples have been subjected to earthquake loading that vary in parametrically defined directions. Then, the column reinforcement ratios are calculated for each direction, for different reinforcement settled configurations, while taking into consideration the effect of the bending moments acting on both of the principal axes. Hence, the maximum column reinforcement ratio and the corresponding earthquake direction have been identified. Then the values attained by applying formulae in the earthquake regulation and the prescribed maximum values have been examined. It is concluded that, reinforcement ratios attained by applying the superposition formulae in the earthquake regulation with associated section effects, are in an unreliable range. Due to this fact, a new superposition formula that yields more appropriate and safe reinforcement ratios, have been proposed. Then the bending moments calculated by applying the above mentioned proposed superposition formula, have been applied for reinforcement calculation of choosed column of a set of buildings with different column configurations. In conclusion, it is found that the proposed superposition formula gives more realistic results than the other superposition formulae.

Keywords : Non – orthogonal Elements, Earthquake Loading, Superposition
Formulae

1. GİRİŞ

Betonarme yapıların, düşey yükler yanında yatay yükleri de güvenli bir şekilde taşıması gereklidir. Deprem ve rüzgarlar en önemli yatay yükleri meydana getirirler. Yatay yükler düşey yüklerden çok farklı özelliktedirler. Bundan dolayı yapının güvenliği sağlanırken taşıyıcı sistem davranışının esas alınması önemlidir. Yapılar kendi sabit ağırlıklarını inşa edildiklerinden itibaren taşımaya başlarlar. Hareketli yükler, taşıyıcı sisteme aniden değil belirli bir süre içinde etki ederler. Özellikle deprem yükleri yapıya çok kısa zaman aralığında etkir ve dinamik özellik gösterirler. Eğer taşıyıcı sistemde kusurlar varsa bunlar aniden ortaya çıkar ve önlem almaya zaman kalmaz.(Celep, 2001)

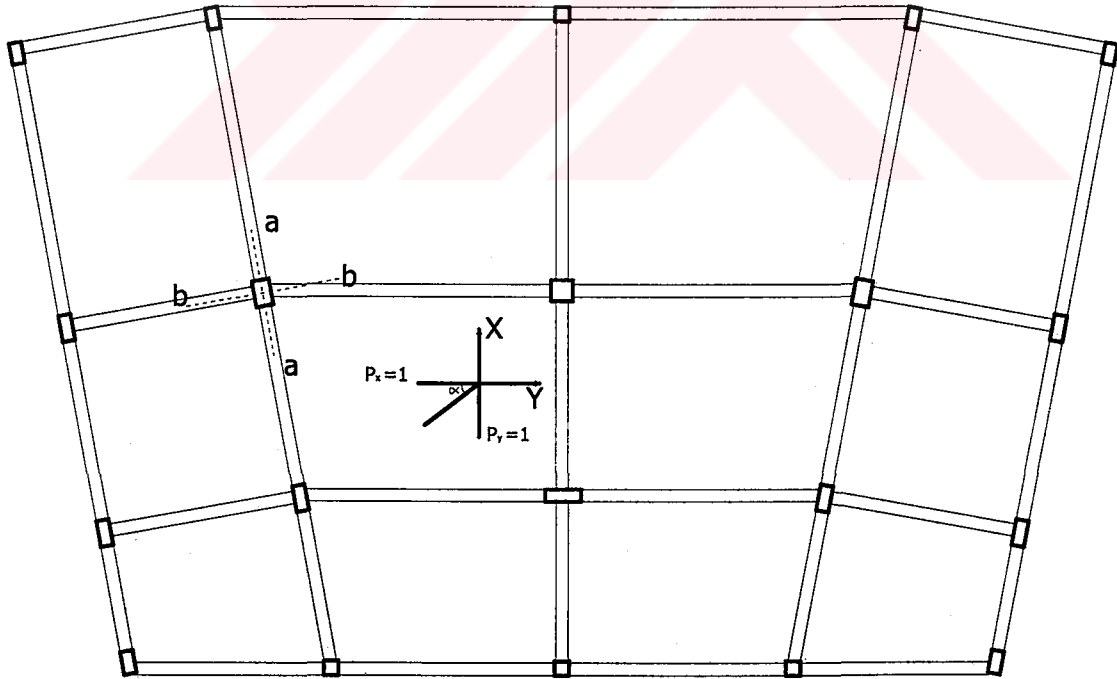
Yapıda deprem ivmesiyle oluşan atalet kuvvetlerinin, kütlelerin yoğunlaştığı kat seviyelerinde etkidiği kabul edilir (Şekil 1.1). Her kata gelen bileşke deprem kuvveti o katın kütle merkezinden etkir. Deprem etkisi altındaki yapının davranışının belirlenmesinde ve ilgili kesit tesirinin bulunmasında yapının taşıyıcı sisteminin düzenli veya düzensiz olması oldukça önemlidir.(Celep, 2000)



Şekil 1.1 Deprem yükleri

Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik düzenli yapı yapılmasını istemektedir. Düzensiz yapıların davranışlarındaki belirsizlik ve birçok mahsurlarından dolayı hesap deprem kuvvetlerinin daha büyük alınması zorunluluğu getirilmiştir. Aynı zamanda birtakım konstrüktif kurallar getirilerek düzensiz yapıların dayanım düzeylerinin artırılması yoluna gidilmiştir.(Hasgür,1996)

Bu çalışmada ortogonal olmayan taşıyıcı sistemlerinin birbirine dik yönde yapılan deprem hesaplarından elde edilen kesit tesirlerinin kolon donatı hesabında nasıl hesaba katılacağı konusu incelenecektir. 1998’de yürürlüğe giren “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik” (ABYYHY) hükümlerine göre bu düzensizlik (A4) olarak tanımlanmıştır. Binalarda taşıyıcı sistem elemanları genellikle birbirine dik iki doğrultuda yerleştirilerek ortogonal taşıyıcı sistemler düzenlenir. Depremi herhangi bir doğrultuda etkimesi durumu iki asal doğrultuya göre daha küçük tesirleri oluşturacağından göz önüne alınmaz.(ABYYHY,1997)



Şekil 1.2 Deprem doğrultuları ve NO kolonların asal eksenleri

Taşıyıcı sistemde birbirine dik iki asal doğrultunun bulunmaması bir düzensizlik nedenidir. Şekil 1.2’de ortogonal olmayan kolonlara ait a ve b asal eksenleri şekil üzerinde gösterilmiş bulunmaktadır. Eksenleri X veya Y yükleme doğrultularından birine paralel olmayan kirişler de ortogonal olmayan elemanlardır.

ABYYHY’e göre, NO elemanların a ve b asal eksenleri doğrultusundaki B_a ve B_b iç

$$B_a = \pm B_{ax} \pm 0.30 B_{ay} \quad (1.1a)$$

$$B_a = \pm 0.30 B_{ax} \pm B_{ay} \quad (1.1b)$$

$$B_b = \pm B_{bx} \pm 0.30 B_{by} \quad (1.2a)$$

$$B_b = \pm 0.30 B_{bx} \pm B_{by} \quad (1.2b)$$

kuvvetlerinin süperpozisyon formülleri ile hesaplanması gerekmektedir. Burada B_{ij} katsayılarındaki i indisi asal eksen, j indisi de deprem doğrultusunu göstermektedir. (1.1) ve (1.2) denklemleri ile elde edilen her büyüklük için ayrı ayrı donatı hesaplanarak elverişsiz olanın seçilmesi gereklidir. Tek eksenli eğilme momenti etkisinde bulunan kirişler için ABYYHY’ te verilen süperpozisyon formüllerinin uygulama biçimi açıktır. Ancak yönetmelikte, ortogonal olmayan kolonların iki asal eksenleri için elde edilen eğilme momentlerinin karşılıklı etkilerinin nasıl göz önüne alınacağı konusunda bir açıklık yoktur. Başka bazı yönetmeliklerde ise, elverişsiz kesit zorlarının hesabında “Karelerin Toplamının Kare Kökü” (KTKK) yönteminin de kullanılabileceği belirtilmiş bulunmaktadır. Şekil 1.2’de gösterilmiş olan X ve Y eksenlerine paralel olan kolonlar ve eksenleri X ve Y doğrultularından birine paralel olan kirişler bu tür elemanlardır. ABYYHY’ e göre bu tür elemanlar ile ilgili süperpozisyon ve kesit hesapları için özel formüllerin kullanılmasına gerek yoktur. Yani bu elemanlar ile ilgili hesaplar Ortogonal yapılardaki gibi yapılabilmektedir.(Çakıroğlu, 1983)

Eğilme momentlerinin karşılıklı etkilerinin göz önüne alınması konusunda, yönetmelik hükümlerinin uygulanması ile ilgili olasılıklar aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

1.1. Etkileşimsiz Süperpozisyon

Eğilme momentlerinin karşılıklı etkilerinin göz önüne alınmaması halinde, her eleman için (1.1) ve (1.2) formüllerine göre hesaplanan eğilme momentleri

$$M_a = \pm(|M_{ax}| + 0.30 |M_{ay}|) \quad M_b = 0 \quad (1.3a)$$

$$M_a = 0 \quad M_b = \pm(|M_{bx}| + 0.30 |M_{by}|) \quad (1.3b)$$

$$M_a = \pm(0.30 |M_{ax}| + |M_{ay}|) \quad M_b = 0 \quad (1.3c)$$

$$M_a = 0 \quad M_b = \pm(0.30 |M_{bx}| + |M_{by}|) \quad (1.3d)$$

biçimde yazılabilmektedir. Burada M_{ij} katsayılarındaki i indisi asal eksen, j indisi de deprem doğrultusunu göstermektedir. Deprem yüklerinin tersinir nitelikte oldukları göz önünde tutularak, (1.3) formüllerinde mutlak değer gösterimi kullanılmış bulunmaktadır. Her bir kolon için, (1.3a) ~ (1.3d) formüllerinden her biri ayrı ayrı uygulanıp, düşey yükler ve normal kuvvetler de göz önüne alınarak yapılan kesit hesapları sonunda elde edilen en elverişsiz donatı oranının kullanılması gerekmektedir. (Özmen, 2001)

1.2. Etkileşimli Süperpozisyon

Eğilme momentlerinin karşılıklı etkilerinin göz önüne alınması durumunda, her eleman için elde edilecek momenti ifadeleri

$$M_a = \pm(|M_{ax}| + 0.30 |M_{ay}|) \quad M_b = \pm(|M_{bx}| + 0.30 |M_{by}|) \quad (1.4a)$$

$$M_a = \pm(0.30 |M_{ax}| + |M_{ay}|) \quad M_b = \pm(0.30 |M_{bx}| + |M_{by}|) \quad (1.4b)$$

Biçimini alır. Bu durumda da, (1.4a) ve (1.4b) formülleri ayrı ayrı uygulayıp, düşey yükler ve normal kuvvetler de göz önüne alınarak yapılan kesit hesapları sonunda elde edilen en elverişsiz donatı oranı kullanılmalıdır. (Özmen, 2001)

1.3. Karelerin Toplamının Kare Kökü

Yukarıda belirtildiği gibi, bazı çağdaş yönetmeliklerde, elverişsiz kesit zorlarının hesabında “Karelerin Toplamının Kare Kökü” (KTKK) yönteminin de kullanılabileceği belirtilmiş bulunmaktadır. Gerçekte, KTKK yönteminin en büyük kesit zorlarını veren kesin bir yöntem olduğu uzun bir süreden beri bilinmektedir. Bazı yönetmeliklere son yıllarda girebilmiş olan bu yöntemde Ortogonal olmayan elemanların a ve b asal eksenleri doğrultusundaki B_a ve B_b iç kuvvetleri (1.5a) ve (1.5b) formüllerinde görülmektedir. (Özmen, 2001)

$$B_a = \pm \sqrt{(B_{ax}^2 + B_{ay}^2)} \quad (1.5a)$$

$$B_b = \pm \sqrt{(B_{bx}^2 + B_{by}^2)} \quad (1.5b)$$

Bu yöntemin elverişsiz kiriş eğilme momentlerinin hesabı için kesin nitelikte olduğu bilinmektedir. Ancak burada da, iki eksenli eğilme momenti etkisinde bulunan kolonlar için uygulanacak süperpozisyon biçimi belirgin değildir. KTKK yöntemi uygulamalarında, kolon kesit hesapları için

$$M_a = \pm \sqrt{M_{ax}^2 + M_{ay}^2} \quad M_b = \pm \sqrt{M_{bx}^2 + M_{by}^2} \quad (1.6)$$

Veya

$$M_a = \pm \sqrt{M_{ax}^2 + M_{ay}^2} \quad M_b = 0 \quad (1.7a)$$

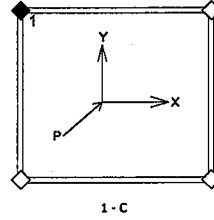
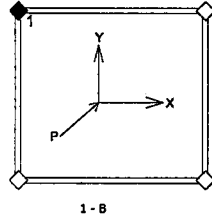
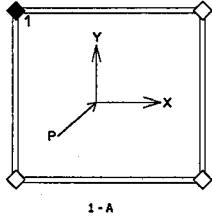
$$M_a = 0 \quad M_b = \pm \sqrt{M_{bx}^2 + M_{by}^2} \quad (1.7b)$$

formüllerinin kullanılabileceği söylenebilir. (1.6) formüllerinin uygulanması durumunda, her iki asal eğilme momentinin de maksimumu kullanıldığından, oldukça abartılmış değerler elde edilecektir. Bu nedenle uygulamada genellikle, (1.7) formülleri kullanılmaktadır.

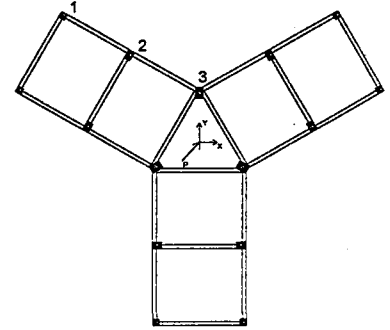
1.4. İrdeleme

Kolon kesit hesapları için, depremden dolayı meydana gelen eğilme momentlerinin karşılıklı etkilerinin nasıl göz önüne alınacağı yönetmeliklerde açıkça belirtilmemiştir. Daha önce açıklanan süperpozisyon yöntemlerinin gerçeğe yakınlık dereceleri araştırılmıştır. Araştırma sonunda yeni bir süperpozisyon yöntemine gereksinim duyulmaktadır. Bu çalışmada, çerçevelerden oluşan yapılar için ortogonal olmayan ve ortogonal olan kolonlarda oluşan en elverişsiz donatı oranlarını saptayabilmek amacıyla basit ama gerçekçi bir süperpozisyon formülünün elde edilmesine çalışılacaktır. Bu amaçla, belirli sayıda örnek yapı seçilip deprem doğrultusu parametrik olarak değiştirilerek hesaplamalar yapılacaktır.

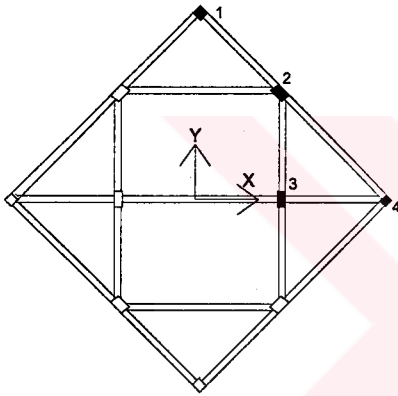
2. ÖRNEK YAPILAR



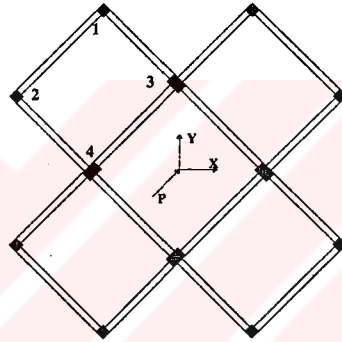
ÖRNEK 1



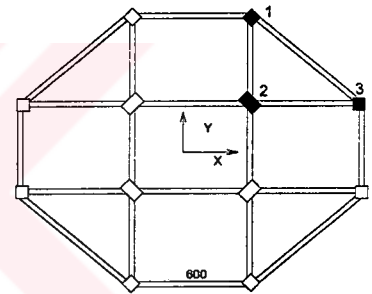
ÖRNEK 2



ÖRNEK 3



ÖRNEK 4



ÖRNEK 5

Şekil 2.1 Örnek yapıların şematik kalıp planı

Araştırmanın uygulamada karşılaşılan yapıların bir bölümünü kapsayabilmesi amacı ile seçilen, 5 adet örnek yapının şematik kalıp planları Şekil 2.1’de gösterilmiştir.

Bu yapıların karakteristikleri aşağıda ayrıntılı olarak açıklanacaktır. Burada kısaca tanıtları yapılarak genel özellikleri ve ilgili varsayımlar belirtilecektir.

2.1 Varsayımlar

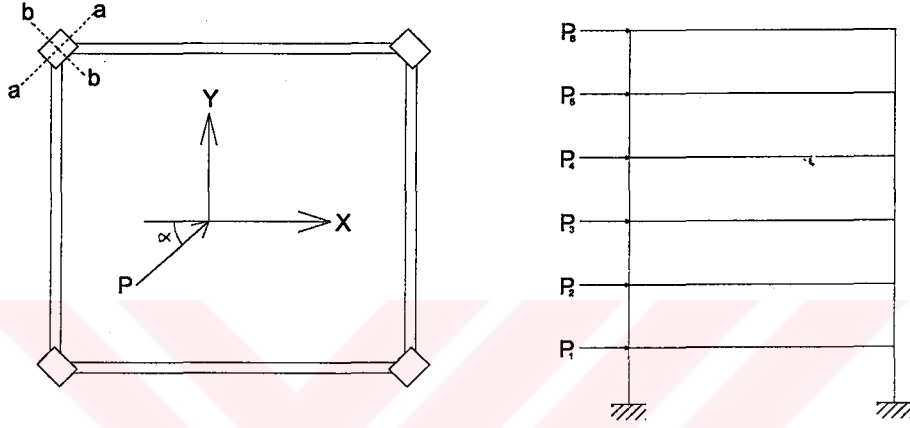
Düşey yükler ve normal kuvvetlerin göz önüne alınarak yapılan parametrik araştırmada yapılacak kesit hesapları sonunda elde edilen en elverişsiz donatı oranları saptanacak. İki eksenli eğilme momenti etkisinde bulunan kolonlarda, donatı oranı hesapları çok sayıda değişkene bağlıdır. Kesite etkiyen normal kuvvet değeri, dikdörtgen kesitlerde kesit

boyutlarının oranı ve donatının kesit içindeki dağılımı başlıca faktörler (değişkenler) arasındadır. Bu çalışmada depremden meydana gelen eğilme momentlerinin karşılıklı etkisini diğer faktörlerden soyutlamak için bazı basitleştirici varsayımlar yapılmıştır. Parametrik araştırmada göz önüne alınan tipik yapıların tümü için geçerli olan en önemli varsayımlar aşağıdaki gibidir.

1. Seçilen örneklerde tüm düşey taşıyıcı elemanlar kolonlardır.
2. Tüm örneklerde malzeme kalitesi olarak beton BS.25 ve Çelik BÇ.III kullanılmıştır..
3. Tüm örnekler altı katlı seçilmiş olup kat yükseklikleri 3.00 m' dir.Parametrik araştırmada incelenen kolonlar, eğilme momentlerinin en fazla olan zemin kat kolonlarıdır.
4. Tüm örnekler için deprem hesapları Eşdeğer Deprem yükü esas alınarak ve SAP 2000 programı kullanılarak yapılmıştır.
5. Seçilen örneklerle ilgili parametrik araştırmalarda ve karşılaştırmalarda sadece kolonlar göz önüne alınmıştır

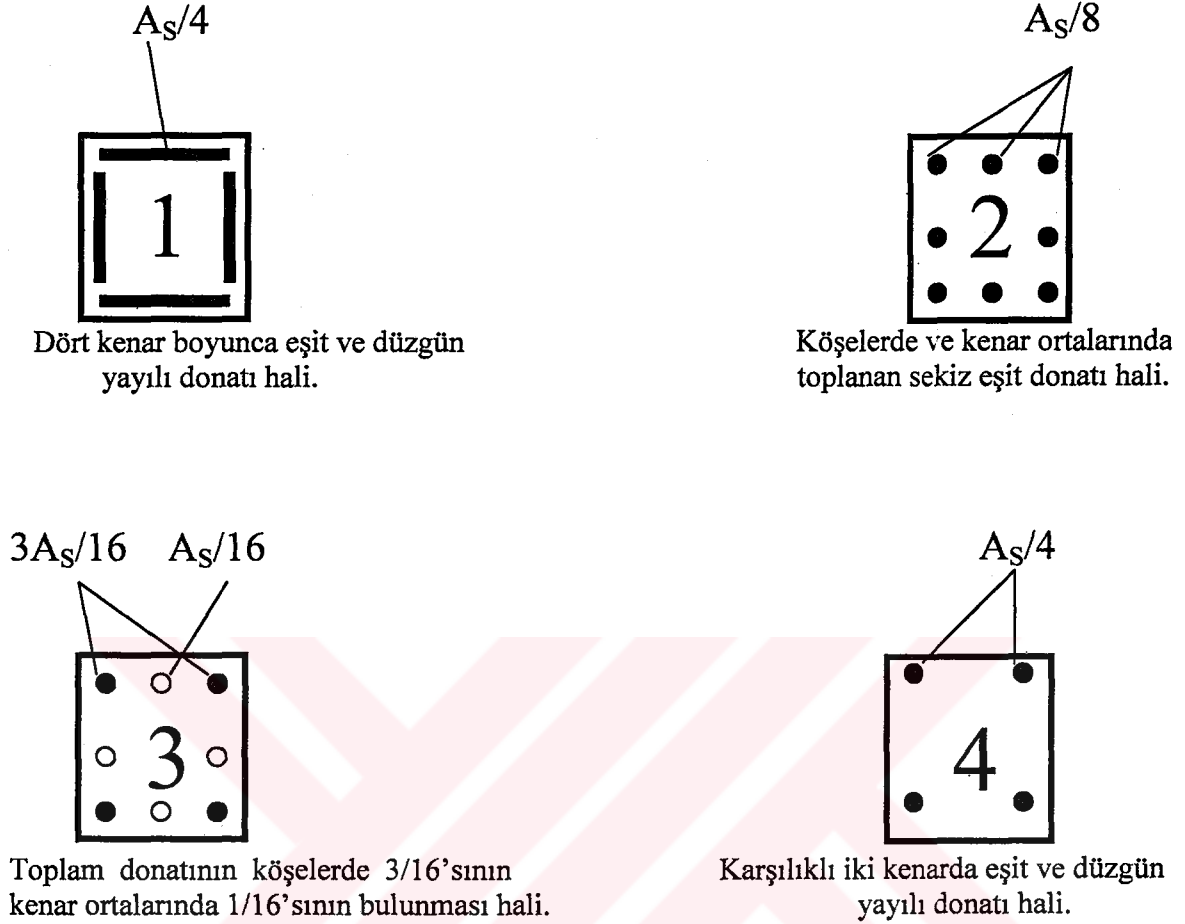
3. ÇALIŞMADA İZLENEN PARAMETRİK ARAŞTIRMA

- Çalışmada 5 adet altı katlı yapı seçildi.
- Yapılar eşdeğer deprem yükü yöntemiyle çözülerek her kata etkiyen $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6$ yatay kuvvetler bulunur.



Şekil 3.1 Yüklemeler ve kolon asal eksenleri

- Bu yatay deprem kuvvetleri şekil 3.1’de görülen α açısı ile $\alpha=0,10,20,\dots,180$ derece değerleri arasında katlara uygulanmaktadır.
- Dikdörtgen ve kare kesitli kolonlardan farklı açıda etkiyen deprem yüklerine karşılık farklı eğilme momenti değerleri elde edilecektir. (M_a, M_b)
- Şekil 3.2’de belirtilen dört türlü donatı yerleşim durumuna göre ve her açığa karşılık gelen kolon donatı oranları bulunacaktır.
- Her açıda karşılığı olan farklı moment değerlerinden dolayı kolon donatı oranları farklı olacaktır. Bu değerler tek tek incelenerek maksimum değerleri bulunacaktır.



Şekil 3.2 Donatı yerleşim durumları

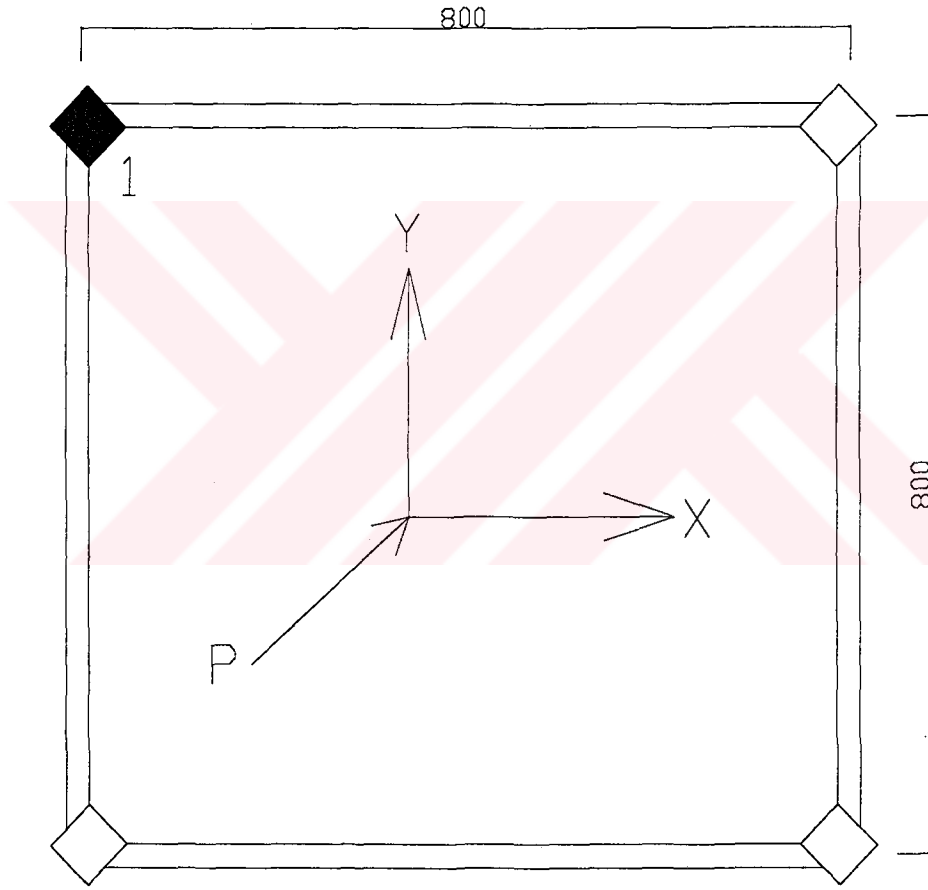
- Daha sonra bu değerlerle yeni bir süperpozisyon formülü oluşturulacaktır.
- Yapıların Periyotlarının, kolon normal kuvvetleri ve kolon eğilme momentlerinin elde edilmesi SAP 2000 yazılımı, kolon donatı hesapları için de A. Çakıroğlu ve E. Özer'in "Eğik Eğilme ve Eksenel Kuvvet Etkisindeki Dikdörtgen Betonarme Kesitlerde Taşıma Gücü Formülleri'nden yararlanılarak M.Zorbozan tarafından hazırlanan program kullanılmıştır.

Kolon donatı hesaplarında kullanılan Çakıroğlu-Özer yönteminde;

- Gerilme-Şekil değiştirme bağıntısı betonda parabol-dikdörtgen, çelikte ideal elastoplastik olarak alınmıştır.
- Çelikte en büyük uzama %1 dir.
- Betonda en büyük birim kısalma, düzgün yayılı basınç gerilmesi halinde 0,002, basit eğilme halinde 0,003 bu iki sınır durum arasında 0,002~0,003 alınmıştır.

3.1 Örnek 1-a

Örnek 1-a olarak seçilen altı katlı yapının şematik kalıp planı Şekil 3.2’de gösterilmiştir. Yapının kat yükseklikleri 3.00 m’dir. 1,2,3 katlarda yapının kolonları 40x40 cm² kirişlerde 25x50 cm² olarak seçilmiş bulunmaktadır. 4,5,6 katlarda kolonlar 35x35 kesitlerindedir. Hesaplamalarda malzeme kalitesi olarak BS25 ve çelik BÇIII kullanılmıştır. Döşeme kalınlığı 14 cm’dir.



Şekil 3.3 Örnek 1-a şematik kalıp planı

Örnekte yapının simetri özelliği de dikkate alınarak, numaralandırılmış bir kolonu incelenecektir. Bu kolonların asal eksenleri ortogonal eksenlere göre 45° döndürülmüştür.

Deprem Bölgesi = I

Yapının Kullanım Amacı = mağaza

Zemin türü = Z4

Kat Alanı = 8 x 8 = 64 m²

Betonarme Plak Ağırlığı = 0,14 x 25 =3.5 kN/m²

Sıva + Kaplama Ağırlığı =1,5 kN/m²

$$g = 5 \text{ kN/m}^2$$

$$q = 4 \text{ kN/m}^2$$

Sabit Yük(ilk üç kat) = 5 x 64 + 0,36 x 0,25 x 32 x 25 + 0,40x0,40x 3 x 4x25 = 440
kN

Sabit Yük(son üç kat) = 5 x 64 + 0,36 x 0,25 x 32 x 25 + 0,35x 0,35 x 3 x 4x25 = 430
kN

n=0,60 (binanın kullanım amacı)

Bir Kat Ağırlığı = W_{1,2,3} = 440 + 0,6 x 64 x 4 = 594 kN

Bir Kat Ağırlığı = W_{4,5,6} = 430 + 0,6 x 64 x 4 = 584 kN

Toplam Bina Ağırlığı = ΣW = 3x (594+584) = 3534 kN

Etkin Yer İvmesi = A₀ = 0,4

R (süneklik) = 8

I = 1

Zemin Sınıfı = IV (T_a = 0,2, T_b = 0,90)

T_{1x} = 0,98sn

T_{1y} = 0,98sn

0.20 < 0.90 < 0.98

S(t) = 2,5(T_b/T)^{0.8} = 2.5(0.90/0.98)^{0.8} = 2.335

A(t) = A₀ x I x S(t) = 0,4 x 1 x 2,33 = 0.934

V(t) = Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü (Taban Kesme Kuvveti)

V(t) = W x A(t) / R_a = 3534 x 0.934 / 8 = 413 kN

V(t) = 413 > 0,10 x A₀ x I x W = 0,1 x 0,4 x 1 x 3534 = 142 kN

Çizelge 3.1 Kat Deprem Yükleri

Kat	H	W_i	$W_i h_i$	$W_i h_i / \sum W_i h_i$	P_i
1	3	594	1782	0,05	21
2	6	594	3564	0,1	41
3	9	594	5346	0,13	54
4	12	584	7008	0,2	83
5	15	584	8760	0,24	99
6	18	584	10512	0,28	115
$\sum W_i h_i$			36972		

Kolonlarda maksimum donatı oranını veren deprem doğrultusunu saptamak amacı ile, Şekil 3.2’de gösterilen α açısı $\alpha = 0,10,20,\dots 180^\circ$ değerleri arasında değiştirilip sırası ile $P_1 = 21\text{kN}$, $P_2 = 41\text{kN}$, $P_3 = 54\text{kN}$, $P_4 = 83\text{kN}$, $P_5 = 99\text{kN}$ ve $P_6 = 115\text{kN}$ alınarak hesaplamalar yapılmıştır. İncelenen kolon için her α değerine karşılık gelen M_a ve M_b değerleri ve bu değerler kullanılarak saptanan ρ donatı oranları çizelgelerde verilmiştir. Kolon kesit hesaplamalarında kullanılan kuvvetler SAP 2000 programında elde edilen yaklaşık değerler olup sırası ile $N_1 = (G+Q\pm E)$ ve $N_2=(0.9\cdot G\pm E)$ alınarak olarak kullanılmıştır. Kolon donatı oranları A. Çakıroğlu’nun özel yöntemi kullanılarak yapılan yazılım ile elde edilmiştir. Ayrıca donatı oranlarının değişimi grafiklerde gösterilmiştir.

KOLON NO=1 (Zemin Kat)

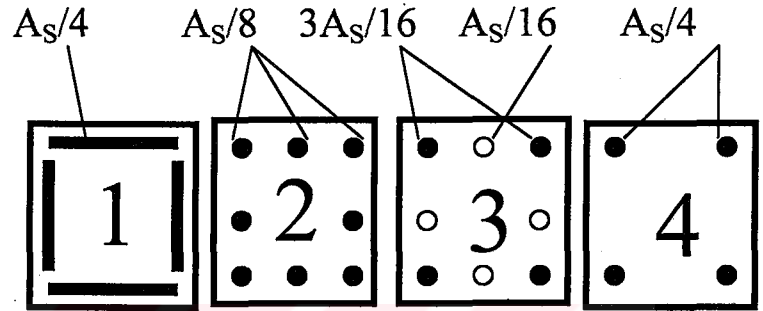
KOLON TİPİ.....=NOK

NORMAL KUVVET..=(G+Q±E) 885kN

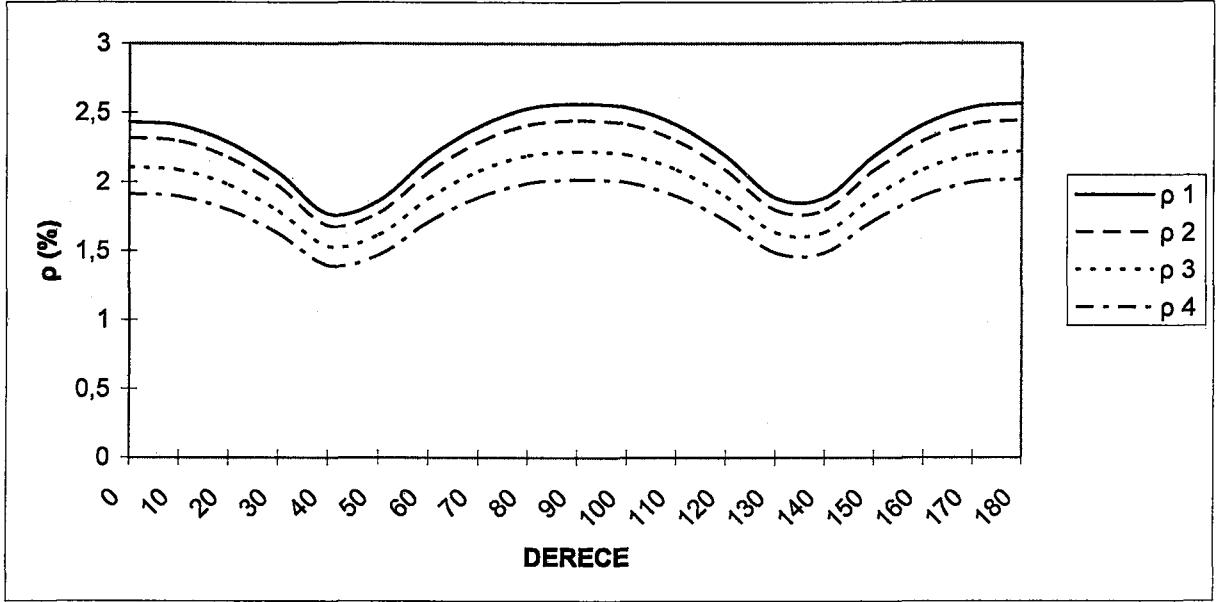
B/H=400/400

H'=40

Çizelge 3.2 Örnek 1-a (Kolon 1) eğilme momentleri ve donatı oranları



AÇI	M_a	M_b	$\rho_1(\%)$	$\rho_2(\%)$	$\rho_3(\%)$	$\rho_4(\%)$
0	-152,62	155,75	2,384	2,292	2,065	1,877
10	-123,01	180,43	2,359	2,267	2,044	1,858
20	-89,53	199,62	2,233	2,146	1,934	1,759
30	-53,2	212,76	2,017	1,938	1,747	1,588
40	-15,13	219,43	1,722	1,654	1,491	1,356
50	23,54	219,43	1,805	1,733	1,563	1,421
60	61,61	212,76	2,107	2,024	1,825	1,659
70	97,93	199,62	2,329	2,238	2,018	1,834
80	131,41	180,43	2,462	2,365	2,132	1,938
90	161,03	155,75	2,496	2,398	2,162	1,966
100	185,88	126,34	2,475	2,377	2,144	1,949
110	205,2	93,09	2,351	2,258	2,036	1,851
120	218,43	57,02	2,136	2,052	1,850	1,682
130	225,14	19,20	1,840	1,768	1,594	1,449
140	225,14	-19,20	1,840	1,768	1,594	1,449
150	218,43	-57,02	2,136	2,052	1,850	1,682
160	205,2	-93,09	2,351	2,258	2,036	1,851
170	185,88	-126,34	2,475	2,377	2,144	1,949
180	161,03	-155,75	2,496	2,398	2,162	1,966



Şekil 3.4 Örnek 1-a (Kolon 1) (G+Q±E) $\rho(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Değişik donatı yerleşim durumlarından elde edilen bu eğriler yukarıdaki şekilde belirtilmiştir. Donatı yerleşim durumlarına göre çizilen bu diyagramların hepsi simetriktir. Bütün eğriler $\alpha=90^\circ$ ve 180° de maksimum değere ulaşırlar. Bütün eğriler $\alpha=40^\circ$ de minimum değeri aldılar.

Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşimine (ρ_1) göre bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2.496-1.722=0.774$

Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre(ρ_2) bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2.398-1.654=0.744$

Köşelerdeki donatı toplam donatının $3/16$ 'sı kenar ortalarında $1/16$ 'sına göre donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_3) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $2.162-1.491=0.671$

Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_4) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $1.966-1.356=0.610$

En büyük fark dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. En düşük fark karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi.

KOLON NO=1 (Zemin Kat)

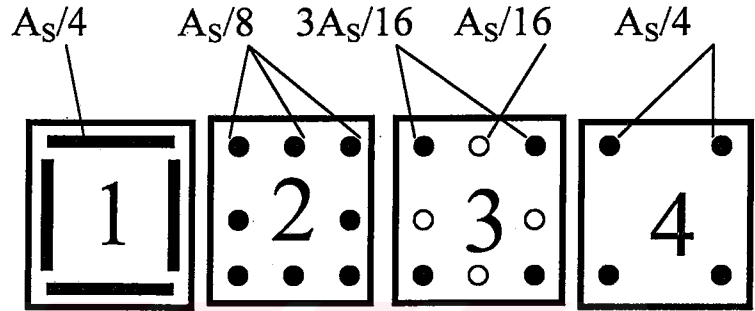
KOLON TİPİ.....=NOK

NORMAL KUVVET..=(0.9*G±E) 590kN

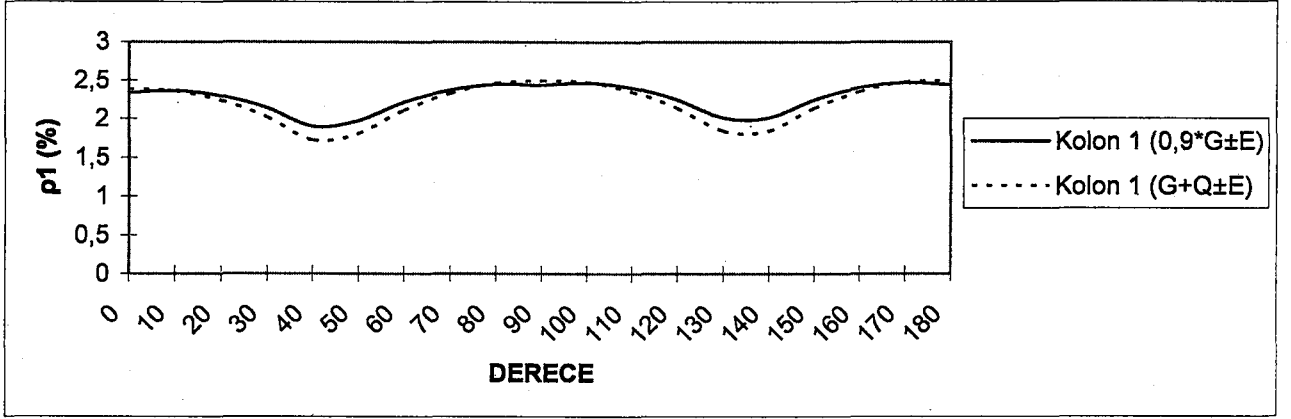
B/H=400/400

H'.....=40

Çizelge 3.3 Örnek 1-a (Kolon 1) eğilme momentleri ve donatı oranları

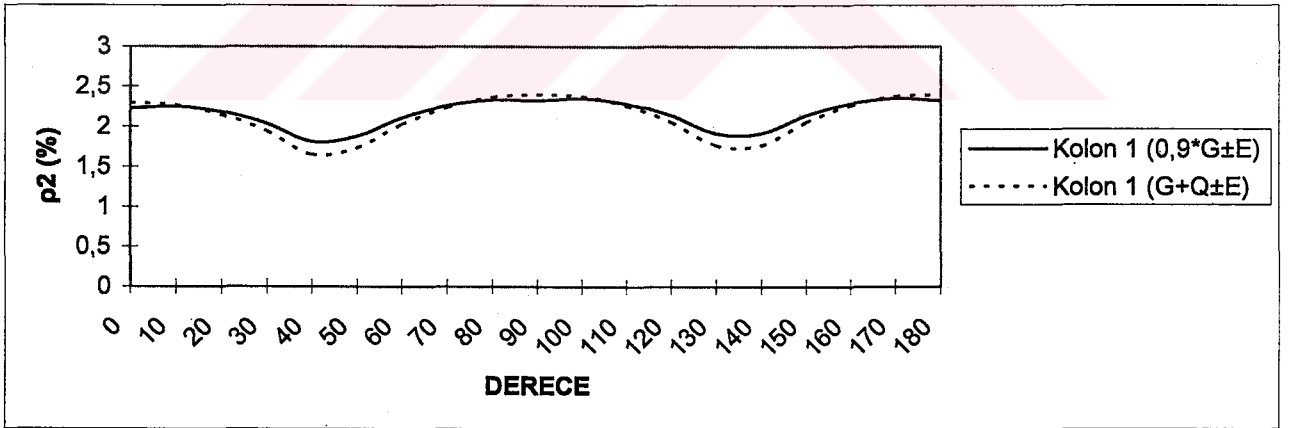


AÇI	M_a	M_b	$\rho_1(\%)$	$\rho_2(\%)$	$\rho_3(\%)$	$\rho_4(\%)$
0	-152,62	155,75	2,335	2,224	2,000	1,853
10	-123,01	180,43	2,362	2,249	2,024	1,874
20	-89,53	199,62	2,293	2,184	1,965	1,820
30	-53,2	212,76	2,137	2,035	1,832	1,696
40	-15,13	219,43	1,903	1,812	1,631	1,510
50	23,54	219,43	1,972	1,878	1,690	1,565
60	61,61	212,76	2,212	2,107	1,896	1,756
70	97,93	199,62	2,373	2,260	2,034	1,883
80	131,41	180,43	2,447	2,331	2,097	1,942
90	161,03	155,75	2,439	2,323	2,091	1,936
100	185,88	126,34	2,468	2,351	2,116	1,959
110	205,2	93,09	2,402	2,287	2,058	1,906
120	218,43	57,02	2,247	2,140	1,926	1,783
130	225,14	19,20	2,013	1,917	1,725	1,597
140	225,14	-19,20	2,013	1,917	1,725	1,597
150	218,43	-57,02	2,247	2,140	1,926	1,783
160	205,2	-93,09	2,402	2,287	2,058	1,906
170	185,88	-126,34	2,468	2,351	2,116	1,959
180	161,03	-155,75	2,439	2,323	2,091	1,936



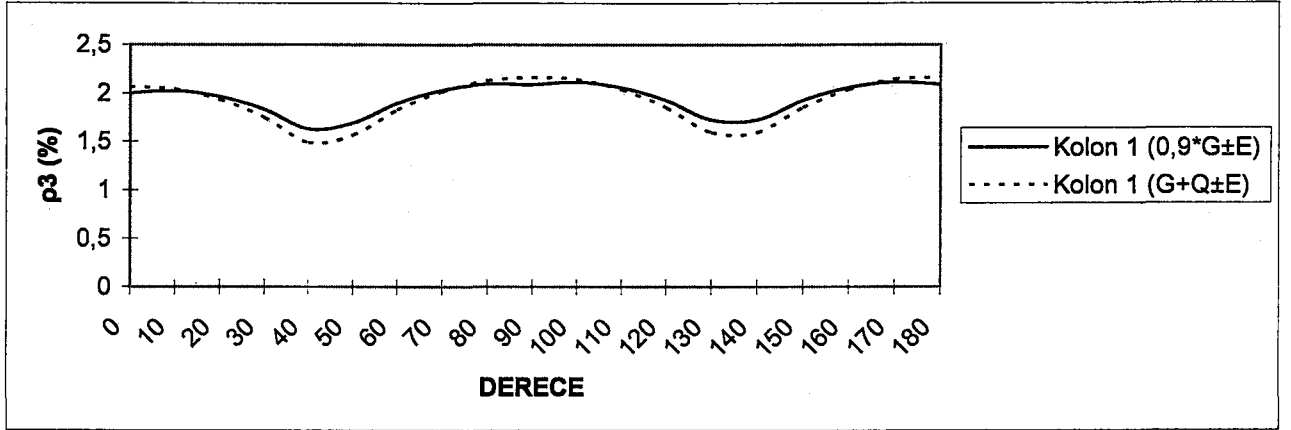
Şekil 3.5 Örnek 1-a (Kolon 1) $p_1(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 1 için maksimum donatı oranları $\alpha = 100^\circ$ ve 170° değerleri civarında ve $\rho_p = \%2.468$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 40^\circ$ değerleri civarında $\rho_1 = \%1.903$ olarak elde edilmiştir. Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı durumuna göre oluşan bu diyagram simetrik bir yapıya sahiptir. $N=885\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)'dan gelen maksimum $\rho_1 = \%2.996$ ($\alpha=90^\circ$ ve 180°), minimum $\rho_1 = \%1.722$ ($\alpha = 40^\circ$) olarak elde edilmiştir.



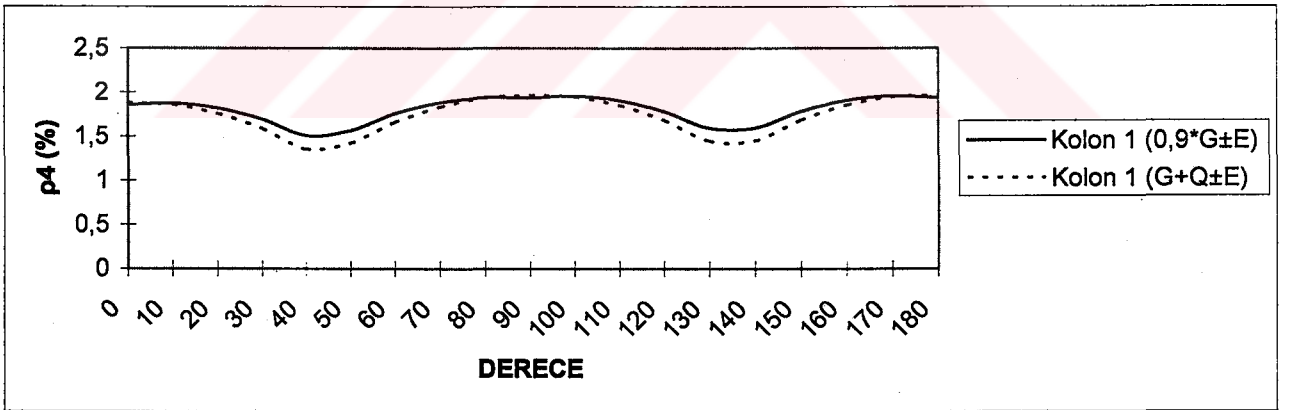
Şekil 3.6 Örnek1-a (Kolon 1) $p_2(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 1 için maksimum donatı oranları $\alpha = 100^\circ$ ve 170° değerleri civarında ve $\rho_p = \%2.351$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 40^\circ$ değerleri civarında $\rho_1 = \%1.812$ olarak elde edilmiştir. Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre bulunan bu diyagramda simetrik bir yapıya sahiptir. $N=885\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)'dan gelen maksimum $\rho_2 = \%2.398$ ($\alpha = 90^\circ$ ve 180°), minimum $\rho_2 = \%1.654$ ($\alpha = 40^\circ$) olarak elde edilmiştir.



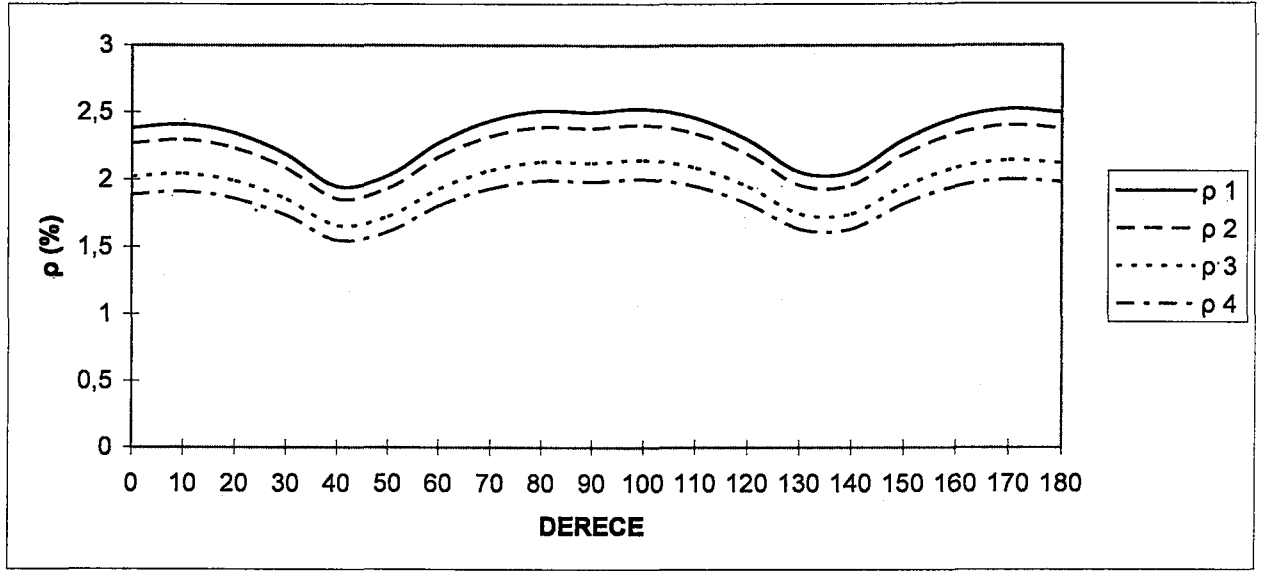
Şekil 3.7 Örnek 1-a (Kolon 1) $p_3(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 1 için maksimum donatı oranları $\alpha = 100^\circ$ ve 170° değerleri civarında ve $\rho_p = \%2.116$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 40^\circ$ değerleri civarında $\rho_1 = \%1.631$ olarak elde edilmiştir. Köşelerde toplam donatının $3/16$ 'sı, kenar ortalarında $1/16$ 'sı göre donatı yerleşiminden elde edilen bu diyagram simetrik bir yapıya sahiptir. $N=885\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)'dan gelen maksimum $p_3 = \%2.162$ ($\alpha = 90^\circ$ ve 180°), minimum $p_3 = \%1.491$ ($\alpha = 40^\circ$) olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.8 Örnek 1-a (Kolon 1) $p_4(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 1 için maksimum donatı oranları $\alpha = 100^\circ$ ve 170° değerleri civarında ve $\rho_p = \%1.959$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 40^\circ$ değerleri civarında $\rho_1 = \%1.510$ olarak elde edilmiştir. Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen bu diyagram simetrik bir yapıya sahiptir. $N=885\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)'dan gelen maksimum $p_4 = \%1.966$ ($\alpha = 90^\circ$ ve 180°), minimum $p_4 = \%1.356$ ($\alpha = 40^\circ$) olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.9 Örnek 1-a (Kolon 1) (0,9*G±E) ρ (%) donatı oranlarının değişimi

Değişik donatı yerleşim durumlarından elde edilen bu eğriler yukarıdaki şekilde belirtilmiştir. Donatı yerleşim durumlarına göre çizilen bu diyagramların hepsi simetriktir. Bütün eğriler $\alpha=100^\circ$ ve 170° de maksimum değere ulaşırlar. Bütün eğriler $\alpha=40^\circ$ de minimum değeri aldılar.

Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşimine (ρ_1) göre bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2.468-1.903=0.565$

Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre(ρ_2) bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2.351-1.812=0.539$

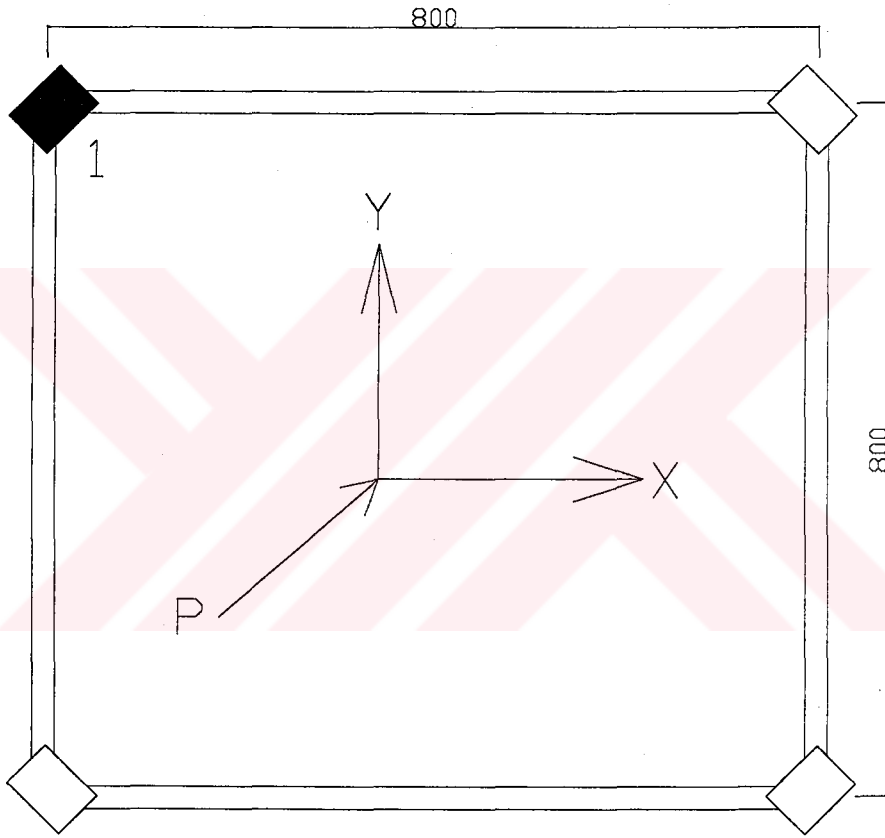
Köşelerdeki donatı toplam donatının $3/16$ 'sı kenar ortalarında $1/16$ 'sına göre donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_3) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $2.116-1.631=0.485$

Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_4) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $1.959-1.510=0.449$

En büyük fark dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. En düşük fark karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. $N=885\text{kN}$ ($G+Q\pm E$) kuvvetiyle elde edilen donatı oranları arasındaki farkla $N=590\text{kN}$ ($0,9*G\pm E$) kuvvetiyle elde edilen donatı oranları arasındaki farktan daha büyüktür.

3.2 Örnek 1-b

Örnek 1-b olarak seçilen altı katlı yapının şematik kalıp planı Şekil 3.10'da gösterilmiştir. Yapının kat yükseklikleri 3.00 m'dir. 1,2,3 katlarda yapının kolonları $40 \times 50 \text{ cm}^2$ kirişlerde $25 \times 50 \text{ cm}^2$ olarak seçilmiş bulunmaktadır. 4,5,6 katlarda kolonlar 35×45 kesitlerindedir. Hesaplamalarda malzeme kalitesi olarak BS25 ve çelik BÇIII kullanılmıştır. Döşeme kalınlığı 14 cm'dir.



Şekil 3.10 Örnek 1-b şematik kalıp planı

Örnekte yapının simetri özelliği de dikkate alınarak, numaralandırılmış bir kolonu incelenecektir. Bu kolonların asal eksenleri ortogonal eksenlere göre 45° döndürülmüştür.

Deprem Bölgesi = I

Yapının Kullanım Amacı = Spor tesisi

Zemin türü = Z4

Kat Alanı = 8 x 8 = 64 m²

Betonarme Plak Ağırlığı = 0,14 x 25 =3.5 kN/m²

Sıva + Kaplama Ağırlığı =1,5 kN/m²

$$g = 5 \text{ kN/m}^2$$

$$q = 4 \text{ kN/m}^2$$

Sabit Yük(ilk üç kat) = 5 x 64 + 0,36 x 0,25 x 32 x 25 + 0,50x0,40x 3 x 4x25 = 452
kN

Sabit Yük(son üç kat) = 5 x 64 + 0,36 x 0,25 x 32 x 25 + 0,35x 0,45 x 3 x 4x25 = 440
kN

n=0,60 (binanın kullanım amacı)

Bir Kat Ağırlığı = W_{1,2,3} = 452 + 0,6 x 64 x 4 = 605 kN

Bir Kat Ağırlığı = W_{4,5,6} = 440 + 0,6 x 64 x 4 = 595 kN

Toplam Bina Ağırlığı = ΣW = 3x (605+595) = 3600 kN

Etkin Yer İvmesi = A₀ = 0,4

R (süneklilik) = 8

I = 1.2

Zemin Sınıfı = IV (T_a = 0,2, T_b = 0,90)

T_{1X} = 0,9225sn

T_{1Y} = 0,9225sn

0,20 < 0,90 < 0.9225

S(t) = 2,5(0.9/0.9225)^{0.8} = 2.45

A(t) = A₀ x I x S(t) = 0,4 x 1.2 x 2,45 = 1.18

V(t) = Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü (Taban Kesme Kuvveti)

V(t) = W x A(t) / R_a = 3600 x 1.18 / 8 = 530 kN

V(t) = 530 > 0,10 x A₀ x I x W = 0,1 x 0,4 x 1.2 x 3600 = 172,8 kN

Çizelge 3.4 Kat deprem yükleri

Kat	H	W_i	$W_i h_i$	$W_i h_i / \sum W_i h_i$	P_i
1	3	605	1815	0,05	27
2	6	605	3630	0,1	53
3	9	605	5445	0,13	80
4	12	595	7140	0,2	100
5	15	595	8925	0,24	122
6	18	595	10710	0,28	148
$\sum W_i h_i$			37665		

Kolonlarda maksimum donatı oranını veren deprem doğrultusunu saptamak amacı ile, Şekil 3.2’de gösterilen α açısı $\alpha = 0.10, 20, \dots 180^\circ$ değerleri arasında değiştirilip sırası ile $P_1 = 27\text{kN}$, $P_2 = 53\text{kN}$, $P_3 = 80\text{kN}$, $P_4 = 100\text{kN}$, $P_5 = 122\text{kN}$ ve $P_6 = 148\text{kN}$ alınarak hesaplamalar yapılmıştır. İncelenen kolon için her α değerine karşılık gelen M_a , ve M_b değerleri ve bu değerler kullanılarak saptanan ρ donatı oranları çizelgelerde verilmiştir. Kolon kesit hesaplamalarında kullanılan kuvvetler SAP 2000 programında elde edilen yaklaşık değerler olup sırası ile $N_1 = (G+Q\pm E)$ ve $N_2 = (0.9 \cdot G\pm E)$ alınarak olarak kullanılmıştır. Kolon donatı oranları A. Çakıroğlu’nun özel yöntemi kullanılarak yapılan yazılım ile elde edilmiştir. Ayrıca donatı oranlarının değişimi grafiklerde gösterilmiştir.

KOLON NO=1 (Zemin Kat)

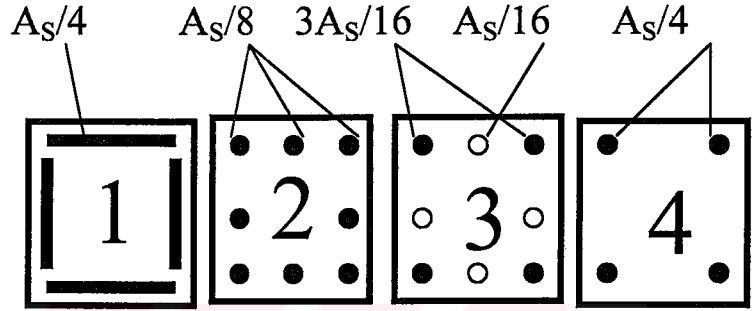
KOLON TİPİ.....=NOK

NORMAL KUVVET..=(G+Q±E) 900kN

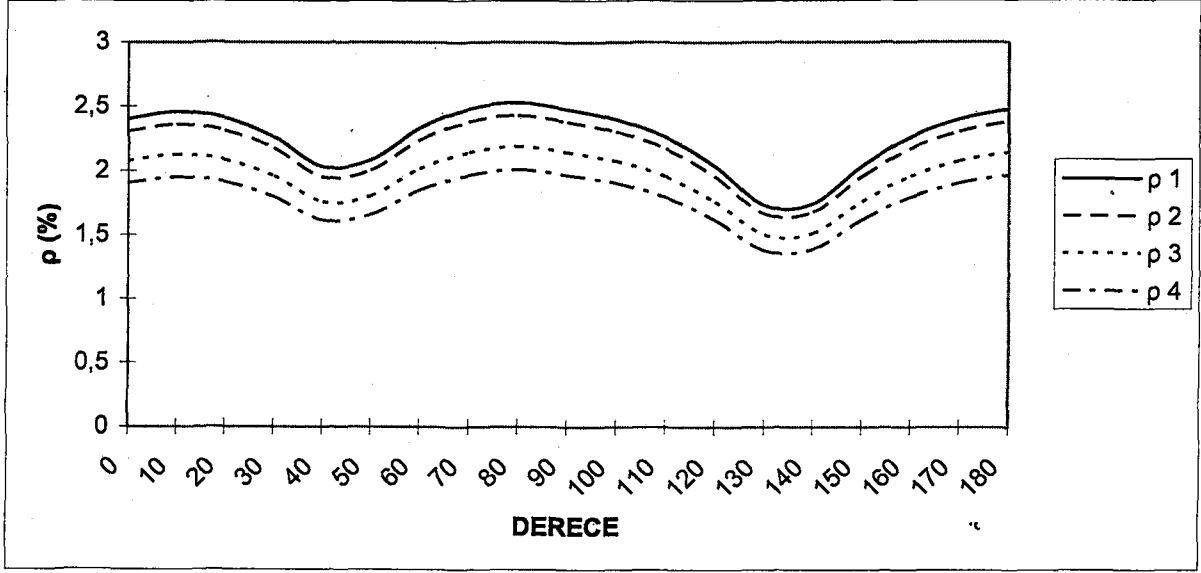
B/H=400/500

H'=40

Çizelge 3.5 Örnek 1-b (Kolon 1) eğilme momentleri ve donatı oranları



AÇI	M_a	M_b	$\rho_1(\%)$	$\rho_2(\%)$	$\rho_3(\%)$	$\rho_4(\%)$
0	-183,84	269,29	2,403	2,308	2,079	1,907
10	-148,31	311,96	2,458	2,361	2,127	1,951
20	-108,00	345,20	2,409	2,313	2,084	1,912
30	-64,60	368,00	2,263	2,174	1,958	1,796
40	-19,00	380,12	2,031	1,950	1,757	1,612
50	27,50	379,40	2,085	2,003	1,804	1,655
60	73,22	368,00	2,328	2,236	2,014	1,848
70	116,78	345,20	2,478	2,379	2,143	1,966
80	157,00	312,00	2,530	2,429	2,188	2,008
90	192,5	269,30	2,477	2,379	2,143	1,966
100	222,33	218,50	2,398	2,303	2,075	1,903
110	245,49	160,97	2,259	2,169	1,954	1,792
120	261,41	98,70	2,033	1,953	1,759	1,614
130	269,50	33,20	1,729	1,661	1,496	1,373
140	270,20	-34,30	1,742	1,674	1,508	1,382
150	261,41	-98,70	2,033	1,953	1,759	1,614
160	245,50	-161,00	2,260	2,170	1,955	1,791
170	222,33	-218,50	2,398	2,303	2,075	1,903
180	192,50	-269,30	2,477	2,379	2,143	1,966



Şekil 3.11 Örnek 1-b (Kolon 1) (G+Q±E) $\rho(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Değişik donatı yerleşim durumlarından elde edilen bu eğriler yukarıdaki şekilde belirtilmiştir. Donatı yerleşim durumlarına göre çizilen bu diyagramların hepsi simetriktir. Bütün eğriler $\alpha=80^\circ$ de maksimum değere ulaşırlar. Bütün eğriler $\alpha=130^\circ$ de minimum değeri aldılar.

Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşimine (ρ_1) göre bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2,530-1,729=0,801$

Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre(ρ_2) bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2,429-1,661=0,768$

Köşelerdeki donatı toplam donatının $3/16$ 'sı kenar ortalarında $1/16$ 'sına göre donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_3) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $2,188-1,496=0,692$

Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_4) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $2,008-1,373=0,635$

En büyük fark dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. En düşük fark karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi.

KOLON NO=1 (Zemin Kat)

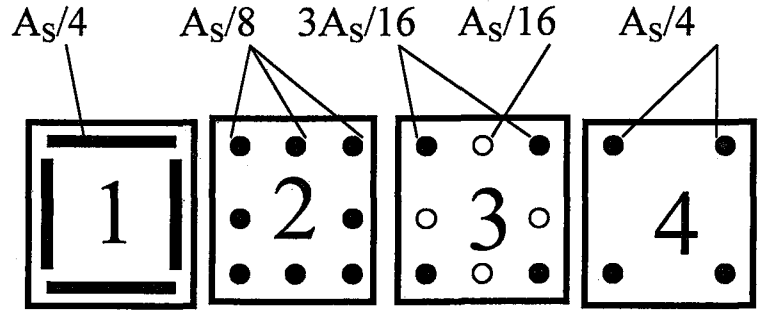
KOLON TİPİ.....=NOK

NORMAL KUVVET..=(0.9*G±E) 605kN

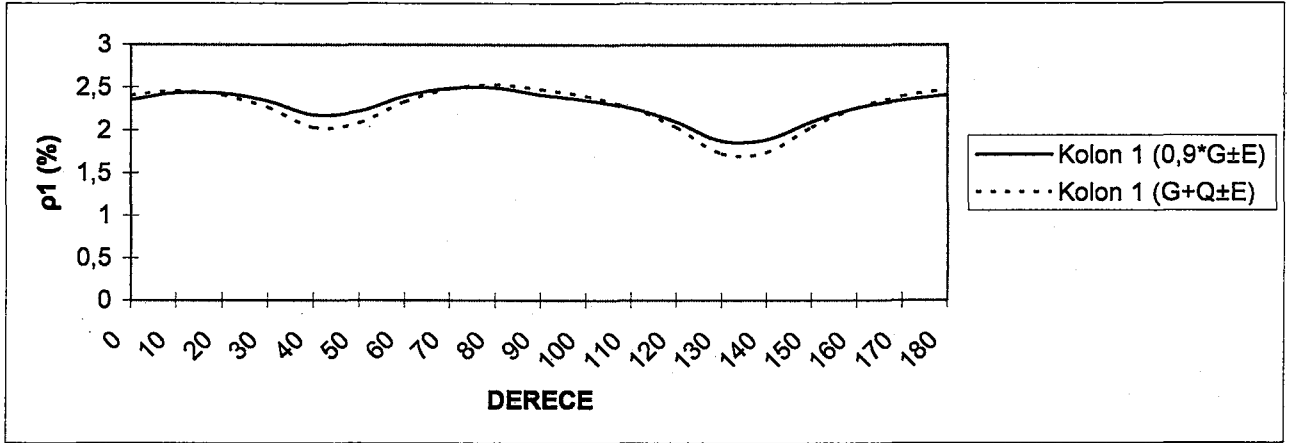
B/H=400/500

H'.....=40

Çizelge 3.6 Örnek 1-b (Kolon 1) eğilme momentleri ve donatı oranları

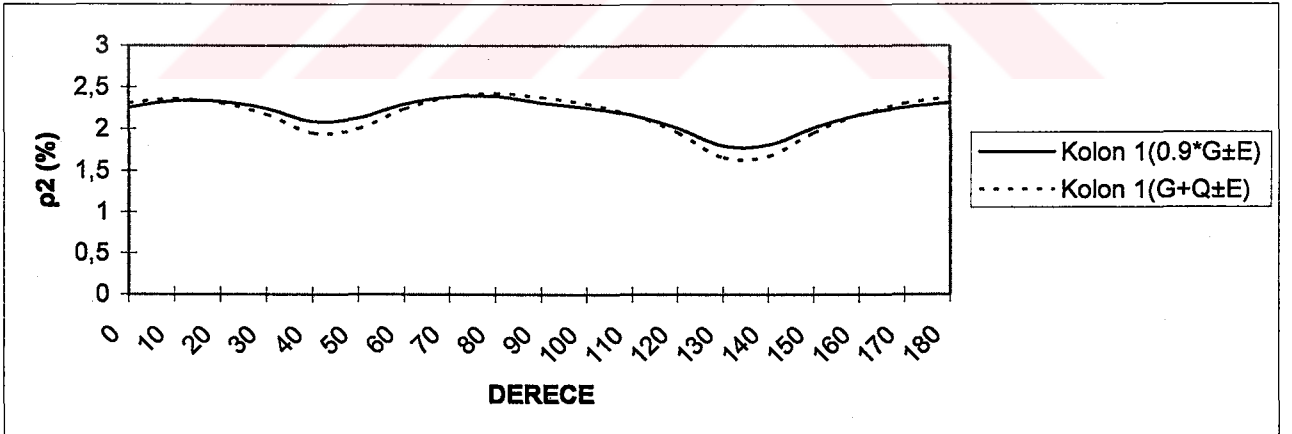


AÇI	M_a	M_b	$\rho_1(\%)$	$\rho_2(\%)$	$\rho_3(\%)$	$\rho_4(\%)$
0	-183,84	269,29	2,349	2,253	2,041	1,925
10	-148,31	311,96	2,434	2,334	2,115	1,995
20	-108,00	345,20	2,428	2,329	2,110	1,991
30	-64,60	368,00	2,341	2,245	2,034	1,919
40	-19,00	380,12	2,179	2,090	1,893	1,786
50	27,50	379,40	2,220	2,129	1,928	1,819
60	73,22	368,00	2,392	2,294	2,079	1,961
70	116,78	345,20	2,486	2,384	2,160	2,037
80	157,00	312,00	2,495	2,393	2,168	2,045
90	192,50	269,30	2,413	2,314	2,097	1,978
100	222,33	218,50	2,352	2,255	2,043	1,928
110	245,49	160,97	2,261	2,168	1,964	1,853
120	261,41	98,70	2,100	2,014	1,825	1,721
130	269,50	33,20	1,877	1,800	1,631	1,539
140	270,20	-34,30	1,890	1,810	1,641	1,548
150	261,41	-98,70	2,100	2,014	1,825	1,721
160	245,50	-161,00	2,261	2,168	1,964	1,853
170	222,33	-218,50	2,352	2,255	2,043	1,928
180	192,50	-269,30	2,413	2,314	2,097	1,978



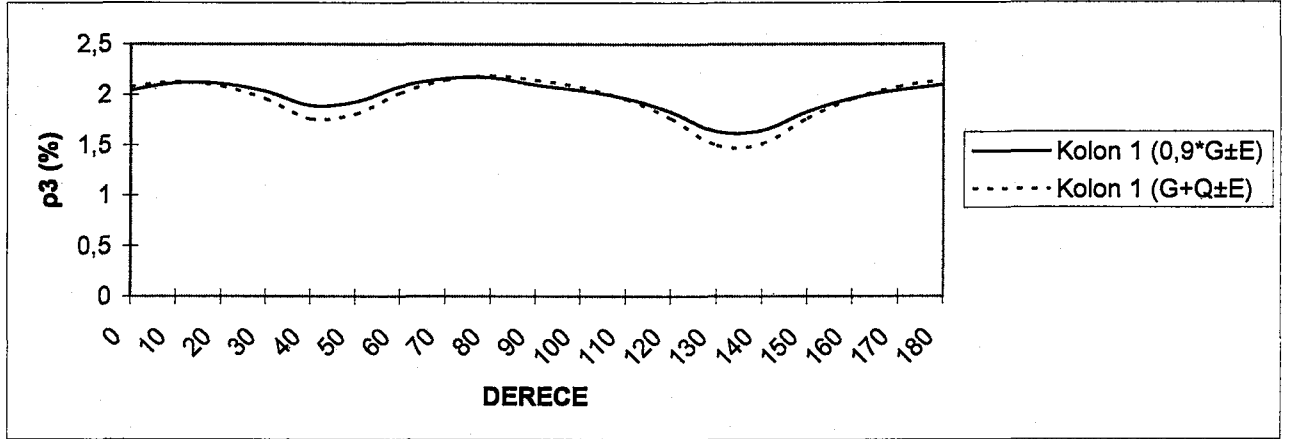
Şekil 3.12 Örnek 1-b (Kolon 1) p1(%) Donatı Oranlarının Değişimi

Kolon 1 için maksimum donatı oranları $\alpha = 80^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%2.495$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 130^\circ$ değerleri civarında $\rho_1 = \%1.877$ olarak elde edilmiştir. Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı durumuna göre oluşan bu diyagram simetrik bir yapıya sahiptir. $N=900\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)'dan gelen maksimum $\rho_1 = \%2.530$ ($\alpha=80^\circ$), minimum $\rho_1 = \%1.729$ ($\alpha=130^\circ$) olarak elde edilmiştir.



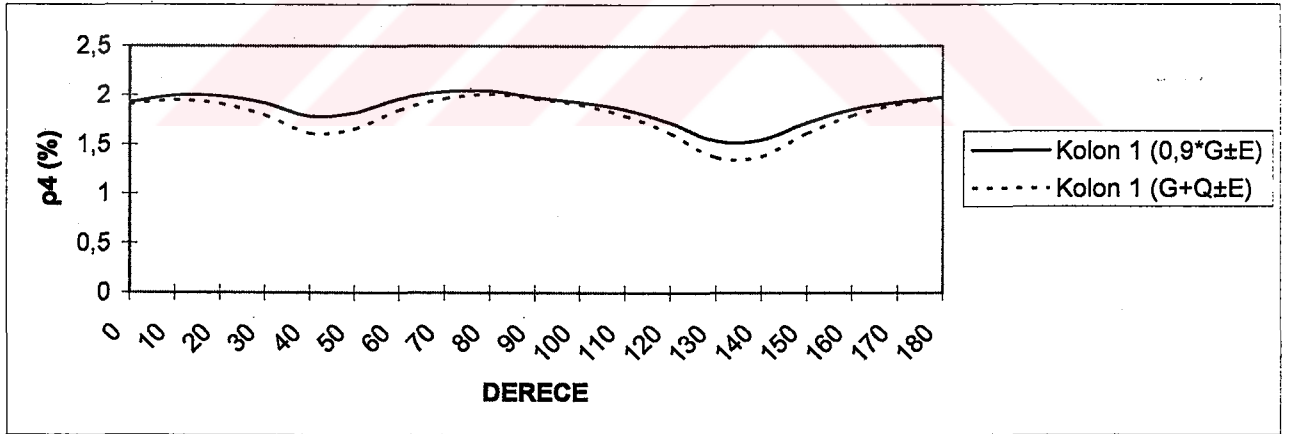
Şekil 3.13 Örnek 1-b (Kolon 1) p2(%) Donatı Oranlarının Değişimi

Kolon 1 için maksimum donatı oranları $\alpha = 80^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%2.393$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 130^\circ$ değerleri civarında $\rho_1 = \%1.800$ olarak elde edilmiştir. Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre bulunan bu diyagramda simetrik bir yapıya sahiptir. $N=900\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)'dan gelen maksimum $\rho_2 = \%2.429$ ($\alpha = 80^\circ$), minimum $\rho_2 = \%1.661$ ($\alpha = 130^\circ$) olarak elde edilmiştir.



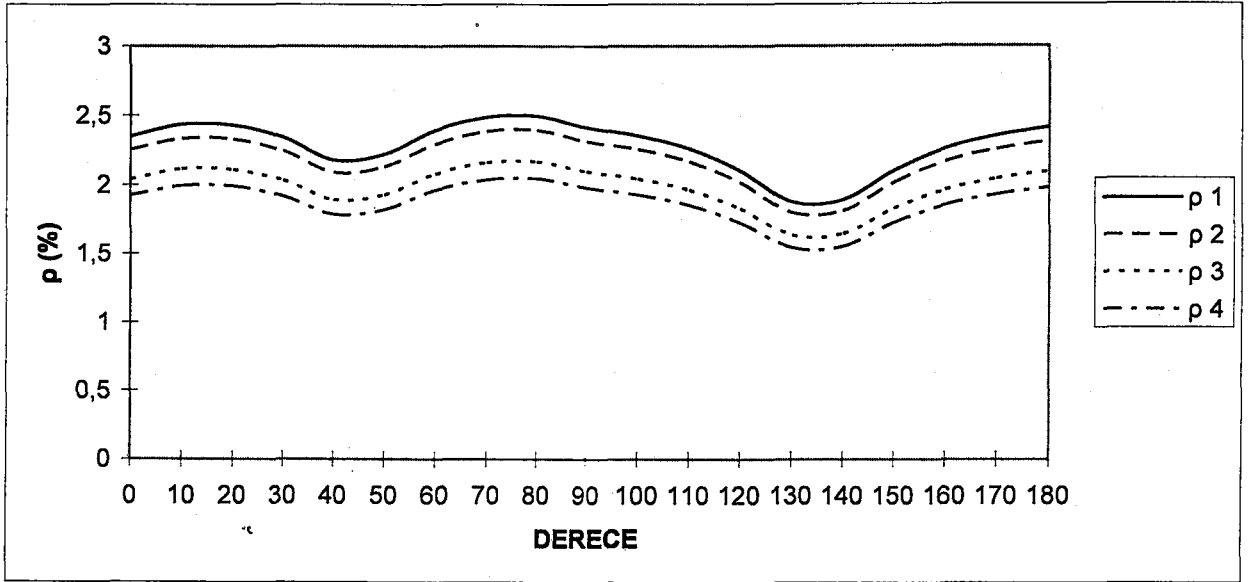
Şekil 3.14 Örnek 1-b (Kolon 1) $p_3(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi

Kolon 1 için maksimum donatı oranları $\alpha = 80^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%2.168$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 130^\circ$ değerleri civarında $\rho_1 = \%1.631$ olarak elde edilmiştir. Köşelerde toplam donatının 3/16'sı, kenar ortalarında 1/16'sı göre donatı yerleşiminden elde edilen bu diyagram simetrik bir yapıya sahiptir. $N=900\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)'dan gelen maksimum $\rho_3 = \%2.188$ ($\alpha = 80^\circ$), minimum $\rho_3 = \%1.496$ ($\alpha = 130^\circ$) olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.15 Örnek 1-b (Kolon 1) $p_4(\%)$ Donatı Oranlarının Değişimi

Kolon 1 için maksimum donatı oranları $\alpha = 80^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%2.045$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 130^\circ$ değerleri civarında $\rho_1 = \%1.539$ olarak elde edilmiştir. Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen bu diyagram simetrik bir yapıya sahiptir. $N=900\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)'dan gelen maksimum $\rho_4 = \%2.008$ ($\alpha = 80^\circ$), minimum $\rho_4 = \%1.373$ ($\alpha = 130^\circ$) olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.16 Örnek 1-b (Kolon 1) (0,9*G±E) ρ(%) Donatı Oranlarının Değişimi

Değişik donatı yerleşim durumlarından elde edilen bu eğriler yukarıdaki şekilde belirtilmiştir. Donatı yerleşim durumlarına göre çizilen bu diyagramların hepsi simetriktir. Bütün eğriler $\alpha=120^\circ$ de maksimum değere ulaştılar. Bütün eğriler $\alpha=60^\circ$ de minimum değeri aldılar.

Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşimine (ρ_1) göre bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2,495-1,877=0,618$

Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre (ρ_2) bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2,393-1,800=0,593$

Köşelerdeki donatı toplam donatının $3/16$ 'sı kenar ortalarında $1/16$ 'sına göre donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_3) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki

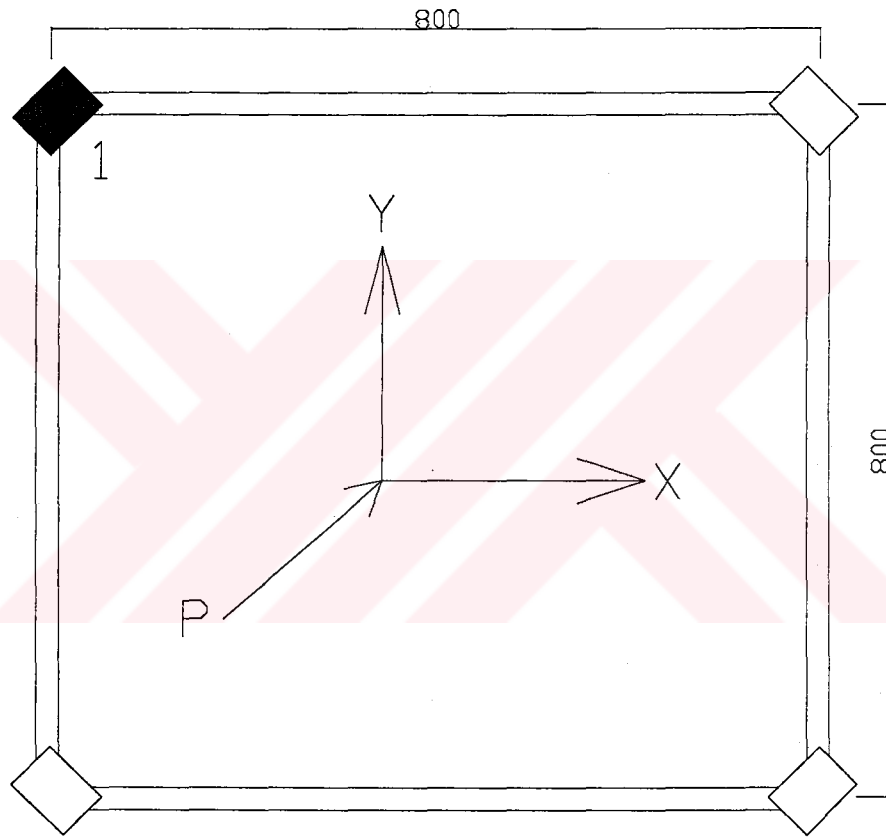
fark= $2,168-1,631=0,537$

Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_4) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $2,045-1,539=0,506$

En büyük fark dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. En düşük fark karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. $N=900\text{kN}$ ($G+Q\pm E$) kuvvetiyle elde edilen donatı oranları arasındaki farkla $N=605\text{kN}$ ($0,9*G\pm E$) kuvvetiyle elde edilen donatı oranları arasındaki faktan daha büyüktür.

3.3 Örnek 1-c

Örnek 1-c olarak seçilen altı katlı yapının şematik kalıp planı Şekil 3.2’de gösterilmiştir. Yapının kat yükseklikleri 3.00 m’dir. 1,2,3 katlarda yapının kolonları 40x60 cm² kirişlerde 25x50 cm² olarak seçilmiş bulunmaktadır. 4,5,6 katlarda kolonlar 30x45 kesitlerindedir. Hesaplamalarda malzeme kalitesi olarak BS25 ve çelik BÇIII kullanılmıştır. Döşeme kalınlığı 14 cm’dir.



Şekil 3.17 Örnek1-c şematik kalıp planı

Örnekte yapının simetri özelliği de dikkate alınarak, numaralandırılmış bir kolonu incelenecektir. Bu kolonların asal eksenleri ortogonal eksenlere göre 45° döndürülmüştür.

Deprem Bölgesi = I

Yapının Kullanım Amacı = Spor Tesisi

Zemin türü = Z4

Kat Alanı = 8 x 8 = 64 m²

Betonarme Plak Ağırlığı = 0,14 x 25 =3.5 kN/m²

Sıva + Kaplama Ağırlığı =1,5 kN/m²

$$g = 5 \text{ kN/m}^2$$

$$q = 4 \text{ kN/m}^2$$

Sabit Yük(ilk üç kat) = 5 x 64 + 0,36 x 0,25 x 32 x 25 + 0,60x0,40x 3 x4x25 =465
kN

Sabit Yük(son üç kat) =5 x 64 + 0,36 x 0,25 x 32 x 25 + 0,30x 0,45 x 3 x 4x25 =435
kN

n=0,60 (binanın kullanım amacı)

Bir Kat Ağırlığı = W_{1,2,3} = 465 + 0,6 x 64 x 4 =620 kN

Bir Kat Ağırlığı = W_{4,5,6} = 435 + 0,6 x 64 x 4 =590 kN

Toplam Bina Ağırlığı = ΣW = 3x (620+590)= 3630 kN

Etkin Yer İvmesi = A₀ = 0,4

R (süneklilik) = 8

I = 1.2

Zemin Sınıfı = IV (T_a = 0,2, T_b = 0,90)

T_{1X} = 0,896sn

T_{1Y} = 0,896sn

0,20 < 0,896 < 0.90

S(t) = 2,5

A(t) = A₀ x I x S(t) = 0,4 x 1.2x 2,5 = 1.2

V(t) = Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü (Taban Kesme Kuvveti)

V(t) = W x A(t) / R_a = 3630 x 1.2 / 8 = 545 kN

V(t) = 635 > 0,10 x A₀ x I x W = 0,1 x 0,4 x 1.2 x 3630 = 175 kN

Çizelge 3.7 Kat deprem yükleri

Kat	H	W_i	$W_i h_i$	$W_i h_i / \sum W_i h_i$	P_i
1	3	620	1860	0,05	27
2	6	620	3720	0,1	55
3	9	620	5580	0,13	71
4	12	590	7080	0,2	109
5	15	590	8850	0,24	131
6	18	590	10620	0,28	152
$\sum W_i h_i$			37730		

Kolonlarda maksimum donatı oranını veren deprem doğrultusunu saptamak amacı ile, Şekil 3.2’de gösterilen α açısı $\alpha = 0.10, 20, \dots, 180^\circ$ değerleri arasında değiştirilip sırası ile $P_1 = 27\text{kN}$, $P_2 = 55\text{kN}$, $P_3 = 71\text{kN}$, $P_4 = 109\text{kN}$, $P_5 = 131\text{kN}$ ve $P_6 = 152\text{kN}$ alınarak hesaplamalar yapılmıştır. İncelenen kolon için her α değerine karşılık gelen M_a , ve M_b değerleri ve bu değerler kullanılarak saptanan ρ donatı oranları çizelgelerde gösterilmiştir. Kolon kesit hesaplamalarında kullanılan kuvvetler SAP 2000 programında elde edilen yaklaşık değerler olup sırası ile $N_1 = (G+Q\pm E)$ ve $N_2 = (0.9*G\pm E)$ alınarak olarak kullanılmıştır. Kolon donatı oranları A. Çakıroğlu’nun özel yöntemi kullanılarak yapılan yazılım ile elde edilmiştir. Ayrıca donatı oranlarının değişimi grafiklerde gösterilmiştir.

KOLON NO=1 (Zemin Kat)

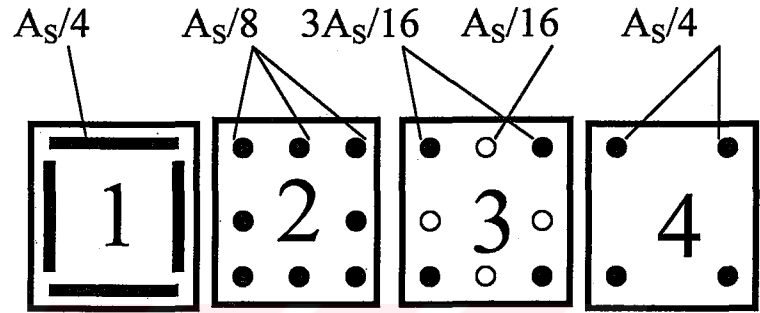
KOLON TİPİ.....=NOK

NORMAL KUVVET..=(G+Q±E) 910kN

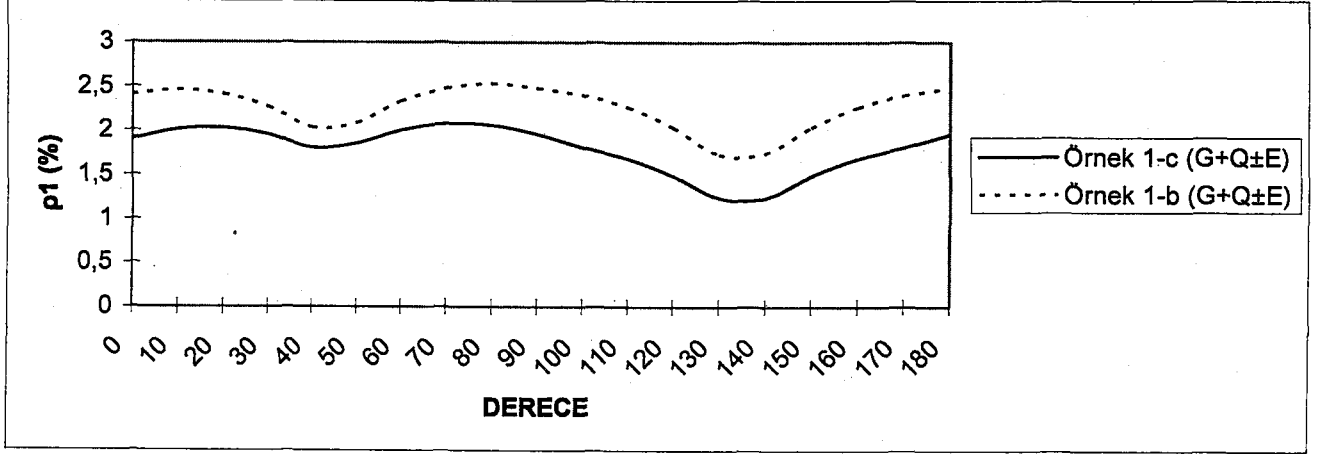
B/H=400/600

H'=40

Çizelge 3.8 Örnek 1-c (Kolon 1) eğilme momentleri ve donatı oranları

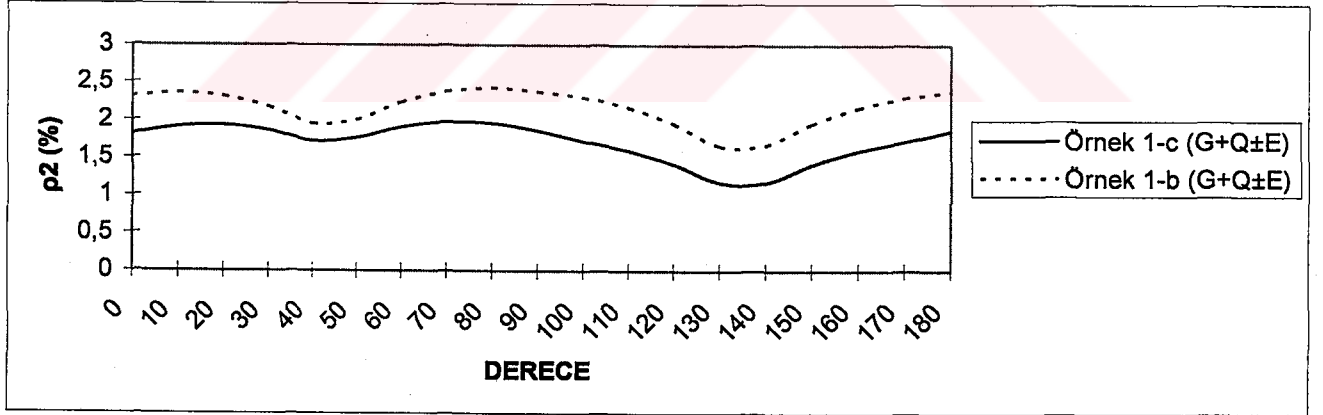


AÇI	M_a	M_b	$\rho_1(\%)$	$\rho_2(\%)$	$\rho_3(\%)$	$\rho_4(\%)$
0	-177,81	358,55	1,900	1,810	1,629	1,508
10	-143,78	415,34	2,007	1,911	1,720	1,593
20	-104,48	460	2,024	1,928	1,735	1,606
30	-62,26	489,79	1,954	1,861	1,635	1,551
40	-18,02	505,13	1,805	1,720	1,548	1,433
50	26,91	505,13	1,851	1,763	1,587	1,469
60	71,16	489,79	2,002	1,907	1,716	1,589
70	113,38	460	2,075	1,976	1,779	1,647
80	152,28	415,34	2,058	1,960	1,764	1,633
90	186,7	358,55	1,956	1,862	1,676	1,552
100	215,57	290,83	1,806	1,720	1,548	1,433
110	238,04	214,3	1,679	1,599	1,439	1,332
120	253,41	131,24	1,485	1,415	1,273	1,179
130	261,21	44,19	1,236	1,177	1,060	0,981
140	261,21	-44,19	1,236	1,177	1,060	0,981
150	253,41	-131,24	1,485	1,415	1,273	1,179
160	238,04	-214,3	1,679	1,599	1,439	1,332
170	215,57	-290,83	1,806	1,720	1,548	1,433
180	186,70	-358,55	1,956	1,862	1,676	1,552



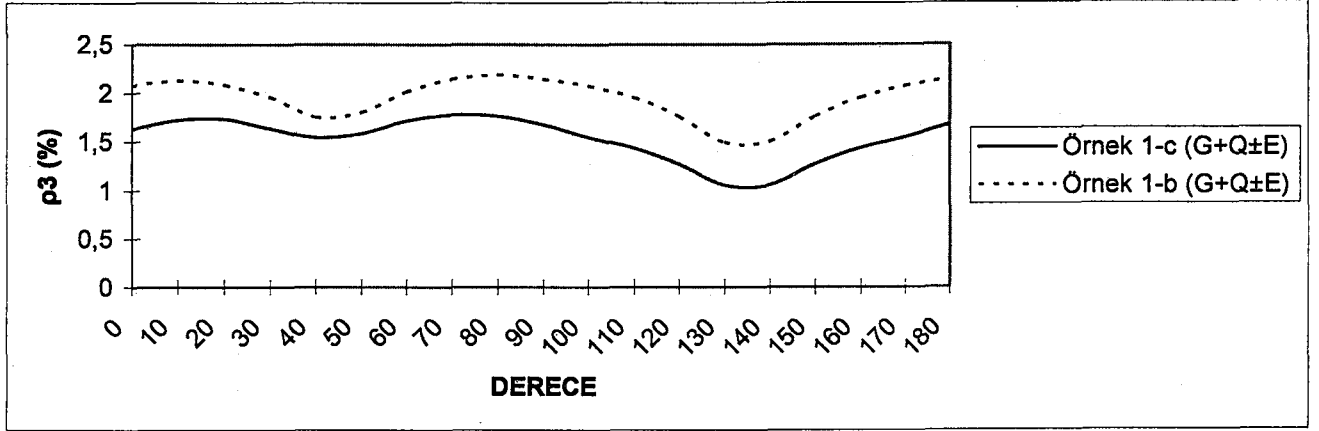
Şekil 3.18 Örnek 1-c (Kolon 1) $\rho_1(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 1 için maksimum donatı oranları $\alpha = 70^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%2,075$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 130^\circ, 140^\circ$ değerleri civarında $\rho_1 = \%1,236$ olarak elde edilmiştir. Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı durumuna göre oluşan bu diyagram simetrik bir yapıya sahiptir. Örnek 1-b'daki kolon 1 için $N=900\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)'dan gelen maksimum $\rho_1 = \%2,530$ ($\alpha=80^\circ$), minimum $\rho_1 = \%1,729$ ($\alpha = 130^\circ$) olarak elde edilmiştir.



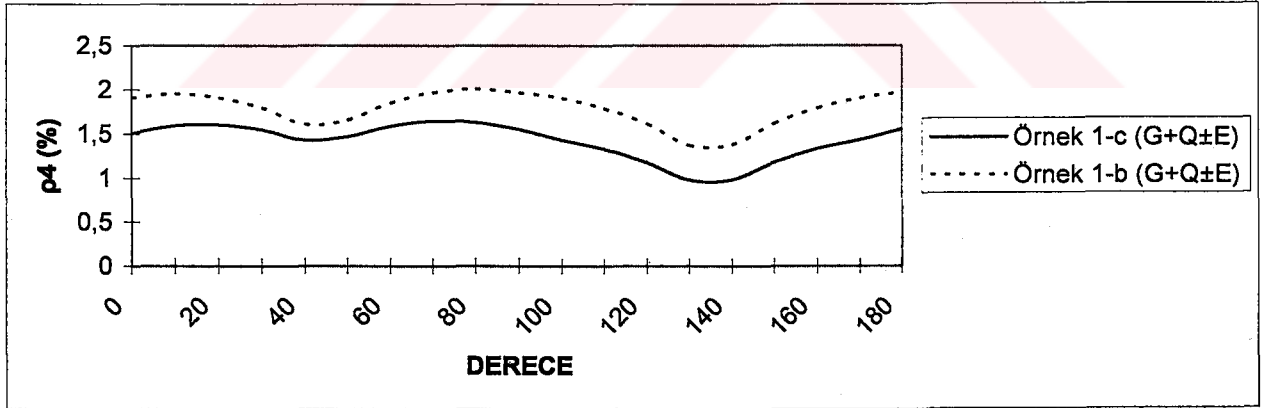
Şekil 3.19 Örnek 1-c (Kolon 1) $\rho_2(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 1 için maksimum donatı oranları $\alpha = 70^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%1,976$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 130^\circ, 140^\circ$ değerleri civarında $\rho_1 = \%1,177$ olarak elde edilmiştir. Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre bulunan bu diyagramda simetrik bir yapıya sahiptir. Örnek 1-b'daki kolon 1 için $N=900\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)'dan gelen maksimum $\rho_2 = \%2,429$ ($\alpha = 80^\circ$), minimum $\rho_2 = \%1,661$ ($\alpha = 130^\circ$) olarak elde edilmiştir.



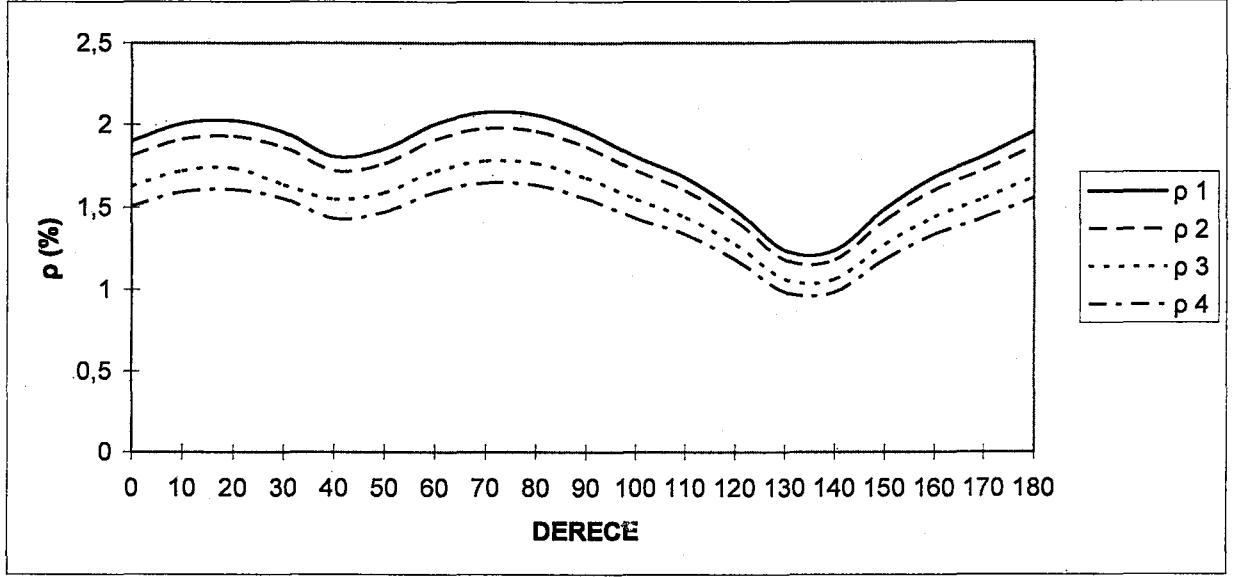
Şekil 3.20 Örnek 1-c (Kolon 1) $p_3(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 1 için maksimum donatı oranları $\alpha = 70^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%1,779$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 130^\circ, 140^\circ$ değerleri civarında $\rho_1 = \%1,060$ olarak elde edilmiştir. Köşelerde toplam donatının 3/16'sı, kenar ortalarında 1/16'sı göre donatı yerleşiminden elde edilen bu diyagram simetrik bir yapıya sahiptir. Örnek 1-b'daki kolon 1 için $N=900\text{kN}$ (G+Q±E)'dan gelen maksimum $\rho_3 = \%2,188$ ($\alpha = 80^\circ$), minimum $\rho_3 = \%1,496$ ($\alpha=130^\circ$) olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.21 Örnek 1-c (Kolon 1) $p_4(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 1 için maksimum donatı oranları $\alpha = 70^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%1,647$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 130^\circ, 140^\circ$ değerleri civarında $\rho_1 = \%0,981$ olarak elde edilmiştir. Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen bu diyagram simetrik bir yapıya sahiptir. Örnek 1-b'daki kolon 1 için $N=900\text{kN}$ (G+Q±E)'dan gelen maksimum $\rho_4 = \%2,008$ ($\alpha = 80^\circ$), minimum $\rho_4 = \%1,373$ ($\alpha = 130^\circ$) olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.22 Örnek 1-c (Kolon 1) (G+Q±E) $\rho(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Değişik donatı yerleşim durumlarından elde edilen bu eğriler yukarıdaki şekilde belirtilmiştir. Donatı yerleşim durumlarına göre çizilen bu diyagramların hepsi simetriktir. Bütün eğriler $\alpha=70^\circ$ de maksimum değere ulaşırlar. Bütün eğriler $\alpha=130^\circ$ ve 140° de minimum değeri aldılar.

Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşimine (ρ_1) göre bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2,075-1,236=0,839$

Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre(ρ_2) bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $1,976-1,177=0,799$

Köşelerdeki donatı toplam donatının $3/16$ 'sı kenar ortalarında $1/16$ 'sına göre donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_3) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $1,779-1,060=0,719$

Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_4) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $1,647-0,981=0,666$

En büyük fark dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. En düşük fark karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi.

KOLON NO=1 (Zemin Kat)

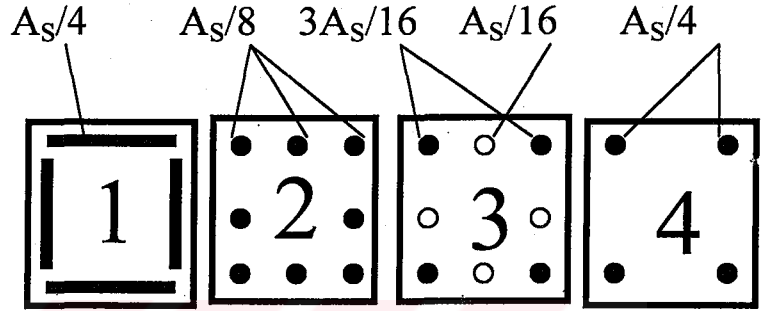
KOLON TİPİ.....=NOK

NORMAL KUVVET..=(0.9*G±E) 610kN

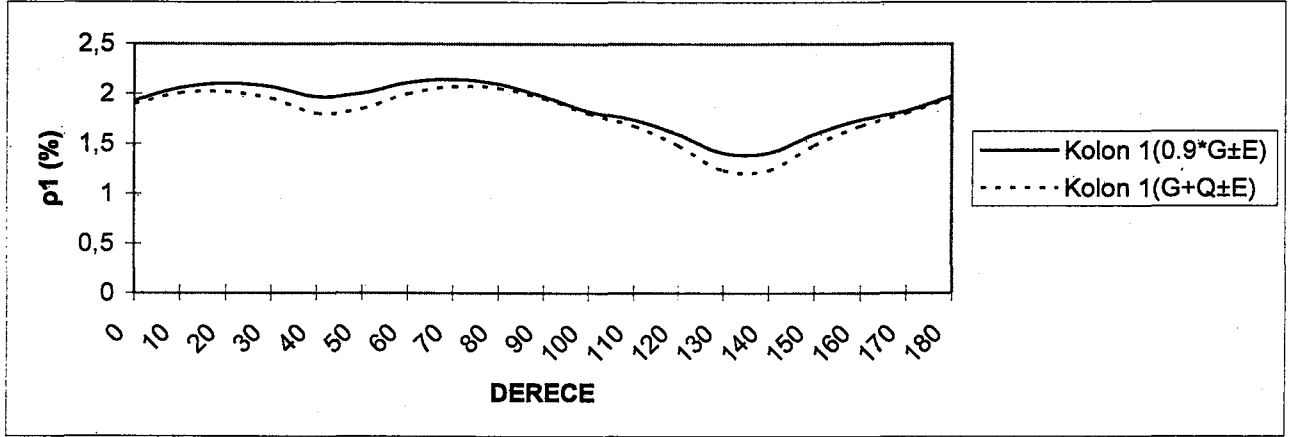
B/H=400/600

H'.....=40

Çizelge 3.9 Örnek 1-c (Kolon 1) eğilme momentleri ve donatı oranları

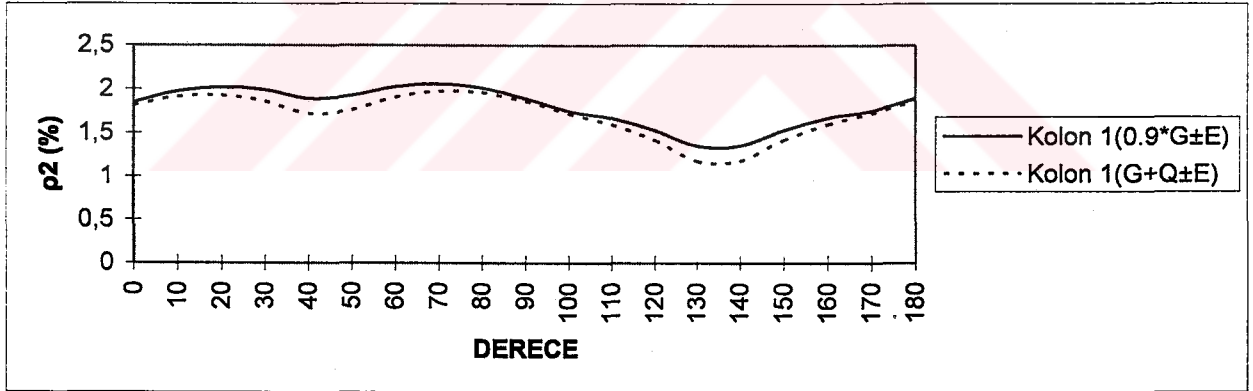


AÇI	M _a	M _b	ρ ₁ (%)	ρ ₂ (%)	ρ ₃ (%)	ρ ₄ (%)
0	-177,81	358,55	1,930	1,850	1,692	1,581
10	-143,78	415,34	2,060	1,972	1,803	1,685
20	-104,48	460	2,104	2,018	1,845	1,724
30	-62,26	489,79	2,073	1,988	1,818	1,700
40	-18,02	505,13	1,973	1,892	1,73	1,617
50	26,91	505,13	2,008	1,926	1,761	1,646
60	71,16	489,79	2,112	2,025	1,852	1,731
70	113,38	460	2,146	2,058	1,882	1,759
80	152,28	415,34	2,100	2,013	1,841	1,721
90	186,7	358,55	1,977	1,896	1,734	1,620
100	215,57	290,83	1,828	1,753	1,603	1,498
110	238,04	214,3	1,740	1,67	1,526	1,426
120	253,41	131,24	1,598	1,533	1,402	1,310
130	261,21	44,19	1,412	1,354	1,238	1,157
140	261,21	-44,19	1,412	1,354	1,238	1,157
150	253,41	-131,24	1,598	1,533	1,402	1,310
160	238,04	-214,3	1,740	1,67	1,526	1,426
170	215,57	-290,83	1,828	1,753	1,603	1,498
180	186,70	-358,55	1,977	1,896	1,734	1,62



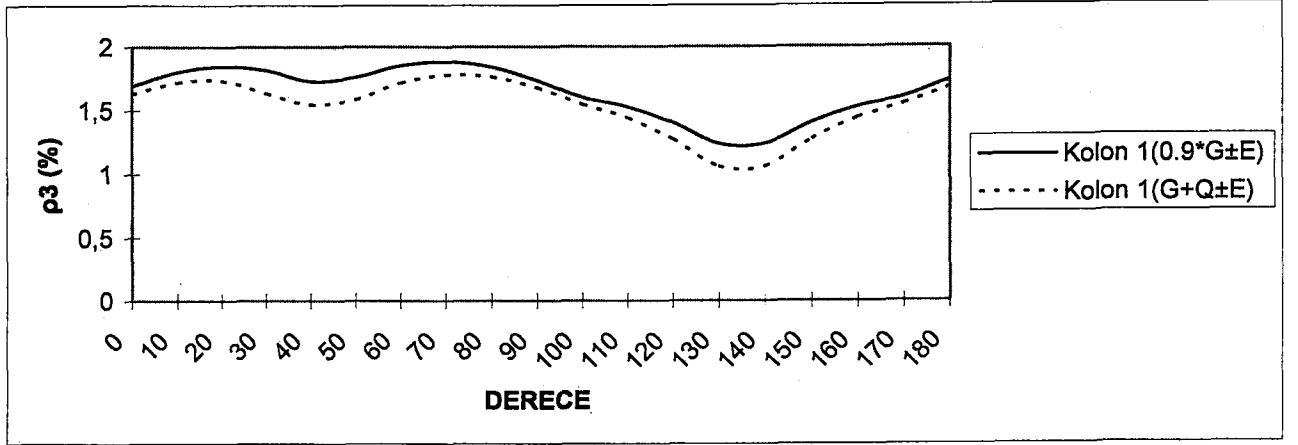
Şekil 3.29 Örnek 1-c (Kolon 1) p1(%) donatı oranlarının değişimi

Kolon 1 için maksimum donatı oranları $\alpha = 70^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%2,146$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 130^\circ, 140^\circ$ değerleri civarında $\rho_1 = \%1,412$ olarak elde edilmiştir. Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı durumuna göre oluşan bu diyagram simetrik bir yapıya sahiptir. $N=910\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)'dan gelen maksimum $\rho_1 = \%2,075$ ($\alpha=70^\circ$), minimum $\rho_1 = \%1,236$ ($\alpha = 130^\circ, 140^\circ$) olarak elde edilmiştir.



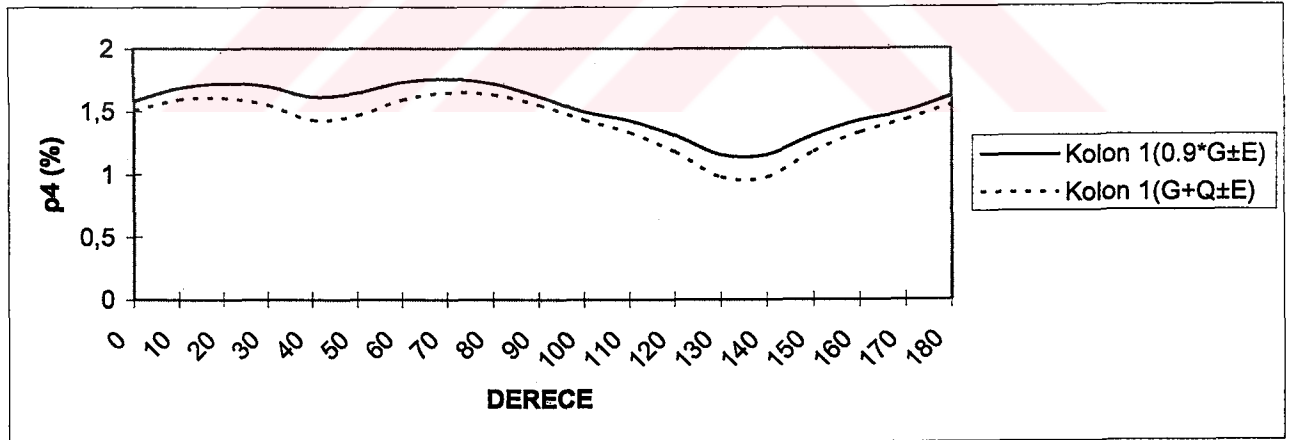
Şekil 3.24 Örnek 1-c (Kolon 1) p2(%) donatı oranlarının değişimi

Kolon 1 için maksimum donatı oranları $\alpha = 70^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%2,058$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 130^\circ, 140^\circ$ değerleri civarında $\rho_1 = \%1,354$ olarak elde edilmiştir. Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre bulunan bu diyagramda simetrik bir yapıya sahiptir. $N=910\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)'dan gelen maksimum $\rho_2 = \%1,976$ ($\alpha = 70^\circ$), minimum $\rho_2 = \%1,177$ ($\alpha = 130^\circ, 140^\circ$) olarak elde edilmiştir.



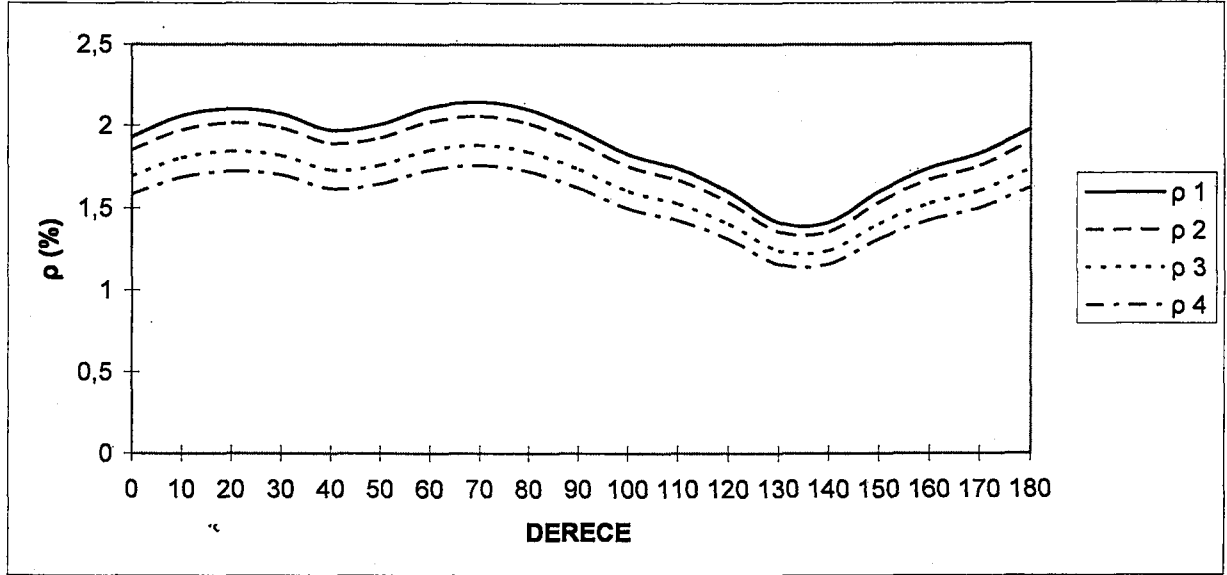
Şekil 3.25 Örnek 1-c (Kolon 1) $p_3(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 1 için maksimum donatı oranları $\alpha = 70^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%1,882$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 130^\circ, 140^\circ$ değerleri civarında $\rho_1 = \%1,238$ olarak elde edilmiştir. Köşelerde toplam donatının 3/16'sı, kenar ortalarında 1/16'sı göre donatı yerleşiminden elde edilen bu diyagram simetrik bir yapıya sahiptir. $N=910\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)'dan gelen maksimum $\rho_3 = \%1,779$ ($\alpha = 70^\circ$), minimum $\rho_3 = \%1,060$ ($\alpha = 130^\circ, 140^\circ$) olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.26 Örnek 1-c (Kolon 1) $p_4(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 1 için maksimum donatı oranları $\alpha = 70^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%1,759$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 130^\circ, 140^\circ$ değerleri civarında $\rho_1 = \%1,157$ olarak elde edilmiştir. Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen bu diyagram simetrik bir yapıya sahiptir. $N=910\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)'dan gelen maksimum $\rho_4 = \%1,647$ ($\alpha = 70^\circ$), minimum $\rho_4 = \%0,981$ ($\alpha = 130^\circ, 140^\circ$) olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.27 Örnek 1-c (Kolon 1) (0,9*G±E) $\rho(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Değişik donatı yerleşim durumlarından elde edilen bu eğriler yukarıdaki şekilde belirtilmiştir. Donatı yerleşim durumlarına göre çizilen bu diyagramların hepsi simetriktir. Bütün eğriler $\alpha=70^\circ$ de maksimum değere ulaşırlar. Bütün eğriler $\alpha=130^\circ$ ve 140° de minimum değeri aldılar.

Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşimine (ρ_1) göre bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2,146-1,412=0,734$

Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre(ρ_2) bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2,058-1,354=0,704$

Köşelerdeki donatı toplam donatının $3/16$ 'sı kenar ortalarında $1/16$ 'sına göre donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_3) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki

fark= $1,882-1,238=0,644$

Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_4) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $1,759-1,157=0,602$

En büyük fark dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. En düşük fark karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. $N=910\text{kN}$ (G+Q±E) kuvvetiyle elde edilen donatı oranları arasındaki farkla $N=610\text{kN}$ (0,9*G±E) kuvvetiyle elde edilen donatı oranları arasındaki faktan daha büyüktür.

KOLON NO=2 (3. Kat)

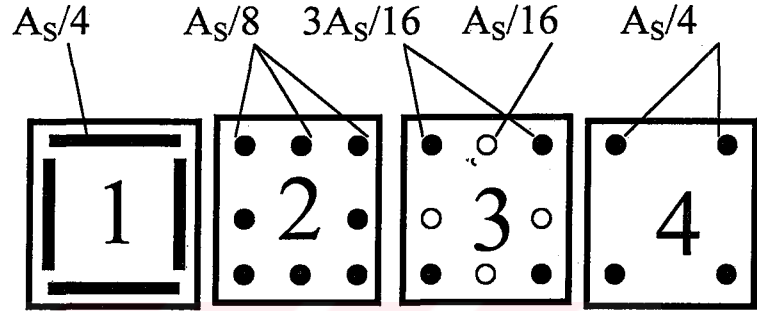
KOLON TİPİ.....=NOK

NORMAL KUVVET..=(G+Q±E) 445kN

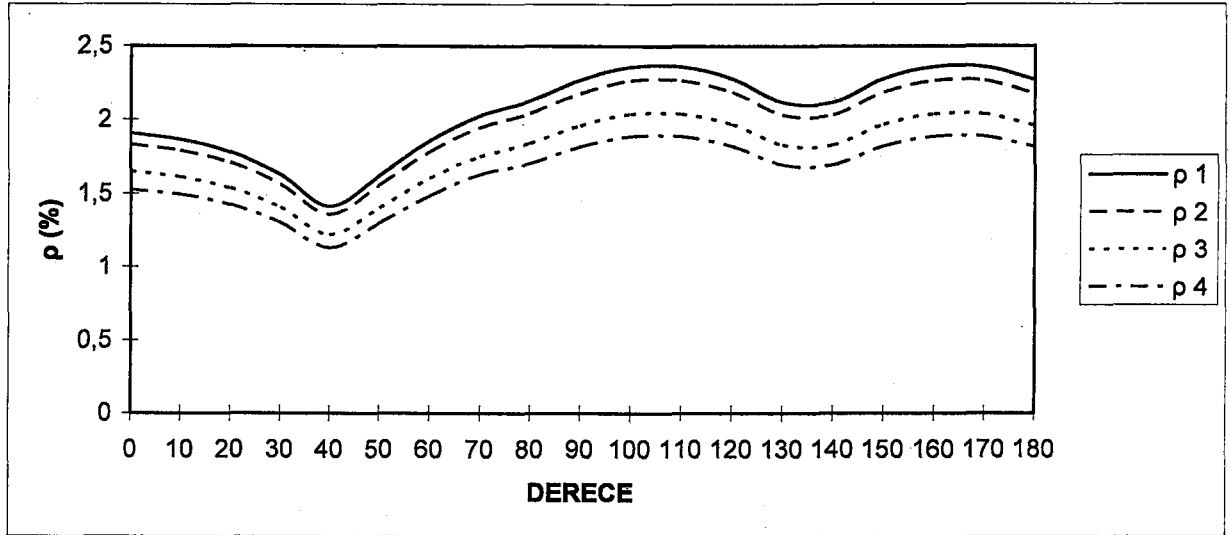
B/H=300/450

H'.....=40

Çizelge 3.10 Örnek 1-c (Kolon 2) Eğilme Momentleri ve Donatı Oranları



AÇI	M_a	M_b	$\rho_1(\%)$	$\rho_2(\%)$	$\rho_3(\%)$	$\rho_4(\%)$
0	90,22	-125,53	1,907	1,831	1,648	1,526
10	71,5	-145,42	1,865	1,790	1,611	1,492
20	50,36	-160,89	1,779	1,708	1,537	1,424
30	27,41	-171,48	1,625	1,560	1,404	1,300
40	-3,37	-176,85	1,411	1,355	1,219	1,129
50	-21,07	-176,85	1,620	1,555	1,40	1,296
60	-45,12	-171,48	1,854	1,780	1,602	1,483
70	-68,07	-160,89	2,027	1,945	1,751	1,629
80	-89,22	-145,42	2,129	2,044	1,839	1,703
90	-107,93	-125,53	2,270	2,179	1,961	1,816
100	-123,63	-101,82	2,359	2,265	2,038	1,887
110	-135,84	-75,03	2,360	2,266	2,039	1,888
120	-144,22	-45,95	2,278	2,187	1,968	1,822
130	-148,44	-15,47	2,117	2,032	1,829	1,694
140	-148,44	15,47	2,117	2,032	1,829	1,694
150	-144,22	45,95	2,278	2,187	1,968	1,822
160	-135,84	75,03	2,360	2,266	2,039	1,888
170	-123,63	101,82	2,359	2,265	2,038	1,887
180	-107,93	125,53	2,270	2,179	1,961	1,816



Şekil 3.28 Örnek 1-c (Kolon 2) (G+Q±E) $\rho(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Değişik donatı yerleşim durumlarından elde edilen bu eğriler yukarıdaki şekilde belirtilmiştir. Donatı yerleşim durumlarına göre çizilen bu diyagramların hepsi simetriktir. Bütün eğriler $\alpha=110^\circ$ ve 160° de maksimum değere ulaşırlar. Bütün eğriler $\alpha=40^\circ$ de minimum değeri aldılar.

Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşimine (ρ_1) göre bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2,36-1,411=0,949$

Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre(ρ_2) bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2,266-1,355=0,911$

Köşelerdeki donatı toplam donatının $3/16$ 'sı kenar ortalarında $1/16$ 'sına göre donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_3) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki

fark= $2,039-1,219=0,820$

Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_4) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $1,888-1,129=0,759$

En büyük fark dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. En düşük fark karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi.

KOLON NO=2 (3. Kat)

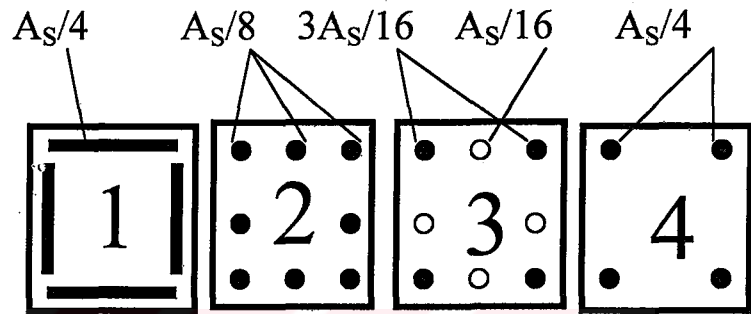
KOLON TİPİ.....=NOK

NORMAL KUVVET..=(0,9*G±E) 295kN

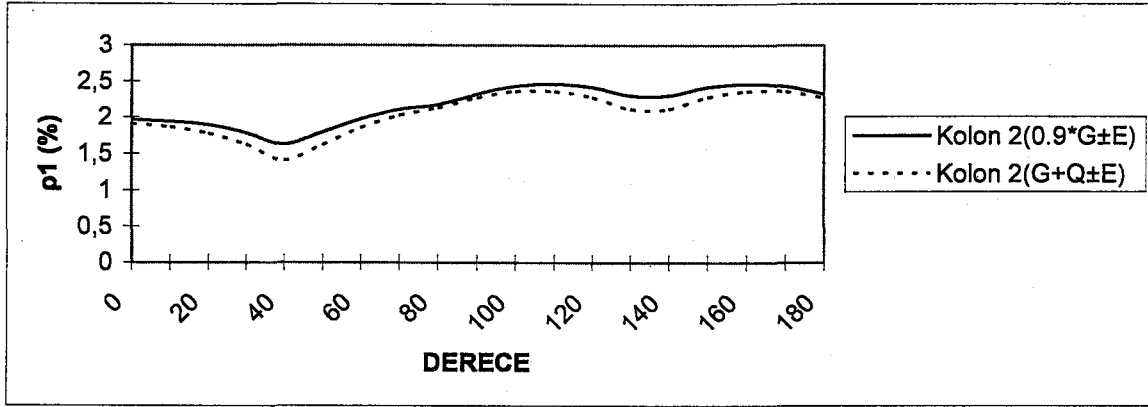
B/H=300/450

H'.....=40

Çizelge 3.11 Örnek 1-c (Kolon 2) eğilme momentleri ve donatı oranları

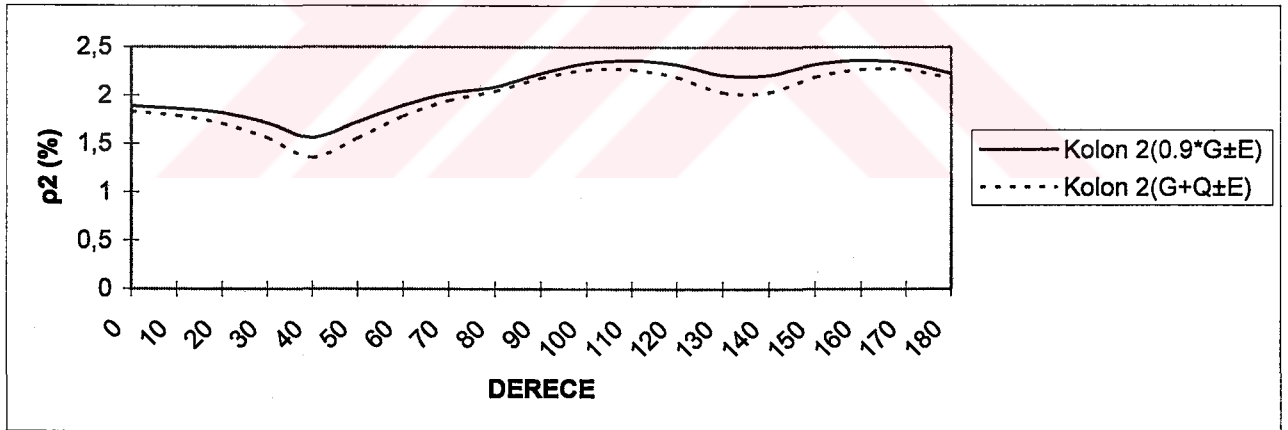


AÇI	M _a	M _b	ρ ₁ (%)	ρ ₂ (%)	ρ ₃ (%)	ρ ₄ (%)
0	90,22	-125,53	1,967	1,887	1,725	1,613
10	71,5	-145,42	1,944	1,864	1,705	1,593
20	50,36	-160,89	1,895	1,818	1,662	1,553
30	27,41	-171,48	1,788	1,715	1,569	1,466
40	-3,37	-176,85	1,632	1,565	1,431	1,338
50	-21,07	-176,85	1,797	1,723	1,576	1,473
60	-45,12	-171,48	1,977	1,896	1,734	1,621
70	-68,07	-160,89	2,107	2,020	1,848	1,727
80	-89,22	-145,42	2,176	2,087	1,909	1,784
90	-107,93	-125,53	2,321	2,226	2,036	1,903
100	-123,63	-101,82	2,431	2,332	2,132	1,993
110	-135,84	-75,03	2,462	2,361	2,160	2,018
120	-144,22	-45,95	2,418	2,319	2,121	1,982
130	-148,44	-15,47	2,305	2,210	2,021	1,889
140	-148,44	15,47	2,305	2,210	2,021	1,889
150	-144,22	45,95	2,418	2,319	2,121	1,982
160	-135,84	75,03	2,462	2,361	2,160	2,018
170	-123,63	101,82	2,431	2,332	2,132	1,993
180	-107,93	125,53	2,321	2,226	2,036	1,903



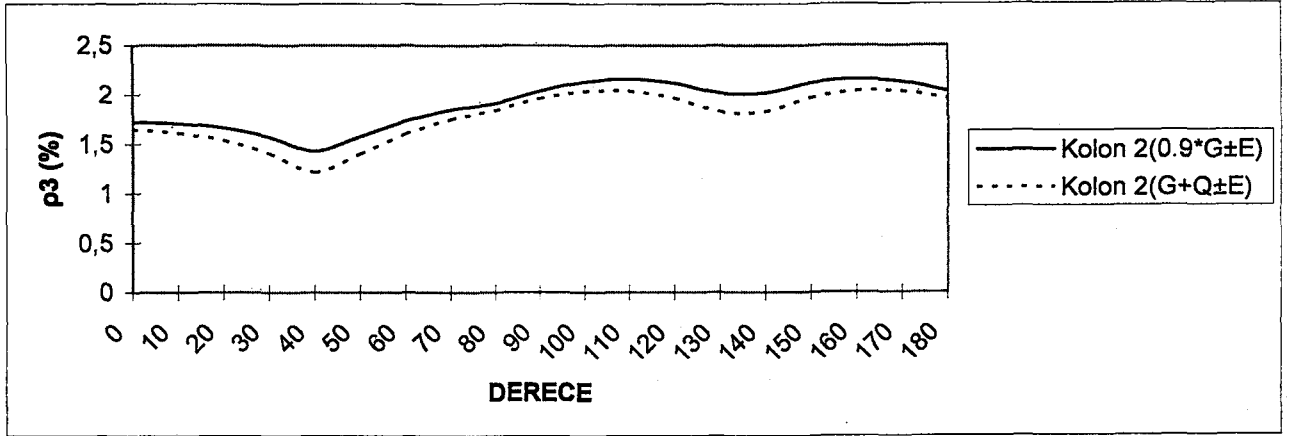
Şekil 3.29 Örnek 1-c (Kolon 2) $p_1(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 2 için maksimum donatı oranları $\alpha = 110^\circ$ ve 160° değerleri civarında ve $\rho_p = \%2,462$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 40^\circ$ değerleri civarında $\rho_1 = \%1,632$ olarak elde edilmiştir. Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı durumuna göre oluşan bu diyagram simetrik bir yapıya sahiptir. Kolon 2 için $N=445\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)'dan gelen maksimum $\rho_1 = \%2,360$ ($\alpha = 110^\circ$ ve 160°), minimum $\rho_1 = \%1,411$ ($\alpha = 40^\circ$) olarak elde edilmiştir.



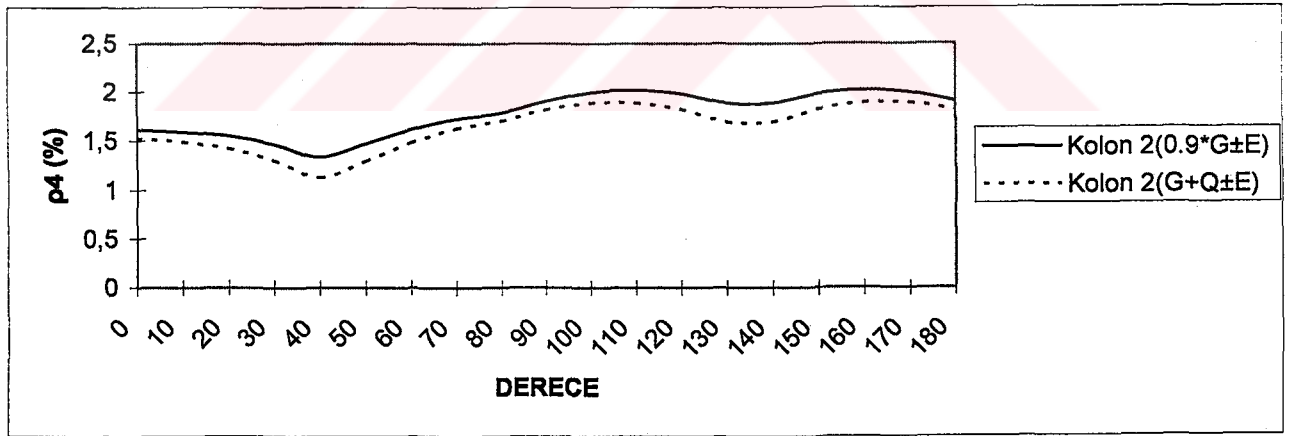
Şekil 3.30 Örnek 1-c (Kolon 2) $p_2(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 2 için maksimum donatı oranları $\alpha = 110^\circ$ ve 160° değerleri civarında ve $\rho_p = \%2,361$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 40^\circ$ değerleri civarında $\rho_1 = \%1,565$ olarak elde edilmiştir. Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre bulunan bu diyagramda simetrik bir yapıya sahiptir. Kolon 2 için $N=445\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)'dan gelen maksimum $\rho_1 = \%2,266$ ($\alpha = 110^\circ$ ve 160°), minimum $\rho_1 = \%1,355$ ($\alpha = 40^\circ$) olarak elde edilmiştir.



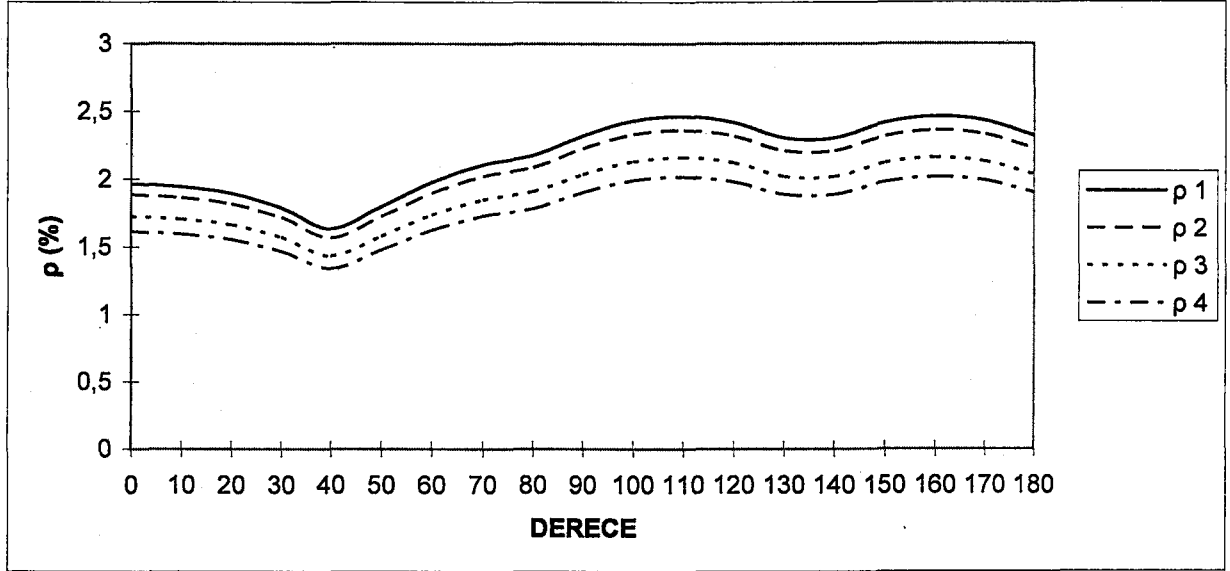
Şekil 3.31, Örnek 1-c (Kolon 2) $\rho_3(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 2 için maksimum donatı oranları $\alpha = 110^\circ$ ve 160° değerleri civarında ve $\rho_p = \%2,160$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 40^\circ$ değerleri civarında $\rho_1 = \%1,431$ olarak elde edilmiştir. Köşelerde toplam donatının 3/16'sı, kenar ortalarında 1/16'sı göre donatı yerleşiminden elde edilen bu diyagram simetrik bir yapıya sahiptir. Kolon 2 için $N=445\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)'dan gelen maksimum $\rho_1 = \%2,039$ ($\alpha=110^\circ$ ve 160°), minimum $\rho_1 = \%1,219$ ($\alpha=40^\circ$) olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.32 Örnek 1-c (Kolon 2) $\rho_4(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 2 için maksimum donatı oranları $\alpha = 110^\circ$ ve 160° değerleri civarında ve $\rho_p = \%2,018$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 40^\circ$ değerleri civarında $\rho_1 = \%1,338$ olarak elde edilmiştir. Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre bulunan bu diyagramda simetrik bir yapıya sahiptir. Kolon 2 için $N=445\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)'dan gelen maksimum $\rho_1 = \%1,888$ ($\alpha=110^\circ$ ve 160°), minimum $\rho_1 = \%1,129$ ($\alpha = 40^\circ$) olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.33 Örnek 1-c Kolon 1 (0,9*G±E) ρ(%) donatı oranlarının değişimi

Değişik donatı yerleşim durumlarından elde edilen bu eğriler yukarıdaki şekilde belirtilmiştir. Donatı yerleşim durumlarına göre çizilen bu diyagramların hepsi simetriktr. Bütün eğriler $\alpha=110^\circ$ ve 160° de maksimum değere ulaştılar. Bütün eğriler $\alpha=40^\circ$ de minimum değeri aldılar.

Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşimine (ρ_1) göre bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2.462-1.632=0.830$

Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre (ρ_2) bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2.361-1.565=0.796$

Köşelerdeki donatı toplam donatının $3/16$ 'sı kenar ortalarında $1/16$ 'sına göre donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_3) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki

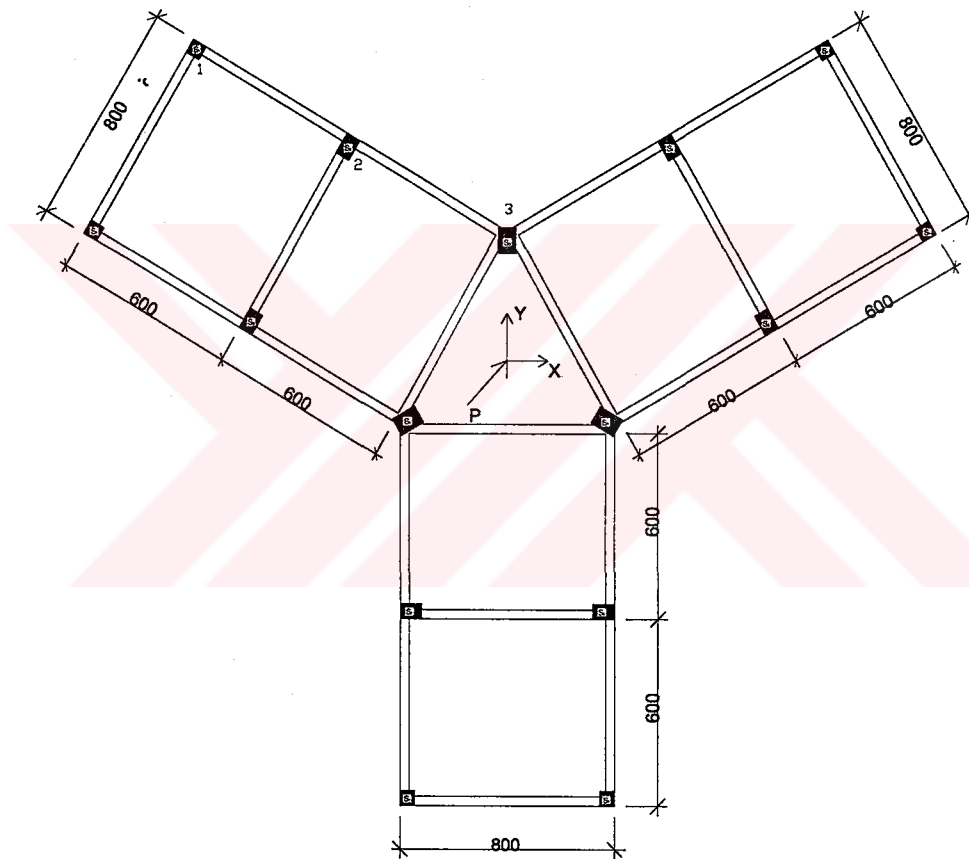
fark= $2.160-1.431=0.729$

Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_4) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $2.018-1.338=0.680$

En büyük fark dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. En düşük fark karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. $N=445\text{kN}$ ($G+Q\pm E$) kuvvetiyle elde edilen donatı oranları arasındaki farkla $N=295\text{kN}$ ($0,9*G\pm E$) kuvvetiyle elde edilen donatı oranları arasındaki faktan daha büyüktür.

3.4 Örnek 2

İkinci örnek olarak seçilen altı katlı yapının şematik kalıp planı Şekil 3.2’de gösterilmiştir. Yapının kat yükseklikleri 3.00 m’dir. 1,2,3 katlarda yapının kolonları 40x40 cm² , 40x60 cm² ,50x60 cm² kirişlerde 25x50 cm² olarak seçilmiş bulunmaktadır. 4,5,6 katlarda kolonlar 35x35,30x45 cm² 40x50 cm² kesitlerindedir.Hesaplamalarda malzeme kalitesi olarak BS25 ve çelik BÇIII kullanılmıştır. Döşeme kalınlığı 14 cm’dir.



Şekil 3.34 Örnek 2 şematik kalıp planı

Örnekte yapının simetri özelliği de dikkate alınarak, numaralandırılmış üç kolonu incelenecektir. Bu kolonların asal eksenleri ortogonal eksenlere göre 60° ve 45° döndürülmüştür.

Deprem Bölgesi = I

Yapının Kullanım Amacı = Toksik Malzemelerin Depolandığı Bina

Zemin türü = Z4

Kat Alanı = $8 \times 6 \times 6 + 6.928 \times 4 = 316 \text{ m}^2$

Betonarme Plak Ağırlığı = $0,14 \times 25 = \dots\dots\dots 3.5 \text{ kN/m}^2$

Sıva + Kaplama Ağırlığı = $\dots\dots\dots 1,5 \text{ kN/m}^2$

$$g = 5 \text{ kN/m}^2$$

$$q = 4 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Sabit Yük(ilk üç kat)} = 5 \times 316 + 0,36 \times 0,25 \times (9 \times 8 + 12 \times 6) \times 25 + 0,40 \times 0,40 \times 3 \times 6 \times 25 + 0,40 \times 0,60 \times 3 \times 6 \times 25 + 0,50 \times 0,60 \times 3 \times 3 \times 25 = 2152 \text{ kN}$$

$$\text{Sabit Yük(son üç kat)} = 5 \times 316 + 0,36 \times 0,25 \times (9 \times 8 + 12 \times 6) \times 25 + 0,35 \times 0,35 \times 3 \times 6 \times 25 + 0,30 \times 0,45 \times 3 \times 6 \times 25 + 0,40 \times 0,50 \times 3 \times 3 \times 25 = 2065 \text{ kN}$$

$n=0,80$ (binanın kullanım amacı)

$$\text{Bir Kat Ağırlığı} = W_{1,2,3} = 2152 + 0,8 \times 316 \times 4 = 3163 \text{ kN}$$

$$\text{Bir Kat Ağırlığı} = W_{4,5,6} = 2065 + 0,8 \times 316 \times 4 = 3076 \text{ kN}$$

$$\text{Toplam Bina Ağırlığı} = \sum W = 3 \times (3163 + 3076) = 18717 \text{ kN}$$

$$\text{Etkin Yer İvmesi} = A_0 = 0,4$$

$$R (\text{süneklilik}) = 8$$

$$I = 1.5$$

$$\text{Zemin Sınıfı} = \text{IV} \quad (T_a = 0,2, T_b = 0,90)$$

$$T_{1X} = 0,8988 \text{ sn}$$

$$T_{1Y} = 0,8693 \text{ sn}$$

$$0,20 < 0,8693 < 0,8988 < 0,90$$

$$S(t) = 2,5$$

$$A(t) = A_0 \times I \times S(t) = 0,4 \times 1,5 \times 2,5 = 1,5$$

$$V(t) = \text{Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü (Taban Kesme Kuvveti)}$$

$$V(t) = W \times A(t) / R_a = 18717 \times 1,5 / 8 = 3509 \text{ kN}$$

$$V(t) = 3509 > 0,10 \times A_0 \times I \times W = 0,1 \times 0,4 \times 1,5 \times 18717 = 1123.02 \text{ kN}$$

Çizelge 3.12 Kat deprem yükleri

Kat	H	W_i	$W_i h_i$	$W_i h_i / \sum W_i h_i$	P_i
1	3	3163	9489	0,05	175
2	6	3163	18978	0,1	351
3	9	3163	28467	0,15	526
4	12	3076	36912	0,19	667
5	15	3076	46140	0,23	807
6	18	3076	55368	0,28	1017
$\sum W_i h_i$			195354		

Kolonlarda maksimum donatı oranını veren deprem doğrultusunu saptamak amacı ile, Şekil 3.2’de gösterilen α açısı $\alpha = 0.10, 20, \dots 180^\circ$ değerleri arasında değiştirilip sırası ile $P_1 = 175\text{kN}$, $P_2 = 351\text{kN}$, $P_3 = 526\text{kN}$, $P_4 = 667\text{kN}$, $P_5 = 807\text{kN}$ ve $P_6 = 1017\text{kN}$ alınarak hesaplamalar yapılmıştır. İncelenen kolon için her α değerine karşılık gelen M_a ve M_b değerleri ve bu değerler kullanılarak saptanan ρ donatı oranları çizelgelerde verilmiştir. Kolon kesit hesaplamalarında kullanılan kuvvetler SAP 2000 programında elde edilen yaklaşık değerler olup sırası ile $N_1 = (G+Q \pm E)$ ve $N_2 = (0.9 \cdot G \pm E)$ alınarak olarak kullanılmıştır. Kolon donatı oranları A. Çakıroğlu’nun özel yöntemi kullanılarak yapılan yazılım ile elde edilmiştir. Ayrıca donatı oranlarının değişimi grafiklerde gösterilmiştir.

KOLON NO=1 (Zemin Kat)

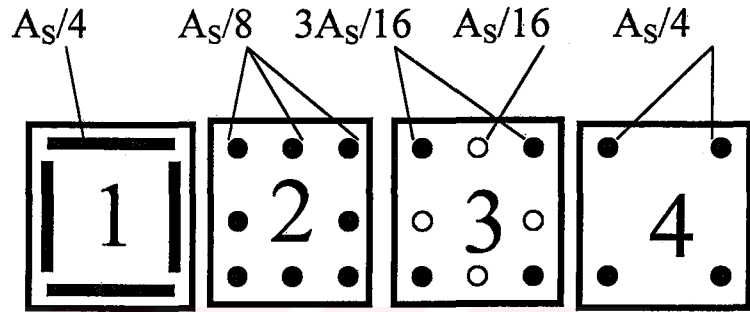
KOLON TİPİ.....=NOK

NORMAL KUVVET..=(G+Q±E) 760kN

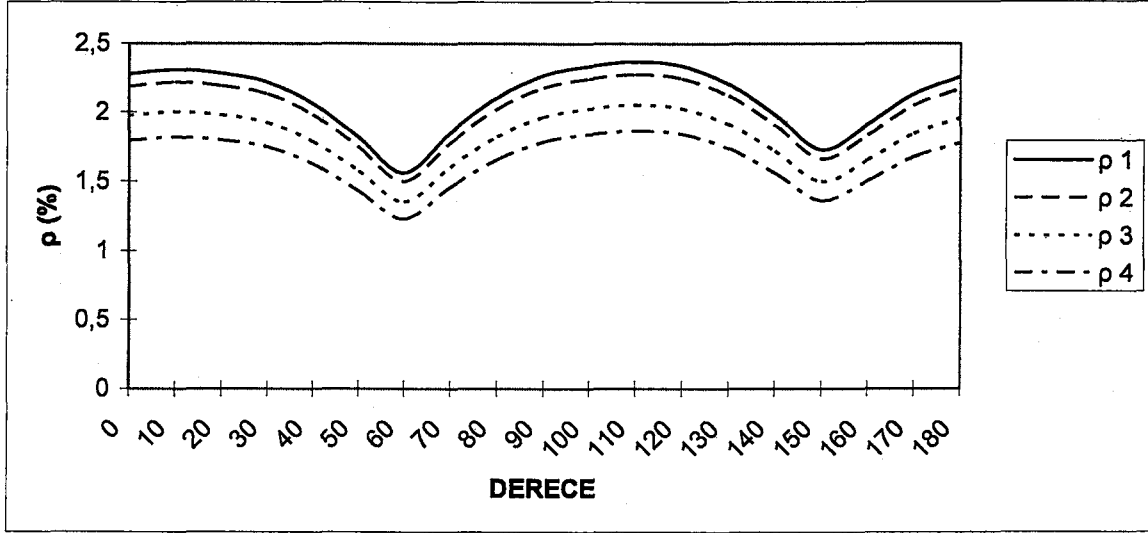
B/H=400/400

H'=40

Çizelge 3.13 Örnek 2 (Kolon 1) eğilme momentleri ve donatı oranları



AÇI	M_a	M_b	$\rho_1(\%)$	$\rho_2(\%)$	$\rho_3(\%)$	$\rho_4(\%)$
0	188,05	104,97	2,279	2,189	1,974	1,794
10	166,15	134,72	2,310	2,219	2,001	1,819
20	139,17	160,45	2,283	2,193	1,977	1,797
30	107,92	181,38	2,22	2,133	1,923	1,748
40	73,36	196,87	2,062	1,981	1,786	1,624
50	36,54	206,45	1,816	1,745	1,573	1,43
60	5,9	209,83	1,563	1,501	1,354	1,231
70	-39,40	206,91	1,851	1,778	1,603	1,458
80	-76,21	197,78	2,104	2,021	1,823	1,657
90	-110,73	182,71	2,269	2,18	1,965	1,787
100	-141,93	162,16	2,337	2,245	2,024	1,84
110	-168,85	136,76	2,369	2,276	2,052	1,865
120	-190,68	107,27	2,339	2,247	2,026	1,842
130	-206,75	74,60	2,209	2,122	1,913	1,739
140	-216,57	39,74	1,985	1,907	1,719	1,563
150	-219,84	-9,36	1,731	1,663	1,50	1,363
160	-216,48	-32,30	1,91	1,835	1,654	1,504
170	-206,57	-67,29	2,13	2,046	1,845	1,677
180	-190,43	-100,15	2,259	2,17	1,956	1,779



Şekil 3.35 Örnek 2 Kolon 1 (G+Q±E) $\rho(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Değişik donatı yerleşim durumlarından elde edilen bu eğriler yukarıdaki şekilde birleştirilmiştir. Donatı yerleşim durumlarına göre çizilen bu diyagramların hepsi simetriktr. Bütün eğriler $\alpha=110^\circ$ de maksimum değere ulaşırlar. Bütün eğriler $\alpha=60^\circ$ de minimum değeri aldılar.

Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşimine (ρ_1) göre bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2.369-1.563=0.806$

Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre (ρ_2) bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2.276-1.501=0.775$

Köşelerdeki donatı toplam donatının $3/16$ 'sı kenar ortalarında $1/16$ 'sına göre donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_3) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $2.052-1.354=0.698$

Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_4) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $1.865-1.231=0.634$

En büyük fark dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. En düşük fark karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi.

KOLON NO=1 (Zemin Kat)

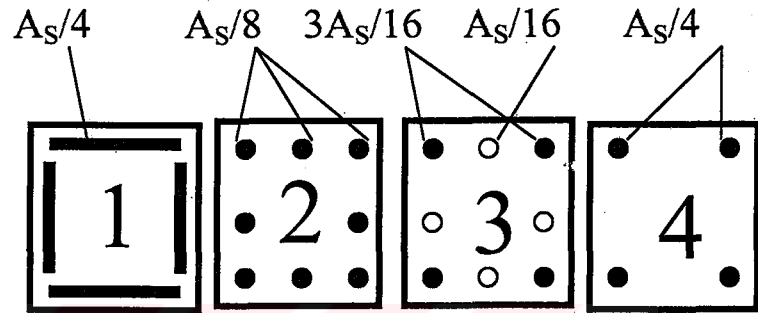
KOLON TİPİ.....=NOK

NORMAL KUVVET..=(0.9*G±E) 490kN

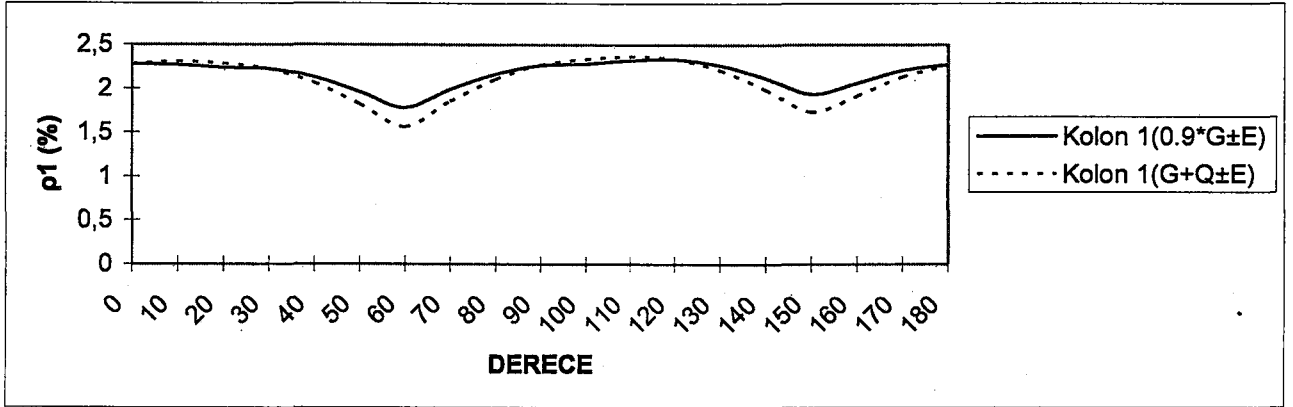
B/H=400/400

H'.....=40

Çizelge 3.14 Örnek 2 (Kolon 1) eğilme momentleri ve donatı oranları

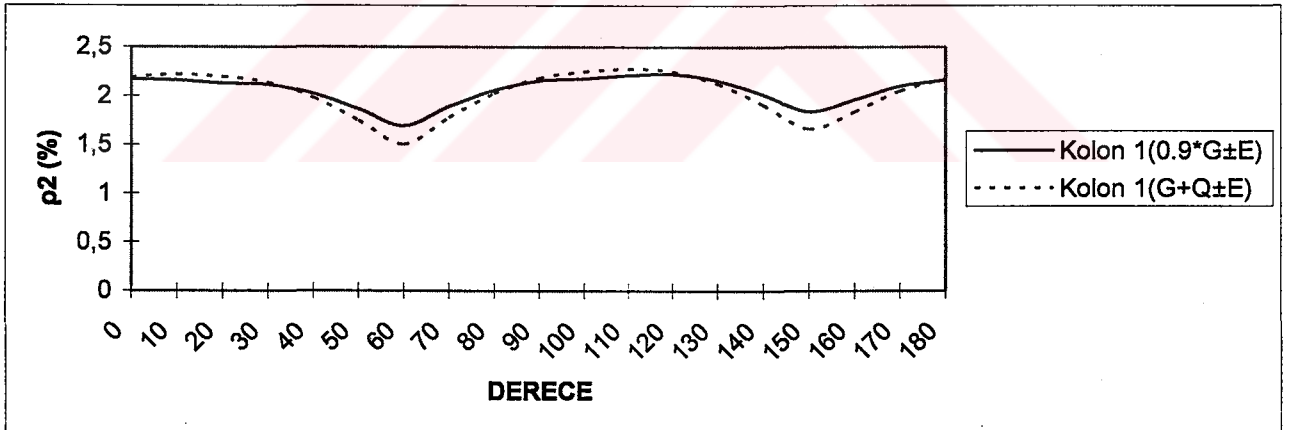


AÇI	M _a	M _b	ρ ₁ (%)	ρ ₂ (%)	ρ ₃ (%)	ρ ₄ (%)
0	188,05	104,97	2,282	2,171	1,985	1,855
10	166,15	134,72	2,269	2,158	1,974	1,845
20	139,17	160,45	2,237	2,127	1,946	1,818
30	107,92	181,38	2,221	2,113	1,932	1,806
40	73,36	196,87	2,126	2,022	1,849	1,728
50	36,54	206,45	1,959	1,864	1,704	1,593
60	5,9	209,83	1,78	1,693	1,549	1,447
70	-39,40	206,91	1,987	1,89	1,728	1,615
80	-76,21	197,78	2,161	2,056	1,88	1,757
90	-110,73	182,71	2,264	2,153	1,969	1,84
100	-141,93	162,16	2,285	2,174	1,988	1,858
110	-168,85	136,76	2,323	2,21	2,021	1,89
120	-190,68	107,27	2,337	2,223	2,033	1,900
130	-206,75	74,60	2,265	2,155	1,971	1,842
140	-216,57	39,74	2,116	2,013	1,841	1,72
150	-219,84	-9,36	1,936	1,841	1,684	1,574
160	-216,48	-32,30	2,058	1,958	1,791	1,673
170	-206,57	-67,29	2,203	2,095	1,916	1,791
180	-190,43	-100,15	2,27	2,16	1,975	1,846



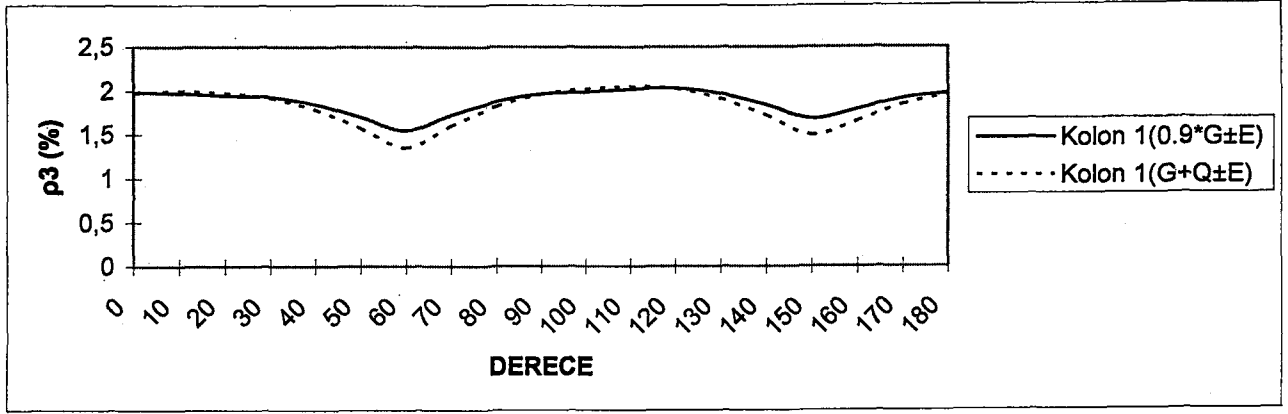
Şekil 3.36 Örnek 2 (Kolon 1) $\rho_1(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 1. $N=490\text{kN}$ ($0.9*G\pm E$) için maksimum donatı oranları $\alpha = 120^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_1 = \%2.337$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 60^\circ$ değerleri civarında $\rho_1 = \%1.78$ olarak elde edilmiştir. Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı durumuna göre oluşan bu diyagram simetrik bir yapıya sahiptir. $N=760\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)'dan gelen maksimum $\rho_1 = \%2.369$ ($\alpha=110^\circ$), minimum $\rho_1 = \%1.563$ ($\alpha = 60^\circ$) olarak elde edilmiştir.



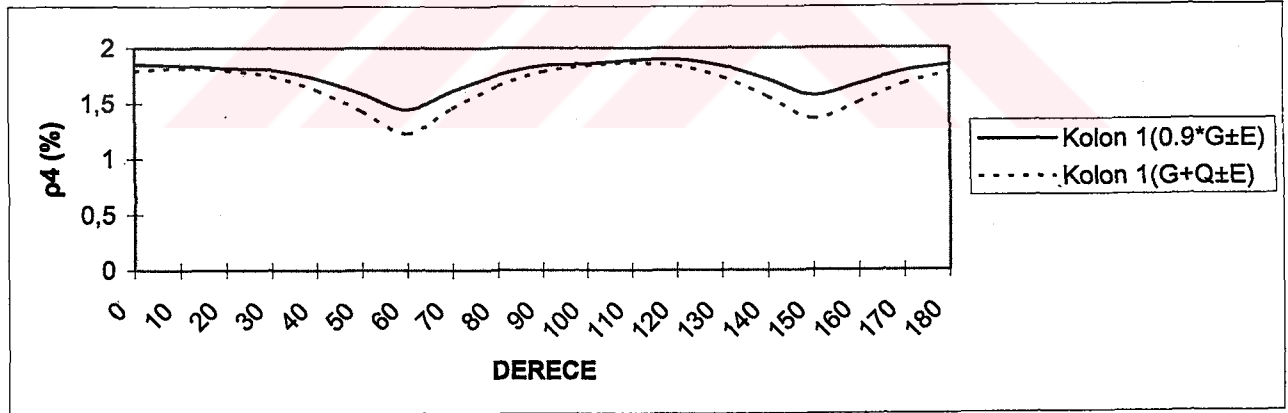
Şekil 3.37 Örnek 2 (Kolon 1) $\rho_2(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 1. $N=490\text{kN}$ ($0.9*G\pm E$) için maksimum donatı oranları $\alpha = 120^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%2.223$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 60^\circ$ değerleri civarında $\rho_1 = \%1.693$ olarak elde edilmiştir. Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre bulunan bu diyagramda simetrik bir yapıya sahiptir. $N=760\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)'dan gelen maksimum $\rho_2 = \%2.276$ ($\alpha = 110^\circ$), minimum $\rho_2 = \%1.501$ ($\alpha = 60^\circ$) olarak elde edilmiştir.



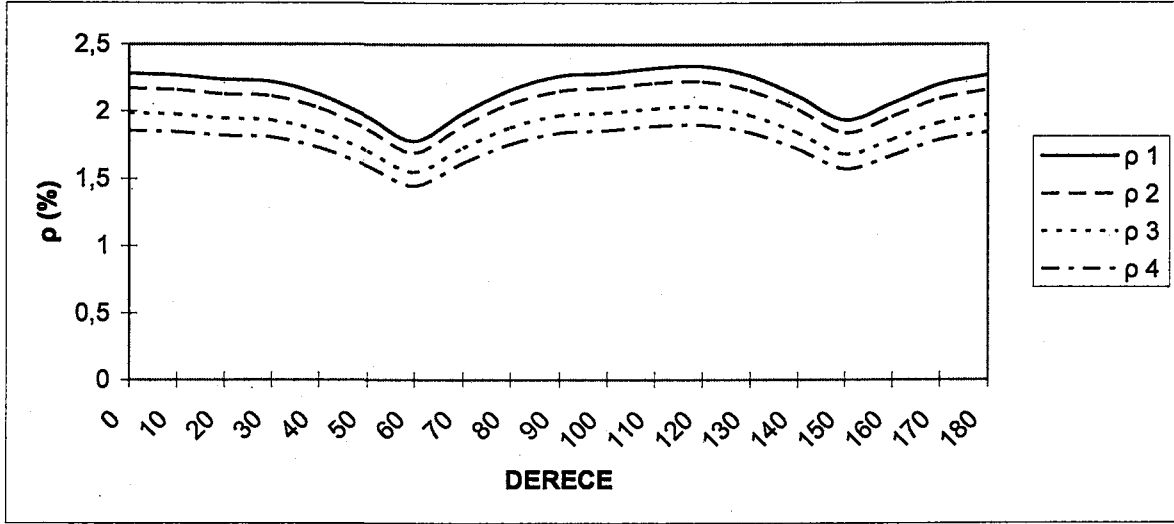
Şekil 3.38 Örnek 2 (Kolon 1) $p_3(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 1. $N=490\text{kN}$ ($0.9 \cdot G \pm E$) için maksimum donatı oranları $\alpha = 120^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%2.033$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 60^\circ$ değerleri civarında $\rho_1 = \%1.549$ olarak elde edilmiştir. Köşelerde toplam donatının $3/16$ 'sı, kenar ortalarında $1/16$ 'sı göre donatı yerleşiminden elde edilen bu diyagram simetrik bir yapıya sahiptir. $N=760\text{kN}$ ($G+Q \pm E$)'dan gelen maksimum $\rho_3 = \%2.052$ ($\alpha = 110^\circ$), minimum $\rho_3 = \%1.354$ ($\alpha = 60^\circ$) olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.39 Örnek 2 (Kolon 1) $p_4(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 1. $N=490\text{kN}$ ($0.9 \cdot G \pm E$) için maksimum donatı oranları $\alpha = 120^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%1.900$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 60^\circ$ değerleri civarında $\rho_1 = \%1.447$ olarak elde edilmiştir. Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen bu diyagram simetrik bir yapıya sahiptir. $N=760\text{kN}$ ($G+Q \pm E$)'dan gelen maksimum $\rho_4 = \%1.865$ ($\alpha = 110^\circ$), minimum $\rho_4 = \%1.231$ ($\alpha = 60^\circ$) olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.40 Örnek 2 (Kolon 1) (0,9*G±E) ρ(%) donatı oranlarının değişimi

Değişik donatı yerleşim durumlarından elde edilen bu eğriler yukarıdaki şekilde belirtilmiştir. Donatı yerleşim durumlarına göre çizilen bu diyagramların hepsi simetriktir. Bütün eğriler $\alpha=120^\circ$ de maksimum değere ulaşırlar. Bütün eğriler $\alpha=60^\circ$ de minimum değeri aldılar.

Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşimine (ρ_1) göre bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2.337-1.78=0.557$

Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre(ρ_2) bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2.223-1.693=0.53$

Köşelerdeki donatı toplam donatının 3/16'sı kenar ortalarında 1/16'sına göre donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_3) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $2.033-1.549=0.484$

Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_4) maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $1.9-1.447=0.453$

En büyük fark dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. En küçük fark karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. $N=760\text{kN}$ (G+Q±E) kuvvetiyle elde edilen donatı oranları arasındaki farkla $N=490\text{kN}$ (0,9*G±E) kuvvetiyle elde edilen donatı oranları arasındaki faktan daha büyüktür.

KOLON NO=2 (Zemin Kat)

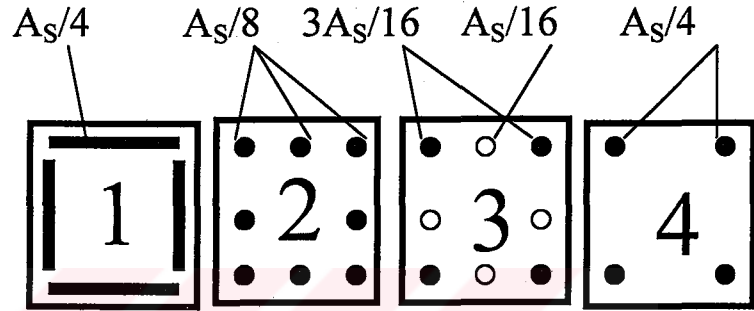
KOLON TİPİ.....=NOK

NORMAL KUVVET..=(G+Q±E) 1390kN

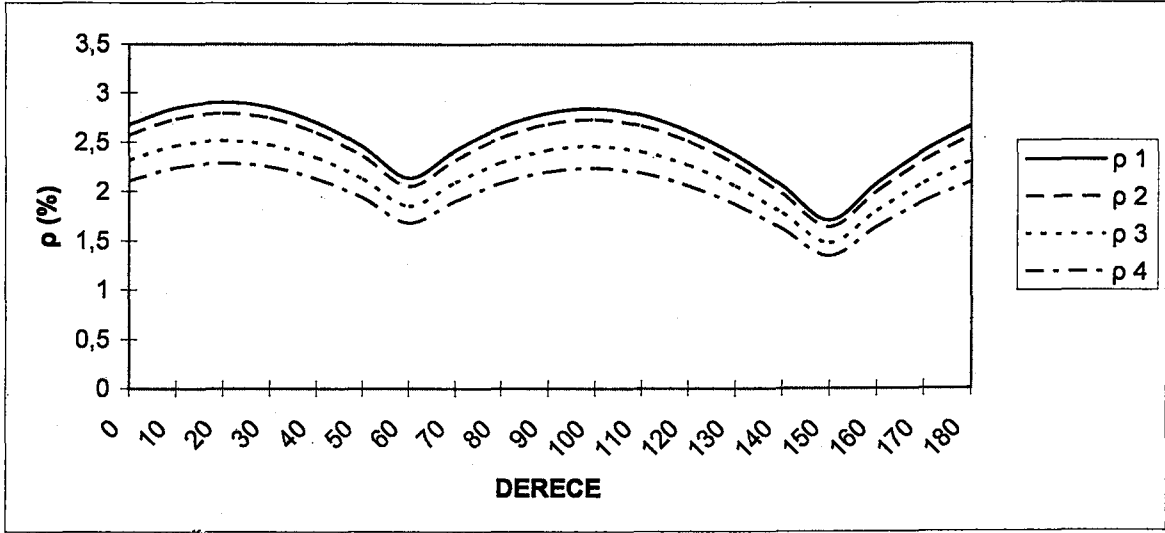
B/H=400/600

H'.....=40

Çizelge 3.15 Örnek 2 (Kolon 2) Eğilme Momentleri ve Donatı Oranları



AÇI	M_a	M_b	$\rho_1(\%)$	$\rho_2(\%)$	$\rho_3(\%)$	$\rho_4(\%)$
0	306,28	307,5	2,677	2,572	2,319	2,108
10	271,48	392,95	2,842	2,731	2,462	2,238
20	228,42	466,55	2,904	2,79	2,515	2,287
30	178,4	526,05	2,853	2,741	2,471	2,246
40	122,96	569,65	2,699	2,593	2,338	2,125
50	63,76	596,02	2,455	2,358	2,126	1,933
60	2,62	604,36	2,133	2,049	1,848	1,68
70	-58,62	594,41	2,413	2,318	2,09	1,9
80	-118,08	566,49	2,647	2,543	2,293	2,084
90	-173,97	521,43	2,793	2,683	2,419	2,199
100	-224,59	460,61	2,84	2,728	2,459	2,236
110	-268,39	385,87	2,776	2,667	2,405	2,186
120	-304,5	297,91	2,612	2,51	2,263	2,057
130	-330,49	204,08	2,37	2,276	2,053	1,866
140	-346,89	102,55	2,052	1,972	1,778	1,616
150	-352,77	-3,47	1,702	1,635	1,474	1,34
160	-347,94	-106,43	2,078	1,996	1,8	1,636
170	-332,54	-207,54	2,404	2,309	2,082	1,893
180	-307,06	-302,26	2,657	2,552	2,301	2,092



Şekil 3.41 Örnek 2 (Kolon 2) (G+Q±E) p(%) donatı oranlarının değişimi

Değişik donatı yerleşim durumlarından elde edilen bu eğriler yukarıdaki şekilde belirtilmiştir. Donatı yerleşim durumlarına göre çizilen bu diyagramların hepsi simetriktr. Bütün eğriler $\alpha=20^\circ$ de maksimum değere ulaştılar. Bütün eğriler $\alpha=150^\circ$ de minimum değeri aldılar.

Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşimine (ρ_1) göre bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2.904-1.702=1.202$

Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre (ρ_2) bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2.79-1.635=1.155$

Köşelerdeki donatı toplam donatının $3/16$ 'sı kenar ortalarında $1/16$ 'sına göre donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_3) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $2.515-1.474=1.041$

Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_4) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $2.287-1.34=0.947$

En büyük fark dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. En küçük fark karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi.

KOLON NO=2 (Zemin Kat)

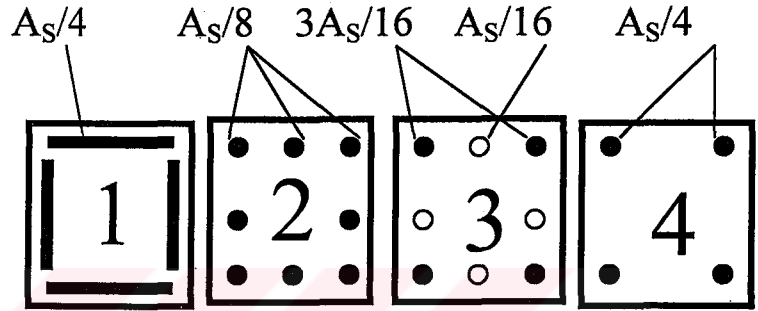
KOLON TİPİ.....=NOK

NORMAL KUVVET..=(0,9G±E) 830kN

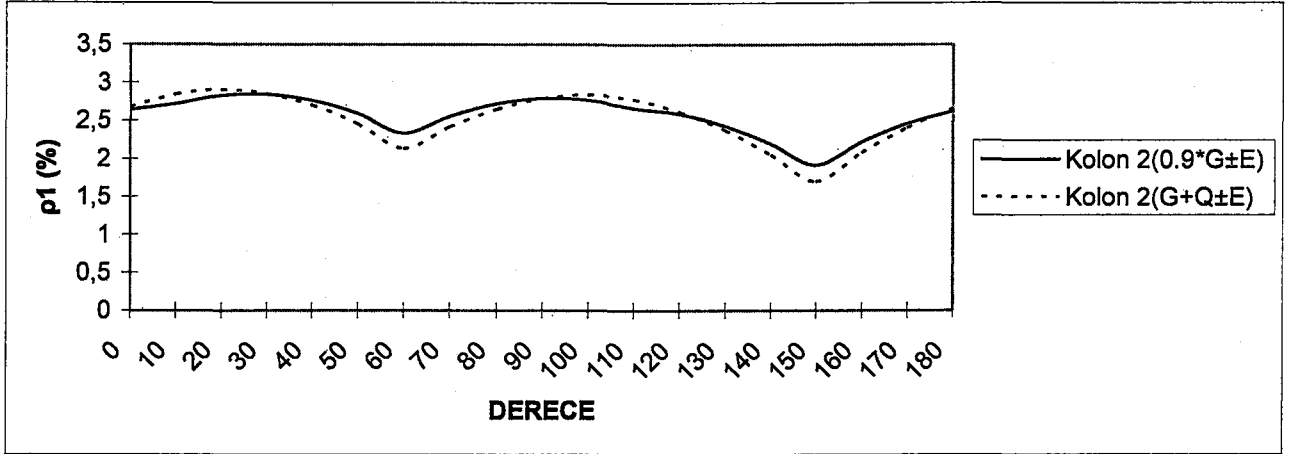
B/H=400/600

H'.....=40

Çizelge 3.16 Örnek 2 (Kolon 2) eğilme momentleri ve donatı oranları

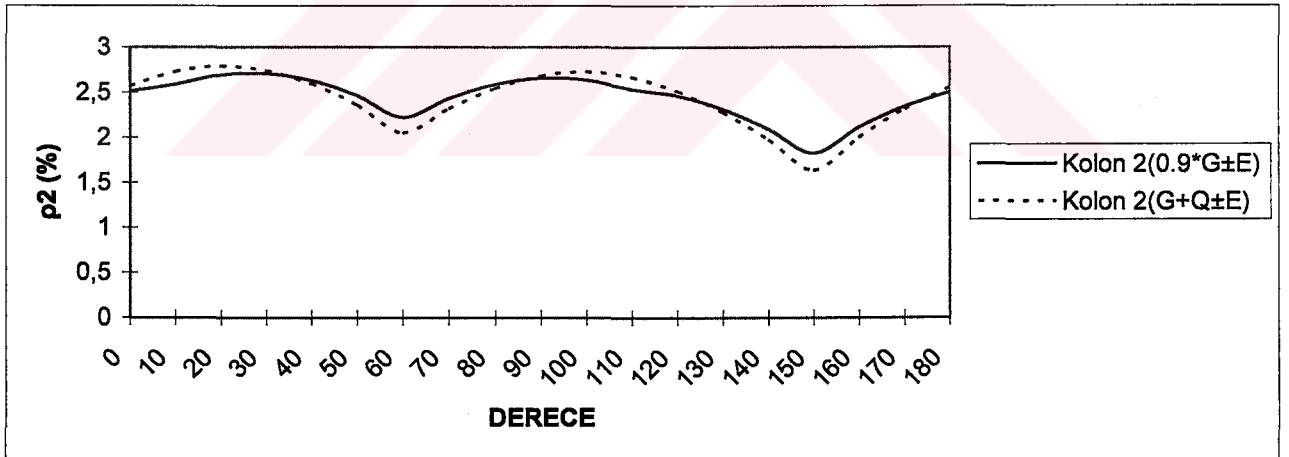


AÇI	M_a	M_b	$\rho_1(\%)$	$\rho_2(\%)$	$\rho_3(\%)$	$\rho_4(\%)$
0	306,28	307,5	2,639	2,513	2,262	2,094
10	271,48	392,95	2,717	2,588	2,329	2,155
20	228,42	466,55	2,826	2,692	2,422	2,243
30	178,4	526,05	2,844	2,709	2,438	2,257
40	122,96	569,65	2,762	2,631	2,368	2,192
50	63,76	596,02	2,589	2,466	2,219	2,055
60	2,62	604,36	2,333	2,222	2	1,851
70	-58,62	594,41	2,554	2,432	2,189	2,027
80	-118,08	566,49	2,718	2,588	2,329	2,157
90	-173,97	521,43	2,792	2,659	2,393	2,216
100	-224,59	460,61	2,769	2,637	2,373	2,198
110	-268,39	385,87	2,66	2,534	2,28	2,111
120	-304,5	297,91	2,585	2,462	2,215	2,051
130	-330,49	204,08	2,428	2,313	2,081	1,927
140	-346,89	102,55	2,195	2,09	1,881	1,742
150	-352,77	-3,47	1,916	1,824	1,642	1,52
160	-347,94	-106,43	2,217	2,111	1,9	1,759
170	-332,54	-207,54	2,458	2,341	2,107	1,951
180	-307,06	-302,26	2,624	2,499	2,25	2,082



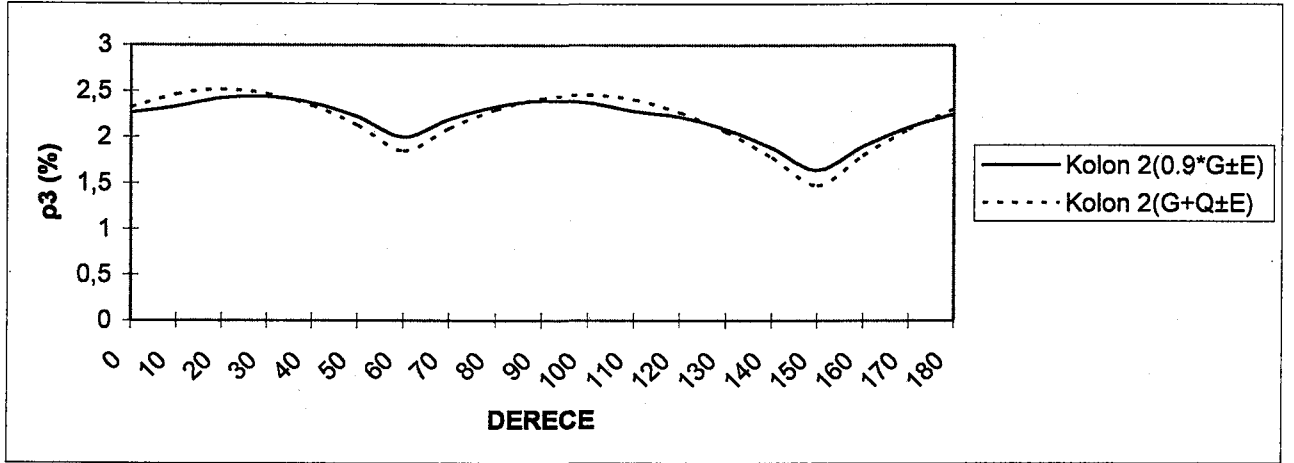
Şekil 3.42 Örnek 2 (Kolon 2) $\rho_1(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 2 için maksimum donatı oranları $\alpha = 30^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%2,844$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 150^\circ$ değerleri civarında $\rho_1 = \%1,916$ olarak elde edilmiştir. Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı durumuna göre oluşan bu diyagram simetrik bir yapıya sahiptir. $N=1390\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)’dan gelen maksimum $\rho_1 = \%2,904$ ($\alpha = 20^\circ$), minimum $\rho_1 = \%1,702$ ($\alpha = 150^\circ$) olarak elde edilmiştir.



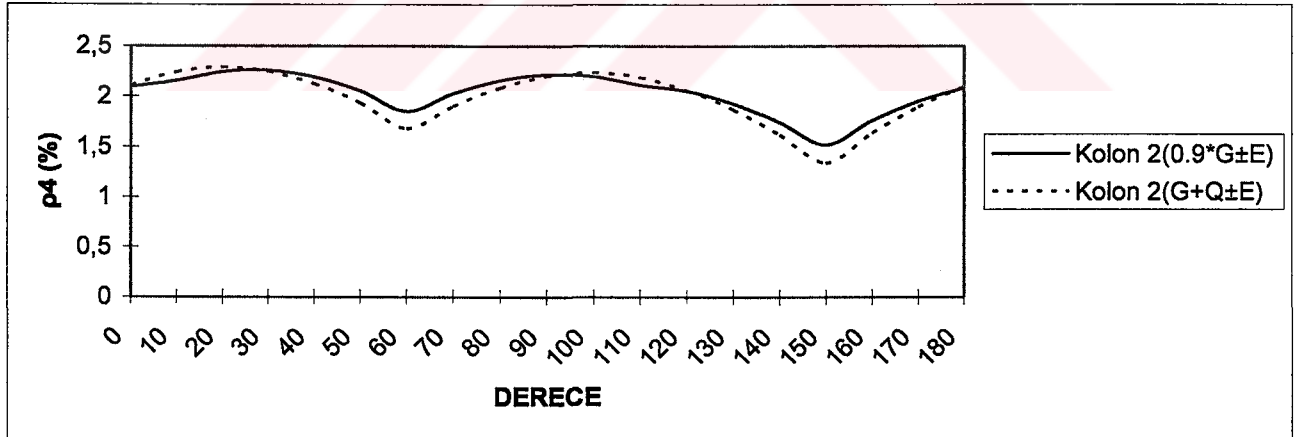
Şekil 3.43 Örnek 2 (Kolon 2) $\rho_2(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 2 için maksimum donatı oranları $\alpha = 30^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%2,709$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 150^\circ$ değerleri civarında $\rho_1 = \%1,824$ olarak elde edilmiştir. Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre bulunan bu diyagramda simetrik bir yapıya sahiptir. $N=1390\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)’dan gelen maksimum $\rho_2 = \%2,79$ ($\alpha = 200^\circ$), minimum $\rho_2 = \%1,635$ ($\alpha = 150^\circ$) olarak elde edilmiştir.



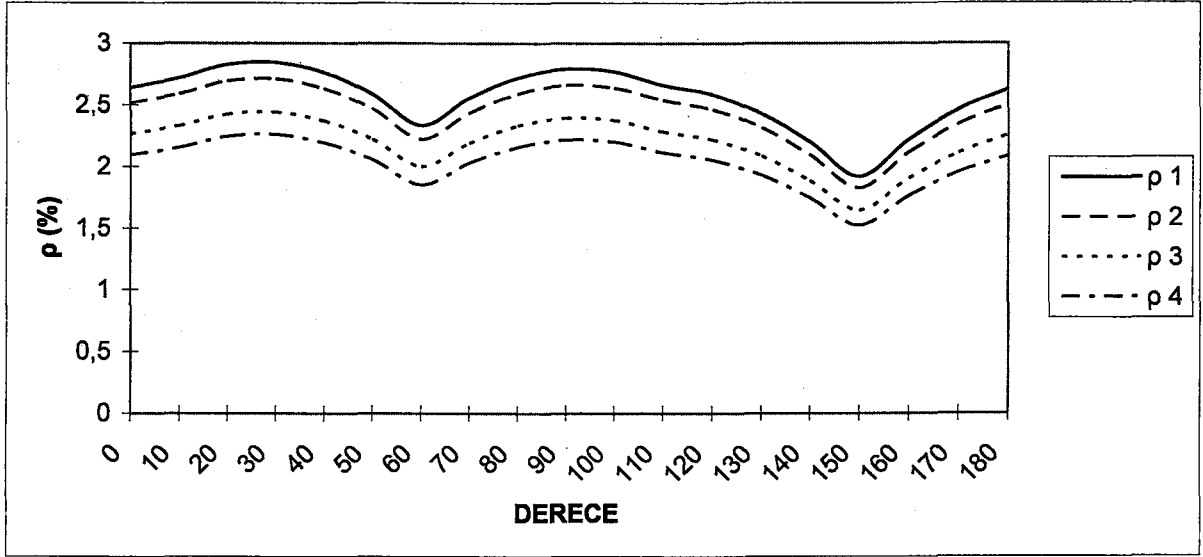
Şekil 3.44 Örnek 2 (Kolon 2) $\rho_3(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 2 için maksimum donatı oranları $\alpha = 30^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%2,438$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 150^\circ$ değerleri civarında $\rho_1 = \%1,642$ olarak elde edilmiştir. Köşelerde toplam donatının 3/16'sı, kenar ortalarında 1/16'sı göre donatı yerleşiminden elde edilen bu diyagram simetrik bir yapıya sahiptir. $N=1390\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)'dan gelen maksimum $\rho_3 = \%2,515$ ($\alpha = 20^\circ$), minimum $\rho_3 = \%1,474$ ($\alpha = 150^\circ$) olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.45 Örnek 2 (Kolon 2) $\rho_4(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 2 için maksimum donatı oranları $\alpha = 30^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%2,257$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 150^\circ$ değerleri civarında $\rho_1 = \%1,52$ olarak elde edilmiştir. Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre bulunan bu diyagramda simetrik bir yapıya sahiptir. $N=1390\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)'dan gelen maksimum $\rho_2 = \%2,287$ ($\alpha = 20^\circ$), minimum $\rho_2 = \%1,34$ ($\alpha = 150^\circ$) olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.46 Örnek 2 (Kolon 2) (0,9*G ±E) ρ(%) donatı oranlarının değişimi

Değişik donatı yerleşim durumlarından elde edilen bu eğriler yukarıdaki şekilde belirtilmiştir. Donatı yerleşim durumlarına göre çizilen bu diyagramların hepsi simetriktr. Bütün eğriler $\alpha=30^\circ$ de maksimum değere ulaşırlar. Bütün eğriler $\alpha=150^\circ$ de minimum değeri aldılar.

Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşimine (ρ_1) göre bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2.844-1.916=0.928$

Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre (ρ_2) bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2.709-1.824=0.885$

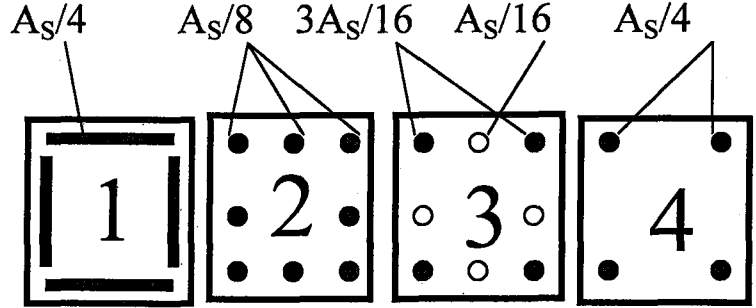
Köşelerdeki donatı toplam donatının 3/16'sı kenar ortalarında 1/16'sına göre donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_3) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $2.438-1.642=0.796$

Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_4) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $2.257-1.52=0.737$

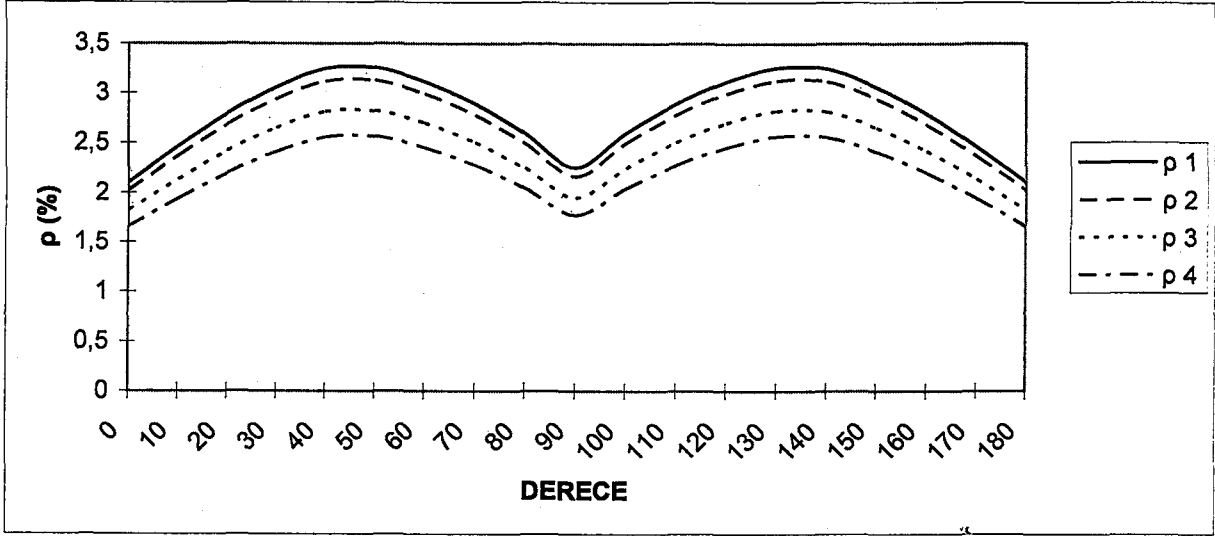
En büyük fark dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. En küçük fark karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. $N=1390\text{kN}$ ($G+Q\pm E$) kuvvetiyle elde edilen donatı oranları arasındaki farkla $N=830\text{kN}$ ($0,9*G\pm E$) kuvvetiyle elde edilen donatı oranları arasındaki faktan daha büyüktür.

KOLON NO=3 (Zemin Kat)
 KOLON TİPİ.....=OK
 NORMAL KUVVET..=(G+Q±E) 1940kN
 B/H=500/600
 H'.....=40

Çizelge 3.17 Örnek 2 (Kolon 3) eğilme momentleri ve donatı oranları



AÇI	M_a	M_b	$\rho_1(\%)$	$\rho_2(\%)$	$\rho_3(\%)$	$\rho_4(\%)$
0	-622,56	6,76	2,102	2,02	1,821	1,655
10	-613,1	-138,66	2,460	2,363	2,131	1,937
20	-585,01	-270,07	2,788	2,678	2,415	2,195
30	-539,15	-393,37	3,057	2,937	2,648	2,407
40	-476,91	-504,82	3,243	3,116	2,809	2,554
50	-400,17	-601,02	3,253	3,125	2,818	2,562
60	-311,28	-679,05	3,116	2,993	2,698	2,453
70	-212,93	-736,54	2,889	2,775	2,502	2,275
80	-108,11	-771,75	2,594	2,492	2,247	2,043
90	0	-783,61	2,251	2,162	1,949	1,772
100	-108,11	-771,75	2,594	2,492	2,247	2,043
110	-212,93	-736,54	2,889	2,775	2,502	2,275
120	-311,28	-679,05	3,116	2,993	2,698	2,453
130	-400,17	-601,02	3,253	3,125	2,818	2,562
140	-476,91	-504,82	3,243	3,116	2,809	2,554
150	-539,15	-393,37	3,057	2,937	2,648	2,407
160	-585,01	-270,07	2,788	2,678	2,415	2,195
170	-613,1	-138,66	2,460	2,363	2,131	1,937
180	-622,56	6,76	2,102	2,02	1,821	1,655



Şekil 3.47 Örnek 2 (Kolon 3) (G+Q ±E) $\rho(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Değişik donatı yerleşim durumlarından elde edilen bu eğriler yukarıdaki şekilde belirtilmiştir. Donatı yerleşim durumlarına göre çizilen bu diyagramların hepsi simetriktir. Bütün eğriler $\alpha=50^\circ$ ve 130° de maksimum değere ulaştılar. Bütün eğriler $\alpha=0^\circ$ ve 180° de minimum değeri aldılar.

Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşimine (ρ_1) göre bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark $=3.253-2.102=1.151$

Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre (ρ_2) bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark $=3.125-2.02=1.105$

Köşelerdeki donatı toplam donatının $3/16$ 'sı kenar ortalarında $1/16$ 'sına göre donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_3) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark $=2.818-1.821=0.997$

Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_4) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark $=2.562-1.655=0.907$

En büyük fark dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. En küçük fark karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi.

KOLON NO=3 (Zemin Kat)

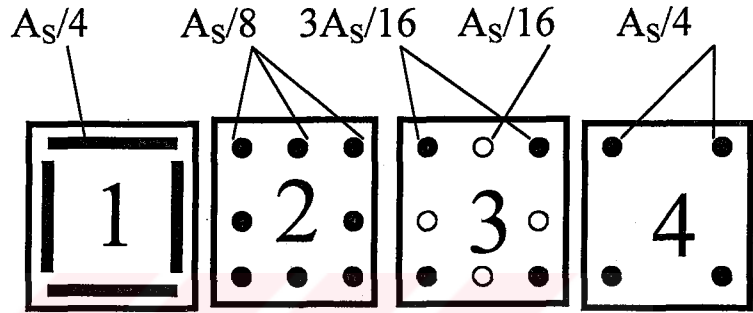
KOLON TİPİ.....=OK

NORMAL KUVVET..=(0,9*G ±E) 1155kN

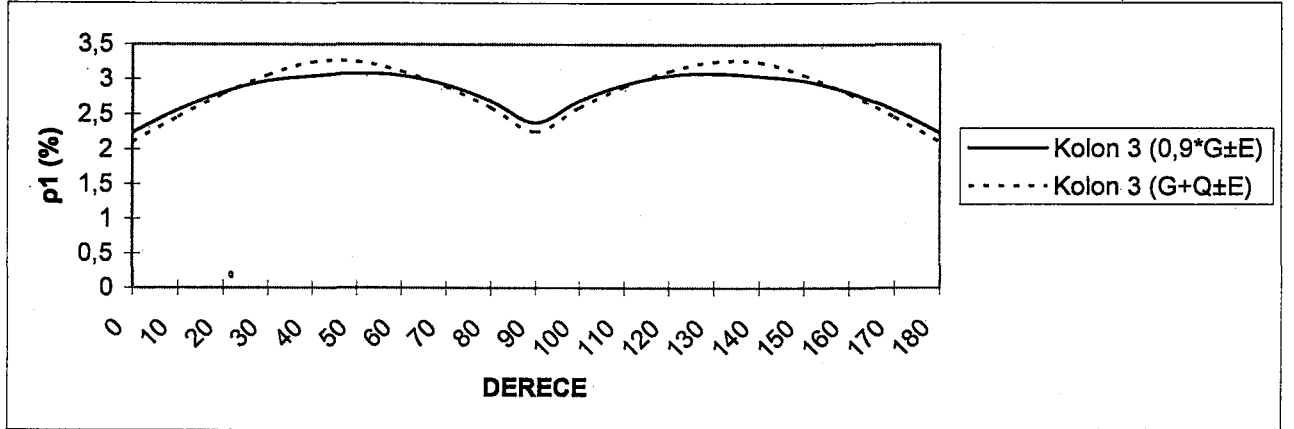
B/H=500/600

H'.....=40

Çizelge 3.18 Örnek 2 (Kolon 3) eğilme momentleri ve donatı oranları

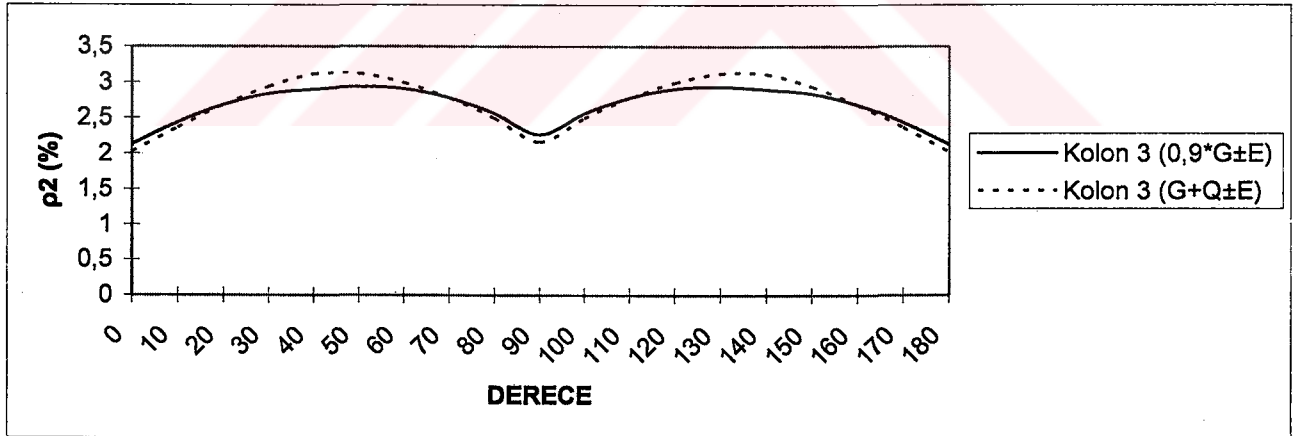


AÇI	M _a	M _b	ρ ₁ (%)	ρ ₂ (%)	ρ ₃ (%)	ρ ₄ (%)
0	-622,56	6,76	2,235	2,129	1,916	1,774
10	-613,1	-138,66	2,558	2,437	2,193	2,03
20	-585,01	-270,07	2,814	2,68	2,412	2,233
30	-539,15	-393,37	2,981	2,839	2,555	2,366
40	-476,91	-504,82	3,046	2,901	2,611	2,417
50	-400,17	-601,02	3,083	2,937	2,643	2,447
60	-311,28	-679,05	3,054	2,909	2,618	2,424
70	-212,93	-736,54	2,92	2,781	2,503	2,318
80	-108,11	-771,75	2,691	2,563	2,307	2,136
90	0	-783,61	2,379	2,266	2,039	1,89
100	-108,11	-771,75	2,691	2,563	2,307	2,136
110	-212,93	-736,54	2,92	2,781	2,503	2,318
120	-311,28	-679,05	3,054	2,909	2,618	2,424
130	-400,17	-601,02	3,083	2,937	2,643	2,447
140	-476,91	-504,82	3,046	2,901	2,611	2,417
150	-539,15	-393,37	2,981	2,839	2,555	2,366
160	-585,01	-270,07	2,814	2,68	2,412	2,233
170	-613,1	-138,66	2,558	2,437	2,193	2,03
180	-622,56	6,76	2,235	2,129	1,916	1,774



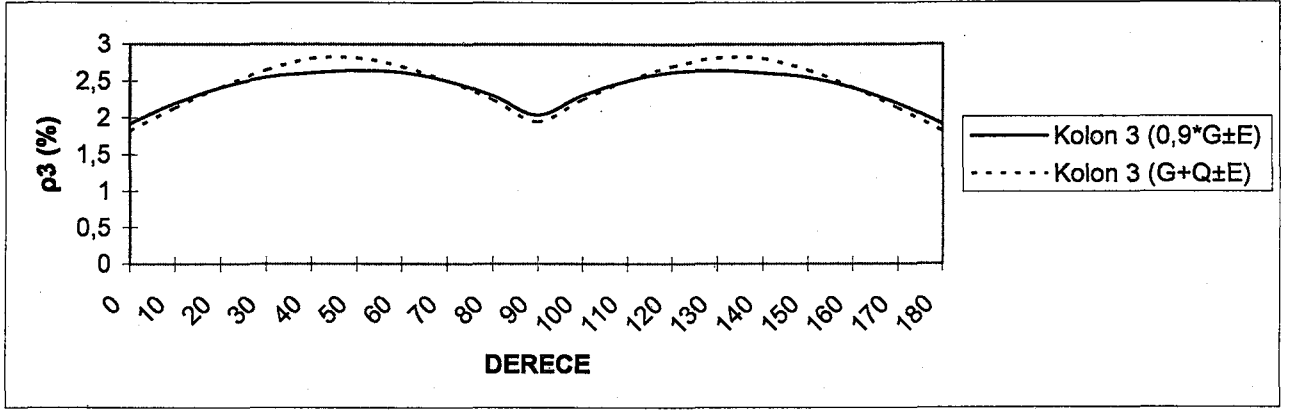
Şekil 3.48 Örnek 2 (Kolon 3) $p_1(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 3 için maksimum donatı oranları $\alpha = 50^\circ$ ve 130° değerleri civarında ve $\rho_p = \%3,083$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 0^\circ$ ve 180° değerleri civarında $\rho_1 = \%2,235$ olarak elde edilmiştir. Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı durumuna göre oluşan bu diyagram simetrik bir yapıya sahiptir. $N=1940\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)’dan gelen maksimum $\rho_1 = \%3,253$ ($\alpha = 50^\circ, 130^\circ$), minimum $\rho_1 = \%2,102$ ($\alpha = 0^\circ, 180^\circ$) olarak elde edilmiştir.



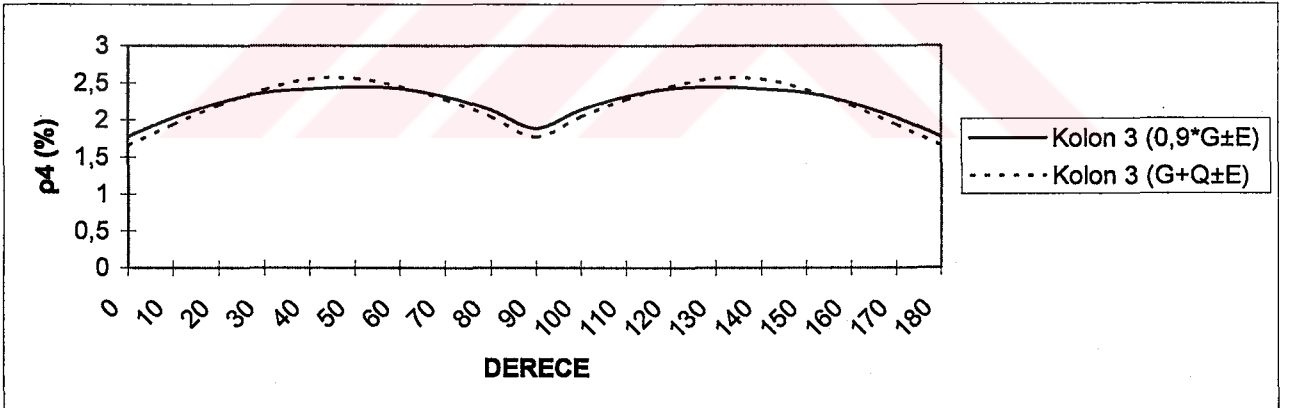
Şekil 3.49 Örnek 2 (Kolon 3) $p_2(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 3 için maksimum donatı oranları $\alpha = 50^\circ$ ve 130° değerleri civarında ve $\rho_p = \%2,937$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 0^\circ$ ve 180° değerleri civarında $\rho_2 = \%2,129$ olarak elde edilmiştir. Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre bulunan bu diyagramda simetrik bir yapıya sahiptir. $N=1940\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)’dan gelen maksimum $\rho_2 = \%3,125$ ($\alpha = 50^\circ, 130^\circ$), minimum $\rho_2 = \%2,02$ ($\alpha = 0^\circ, 180^\circ$) olarak elde edilmiştir.



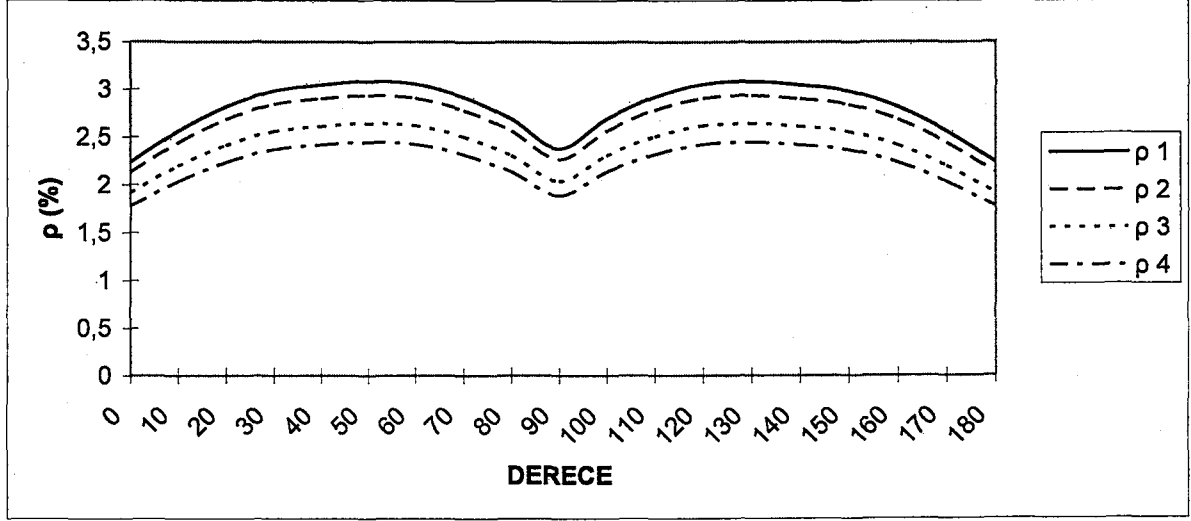
Şekil 3.50 Örnek 2 (Kolon 3) $\rho_3(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 3 için maksimum donatı oranları $\alpha = 50^\circ$ ve 130° değerleri civarında ve $\rho_p = \%2,643$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 0^\circ$ ve 180° değerleri civarında $\rho_3 = \%1.916$ olarak elde edilmiştir. Köşelerde toplam donatının 3/16'sı, kenar ortalarında 1/16'sı göre donatı yerleşiminden elde edilen bu diyagram simetrik bir yapıya sahiptir. $N=1940\text{kN}$ (G+Q±E)'dan gelen maksimum $\rho_3 = \%2.818$ ($\alpha = 50^\circ, 130^\circ$), minimum $\rho_3 = \%1.821$ ($\alpha = 0^\circ, 180^\circ$) olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.51 Örnek 2 (Kolon 3) $\rho_4(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 3 için maksimum donatı oranları $\alpha = 50^\circ$ ve 130° değerleri civarında ve $\rho_p = \%2,447$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 0^\circ$ ve 180° değerleri civarında $\rho_4 = \%1.774$ olarak elde edilmiştir. Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen bu diyagram simetrik bir yapıya sahiptir. $N=1940\text{kN}$ (G+Q±E)'dan gelen maksimum $\rho_4 = \%2.562$ ($\alpha = 50^\circ, 130^\circ$), minimum $\rho_4 = \%1.655$ ($\alpha = 0^\circ, 180^\circ$) olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.52 Örnek 2 (Kolon 3) (0,9*G±E) ρ(%) donatı oranlarının değişimi

Değişik donatı yerleşim durumlarından elde edilen bu eğriler yukarıdaki şekilde belirtilmiştir. Donatı yerleşim durumlarına göre çizilen bu diyagramların hepsi simetriktir. Bütün eğriler $\alpha=50^\circ$ ve 130° de maksimum değere ulaşırlar. Bütün eğriler $\alpha=0^\circ$ ve 180° de minimum değeri aldılar.

Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşimine (ρ_1) göre bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $3.083-2.235=0.848$

Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre(ρ_2) bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2.937-2.129=0.808$

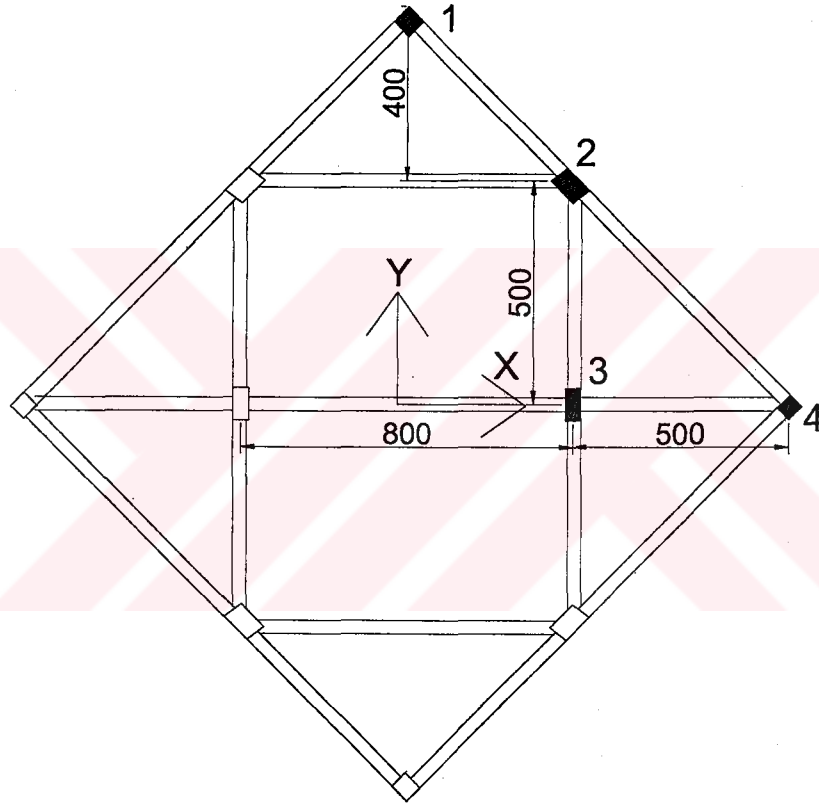
Köşelerdeki donatı toplam donatının 3/16'sı kenar ortalarında 1/16'sına göre donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_3) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $2.643-1.916=0.727$

Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_4) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $2.447-1.774=0.673$

En büyük fark dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. En küçük fark karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. $N=1940\text{kN}$ (G+Q±E) kuvvetiyle elde edilen donatı oranları arasındaki farkla $N=1155\text{kN}$ (0,9*G±E) kuvvetiyle elde edilen donatı oranları arasındaki faktan daha büyüktür.

3.5 Örnek 3

Üçüncü örnek olarak seçilen altı katlı yapının şematik kalıp planı Şekil 3.2’de gösterilmiştir. Yapının kat yükseklikleri 3.00 m’dir. 1,2,3 katlarda yapının kolonları $35 \times 35 \text{ cm}^2$ ve $40 \times 60 \text{ cm}^2$, kirişlerde $25 \times 50 \text{ cm}^2$ olarak seçilmiş bulunmaktadır. 4,5,6 katlarda kolonlar 30×30 ve 30×45 kesitlerindedir. Hesaplamalarda malzeme kalitesi olarak BS25 ve çelik BÇIII kullanılmıştır. Döşeme kalınlığı 14 cm’dir.



Şekil 3.53 Örnek3 şematik kalıp planı

Örnekte yapının simetri özelliği de dikkate alınarak, numaralandırılmış dört kolonu incelenecektir. Bu kolonlardan 1, 2 ve 4 no’lu olanların asal eksenleri ortogonal eksenlere göre 45° döndürülmüştür.

Deprem Bölgesi = I

Yapının Kullanım Amacı = OKUL

Zemin türü = Z4

Kat Alanı = 9 x 18 = 162 m²

Betonarme Plak Ağırlığı = 0,14 x 25 =3.5 kN/m²

Sıva + Kaplama Ağırlığı =1,5 kN/m²

$$g = 5 \text{ kN/m}^2$$

$$q = 4 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Sabit Yük(ilk üç kat)} = 5 \times 162 + 0,36 \times 0,25 \times 105 \times 25 + 0,35 \times 0,35 \times 3 \times 4 \times 25 + 0,40 \times 0,60 \times 3 \times 6 \times 25 = 1190 \text{ kN}$$

$$\text{Sabit Yük(son üç kat)} = 5 \times 162 + 0,36 \times 0,25 \times 105 \times 25 + 0,3 \times 0,3 \times 3 \times 4 \times 25 + 0,30 \times 0,45 \times 3 \times 6 \times 25 = 1135 \text{ kN}$$

$n=0,60$ (binanın kullanım amacı)

$$\text{Bir Kat Ağırlığı} = W_{1,2,3} = 1190 + 0,6 \times 162 \times 4 = 1580 \text{ kN}$$

$$\text{Bir Kat Ağırlığı} = W_{4,5,6} = 1135 + 0,6 \times 162 \times 4 = 1525 \text{ kN}$$

$$\text{Toplam Bina Ağırlığı} = \sum W = 3 \times (1580 + 1525) = 9315 \text{ kN}$$

$$\text{Etkin Yer İvmesi} = A_0 = 0,4$$

$$R \text{ (süneklik)} = 8$$

$$I = 1,4$$

$$\text{Zemin Sınıfı} = \text{IV} \quad (T_a = 0,2, T_b = 0,90)$$

$$T_{1X} = 0,8280 \text{ sn}$$

$$T_{1Y} = 0,7463 \text{ sn}$$

$$0,20 < 0,7463 < 0,8280 < 0,90$$

$$S(t) = 2,5$$

$$A(t) = A_0 \times I \times S(t) = 0,4 \times 1,4 \times 2,5 = 1,4$$

$$V(t) = \text{Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü (Taban Kesme Kuvveti)}$$

$$V(t) = W \times A(t) / R_a = 9315 \times 1,4 / 8 = 1630 \text{ kN}$$

$$V(t) = 1630 > 0,10 \times A_0 \times I \times W = 0,1 \times 0,4 \times 1,4 \times 9315 = 521,64 \text{ kN}$$

Çizelge 3.19 Kat deprem yükleri

Kat	h	W _i	W _i h _i	W _i h _i / $\sum W_i h_i$	P _i
1	3	1580	4740	0,05	82
2	6	1580	9480	0,1	163
3	9	1580	14220	0,147	240
4	12	1525	18300	0,188	306
5	15	1525	22875	0,235	383
6	18	1525	27450	0,28	456
$\sum W_i h_i$			97065		

Kolonlarda maksimum donatı oranını veren deprem doğrultusunu saptamak amacı ile, Şekil 3.2’de gösterilen α açısı $\alpha = 0.10, 20, \dots 180^\circ$ değerleri arasında değiştirilip sırası ile $P_1 = 82\text{kN}$, $P_2 = 163\text{kN}$, $P_3 = 240\text{kN}$, $P_4 = 306\text{kN}$, $P_5 = 383\text{kN}$ ve $P_6 = 456\text{kN}$ alınarak hesaplamalar yapılmıştır. İncelenen dört kolon için her α değerine karşılık gelen M_a , ve M_b değerleri ve bu değerler kullanılarak saptanan ρ donatı oranları çizelgelerde verilmiştir. Kolon kesit hesaplamalarında kullanılan kuvvetler SAP 2000 programında elde edilen yaklaşık değerler olup sırası ile $N_1 = (G+Q\pm E)$ ve $N_2=(0.9*G\pm E)$ alınarak olarak kullanılmıştır. Kolon donatı oranları A. Çakıroğlu’nun özel yöntemi kullanılarak yapılan yazılım ile elde edilmiştir. Ayrıca donatı oranlarının değişimi grafiklerde gösterilmiştir.

KOLON NO=1 (Zemin Kat)

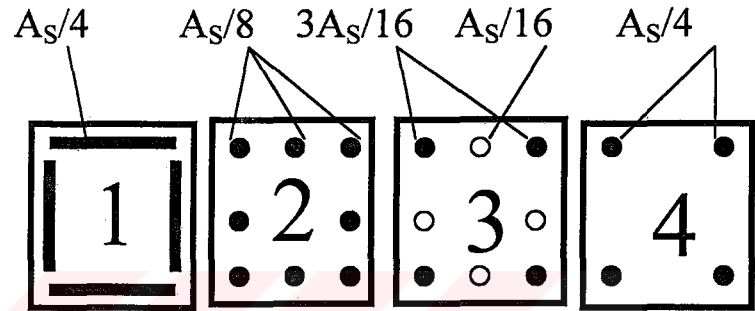
KOLON TİPİ.....=NOK

NORMAL KUVVET..=(G+Q±E) 380kN

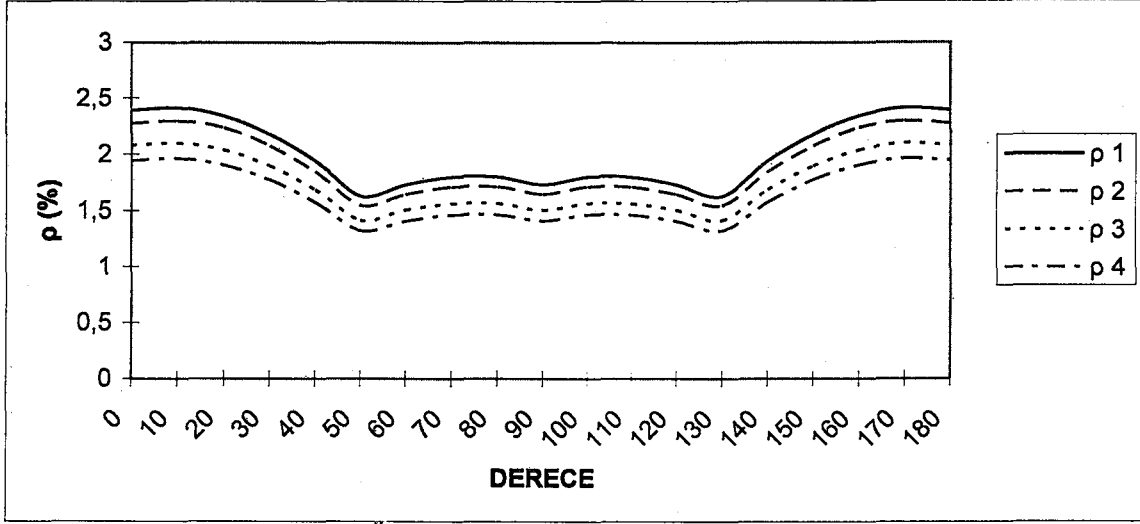
B/H=350/350

H'.....=40

Çizelge 3.20 Örnek 3 (Kolon 1) eğilme momentleri ve donatı oranları



AÇI	M_a	M_b	$\rho_1(\%)$	$\rho_2(\%)$	$\rho_3(\%)$	$\rho_4(\%)$
0	-104,89	102,36	2,390	2,273	2,079	1,943
10	-117,85	86,25	2,412	2,294	2,098	1,961
20	-127,28	67,48	2,338	2,235	2,034	1,901
30	-132,87	46,62	2,175	2,069	1,892	1,769
40	-134,46	24,30	1,938	1,840	1,682	1,572
50	-132,01	1,21	1,625	1,545	1,413	1,321
60	-125,58	-21,95	1,727	1,643	1,502	1,404
70	-115,38	-44,49	1,795	1,707	1,561	1,459
80	-101,71	-65,72	1,797	1,710	1,563	1,461
90	-84,98	-84,98	1,729	1,645	1,504	1,406
100	-65,72	-102,71	1,797	1,710	1,563	1,461
110	-44,49	-115,38	1,795	1,707	1,561	1,459
120	-21,95	-125,58	1,727	1,643	1,502	1,404
130	1,21	-132,01	1,625	1,545	1,413	1,321
140	24,30	-134,46	1,938	1,840	1,682	1,572
150	46,62	-132,87	2,175	2,069	1,892	1,769
160	67,48	-127,28	2,338	2,235	2,034	1,901
170	86,25	-117,85	2,412	2,294	2,098	1,961
180	102,36	-104,89	2,390	2,273	2,079	1,943



Şekil 3.54 Örnek 3 (Kolon 1) (G+Q±E) $\rho(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Değişik donatı yerleşim durumlarından elde edilen bu eğriler yukarıdaki şekilde belirtilmiştir. Donatı yerleşim durumlarına göre çizilen bu diyagramların hepsi simetriktir. Bütün eğriler $\alpha=10^\circ$ ve 170° de maksimum değere ulaşırlar. Bütün eğriler $\alpha=50^\circ$ ve 130° de minimum değeri aldılar.

Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşimine (ρ_1) göre bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2.412-1.625=0.787$

Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre(ρ_2) bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2.294-1.545=0.749$

Köşelerdeki donatı toplam donatının $3/16$ 'sı kenar ortalarında $1/16$ 'sına göre donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_3) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $2.098-1.413=0.685$

Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_4) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $1.961-1.321=0.640$

En büyük fark dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. En küçük fark karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi.

KOLON NO=1 (Zemin Kat)

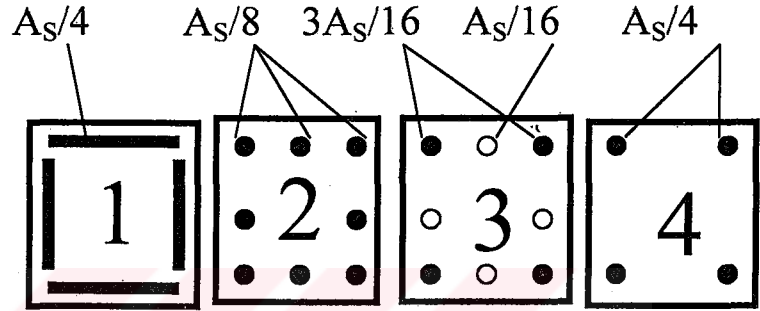
KOLON TİPİ.....=NOK

NORMAL KUVVET..=(0.9*G ±E) 290kN

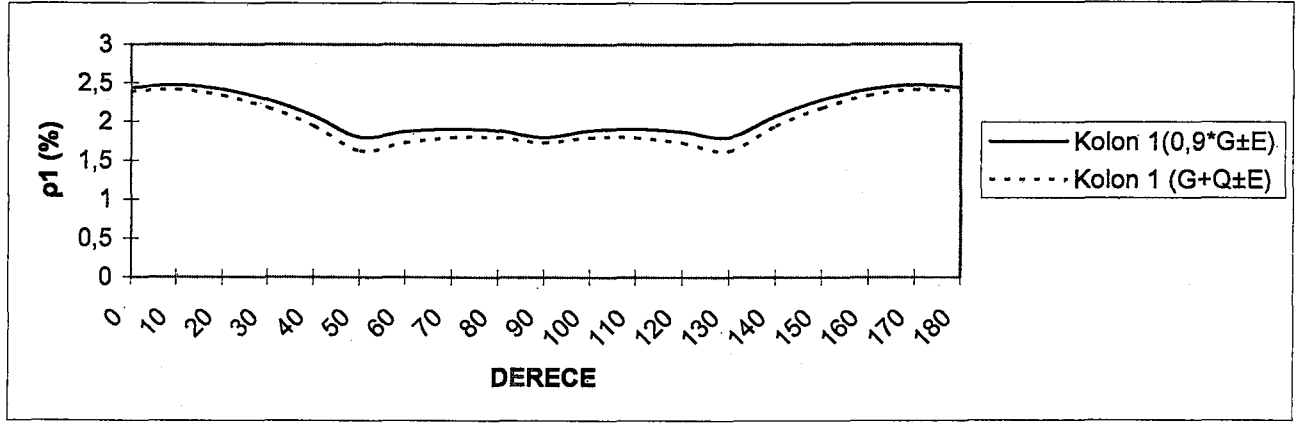
B/H=350/350

H'.....=40

Çizelge 3.21 Örnek 3 (Kolon 1) eğilme momentleri ve donatı oranları

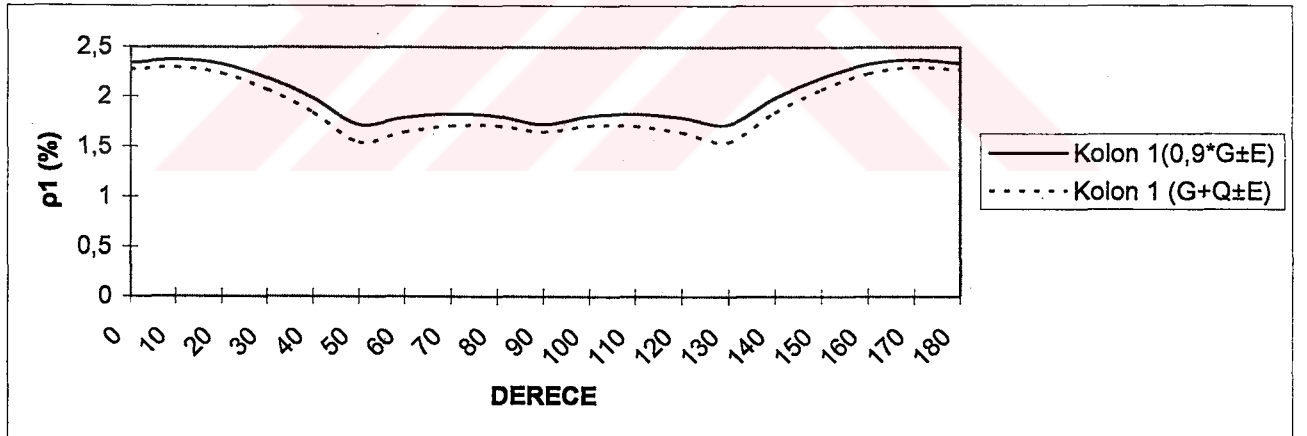


AÇI	M_a	M_b	$\rho_1(\%)$	$\rho_2(\%)$	$\rho_3(\%)$	$\rho_4(\%)$
0	-104,89	102,36	2,436	2,337	2,157	1,997
10	-117,85	86,25	2,473	2,371	2,189	2,027
20	-127,28	67,48	2,418	2,329	2,141	1,982
30	-132,87	46,62	2,281	2,187	2,019	1,869
40	-134,46	24,30	2,070	1,985	1,832	1,697
50	-132,01	1,21	1,797	1,723	1,591	1,473
60	-125,58	-21,95	1,868	1,791	1,653	1,531
70	-115,38	-44,49	1,905	1,828	1,687	1,562
80	-101,71	-65,72	1,883	1,806	1,667	1,544
90	-84,98	-84,98	1,796	1,723	1,590	1,472
100	-65,72	-102,71	1,883	1,806	1,667	1,544
110	-44,49	-115,38	1,905	1,828	1,687	1,562
120	-21,95	-125,58	1,868	1,791	1,653	1,531
130	1,21	-132,01	1,797	1,723	1,591	1,473
140	24,30	-134,46	2,070	1,985	1,832	1,697
150	46,62	-132,87	2,281	2,187	2,019	1,869
160	67,48	-127,28	2,418	2,329	2,141	1,982
170	86,25	-117,85	2,473	2,371	2,189	2,027
180	102,36	-104,89	2,436	2,337	2,157	1,997



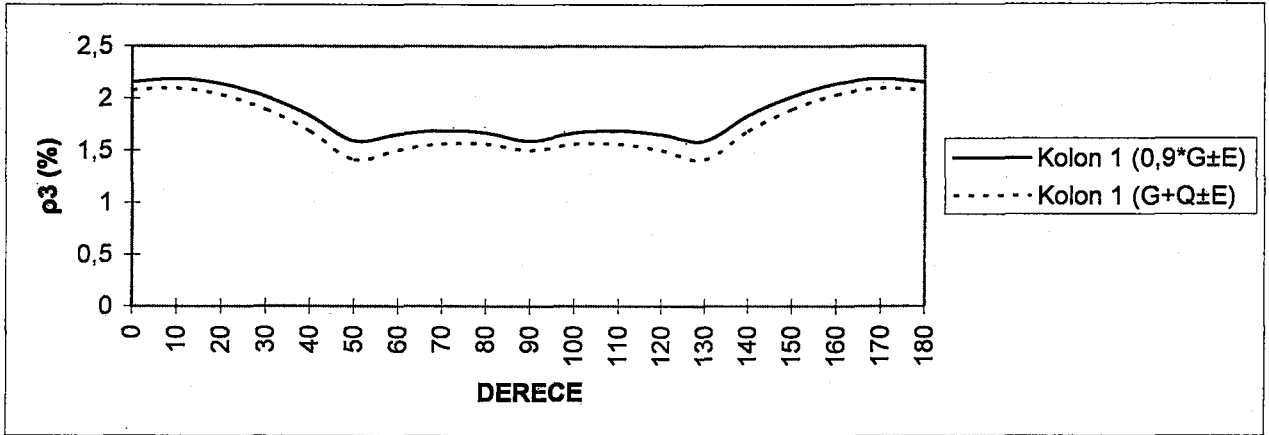
Şekil 3.55 Örnek 3 (Kolon 1) p1(%) donatı oranlarının değişimi

Kolon 1 için maksimum donatı oranları $\alpha = 10^\circ$ ve $\alpha = 170^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%2,473$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 50^\circ$, 90° ve 130° değerleri civarında $\rho_1 = \%1,796$ olarak elde edilmiştir. Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı durumuna göre oluşan bu diyagram simetrik bir yapıya sahiptir. $N=380\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)’dan gelen maksimum $\rho_1 = \%2,412$ ($\alpha=10^\circ$, 70°), minimum $\rho_1 = \%1,625$ ($\alpha = 50^\circ$, 130°) olarak elde edilmiştir.



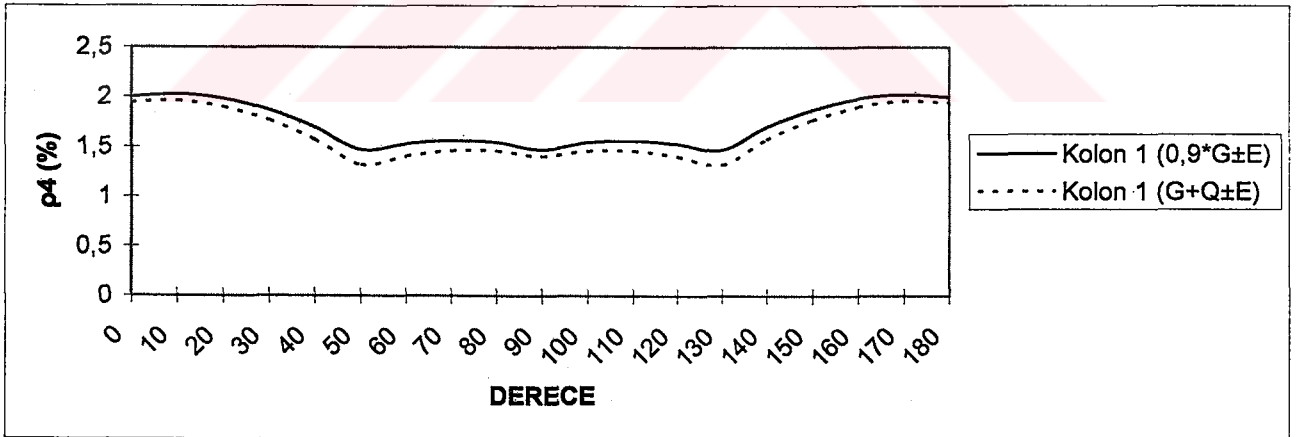
Şekil 3.56 Örnek 3 (Kolon 1) p2(%) donatı oranlarının değişimi

Kolon 1 için maksimum donatı oranları $\alpha = 10^\circ$ ve $\alpha = 170^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%2,371$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 50^\circ$, 90° , 130° değerleri civarında $\rho_2 = \%1,723$ olarak elde edilmiştir. Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre bulunan bu diyagramda simetrik bir yapıya sahiptir. $N=380\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)’dan gelen maksimum $\rho_2 = \%2,294$ ($\alpha = 10^\circ$, 170°), minimum $\rho_2 = \%1,545$ ($\alpha = 50^\circ$, 130°) olarak elde edilmiştir.



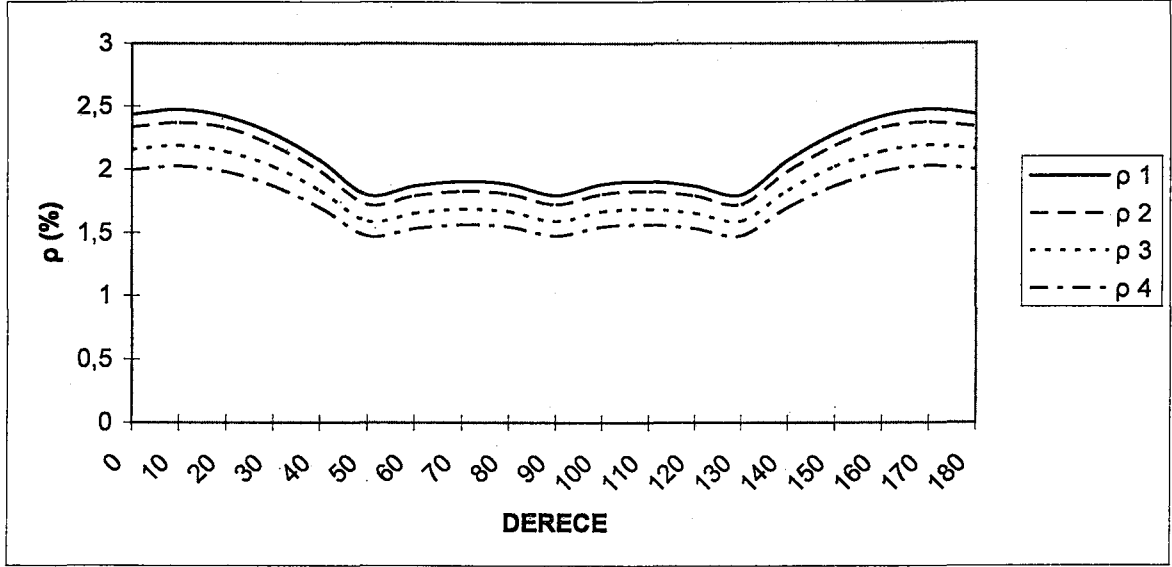
Şekil 3.57 Örnek 3 (Kolon 1) $p_3(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 1 için maksimum donatı oranları $\alpha = 10^\circ$ ve $\alpha = 170^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%2,189$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 50^\circ, 90^\circ, 130^\circ$ değerleri civarında $\rho_3 = \%1,590$ olarak elde edilmiştir. Köşelerde toplam donatının 3/16'sı, kenar ortalarında 1/16'sı göre donatı yerleşiminden elde edilen bu diyagram simetrik bir yapıya sahiptir. $N=380\text{kN}$ (G+Q±E)'dan gelen maksimum $\rho_3 = \%2,098$ ($\alpha = 10^\circ, 170^\circ$), minimum $\rho_3 = \%1,413$ ($\alpha = 50^\circ, 130^\circ$) olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.58 Örnek 3 (Kolon 1) $p_4(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 1 için maksimum donatı oranları $\alpha = 10^\circ$ ve $\alpha = 170^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%2,027$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 50^\circ, 90^\circ, 130^\circ$ değerleri civarında $\rho_4 = \%1,472$ olarak elde edilmiştir. Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen bu diyagram simetrik bir yapıya sahiptir. $N=380\text{kN}$ (G+Q±E)'dan gelen maksimum $\rho_4 = \%1,961$ ($\alpha = 10^\circ, 170^\circ$), minimum $\rho_4 = \%1,321$ ($\alpha = 50^\circ, 130^\circ$) olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.59 Örnek 3 (Kolon 1) (0,9*G±E) ρ(%) donatı oranlarının değişimi

Değişik donatı yerleşim durumlarından elde edilen bu eğriler yukarıdaki şekilde belirtilmiştir. Donatı yerleşim durumlarına göre çizilen bu diyagramların hepsi simetriktir. Bütün eğriler $\alpha=10^\circ$ ve 170° de maksimum değere ulaşırlar. Bütün eğriler $\alpha=50^\circ$, 90° ve 130° de minimum değeri aldılar.

Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşimine (ρ_1) göre bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2.473-1.796=0.677$

Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre(ρ_2) bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2.371-1.723=0.648$

Köşelerdeki donatı toplam donatının $3/16$ 'sı kenar ortalarında $1/16$ 'sına göre donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_3) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $2.189-1.590=0.599$

Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_4) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $2.027-1.472=0.555$

En büyük fark dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. En küçük fark karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. $N=380\text{kN}$ (G+Q±E) kuvvetiyle elde edilen donatı oranları arasındaki farkla $N=290\text{kN}$ (0,9*G±E) kuvvetiyle elde edilen donatı oranları arasındaki farktan daha büyüktür.

KOLON NO=2 (Zemin Kat)

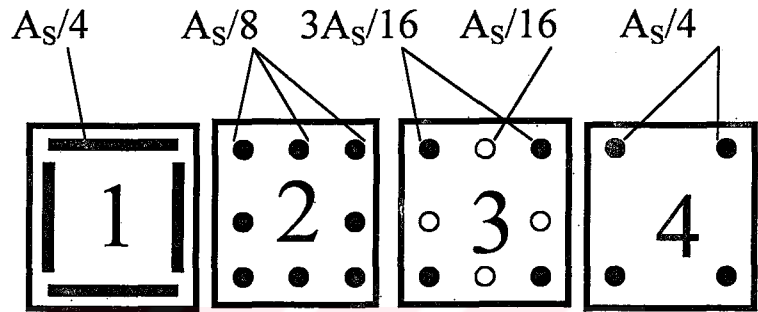
KOLON TİPİ.....=NOK

NORMAL KUVVET..=(G+Q±E) 1155kN

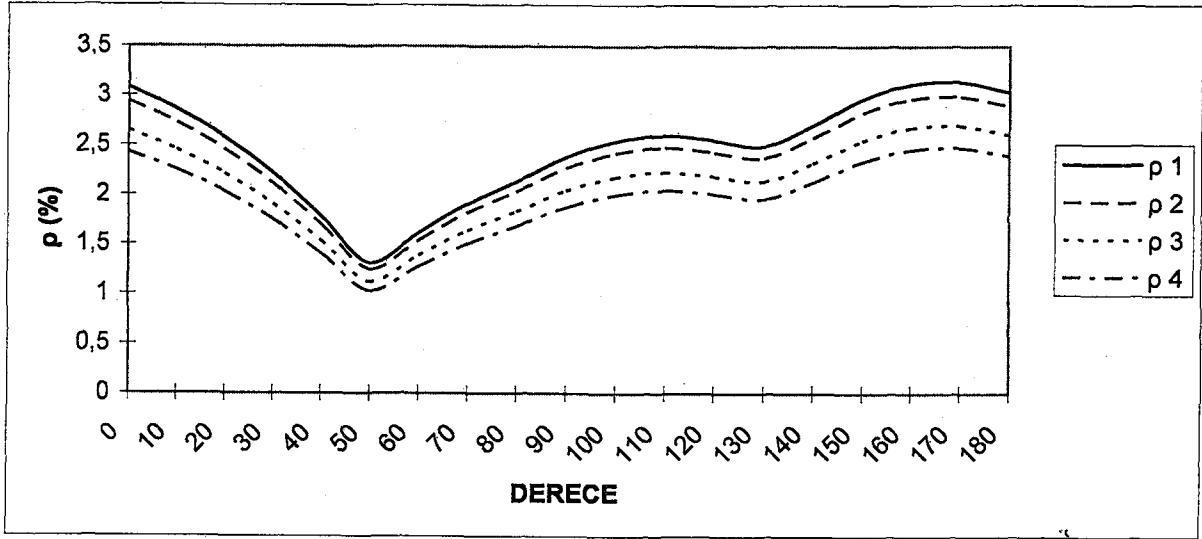
B/H=400/600

H'.....=40

Çizelge 3.22 Örnek 3 (Kolon 2) eğilme momentleri ve donatı oranları



AÇI	M_a	M_b	$\rho_1(\%)$	$\rho_2(\%)$	$\rho_3(\%)$	$\rho_4(\%)$
0	229,66	503,36	3,084	2,938	2,647	2,428
10	260	423,24	2,855	2,720	2,450	2,248
20	282,47	330,30	2,573	2,451	2,208	2,026
30	296,47	227,32	2,218	2,113	1,904	1,746
40	301,56	117,44	1,782	1,698	1,530	1,403
50	297,57	9,98	1,306	1,244	1,121	1,028
60	284,63	-109,56	1,607	1,531	1,379	1,265
70	263,14	-219,79	1,905	1,815	1,635	1,500
80	233,74	-323,32	2,132	2,031	1,830	1,679
90	197,34	-417,84	2,380	2,268	2,043	1,874
100	155,02	-498,06	2,539	2,419	2,179	1,999
110	108,09	-563,95	2,597	2,474	2,229	2,045
120	57,96	-612,69	2,550	2,429	2,188	2,008
130	-20,84	-642,81	2,490	2,372	2,137	1,961
140	-45,74	-653,40	2,701	2,574	2,318	2,127
150	-96,15	-644,11	2,967	2,826	2,546	2,336
160	-143,55	-615,26	3,116	2,968	2,674	2,453
170	-186,5	-567,69	3,141	2,993	2,696	2,473
180	-223,69	-502,88	3,039	2,895	2,608	2,393



Şekil 3.60 Örnek 3 (Kolon 2) (G+Q±E) ρ(%) donatı oranlarının değişimi

Değişik donatı yerleşim durumlarından elde edilen bu eğriler yukarıdaki şekilde belirtilmiştir. Donatı yerleşim durumlarına göre çizilen bu diyagramların hepsi simetriktr. Bütün eğriler $\alpha=170^\circ$ de maksimum değere ulaşırlar. Bütün eğriler $\alpha=50^\circ$ de minimum değeri aldılar.

Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşimine (ρ_1) göre bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $3.141-1.306=1.835$

Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre(ρ_2) bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2.993-1.244=1.749$

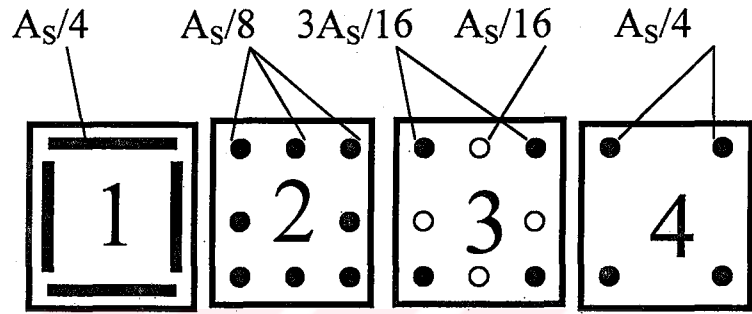
Köşelerdeki donatı toplam donatının $3/16$ 'sı kenar ortalarında $1/16$ 'sına göre donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_3) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $2.696-1.125=1.571$

Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_4) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $2.473-1.028=1.445$

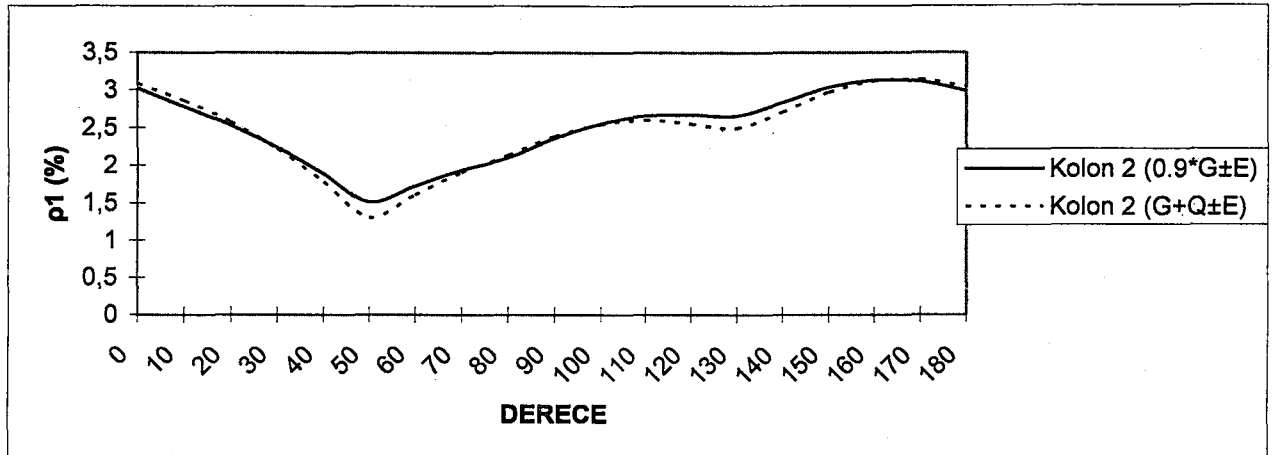
En büyük fark dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. En küçük fark karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi.

KOLON NO=2 (Zemin Kat)
 KOLON TİPİ.....=NOK
 NORMAL KUVVET..=(0,9*G±E) 770kN
 B/H=400/600
 H'.....=40

Çizelge 3.23 Örnek 3 (Kolon 2) eğilme momentleri ve donatı oranları

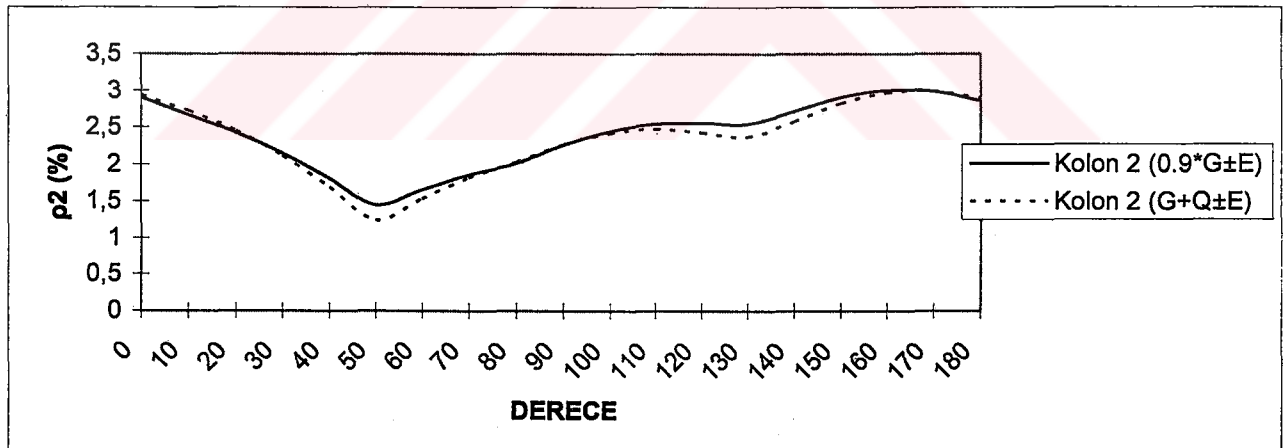


AÇI	M_a	M_b	$\rho_1(\%)$	$\rho_2(\%)$	$\rho_3(\%)$	$\rho_4(\%)$
0	229,66	503,36	3,022	2,901	2,587	2,417
10	260	423,24	2,776	2,665	2,376	2,221
20	282,47	330,30	2,527	2,426	2,163	2,022
30	296,47	227,32	2,237	2,148	1,915	1,790
40	301,56	117,44	1,887	1,812	1,616	1,510
50	297,57	9,98	1,512	1,451	1,294	1,210
60	284,63	-109,56	1,722	1,653	1,474	1,377
70	263,14	-219,79	1,935	1,857	1,656	1,548
80	233,74	-323,32	2,098	2,014	1,796	1,678
90	197,34	-417,84	2,356	2,262	2,017	1,885
100	155,02	-498,06	2,549	2,447	2,182	2,039
110	108,09	-563,95	2,653	2,547	2,271	2,123
120	57,96	-612,69	2,665	2,559	2,281	2,132
130	-20,84	-642,81	2,654	2,548	2,272	2,123
140	-45,74	-653,40	2,829	2,716	2,421	2,263
150	-96,15	-644,11	3,030	2,908	2,593	2,424
160	-143,55	-615,26	3,126	3,001	2,676	2,501
170	-186,5	-567,69	3,112	2,988	2,664	2,490
180	-223,69	-502,88	2,982	2,863	2,553	2,386



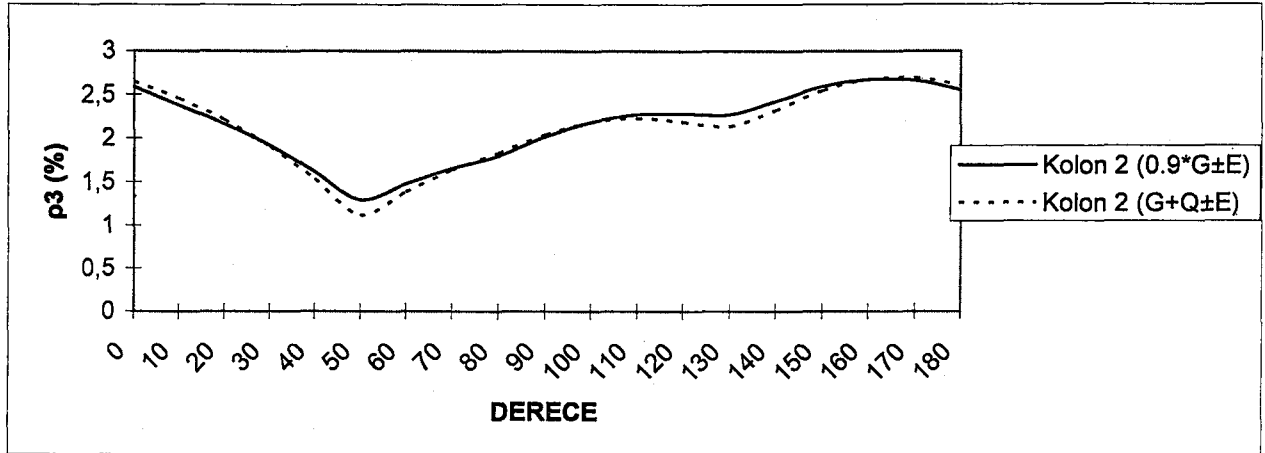
Şekil 3.61 Örnek 3 (Kolon 2) $\rho_1(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 2 için maksimum donatı oranları $\alpha = 160^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%3,126$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 50^\circ$ değerleri civarında $\rho_1 = \%1,512$ olarak elde edilmiştir. Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı durumuna göre oluşan bu diyagram simetrik bir yapıya sahip değildir. $N=1155\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)'dan gelen maksimum $\rho_1 = \%3,141$ ($\alpha=170^\circ$), minimum $\rho_1 = \%1,306$ ($\alpha = 50^\circ$) olarak elde edilmiştir.



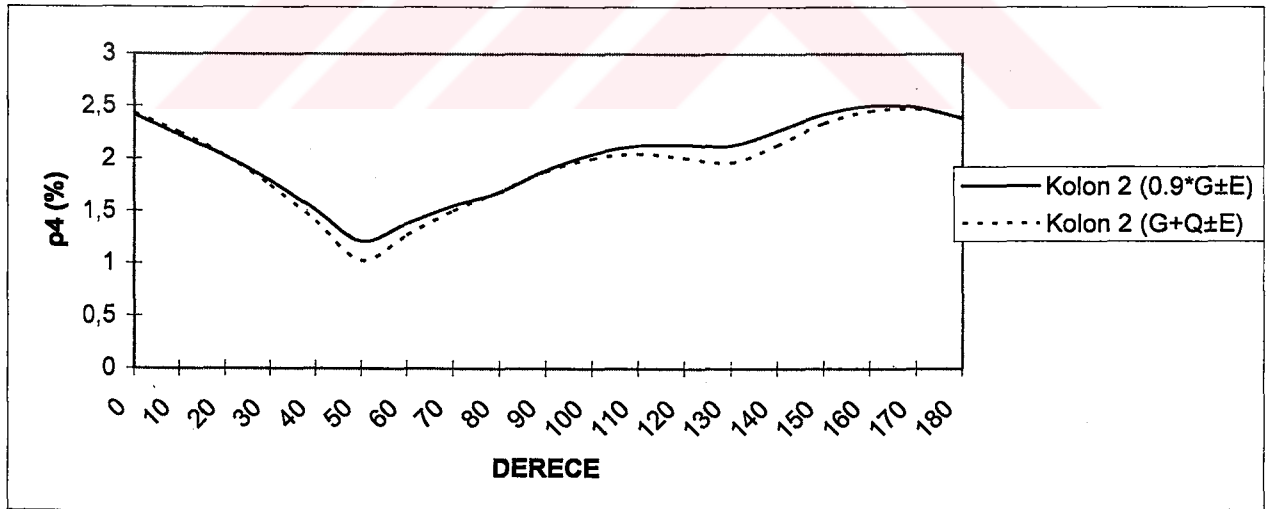
Şekil 3.62 Örnek 3 (Kolon 2) $\rho_2(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 2 için maksimum donatı oranları $\alpha = 160^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%3,001$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 50^\circ$ değerleri civarında $\rho_2 = \%1,451$ olarak elde edilmiştir. Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre bulunan bu diyagramda simetrik bir yapıya sahip değildir. $N=1155\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)'dan gelen maksimum $\rho_2 = \%2,293$ ($\alpha = 170^\circ$), minimum $\rho_2 = \%1,244$ ($\alpha = 50^\circ$) olarak elde edilmiştir.



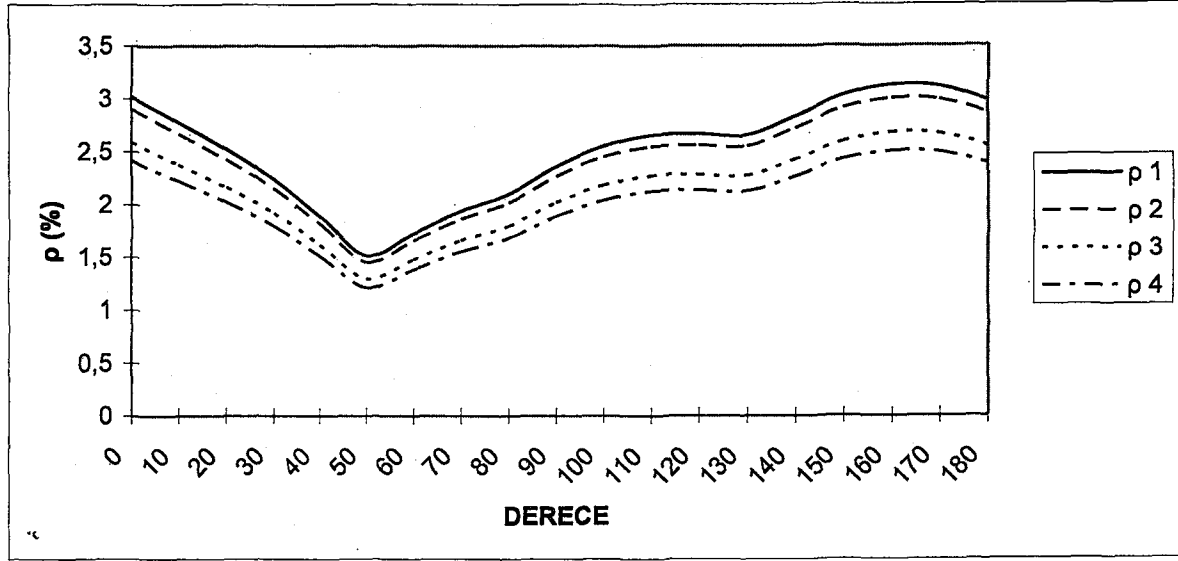
Şekil 3.63 Örnek 3 (Kolon 2) p3(%) donatı oranlarının değişimi

Kolon 2 için maksimum donatı oranları $\alpha = 160^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%2,676$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 50^\circ$ değerleri civarında $\rho_3 = \%1.294$ olarak elde edilmiştir. Köşelerde toplam donatının 3/16'sı, kenar ortalarında 1/16'sı göre donatı yerleşiminden elde edilen bu diyagram simetrik bir yapıya sahip değildir. $N=1155\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)'dan gelen maksimum $\rho_3 = \%2.696$ ($\alpha = 170^\circ$), minimum $\rho_3 = \%1.125$ ($\alpha = 50^\circ$) olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.64 Örnek 3 (Kolon 2) p4(%) donatı oranlarının değişimi

Kolon 2 için maksimum donatı oranları $\alpha = 160^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%2,501$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 50^\circ$ değerleri civarında $\rho_4 = \%1.210$ olarak elde edilmiştir. Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen bu diyagram simetrik bir yapıya sahip değildir. $N=1155\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)'dan gelen maksimum $\rho_4 = \%2.473$ ($\alpha = 170^\circ$), minimum $\rho_4 = \%1.028$ ($\alpha = 50^\circ$) olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.65 Örnek 3 (Kolon 2) ($0,9 \cdot G \pm E$) $\rho(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Değişik donatı yerleşim durumlarından elde edilen bu eğriler yukarıdaki şekilde belirtilmiştir. Donatı yerleşim durumlarına göre çizilen bu diyagramların hepsi simetriktir. Bütün eğriler $\alpha=160^\circ$ de maksimum değere ulaşırlar. Bütün eğriler $\alpha=50^\circ$ de minimum değeri aldılar.

Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşimine (ρ_1) göre bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark $=3.126-1.512=1.614$

Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre (ρ_2) bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark $=3.001-1.451=1.550$

Köşelerdeki donatı toplam donatının $3/16$ 'sı kenar ortalarında $1/16$ 'sına göre donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_3) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark $=2.676-1.294=1.382$

Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_4) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark $=2.501-1.210=1.291$

En büyük fark dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. En küçük fark karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. $N=1155\text{kN}$ ($G+Q \pm E$) kuvvetiyle elde edilen donatı oranları arasındaki farkla $N=770\text{kN}$ ($0,9 \cdot G \pm E$) kuvvetiyle elde edilen donatı oranları arasındaki faktan daha büyüktür.

KOLON NO=3 (Zemin Kat)

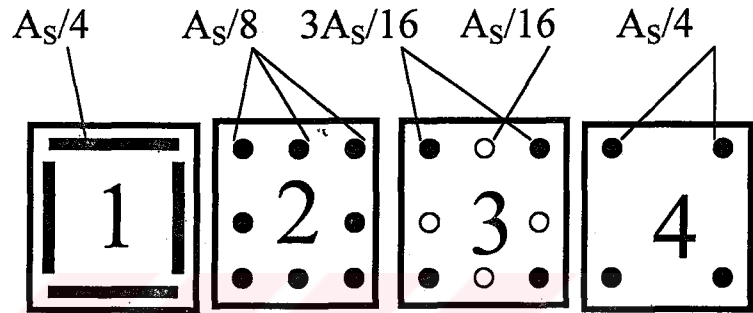
KOLON TİPİ.....=NOK

NORMAL KUVVET..=(G+Q±E) 1428kN

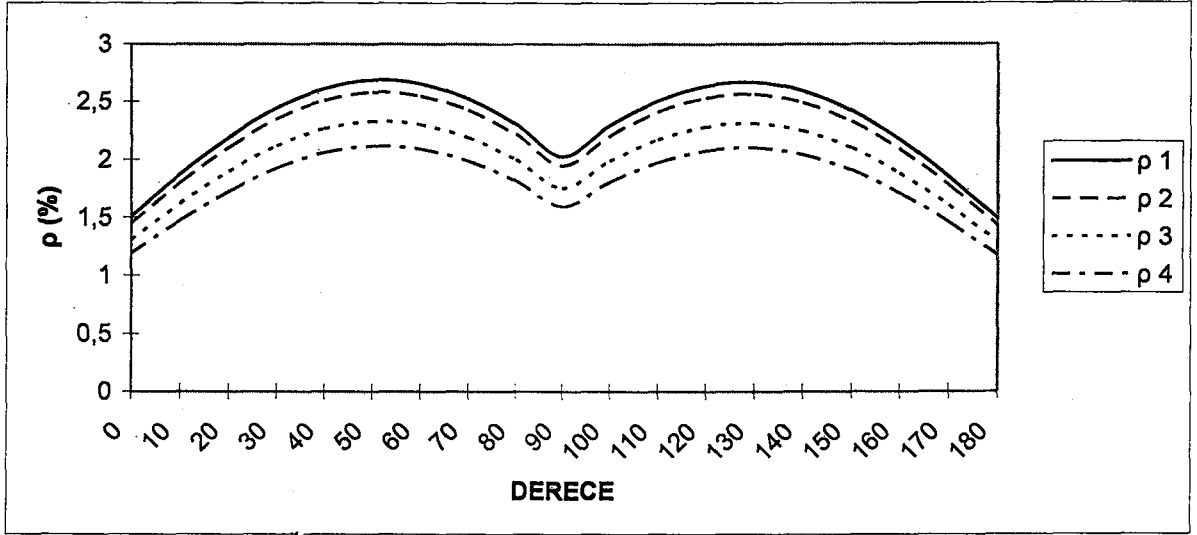
B/H=400/600

H'=40

Çizelge 3.24 Örnek 3 (Kolon 3) eğilme momentleri ve donatı oranları



AÇI	M_a	M_b	$\rho_1(\%)$	$\rho_2(\%)$	$\rho_3(\%)$	$\rho_4(\%)$
0	-331,86	0	1,509	1,450	1,307	1,188
10	-326,83	101,66	1,872	1,799	1,622	1,474
20	-311,92	200,25	2,189	2,102	1,896	1,723
30	-287,56	292,74	2,442	2,345	2,115	1,922
40	-254,50	376,33	2,613	2,510	2,263	2,058
50	-213,75	448,50	2,687	2,581	2,327	2,116
60	-166,53	507,03	2,654	2,549	2,300	2,090
70	-144,30	550,16	2,524	2,424	2,186	1,987
80	-58,62	576,57	2,308	2,217	2,000	1,817
90	2,50	585,47	2,025	1,945	1,754	1,595
100	56,21	576,57	2,293	2,203	1,986	1,805
110	111,89	550,16	2,507	2,408	2,171	1,974
120	164,12	507,03	2,636	2,532	2,283	2,075
130	211,34	448,50	2,668	2,563	2,311	2,101
140	252,10	376,33	2,593	2,491	2,246	2,041
150	285,15	292,74	2,421	2,326	2,097	1,906
160	309,51	200,25	2,168	2,083	1,878	1,707
170	324,43	101,66	1,852	1,779	1,604	1,458
180	329,45	0	1,488	1,430	1,289	1,172



Şekil 3.66 Örnek 3 (Kolon 3) (G+Q±E) $\rho(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Değişik donatı yerleşim durumlarından elde edilen bu eğriler yukarıdaki şekilde belirtilmiştir. Donatı yerleşim durumlarına göre çizilen bu diyagramların hepsi simetriktir. Bütün eğriler $\alpha=50^\circ$ de maksimum değere ulaştılar. Bütün eğriler $\alpha=180^\circ$ de minimum değeri aldılar.

Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşimine (ρ_1) göre bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2.687-1.488=1.199$

Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre(ρ_2) bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2.581-1.430=1.151$

Köşelerdeki donatı toplam donatının $3/16$ 'sı kenar ortalarında $1/16$ 'sına göre donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_3) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $2.327-1.289=1.038$

Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_4) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $2.116-1.172=0.944$

En büyük fark dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. En küçük fark karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi.

KOLON NO=3 (Zemin Kat)

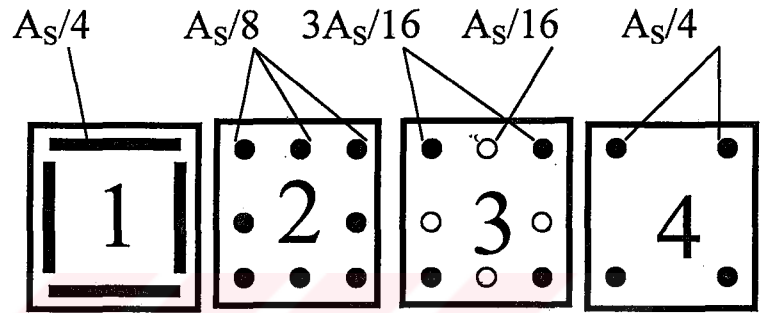
KOLON TİPİ.....=OK

NORMAL KUVVET..=(0,9G±E) 920kN

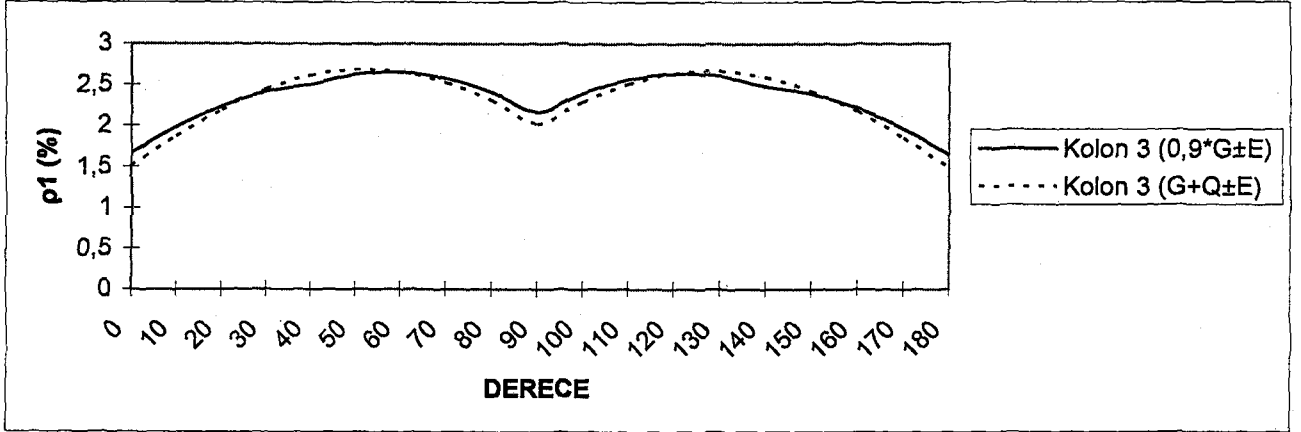
B/H=400/600

H'.....=40

Çizelge 3.25 Örnek 3 (Kolon 3) eğilme momentleri ve donatı oranları

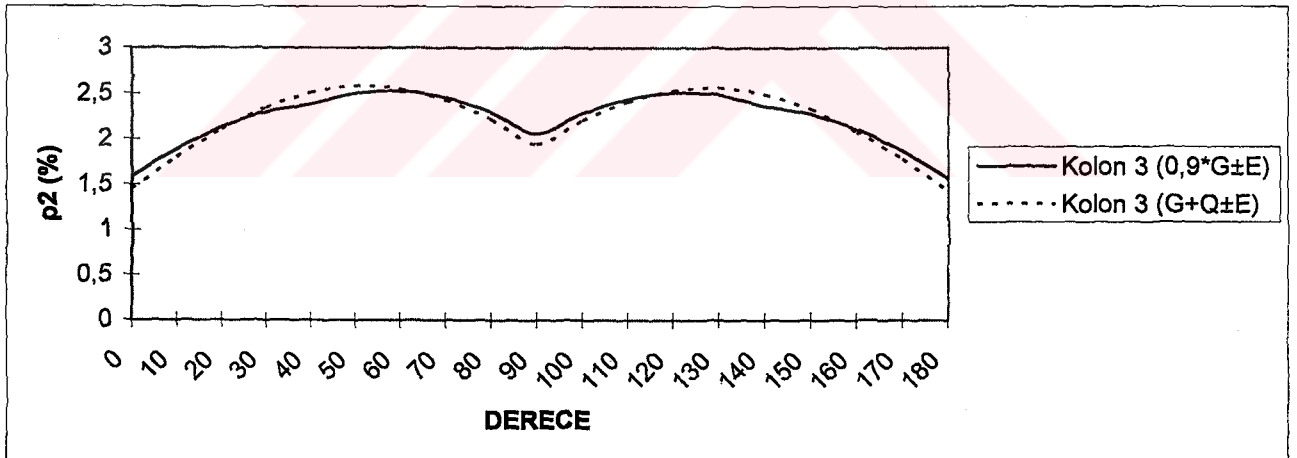


AÇI	M_a	M_b	$\rho_1(\%)$	$\rho_2(\%)$	$\rho_3(\%)$	$\rho_4(\%)$
0	-331,86	0	1,667	1,588	1,429	1,323
10	-326,83	101,66	1,982	1,888	1,699	1,573
20	-311,92	200,25	2,234	2,128	1,915	1,773
30	-287,56	292,74	2,411	2,296	2,066	1,913
40	-254,50	376,33	2,501	2,382	2,144	1,985
50	-213,75	448,50	2,625	2,500	2,250	2,083
60	-166,53	507,03	2,650	2,524	2,271	2,103
70	-144,30	550,16	2,576	2,454	2,208	2,045
80	-58,62	576,57	2,410	2,295	2,065	1,912
90	2,50	585,47	2,165	2,062	1,856	1,718
100	56,21	576,57	2,397	2,282	2,054	1,902
110	111,89	550,16	2,562	2,440	2,196	2,034
120	164,12	507,03	2,635	2,510	2,259	2,091
130	211,34	448,50	2,609	2,485	2,236	2,071
140	252,10	376,33	2,481	2,363	2,127	1,969
150	285,15	292,74	2,391	2,277	2,049	1,897
160	309,51	200,25	2,214	2,109	1,898	1,757
170	324,43	101,66	1,962	1,869	1,682	1,557
180	329,45	0	1,647	1,568	1,412	1,307



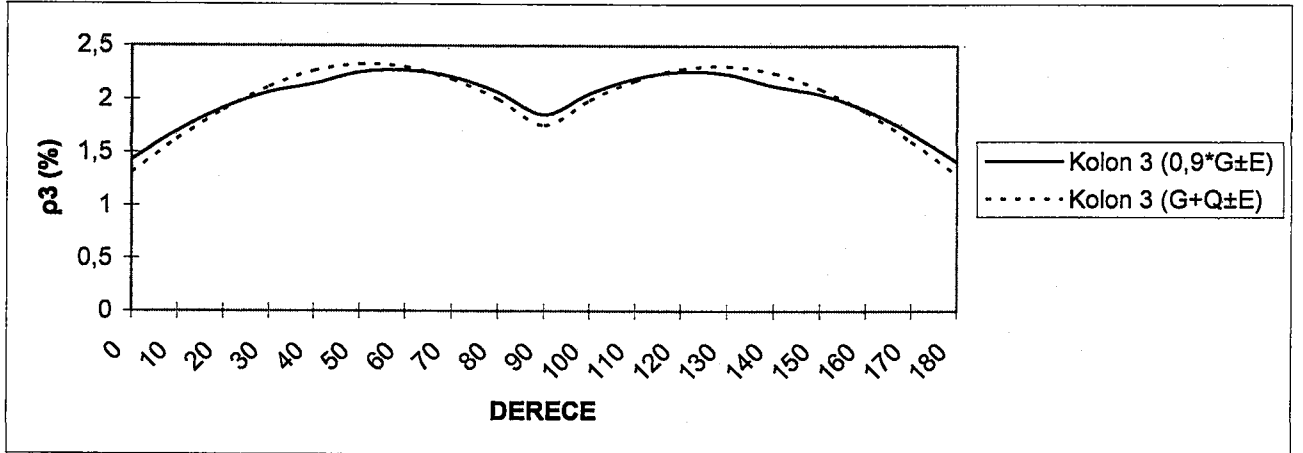
Şekil 3.67 Örnek 3 (Kolon 3) ρ_1 (%) donatı oranlarının değişimi

Kolon 3 için maksimum donatı oranları $\alpha = 60^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%2,650$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 180^\circ$ değerleri civarında $\rho_1 = \%1.647$ olarak elde edilmiştir. Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı durumuna göre oluşan bu diyagram simetrik bir yapıya sahiptir. N=1428kN (G+Q±E)'dan gelen maksimum $\rho_1 = \%2.687$ ($\alpha = 50^\circ$), minimum $\rho_1 = \%1.488$ ($\alpha = 180^\circ$) olarak elde edilmiştir.



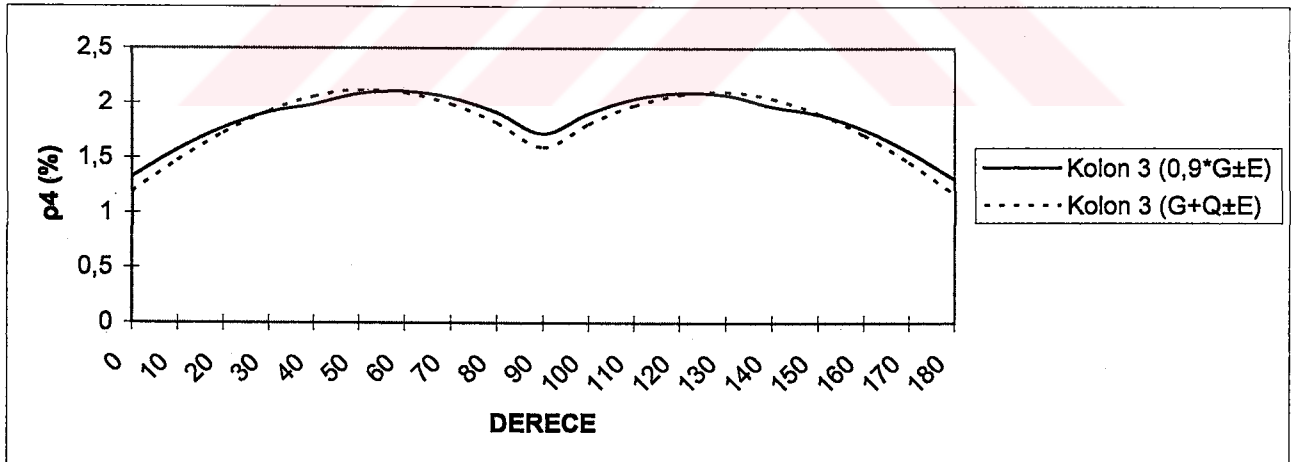
Şekil 3.68 Örnek 3 (Kolon 3) ρ_2 (%) donatı oranlarının değişimi

Kolon 3 için maksimum donatı oranları $\alpha = 60^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%2,524$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 180^\circ$ değerleri civarında $\rho_2 = \%1.568$ olarak elde edilmiştir. Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre bulunan bu diyagramda simetrik bir yapıya sahiptir. N=1428kN (G+Q±E)'dan gelen maksimum $\rho_2 = \%2.581$ ($\alpha = 50^\circ$), minimum $\rho_2 = \%1.430$ ($\alpha = 180^\circ$) olarak elde edilmiştir.



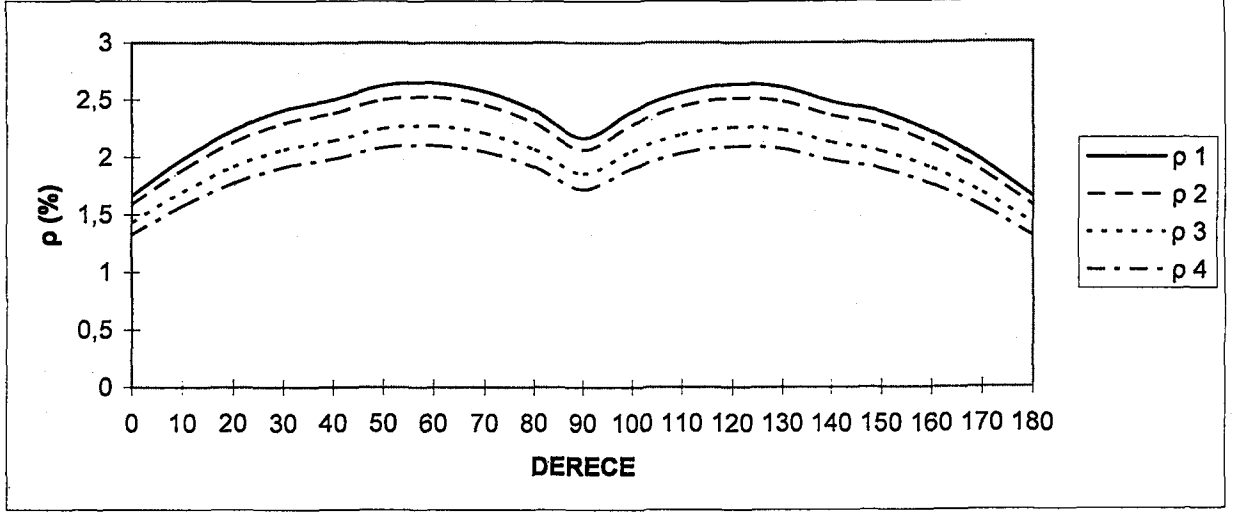
Şekil 3.69 Örnek 3 (Kolon 3) $p_3(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 3 için maksimum donatı oranları $\alpha = 60^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%2,271$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 180^\circ$ değerleri civarında $p_3 = \%1,412$ olarak elde edilmiştir. Köşelerde toplam donatının 3/16'sı, kenar ortalarında 1/16'sı göre donatı yerleşiminden elde edilen bu diyagram simetrik bir yapıya sahiptir. $N=1428\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)'dan gelen maksimum $p_3 = \%2,327$ ($\alpha = 50^\circ$), minimum $p_3 = \%1,289$ ($\alpha = 180^\circ$) olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.70 Örnek 3 (Kolon 3) $p_4(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 1 için maksimum donatı oranları $\alpha = 60^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%2,103$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 180^\circ$ değerleri civarında $p_4 = \%1,307$ olarak elde edilmiştir. Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen bu diyagram simetrik bir yapıya sahiptir. $N=1428\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)'dan gelen maksimum $p_4 = \%2,116$ ($\alpha = 50^\circ$), minimum $p_4 = \%1,172$ ($\alpha = 180^\circ$) olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.71 Örnek 3 (Kolon 3) (0,9*G±E) $\rho(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Değişik donatı yerleşim durumlarından elde edilen bu eğriler yukarıdaki şekilde belirtilmiştir. Donatı yerleşim durumlarına göre çizilen bu diyagramların hepsi simetriktir. Bütün eğriler $\alpha=60^\circ$ de maksimum değere ulaşırlar. Bütün eğriler $\alpha=180^\circ$ de minimum değeri aldılar.

Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşimine (ρ_1) göre bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark=2.650-1.647=1.003

Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre(ρ_2) bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark=2.524-1.568=0.956

Köşelerdeki donatı toplam donatının 3/16'sı kenar ortalarında 1/16'sına göre donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_3) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark=2.271-1.412=0.859

Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_4) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= 2.103-1.307=0.796

En büyük fark dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. En küçük fark karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. N=1428kN (G+Q±E) kuvvetiyle elde edilen donatı oranları arasındaki farkla N=920kN (0,9*G±E) kuvvetiyle elde edilen donatı oranları arasındaki faktan daha büyüktür.

KOLON NO=4 (Zemin Kat)

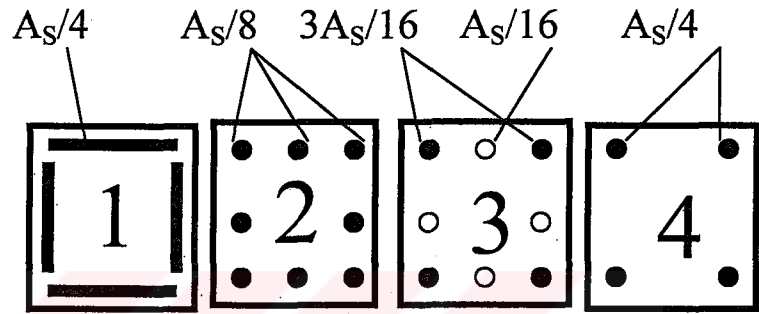
KOLON TİPİ.....=NOK

NORMAL KUVVET..=(G+Q±E) 540kN

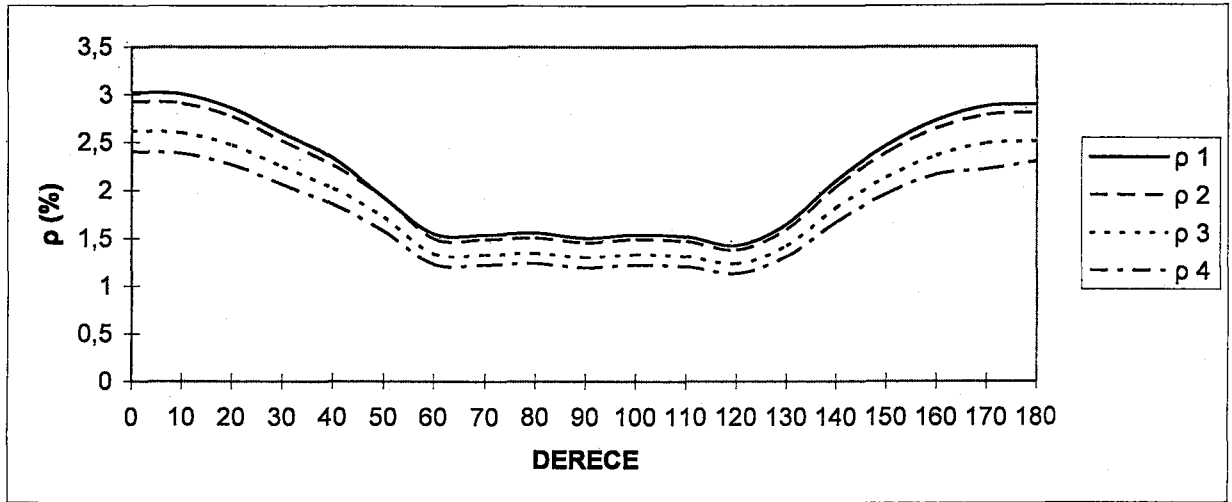
B/H=350/350

H'.....=40

Çizelge 3.26 Örnek 3 (Kolon 4) eğilme momentleri ve donatı oranları



AÇI	M _a	M _b	ρ ₁ (%)	ρ ₂ (%)	ρ ₃ (%)	ρ ₄ (%)
0	-119,60	119,60	3,027	2,931	2,619	2,403
10	-131,52	104,11	3,005	2,909	2,599	2,385
20	-139,49	85,50	2,856	2,765	2,471	2,267
30	-143,28	64,34	2,592	2,509	2,242	2,057
40	-142,77	-48,47	2,333	2,259	2,019	1,852
50	-137,97	-31,96	1,923	1,922	1,717	1,575
60	-129,03	-14,58	1,548	1,498	1,339	1,228
70	-116,22	-32,13	1,538	1,489	1,330	1,221
80	-99,94	-55,54	1,557	1,508	1,347	1,236
90	-80,64	-77,21	1,503	1,456	1,301	1,193
100	-59,00	-96,48	1,540	1,491	1,332	1,222
110	-35,59	-112,76	1,518	1,470	1,313	1,205
120	-11,15	-125,57	1,427	1,382	1,235	1,133
130	13,57	-134,51	1,646	1,594	1,424	1,307
140	37,83	-139,31	2,100	2,034	1,817	1,667
150	60,88	-139,82	2,465	2,387	2,133	1,957
160	82,04	-136,04	2,728	2,641	2,360	2,165
170	100,65	-128,06	2,874	2,783	2,486	2,218
180	116,15	-116,15	2,895	2,803	2,505	2,298



Şekil 3.72 Örnek 3 (Kolon 4) (G+Q±E) $\rho(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Değişik donatı yerleşim durumlarından elde edilen bu eğriler yukarıdaki şekilde belirtilmiştir. Donatı yerleşim durumlarına göre çizilen bu diyagramların hepsi simetriktir. Bütün eğriler $\alpha=0^\circ$ de maksimum değere ulaşırlar. Bütün eğriler $\alpha=120^\circ$ de minimum değeri aldılar.

Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşimine (ρ_1) göre bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark $=3.027-1.427=1.600$

Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre (ρ_2) bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark $=2.931-1.382=1.549$

Köşelerdeki donatı toplam donatının $3/16$ 'sı kenar ortalarında $1/16$ 'sına göre donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_3) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark $=2.619-1.235=1.384$

Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_4) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark $=2.403-1.133=1.270$

En büyük fark dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. En küçük fark karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi.

KOLON NO=4 (Zemin Kat)

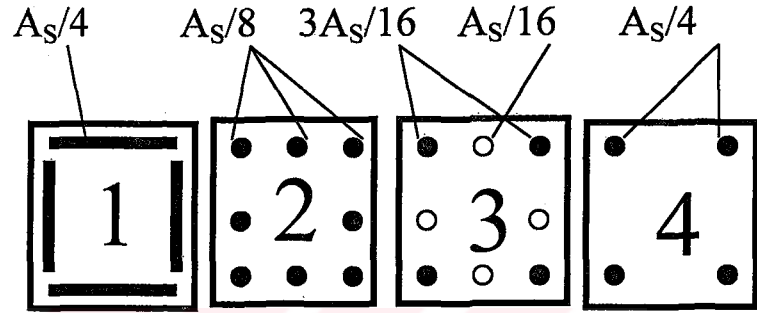
KOLON TİPİ.....=NOK

NORMAL KUVVET..=(0,9G±E) 390kN

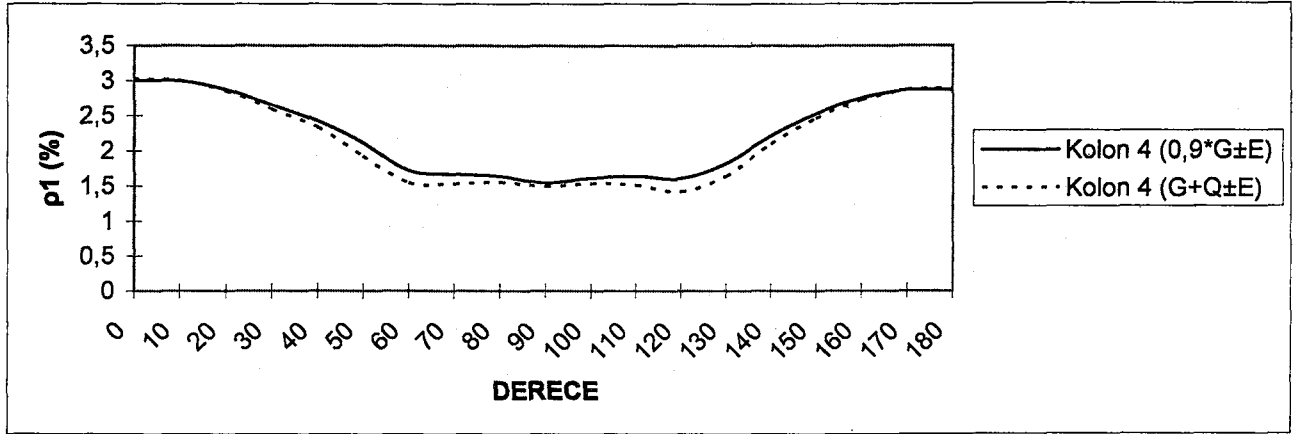
B/H=350/350

H'.....=40

Çizelge 3.27 Örnek 3 (Kolon 4) eğilme momentleri ve donatı oranları

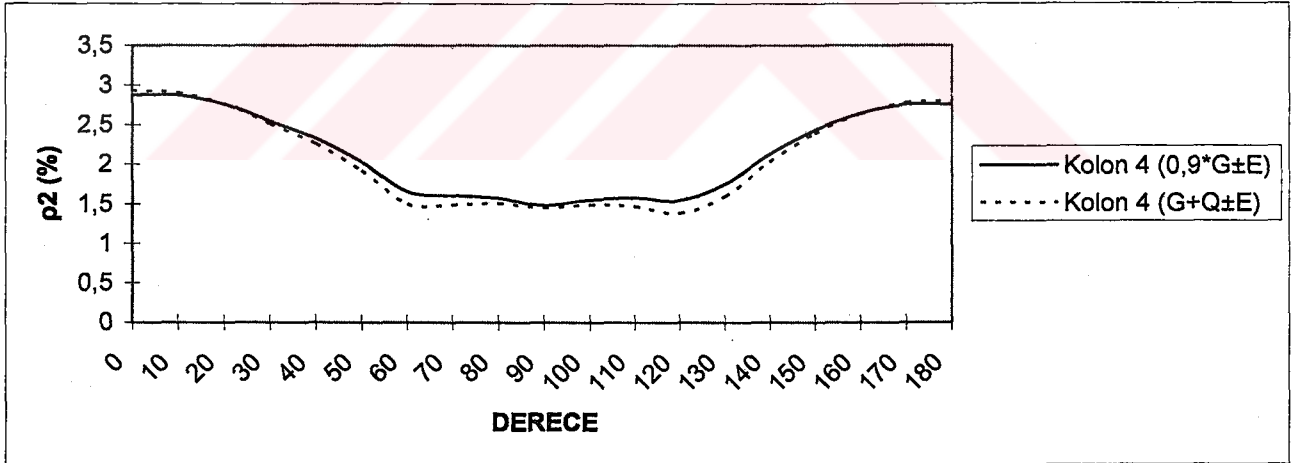


AÇI	M_a	M_b	$\rho_1(\%)$	$\rho_2(\%)$	$\rho_3(\%)$	$\rho_4(\%)$
0	-119,60	119,60	3,000	2,881	2,593	2,401
10	-131,52	104,11	2,998	2,878	2,590	2,398
20	-139,49	85,50	2,878	2,763	2,487	2,303
30	-143,28	64,34	2,652	2,546	2,292	2,122
40	-142,77	-48,47	2,427	2,330	2,097	1,942
50	-137,97	-31,96	2,117	2,032	1,829	1,693
60	-129,03	-14,58	1,723	1,654	1,489	1,379
70	-116,22	-32,13	1,672	1,605	1,445	1,338
80	-99,94	-55,54	1,642	1,576	1,418	1,313
90	-80,64	-77,21	1,549	1,487	1,338	1,239
100	-59,00	-96,48	1,617	1,553	1,397	1,294
110	-35,59	-112,76	1,644	1,579	1,421	1,316
120	-11,15	-125,57	1,613	1,548	1,393	1,290
130	13,57	-134,51	1,824	1,751	1,576	1,459
140	37,83	-139,31	2,218	2,129	1,916	1,774
150	60,88	-139,82	2,533	2,432	2,189	2,027
160	82,04	-136,04	2,756	2,646	2,381	2,205
170	100,65	-128,06	2,873	2,758	2,482	2,298
180	116,15	-116,15	2,874	2,759	2,483	2,299



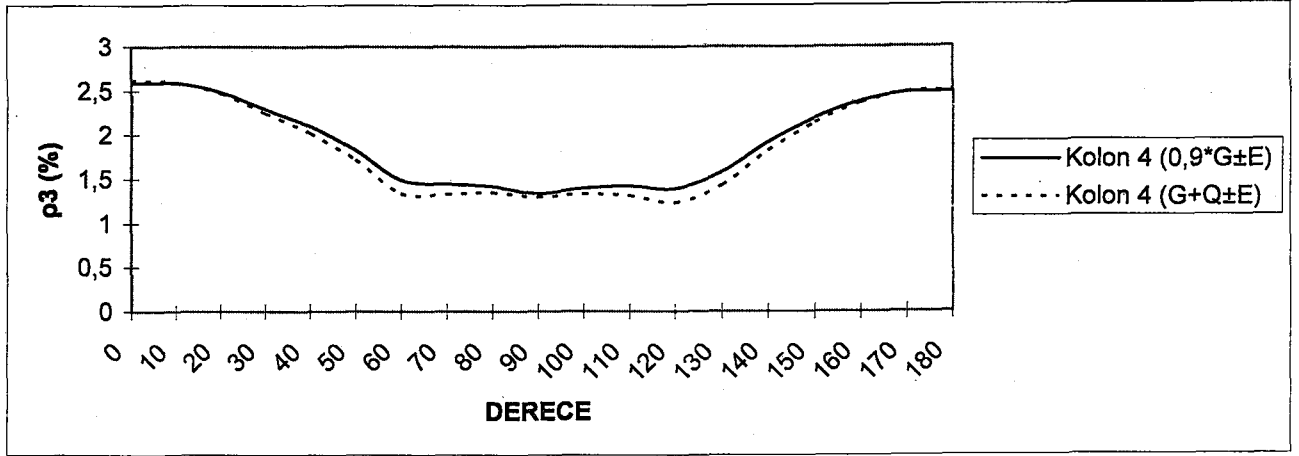
Şekil 3.73 Örnek 3 (Kolon 4) $p_1(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 4 için maksimum donatı oranları $\alpha = 0^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%3,000$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 90^\circ$ değerleri civarında $p_1 = \%1,549$ olarak elde edilmiştir. Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı durumuna göre oluşan bu diyagram simetrik bir yapıya sahiptir. $N=540\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)’dan gelen maksimum $p_1 = \%3,027$ ($\alpha=0^\circ$), minimum $p_1 = \%1,427$ ($\alpha = 120^\circ$) olarak elde edilmiştir.



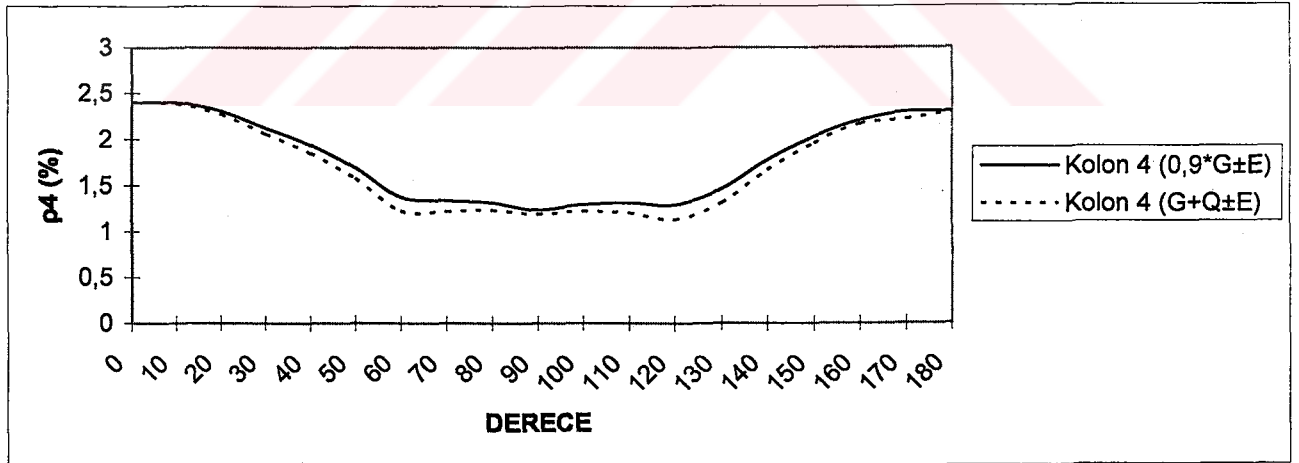
Şekil 3.74 Örnek 3 (Kolon 4) $p_2(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 4 için maksimum donatı oranları $\alpha = 0^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%2,881$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 90^\circ$ değerleri civarında $p_2 = \%1,487$ olarak elde edilmiştir. Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre bulunan bu diyagramda simetrik bir yapıya sahiptir. $N=540\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)’dan gelen maksimum $p_2 = \%2,931$ ($\alpha = 0^\circ$), minimum $p_2 = \%1,382$ ($\alpha = 120^\circ$) olarak elde edilmiştir.



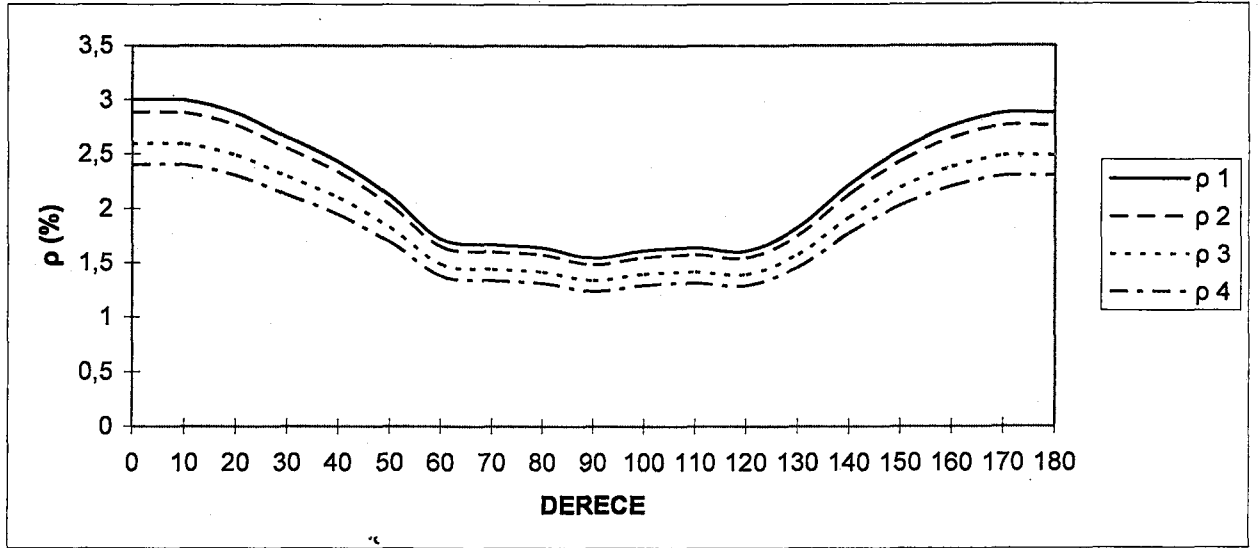
Şekil 3.75 Örnek 3 (Kolon 4) $\rho_3(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 4 için maksimum donatı oranları $\alpha = 0^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%2,593$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 90^\circ$ değerleri civarında $\rho_3 = \%1,338$ olarak elde edilmiştir. Köşelerde toplam donatının 3/16'sı, kenar ortalarında 1/16'sı göre donatı yerleşiminden elde edilen bu diyagram simetrik bir yapıya sahiptir. $N=540\text{kN}$ (G+Q±E)'den gelen maksimum $\rho_3 = \%2,619$ ($\alpha = 0^\circ$), minimum $\rho_3 = \%1,235$ ($\alpha = 120^\circ$) olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.76 Örnek 3 (Kolon 4) $\rho_4(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 4 için maksimum donatı oranları $\alpha = 0^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%2,401$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 90^\circ$ değerleri civarında $\rho_4 = \%1,239$ olarak elde edilmiştir. Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen bu diyagram simetrik bir yapıya sahiptir. $N=540\text{kN}$ (G+Q±E)'den gelen maksimum $\rho_4 = \%2,403$ ($\alpha = 0^\circ$), minimum $\rho_4 = \%1,133$ ($\alpha = 120^\circ$) olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.77 Örnek 3 (Kolon 4) (0,9*G±E) $\rho(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Değişik donatı yerleşim durumlarından elde edilen bu eğriler yukarıdaki şekilde belirtilmiştir. Donatı yerleşim durumlarına göre çizilen bu diyagramların hepsi simetriktir. Bütün eğriler $\alpha=0^\circ$ de maksimum değere ulaşırlar. Bütün eğriler $\alpha=90^\circ$ de minimum değeri aldılar.

Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşimine (ρ_1) göre bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $3.000-1.549=1.451$

Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre(ρ_2) bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2.881-1.487=1.394$

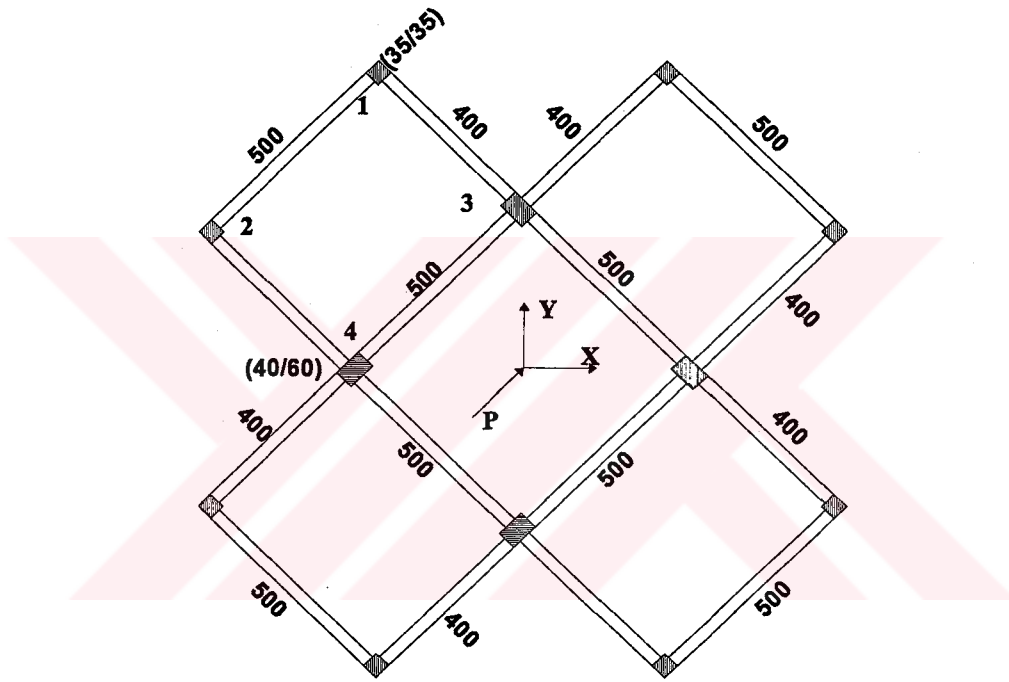
Köşelerdeki donatı toplam donatının $3/16$ 'sı kenar ortalarında $1/16$ 'sına göre donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_3) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $2.593-1.338=1.255$

Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_4) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $2.401-1.239=1.162$

En büyük fark dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. En küçük fark karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. $N=540\text{kN}$ (G+Q±E) kuvvetiyle elde edilen donatı oranları arasındaki farkla $N=390\text{kN}$ (0,9*G±E) kuvvetiyle elde edilen donatı oranları arasındaki farktan daha büyüktür.

3.6 Örnek 4

Dördüncü örnek olarak seçilen altı katlı yapının şematik kalıp planı Şekil 3.2'de gösterilmiştir. Yapının kat yükseklikleri 3,00 m'dir. 1,2,3 katlarda yapının kolonları 35x35 cm² ve 40x60 cm², kirişlerde 25x50 cm² olarak seçilmiş bulunmaktadır. 4,5,6 katlarda kolonlar 30x30 ve 30x45 kesitlerindedir. Hesaplamalarda malzeme kalitesi olarak BS25 ve çelik BÇIII kullanılmıştır. Döşeme kalınlığı 14 cm'dir.



Şekil 3.78 Örnek4 şematik kalıp planı

Örnekte yapının simetri özelliği de dikkate alınarak, numaralandırılmış dört kolonu incelenecektir. Bu kolonlardan 1, 2, 3 ve 4 no'lu olanların asal eksenleri ortogonal eksenlere göre 45° döndürülmüştür.

Deprem Bölgesi = I

Yapının Kullanım Amacı = Patlayıcı ve parlayıcı maddelerin depolandığı bina

Zemin türü = Z4

Kat Alanı = $5 \times 5 + 5 \times 4 \times 4 = 105 \text{ m}^2$

Betonarme Plak Ağırlığı = $0,14 \times 25 = \dots\dots\dots 3,5 \text{ kN/m}^2$

Sıva + Kaplama Ağırlığı = $\dots\dots\dots 1,5 \text{ kN/m}^2$

$$g = 5 \text{ kN/m}^2$$

$$q = 4 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Sabit Yük(ilk üç kat)} = 5 \times 105 + 0,36 \times 0,25 \times 72 \times 25 + 0,35 \times 0,35 \times 3 \times 8 \times 25 + 0,40 \times 0,60 \times 3 \times 4 \times 25 = 850 \text{ kN}$$

$$\text{Sabit Yük(son üç kat)} = 5 \times 105 + 0,36 \times 0,25 \times 72 \times 25 + 0,3 \times 0,3 \times 3 \times 8 \times 25 + 0,30 \times 0,45 \times 3 \times 4 \times 25 = 800 \text{ kN}$$

$n=0,80$ (binanın kullanım amacı)

$$\text{Bir Kat Ağırlığı} = W_{1,2,3} = 850 + 0,8 \times 105 \times 4 = 1186 \text{ kN}$$

$$\text{Bir Kat Ağırlığı} = W_{4,5,6} = 800 + 0,8 \times 105 \times 4 = 1136 \text{ kN}$$

$$\text{Toplam Bina Ağırlığı} = \sum W = 3 \times (1186 + 1136) = 6966 \text{ kN}$$

$$\text{Etkin Yer İvmesi} = A_0 = 0,4$$

$$R \text{ (süneklik) } = 8$$

$$I = 1,5$$

$$\text{Zemin Sınıfı} = \text{IV} \quad (T_a = 0,2, T_b = 0,90)$$

$$T_{1X} = 0,6446 \text{ sn}$$

$$T_{1Y} = 0,6330 \text{ sn}$$

$$0,20 < 0,6330 < 0,6446 < 0,90$$

$$S(t) = 2,5$$

$$A(t) = A_0 \times I \times S(t) = 0,4 \times 1,5 \times 2,5 = 1,5$$

$$V(t) = \text{Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü (Taban Kesme Kuvveti)}$$

$$V(t) = W \times A(t) / R_a = 6966 \times 1,5 / 8 = 1304 \text{ kN}$$

$$V(t) = 1304 > 0,10 \times A_0 \times I \times W = 0,1 \times 0,4 \times 1,5 \times 6966 = 418 \text{ kN}$$

Çizelge 3.28 Kat deprem yükleri

Kat	h	W_i	$W_i h_i$	$W_i h_i / \sum W_i h_i$	P_i
1	3	1186	3558	0,05	65
2	6	1186	7116	0,1	130
3	9	1186	10674	0,15	196
4	12	1136	13632	0,187	244
5	15	1136	17040	0,233	304
6	18	1136	20448	0,28	365
$\sum W_i h_i$			72468		

Kolonlarda maksimum donatı oranını veren deprem doğrultusunu saptamak amacı ile, Şekil 3.2’de gösterilen α açısı $\alpha = 0.10, 20, \dots 180^\circ$ değerleri arasında değiştirilip sırası ile $P_1 = 65\text{kN}$, $P_2 = 130\text{kN}$, $P_3 = 196\text{kN}$, $P_4 = 244\text{kN}$, $P_5 = 304\text{kN}$ ve $P_6 = 365\text{kN}$ alınarak hesaplamalar yapılmıştır. İncelenen dört kolon için her α değerine karşılık gelen M_a , ve M_b değerleri ve bu değerler kullanılarak saptanan ρ donatı oranları çizelgelerde verilmiştir. Kolon kesit hesaplamalarında kullanılan kuvvetler SAP 2000 programında elde edilen yaklaşık değerler olup sırası ile $N_1 = (G+Q\pm E)$ ve $N_2=(0.9*G\pm E)$, alınarak olarak kullanılmıştır. Kolon donatı oranları A. Çakıroğlu’nun özel yöntemi kullanılarak yapılan yazılım ile elde edilmiştir. Ayrıca donatı oranlarının değişimi grafiklerde gösterilmiştir.

KOLON NO=1 (Zemin Kat)

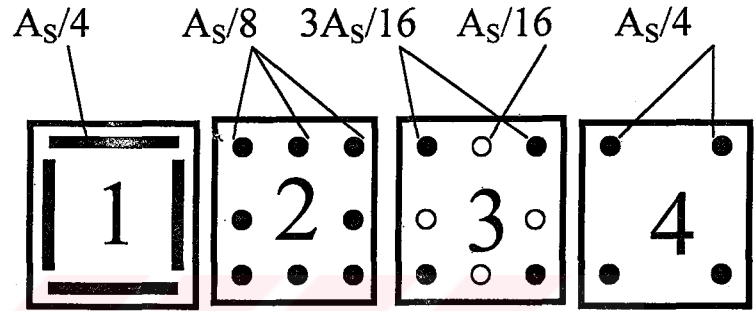
KOLON TİPİ.....=NOK

NORMAL KUVVET..=(G+Q±E) 390kN

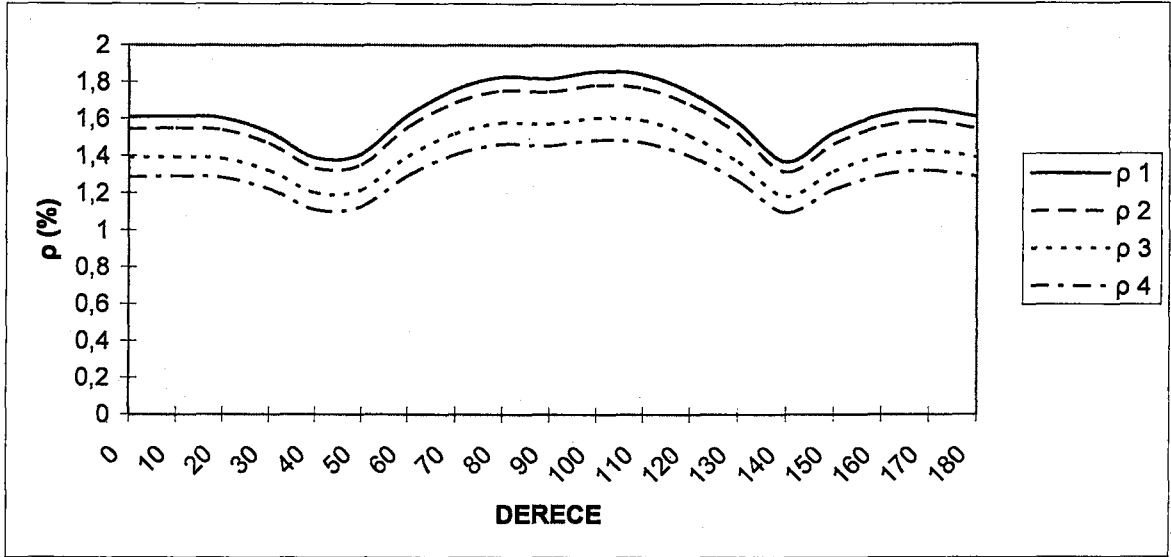
B/H=350/350

H'.....=40

Çizelge 3.29 Örnek 4 (Kolon 1) eğilme momentleri ve donatı oranları



AÇI	M_a	M_b	$\rho_1(\%)$	$\rho_2(\%)$	$\rho_3(\%)$	$\rho_4(\%)$
0	-75,13	85,05	1,609	1,544	1,39	1,287
10	-89,42	69,16	1,613	1,549	1,394	1,291
20	-100,99	51,16	1,604	1,540	1,386	1,284
30	-109,49	31,61	1,528	1,466	1,320	1,222
40	-114,68	11,10	1,389	1,333	1,200	1,11
50	-116,37	-9,74	1,408	1,351	1,216	1,126
60	-114,53	-30,29	1,615	1,550	1,395	1,292
70	-109,21	-49,92	1,757	1,686	1,518	1,405
80	-100,56	-68,04	1,826	1,753	1,578	1,461
90	-88,87	-84,08	1,817	1,745	1,570	1,454
100	-74,47	-97,57	1,856	1,782	1,604	1,485
110	-57,81	-108,1	1,840	1,766	1,590	1,472
120	-39,4	-115,34	1,746	1,676	1,508	1,397
130	-19,78	-119,08	1,580	1,517	1,366	1,264
140	0,91	-119,20	1,366	1,312	1,180	1,093
150	20,62	-115,7	1,521	1,460	1,314	1,217
160	40,20	-108,68	1,619	1,555	1,400	1,295
170	58,56	-98,36	1,650	1,584	1,426	1,32
180	75,13	-85,05	1,609	1,544	1,390	1,287



Şekil 3.79 Örnek 4 (Kolon 1) (G+Q+E) $\rho(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Değişik donatı yerleşim durumlarından elde edilen bu eğriler yukarıdaki şekilde belirtilmiştir. Donatı yerleşim durumlarına göre çizilen bu diyagramların hepsi simetriktir. Bütün eğriler $\alpha=100^\circ$ de maksimum değere ulaşırlar. Bütün eğriler $\alpha=140^\circ$ de minimum değeri aldılar.

Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşimine (ρ_1) göre bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $1.856-1.366=0.490$

Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre(ρ_2) bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $1.782-1.312=0.470$

Köşelerdeki donatı toplam donatının $3/16$ 'sı kenar ortalarında $1/16$ 'sına göre donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_3) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $1.604-1.180=0.424$

Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_4) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $1.485-1.093=0.392$

En büyük fark dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. En küçük fark karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi.

KOLON NO=1 (Zemin Kat)

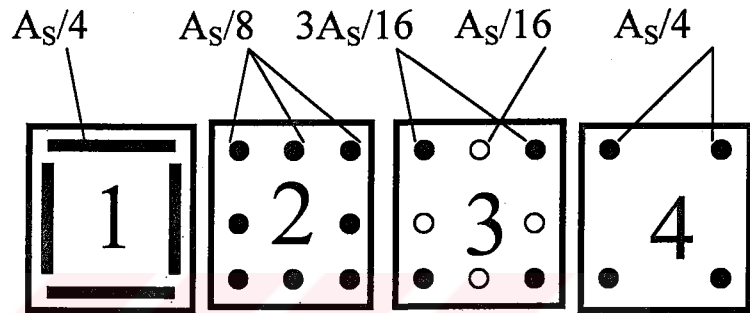
KOLON TİPİ.....=NOK

NORMAL KUVVET..=(0.9*G±E) 252kN

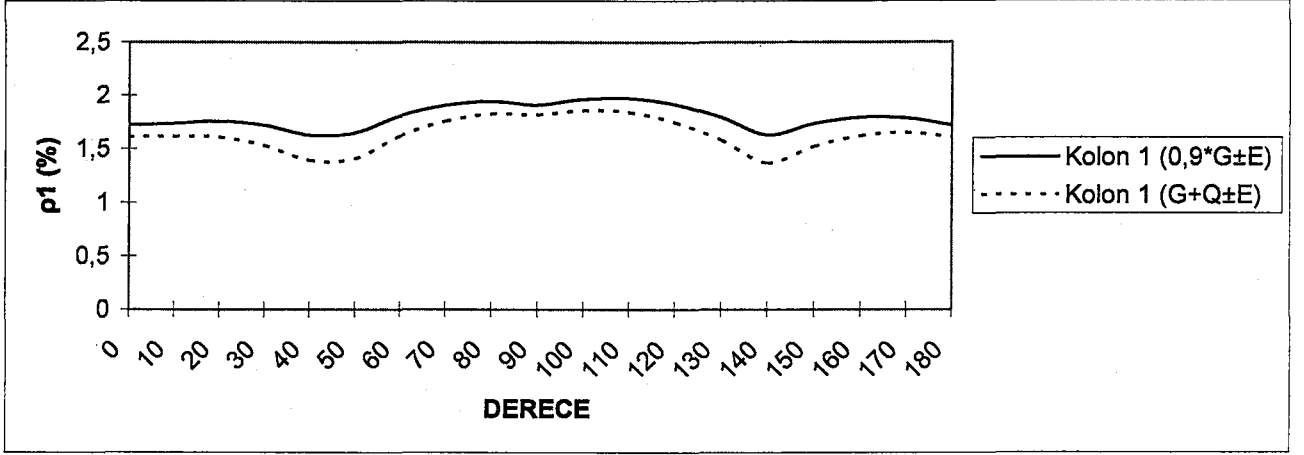
B/H=350/350

H'.....=40

Çizelge 3.30 Örnek 4 (Kolon 1) eğilme momentleri ve donatı oranları

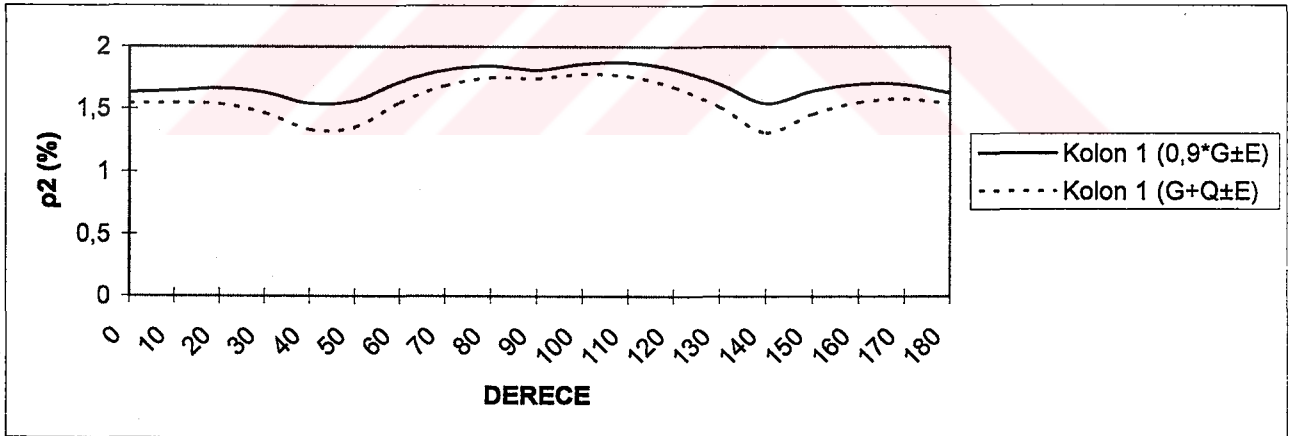


AÇI	M_a	M_b	$\rho_1(\%)$	$\rho_2(\%)$	$\rho_3(\%)$	$\rho_4(\%)$
0	-75,13	85,05	1,718	1,633	1,493	1,408
10	-89,42	69,16	1,732	1,647	1,505	1,42
20	-100,99	51,16	1,754	1,668	1,524	1,438
30	-109,49	31,61	1,717	1,633	1,492	1,407
40	-114,68	11,10	1,625	1,545	1,412	1,332
50	-116,37	-9,74	1,647	1,566	1,431	1,350
60	-114,53	-30,29	1,805	1,716	1,568	1,479
70	-109,21	-49,92	1,905	1,812	1,656	1,562
80	-100,56	-68,04	1,942	1,847	1,687	1,592
90	-88,87	-84,08	1,908	1,815	1,658	1,564
100	-74,47	-97,57	1,961	1,864	1,704	1,607
110	-57,81	-108,1	1,972	1,875	1,714	1,617
120	-39,4	-115,34	1,915	1,821	1,664	1,569
130	-19,78	-119,08	1,794	1,705	1,558	1,470
140	0,91	-119,20	1,627	1,547	1,414	1,334
150	20,62	-115,7	1,734	1,648	1,506	1,421
160	40,20	-108,68	1,790	1,701	1,555	1,467
170	58,56	-98,36	1,786	1,698	1,552	1,464
180	75,13	-85,05	1,718	1,633	1,493	1,408



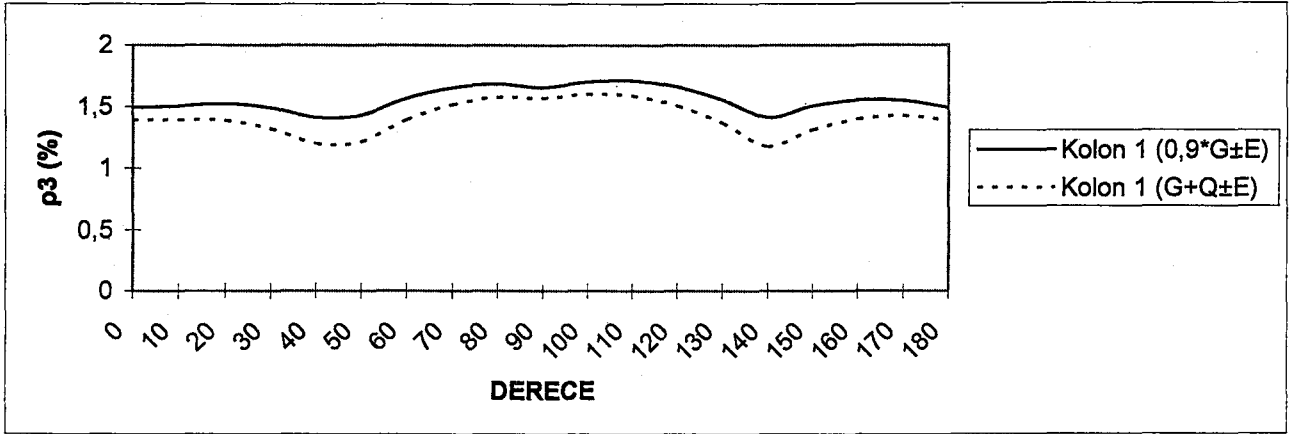
Şekil 3.80 Örnek 4 (Kolon 1) p_1 (%) donatı oranlarının değişimi

Kolon 1 için maksimum donatı oranları $\alpha = 110^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%1,972$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 40^\circ$ değerleri civarında $\rho_1 = \%1,625$ olarak elde edilmiştir. Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı durumuna göre oluşan bu diyagram simetrik bir yapıya sahiptir. $N=390\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)’dan gelen maksimum $\rho_1 = \%1,856$ ($\alpha=100^\circ$), minimum $\rho_1 = \%1,366$ ($\alpha = 140^\circ$) olarak elde edilmiştir.



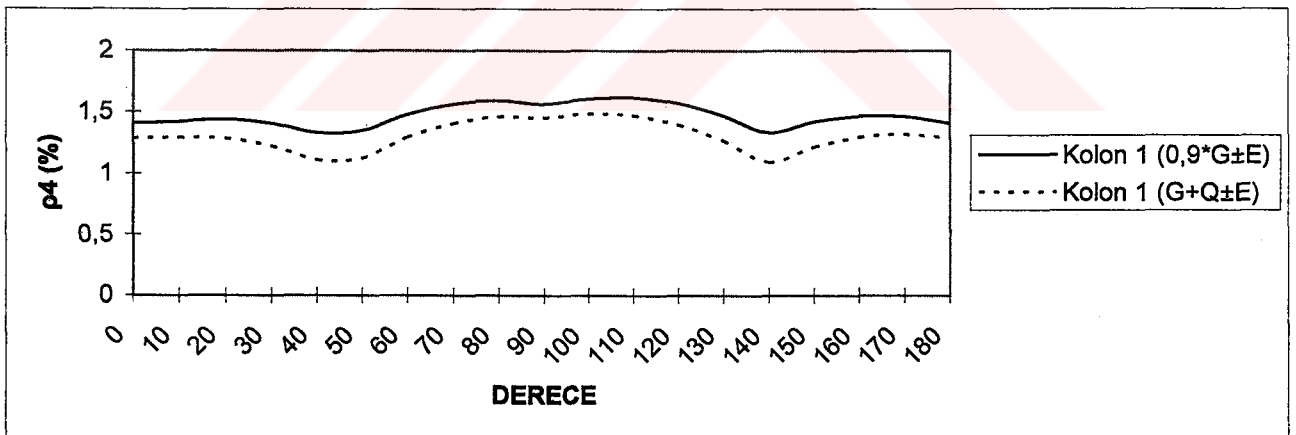
Şekil 3.81 Örnek 4 (Kolon 1) p_2 (%) donatı oranlarının değişimi

Kolon 1 için maksimum donatı oranları $\alpha = 110^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%1,875$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 40^\circ$ değerleri civarında $\rho_1 = \%1,545$ olarak elde edilmiştir. Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre bulunan bu diyagramda simetrik bir yapıya sahiptir. $N=390\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)’dan gelen maksimum $\rho_2 = \%1,782$ ($\alpha = 100^\circ$), minimum $\rho_2 = \%1,312$ ($\alpha = 140^\circ$) olarak elde edilmiştir.



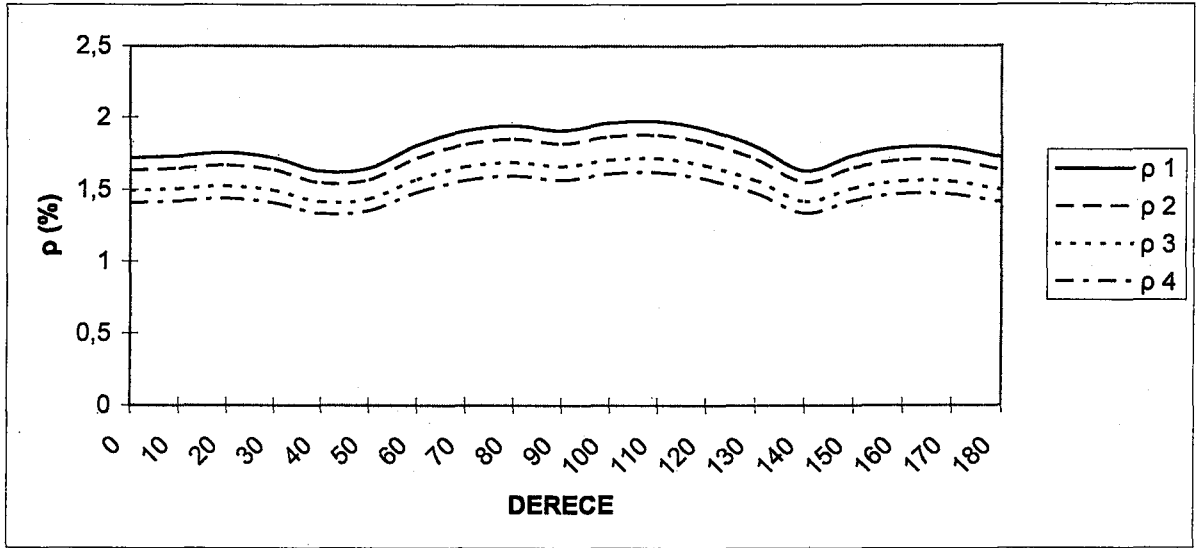
Şekil 3.82 Örnek 4 (Kolon 1) $p_3(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 1 için maksimum donatı oranları $\alpha = 110^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%1,714$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 40^\circ$ değerleri civarında $\rho_1 = \%1,412$ olarak elde edilmiştir. Köşelerde toplam donatının 3/16'sı, kenar ortalarında 1/16'sı göre donatı yerleşiminden elde edilen bu diyagram simetrik bir yapıya sahiptir. $N=390\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)'dan gelen maksimum $\rho_3 = \%1,604$ ($\alpha = 100^\circ$), minimum $\rho_3 = \%1,485$ ($\alpha = 140^\circ$) olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.83 Örnek 4 (Kolon 1) $p_4(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 1 için maksimum donatı oranları $\alpha = 110^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%1,617$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 40^\circ$ değerleri civarında $\rho_1 = \%1,332$ olarak elde edilmiştir. Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen bu diyagram simetrik bir yapıya sahiptir. $N=390\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)'dan gelen maksimum $\rho_4 = \%1,485$ ($\alpha = 100^\circ$), minimum $\rho_4 = \%1,093$ ($\alpha = 140^\circ$) olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.84 Örnek 4 (Kolon 1) (0,9*G±E) ρ(%) donatı oranlarının değişimi

Değişik donatı yerleşim durumlarından elde edilen bu eğriler yukarıdaki şekilde belirtilmiştir. Donatı yerleşim durumlarına göre çizilen bu diyagramların hepsi simetriktir. Bütün eğriler $\alpha=110^\circ$ 'de maksimum değere ulaşırlar. Bütün eğriler $\alpha=40^\circ$ ve 140° de minimum değeri aldılar.

Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşimine (ρ_1) göre bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $1.972-1.625=0.347$

Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre(ρ_2) bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $1.875-1.545=0.330$

Köşelerdeki donatı toplam donatının 3/16'sı kenar ortalarında 1/16'sına göre donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_3) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $1.714-1.412=0.302$

Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_4) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $1.617-1.332=0.285$

En büyük fark dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. En küçük fark karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. $N=390\text{kN}$ (G+Q±E) kuvvetiyle elde edilen donatı oranları arasındaki farkla $N=252\text{kN}$ (0,9*G±E) kuvvetiyle elde edilen donatı oranları arasındaki farktan daha büyüktür.

KOLON NO=2 (Zemin Kat)

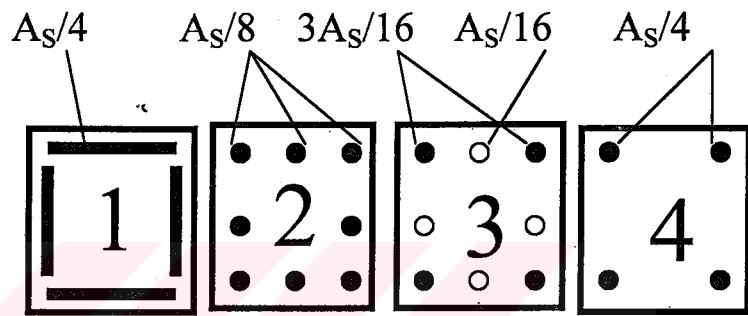
KOLON TİPİ.....=NOK

NORMAL KUVVET..=(G+Q±E) 390kN

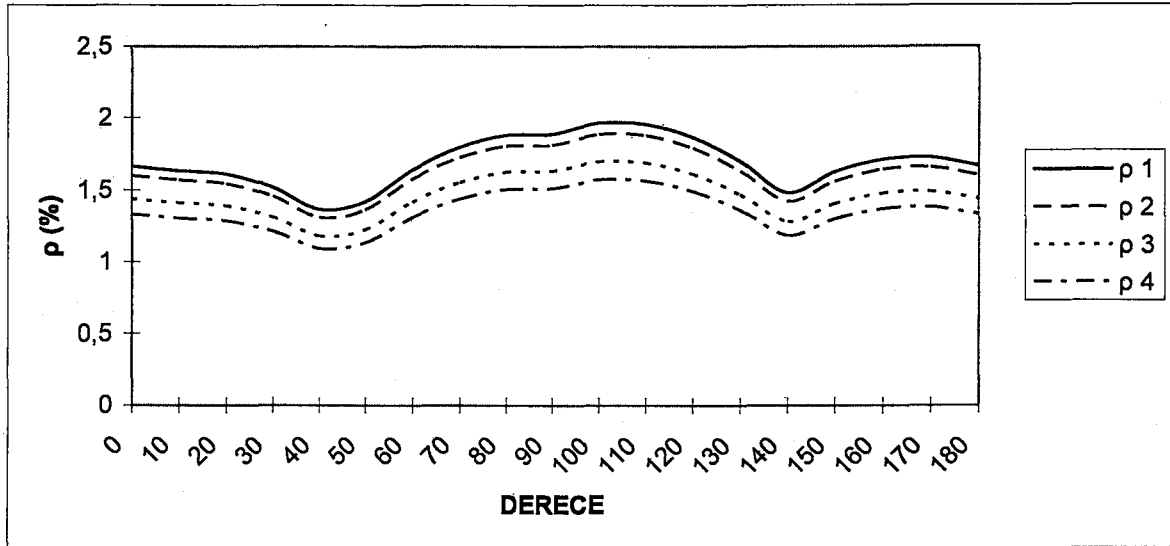
B/H=350/350

H'.....=40

Çizelge 3.31 Örnek 4 (Kolon 2) eğilme momentleri ve donatı oranları



AÇI	M_a	M_b	$\rho_1(\%)$	$\rho_2(\%)$	$\rho_3(\%)$	$\rho_4(\%)$
0	-74,75	88,07	1,665	1,599	1,439	1,332
10	-88,98	71,25	1,634	1,569	1,412	1,307
20	-100,51	52,28	1,610	1,545	1,391	1,288
30	-108,97	31,7	1,518	1,457	1,312	1,214
40	-114,14	10,08	1,366	1,311	1,180	1,093
50	-115,83	-11,66	1,419	1,362	1,226	1,135
60	-114,01	-33,14	1,639	1,576	1,416	1,311
70	-108,72	-53,62	1,796	1,724	1,552	1,437
80	-100,12	-72,46	1,880	1,805	1,624	1,504
90	-88,49	-89,11	1,888	1,812	1,631	1,510
100	-74,16	-103,05	1,964	1,886	1,697	1,571
110	-57,59	-113,86	1,955	1,877	1,689	1,564
120	-39,26	-121,21	1,865	1,790	1,611	1,492
130	-19,74	-124,87	1,699	1,631	1,468	1,359
140	1,01	-124,74	1,481	1,422	1,280	1,185
150	20,48	-120,82	1,625	1,560	1,404	1,300
160	39,98	-113,23	1,710	1,641	1,477	1,368
170	58,25	-102,20	1,725	1,656	1,490	1,380
180	74,75	-88,07	1,665	1,599	1,439	1,332



Şekil 3.85 Örnek 4 (Kolon 2) (G+Q ±E) $\rho(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Değişik donatı yerleşim durumlarından elde edilen bu eğriler yukarıdaki şekilde belirtilmiştir. Donatı yerleşim durumlarına göre çizilen bu diyagramların hepsi simetriktir. Bütün eğriler $\alpha=100^\circ$ de maksimum değere ulaşırlar. Bütün eğriler $\alpha=40^\circ$ de minimum değeri aldılar.

Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşimine (ρ_1) göre bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $1.964-1.366=0.598$

Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre(ρ_2) bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $1.886-1.311=0.575$

Köşelerdeki donatı toplam donatının $3/16$ 'sı kenar ortalarında $1/16$ 'sına göre donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_3) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $1.697-1.180=0.517$

Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_4) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $1.571-1.093=0.478$

En büyük fark dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. En küçük fark karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi.

KOLON NO=2 (Zemin Kat)

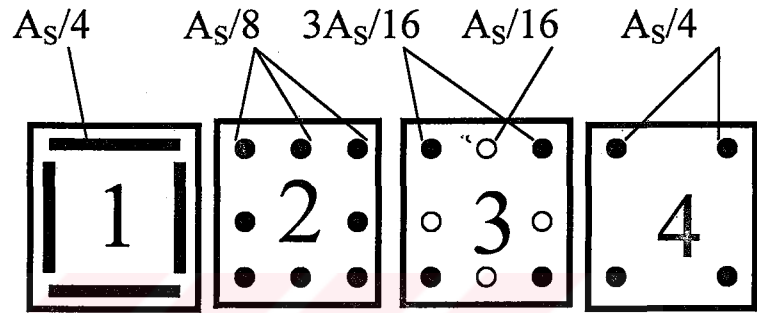
KOLON TİPİ.....=NOK

NORMAL KUVVET..=(0,9G±E) 252kN

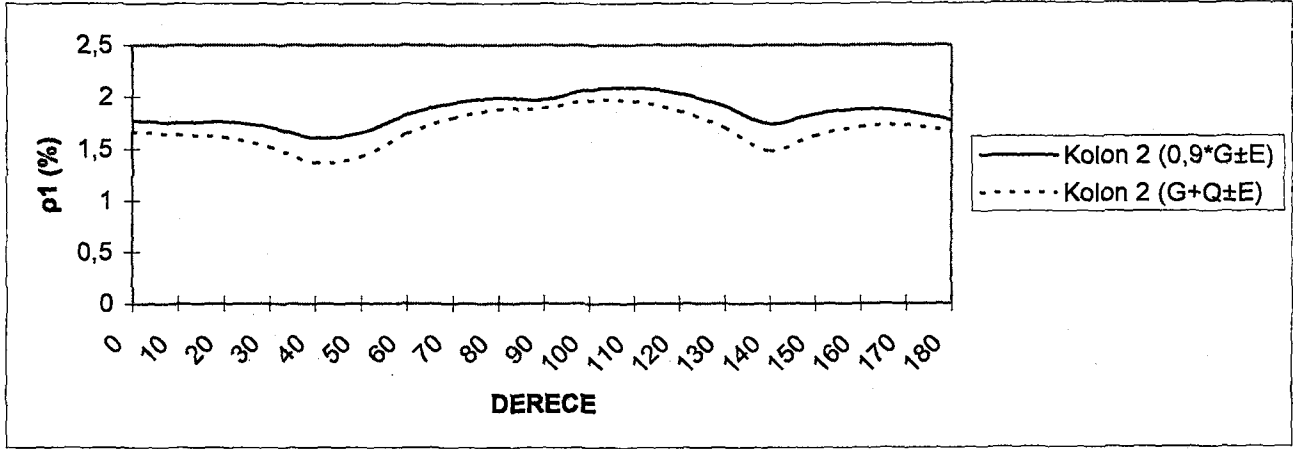
B/H=350/350

H'.....=40

Çizelge 3.32 Örnek 4 (Kolon 2) eğilme momentleri ve donatı oranları

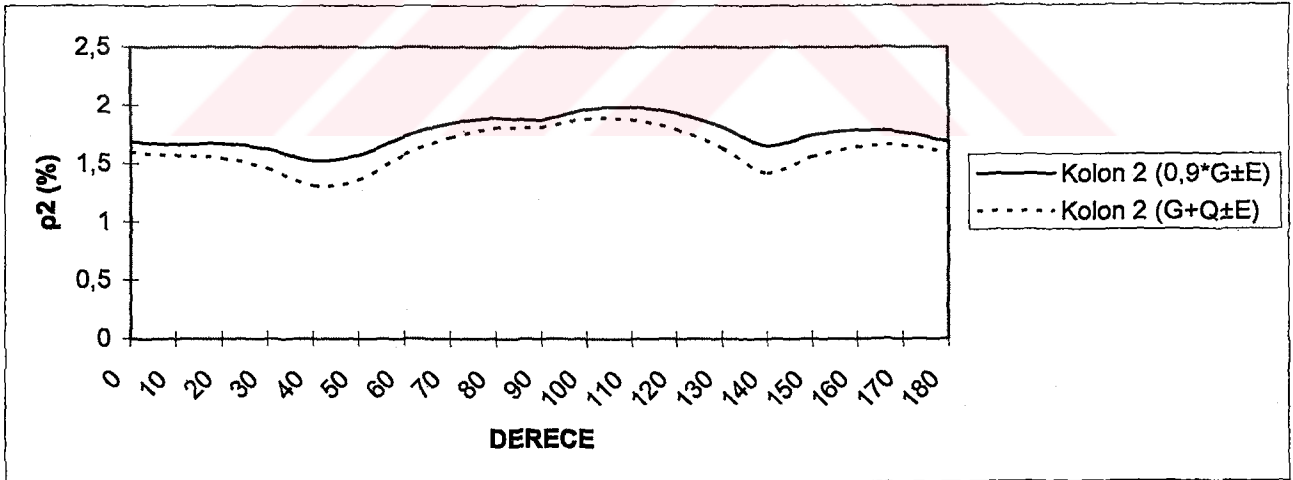


AÇI	M _a	M _b	ρ ₁ (%)	ρ ₂ (%)	ρ ₃ (%)	ρ ₄ (%)
0	-74,75	88,07	1,774	1,687	1,541	1,454
10	-88,98	71,25	1,749	1,663	1,519	1,433
20	-100,51	52,28	1,757	1,671	1,527	1,440
30	-108,97	31,7	1,707	1,623	1,483	1,400
40	-114,14	10,08	1,605	1,526	1,395	1,326
50	-115,83	-11,66	1,653	1,572	1,437	1,355
60	-114,01	-33,14	1,823	1,733	1,584	1,494
70	-108,72	-53,62	1,937	1,842	1,683	1,588
80	-100,12	-72,46	1,987	1,889	1,727	1,629
90	-88,49	-89,11	1,971	1,874	1,712	1,615
100	-74,16	-103,05	2,067	1,965	1,796	1,694
110	-57,59	-113,86	2,086	1,983	1,812	1,709
120	-39,26	-121,21	2,031	1,931	1,765	1,665
130	-19,74	-124,87	1,909	1,815	1,659	1,565
140	1,01	-124,74	1,739	1,654	1,511	1,425
150	20,48	-120,82	1,835	1,745	1,594	1,504
160	39,98	-113,23	1,878	1,786	1,632	1,540
170	58,25	-102,20	1,859	1,768	1,615	1,524
180	74,75	-88,07	1,774	1,687	1,541	1,454



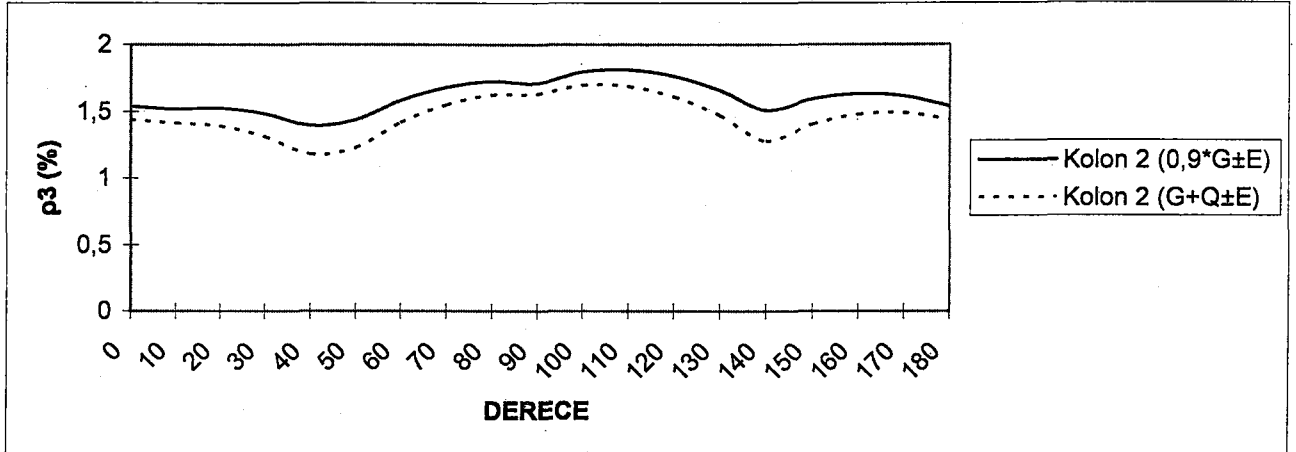
Şekil 3.86 Örnek 4 (Kolon 2) $p_1(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 2 için maksimum donatı oranları $\alpha = 110^\circ$ değerleri civarında ve $p_p = \%2,086$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 40^\circ$ değerleri civarında $p_1 = \%1,605$ olarak elde edilmiştir. Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı durumuna göre oluşan bu diyagram simetrik bir yapıya sahiptir. $N=390\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)'dan gelen maksimum $p_1 = \%1,964$ ($\alpha=100^\circ$), minimum $p_1 = \%1,366$ ($\alpha = 40^\circ$) olarak elde edilmiştir.



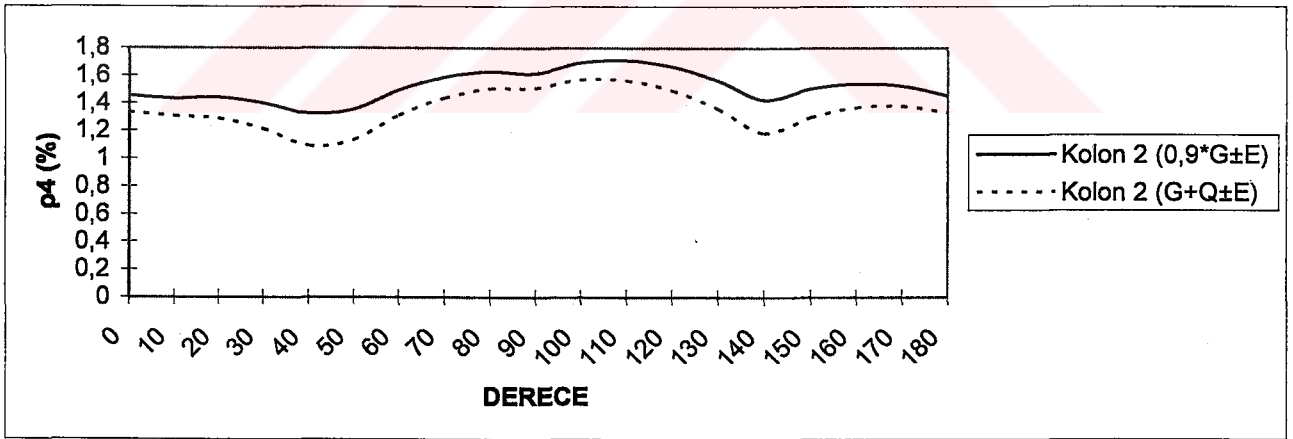
Şekil 3.87 Örnek 4 (Kolon 2) $p_2(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 2 için maksimum donatı oranları $\alpha = 110^\circ$ değerleri civarında ve $p_p = \%1,983$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 40^\circ$ değerleri civarında $p_1 = \%1,526$ olarak elde edilmiştir. Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre bulunan bu diyagramda simetrik bir yapıya sahiptir. $N=390\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)'dan gelen maksimum $p_2 = \%1,886$ ($\alpha = 100^\circ$), minimum $p_2 = \%1,311$ ($\alpha = 40^\circ$) olarak elde edilmiştir.



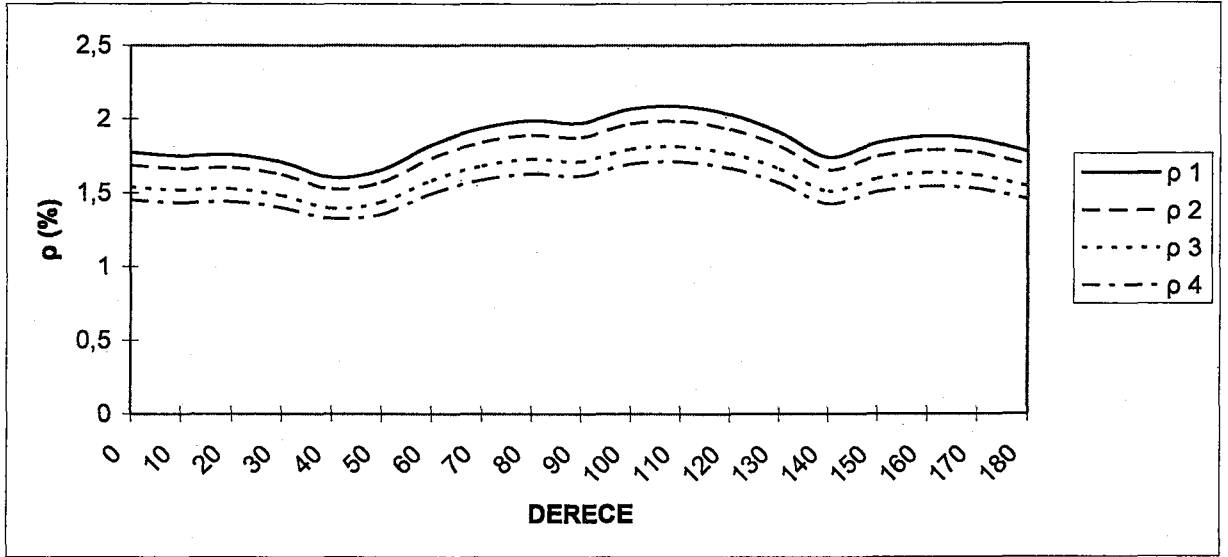
Şekil 3.88 Örnek 4 (Kolon 2) $\rho_3(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 2 için maksimum donatı oranları $\alpha = 110^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%1,812$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 40^\circ$ değerleri civarında $\rho_1 = \%1.395$ olarak elde edilmiştir. Köşelerde toplam donatının 3/16'sı, kenar ortalarında 1/16'sı göre donatı yerleşiminden elde edilen bu diyagram simetrik bir yapıya sahiptir. $N=390\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)'dan gelen maksimum $\rho_3 = \%1.697$ ($\alpha = 100^\circ$), minimum $\rho_3 = \%1.180$ ($\alpha = 40^\circ$) olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.89 Örnek 4 (Kolon 2) $\rho_4(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 2 için maksimum donatı oranları $\alpha = 110^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%1,709$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 40^\circ$ değerleri civarında $\rho_1 = \%1.326$ olarak elde edilmiştir. Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen bu diyagram simetrik bir yapıya sahiptir. $N=390\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)'dan gelen maksimum $\rho_4 = \%1.571$ ($\alpha = 100^\circ$), minimum $\rho_4 = \%1.093$ ($\alpha = 40^\circ$) olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.90 Örnek 4 (Kolon 2) (0,9*G ±E) ρ(%) donatı oranlarının değişimi

Değişik donatı yerleşim durumlarından elde edilen bu eğriler yukarıdaki şekilde belirtilmiştir. Donatı yerleşim durumlarına göre çizilen bu diyagramların hepsi simetriktir. Bütün eğriler $\alpha=110^\circ$ de maksimum değere ulaşırlar. Bütün eğriler $\alpha=40^\circ$ de minimum değeri aldılar.

Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşimine (ρ_1) göre bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2.086-1.605=0.481$

Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre (ρ_2) bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $1.983-1.526=0.457$

Köşelerdeki donatı toplam donatının $3/16$ 'sı kenar ortalarında $1/16$ 'sına göre donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_3) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $1.812-1.395=0.417$

Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_4) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $1.709-1.326=0.383$

En büyük fark dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. En küçük fark karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. $N=390\text{kN}$ ($G+Q\pm E$) kuvvetiyle elde edilen donatı oranları arasındaki farkla $N=252\text{kN}$ ($0,9*G\pm E$) kuvvetiyle elde edilen donatı oranları arasındaki faktan daha büyüktür.

KOLON NO=3 (Zemin Kat)

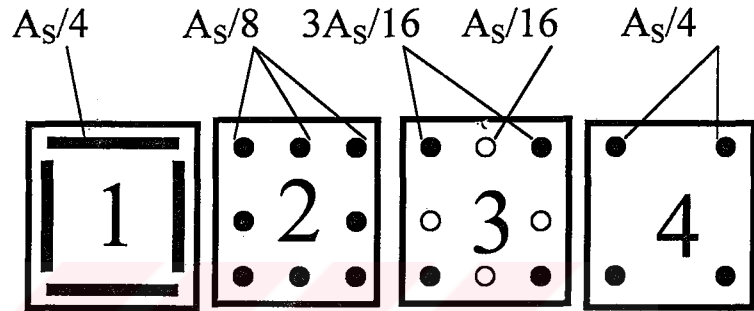
KOLON TİPİ.....=NOK

NORMAL KUVVET..=(G+Q±E) 962kN

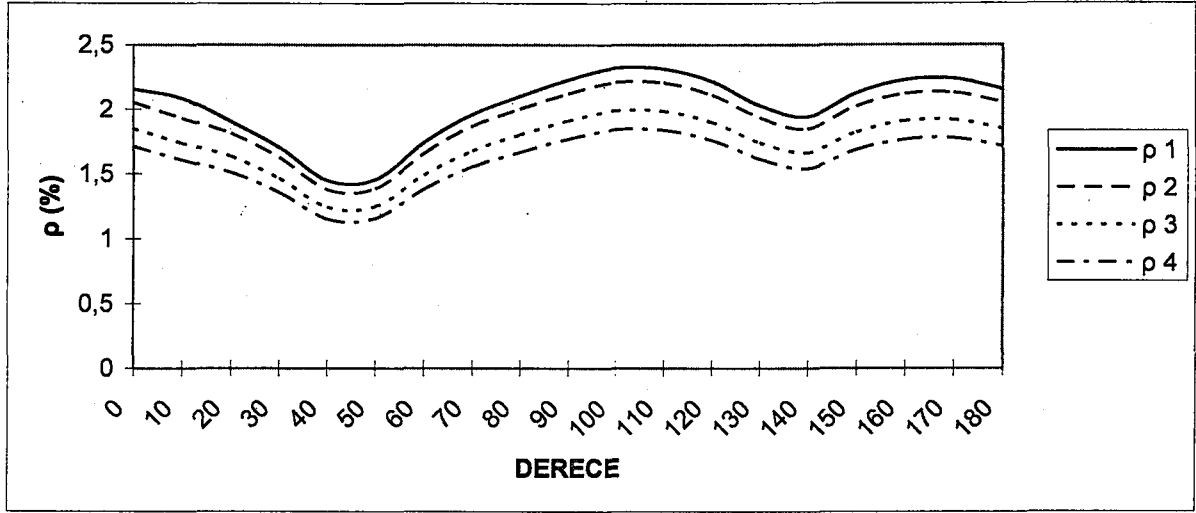
B/H=400/600

H'.....=40

Çizelge 3.33 Örnek 4 (Kolon 3) eğilme momentleri ve donatı oranları



AÇI	M _a	M _b	ρ ₁ (%)	ρ ₂ (%)	ρ ₃ (%)	ρ ₄ (%)
0	-199,24	381,13	2,157	2,054	1,849	1,712
10	-232,92	309,35	2,086	1,930	1,737	1,608
20	-259,53	228,20	1,904	1,813	1,632	1,511
30	-278,23	140,04	1,707	1,626	1,463	1,355
40	-288,51	47,71	1,448	1,379	1,241	1,149
50	-290,01	-46,10	1,455	1,385	1,247	1,154
60	-282,7	-138,51	1,739	1,656	1,490	1,380
70	-266,8	-226,72	1,958	1,865	1,678	1,554
80	-242,79	-308,02	2,102	2,002	1,802	1,669
90	-211,41	-379,98	2,230	2,123	1,911	1,769
100	-173,59	-440,38	2,321	2,210	1,989	1,842
110	-130,52	-487,42	2,315	2,205	1,984	1,837
120	-83,46	-519,64	2,217	2,111	1,900	1,759
130	-33,88	-536,07	2,032	1,935	1,742	1,613
140	16,73	-536,21	1,941	1,848	1,663	1,540
150	66,82	-520,02	2,125	2,023	1,821	1,686
160	114,92	-488,11	2,226	2,120	1,908	1,766
170	159,5	-441,32	2,238	2,131	1,918	1,776
180	199,24	-381,13	2,157	2,054	1,849	1,712



Şekil 3.91 Örnek 4 (Kolon 3) (G+Q ±E) $\rho(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Değişik donatı yerleşim durumlarından elde edilen bu eğriler yukarıdaki şekilde belirtilmiştir. Donatı yerleşim durumlarına göre çizilen bu diyagramların hepsi simetriktr. Bütün eğriler $\alpha=100^\circ$ de maksimum değere ulaştılar. Bütün eğriler $\alpha=40^\circ$ de minimum değeri aldılar.

Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşimine (ρ_1) göre bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2.321-1.448=0.873$

Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre(ρ_2) bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2.210-1.379=0.831$

Köşelerdeki donatı toplam donatının $3/16$ 'sı kenar ortalarında $1/16$ 'sına göre donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_3) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $1.989-1.241=0.748$

Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_4) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $1.842-1.149=0.693$

En büyük fark dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. En küçük fark karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi.

KOLON NO=3 (Zemin Kat)

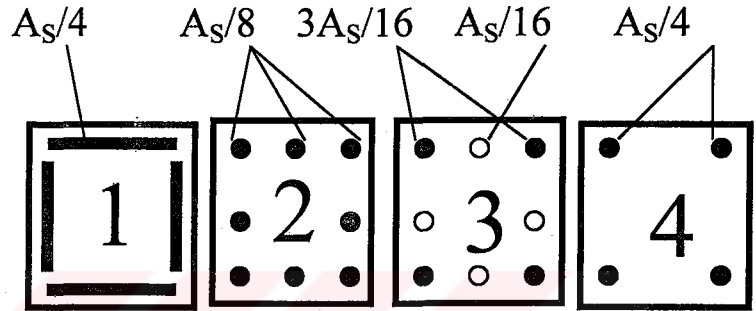
KOLON TİPİ.....=NOK

NORMAL KUVVET..=(0,9*G±E) 610kN

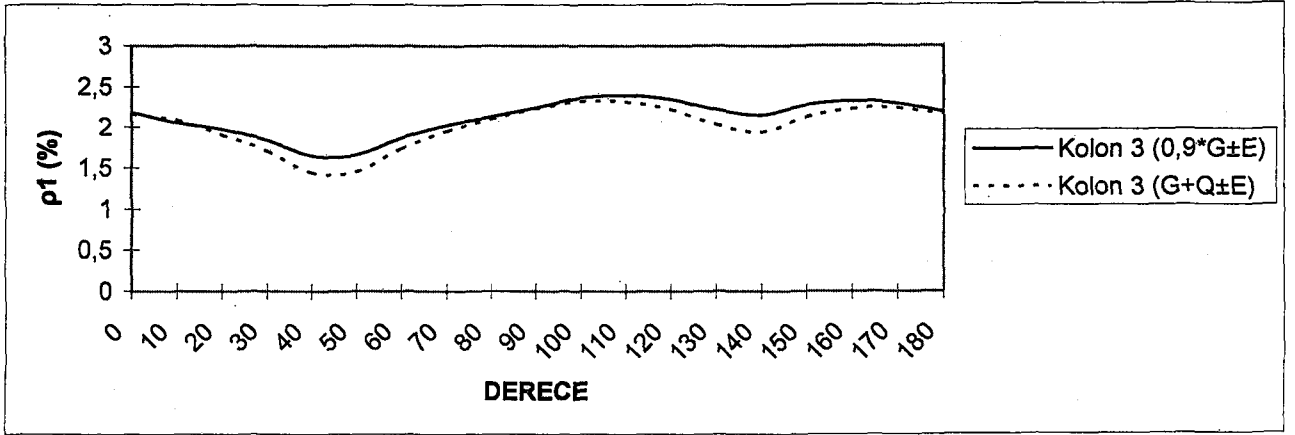
B/H=400/600

H'=40

Çizelge 3.34 Örnek 4 (Kolon 3) eğilme momentleri ve donatı oranları

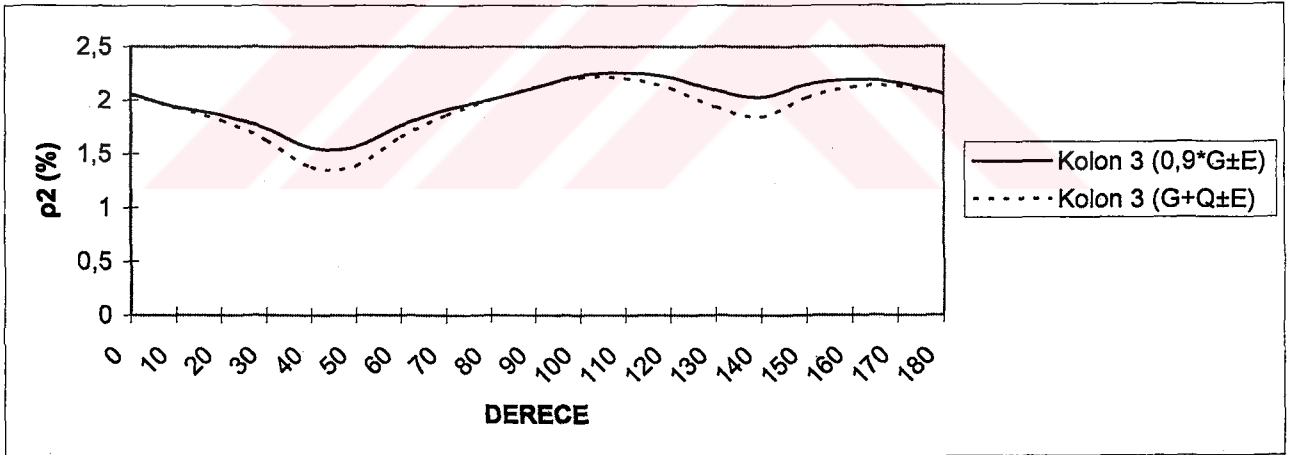


AÇI	M _a	M _b	ρ ₁ (%)	ρ ₂ (%)	ρ ₃ (%)	ρ ₄ (%)
0	-199,24	381,13	2,184	2,060	1,882	1,776
10	-232,92	309,35	2,052	1,938	1,768	1,668
20	-259,53	228,20	1,975	1,863	1,702	1,606
30	-278,23	140,04	1,839	1,735	1,585	1,495
40	-288,51	47,71	1,654	1,560	1,426	1,345
50	-290,01	-46,10	1,662	1,567	1,432	1,351
60	-282,7	-138,51	1,871	1,764	1,612	1,521
70	-266,8	-226,72	2,029	1,914	1,749	1,650
80	-242,79	-308,02	2,127	2,006	1,833	1,729
90	-211,41	-379,98	2,246	2,117	1,936	1,826
100	-173,59	-440,38	2,363	2,229	2,037	1,921
110	-130,52	-487,42	2,395	2,259	2,064	1,947
120	-83,46	-519,64	2,345	2,212	2,021	1,907
130	-33,88	-536,07	2,220	2,093	1,913	1,805
140	16,73	-536,21	2,151	2,029	1,854	1,749
150	66,82	-520,02	2,273	2,144	1,959	1,848
160	114,92	-488,11	2,322	2,190	2,001	1,888
170	159,5	-441,32	2,294	2,163	1,977	1,865
180	199,24	-381,13	2,184	2,060	1,882	1,776



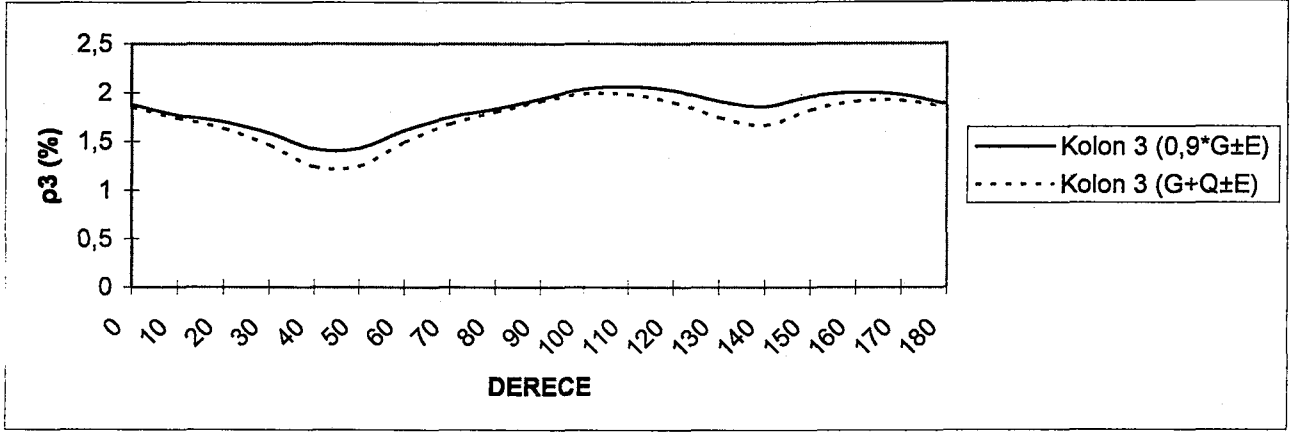
Şekil 3.92 Örnek 4 (Kolon 3) $\rho_1(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 3 için maksimum donatı oranları $\alpha = 110^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%2,395$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 40^\circ$ değerleri civarında $\rho_1 = \%1.654$ olarak elde edilmiştir. Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı durumuna göre oluşan bu diyagram simetrik bir yapıya sahip değildir. $N=962\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)’dan gelen maksimum $\rho_1 = \%2.321$ ($\alpha=100^\circ$), minimum $\rho_1 = \%1.448$ ($\alpha = 40^\circ$) olarak elde edilmiştir.



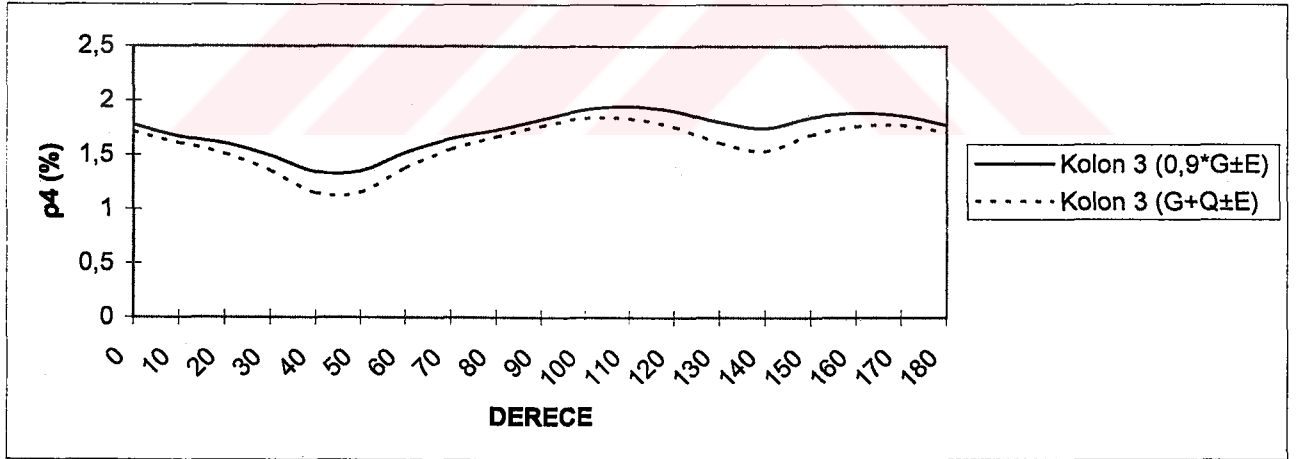
Şekil 3.93 Örnek 4 (Kolon 3) $\rho_2(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 3 için maksimum donatı oranları $\alpha = 110^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%2,259$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 40^\circ$ değerleri civarında $\rho_1 = \%1.560$ olarak elde edilmiştir. Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre bulunan bu diyagramda simetrik bir yapıya sahip değildir. $N=962\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)’dan gelen maksimum $\rho_2 = \%2.210$ ($\alpha = 100^\circ$), minimum $\rho_2 = \%1.379$ ($\alpha = 40^\circ$) olarak elde edilmiştir.



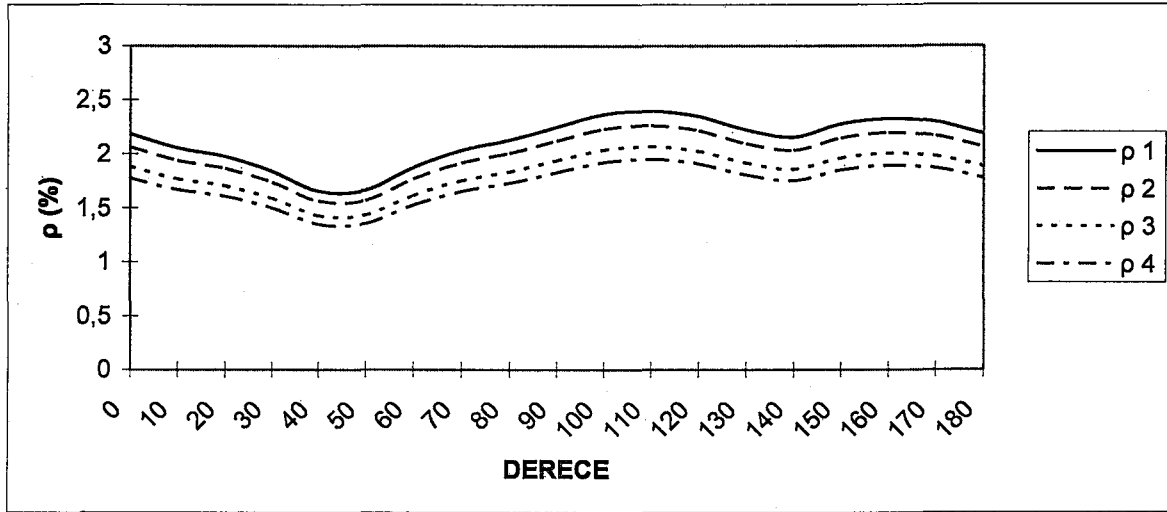
Şekil 3.94 Örnek 4 (Kolon 3) $\rho_3(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 3 için maksimum donatı oranları $\alpha = 110^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%2,064$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 40^\circ$ değerleri civarında $\rho_1 = \%1,426$ olarak elde edilmiştir. Köşelerde toplam donatının 3/16'sı, kenar ortalarında 1/16'sı göre donatı yerleşiminden elde edilen bu diyagram simetrik bir yapıya sahip değildir. $N=962\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)'dan gelen maksimum $\rho_3 = \%1,989$ ($\alpha = 100^\circ$), minimum $\rho_3 = \%1,241$ ($\alpha = 40^\circ$) olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.95 Örnek 4 (Kolon 1) $\rho_4(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 1 için maksimum donatı oranları $\alpha = 110^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%1,947$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 40^\circ$ değerleri civarında $\rho_1 = \%1,947$ olarak elde edilmiştir. Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen bu diyagram simetrik bir yapıya sahip değildir. $N=962\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)'dan gelen maksimum $\rho_4 = \%1,842$ ($\alpha = 100^\circ$), minimum $\rho_4 = \%1,149$ ($\alpha = 40^\circ$) olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.96 Örnek 4 (Kolon 3) (0,9*G±E) ρ(%) donatı oranlarının değişimi

Değişik donatı yerleşim durumlarından elde edilen bu eğriler yukarıdaki şekilde belirtilmiştir. Donatı yerleşim durumlarına göre çizilen bu diyagramların hepsi simetriktir. Bütün eğriler $\alpha=110^\circ$ de maksimum değere ulaşırlar. Bütün eğriler $\alpha=40^\circ$ de minimum değeri aldılar.

Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşimine (ρ_1) göre bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2.395-1.654=0.741$

Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre(ρ_2) bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2.259-1.560=0.699$

Köşelerdeki donatı toplam donatının 3/16'sı kenar ortalarında 1/16'sına göre donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_3) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $2.064-1.426=0.638$

Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_4) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $1.947-1.345=0.602$

En büyük fark dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. En küçük fark karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. $N=962\text{kN}$ (G+Q±E) kuvvetiyle elde edilen donatı oranları arasındaki farkla $N=610\text{kN}$ (0,9*G±E) kuvvetiyle elde edilen donatı oranları arasındaki farktan daha büyüktür.

KOLON NO=4 (Zemin Kat)

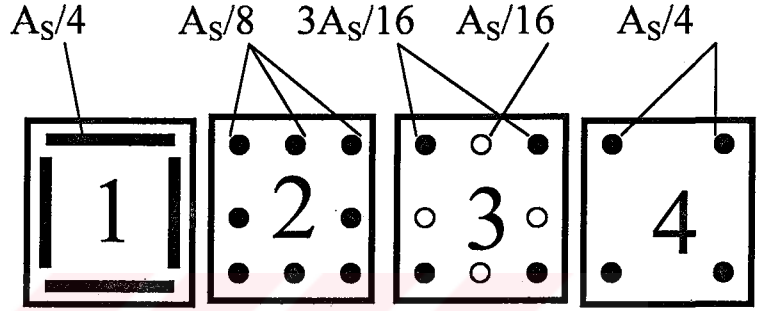
KOLON TİPİ.....=NOK

NORMAL KUVVET..=(G+Q±E) 962kN

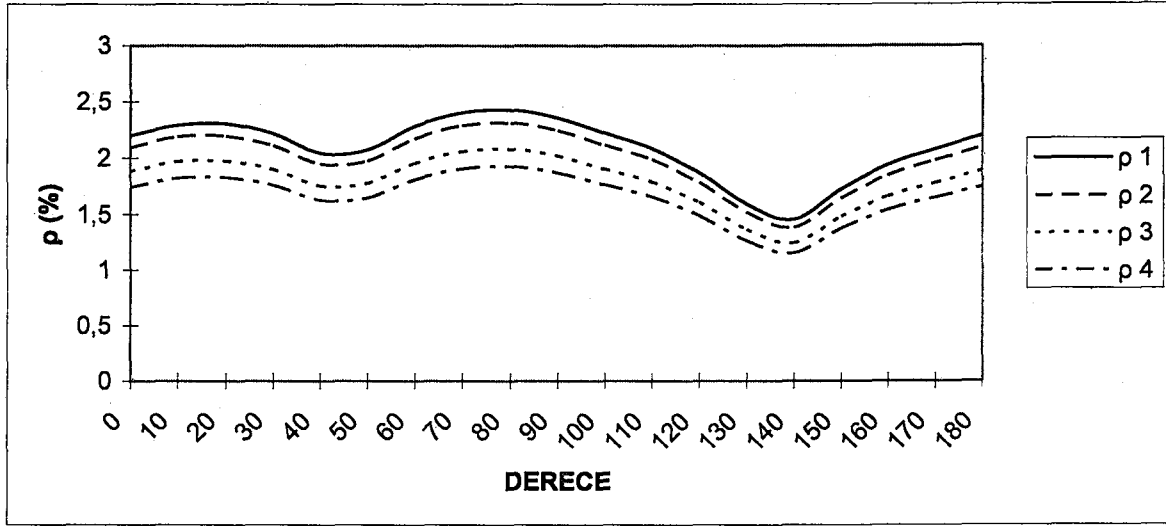
B/H=400/600

H'.....=40

Çizelge 3.35 Örnek 4 (Kolon 4) eğilme momentleri ve donatı oranları



AÇI	M _a	M _b	ρ ₁ (%)	ρ ₂ (%)	ρ ₃ (%)	ρ ₄ (%)
0	210,22	375,89	2,199	2,094	1,885	1,745
10	170,32	440,15	2,290	2,189	1,970	1,824
20	125,25	491,04	2,303	2,194	1,974	1,828
30	76,36	526,97	2,217	2,111	1,900	1,759
40	25,17	546,95	2,045	1,948	1,753	1,623
50	-26,79	550,29	2,072	1,974	1,776	1,645
60	-77,94	536,9	2,281	2,172	1,955	1,810
70	-126,73	507,2	2,402	2,287	2,059	1,906
80	-171,65	462,08	2,428	2,313	2,081	1,927
90	-211,37	402,94	2,356	2,244	2,020	1,870
100	-244,66	331,53	2,221	2,115	1,904	1,763
110	-270,53	250,08	2,086	1,987	1,788	1,656
120	-288,17	161,01	1,872	1,783	1,604	1,486
130	-297,05	67,05	1,589	1,514	1,362	1,261
140	-296,91	-28,94	1,451	1,382	1,243	1,151
150	-287,73	-124,03	1,725	1,643	1,478	1,369
160	-269,84	-215,41	1,937	1,845	1,660	1,537
170	-243,73	-300,21	2,076	1,978	1,780	1,648
180	-210,22	-375,89	2,199	2,094	1,885	1,745



Şekil 3.97 Örnek 4 (Kolon 4) (G+Q±E) $\rho(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Değişik donatı yerleşim durumlarından elde edilen bu eğriler yukarıdaki şekilde belirtilmiştir. Donatı yerleşim durumlarına göre çizilen bu diyagramların hepsi simetriktir. Bütün eğriler $\alpha=80^\circ$ de maksimum değere ulaşırlar. Bütün eğriler $\alpha=140^\circ$ de minimum değeri aldılar.

Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşimine (ρ_1) göre bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2.428-1.451=0.977$

Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre(ρ_2) bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2.313-1.382=0.931$

Köşelerdeki donatı toplam donatının $3/16$ 'sı kenar ortalarında $1/16$ 'sına göre donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_3) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $2.081-1.243=0.838$

Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_4) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $1.927-1.151=0.776$

En büyük fark dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. En küçük fark karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi.

KOLON NO=4 (Zemin Kat)

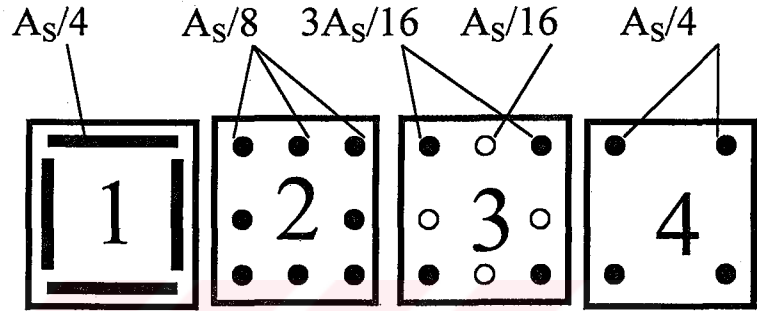
KOLON TİPİ.....=NOK

NORMAL KUVVET..=(0,9G±E) 610kN

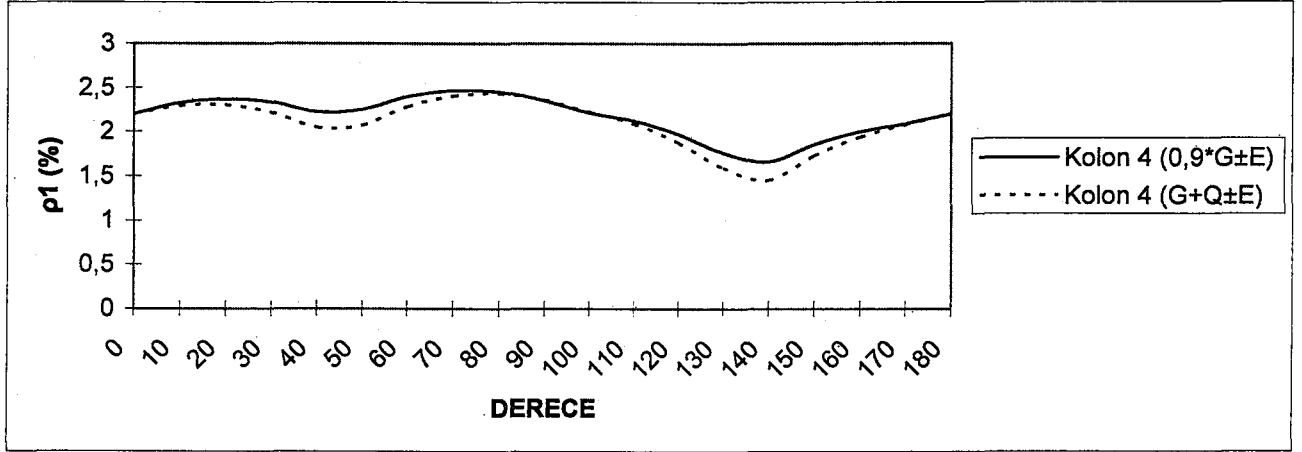
B/H=400/600

H'.....=40

Çizelge 3.36 Örnek 4 (Kolon 4) eğilme momentleri ve donatı oranları

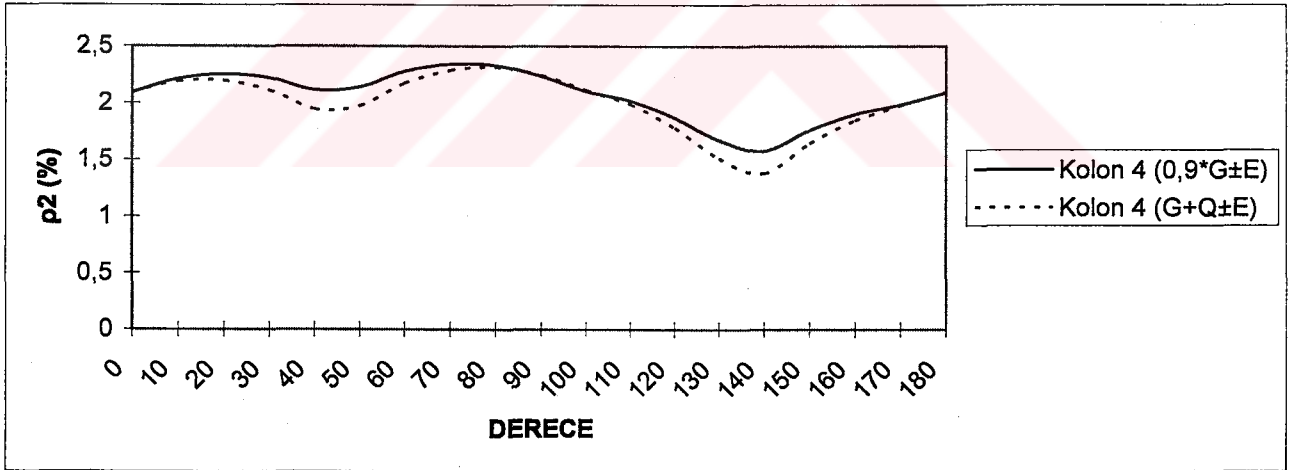


AÇI	M _a	M _b	ρ ₁ (%)	ρ ₂ (%)	ρ ₃ (%)	ρ ₄ (%)
0	210,22	375,89	2,199	2,091	1,929	1,803
10	170,32	440,15	2,326	2,211	2,040	1,906
20	125,25	491,04	2,369	2,252	2,078	1,942
30	76,36	526,97	2,333	2,219	2,047	1,913
40	25,17	546,95	2,223	2,115	1,951	1,823
50	-26,79	550,29	2,249	2,138	1,972	1,843
60	-77,94	536,9	2,394	2,276	2,099	1,962
70	-126,73	507,2	2,463	2,341	2,160	2,018
80	-171,65	462,08	2,450	2,329	2,148	2,008
90	-211,37	402,94	2,350	2,235	2,061	1,927
100	-244,66	331,53	2,213	2,104	1,941	1,814
110	-270,53	250,08	2,123	2,019	1,862	1,74
120	-288,17	161,01	1,969	1,872	1,727	1,614
130	-297,05	67,05	1,762	1,676	1,546	1,444
140	-296,91	-28,94	1,658	1,577	1,454	1,359
150	-287,73	-124,03	1,852	1,761	1,624	1,518
160	-269,84	-215,41	1,999	1,901	1,753	1,638
170	-243,73	-300,21	2,088	1,985	1,831	1,712
180	-210,22	-375,89	2,199	2,091	1,929	1,803



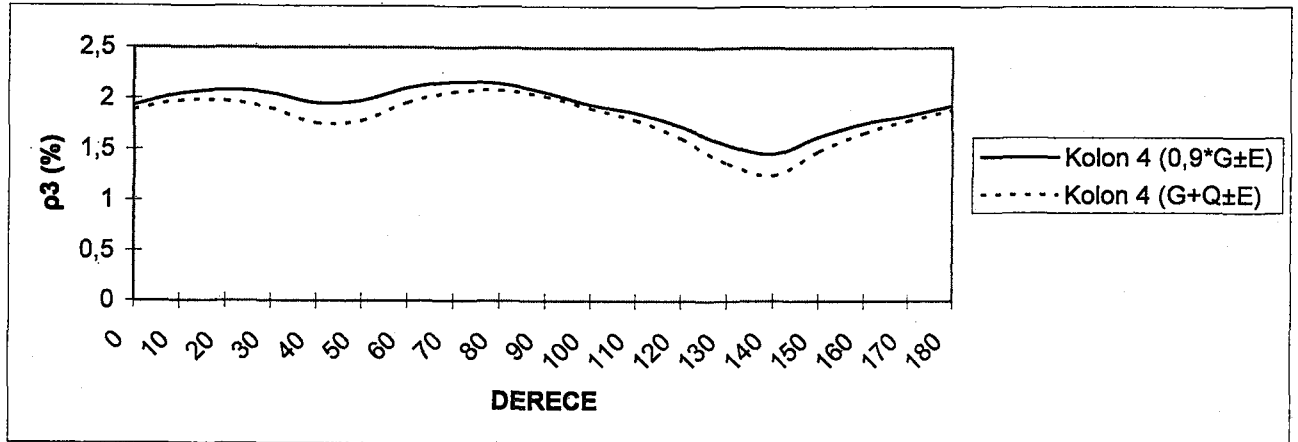
Şekil 3.98 Örnek 4 (Kolon 4) $\rho_1(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 4 için maksimum donatı oranları $\alpha = 70^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%2,463$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 140^\circ$ değerleri civarında $\rho_1 = \%1,658$ olarak elde edilmiştir. Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı durumuna göre oluşan bu diyagram simetrik bir yapıya sahip değildir. $N=962\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)'dan gelen maksimum $\rho_1 = \%2,248$ ($\alpha = 80^\circ$), minimum $\rho_1 = \%1,451$ ($\alpha = 140^\circ$) olarak elde edilmiştir.



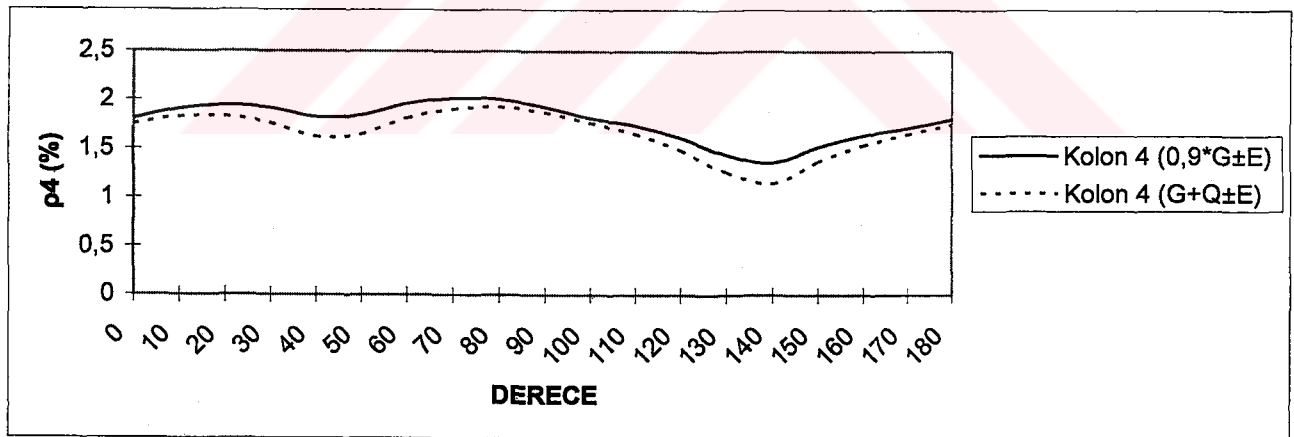
Şekil 3.99 Örnek 4 (Kolon 4) $\rho_2(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 4 için maksimum donatı oranları $\alpha = 70^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%2,341$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 140^\circ$ değerleri civarında $\rho_1 = \%1,577$ olarak elde edilmiştir. Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre bulunan bu diyagramda simetrik bir yapıya sahip değildir. $N=962\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)'dan gelen maksimum $\rho_2 = \%2,313$ ($\alpha = 80^\circ$), minimum $\rho_2 = \%1,382$ ($\alpha = 140^\circ$) olarak elde edilmiştir.



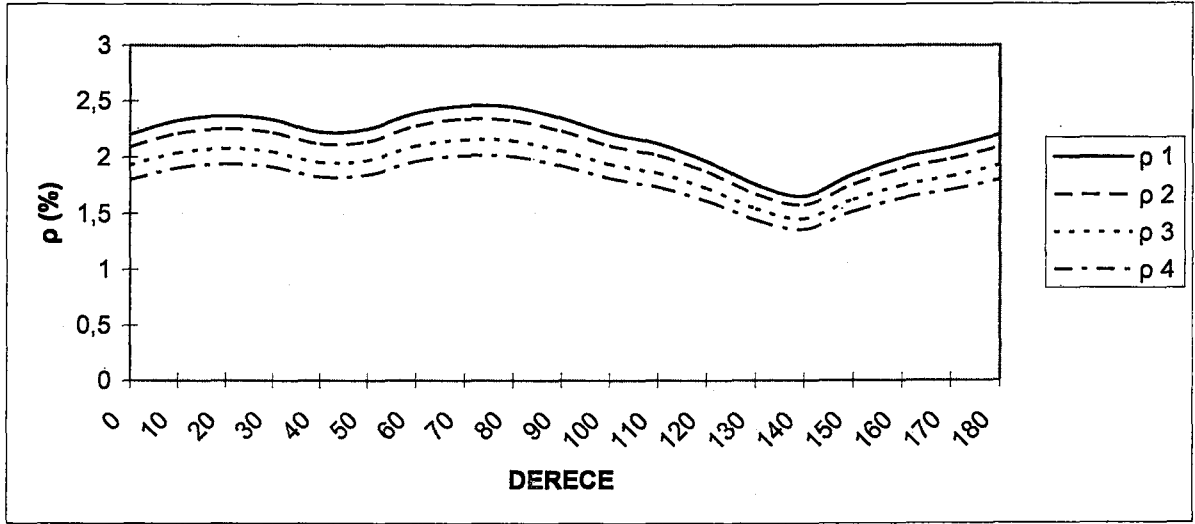
Şekil 3.100 Örnek 4 (Kolon 4) $p_3(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 4 için maksimum donatı oranları $\alpha = 70^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%2,160$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 140^\circ$ değerleri civarında $\rho_1 = \%1,454$ olarak elde edilmiştir. Köşelerde toplam donatının 3/16'sı, kenar ortalarında 1/16'sı göre donatı yerleşiminden elde edilen bu diyagram simetrik bir yapıya sahip değildir. $N=962\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)'dan gelen maksimum $\rho_3 = \%2,081$ ($\alpha = 80^\circ$), minimum $\rho_3 = \%1,243$ ($\alpha=140^\circ$) olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.101 Örnek 4 (Kolon 4) $p_4(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 4 için maksimum donatı oranları $\alpha = 70^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%2,018$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 140^\circ$ değerleri civarında $\rho_1 = \%1,359$ olarak elde edilmiştir. Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen bu diyagram simetrik bir yapıya sahip değildir. $N=962\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)'dan gelen maksimum $\rho_4 = \%1,927$ ($\alpha = 80^\circ$), minimum $\rho_4 = \%1,151$ ($\alpha = 140^\circ$) olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.102 Örnek 4 (Kolon 4) (0,9*G±E) ρ (%) donatı oranlarının değişimi

Değişik donatı yerleşim durumlarından elde edilen bu eğriler yukarıdaki şekilde belirtilmiştir. Donatı yerleşim durumlarına göre çizilen bu diyagramların hepsi simetriktir. Bütün eğriler $\alpha=70^\circ$ de maksimum değere ulaşılar. Bütün eğriler $\alpha=140^\circ$ de minimum değeri aldılar.

Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşimine (ρ_1) göre bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2.463-1.658=0.805$

Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre(ρ_2) bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2.341-1.577=0.764$

Köşelerdeki donatı toplam donatının $3/16$ 'sı kenar ortalarında $1/16$ 'sına göre donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_3) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $2.160-1.454=0.706$

Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_4) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $2.018-1.359=0.659$

En büyük fark dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. En küçük fark karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. $N=962\text{kN}$ (G+Q±E) kuvvetiyle elde edilen donatı oranları arasındaki farkla $N=610\text{kN}$ (0,9*G±E) kuvvetiyle elde edilen donatı oranları arasındaki faktan daha büyüktür.

Deprem Bölgesi = I

Yapının Kullanım Amacı = Spor Tesis

Zemin türü = Z4

Kat Alanı = $6 \times 5 \times 3 + 5 \times 5 \times 2 + (5 \times 5) \times 4 / 2 = 190 \text{ m}^2$

Betonarme Plak Ağırlığı = $0,14 \times 25 = \dots\dots\dots 3,5 \text{ kN/m}^2$

Sıva + Kaplama Ağırlığı = $\dots\dots\dots 1,5 \text{ kN/m}^2$

$$g = 5 \text{ kN/m}^2$$

$$q = 4 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Sabit Yük(ilk üç kat)} = 5 \times 190 + 0,36 \times 0,25 \times (44+40+28.28) \times 25 + 0,35 \times 0,35 \times 3 \times 8 \times 25 + 0,40 \times 0,60 \times 3 \times 4 \times 25 = 1348 \text{ kN}$$

$$\text{Sabit Yük(son üç kat)} = 5 \times 190 + 0,36 \times 0,25 \times (44+40+ 28.28) \times 25 + 0,3 \times 0,3 \times 3 \times 8 \times 25 + 0,40 \times 0,60 \times 3 \times 4 \times 25 = 1298 \text{ kN}$$

$n=0,60$ (binanın kullanım amacı)

$$\text{Bir Kat Ağırlığı} = W_{1,2,3} = 1348 + 0,6 \times 190 \times 4 = 1804 \text{ kN}$$

$$\text{Bir Kat Ağırlığı} = W_{4,5,6} = 1298 + 0,6 \times 190 \times 4 = 1754 \text{ kN}$$

$$\text{Toplam Bina Ağırlığı} = \sum W = 3 \times (1804+1754) = 10674 \text{ kN}$$

$$\text{Etkin Yer İvmesi} = A_0 = 0,4$$

$$R \text{ (süneklilik)} = 8$$

$$I = 1,2$$

$$\text{Zemin Sınıfı} = \text{IV} \quad (T_a = 0,2, T_b = 0,90)$$

$$T_{1X} = 0,8234 \text{ sn}$$

$$T_{1Y} = 0,8116 \text{ sn}$$

$$0,20 < 0,8116 < 0,8234 < 0,90$$

$$S(t) = 2,5$$

$$A(t) = A_0 \times I \times S(t) = 0,4 \times 1,2 \times 2,5 = 1,2$$

$$V(t) = \text{Toplam Eşdeğer Deprem Yüktü (Taban Kesme Kuvveti)}$$

$$V(t) = W \times A(t) / R_a = 10674 \times 1,2 / 8 = 1601 \text{ kN}$$

$$V(t) = 1601 > 0,10 \times A_0 \times I \times W = 0,1 \times 0,4 \times 1,2 \times 10674 = 512,35 \text{ kN}$$

Çizelge 3.37 Kat deprem yükleri

Kat	H	W_i	$W_i h_i$	$W_i h_i / \sum W_i h_i$	P_i
1	3	1804	5412	0,05	80
2	6	1804	10824	0,1	160
3	9	1804	16236	0,15	240
4	12	1754	21048	0,19	305
5	15	1754	26310	0,23	368
6	18	1754	31572	0,28	450
$\sum W_i h_i$			111402		

Kolonlarda maksimum donatı oranını veren deprem doğrultusunu saptamak amacı ile, Şekil 3.2’de gösterilen α açısı $\alpha = 0.10, 20, \dots 180^\circ$ değerleri arasında değiştirilip sırası ile $P_1 = 80\text{kN}$, $P_2 = 160\text{kN}$, $P_3 = 240\text{kN}$, $P_4 = 305\text{kN}$, $P_5 = 368\text{kN}$ ve $P_6 = 450\text{kN}$ alınarak hesaplamalar yapılmıştır. İncelenen dört kolon için her α değerine karşılık gelen M_a ve M_b değerleri ve bu değerler kullanılarak saptanan ρ donatı oranları çizelgelerde verilmiştir. Kolon kesit hesaplamalarında kullanılan kuvvetler SAP 2000 programında elde edilen yaklaşık değerler olup sırası ile $N_1 = (G+Q\pm E)$ ve $N_2 = (0.9 \cdot G \pm E)$, olarak kullanılmıştır. Kolon donatı oranları A. Çakıroğlu’nun özel yöntemi kullanılarak yapılan yazılım ile elde edilmiştir. Ayrıca donatı oranlarının değişimi grafiklerde gösterilmiştir.

KOLON NO=1 (Zemin Kat)

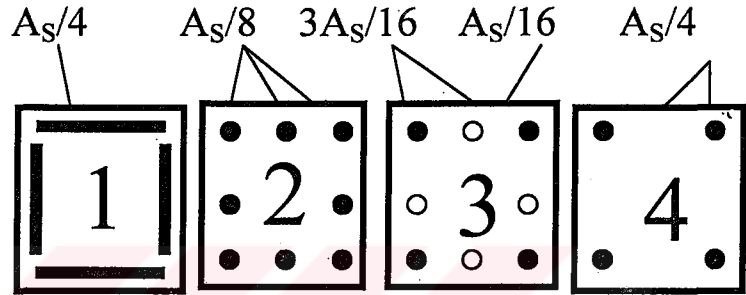
KOLON TİPİ.....=NOK

NORMAL KUVVET..=(G+Q+E) 680kN

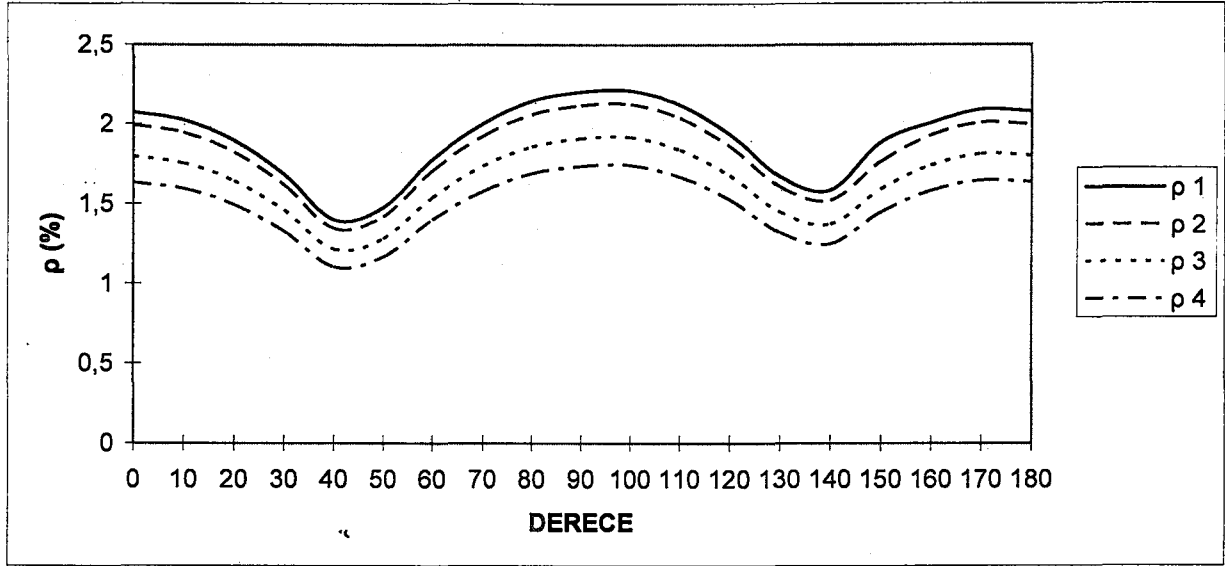
B/H=350/350

H'.....=40

Çizelge 3.38 Örnek 5 (Kolon) 1 eğilme momentleri ve donatı oranları



AÇI	M_a	M_b	$\rho_1(\%)$	$\rho_2(\%)$	$\rho_3(\%)$	$\rho_4(\%)$
0	-91,33	96,28	2,073	1,992	1,796	1,632
10	-106,05	77,58	2,024	1,945	1,753	1,594
20	-117,57	56,49	1,894	1,819	1,640	1,491
30	-125,56	33,65	1,681	1,615	1,456	1,324
40	-129,76	9,76	1,398	1,343	1,211	1,101
50	-130,05	-14,45	1,475	1,417	1,278	1,162
60	-126,43	-38,26	1,775	1,705	1,537	1,398
70	-118,99	-60,94	2,001	1,923	1,734	1,576
80	-107,97	-81,79	2,143	2,058	1,856	1,687
90	-93,70	-100,19	2,201	2,115	1,907	1,733
100	-76,62	-115,57	2,209	2,122	1,914	1,740
110	-57,24	-127,48	2,118	2,034	1,834	1,667
120	-36,15	-135,54	1,934	1,858	1,675	1,523
130	-14,00	-139,52	1,669	1,604	1,446	1,315
140	8,55	-139,28	1,582	1,520	1,370	1,246
150	30,80	-134,85	1,883	1,761	1,588	1,443
160	52,09	-126,35	2,005	1,926	1,737	1,579
170	71,76	-114,03	2,088	2,006	1,809	1,644
180	89,22	-98,29	2,076	1,994	1,798	1,635



Şekil 3.104 Örnek 5 (Kolon 1) (G+Q±E) $\rho(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Değişik donatı yerleşim durumlarından elde edilen bu eğriler yukarıdaki şekilde belirtilmiştir. Donatı yerleşim durumlarına göre çizilen bu diyagramların hepsi simetriktir. Bütün eğriler $\alpha=100^\circ$ de maksimum değere ulaştılar. Bütün eğriler $\alpha=40^\circ$ de minimum değeri aldılar.

Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşimine (ρ_1) göre bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2.209-1.398=0.811$

Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre (ρ_2) bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2.122-1.343=0.779$

Köşelerdeki donatı toplam donatının 3/16'sı kenar ortalarında 1/16'sına göre donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_3) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $1.914-1.211=0.703$

Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_4) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $1.740-1.101=0.639$

En büyük fark dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. En küçük fark karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi.

KOLON NO=1 (Zemin Kat)

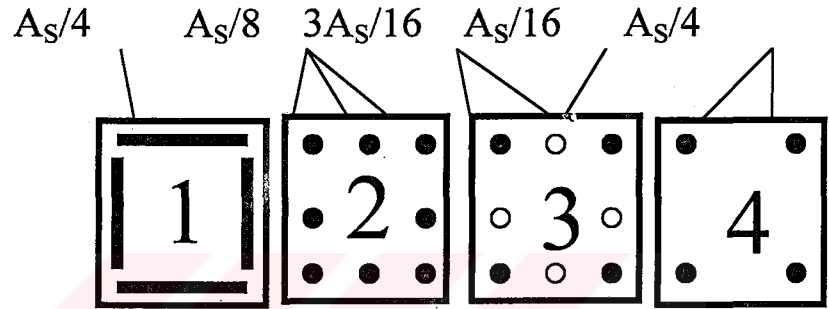
KOLON TİPİ.....=NOK

NORMAL KUVVET..=(0.9*G±E) 520kN

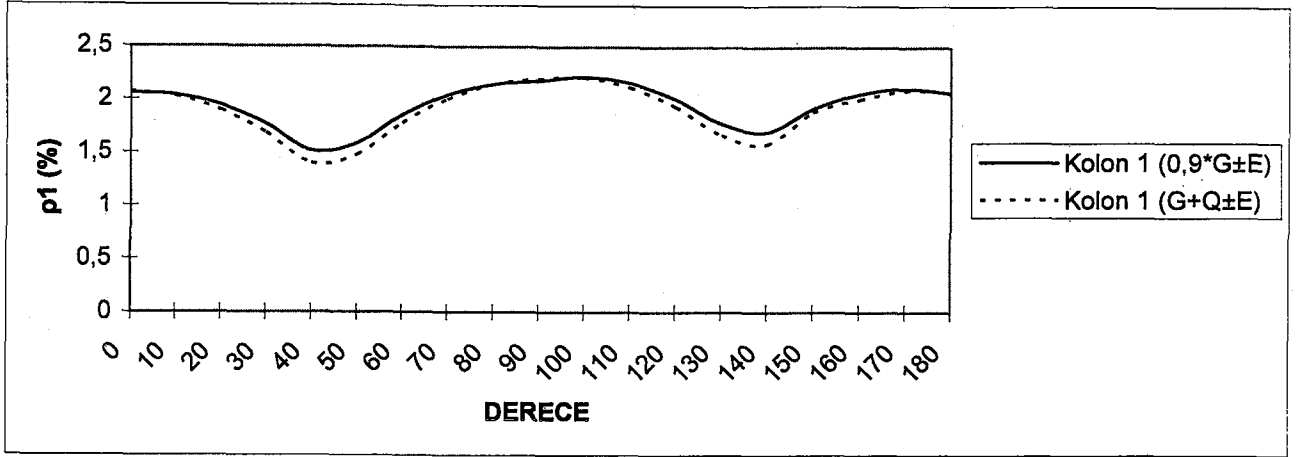
B/H=350/350

H'.....=40

Çizelge 3.39 Örnek 5 (Kolon 1) eğilme momentleri ve donatı oranları

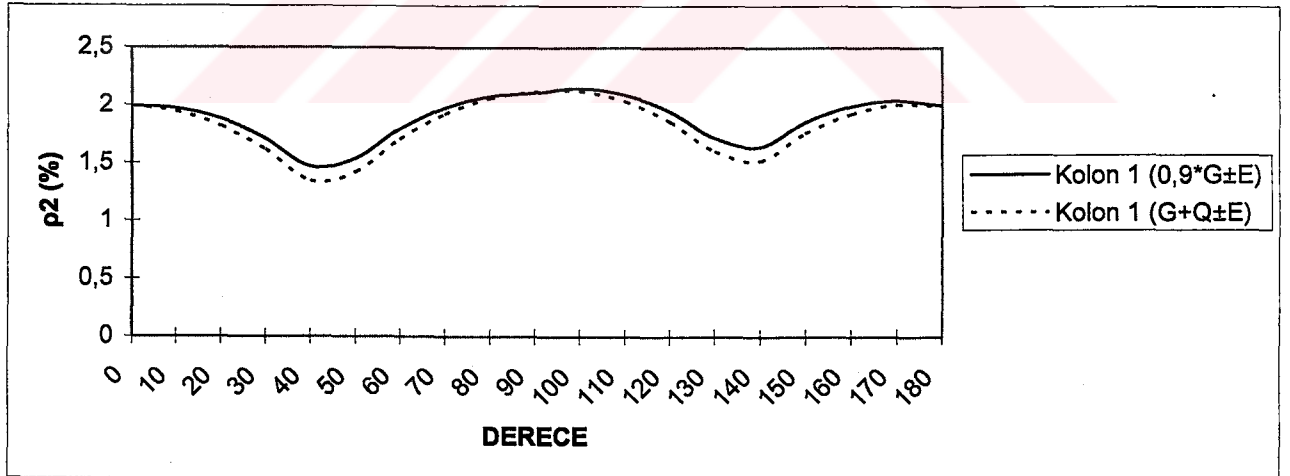


AÇI	M_a	M_b	$\rho_1(\%)$	$\rho_2(\%)$	$\rho_3(\%)$	$\rho_4(\%)$
0	-91,33	96,28	2,057	1,992	1,780	1,633
10	-106,05	77,58	2,036	1,971	1,761	1,615
20	-117,57	56,49	1,943	1,881	1,681	1,542
30	-125,56	33,65	1,766	1,710	1,528	1,402
40	-129,76	9,76	1,515	1,467	1,310	1,202
50	-130,05	-14,45	1,586	1,535	1,372	1,259
60	-126,43	-38,26	1,852	1,793	1,602	1,470
70	-118,99	-60,94	2,041	1,976	1,765	1,620
80	-107,97	-81,79	2,143	2,075	1,854	1,701
90	-93,70	-100,19	2,177	2,108	1,884	1,728
100	-76,62	-115,57	2,217	2,147	1,918	1,760
110	-57,24	-127,48	2,159	2,091	1,868	1,714
120	-36,15	-135,54	2,009	1,946	1,738	1,595
130	-14,00	-139,52	1,775	1,719	1,536	1,409
140	8,55	-139,28	1,695	1,641	1,466	1,345
150	30,80	-134,85	1,917	1,856	1,658	1,522
160	52,09	-126,35	2,057	1,992	1,780	1,633
170	71,76	-114,03	2,108	2,041	1,823	1,673
180	89,22	-98,29	2,064	1,999	1,768	1,638



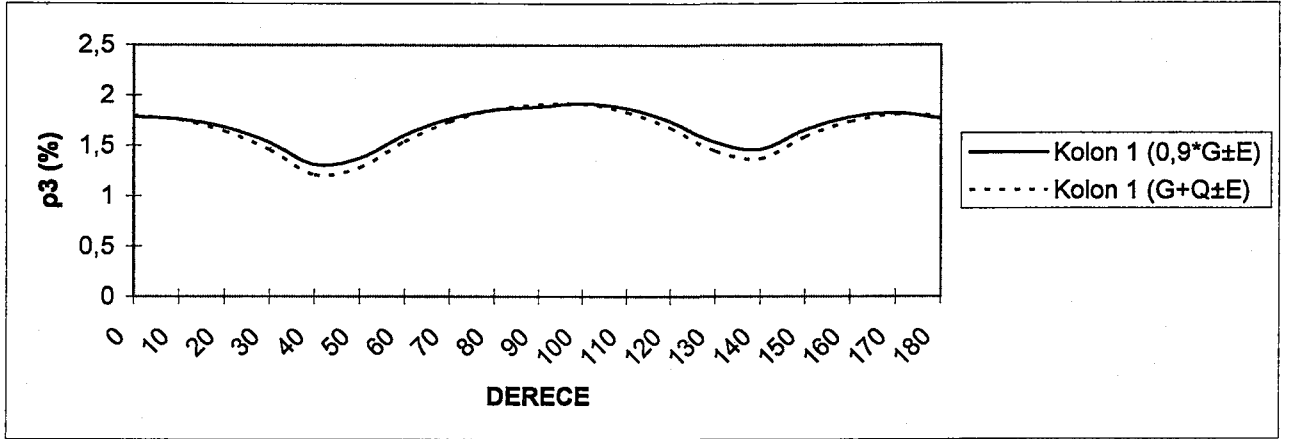
Şekil 3.105 Örnek 5 (Kolon 1) $p_1(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 1 için maksimum donatı oranları $\alpha = 100^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%2,217$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 40^\circ$ değerleri civarında $\rho_1 = \%1,515$ olarak elde edilmiştir. Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı durumuna göre oluşan bu diyagram simetrik bir yapıya sahiptir. $N=680\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)’dan gelen maksimum $\rho_1 = \%2,209$ ($\alpha=100^\circ$), minimum $\rho_1 = \%1,398$ ($\alpha = 40^\circ$) olarak elde edilmiştir.



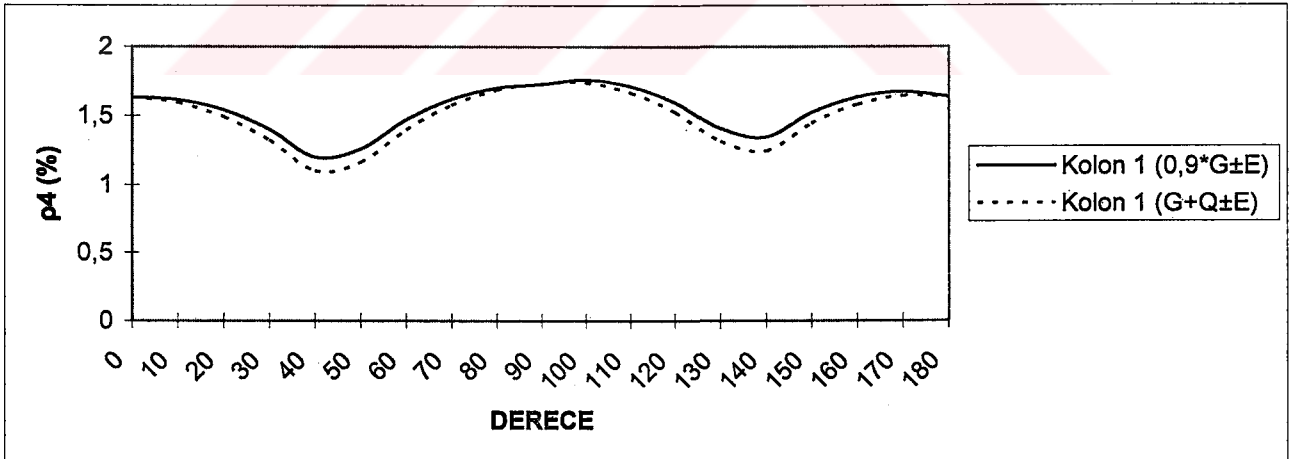
Şekil 3.106 Örnek 5 (Kolon 1) $p_2(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 1 için maksimum donatı oranları $\alpha = 100^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%2,147$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 40^\circ$ değerleri civarında $\rho_1 = \%1,467$ olarak elde edilmiştir. Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre bulunan bu diyagramda simetrik bir yapıya sahiptir. $N=680\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)’dan gelen maksimum $\rho_2 = \%2,122$ ($\alpha = 100^\circ$), minimum $\rho_2 = \%1,343$ ($\alpha = 40^\circ$) olarak elde edilmiştir.



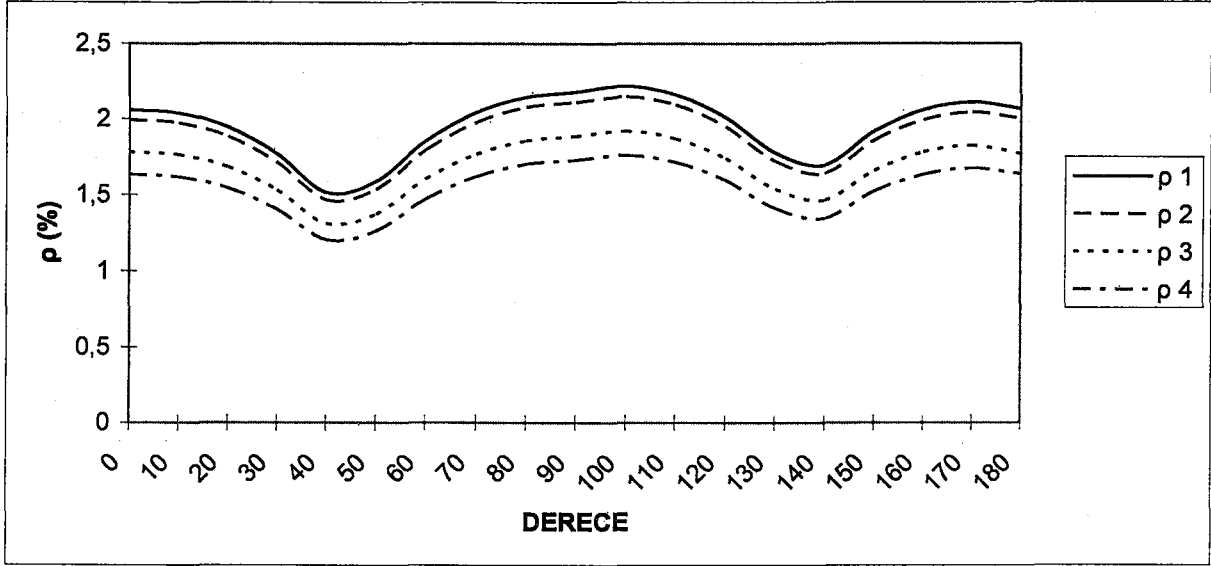
Şekil 3.107 Örnek 5 (Kolon 1) p3(%) donatı oranlarının değişimi

Kolon 1 için maksimum donatı oranları $\alpha = 100^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%1,918$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 40^\circ$ değerleri civarında $\rho_3 = \%1,310$ olarak elde edilmiştir. Köşelerde toplam donatının 3/16'sı, kenar ortalarında 1/16'sı göre donatı yerleşiminden elde edilen bu diyagram simetrik bir yapıya sahiptir. $N=680\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)'dan gelen maksimum $\rho_3 = \%1,914$ ($\alpha = 100^\circ$), minimum $\rho_3 = \%1,211$ ($\alpha = 40^\circ$) olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.108 Örnek 5 (Kolon 1) p4(%) donatı oranlarının değişimi

Kolon 1 için maksimum donatı oranları $\alpha = 100^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%1,760$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 40^\circ$ değerleri civarında $\rho_4 = \%1,202$ olarak elde edilmiştir. Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen bu diyagram simetrik bir yapıya sahiptir. $N=680\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)'dan gelen maksimum $\rho_4 = \%1,740$ ($\alpha=100^\circ$), minimum $\rho_4 = \%1,101$ ($\alpha = 40^\circ$) olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.109 Örnek 5 (Kolon 1) (G+Q±E) ρ (%) donatı oranlarının değişimi

Değişik donatı yerleşim durumlarından elde edilen bu eğriler yukarıdaki şekilde belirtilmiştir. Donatı yerleşim durumlarına göre çizilen bu diyagramların hepsi simetriktir. Bütün eğriler $\alpha=100^\circ$ de maksimum değere ulaştılar. Bütün eğriler $\alpha=40^\circ$ de minimum değeri aldılar.

Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşimine (ρ_1) göre bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2.217-1.515=0.702$

Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre(ρ_2) bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2.147-1.467=0.680$

Köşelerdeki donatı toplam donatının $3/16$ 'sı kenar ortalarında $1/16$ 'sına göre donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_3) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $1.918-1.310=0.608$

Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_4) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $1.760-1.202=0.558$

En büyük fark dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. En küçük fark karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. $N=680\text{kN}$ (G+Q±E) kuvvetiyle elde edilen donatı oranları arasındaki farkla $N=520\text{kN}$ ($0,9 \cdot G \pm E$) kuvvetiyle elde edilen donatı oranları arasındaki farktan daha büyüktür.

KOLON NO=2 (Zemin Kat)

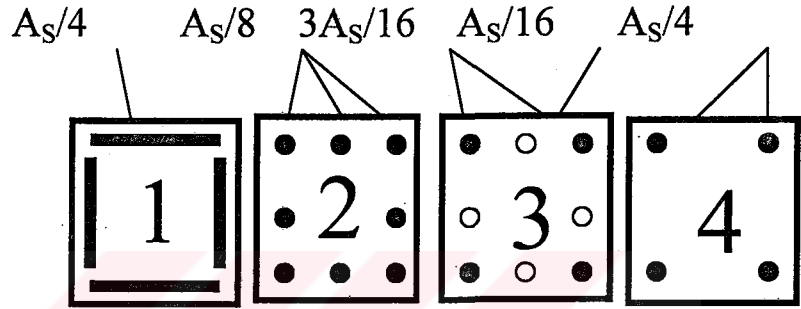
KOLON TİPİ.....=NOK

NORMAL KUVVET..=(G+Q±E) 1350kN

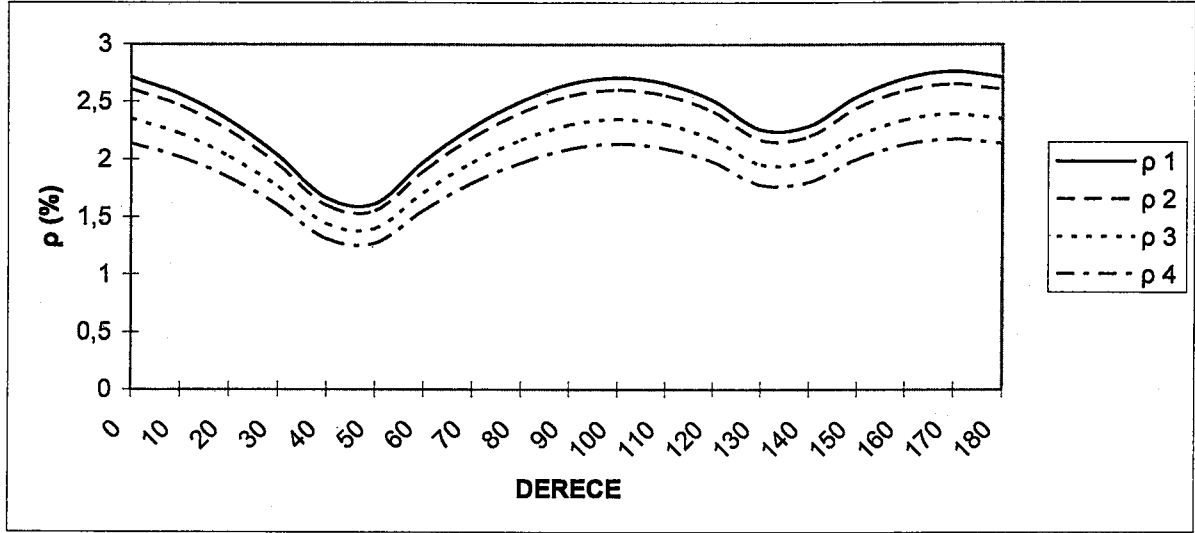
B/H=400/600

H'.....=40

Çizelge 3.40 Örnek 5 (Kolon 2) eğilme momentleri ve donatı oranları



AÇI	M_a	M_b	$\rho_1(\%)$	$\rho_2(\%)$	$\rho_3(\%)$	$\rho_4(\%)$
0	229,65	432,73	2,716	2,609	2,352	2,138
10	265,81	352,37	2,564	2,463	2,221	2,019
20	293,89	261,32	2,337	2,245	2,024	1,840
30	313,03	162,34	2,031	1,951	1,759	1,599
40	322,65	58,44	1,663	1,598	1,440	1,309
50	322,46	-47,20	1,615	1,552	1,399	1,272
60	312,45	-151,44	1,977	1,899	1,712	1,556
70	292,95	-251,05	2,278	2,188	1,973	1,794
80	264,53	-343,00	2,503	2,405	2,168	1,971
90	228,07	-424,53	2,657	2,552	2,301	2,092
100	184,67	-493,14	2,713	2,606	2,350	2,136
110	135,65	-546,77	2,662	2,557	2,306	2,096
120	82,50	-583,76	2,511	2,412	2,175	1,977
130	-25,23	-603,00	2,259	2,170	1,957	1,779
140	-29,66	-603,91	2,291	2,201	1,985	1,804
150	-85,27	-586,46	2,544	2,444	2,204	2,003
160	-138,29	-551,18	2,706	2,599	2,344	2,131
170	-187,11	-499,13	2,766	2,657	2,395	2,178
180	-230,26	-431,92	2,716	2,609	2,353	2,139



Şekil 3.110 Örnek 5 (Kolon 2) (G+Q±E) $\rho(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Değişik donatı yerleşim durumlarından elde edilen bu eğriler yukarıdaki şekilde belirtilmiştir. Donatı yerleşim durumlarına göre çizilen bu diyagramlar simetrik değildir. Bütün eğriler $\alpha=170^\circ$ de maksimum değere ulaştılar. Bütün eğriler $\alpha=50^\circ$ de minimum değeri aldılar.

Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşimine (ρ_1) göre bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2.766-1.615=1.151$

Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre(ρ_2) bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2.657-1.552=1.105$

Köşelerdeki donatı toplam donatının 3/16'sı kenar ortalarında 1/16'sına göre donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_3) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $2.395-1.399=0.996$

Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_4) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $2.178-1.272=0.906$

En büyük fark dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. En küçük fark karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi.

KOLON NO=2 (Zemin Kat)

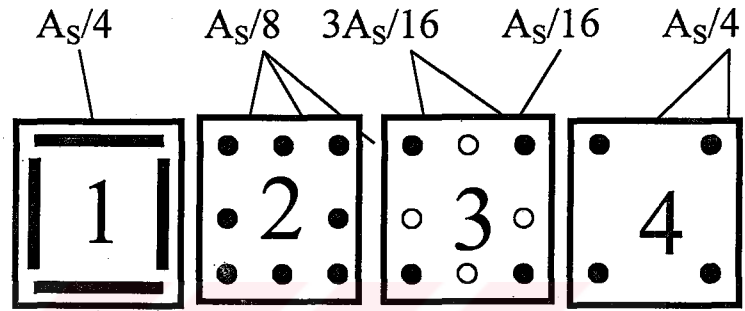
KOLON TİPİ.....=NOK

NORMAL KUVVET..=(0,9G±E) 990kN

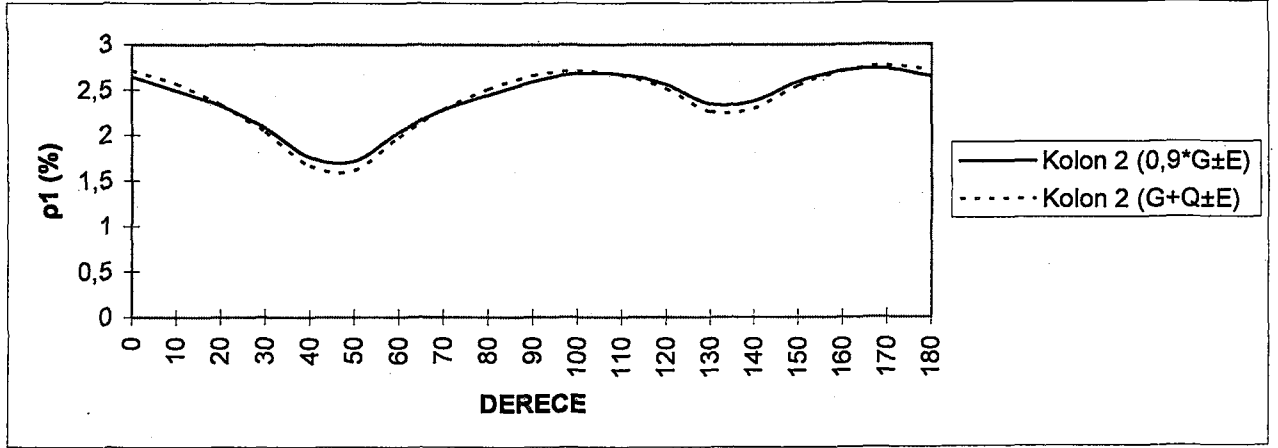
B/H=400/600

H'=40

Çizelge 3.41 Örnek 5 (Kolon 2) eğilme momentleri ve donatı oranları

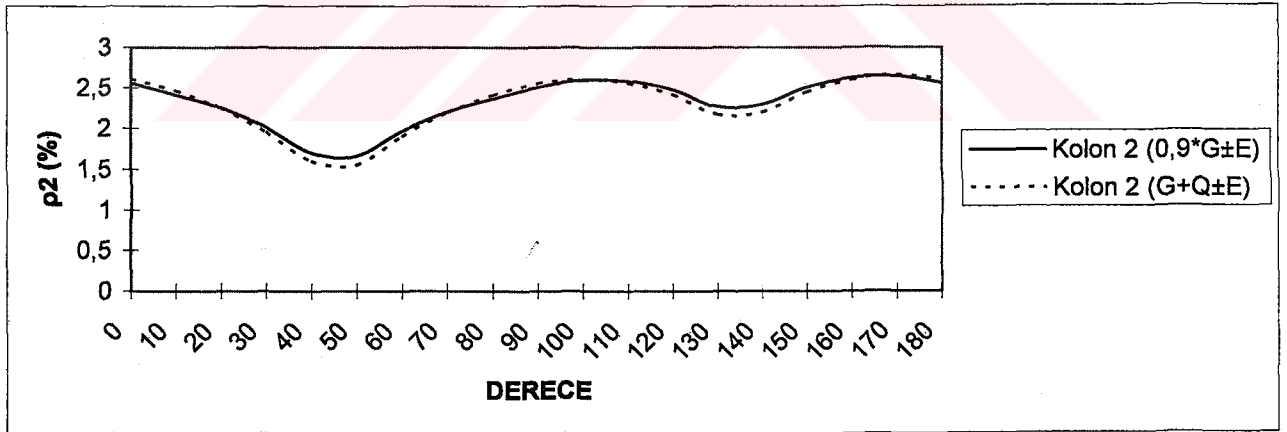


AÇI	M_a	M_b	$\rho_1(\%)$	$\rho_2(\%)$	$\rho_3(\%)$	$\rho_4(\%)$
0	229,65	432,73	2,643	2,560	2,286	2,098
10	265,81	352,37	2,490	2,411	2,154	1,977
20	293,89	261,32	2,325	2,251	2,011	1,845
30	313,03	162,34	2,077	2,011	1,796	1,648
40	322,65	58,44	1,758	1,702	1,521	1,395
50	322,46	-47,20	1,715	1,661	1,484	1,361
60	312,45	-151,44	2,029	1,964	1,755	1,610
70	292,95	-251,05	2,274	2,201	1,967	1,804
80	264,53	-343,00	2,438	2,360	2,109	1,935
90	228,07	-424,53	2,587	2,505	2,238	2,053
100	184,67	-493,14	2,681	2,596	2,319	2,128
110	135,65	-546,77	2,670	2,585	2,309	2,119
120	82,50	-583,76	2,557	2,476	2,212	2,029
130	-25,23	-603,00	2,342	2,267	2,026	1,858
140	-29,66	-603,91	2,371	2,295	2,051	1,882
150	-85,27	-586,46	2,588	2,506	2,239	2,054
160	-138,29	-551,18	2,710	2,624	2,345	2,151
170	-187,11	-499,13	2,730	2,643	2,362	2,167
180	-230,26	-431,92	2,643	2,559	2,286	2,097



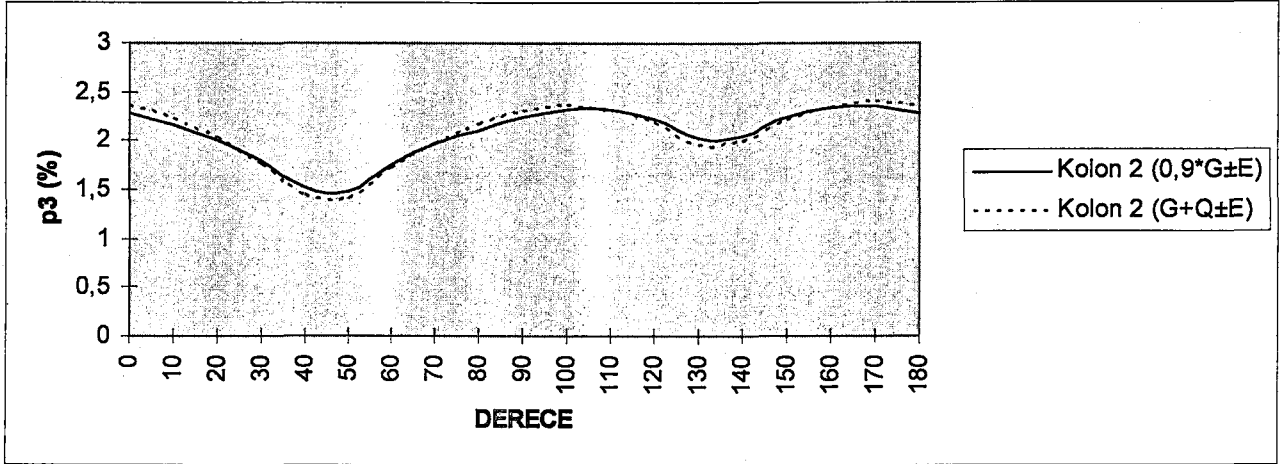
Şekil 3.111 Örnek 5 (Kolon 2) $\rho_1(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 2 için maksimum donatı oranları $\alpha = 170^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%2,730$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 50^\circ$ değerleri civarında $\rho_1 = \%1.715$ olarak elde edilmiştir. Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı durumuna göre oluşan bu diyagram simetrik bir yapıya sahip değildir. $N=1350\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)’dan gelen maksimum $\rho_1 = \%2.766$ ($\alpha=170^\circ$), minimum $\rho_1 = \%1.615$ ($\alpha = 50^\circ$) olarak elde edilmiştir.



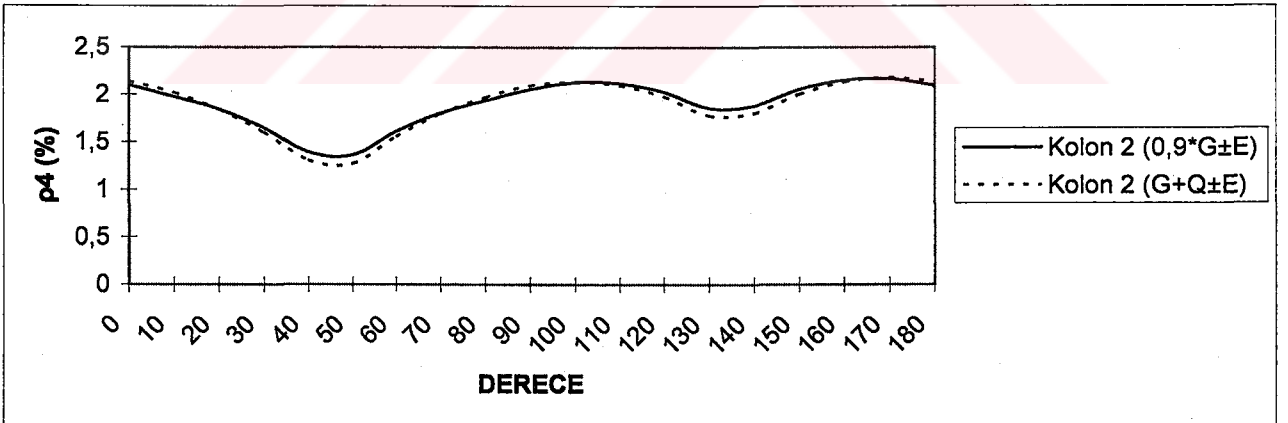
Şekil 3.112 Örnek 5 (Kolon 2) $\rho_2(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 2 için maksimum donatı oranları $\alpha = 170^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%2,643$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 50^\circ$ değerleri civarında $\rho_2 = \%1.661$ olarak elde edilmiştir. Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre bulunan bu diyagramda simetrik bir yapıya sahip değildir. $N=1350\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)’dan gelen maksimum $\rho_2=\%2.657$ ($\alpha = 170^\circ$), minimum $\rho_2 = \%1.552$ ($\alpha = 50^\circ$) olarak elde edilmiştir.



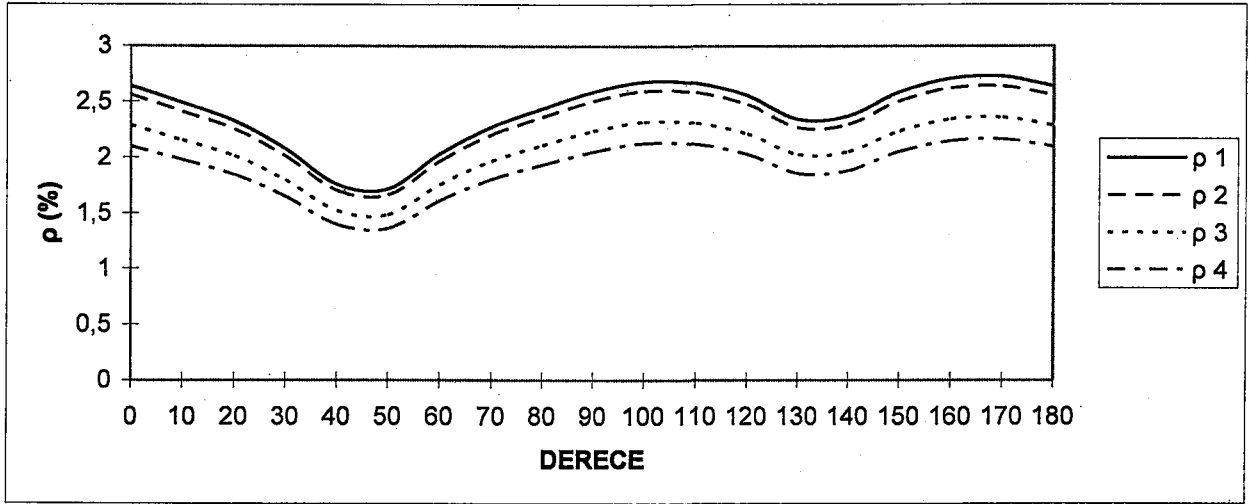
Şekil 3.113 Örnek 5 (Kolon 2) $\rho_3(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 2 için maksimum donatı oranları $\alpha = 170^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%2,362$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 50^\circ$ değerleri civarında $\rho_3 = \%1,484$ olarak elde edilmiştir. Köşelerde toplam donatının 3/16'sı, kenar ortalarında 1/16'sı göre donatı yerleşiminden elde edilen bu diyagram simetrik bir yapıya sahip değildir. $N=1350\text{kN}$ (G+Q±E)'dan gelen maksimum $\rho_3 = \%2,395$ ($\alpha = 170^\circ$), minimum $\rho_3 = \%1,399$ ($\alpha = 50^\circ$) olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.114 Örnek 5 (Kolon 2) $\rho_4(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 2 için maksimum donatı oranları $\alpha = 170^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%2,167$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 50^\circ$ değerleri civarında $\rho_4 = \%1,361$ olarak elde edilmiştir. Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen bu diyagram simetrik bir yapıya sahip değildir. $N=1350\text{kN}$ (G+Q±E)'dan gelen maksimum $\rho_4 = \%2,178$ ($\alpha = 170^\circ$), minimum $\rho_4 = \%1,272$ ($\alpha = 50^\circ$) olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.115 Örnek 5 (Kolon 2) (G+Q±E) ρ (%) donatı oranlarının değişimi

Değişik donatı yerleşim durumlarından elde edilen bu eğriler yukarıdaki şekilde belirtilmiştir. Donatı yerleşim durumlarına göre çizilen bu diyagramlar simetrik değildir. Bütün eğriler $\alpha=170^\circ$ de maksimum değere ulaştılar. Bütün eğriler $\alpha=50^\circ$ de minimum değeri aldılar.

Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşimine (ρ_1) göre bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2.730-1.715=1.015$

Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre (ρ_2) bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2.643-1.661=0.982$

Köşelerdeki donatı toplam donatının $3/16$ 'sı kenar ortalarında $1/16$ 'sına göre donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_3) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $2.362-1.484=0.878$

Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_4) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $2.167-1.361=0.806$

En büyük fark dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. En küçük fark karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. $N=1350\text{kN}$ (G+Q±E) kuvvetiyle elde edilen donatı oranları arasındaki farkla $N=990\text{kN}$ ($0,9 \cdot G \pm E$) kuvvetiyle elde edilen donatı oranları arasındaki faktan daha büyüktür.

KOLON NO=3 (Zemin Kat)

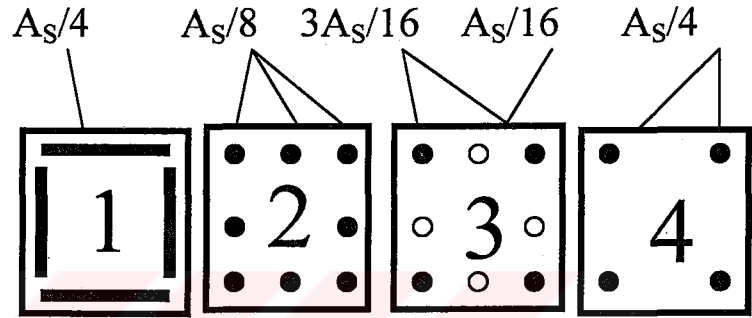
KOLON TİPİ.....=OK

NORMAL KUVVET..=(G+Q±E) 640kN

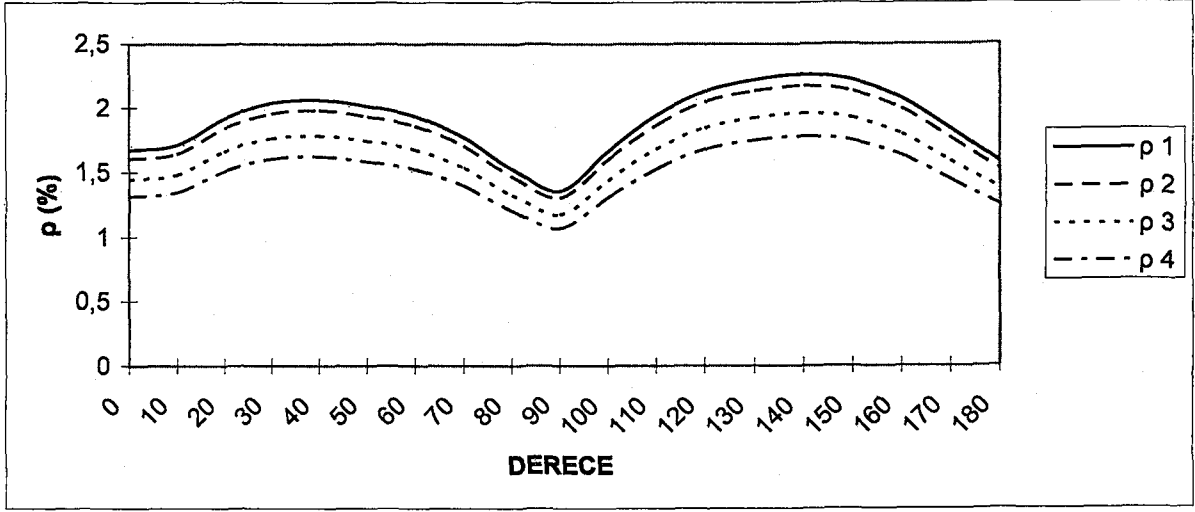
B/H=350/350

H'=40

Çizelge 3.42 Örnek 5 (Kolon 3) eğilme momentleri ve donatı oranları



AÇI	M _a	M _b	ρ ₁ (%)	ρ ₂ (%)	ρ ₃ (%)	ρ ₄ (%)
0	-10,87	141,50	1,670	1,604	1,444	1,315
10	-17,44	138,56	1,710	1,643	1,481	1,347
20	-39,60	131,47	1,917	1,842	1,661	1,510
30	-60,55	120,42	2,037	1,956	1,764	1,604
40	-79,65	105,76	2,061	1,980	1,785	1,623
50	-96,32	87,94	2,011	1,932	1,742	1,583
60	-110,05	67,49	1,937	1,861	1,678	1,525
70	-120,43	45,03	1,773	1,703	1,536	1,396
80	-127,14	21,26	1,528	1,468	1,324	1,203
90	-129,97	6,41	1,356	1,303	1,175	1,068
100	-128,85	-27,34	1,662	1,596	1,439	1,308
110	-123,80	-50,69	1,940	1,863	1,680	1,527
120	-114,98	-72,46	2,129	2,045	1,844	1,677
130	-102,66	-91,98	2,220	2,132	1,922	1,748
140	-87,21	-108,65	2,260	2,171	1,957	1,779
150	-69,10	-121,98	2,219	2,131	1,922	1,747
160	-48,87	-131,55	2,074	1,992	1,796	1,633
170	-27,16	-137,08	1,836	1,765	1,588	1,444
180	9,49	-138,40	1,583	1,521	1,371	1,246



Şekil 3.116 Örnek 5 (Kolon 3) (G+Q±E) $\rho(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Değişik donatı yerleşim durumlarından elde edilen bu eğriler yukarıdaki şekilde belirtilmiştir. Donatı yerleşim durumlarına göre çizilen bu diyagramların hepsi simetriktir. Bütün eğriler $\alpha=140^\circ$ de maksimum değere ulaşırlar. Bütün eğriler $\alpha=90^\circ$ de minimum değeri aldılar.

Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşimine (ρ_1) göre bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2.260-1.356=0.904$

Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre(ρ_2) bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2.171-1.303=0.868$

Köşelerdeki donatı toplam donatının 3/16'sı kenar ortalarında 1/16'sına göre donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_3) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $1.957-1.175=0.782$

Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_4) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $1.779-1.068=0.711$

En büyük fark dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. En küçük fark karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi.

KOLON NO=3 (Zemin Kat)

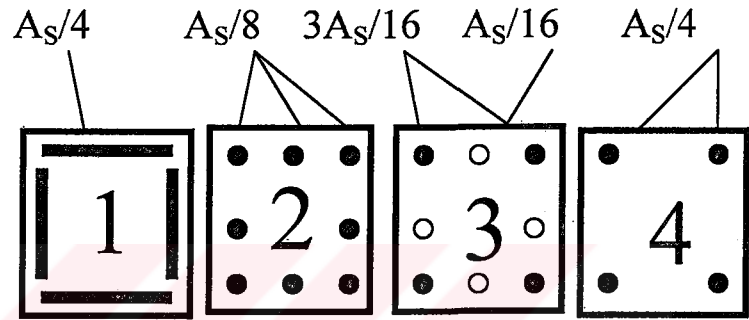
KOLON TİPİ.....=OK

NORMAL KUVVET..=(0,9G±E) 475kN

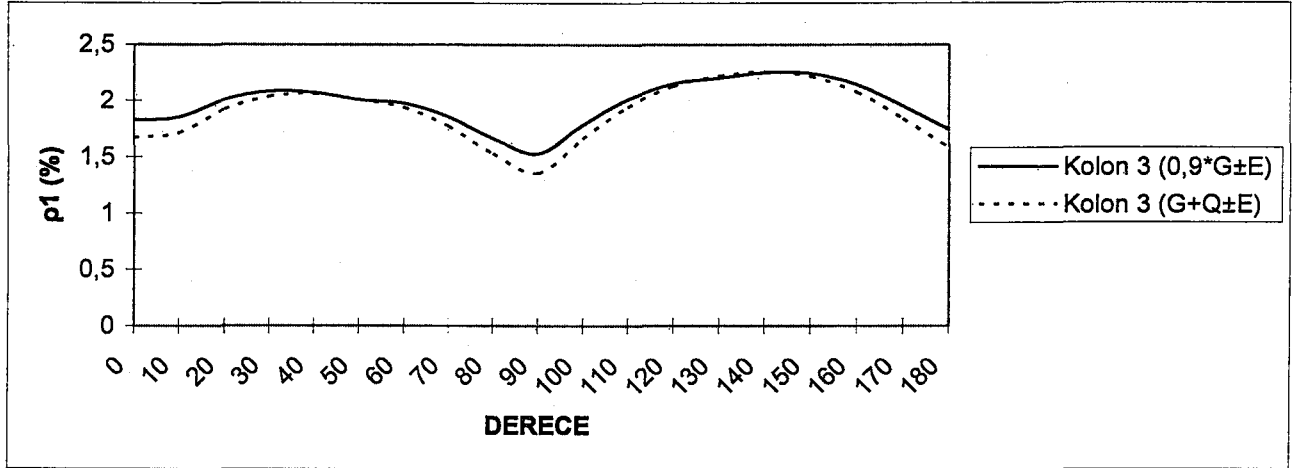
B/H=350/350

H'.....=40

Çizelge 3.43 Örnek 5 (Kolon 3) eğilme momentleri ve donatı oranları

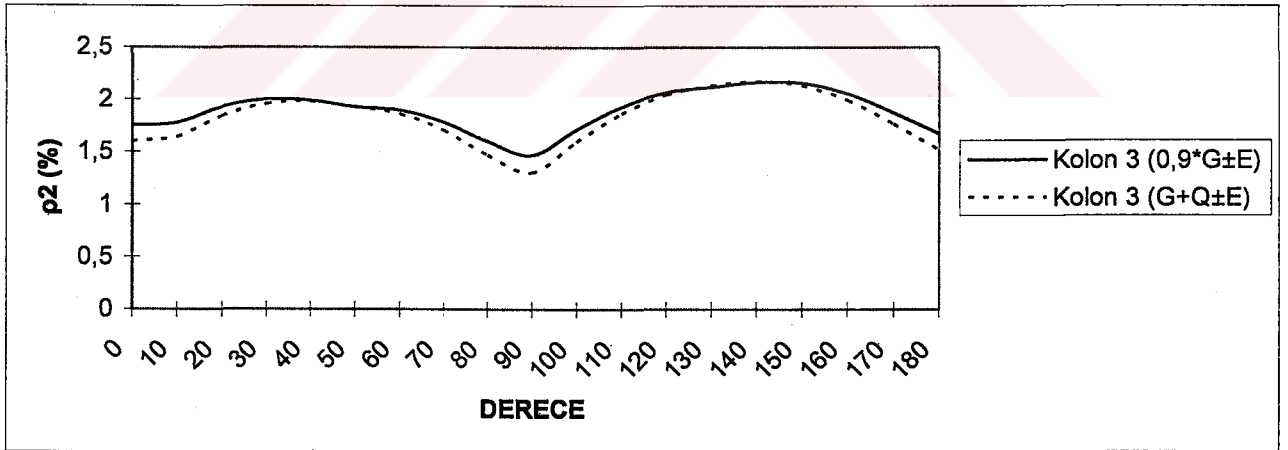


AÇI	M_a	M_b	$\rho_1(\%)$	$\rho_2(\%)$	$\rho_3(\%)$	$\rho_4(\%)$
0	-10,87	141,50	1,825	1,753	1,564	1,450
10	-17,44	138,56	1,851	1,778	1,587	1,469
20	-39,60	131,47	2,008	1,929	1,721	1,594
30	-60,55	120,42	2,084	2,001	1,786	1,654
40	-79,65	105,76	2,072	1,990	1,776	1,644
50	-96,32	87,94	2,007	1,928	1,721	1,593
60	-110,05	67,49	1,974	1,895	1,692	1,566
70	-120,43	45,03	1,857	1,783	1,592	1,474
80	-127,14	21,26	1,666	1,600	1,428	1,322
90	-129,97	6,41	1,529	1,469	1,311	1,214
100	-128,85	-27,34	1,784	1,713	1,529	1,416
110	-123,80	-50,69	2,009	1,929	1,722	1,594
120	-114,98	-72,46	2,151	2,066	1,844	1,707
130	-102,66	-91,98	2,203	2,116	1,889	1,749
140	-87,21	-108,65	2,251	2,162	1,929	1,786
150	-69,10	-121,98	2,245	2,156	1,924	1,782
160	-48,87	-131,55	2,142	2,057	1,836	1,700
170	-27,16	-137,08	1,952	1,874	1,673	1,549
180	9,49	-138,40	1,743	1,674	1,494	1,384



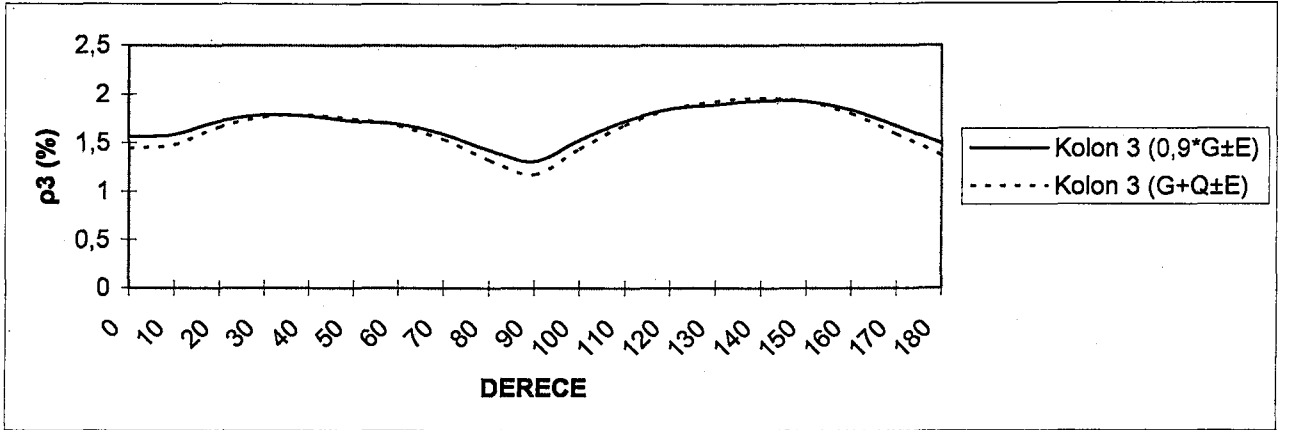
Şekil 3.117 Örnek 5 (Kolon 3) $p_1(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 3 için maksimum donatı oranları $\alpha = 140^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%2,251$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 90^\circ$ değerleri civarında $\rho_1 = \%1,529$ olarak elde edilmiştir. Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı durumuna göre oluşan bu diyagram simetrik bir yapıya sahiptir. $N=640\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)'dan gelen maksimum $\rho_1 = \%2,260$ ($\alpha=140^\circ$), minimum $\rho_1 = \%1,356$ ($\alpha = 90^\circ$) olarak elde edilmiştir.



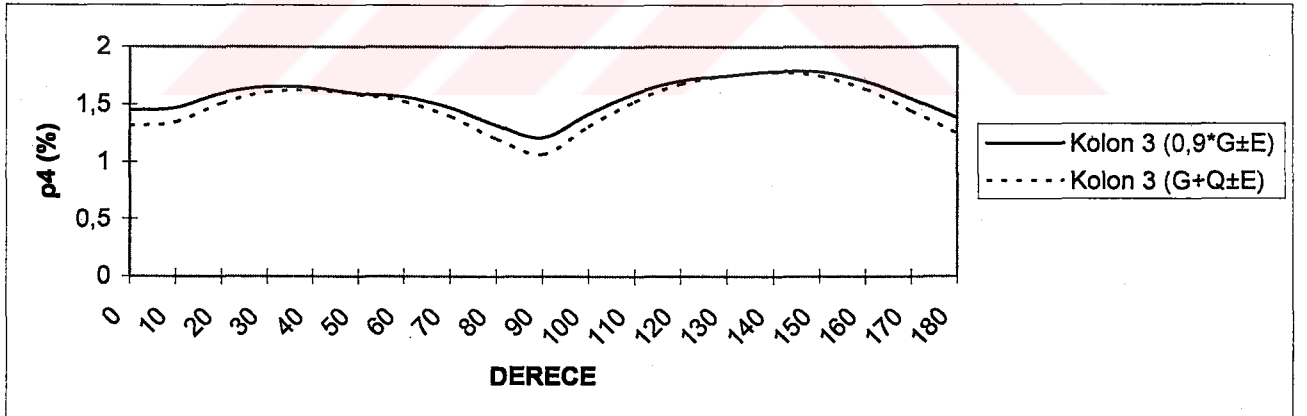
Şekil 3.118 Örnek 5 (Kolon 3) $p_2(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 3 için maksimum donatı oranları $\alpha = 140^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%2,162$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 90^\circ$ değerleri civarında $\rho_2 = \%1,469$ olarak elde edilmiştir. Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre bulunan bu diyagramda simetrik bir yapıya sahiptir. $N=640\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)'dan gelen maksimum $\rho_2 = \%2,171$ ($\alpha = 140^\circ$), minimum $\rho_2 = \%1,303$ ($\alpha = 90^\circ$) olarak elde edilmiştir.



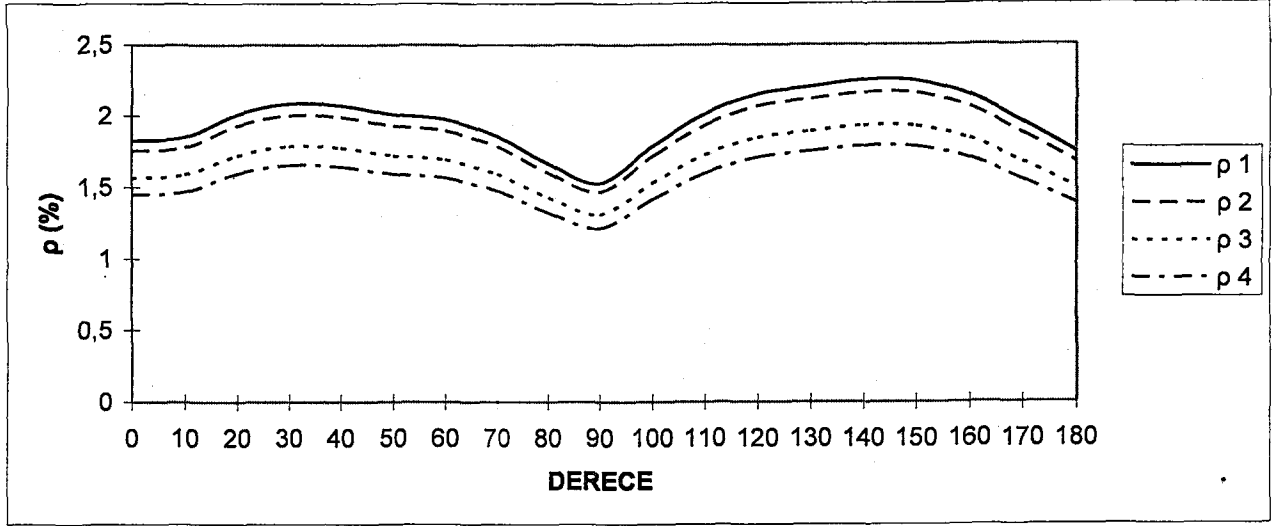
Şekil 3.119 Örnek 5 (Kolon 3) $p_3(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 3 için maksimum donatı oranları $\alpha = 140^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%1,929$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 90^\circ$ değerleri civarında $p_3 = \%1,311$ olarak elde edilmiştir. Köşelerde toplam donatının 3/16'sı, kenar ortalarında 1/16'sı göre donatı yerleşiminden elde edilen bu diyagram simetrik bir yapıya sahiptir. $N=640\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)'dan gelen maksimum $p_3 = \%1,957$ ($\alpha = 140^\circ$), minimum $p_3 = \%1,175$ ($\alpha = 90^\circ$) olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.120 Örnek 5 (Kolon 3) $p_4(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Kolon 1 için maksimum donatı oranları $\alpha = 140^\circ$ değerleri civarında ve $\rho_p = \%1,786$ olarak elde edilmiştir. Minimum donatı oranı ise $\alpha = 90^\circ$ değerleri civarında $p_4 = \%1,214$ olarak elde edilmiştir. Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen bu diyagram simetrik bir yapıya sahiptir. $N=640\text{kN}$ ($G+Q\pm E$)'dan gelen maksimum $p_4 = \%1,779$ ($\alpha=140^\circ$), minimum $p_4 = \%1,068$ ($\alpha = 90^\circ$) olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.121 Örnek 5 (Kolon 3) ($0,9 \cdot G \pm E$) $\rho(\%)$ donatı oranlarının değişimi

Değişik donatı yerleşim durumlarından elde edilen bu eğriler yukarıdaki şekilde belirtilmiştir. Donatı yerleşim durumlarına göre çizilen bu diyagramların hepsi simetriktr. Bütün eğriler $\alpha=140^\circ$ de maksimum değere ulaşılar. Bütün eğriler $\alpha=90^\circ$ de minimum değeri aldılar.

Dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşimine (ρ_1) göre bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2.251-1.529=0.722$

Köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı yerleşimine göre(ρ_2) bulunan maksimum donatı oranıyla minimum donatı oranı arasındaki fark= $2.162-1.469=0.693$

Köşelerdeki donatı toplam donatının $3/16$ 'sı kenar ortalarında $1/16$ 'sına göre donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_3) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $1.929-1.311=0.618$

Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edilen (ρ_4) maksimum donatı oranıyla minimum donatı arasındaki fark= $1.786-1.214=0.572$

En büyük fark dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. En küçük fark karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı yerleşiminden elde edildi. $N=640\text{kN}$ ($G+Q \pm E$) kuvvetiyle elde edilen donatı oranları arasındaki farkla $N=475\text{kN}$ ($0,9 \cdot G \pm E$) kuvvetiyle elde edilen donatı oranları arasındaki faktan daha büyüktür.

4. SÜPERPOZİSYON FORMÜLLERİNİN İRDELENMESİ

3.Bölümde yapılan parametrik araştırma sonucunda, incelenen kolonların donatı oranları için en elverişsiz deprem doğrultuları ile bu doğrultulara karşı gelen değişik donatı yerleşimlerdeki maksimum donatı oranları saptanmış bulunmaktadır. Burada Bölüm 1’de açıklanan süperpozisyon formülleri uygulanarak, yönetmeliklere göre elde edilen donatı oranları hesaplanacak ve sonuçlar irdelenecektir. 1 ve 2 nolu donatı yerleşimine göre her yükleme pozisyonunda diğer donatı yerleşimlerine göre daha büyük donatı yüzdesi vermektedir. Bu nedenle 1 ve 2 nolu donatı yerleşimine göre daha az donatı yüzdesi veren 3 ve 4 nolu donatı yerleşim düzenine göre karşılaştırmalar yapılacaktır.

4.1 Etkileşimsiz Superpozisyon

Eğilme momentlerinin karşılıklı etkilerinin göz önüne alınmaması halinde, (1.3) formülleri uygulanarak elde edilen sonuçlar çizelgelerde gösterilmiştir. Çizelgelerde ρ başlıklı kolonda kesit hesabı sonunda bulunan donatı oranı değerleri, ρ_{max} başlıklı kolonda da, (4veya 2) ρ değeri arasından seçilen maksimum donatı oranı değerleri bulunmaktadır. ρ_p başlıklı kolonda parametrik araştırmada bulunan donatı oranları yazılmış, çizelgenin son kolonunda da hata değerleri verilmiştir. Çizelgedeki değerler incelendiğinde elde edilen p_3 ve p_4 donatı oranlarının güvensiz yönde ve -% 25 ile -% 46 oranları arasında hatalı olduğu belirlenmiştir.

p_3 (Toplam donatının köşelerde 3/16’sının, kenar ortalarında 1/16’sının bulunması hali.)

- Örnek 1 için ortalama hata oranı = % -34
- Örnek 2 için ortalama hata oranı = % -29
- Örnek 3 için ortalama hata oranı = % -33
- Örnek 4 için ortalama hata oranı = % -32
- Örnek 5 için ortalama hata oranı = % -34,3

p_4 (Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı hali.)

- Örnek 1 için ortalama hata oranı = % -33,5
- Örnek 2 için ortalama hata oranı = % -28,7
- Örnek 3 için ortalama hata oranı = % -33,25
- Örnek 4 için ortalama hata oranı = % -31,5
- Örnek 5 için ortalama hata oranı = % -34,3

Çizelge 4.1 Etkileşimsiz süperpozisyonda örnek 1'in p3 için hata oranları

Kolon No	Kolon Tipi	M_{ax} (kNm)	M_{ay} (kNm)	M_{bx} (kNm)	M_{by} (kNm)	M_a (kNm)	M_b (kNm)	ρ (%)	ρ_{max} (%)	ρ_p (%)	Hata (%)
1 400/400	885 (G+Q±E) NOK	-152,62	161,03	155,75	155,75	201	0	1.145	1,216	2,162	-44
						0	202	1.157			
						207	0	1.216			
						0	202	1.157			
2 400/500	900 (G+Q±E) NOK	-183,84	192,5	269,29	269,3	242	0	1.089	1,427	2,188	-35
						0	350	1.427			
						248	0	1.143			
						0	350	1.427			
3 400/600	910 (G+Q±E) NOK	-177,81	186,7	358,55	358,55	234	0	0.736	1,283	1,779	-28
						0	466	1.283			
						240	0	0.779			
						0	466	1.283			
4 300/450	445 (G+Q±E) NOK	90,22	-107,93	-125,53	-125,53	123	0	1.276	1,489	2,039	-27
						0	163	1.022			
						135	0	1.489			
						0	163	1.022			

Çizelge 4.2 Etkileşimsiz süperpozisyonda örnek 2'nin p3 için hata oranları

Kolon No	Kolon Tipi	M_{ax} (kNm)	M_{ay} (kNm)	M_{bx} (kNm)	M_{by} (kNm)	M_a (kNm)	M_b (kNm)	ρ (%)	ρ_{max} (%)	ρ_p (%)	Hata (%)
1 400/400	760 (G+Q±E) NOK	188,05	-110,73	104,97	182,71	221	0	1.436	1,436	2,052	-30
						0	160	0.722			
						167	0	0.804			
						0	214	1.354			
2 400/600	1390 (G+Q±E) NOK	306,28	-173,97	307,5	521,43	358	0	1.501	1,883	2,515	-25
						0	464	1.139			
						266	0	0.815			
						0	614	1.883			
3 500/600	1940 (G+Q±E) OK	-622,56	0	6,76	-783,61	622,56	6,76	1.821	1,949	2,818	-31
						0	783,61	1.949			

Çizelge 4.3 Etkileşimsiz süperpozisyonda örnek 3'ün ρ_3 için hata oranları

Kolon No	Kolon Tipi	M_{ax} (kNm)	M_{ay} (kNm)	M_{bx} (kNm)	M_{by} (kNm)	M_a (kNm)	M_b (kNm)	ρ (%)	ρ_{max} (%)	ρ_p (%)	Hata (%)
1 350/350	380 (G+Q±E) NOK	-104,89	-84,98	102,36	-84,98	130	0	1.379	1,379	2,098	-34
						0	128	1.344			
						116	0	1.131			
						0	116	1.131			
2 400/600	1155 (G+Q±E) NOK	229,66	197,34	503,36	-417,84	289	0	1.034	1,982	2,696	-27
						0	629	1.982			
						266	0	0.866			
						0	569	1.691			
3 400/600	1428 (G+Q±E) OK	-331,86	2,50	0	585,47	331,86	0	1.307	1,754	2,327	-25
						2,5	585,47	1.754			
4 350/350	540 (G+Q±E) NOK	-119,6	-80,64	119,6	-77,21	144	0	1.43	1,43	2,619	-45
						0	143	1.412			
						117	0	0.947			
						0	113	0.876			

Çizelge 4.4 Etkileşimsiz süperpozisyonda örnek 4'ün ρ_3 için hata oranları

Kolon No	Kolon Tipi	M_{ax} (kNm)	M_{ay} (kNm)	M_{bx} (kNm)	M_{by} (kNm)	M_a (kNm)	M_b (kNm)	ρ (%)	ρ_{max} (%)	ρ_p (%)	Hata (%)
1 350/350	390 (G+Q±E) NOK	-75,13	-88,87	85,05	-84,08	102	0	0.867	1,026	1,604	-36
						0	110	1.009			
						111	0	1.026			
						0	110	1.009			
2 350/350	390 (G+Q±E) NOK	-74,75	-88,49	88,07	-89,11	101	0	0.849	1,115	1,697	-34
						0	115	1.097			
						111	0	1.026			
						0	116	1.115			
3 400/600	962 (G+Q±E) NOK	-199,24	-211,41	381,13	-379,98	263	0	0.914	1,392	1,989	-30
						0	495	1.392			
						271	0	0.971			
						0	494	1.388			
4 400/600	962 (G+Q±E) NOK	210,22	-211,37	375,89	402,94	274	0	0.993	1,492	2,081	-28
						0	497	1.402			
						274	0	0.993			
						0	516	1.492			

Çizelge 4.5 Etkileşimsiz süperpozisyonda örnek 5'in p3 için hata oranları

Kolon No	Kolon Tipi	M_{ax} (kNm)	M_{ay} (kNm)	M_{bx} (kNm)	M_{by} (kNm)	M_a (kNm)	M_b (kNm)	ρ (%)	ρ_{max} (%)	ρ_p (%)	Hata (%)
1 350/350	680 (G+Q±E) NOK	-91,33	-93,70	96,28	-100,19	119	0	0.888	1,072	1,914	-44
						0	126	1.017			
						121	0	0.925			
						0	129	1.072			
2 400/600	1350 (G+Q±E) NOK	229,65	228,07	432,73	-424,53	298	0	1.054	1,614	2,395	-33
						0	560	1.614			
						297	0	1.046			
						0	554	1.585			
3 350/350	640 (G+Q±E) OK	-10,87	-129,97	141,5	6,41	10,87	141,5	1.447	1,447	1,957	-26
						129,97	6,41	1.175			

Çizelge 4.6 Etkileşimsiz süperpozisyonda örnek 1'in p4 için hata oranları

Kolon No	Kolon Tipi	M_{ax} (kNm)	M_{ay} (kNm)	M_{bx} (kNm)	M_{by} (kNm)	M_a (kNm)	M_b (kNm)	ρ (%)	ρ_{max} (%)	ρ_p (%)	Hata (%)
1 400/400	885 (G+Q±E) NOK	-152,62	1161,03	155,75	155,75	201	0	1.041	1,106	1,966	-44
						0	202	1.051			
						207	0	1.106			
						0	202	1.051			
2 400/500	900 (G+Q±E) NOK	-183,84	192,5	269,29	269,3	242	0	0.999	1,309	2,008	-35
						0	350	1.309			
						248	0	1.048			
						0	350	1.309			
3 400/600	910 (G+Q±E) NOK	-177,81	186,7	358,55	358,55	234	0	0.681	1,188	1,647	-28
						0	466	1.188			
						240	0	0.721			
						0	466	1.188			
4 300/450	445 (G+Q±E) NOK	90,22	-107,93	-125,53	-125,53	123	0	1.182	1,379	1,888	-27
						0	163	0.947			
						135	0	1.379			
						0	163	0.947			

Çizelge 4.7 Etkileşimsiz süperpozisyonda örnek 2'nin ρ_4 için hata oranları

Kolon No	Kolon Tipi	M_{ax} (kNm)	M_{ay} (kNm)	M_{bx} (kNm)	M_{by} (kNm)	M_a (kNm)	M_b (kNm)	ρ (%)	ρ_{max} (%)	ρ_p (%)	Hata (%)
1 400/400	760 (G+Q±E) NOK	188,05	-110,73	104,97	182,71	221	0	1.305	1,305	1,865	-30
						0	160	0.656			
						167	0	0.731			
						0	214	1.231			
2 400/600	1390 (G+Q±E) NOK	306,28	-173,97	307,5	521,43	358	0	1.365	1,711	2,287	-25
						0	464	1.035			
						266	0	0.741			
						0	614	1.711			
3 500/600	1940 (G+Q±E) OK	-622,56	0	6,76	-783,61	622,56	6,76	1.655	1,772	2,562	-31
						0	783,61	1.772			

Çizelge 4.8 Etkileşimsiz süperpozisyonda örnek 3'ün ρ_4 için hata oranları

Kolon No	Kolon Tipi	M_{ax} (kNm)	M_{ay} (kNm)	M_{bx} (kNm)	M_{by} (kNm)	M_a (kNm)	M_b (kNm)	ρ (%)	ρ_{max} (%)	ρ_p (%)	Hata (%)
1 350/350	380 (G+Q±E) NOK	-104,89	-84,98	102,36	-84,98	130	0	1.277	1,277	1,961	-35
						0	128	1.244			
						116	0	1.047			
						0	116	1.047			
2 400/600	1155 (G+Q±E) NOK	229,66	197,34	503,36	-417,84	289	0	0.94	1,801	2,473	-27
						0	629	1.801			
						266	0	0.787			
						0	569	1.538			
3 400/600	1428 (G+Q±E) OK	-331,86	2,50	0	585,47	331,86	0	1.188	1,595	2,116	-25
						2,5	585,47	1.595			
4 350/350	540 (G+Q±E) NOK	-119,6	-80,64	119,6	-77,21	144	0	1.311	1,311	2,403	-46
						0	143	1.295			
						117	0	0.869			
						0	113	0.803			

Çizelge 4.9 Etkileşimsiz süperpozisyonda örnek 4'ün p4 için hata oranları

Kolon No	Kolon Tipi	M_{ax} (kNm)	M_{ay} (kNm)	M_{bx} (kNm)	M_{by} (kNm)	M_a (kNm)	M_b (kNm)	ρ (%)	ρ_{max} (%)	ρ_p (%)	Hata (%)
1 350/350	390 (G+Q±E) NOK	-75,13	-88,87	85,05	-84,08	102	0	0.803	0,95	1,485	-36
						0	110	0.934			
						111	0	0.95			
						0	110	0.934			
2 350/350	390 (G+Q±E) NOK	-74,75	-88,49	88,07	-89,11	101	0	0.786	1,032	1,517	-32
						0	115	1.016			
						111	0	0.95			
						0	116	1.032			
3 400/600	962 (G+Q±E) NOK	-199,24	-211,41	381,13	-379,98	263	0	0.846	1,289	1,842	-30
						0	495	1.289			
						271	0	0.899			
						0	494	1.285			
4 400/600	962 (G+Q±E) NOK	210,22	-211,37	375,89	402,94	274	0	0.919	1,382	1,927	-28
						0	497	1.289			
						274	0	0.919			
						0	516	1.382			

Çizelge 4.10 Etkileşimsiz süperpozisyonda örnek 5'nin p4 için hata oranları

Kolon No	Kolon Tipi	M_{ax} (kNm)	M_{ay} (kNm)	M_{bx} (kNm)	M_{by} (kNm)	M_a (kNm)	M_b (kNm)	ρ (%)	ρ_{max} (%)	ρ_p (%)	Hata (%)
1 350/350	680 (G+Q±E) NOK	-91,33	-93,70	96,28	-100,19	119	0	0.808	0,975	1,74	-44
						0	126	0.924			
						121	0	0.841			
						0	129	0.975			
2 400/600	1350 (G+Q±E) NOK	229,65	228,07	432,73	-424,53	298	0	0.958	1,468	2,178	-33
						0	560	1.468			
						297	0	0.951			
						0	554	1.441			
3 350/350	640 (G+Q±E) OK	-10,87	-129,97	141,5	6,41	10,87	141,5	1.315	1,315	1,779	-26
						129,97	6,41	1.068			

4.2 Etkileşimli Süperpozisyon

Eğilme momentlerinin karşılıklı etkilerinin göz önüne alınması halinde, (1.4) formülleri uygulanarak elde edilen sonuçlar çizelgelerde gösterilmiştir. Çizelgelerde ρ başlıklı kolonda kesit hesabı sonunda bulunan donatı oranı değerleri, $\rho_{\max}$ başlıklı kolonda da, (4 veya 2) ρ değeri arasından seçilen maksimum donatı oranı değerleri bulunmaktadır. ρ_p başlıklı kolonda parametrik araştırmada bulunan donatı oranları yazılmış, çizelgenin son kolonunda da hata değerleri verilmiştir. Çizelgedeki değerler incelendiğinde ortogonal olmayan kolonlar için elde edilen donatı oranların güvenli yönde ve +% 36 ile +% 52 oranları arasında hatalı olduğu ve ortogonal olan kolonlar için elde edilen donatı oranların ise güvensiz yönde ve -% 25 ile -% 31 oranları arasında hatalı olduğu belirlenmiştir.

ρ_3 (Toplam donatının köşelerde 3/16'sının, kenar ortalarında 1/16'sının bulunması hali.)

Örnek 1 için ortalama hata oranı = % 42,25

Örnek 2 için ortalama hata oranı = % 37,3

Örnek 3 için ortalama hata oranı = % 32,25

Örnek 4 için ortalama hata oranı = % 41,75

Örnek 5 için ortalama hata oranı = % 41

ρ_4 (Karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı hali.)

Örnek 1 için ortalama hata oranı = % 42,25

Örnek 2 için ortalama hata oranı = % 37,3

Örnek 3 için ortalama hata oranı = % 31,75

Örnek 4 için ortalama hata oranı = % 41,75

Örnek 5 için ortalama hata oranı = % 41

Çizelge 4.11 Etkileşimli süperpozisyon örnek 1'in ρ_3 için hata oranları

Kolon No	Kolon Tipi	M_{ax} (kNm)	M_{ay} (kNm)	M_{bx} (kNm)	M_{by} (kNm)	M_a (kNm)	M_b (kNm)	ρ (%)	ρ_{max} (%)	ρ_p (%)	Hata (%)
1 400/400	885 (G+Q±E) NOK	-152,62	161,03	155,75	155,75	201	202	3.168	3,239	2,162	50
						207	202	3.239			
2 400/500	900 (G+Q±E) NOK	-183,84	192,5	269,29	269,3	242	350	3.089	3,135	2,188	43
						248	350	3.135			
3 400/600	910 (G+Q±E) NOK	-177,81	186,7	358,55	358,55	234	466	2.446	2,480	1,779	40
						240	466	2.480			
4 300/450	445 (G+Q±E) NOK	90,22	-107,93	-125,53	-125,53	123	163	2.565	2,777	2,039	36
						135	163	2.777			

Çizelge 4.12 Etkileşimli süperpozisyon örnek 2'nin ρ_3 için hata oranları

Kolon No	Kolon Tipi	M_{ax} (kNm)	M_{ay} (kNm)	M_{bx} (kNm)	M_{by} (kNm)	M_a (kNm)	M_b (kNm)	P (%)	ρ_{max} (%)	ρ_p (%)	Hata (%)
1 400/400	760 (G+Q±E) NOK	188,05	-110,73	104,97	182,71	221	160	2.891	2,891	2,052	41
						167	214	2.88			
2 400/600	1390 (G+Q±E) NOK	306,28	-173,97	307,5	521,43	358	464	3.457	3,511	2,515	40
						266	614	3.511			
3 500/600	1940 (G+Q±E) OK	-622,56	0	6,76	-783,61	622,56	6,76	1.821	1,949	2,818	-31
						0	783,61	1.949			

Çizelge 4.13 Etkileşimli süperpozisyon örnek 3'ün ρ_3 için hata oranları

Kolon No	Kolon Tipi	M_{ax} (kNm)	M_{ay} (kNm)	M_{bx} (kNm)	M_{by} (kNm)	M_a (kNm)	M_b (kNm)	ρ (%)	ρ_{max} (%)	ρ_p (%)	Hata (%)
1 350/350	380 (G+Q±E) NOK	-104,89	-84,98	102,36	-84,98	130	128	2.90	2,90	2,098	38
						116	116	2.482			
2 400/600	1155 (G+Q±E) NOK	229,66	197,34	503,36	-417,84	289	629	3.648	3,648	2,696	35
						266	569	3.213			
3 400/600	1428 (G+Q±E) OK	-331,86	2,50	0	585,47	331,86	0	1.307	1,754	2,327	-25
						2,5	585,47	1.754			
4 350/350	540 (G+Q±E) NOK	-119,6	-80,64	119,6	-77,21	144	143	3.421	3,421	2,619	31
						117	113	2.472			

Çizelge 4.14 Etkileşimli süperpozisyon örnek 4'ün ρ_3 için hata oranları

Kolon No	Kolon Tipi	M_{ax} (kNm)	M_{ay} (kNm)	M_{bx} (kNm)	M_{by} (kNm)	M_a (kNm)	M_b (kNm)	ρ (%)	ρ_{max} (%)	ρ_p (%)	Hata (%)
1 350/350	390 (G+Q±E) NOK	-75,13	-88,87	85,05	-84,08	102	110	2.18	2,306	1,604	44
						111	110	2.306			
2 350/350	390 (G+Q±E) NOK	-74,75	-88,49	88,07	-89,11	101	115	2.255	2,409	1,697	42
						111	116	2.409			
3 400/600	962 (G+Q±E) NOK	-199,24	-211,41	381,13	-379,98	263	495	2.753	2,795	1,989	41
						271	494	2.795			
4 400/600	962 (G+Q±E) NOK	210,22	-211,37	375,89	402,94	274	497	2.827	2,917	2,081	40
						274	516	2.917			

Çizelge 4.15 Etkileşimli süperpozisyon örnek 5'in p3 için hata oranları

Kolon No	Kolon Tipi	M _{ax} (kNm)	M _{ay} (kNm)	M _{bx} (kNm)	M _{by} (kNm)	M _a (kNm)	M _b (kNm)	ρ (%)	ρ _{max} (%)	ρ _p (%)	Hata (%)
1 350/350	680 (G+Q±E) NOK	-91,33	-93,70	96,28	-100,19	119	126	2.815	2,906	1,914	52
						121	129	2.906			
2 400/600	1350 (G+Q±E) NOK	229,65	228,07	432,73	-424,53	298	560	3.467	3,467	2,395	45
						297	554	3.430			
3 350/350	640 (G+Q±E) OK	-10,87	-129,97	141,5	6,41	10,87	141,5	1.447	1,447	1,957	-26
						129,97	6,41	1.175			

Çizelge 4.16 Etkileşimli süperpozisyon örnek 1'in p4 için hata oranları

Kolon No	Kolon Tipi	M _{ax} (kNm)	M _{ay} (kNm)	M _{bx} (kNm)	M _{by} (kNm)	M _a (kNm)	M _b (kNm)	P (%)	ρ _{max} (%)	ρ _p (%)	Hata (%)
1 400/400	885 (G+Q±E) NOK	-152,62	161,03	155,75	155,75	201	202	2.880	2,945	1,966	50
						207	202	2.945			
2 400/500	900 (G+Q±E) NOK	-183,84	192,5	269,29	269,3	242	350	2.833	2,876	2,008	43
						248	350	2.876			
3 400/600	910 (G+Q±E) NOK	-177,81	186,7	358,55	358,55	234	466	2.265	2,296	1,647	40
						240	466	2.296			
4 300/450	445 (G+Q±E) NOK	90,22	-107,93	-125,53	-125,53	123	163	2.375	2,571	1,888	36
						135	163	2.571			

Çizelge 4.17 Etkileşimli süperpozisyon örnek 2'nin p4 için hata oranları

Kolon No	Kolon Tipi	M _{ax} (kNm)	M _{ay} (kNm)	M _{bx} (kNm)	M _{by} (kNm)	M _a (kNm)	M _b (kNm)	ρ (%)	ρ _{max} (%)	ρ _p (%)	Hata (%)
1 400/400	760 (G+Q±E) NOK	188,05	-110,73	104,97	182,71	221	160	2.628	2,628	1,865	41
						167	214	2.617			
2 400/600	1390 (G+Q±E) NOK	306,28	-173,97	307,5	521,43	358	464	3.142	3,192	2,287	40
						266	614	3.192			
3 500/600	1940 (G+Q±E) OK	-622,56	0	6,76	-783,61	622,56	6,76	1.655	1,772	2,562	-31
						0	783,61	1.772			

Çizelge 4.18 Etkileşimli süperpozisyon örnek 3'ün p4 için hata oranları

Kolon No	Kolon Tipi	M _{ax} (kNm)	M _{ay} (kNm)	M _{bx} (kNm)	M _{by} (kNm)	M _a (kNm)	M _b (kNm)	ρ (%)	ρ _{max} (%)	ρ _p (%)	Hata (%)
1 350/350	380 (G+Q±E) NOK	-104,89	-84,98	102,36	-84,98	130	128	2.685	2,685	1,961	37
						116	116	2.298			
2 400/600	1155 (G+Q±E) NOK	229,66	197,34	503,36	-417,84	289	629	3.317	3,317	2,473	34
						266	569	2.921			
3 400/600	1428 (G+Q±E) OK	-331,86	2,50	0	585,47	331,86	0	1.188	1,595	2,116	-25
						2,5	585,47	1.595			
4 350/350	540 (G+Q±E) NOK	-119,6	-80,64	119,6	-77,21	144	143	3.138	3,138	2,403	31
						117	113	2.268			

Çizelge 4.19 Etkileşimli süperpozisyon örnek 4'ün p4 için hata oranları

Kolon No	Kolon Tipi	M _{ax} (kNm)	M _{ay} (kNm)	M _{bx} (kNm)	M _{by} (kNm)	M _a (kNm)	M _b (kNm)	ρ (%)	ρ _{max} (%)	ρ _p (%)	Hata (%)
1 350/350	390 (G+Q±E) NOK	-75,13	-88,87	85,05	-84,08	102	110	2.018	2,135	1,485	44
						111	110	2.135			
2 350/350	390 (G+Q±E) NOK	-74,75	-88,49	88,07	-89,11	101	115	2.088	2,230	1,571	42
						111	116	2.230			
3 400/600	962 (G+Q±E) NOK	-199,24	-211,41	381,13	-379,98	263	495	2.549	2,588	1,842	41
						271	494	2.588			
4 400/600	962 (G+Q±E) NOK	210,22	-211,37	375,89	402,94	274	497	2.618	2,701	1,927	40
						274	516	2.701			

Çizelge 4.20 Etkileşimli süperpozisyon örnek 5'in p4 için hata oranları

Kolon No	Kolon Tipi	M _{ax} (kNm)	M _{ay} (kNm)	M _{bx} (kNm)	M _{by} (kNm)	M _a (kNm)	M _b (kNm)	P (%)	ρ _{max} (%)	ρ _p (%)	Hata (%)
1 350/350	680 (G+Q±E) NOK	-91,33	-93,70	96,28	-100,19	119	126	2.559	2,642	1,74	52
						121	129	2.642			
2 400/600	1350 (G+Q±E) NOK	229,65	228,07	432,73	-424,53	298	560	3.152	3,152	2,178	45
						297	554	3.118			
3 350/350	640 (G+Q±E) OK	-10,87	-129,97	141,5	6,41	10,87	141,5	1.315	1,315	1,779	-26
						129,97	6,41	1.068			

5. YENİ SÜPERPOZİSYON FORMÜLLERİ

Yönetmelikte verilmiş olan süperpozisyon formüllerinin uygulanmasından ortaya çıkan güvensiz sonuçlar 4.Bölümde özetlenmiştir. Uygulamada karşılaşılan özel halleri kapsayan ve aynı zamanda gerçekçi ve güvenli olan yeni bir süperpozisyon formülasyonu geliştirmek üzere çeşitli formüller denenmiş ve aşağıda verilen formülün uygun olduğu bulunmuştur. Buna göre X ve Y doğrultusunda deprem yüklemeleri yapıp kolonların a ve b asal eksenleri etrafındaki M_{ax} , M_{ay} , M_{bx} ve M_{by} , eğilme momentleri saptandıktan sonra, kesit hesabında kullanılacak M_a ve M_b momentleri:

$$M_a = \pm \sqrt{M_{ax}^2 + M_{ay}^2} \quad M_b = \pm 0,40 \sqrt{M_{bx}^2 + M_{by}^2} \quad (4.1 a)$$

$$M_a = \pm 0,40 \sqrt{M_{ax}^2 + M_{ay}^2} \quad M_b = \pm \sqrt{M_{bx}^2 + M_{by}^2} \quad (4.1 b)$$

formülleri ile hesaplanacaktır. Kesit hesabında (4.1 a) ve (4.1 b) formüllerinden elde edilen değerler ayrı ayrı kullanılacak ve elverişsiz donatı oranları saptanacaktır. Bu formüllerin uygulanması sonucunda Örnek 1, Örnek 2, Örnek 3, Örnek 4 ve Örnek 5 için elde edilen donatı oranları ile, bu oranları parametrik araştırma sonucunda bulunmuş oranlarla karşılaştırılarak bulunan hata oranları çizelgelerde gösterilmiştir. Çizelgelerde görüldüğü gibi, 5 adet örnek için önerilen süperpozisyon formülü ile değişik donatı yerleşimi için donatı oranları hesaplanmış ve parametrik araştırma sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Hata oranlarının çoğunun güvenli yönde olduğu ve diğer yönetmeliklerde verilmiş olan süperpozisyon yöntemlerinden elde edilen iç kuvvetlere göre hesaplanan donatı oranlarına kıyasla çok daha gerçeğe yakın değerler elde edilmiştir.

p1 (dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı hali.)

Örnek 1 için ortalama hata oranı = % 4,6

Örnek 2 için ortalama hata oranı = % 2,8

Örnek 3 için ortalama hata oranı = % 7,0

Örnek 4 için ortalama hata oranı = % 5,2

Örnek 5 için ortalama hata oranı = % 4,4

ρ_2 (köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı hali.)

Örnek 1 için ortalama hata oranı = % 4,7

Örnek 2 için ortalama hata oranı = % 1,9

Örnek 3 için ortalama hata oranı = % 7,0

Örnek 4 için ortalama hata oranı = % 6,2

Örnek 5 için ortalama hata oranı = % 4,5

ρ_3 (toplam donatının köşelerde 3/16'sının, kenar ortalarında 1/16'sinin bulunması hali.)

Örnek 1 için ortalama hata oranı = % 4,9

Örnek 2 için ortalama hata oranı = % 2,4

Örnek 3 için ortalama hata oranı = % 7,1

Örnek 4 için ortalama hata oranı = % 4,8

Örnek 5 için ortalama hata oranı = % 4,4

ρ_4 (karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı hali.)

Örnek 1 için ortalama hata oranı = % 4,7

Örnek 2 için ortalama hata oranı = % 2,8

Örnek 3 için ortalama hata oranı = % 7,2

Örnek 4 için ortalama hata oranı = % 5,5

Örnek 5 için ortalama hata oranı = % 4,2

Güvenli ve güvensiz yöndeki hata oranlarının ortalamaları, sırası ile

ρ_1 için = - %10.3 , %4.3

ρ_2 için = -%10.35 %4.53

ρ_3 için = -%10.7 , %4.18

ρ_4 için = -%11 , %4.3

olarak hesaplanmıştır. Deprem hesaplarındaki çeşitli belirsizlikler göz önünde tutulursa, bu hata oranlarının pratik uygulamalar bakımından kabul edilebilir mertebede oldukları söylenebilir.

Çizelge 5.1 Yeni süperpozisyonda örnek 1'in ρ_1 için hata oranları

Kolon No	Kolon Tipi	M_{ax} (kNm)	M_{ay} (kNm)	M_{bx} (kNm)	M_{by} (kNm)	M_a (kNm)	M_b (kNm)	ρ (%)	ρ_{max} (%)	ρ_p (%)	Hata (%)
1 400/400	885 (G+Q±E) NOK	-152,62	161,03	155,75	155,75	221,86	88,11	2.524	2,524	2,496	1,1
						88,75	220,26	2.509			
2 400/500	900 (G+Q±E) NOK	-183,84	192,5	269,29	269,3	266,18	152,34	2.435	2,689	2,530	6,2
						106,47	380,84	2.689			
3 400/600	910 (G+Q±E) NOK	-177,81	186,7	358,55	358,55	257,82	202,83	1.783	2,259	2,075	8,8
						103,13	507,07	2.259			
4 300/450	445 (G+Q±E) NOK	90,22	-107,93	-125,53	-125,53	140,67	71,01	2.423	2,423	2,36	2,6
						56,27	177,53	2.088			

Çizelge 5.2 Yeni süperpozisyonda örnek 2'nin ρ_1 için hata oranları

Kolon No	Kolon Tipi	M_{ax} (kNm)	M_{ay} (kNm)	M_{bx} (kNm)	M_{by} (kNm)	M_a (kNm)	M_b (kNm)	ρ (%)	ρ_{max} (%)	ρ_p (%)	Hata (%)
1 400/400	760 (G+Q±E) NOK	188,05	-110,73	104,97	182,71	218,23	84,29	2.465	2,465	2,369	4,0
						87,29	210,72	2.396			
2 400/600	1390 (G+Q±E) NOK	306,28	-173,97	307,5	521,43	352,24	242,14	2.74	3,02	2,904	3,9
						140,90	605,35	3.02			
3 500/600	1940 (G+Q±E) OK	-622,56	0	6,76	-783,61	622,56	313,46	3.169	3,276	3,253	0,7
						249,02	783,64	3.276			

Çizelge 5.3 Yeni süperpozisyonda örnek 3'ün ρ_1 için hata oranları

Kolon No	Kolon Tipi	M_{ax} (kNm)	M_{ay} (kNm)	M_{bx} (kNm)	M_{by} (kNm)	M_a (kNm)	M_b (kNm)	ρ (%)	ρ_{max} (%)	ρ_p (%)	Hata (%)
1 350/350	380 (G+Q±E) NOK	-104,89	-84,98	102,36	-84,98	135	53,22	2.322	2,322	2,412	-3,7
						54	133	2.292			
2 400/600	1155 (G+Q±E) NOK	229,66	197,34	503,36	-417,84	302,80	261,68	2.426	3,185	3,141	1,4
						121,12	654,187	3.185			
3 400/600	1428 (G+Q±E) OK	-331,86	2,50	0	585,47	331,87	234,19	2.524	2,854	2,687	6,2
						132,75 5	585,47	2.854			
4 350/350	540 (G+Q±E) NOK	-119,6	-80,64	119,6	-77,21	144,25	56,94	2.515	2,515	3,027	-16,9
						57,70	142,36	2.488			

Çizelge 5.4 Yeni süperpozisyonda örnek 4'ün p1 için hata oranları

Kolon No	Kolon Tipi	M _{ax} (kNm)	M _{ay} (kNm)	M _{bx} (kNm)	M _{by} (kNm)	M _a (kNm)	M _b (kNm)	ρ (%)	ρ _{max} (%)	ρ _p (%)	Hata (%)
1 350/350	390 (G+Q±E) NOK	-75,13	-88,87	85,05	-84,08	116,37	47,84	1.876	1,926	1,856	3,7
						46,55	119,594	1.926			
2 350/350	390 (G+Q±E) NOK	-74,75	-88,49	88,07	-89,11	115,836	50,11	1.895	2,04	1,964	3,8
						46,33	125,287	2.04			
3 400/600	962 (G+Q±E) NOK	-199,24	-211,41	381,13	-379,98	290,5	215,27	2.091	2,49	2,321	7,2
						116,20	538,186	2.49			
4 400/600	962 (G+Q±E) NOK	210,22	-211,37	375,89	402,94	298,11	220,42	2.175	2,579	2,428	6,2
						119,24	551,048	2.579			

Çizelge 5.5 Yeni süperpozisyonda örnek 5'in p1 için hata oranları

Kolon No	Kolon Tipi	M _{ax} (kNm)	M _{ay} (kNm)	M _{bx} (kNm)	M _{by} (kNm)	M _a (kNm)	M _b (kNm)	ρ (%)	ρ _{max} (%)	ρ _p (%)	Hata (%)
1 350/350	680 (G+Q±E) NOK	-91,33	-93,70	96,28	-100,19	130,846	55,58	2.16	2,27	2,209	2,7
						52,34	138,952	2.27			
2 400/600	1350 (G+Q±E) NOK	229,65	228,07	432,73	-424,53	323,66	242,48	2.5	2,957	2,766	6,9
						129,46	606,20	2.957			
3 350/350	640 (G+Q±E) OK	-10,87	-129,97	141,5	6,41	130,423	56,66	2.182	2,344	2,26	3,7
						52,17	141,645	2.344			

Çizelge 5.6 Yeni süperpozisyonda örnek 1'in p2 için hata oranları

Kolon No	Kolon Tipi	M _{ax} (kNm)	M _{ay} (kNm)	M _{bx} (kNm)	M _{by} (kNm)	M _a (kNm)	M _b (kNm)	ρ (%)	ρ _{max} (%)	ρ _p (%)	Hata (%)
1 400/400	885 (G+Q±E) NOK	-152,62	161,03	155,75	155,75	221,86	88,11	2.425	2,425	2,398	1,1
						88,75	220,26	2.411			
2 400/500	900 (G+Q±E) NOK	-183,84	192,5	269,29	269,3	266,18	152,34	2.32	2,58	2,429	6,2
						106,47	380,84	2.58			
3 400/600	910 (G+Q±E) NOK	-177,81	186,7	358,55	358,55	257,82	202,83	1.712	2,16	1,976	9,3
						103,13	507,07	2.16			
4 300/450	445 (G+Q±E) NOK	90,22	-107,93	-125,53	-125,53	140,67	71,01	2.32	2,32	2,266	2,3
						56,27	177,53	2.00			

Çizelge 5.7 Yeni süperpozisyonda örnek 2'nin p2 için hata oranları

Kolon No	Kolon Tipi	M _{ax} (kNm)	M _{ay} (kNm)	M _{bx} (kNm)	M _{by} (kNm)	M _a (kNm)	M _b (kNm)	ρ (%)	ρ _{max} (%)	ρ _p (%)	Hata (%)
1 400/400	760 (G+Q±E) NOK	188,05	-110,73	104,97	182,71	218,23	84,29	2.349	2,349	2,276	3,2
						87,29	210,717	2.282			
2 400/600	1390 (G+Q±E) NOK	306,28	-173,97	307,5	521,43	352,24	242,14	2.632	2,91	2,79	4,3
						140,90	605,35	2.91			
3 500/600	1940 (G+Q±E) OK	-622,56	0	6,76	-783,61	622,56	313,46	3.045	3,14	3,125	0,4
						249,02	783,64	3.14			

Çizelge 5.8 Yeni süperpozisyonda örnek 3'ün p2 için hata oranları

Kolon No	Kolon Tipi	M _{ax} (kNm)	M _{ay} (kNm)	M _{bx} (kNm)	M _{by} (kNm)	M _a (kNm)	M _b (kNm)	P (%)	ρ _{max} (%)	ρ _p (%)	Hata (%)
1 350/350	380 (G+Q±E) NOK	-104,89	-84,98	102,36	-84,98	135	53,22	2.23	2,23	2,294	-2,7
						54,00	133	2.20			
2 400/600	1155 (G+Q±E) NOK	229,66	197,34	503,36	-417,84	302,80	261,68	2.311	3,03	2,993	1,2
						21,12	654,187	3.03			
3 400/600	1428 (G+Q±E) OK	-331,86	2,50	0	585,47	331,87	234,19	2.424	2,74	2,581	6,1
						132,75	585,47	2.74			
4 350/350	540 (G+Q±E) NOK	-119,6	-80,64	119,6	-77,21	144,25	56,94	2.4	2,4	2,931	1,8
						57,70	142,36	2.37			

Çizelge 5.9 Yeni süperpozisyonda örnek 4'ün p2 için hata oranları

Kolon No	Kolon Tipi	M _{ax} (kNm)	M _{ay} (kNm)	M _{bx} (kNm)	M _{by} (kNm)	M _a (kNm)	M _b (kNm)	ρ (%)	ρ _{max} (%)	ρ _p (%)	Hata (%)
1 350/350	390 (G+Q±E) NOK	-75,13	-88,87	85,05	-84,08	116,37	47,84	1.801	1,849	1,782	3,7
						46,55	119,594	1.849			
2 350/350	390 (G+Q±E) NOK	-74,75	-88,49	88,07	-89,11	115,836	50,11	1.82	1,95	1,886	6,4
						46,33	125,287	1.95			
3 400/600	962 (G+Q±E) NOK	-199,24	-211,41	381,13	-379,98	290,5	215,27	2.00	2,39	2,21	8,1
						116,20	538,186	2.39			
4 400/600	962 (G+Q±E) NOK	210,22	-211,37	375,89	402,94	298,11	220,42	2.08	2,47	2,313	6,7
						119,24	551,048	2.47			

Çizelge 5.10 Yeni süperpozisyonda örnek 5'nin p2 için hata oranları

Kolon No	Kolon Tipi	M _{ax} (kNm)	M _{ay} (kNm)	M _{bx} (kNm)	M _{by} (kNm)	M _a (kNm)	M _b (kNm)	ρ (%)	ρ _{max} (%)	ρ _p (%)	Hata (%)
1 350/350	680 (G+Q±E) NOK	-91,33	-93,70	96,28	-100,19	130,846	55,58	2.075	2,188	2,122	3,1
						52,34	138,952	2.188			
2 400/600	1350 (G+Q±E) NOK	229,65	228,07	432,73	-424,53	323,66	242,48	2.401	2,84	2,657	6,8
						129,46	606,20	2.84			
3 350/350	640 (G+Q±E) OK	-10,87	-129,97	141,5	6,41	130,423	56,66	2.096	2,25	2,171	3,6
						52,17	141,645	2.25			

Çizelge 5.11 Yeni süperpozisyonda örnek 1'in p3 için hata oranları

Kolon No	Kolon Tipi	M _{ax} (kNm)	M _{ay} (kNm)	M _{bx} (kNm)	M _{by} (kNm)	M _a (kNm)	M _b (kNm)	ρ (%)	ρ _{max} (%)	ρ _p (%)	Hata (%)
1 400/400	885 (G+Q±E) NOK	-152,62	161,03	155,75	155,75	221,86	88,11	2.186	2,186	2,162	1,1
						88,75	220,26	2.173			
2 400/500	900 (G+Q±E) NOK	-183,84	192,5	269,29	269,3	266,18	152,34	2.07	2,3	2,188	5,1
						106,47	380,84	2.30			
3 400/600	910 (G+Q±E) NOK	-177,81	186,7	358,55	358,55	257,82	202,83	1.541	1,952	1,779	9,7
						103,13	507,07	1.952			
4 300/450	445 (G+Q±E) NOK	90,22	-107,93	-125,53	125,53	140,67	77,01	2.12	2,12	2,039	3,8
						56,27	177,53	1.78			

Çizelge 5.12 Yeni süperpozisyonda örnek 2'nin p3 için hata oranları

Kolon No	Kolon Tipi	M _{ax} (kNm)	M _{ay} (kNm)	M _{bx} (kNm)	M _{by} (kNm)	M _a (kNm)	M _b (kNm)	ρ (%)	ρ _{max} (%)	ρ _p (%)	Hata (%)
1 400/400	760 (G+Q±E) NOK	188,05	-110,73	104,97	182,71	218,23	84,29	2.11	2,11	2,052	2,8
						87,29	210,717	2.05			
2 400/600	1390 (G+Q±E) NOK	306,28	-173,97	307,5	521,43	352,24	242,14	2.37	2,62	2,515	4,1
						140,90	605,35	2.62			
3 500/600	1940 (G+Q±E) OK	-622,56	0	6,76	-783,61	622,56	313,46	2.74	2,83	2,818	0,4
						249,02	783,64	2.83			

Çizelge 5.13 Yeni süperpozisyonunda örnek 3'ün ρ_3 için hata oranları

Kolon No	Kolon Tipi	M_{ax} (kNm)	M_{ay} (kNm)	M_{bx} (kNm)	M_{by} (kNm)	M_a (kNm)	M_b (kNm)	ρ (%)	ρ_{max} (%)	ρ_p (%)	Hata (%)
1 350/350	380 (G+Q±E) NOK	-104,89	-84,98	102,36	-84,98	135	53,22	2.004	2,004	2,098	-4,4
						54,00	133	1.97			
2 400/600	1155 (G+Q±E) NOK	229,66	197,34	503,36	-417,84	302,80	261,68	2.08	2,73	2,696	1,2
						121,12	654,187	2.73			
3 400/600	1428 (G+Q±E) OK	-331,86	2,50	0	585,47	331,87	234,19	2.18	2,47	2,327	6,1
						132,75	585,47	2.47			
4 350/350	540 (G+Q±E) NOK	-119,6	-80,64	119,6	-77,21	144,25	56,94	2.16	2,16	2,619	-17
						57,70	142,36	2.13			

Çizelge 5.14 Yeni süperpozisyonunda örnek 4'ün ρ_3 için hata oranları

Kolon No	Kolon Tipi	M_{ax} (kNm)	M_{ay} (kNm)	M_{bx} (kNm)	M_{by} (kNm)	M_a (kNm)	M_b (kNm)	ρ (%)	ρ_{max} (%)	ρ_p (%)	Hata (%)
1 350/350	390 (G+Q±E) NOK	-75,13	-88,87	85,05	-84,08	116,37	47,84	1.60	1,64	1,604	2,2
						46,55	119,594	1.64			
2 350/350	390 (G+Q±E) NOK	-74,75	-88,49	88,07	-89,11	115,836	50,11	1.62	1,74	1,697	2,5
						46,33	125,287	1.74			
3 400/600	962 (G+Q±E) NOK	-199,24	-211,41	381,13	-379,98	290,5	215,27	1.80	2,15	1,989	8,0
						116,20	538,186	2.15			
4 400/600	962 (G+Q±E) NOK	210,22	-211,37	375,89	402,94	298,11	220,42	1.87	2,22	2,081	6,6
						119,24	551,048	2.22			

Çizelge 5.15 Yeni süperpozisyonunda örnek 5'in ρ_3 için hata oranları

Kolon No	Kolon Tipi	M_{ax} (kNm)	M_{ay} (kNm)	M_{bx} (kNm)	M_{by} (kNm)	M_a (kNm)	M_b (kNm)	ρ (%)	ρ_{max} (%)	ρ_p (%)	Hata (%)
1 350/350	680 (G+Q±E) NOK	-91,33	-93,70	96,28	-100,19	130,846	55,58	1.87	1,97	1,914	2,9
						52,34	138,952	1.97			
2 400/600	1350 (G+Q±E) NOK	229,65	228,07	432,73	-424,53	323,66	242,48	2.16	2,56	2,395	6,8
						129,46	606,20	2.56			
3 350/350	640 (G+Q±E) OK	-10,87	-129,97	141,5	6,41	130,423	56,66	1.89	2,03	1,957	3,7
						52,17	141,645	2.03			

Çizelge 5.16 Yeni süperpozisyonda örnek 1'in p4 için hata oranları

Kolon No	Kolon Tipi	M _{ax} (kNm)	M _{ay} (kNm)	M _{bx} (kNm)	M _{by} (kNm)	M _a (kNm)	M _b (kNm)	ρ (%)	ρ _{max} (%)	ρ _p (%)	Hata (%)
1 400/400	885 (G+Q±E) NOK	-152,62	161,03	155,75	155,75	221,86	88,11	1,98	1,98	1,966	1,4
						88,75	220,26	1,97			
2 400/500	900 (G+Q±E) NOK	-183,84	192,5	269,29	269,3	266,18	152,34	1,91	2,13	2,008	6,0
						106,47	380,84	2,13			
3 400/600	910 (G+Q±E) NOK	-177,81	186,7	358,55	358,55	257,82	202,83	1,42	1,80	1,647	9,2
						103,13	507,07	1,80			
4 300/450	445 (G+Q±E) NOK	90,22	-107,93	-125,53	-125,53	140,67	71,01	1,93	1,93	1,888	2,2
						56,27	177,53	1,67			

Çizelge 5.17 Yeni süperpozisyonda örnek 3'ün p4 için hata oranları

Kolon No	Kolon Tipi	M _{ax} (kNm)	M _{ay} (kNm)	M _{bx} (kNm)	M _{by} (kNm)	M _a (kNm)	M _b (kNm)	ρ (%)	ρ _{max} (%)	ρ _p (%)	Hata (%)
1 350/350	380 (G+Q±E) NOK	-104,89	-84,98	102,36	-84,98	135	53,22	1,873	1,873	1,961	-4,4
						54,00	133	1,85			
2 400/600	1155 (G+Q±E) NOK	229,66	197,34	503,36	-417,84	302,80	261,68	1,91	2,5	2,473	1,0
						121,12	654,187	2,50			
3 400/600	1428 (G+Q±E) OK	-331,86	2,50	0	585,47	331,87	234,19	1,98	2,24	2,116	5,8
						132,75	585,47	2,24			
4 350/350	540 (G+Q±E) NOK	-119,6	-80,64	119,6	-77,21	144,25	56,94	1,98	1,98	2,403	-17,6
						57,70	142,36	1,96			

Çizelge 5.18 Yeni süperpozisyonda örnek 2'nin p4 için hata oranları

Kolon No	Kolon Tipi	M _{ax} (kNm)	M _{ay} (kNm)	M _{bx} (kNm)	M _{by} (kNm)	M _a (kNm)	M _b (kNm)	ρ (%)	ρ _{max} (%)	ρ _p (%)	Hata (%)
1 400/400	760 (G+Q±E) NOK	188,05	-110,73	104,97	182,71	218,23	84,29	1,94	1,94	1,865	4,0
						87,29	210,717	1,88			
2 400/600	1390 (G+Q±E) NOK	306,28	-173,97	307,5	521,43	352,24	242,14	2,15	2,38	2,287	4,0
						140,90	605,35	2,38			
3 500/600	1940 (G+Q±E) OK	-622,56	0	6,76	-783,61	622,56	313,46	2,49	2,579	2,562	0,6
						249,02	783,64	2,579			

Çizelge 5.19 Yeni süperpozisyonda örnek 4'ün p4 için hata oranları

Kolon No	Kolon Tipi	M _{ax} (kNm)	M _{ay} (kNm)	M _{bx} (kNm)	M _{by} (kNm)	M _a (kNm)	M _b (kNm)	ρ (%)	ρ _{max} (%)	ρ _p (%)	Hata (%)
1 350/350	390 (G+Q±E) NOK	-75,13	-88,87	85,05	-84,08	116,37	47,84	1.50	1,54	1,485	3,7
						46,55	119,594	1.54			
2 350/350	390 (G+Q±E) NOK	-74,75	-88,49	88,07	-89,11	115,836	50,11	1.51	1,63	1,571	3,7
						46,33	125,287	1.63			
3 400/600	962 (G+Q±E) NOK	-199,24	-211,41	381,13	-379,98	290,5	215,27	1.67	1,99	1,842	8,0
						116,20	538,186	1.99			
4 400/600	962 (G+Q±E) NOK	210,22	-211,37	375,89	402,94	298,11	220,42	1.74	2,06	1,927	6,9
						119,24	551,048	2.06			

Çizelge 5.20 Yeni süperpozisyonda örnek 5'in p4 için hata oranları

Kolon No	Kolon Tipi	M _{ax} (kNm)	M _{ay} (kNm)	M _{bx} (kNm)	M _{by} (kNm)	M _a (kNm)	M _b (kNm)	ρ (%)	ρ _{max} (%)	ρ _p (%)	Hata (%)
1 350/350	680 (G+Q±E) NOK	-91,33	-93,70	96,28	-100,19	130,846	55,58	1.7	1,79	1,74	2,8
						52,34	138,952	1.79			
2 400/600	1350 (G+Q±E) NOK	229,65	228,07	432,73	-424,53	323,66	242,48	1.96	2,32	2,178	6,5
						129,46	606,20	2.32			
3 350/350	640 (G+Q±E) OK	-10,87	-129,97	141,5	6,41	130,423	56,66	1.71	1,84	1,779	3,4
						52,17	141,645	1.84			

6. SONUÇLAR

Tüm örnek yapılar için çeşitli süperpozisyon yöntemleri ile bulunan kolon donatılarının parametrik araştırma sonuçları ile karşılaştırılmasından aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

1- Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik'te verilen süperpozisyon formülünün asal eksenler doğrultusundaki eğilme momentlerinin karşılıklı etkilerini göz önüne almadan uygulanması (Etkileşimsiz Süperpozisyon) sonucunda elde edilen donatı oranlarının tümü güvensiz yönde ve -% 25 ile -% 46 oranları arasında hatalı olduğu belirlenmiştir.

2- Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik'te verilen süperpozisyon formülünün asal eksenler doğrultusundaki eğilme momentlerinin karşılıklı etkilerini de göz önüne alarak uygulanması (Etkileşimli Süperpozisyon) sonucunda elde edilen donatı oranlarının değerleri incelendiğinde ortogonal olmayan kolonlar için elde edilen donatı oranların tümü güvenli yönde ve +% 36 ile +% 52 oranları arasında hatalı olduğu ve ortogonal olan kolonlar için elde edilen donatı oranların ise tümü güvensiz yönde ve -% 25 ile -% 31 oranları arasında hatalı belirlenmiştir.

3- Gerek ortogonal olmayan yapılardaki ortogonal kolonlar gerekse ortogonal yapılara ait kolonlar için, donatı hesaplarında ortogonal doğrultulardaki yüklemelerden elde edilen eğilme momentlerinin kullanılması hatalı sonuçlar vermektedir.

4- Yukarıda sıralanan sonuçlar nedeni ile, daha gerçekçi güvenli bir süperpozisyon formülünün geliştirilmesi gereği ortaya çıkmıştır. Bu amaçla önerilmiş olan (4.1a) ve (4.1b) süperpozisyon formüllerinin çoğunlukla güvenli yönde olmak üzere, ortalama hatalı sonuçlar aşağıda yazılmıştır.

p1 (dört kenar boyunca eşit ve düzgün yayılı donatı hali.) için ortalama hata oranı.....= % 4,8

p2 (köşelerde ve kenar ortalarında toplanan sekiz eşit donatı hali.) için ortalama hata oranı.= % 4,9

p3 (toplam donatının köşelerde 3/16'sının, kenar ortalarında 1/16'sının bulunması hali.) için ortalama hata oranı.....= % 4,7

p4 (karşılıklı iki kenarda eşit ve düzgün yayılı donatı hali.) için ortalama hata oranı.....= % 4,9

Deprem hesaplarındaki çeşitli belirsizlikler göz önünde tutulursa bu hata oranlarının pratik uygulamalar bakımından kabul edilebilir mertebede olduğu söylenebilir.

6- Ortogonal olan ve olmayan yapılardaki tüm kolanların donatı hesaplarında, kullanılacak tasarım eğilme momentlerinin önerilen yeni (4.1a) ve (4.1b) süperpozisyon formülleriyle belirlenmesi, donatı yüzdelerinin gerçeğe yeterince yakın hesaplanmasını sağlamaktadır.

7- Bu çalışmada elde edilen sonuçların irdelenmesi ve genelleştirilmesi için, daha geniş kapsamlı araştırmaların yapılması faydalı olacaktır.



KAYNAKLAR

Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, Ağustos 1997

Celep, Z. ve Kumbasar, N. (2001), Betonarme Yapılar

Celep, Z. ve Kumbasar, N. (2000), Deprem Mühendisliğine Giriş

Çağatay, İ. H. ve Güzeldağ, S. (2002), Yeni Deprem Yönetmeliği (TDY-98) SAP2000N Uygulamaları, Adana

Çakıroğlu, A. ve Özer, E. (1983), Eğik Eğilme ve Eksenel Kuvvet Etkisindeki Dikdörtgen Betonarme Kesitlerde Taşıma Gücü Formülleri, İstanbul

Ersoy, U. ve Özcebe, G. (2001), Betonarme Temel İlkeler, TS-500-2000 ve Türk Deprem Yönetmeliğine Göre Hesap, Evrim Yayınevi, İstanbul

Hasgür, Z. ve Gündüz, N. (1996), Betonarme Çokkatlı Yapılar, İstanbul

Özmen, G. , Orakdöğen, E. ve Darılmaz, K. (2002), Örneklerle SAP 2000, Birsan Yayınevi, İstanbul

Özmen, G. (2001), Ortogonal Olmayan Yapılarda Maksimum Donatı Oranlarının Tayini, İstanbul

SAP 2000 Nonlinear Version 7,21

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	01.09.1976	
Doğum yeri	Artvin	
Lise	1990-1993	Maçka Teknik Lisesi
Lisans	1993-1997	Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2000-2005	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü İnşaat Müh. Anabilim Dalı, Yapı Programı

Çalıştığı kurumlar

1997-1998	M-G Mimarlık Ltd.Şti
1999-2001	Akspan Mühendislik Ltd.Şti
2001- Devam ediyor	Ege Ordu İstihkam Başkanlığı İnşaat Emlak Şb.