İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BETONARME ÇOK KATLI YAPILARDA DÖŞEME TÜRÜNÜN TAŞIYICI SİSTEME ETKİLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Müh. Mesut ÇAĞLARIM

Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
Programı : YAPI MÜHENDİSLİĞİ

MAYIS 2002

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BETONARME ÇOK KATLI YAPILARDA DÖŞEME TÜRÜNÜN TAŞIYICI SİSTEME ETKİLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Müh. Mesut ÇAĞLARIM

(501930013011)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 13 Mayıs 2002
Tezin Savunulduğu Tarih : 28 Mayıs 2002

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Turgut ÖZTÜRK

Diğer Jüri Üyeleri Prof. Dr. Zekai CELEP

Doç. Dr. Kadir GÜLER

MAYIS 2002

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışmada döşeme türlerinin değişmesinden dolayı yapıda deprem etkilerinin karşılaması sırasında ortaya çıkan farklılıklar incelenmiştir. Kat döşemelerinin Rijit Diyafram ve Esnek Döşeme kabulleri ile tarif edilmesinin ne farklılıklar getirdiği araştırılmıştır. Rijit ve Esnek Diyafram kabulleri ışığında ABYYHY de belirtilen A2 ve A3 türü düzensizlik durumları incelenmiştir.

Bu çalışmayı yaparken beni yönlendiren ve değerli bilimsel katkılarını esirgemeyen hocam Sayın Doç. Dr. Turgut ÖZTÜRK' e çok teşekkür ederim. Bu çalışmanın hazırlanması sırasında bana devamlı destek olan anne ve babam Sayın Ferihan ve Enver ÇAĞLARIM' a, benden hem desteğini hem de yardımlarını esirgemeyen Sayın İpek AKSOY' a iş ortaklarım Sayın Alper ERDURMAZ, Sedat ÖDÜBEK ve Asm Yapı Müh. Ltd. Şti. çalışanlarına teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Mayıs 2002 İnş. Müh. Mesut ÇAĞLARIM

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
KISALTMA LİSTESİ	**v**
TABLO LİSTESİ	**vı**
ŞEKİL LİSTESİ	**vıı**
SEMBOL LİSTESİ	**xı**
ÖZET	**xv**
SUMMARY	**xvı**
1. GİRİŞ	**1**
2. DÖŞEME SİSTEMLERİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER	**2**
2.1 Kirişli Plak Döşemeler	3
2.2 Dişli Plak Döşemeler	6
2.3 Kirişsiz Döşemeler	8
2.4 ABYYHY ‘te Yapı Sistemleri ve Süneklik Düzeyleri	12
2.4.1 Çerçeveli sistemler	13
2.4.2 Perdeli sistemler	16
2.4.3 Kirişsiz döşemeli sistemler	16
3. PLANDA DÜZENSİZLİĞİ BULUNAN YAPILAR	**18**
3.1 Planda Düzensizliği Bulunan Yapılar	19
3.1.1 A-1 Burulma düzensizliği	20
3.1.2 A-2 Döşeme süreksizlik düzensizliği	22
3.1.3 A-3 Planda çıkıntılar bulunması düzensizliği	24
3.1.4 A-4 Taşıyıcı eleman eksenlerinin paralel olmaması düzensizliği	24
4. KAT DÖŞEMELERİNİN RİJİT VEYA ESNEK KABUL EDİLEREK MODELLENMESİ	**26**
4.1 Kat Döşemelerinin Rijit Diyafram Olarak Modellenmesi	26
4.2 Kat Döşemelerinin Döşeme Esnekliği İle Modellenmesi	27
4.3 Rijit Modelle Esnek Modelin Karşılaştırılması	28

5. SAYISAL ÖRNEKLER **29**
5.1 Örnek Yapı Hakkında Genel Bilgi 29
5.2 Hesap Yüklerinin Bulunması 30
5.2.1 Bina-1 döşeme yüklerinin bulunması 31
5.2.2 Bina-2 döşeme yüklerinin bulunması 33
5.2.3 Bina-3 döşeme yüklerinin bulunması 35
5.2.4 Diğer Yükler 37
5.3 Kolonların Boyutlandırılması 38
5.3.1 Kolonların düşey yüklere göre ön boyutlarının belirlenmesi 39
5.4 Kiriş Tabla Genişliklerinin Hesaplanması 39
5.5 Kirişsiz Döşemelerde Zımbalama Etkisi 41
5.6 Yatay Yükler Göre Hesap 45
5.6.1 Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre hesap 45
5.6.2 Mod birleştirme yöntemine göre hesap 60
5.6.3 A1 ve B2 düzensizliklerinin incelenmesi 75
5.6.4 Yerdeğiştirmelerin sınırlandırılması ve ikinci mertebe etkileri 77

6. RİJİT DİYAFRAM VE ESNEK DÖŞEME MODELLERİ İLE A2 VE A3 TÜRÜ DÜZENSİZLİKLERİN ÖRNEKLER ÜZERİNDE İNCELENMESİ **82**
6.1 Örnek-1'in İncelenmesi 82
6.1.1 Yapı özellikleri ve uygulanan metot 82
6.1.2 Örnek-1'de y yönü modal analiz sonuçlarının incelenmesi 84
6.2 Örnek-2'nin İncelenmesi 90
6.2.1 Yapı özellikleri 90
6.2.2 Örnek-2'de modal analiz sonuçlarının incelenmesi 91
6.3 A2 Türü Düzensizliği Oluşturan Büyük Döşeme Boşluklarının Örnekler Üzerinde İncelenmesi 98
6.4 Yapılarda A3 Türü Düzensizliği Oluşturan Yapısal Çıkıntılar Bulunmasının İncelenmesi 102

7. SONUÇ **105**

KAYNAKLAR **112**
EKLER **114**
ÖZGEÇMİŞ **167**

KISALTMA LİSTESİ

ABYYHY **:** Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
CQC **:** Tam Karesel Birleştirme Yöntemi
E.D. **:** Esnek Döşeme
R.D. **:** Rijit Diyafram
SSBDA **:** Specification for Structures to be Built in Disaster Areas

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1. Yapı sistemleri ve süneklik düzeyleri 17
Tablo 3.1. Planda düzensizlik durumları 18
Tablo 3.2. Düşeyde düzensizlik durumları 19
Tablo 5.1. Döşeme yüksekliklerinin sehim koşuluna göre belirlenmesi 31
Tablo 5.2. Bina-1 kiriş tabla genişliklerinin belirlenmesi 40
Tablo 5.3. Bina-2 kiriş tabla genişliklerinin belirlenmesi 40
Tablo 5.4. Bina-3 S1 ve S2 kolonunda zımbalama kontrolü 43
Tablo 5.5. Bina-3 S3 ve S4 kolonunda zımbalama kontrolü 44
Tablo 5.6. Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar 46
Tablo 5.7. Bina-1 (17 kat) kat ağırlıkları, kütleleri ve kütle merkezleri 47
Tablo 5.8. Bina-1 (17 kat) toplam yapı ağırlıkları, yapı periyotları ve taban kesme kuvvetleri 51
Tablo 5.9. Bina-1 (17 kat) kat kütlelerinin belirlenmesi 60
Tablo 5.10. X_{+mod} ve Y_{-mod} mod periyot değerleri ve etkin kütle katılım oranları ... 63
Tablo 5.11. Bina-1 (3 – 17 Kat) α_m, taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve scaler çarpanın hesabı 67
Tablo 5.12. Bina-1 (3 - 17 Kat) modal analiz sonucunda oluşan taban kesme kuvvetleri ve eşdeğer deprem yükü yöntemine göre kontrolü 68
Tablo 5.13. Bina-1 x yönü süneklik düzeyleri ve taban kesme kuvvetleri 71
Tablo 5.14. X_{+mod} modal analiz sonuçlarına göre burulma düzensizlik katsayısının hesaplanması 76
Tablo 5.15. Y_{-mod} modal analiz sonuçlarına göre burulma düzensizlik katsayısının hesaplanması 77
Tablo 5.16. Y_{-mod} yüklemesine göre ikici mertebe gösterge değerlerinin hesaplanması 78
Tablo 6.1. Örnek-1 (1 - 9 kat) yapı periyotları ve modal kütle oranları 85
Tablo 6.2. Örnek-1 (1 – 9 kat) yapı periyotları 86
Tablo 6.3. Örnek-2 (1 - 9 kat) yapı periyotları 87
Tablo B.1. S1 kolonuna katlardan gelen yükler 120
Tablo B.2. S2 kolonuna katlardan gelen yükler 121
Tablo B.3. S3 kolonuna katlardan gelen yükler 122
Tablo B.4. S4 kolonuna katlardan gelen yükler 123
Tablo B.5. P1 perdesine katlardan gelen yükler 124
Tablo B.6. P2 perdesine katlardan gelen yükler 126
Tablo C.1. S1 kolonunda boyutların belirlenmesi 128
Tablo C.2. S2 kolonunda boyutların belirlenmesi 129
Tablo C.3. S3 kolonunda boyutların belirlenmesi 130
Tablo C.4. S4 kolonunda boyutların belirlenmesi 131
Tablo C.5. P1 perdesi normal kuvvetleri 132
Tablo C.6. P2 perdesi normal kuvvetleri 133
Tablo D.1. Bina-1 kat sayısına göre S1 kolonu boyutu 134

Tablo D.2. Bina-1 kat sayısına göre S2 kolonu boyutu 135
Tablo D.3. Bina-1 kat sayısına göre S3 kolonu boyutu 136
Tablo D.4. Bina-1 kat sayısına göre S4 kolonu boyutu 137
Tablo D.5. Bina-2 kat sayısına göre S1 kolonu boyutu 138
Tablo D.6. Bina-2 kat sayısına göre S2 kolonu boyutu 139
Tablo D.7. Bina-2 kat sayısına göre S3 kolonu boyutu 140
Tablo D.8. Bina-2 kat sayısına göre S4 kolonu boyutu 141
Tablo D.9. Bina-3 kat sayısına göre S1 kolonu boyutu 142
Tablo D.10. Bina-3 kat sayısına göre S2 kolonu boyutu 143
Tablo D.11. Bina-3 kat sayısına göre S3 kolonu boyutu 144
Tablo D.12. Bina-3 kat sayısına göre S4 kolonu boyutu 145
Tablo E.1. Bina-2 (17 kat) toplam yapı ağırlıkları, yapı periyotları ve taban kesme kuvvetleri 146
Tablo E.2. Bina-3 (17 kat) toplam yapı ağırlıkları, yapı periyotları ve taban kesme kuvvetleri 147
Tablo F.1. Bina-2 (3 – 17 kat) α_m, taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve scaler çarpanın hesabı 148
Tablo F.2. Bina-2 (3 – 17 kat) modal analiz sonucunda oluşan taban kesme kuvvetleri ve eşdeğer deprem yükü yöntemine göre kontrolü 149
Tablo F.3. Bina-3 (3 – 17 kat) α_m, taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve scaler çarpanın hesabı 150
Tablo F.4. Bina-3 (3 – 17 kat) modal analiz sonucunda oluşan taban kesme kuvvetleri ve eşdeğer deprem yükü yöntemine göre kontrolü 151
Tablo G.1. Bina-1 kat sayısına göre x yönü burulma düzensizlik katsayıları 152
Tablo G.2. Bina-1 kat sayısına göre y yönü burulma düzensizlik katsayıları 153
Tablo G.3. Bina-1 kat sayısına göre x yönü katlar arası rijitlik düzensizliği katsayıları 154
Tablo G.4. Bina-1 kat sayısına göre y yönü katlar arası rijitlik düzensizliği katsayıları 155
Tablo G.5. Bina-2 kat sayısına göre x yönü burulma düzensizlik katsayıları 156
Tablo G.6. Bina-2 kat sayısına göre y yönü burulma düzensizlik katsayıları 157
Tablo G.7. Bina-2 kat sayısına göre x yönü katlar arası rijitlik düzensizliği katsayıları 158
Tablo G.8. Bina-2 kat sayısına göre y yönü katlar arası rijitlik düzensizliği katsayıları 159
Tablo G.9. Bina-3 kat sayısına göre x yönü burulma düzensizlik katsayıları 160
Tablo G.10. Bina-3 kat sayısına göre y yönü burulma düzensizlik katsayıları 161
Tablo G.11. Bina-1 kat sayısına göre x yönü katlar arası rijitlik düzensizliği katsayıları 162
Tablo G.12. Bina-1 kat sayısına göre y yönü katlar arası rijitlik düzensizliği katsayıları 163

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1 : Tek doğrultuda yük aktaran kirişli plak döşeme 3
Şekil 2.2 : Her iki doğrultuda da yük aktaran kirişli plak döşeme 4
Şekil 2.3 : Izgara kirişlerle bölünmüş kirişli plak döşeme 5
Şekil 2.4 : Dişli döşeme 6
Şekil 2.5 : İki yönlü taşınan kaset dişli döşeme 7
Şekil 2.6 : Kirişsiz döşeme 9
Şekil 2.7 : Kirişsiz döşemelerde zımbalama etkisi 10
Şekil 2.8 : Kirişsiz döşemelerde kolon başlıkları 11
Şekil 2.9 : Süneklik düzeyi yüksek perdeli - çerçeveli sistemlerde R katsayısının değişimi 14
Şekil 2.10 : Süneklik düzeyi karma sistemlerde R katsayısının değişimi 15
Şekil 3.1 : i' inci katta min. ve max. göreli kat ötelenmeleri 20
Şekil 3.2 : A-2 türü düzensizlik durumları 22
Şekil 3.3 : A-3 türü düzensizlik durumları 24
Şekil 3.4 : A-4 türü düzensizlik durumları 25
Şekil 5.1 : Bina-1 bodrum, zemin ve normal katlarda döşeme kesiti 32
Şekil 5.2 : Bina-1 çatı katı döşeme kesiti 33
Şekil 5.3 : Bina-2 bodrum, zemin ve normal katlarda döşeme kesiti 34
Şekil 5.4 : Bina-2 çatı katı döşeme kesiti 35
Şekil 5.5 : Tablalı kesit ve etkili tabla genişliği 41
Şekil 5.6 : Kirişsiz döşemelerde zımbalama etkisi 42
Şekil 5.7 : Deprem kuvvetlerinin hesabında kullanılacak spektrum eğrisi 48
Şekil 5.8 : Eşdeğer deprem yükünün katlara dağıtılması 49
Şekil 5.9 : Bina-1, Bina-2 ve Bina-3 e ait x yönü 1. doğal periyotları 52
Şekil 5.10 : Bina-1, Bina-2 ve Bina-3 e ait y yönü 1. doğal periyotları 52
Şekil 5.11 : Denk. 5.22 ile sınırlanan x yönü 1. doğal periyotları 53
Şekil 5.12 : Denk. 5.22 ile sınırlanan y yönü 1. doğal periyotları 53
Şekil 5.13 : Bina-1, Bina-2 ve Bina-3'e ait x yönü spektrum değerleri 54
Şekil 5.14 : Bina-1, Bina-2 ve Bina-3'e ait y yönü spektrum değerleri 54
Şekil 5.15 : Bina-1, Bina-2 ve Bina-3'e ait x yönü taban kesme kuvvetleri 55
Şekil 5.16 : Bina-1, Bina-2 ve Bina-3'e ait y yönü taban kesme kuvvetleri 55
Şekil 5.17 : Bina-1 Z1, Z2, Z3 ve Z4 zemin sınıflarında x yönü taban kesme kuvvetleri 56
Şekil 5.18 : Bina-1 Z1, Z2, Z3 ve Z4 zemin sınıflarında y yönü taban kesme kuvvetleri 57
Şekil 5.19 : Bina-2 Z1, Z2, Z3 ve Z4 zemin sınıflarında x yönü taban kesme kuvvetleri 57
Şekil 5.20 : Bina-2 Z1, Z2, Z3 ve Z4 zemin sınıflarında y yönü taban kesme kuvvetleri 58
Şekil 5.21 : Bina-3 Z1, Z2, Z3 ve Z4 zemin sınıflarında x yönü taban kesme kuvvetleri 58

Şekil 5.22 : Bina-3 Z1, Z2, Z3 ve Z4 zemin sınıflarında y yönü taban kesme kuvvetleri 59
Şekil 5.23 : kaydırılmış kütle merkezleri 60
Şekil 5.24 : Bina-1 x yönü kat adedi ile α_m in değişimi 69
Şekil 5.25 : Bina-3 x yönü kat adedi ile α_m in değişimi 69
Şekil 5.26 : Bina-1 x yönü süneklik düzeyleri ve taban kesme kuvvetleri 71
Şekil 5.27 : Bina-1, Bina-2 ve Bina-3'e ait x yönü taban kesme kuvvetleri 72
Şekil 5.28 : Bina-1, Bina-2 ve Bina-3'e ait y yönü taban kesme kuvvetleri 73
Şekil 5.29 : Bina-1, Bina-2 ve Bina-3'e ait x yönünde S1 kolonu yer değiştirmeleri 74
Şekil 5.30 : Bina-1, Bina-2 ve Bina-3'e ait y yönünde S1 kolonu yer değiştirmeleri 74
Şekil 5.31 : Bina-1 bodrum kat Sap2000 modellemesi 80
Şekil 5.32 : Bina-1'e ait üç boyutlu taşıyıcı sistem 81
Şekil 6.1 : Örnek-1 döşeme kalıp planı 83
Şekil 6.2 : Örnek-1 1 katlı model perde ve döşemelerin sonlu elemanlar ile oluşturulması 84
Şekil 6.3 : Esnek döşeme modeli ile oluşturulan 1 katlı binanın y yönü deprem yerdeğiştirme formu 87
Şekil 6.4 : Esnek döşeme modeli ile oluşturulan 9 katlı binanın y yönü deprem yerdeğiştirme formu 87
Şekil 6.5 : Örnek-1 esnek döşeme ve rijit diyafram modelleri ile bulunan taban kesme kuvveti 88
Şekil 6.6 : Örnek-1 kolonların taşıdığı taban kesme kuvveti oranı 89
Şekil 6.7 : Örnek-1 perdelerin taşıdığı taban kesme kuvveti oranı 89
Şekil 6.8 : Örnek-2 döşeme kalıp planı 90
Şekil 6.9 : Örnek-2 döşeme sonlu elemanlar modeli 91
Şekil 6.10 : Esnek döşeme 1 katlı model x yönü yerdeğiştirme formu 92
Şekil 6.11 : Esnek döşeme 1 katlı model y yönü yerdeğiştirme formu 93
Şekil 6.12 : Rijit diyafram 1 katlı model y yönü yerdeğiştirme formu 93
Şekil 6.13 : Örnek-2 x yönü esnek döşeme ve rijit diyafram modelleri ile bulunan taban kesme kuvvetleri 94
Şekil 6.14 : Örnek-2 y yönü esnek döşeme ve rijit diyafram modelleri ile bulunan taban kesme kuvvetleri 95
Şekil 6.15 : X yönünde kolonların taşıdığı taban kesme kuvveti oranı 96
Şekil 6.16 : Y yönünde kolonların taşıdığı taban kesme kuvveti oranı 96
Şekil 6.17 : X yönünde perdelerin taşıdığı taban kesme kuvveti oranı 97
Şekil 6.18 : Y yönünde perdelerin taşıdığı taban kesme kuvveti oranı 97
Şekil 6.19 : Örnek-3 döşeme kalıp planı 98
Şekil 6.20 : Örnek-3 1 katlı modele ait ilk dört mod şekli 99
Şekil 6.21 : Örnek-4 döşeme kalıp planı 100
Şekil 6.22 : Örnek-5 döşeme kalıp planı 103
Şekil 6.23 : Örnek-5 1 katlı modele ait ilk dört mod şekli 104
Şekil A.1 : Bina-1 7-8-9. Normal katları kalıp planları 114
Şekil A.2 : Bina-1 boy kesiti 115
Şekil A.3 : Bina-2 7-8-9. Normal katları kalıp planları 116
Şekil A.4 : Bina-2 boy kesiti 117
Şekil A.5 : Bina-3 7-8-9. Normal katları kalıp planları 118
Şekil A.6 : Bina-3 boy kesiti 119
Şekil H.1 : Bina-1 17 katlı model ilk üç mod şekli 164

Şekil H.2 **:** Bina-2 17 katlı model ilk üç mod şekli.....165
Şekil H.3 **:** Bina-2 17 katlı model ilk üç mod şekli.....166

SEMBOL LİSTESİ

A_c : Kolonun veya perde uç bölgesinin brüt enkesit alanı
A_{ck} : Sargı donatısının dışından dışına alınan ölçü içinde kalan çekirdek beton alanı
A_{s1} : Kolon-kiriş düğüm noktasının bir tarafında, kirişin negatif momentini karşılamak için üste konulan çekme donatısının toplam alanı
A_{s2} : Kolon-kiriş düğüm noktasının **A_{s1}**'e göre öbür tarafında, kirişin pozitif momentini karşılamak için alta konulan çekme donatısının toplam alanı
A_{sh} : **s** enine donatı aralığına karşı gelen yükseklik boyunca, kolonda veya perde uç bölgesindeki tüm etriye kollarının ve çirozların enkesit alanı değerlerinin gözönüne alınan **b_k**'ya dik doğrultudaki izdüşümlerinin toplamı
A(T) : Spektral İvme Katsayısı
A_o : Etkin Yer İvmesi Katsayısı
b_j : Gözönüne alınan deprem doğrultusunda, birleşim bölgesine saplanan kirişin düşey orta ekseninden itibaren kolon kenarlarına olan uzaklıklardan küçük olanının iki katı (Kiriş genişliği ile birleşimin derinliğinin toplamını aşamaz).
b_w : Kirişin gövde genişliği, perdenin gövde kalınlığı
Ba : Taşıyıcı sistem elemanının a asal ekseni doğrultusunda tasarıma esas iç kuvvet büyüklüğü
Bax : Taşıyıcı sistem elemanının a asal ekseni doğrultusunda, x doğrultusundaki depremden oluşan iç kuvvet büyüklüğü
Bay : Taşıyıcı sistem elemanının a asal ekseni doğrultusunda, x' e dik y doğrultusundaki depremden oluşan iç kuvvet büyüklüğü
B_B : Mod Birleştirme Yönteminde mod katkılarının birleştirilmesi ile bulunan herhangi bir büyüklük
B_D : **B_B** büyüklüğüne ait büyütülmüş değer
C_t : Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminde birinci doğal titreşim periyodunun yaklaşık olarak belirlenmesinde kullanılan katsayı
d : Kirişin faydalı yüksekliği
D_i : Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminde burulma düzensizliği olan binalar için i'inci katta ± %5 ek dışmerkezliğe uygulanan büyütme katsayısı
d_{fi} : Binanın i'inci katında **F_{fi}** fiktif yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme
d_i : inanın i'inci katında deprem yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme
f_{cd} : Betonun tasarım basınç dayanımı
f_{ck} : Betonun karakteristik silindir basınç dayanımı
f_{ctd} : Betonun tasarım çekme dayanımı
F_{fi} : Birinci doğal titreşim periyodunun hesabında i'inci kata etkiyen fiktif yük
F_i : Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminde i'inci kata etkiyen eşdeğer deprem yükü
f_{yd} : Boyuna donatının tasarım akma dayanımı
f_{yk} : Boyuna donatının karakteristik akma dayanımı

$\mathbf{f_{ywk}}$: Enine donatının karakteristik akma dayanımı
$\mathbf{g}$: Yerçekimi ivmesi (9.81 m/s^2)
$\mathbf{g_i}$: Binanın i'inci katındaki toplam sabit yük
$\mathbf{h}$: Kolonun gözönüne alınan deprem doğrultusundaki enkesit boyutu
$\mathbf{H_{cr}}$: Kritik perde yüksekliği
$\mathbf{H_i}$: Binanın i'inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği [m]
$\mathbf{h_k}$: Kiriş yüksekliği
$\mathbf{H_N}$: Binanın temel üstünden itibaren ölçülen toplam yüksekliği [m]
$\mathbf{H_w}$: Temel üstünden veya zemin kat döşemesinden itibaren ölçülen toplam perde yüksekliği
$\mathbf{I}$: Bina Önem Katsayısı
$\mathbf{l_n}$: Kolonun kirişler arasında kalan serbest yüksekliği, kirişin kolon perde yüzleri arasında kalan serbest açıklığı
$\mathbf{M_a}$: Kolonun serbest yüksekliğinin alt ucunda, kolon kesme kuvvetinin hesabında esas alınan moment
$\mathbf{m_i}$: Binanın i'inci katının kütlesi ($\mathbf{m_i = w_i / g}$)
$\mathbf{M_{pa}}$: Kolonun serbest yüksekliğinin alt ucunda $\mathbf{f_{ck}}$, $\mathbf{f_{yk}}$ ve çeliğin pekleşmesi gözönüne alınarak hesaplanan pekleşmeli taşıma gücü momenti
$\mathbf{M_{pi}}$: Kirişin sol ucu i'deki kolon yüzünde $\mathbf{f_{ck}}$, $\mathbf{f_{yk}}$ ve çeliğin pekleşmesi gözöüne alınarak hesaplanan pozitif veya negatif pekleşmeli taşıma gücü momenti
$\mathbf{M_{pj}}$: Kirişin sağ ucu j'deki kolon yüzünde $\mathbf{f_{ck}}$, $\mathbf{f_{yk}}$ ve çeliğin pekleşmesi gözönüne alınarak hesaplanan negatif veya pozitif pekleşmeli taşıma gücü momenti
$\mathbf{\sum M_p}$: Düğüm noktasına birleşen kirişlerin pekleşmeli taşıma gücü momentlerinin toplamı
$\mathbf{M_{pü}}$: Kolonun serbest yüksekliğinin üst ucunda $\mathbf{f_{ck}}$, $\mathbf{f_{yk}}$ ve çeliğin pekleşmesi gözönüne alınarak hesaplanan pekleşmeli taşıma gücü momenti
$\mathbf{M_r}$: r'inci doğal titreşim moduna ait modal kütle
$\mathbf{M_{ra}}$: Kolonun veya perdenin serbest yüksekliğinin alt ucunda $\mathbf{f_{cd}}$ ve $\mathbf{f_{yd}}$'ye göre hesaplanan taşıma gücü momenti
$\mathbf{M_{ri}}$: Kirişin sol ucu i'deki kolon veya perde yüzünde $\mathbf{f_{cd}}$ ve $\mathbf{f_{yd}}$'ye göre saplanan pozitif veya negatif taşıma gücü momenti
$\mathbf{M_{rj}}$: Kirişin sağ ucu j'deki kolon veya perde yüzünde $\mathbf{f_{cd}}$ ve $\mathbf{f_{yd}}$'ye göre saplanan negatif veya pozitif taşıma gücü momenti
$\mathbf{M_{rü}}$: Kolonun veya perdenin serbest yüksekliğinin üst ucunda $\mathbf{f_{cd}}$ ve $\mathbf{f_{yd}}$'ye göre saplanan taşıma gücü momenti
$\mathbf{M_ü}$: Kolonun serbest yüksekliğinin üst ucunda, kolon kesme kuvvetinin hesabında esas alınan moment
$\mathbf{M_{xr}}$: Gözönüne alınan **x** deprem doğrultusunda binanın r'inci doğal titreşim modundaki etkin kütle
$\mathbf{M_{yr}}$: Gözönüne alınan **y** deprem doğrultusunda binanın r'inci doğal titreşim modundaki etkin kütle
$\mathbf{m_{\theta i}}$: Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalışması durumunda, binanın i'inci katının kaydırılmamış kütle merkezinden geçen düşey eksene göre kütle eylemsizlik momenti
$\mathbf{N}$: Binanın temel üstünden itibaren toplam kat sayısı
$\mathbf{N_d}$: Yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan eksenel kuvvet
$\mathbf{n}$: Hareketli Yük Katılım Katsayısı

$\mathbf{q_i}$: Binanın i'inci katındaki toplam hareketli yük
$\mathbf{R}$: Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
$\mathbf{R_a}(T)$: Deprem Yükü Azaltma Katsayısı
$\mathbf{s}$: Enine donatı aralığı, spiral donatı adımı
$\mathbf{S}(T)$: Spektrum Katsayısı
$\mathbf{S_{pa}}(T_r)$: r'inci doğal titreşim modu için ivme spektrumu ordinatı [m /s^2]
$\mathbf{T}$: Bina doğal titreşim periyodu [s]
$\mathbf{T_1}$: Binanın birinci doğal titreşim periyodu [s]
$\mathbf{T_{1A}}$: Binanın ampirik bağıntı ile hesaplanan birinci doğal titreşim periyodu [s]
$\mathbf{T_A}$, $\mathbf{T_B}$: Spektrum Karakteristik Periyotları [s]
$\mathbf{T_r}$, $\mathbf{T_s}$: Binanın r'inci ve s'inci doğal titreşim periyotları [s]
$\mathbf{V_c}$: Betonun kesme dayanımına katkısı
$\mathbf{V_d}$: Yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi tında hesaplanan kesme kuvveti
$\mathbf{V_{dy}}$: Kirişin kolon yüzünde düşey yüklerden meydana gelen basit kiriş kesme kuvveti
$\mathbf{V_e}$: Kolon ve kirişte enine donatı hesabına esas alınan kesme kuvveti
$\mathbf{V_i}$: Gözönüne alınan deprem doğrultusunda binanın I'inci katına etki eden kat kesme kuvveti
$\mathbf{V_r}$: Kolon, kiriş veya perde kesitinin kesme dayanımı
$\mathbf{V_t}$: Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminde gözönüne alınan deprem doğrultusunda binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti)
$\mathbf{V_{tB}}$: Mod Birleştirme Yönteminde, gözönüne alınan deprem doğrultusunda modlara ait katkıların birleştirilmesi ile bulunan bina toplam deprem yükü (taban kesme kuvveti)
$\mathbf{W}$: Binanın, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı
$\mathbf{w_i}$: Binanın i'inci katının, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı
$\mathbf{Y}$: Mod Birleştirme Yönteminde hesaba katılan yeterli doğal titreşim modu sayısı
α_M : Süneklik düzeyi yüksek perdelerin tabanında elde edilen eğilme momentleri toplamının, binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam devrilme momentine oranı (Perde tabanındaki eğilme momentlerinin hesabında, perdelere düzlemi içinde saplanan kirişlerin uçlarında depremden meydana gelen kesme kuvvetlerinin katkısı da gözönüne alınabilir.)
β : Mod Birleştirme Yöntemi ile hesaplanan büyüklüklerin alt sınırlarının belirlenmesi için kullanılan katsayı
Δ_i : Binanın i'inci katındaki göreli kat ötelemesi
$(\Delta_i)_{max}$: Binanın i'inci katındaki maksimum göreli kat ötelemesi
$(\Delta_i)_{ort}$: Binanın i'inci katındaki ortalama göreli kat ötelemesi
ΔF_N : Binanın N'inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü
η_{bi} : i'inci katta tanımlanan Burulma Düzensizliği Katsayısı
η_{ci} : i'inci katta tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı
$|\eta_{ki}$: i'inci katta tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı
Φ_{xir} : Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, r'inci mod şeklinin i'inci katta **x** ekseni doğrultusundaki yatay bileşeni
Φ_{yir} : Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, r'inci mod şeklinin i'inci katta **y** ekseni doğrultusundaki yatay bileşeni

$\Phi_{\theta ir}$ **:** Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, r'inci mod şeklinin i'inci katta düşey eksen etrafındaki dönme bileşeni

θ_i **:** i'inci katta tanımlanan İkinci Mertebe Gösterge Değeri

$\varnothing$ **:** Donatı çapı

BETONARME ÇOK KATLI YAPILARDA DÖŞEME TÜRLERİNİN TAŞIYICI SİSTEME ETKİLERİ

ÖZET

Tüm dünya ile birlikte kent yerleşim alanlarının azalması, kalan alanların en iyi derecede değerlendirilebilmesi ve büyük şirketlerin kendileri için prestij binaları inşa etme istekleri büyük şehirlerde çok katlı binaların sayısının artmasına yol açmıştır. Dünyanın gelir düzeyi yüksek ülkelerinde çok katlı binalar genellikle çelik malzeme kullanılarak inşa edilmektedir. Ülkemizde ise çelik malzemenin çok katlı binalarda kullanımı, ekonomik sebeplerden ve bu konstrüksiyonu inşa edebilecek eğitilmiş yeterli ekiplerin bulunmamasından dolayı henüz gerçekleşmemiştir. Bu nedenle önemli deprem kuşakları üzerinde bulunan ülkemizde betonarmenin davranışının iyi bilinmesi, betonarme binalarda oluşabilecek deprem etkilerinin doğru olarak belirlenmesi ve taşıyıcı sistemin bu etkileri karşılayacak şekilde tasarlanması oldukça büyük önem kazanmaktadır. Yapıların üzerine gelen deprem etkilerinin doğru olarak tespit edilip yapıların doğru modellemelerle tasarlanması sadece çok katlı yapılarda değil az katlı yapılarda da önemlidir.

Bu çalışmada deprem altındaki çok katlı yapılarda döşeme türlerinin taşıyıcı sisteme olan etkileri ve ABYYHY' te döşemelerle ilgili hükümler incelenmiştir.

Döşeme sistemleri içinde oluşan döşeme boşlukları ile yapısal çıkıntılar deprem yönetmeliğine göre planda düzensizlik durumu oluşturabilmektedir. Bu boşlukların özellikle deprem yükünü taşıyan taşıyıcı sistem elemanlarının yanında olması durumu da bu çalışmada incelenmiştir.

Yedi bölüm halinde sunulan bu çalışmanın amacı ve kapsamı birinci bölümde anlatılmıştır.

İkinci bölümde döşeme sistemleri tanıtılmış, döşemelerin taşıyıcı sistem içinde olan katkıları incelenmiştir. Bu bölümde ayrıca yapı sistemlerinin oluşumu ve süneklik düzeyleri anlatılmıştır.

Üçüncü bölümde planda düzensizliği bulunan yapılar anlatılmış ve ABYYHY de bu tür yapıların yapımı konusunda belirtilmiş olan hususlara değinilmiştir.

Dördüncü bölümde yapı sistemlerindeki, rijit diyafram ve esnek döşeme modellemeleri anlatılmış ve karşılaştırılmıştır.

Beşinci bölümde örnek olarak seçilen 17 katlı bir binada üç değişik döşeme sistemi ile taşıyıcı elemanlar boyutlandırılmış ve modal analiz sonuçları incelenmiştir.

Altıncı bölümde Esnek Döşeme ve Rijit Diyafram modellerinin arasındaki farkların anlaşılabilmesi için birkaç örnek binada incelemeler yapılmıştır. Gene bu bölümde A2 ve A3 türü düzensizlik durumlarının her iki yöntemle incelenmesi yapılmıştır.

Son bölümde bu çalışmada yapılan incelemeler sonucunda elde edilen sonuçlar anlatılmıştır.

EFFECTS OF SLAB TYPES ON THE STRUCTURAL SYSTEMS OF MULTI-STOREY REINFORCED CONCRETE BUILDINGS

SUMMARY

In last 30 years the decrease in living areas, the purpose of using remaining spaces in most efficient ways and the wishes of big companies to build big prestigious buildings for their owns resulted in a considerable increase in the number of multi-storey buildings in our big cities together with other countries. In developed countries multi-storey buildings are generally constructed with steel. However, in our country the use of structural steel in multi-storey buildings has not been yet started due to both economical reasons and the lack of skilled labour and special equipments. For these reasons it becomes so important to know the behaviour of reinforced concrete, determine all possible earthquake loading effects on reinforced concrete buildings correctly and design the structural system so as to resist seismic effects. Correct determination of seismic load effects on the structural system is important not only in multi-storey buildings but also in general residential buildings.

In this study the effects of slab types on the behaviour of load carrying systems are analysed on multi-storey reinforced concrete buildings under seismic loads according to the rules and regulations of the current Turkish Earthquake Code namely, Specification for Structures to be Built in Disaster Areas (SSBDA).

Slab openings in floor systems may cause irregularities in the horizontal plane according to the earthquake code. Analysis of the case in which the slab openings are formed very close to the vertical load carrying elements is also included in this study.

The scope and the main idea of this study, which consists of 7 parts, are explained in detail in the first part.

In Part-2 the slab systems are explained and the roles of slabs among the whole load carrying system are examined.

In Part-3 the buildings having floor irregularities are explained and the earthquake regulations related to the construction of these building are mentioned.

In Part-4 the rigid diaphragm and flexible slab modelling are explained and compared.

In Part-5 a 17-storey building is chosen as an example and on that building the structural system elements are designed with three different slab systems. Moreover, the modal analysis results are examined.

In Part-6 in order to understand the differences between rigid diaphragm and flexible slab modelling, a number of same buildings are analysed and the result are interpreted. Also in this part A2 and A3 irregularities are examined both modelling methods.

In the last part, which is the conclusion part, the results obtained from all the analyses carried out and all the works done in this study are explained and summarized.

1. GİRİŞ

Betonarme yapılar tasarım aşamasında değişik döşeme türleri ile oluşturulabilmektedir. Döşeme türlerinin değişmesi, taşıyıcı sistemde hem düşey yüklerin hem de yatay yüklerin taşınması açısından farklılıklar oluşturabilir. Bu nedenle döşeme türlerinin ve çalışma prensiplerinin iyi bilinmesinin gerekliliği açıktır. Yapıların tasarımları yapılırken modellemelerde yapılan kabuller, yapının hem düşey hem de yatay yükler altındaki davranışını doğru olarak belirleyebilmek açısından önemlidir. Yapının yatay yükler altındaki davranışı genelde bilinmeyen sayısının azaltılabilmesi amacıyla kat hizalarında rijit diyafram modellemesi ile tarif edilir. Yapıda döşeme kalınlıklarının az olması, katlarda büyük döşeme boşluklarının bulunması ve bir kenarının diğerine oranı büyük olan yapılarda kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı kabulü gözden geçirilmelidir. Esnek döşeme modellemesi ile yapılan hesaplarda bu tür yapılarda taşıyıcı sistemde farklı etkiler ortaya çıkabilir. Bu nedenle proje mühendisi tasarım yaparken modellemelerini doğru olarak ortaya çıkarmak zorundadır.

Bu çalışmada amaçlanan betonarme çok katlı binalarda döşeme türlerinin yatay yükler altında yapı taşıyıcı sisteminde meydana getirdikleri farklılıklar incelenmiştir. Ayrıca esnek ve rijit diyafram modellemelerinin yapının yatay yükler altındaki çözümlemelerinde meydana getirdikleri faklılıklar da araştırılmıştır.

2. DÖŞEME SİSTEMLERİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Döşemeler düzlemsel taşıyıcı elemanlar olup, üzerlerindeki yükü çevre duvarlarına, kirişlere, kolon ve perdelere iletirler. Döşemeler bu yükleri mesnetlendiği taşıyıcılara aktarırken düzlemine dik yükler etkisi altındadır. Bunun yanında deprem yüklerinin düşey taşıyıcılara dağıtılması da döşemeler tarafından yapılır. Döşemeler bu esnada düzlemi içinde yük aktarırlar. Döşemelerin yatay yükü aktarmada ve mesnetlendiği taşıyıcılara dağıtmada rijit diyafram özelliğinden yararlanılır. Döşemeler kirişleri birbirlerine bağladıkları için yatay yüklere karşı yapıyı rijitleştirirler. Beton aynı anda döküldüğü için kiriş kesitlerinin tablalı olarak meydana gelmesini sağlarlar.

Yapı sistemleri içinde döşemeler değişik şekillerde oluşabilirler. Değişik türlü döşemelerin taşıyıcı elemanlara yük aktarma durumları da değişiktir.

Döşemenin çevresinin tümünde kiriş veya taşıyıcı duvar olabileceği gibi sadece bir bölümü de bu elemanlara mesnetli olabilir. Bu tür döşemelere kirişli plak döşemeler adı verilir. Kalınlıkları açıklığa ve üzerlerindeki yüke bağlı olarak değişir. Kirişli plak döşemeler mesnet durumlarına bağlı olarak yükünü bir veya iki doğrultuda aktarabilirler. Ayrıca kiriş açıklıklarının büyük olduğu yapılarda döşeme kalınlığının arttırılması yerine ana kirişlere oturan tek veya iki yönlü kirişler oluşturularak daha küçük açıklıklı ve kalınlığı düşük döşemeler oluşturulabilir.

Ana kirişlere mesnetlenmiş olan sık kirişler ile diğer bir döşeme türü meydana gelir. Sık kirişler nedeniyle bu döşeme türüne dişli döşeme adı verilir. Dişli döşemeler yükü dişler doğrultusunda mesnetlendiği kirişe aktarırlar. Dişli döşemeler iki yönlü kaset döşemeler olarak da uygulanabilirler.

Doğrudan kirişler yerine kolon veya perdelere oturan döşemeler kirişsiz döşemeler olarak adlandırılır. Kirişsiz döşemeli sistemlerde yük doğrudan kolon ve perdelere aktarılır. Kirişsiz döşemelerin boyutlanmasında döşemelerden kolonlara yük aktarırken kolon başlarında oluşan zımbalama dayanımı çok etkindir. Zımbalama nedeniyle döşeme kalınlığının artırılması yerine bu bölgelerde plak kalınlığı

arttırılarak başlık bölgeleri oluşturulabilir. Böylece döşeme kalınlığının artması önlenmiş olur.

Yapı sistemlerinde kullanılabilecek olan döşeme türleri şu şekilde sıralanabilir:

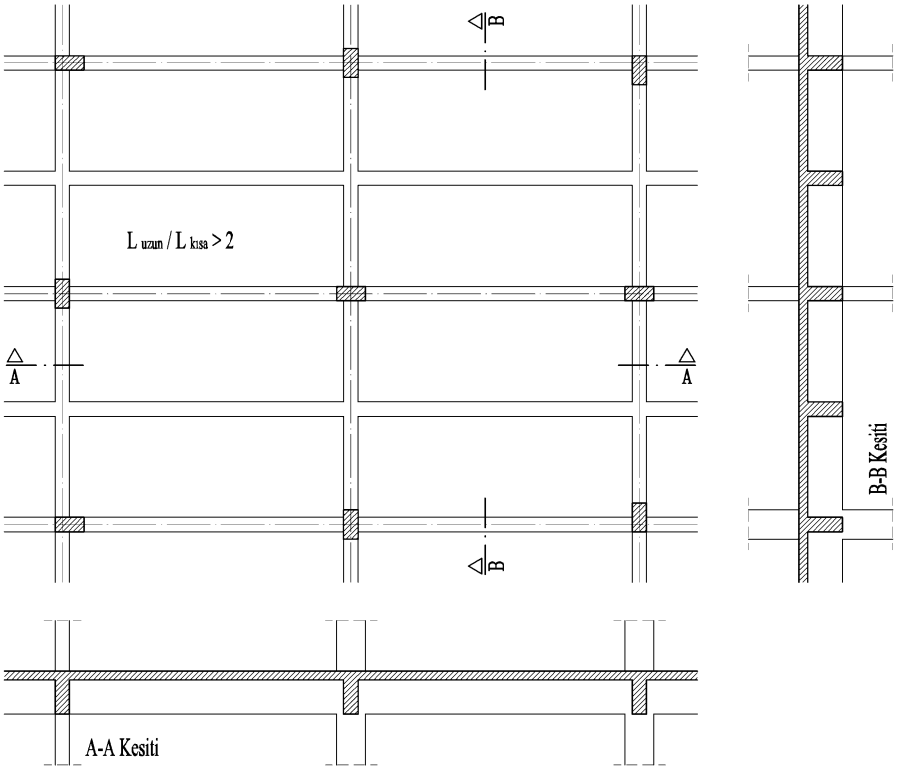
a. Kirişli Döşemeler.

b. Dişli Döşemeler.

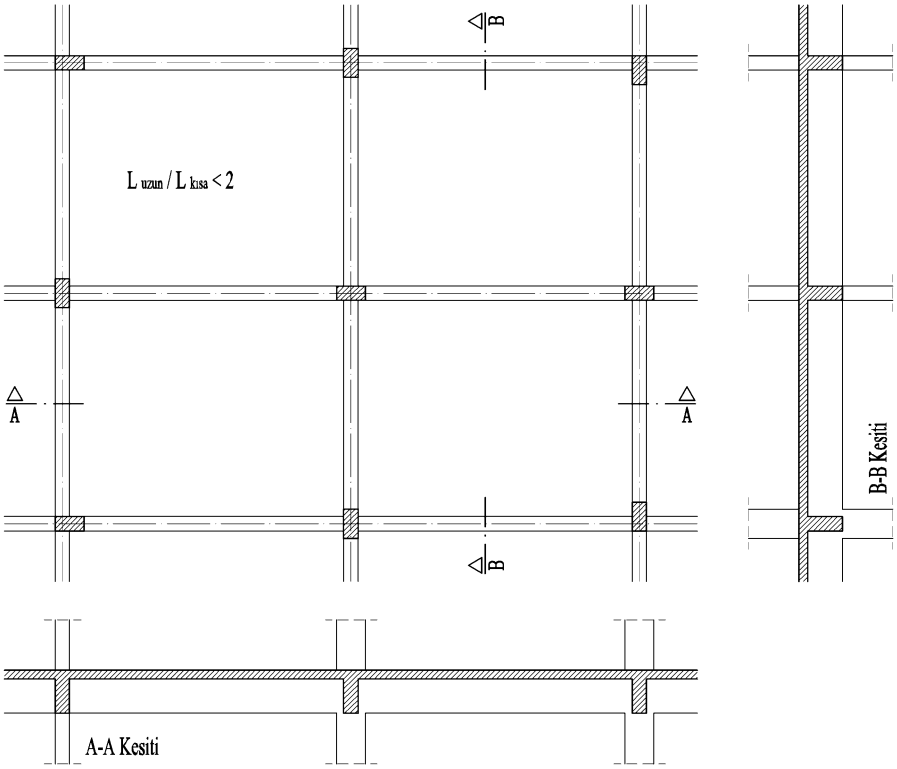
c. Kirişsiz Döşemeler.

2.1 Kirişli Plak Döşemeler

Betonarme yapılarda en çok kullanılan döşeme sistemidir. Döşemenin mesnedini kiriş veya taşıyıcı duvarlar oluşturur. Döşemenin her kenarında mesnet kirişi veya taşıyıcı duvar bulunması gerekmez. Kirişli plak döşemeler yük taşıma durumlarına göre bir doğrultuda veya iki doğrultuda çalışan döşemeler olarak ikiye ayrılırlar. “ Şekil 2.1 ” ve “ Şekil 2.2 ”



Şekil 2.1 Tek doğrultuda yük aktaran kirişli plak döşeme



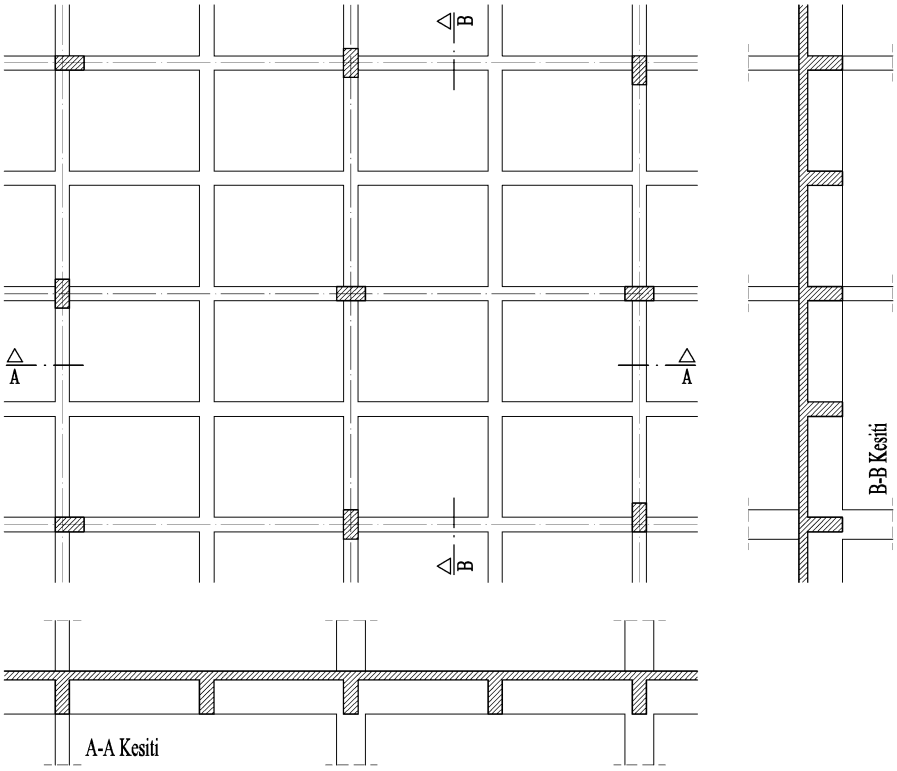
Şekil 2.2 Her iki doğrultuda da yük aktaran kirişli plak döşeme

Kirişli plak döşemelerin boyutlandırılması ve betonarme hesap esasları " Betonarme Yapıların Tasarım ve Hesap Kuralları " olan " TS 500 " 'de belirtilmiştir.

Kirişli döşemelerle oluşturulan yapı sistemlerinde aşağıdaki gözlemler yapılabilir:

1. Kirişli plak döşemelerle oluşturulan sistemlerde ortaya çıkan kirişler ve kolonlar sistemin yatay yük rijitliği açısından oldukça önemlidir.
2. Bu döşeme tipi, yüksek diyafram rijitliği, yeterli yanal ötelenme rijitliği ve direnci sağlar.
3. Bu tip döşemelerle oluşturulan yapı sistemlerinin döşemenin yüksek rijit diyafram etkisi nedeniyle deprem riski yüksek bölgelerde kullanılması tercih edilmelidir.
4. Plağın oturduğu kirişler yükleme durumuna göre çok yüksek sünekliğe ve yeterli rijitliğe sahip olacak şekilde projelendirilebilir.
5. Açıklıkların büyük olması durumunda döşeme kalınlığının arttırılması gerekebilir. Kalınlığın arttırılması yerine çevre kirişlerine oturan tek yönlü

veya iki yönlü ızgara kirişler ile daha küçük açıklıklı az kalınlıklı döşemeler oluşturulabilir. “ Şekil 2.3 “

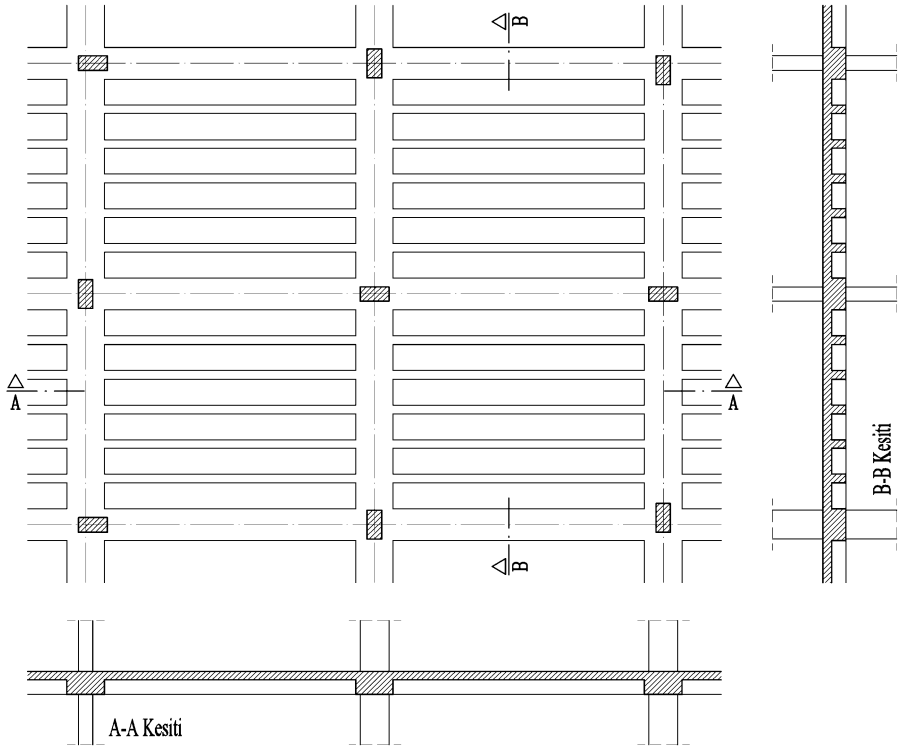


Şekil 2.3 Izgara kirişlerle bölünmüş kirişli plak döşeme

6. Kirişli plak döşemelerde kiriş yüksekliklerinin döşeme kalınlığından fazla olması nedeniyle döşeme alt hizasında aynı seviyede kalıp imalatı yapılamaz. Bu durum özellikle ızgara kirişlerle bölünen kirişli plak sistemlerde kalıp işçiliği ve maliyetini arttırır.
7. Kiriş yüksekliğinin plak yüksekliğinden farklı olması nedeniyle döşeme alt hizasından tesisat geçişleri kiriş alt hizasına inmek zorundadır. Bu tesisat geçişlerini zorlaştıran bir durumdur. Ayrıca kirişlerin yüksek olması kat faydalı yüksekliğini düşürür.
8. Plak kalınlığının az olması nedeniyle alt ve üst katlar arasında ses izolasyonunun sağlanması için ek tedbirler gerekebilir.
9. Plak kalınlığı az olduğu için taşıyıcı elemanların boyutları da ekonomik olarak tasarlanabilir. Böylece hem beton hem de çelik malzeme açısından ekonomiklik sağlanır.

2.2 Dişli Döşemeler

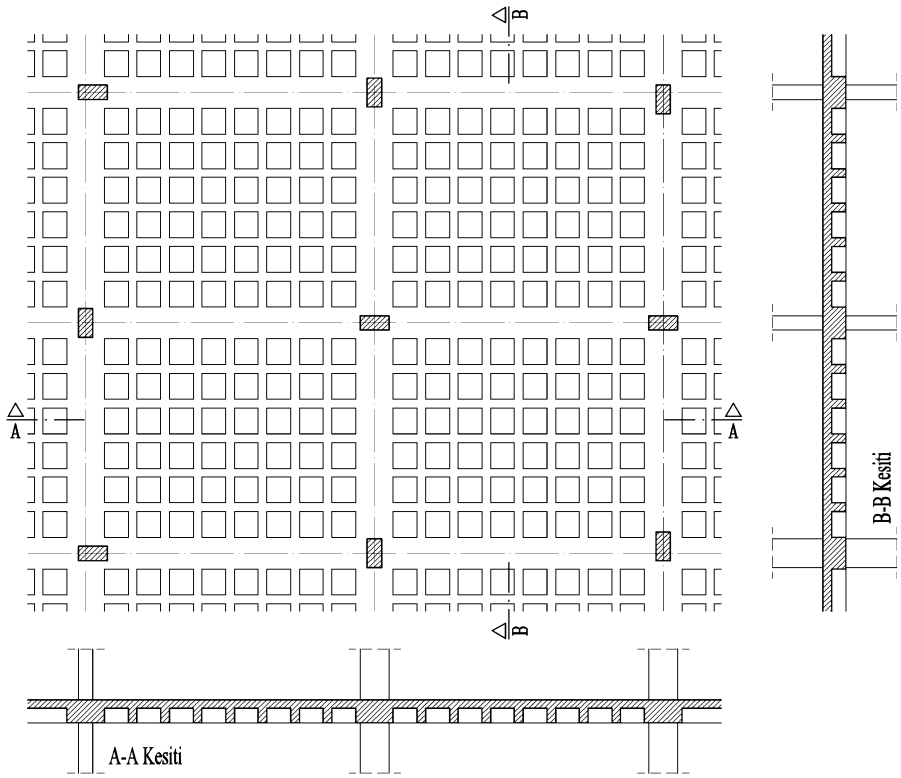
Dişli döşemeler ana kirişlere oturan sık kirişlerden meydana gelen döşeme sistemidir. Ana kirişlerin yüksekliği döşeme kalınlığı ile aynı olduğundan ana kirişler geniş yassı kirişler olarak ortaya çıkarlar. “ Şekil 2.4 ”



Şekil 2.4 Dişli döşeme

Dişli döşemelerde dişler tek yönde olabileceği gibi açıklıkların fazla olması durumunda her iki yönde ızgara şeklinde de bulunabilirler. “ Şekil 2.5 ” Diş adı veriler kirişlerin arası boş olabileceği gibi taşıyıcılığı bulunmayan hafif dolgu elemanları ile doldurularak döşeme altında düz bir tavan elde edilebilir.

Özellikle tek yönlü çalışan dişli döşemelerde döşeme yükü kısa açıklıklı ana kirişlere aktarılmalıdır. Bundan dolayı diş yönünün döşemenin uzun kenarına paralel olması tercih edilmelidir. İki yönlü taşınan ızgara (kaset) dişli döşeme sistemlerinde ise her iki yöndeki aks açıklarının yakın olması yük aktarımının eşite yakın olmasını sağlar. Dişli döşemelerin boyutlandırılması ve betonarme hesap esasları “ Betonarme Yapıların Tasarım ve Hesap Kuralları ” olan “ TS 500 ” ’de belirtilmiştir.



Şekil 2.5 İki yönlü taşınan kaset dişli döşeme

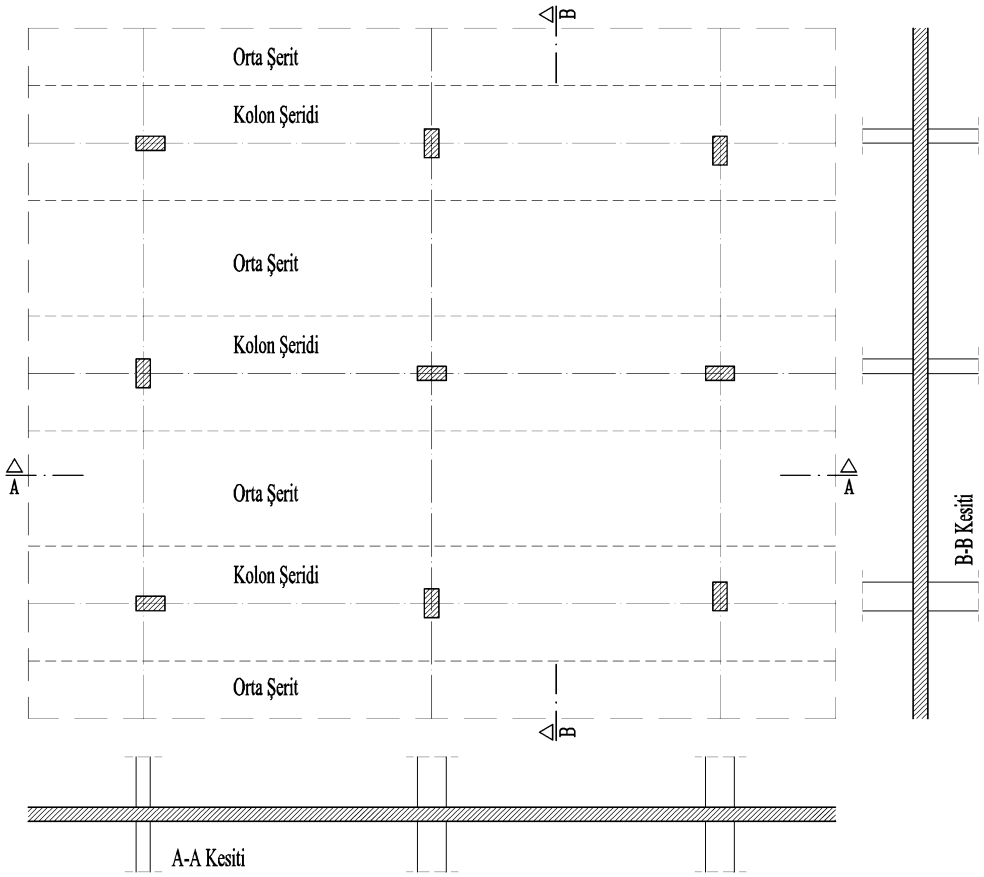
Dişli döşemelerde şu gözlemler yapılabilir:

1. Yassı kirişlerin varlığı ile çerçeve sistemi oluşarak yatay yüke karşı yeterli rijitlik sağlanabilir.
2. Dişli döşemeler yatay yükler altında rijit diyafram görevini etkin şekilde yerine getirirler.
3. Dişli döşeme ile eğilme direncini oluşturan çerçeveler uyum içinde çalışırlar.
4. Tüm yapının ötelenmesinden dolayı ikinci derece mertebe etkileri ortaya çıkıyor ise bunların döşeme dişlerinde meydana getirdiği zorlamalar da dikkate alınmalıdır.
5. Çerçeve kirişlerinin yüksekliği düşük ve sistem sık dişler nedeniyle ağır olduğundan yatay yükler altında yerdeğiştirmeler fazla olabilir. Yapı periyotları da artar.
6. Bu yerdeğiştirmeler gerektiği gibi sınırlandırılırsa yapı sistemlerinde herhangi bir sorun çıkmaz.

7. Özellikle dolgulu olarak imal edilen dişli döşemelerde kalıp maliyeti, kalıp işçiliği ve sonradan yapılacak olan sıva ve sıva işçiliği maliyetleri oldukça düşüktür. Dişlerin sık olması ve dolgu elemanlarının kullanılması döşemenin malzeme sarfiyatını artırır ve işlenmesi dolayısıyla detaylandırma işçiliğini zorlaştırır. Dişlerin arası boş olarak imal edilecekse bu boşluklar ya kalıp ile oluşturulmalı ya da özel kalıp elemanları kullanılmalıdır. Bu gibi seçeneklerde maliyeti attıran özelliklerdir.
8. Döşeme altından tesisat geçişleri oldukça kolaydır. Kat faydalı yüksekliği de fazladır.
9. Dişler arasında tesisat için kolaylıkla tesisat boşlukları açılabilir.
10. Döşeme kalınlığının fazla olması ve dolgu elamanlarının kullanılması nedeniyle ses izolasyonu kolayca sağlanmış olur.
11. Kiriş yüksekliklerinin düşük, genişliklerinin fazla olması nedeniyle özellikle dar kolonlara oturan kirişlerde eğilme momentinin kolonlara iletilmesi ve kesme kuvveti etkileri kontrol edilmelidir.

2.3 Kirişsiz Döşemeler

Yatay düzlemde yalnız döşemelerin olduğu ve döşemelerin kolonlara doğrudan oturduğu taşıyıcı sistemlerdir. Kirişli ve dişli döşemelerde döşemenin yükü önce mesnetlik görevi yapan kirişler yoluyla kolonlara iletilir. Döşemelerin ve bunlara mesnetlik yapan kirişlerin boyutlandırılması ayrı yapılır. Kirişsiz döşemelerde ise yük doğrudan kolonlara iletilir. Yatay düzlemde kirişler olmadığı için düşey ve yatay yükler döşeme içinde yük dağılımının ve dengesinin gerektirdiği gibi oluşan döşeme şeritleri ile kolonlara veya perdelere aktarılır. “ Şekil 2.6 ”



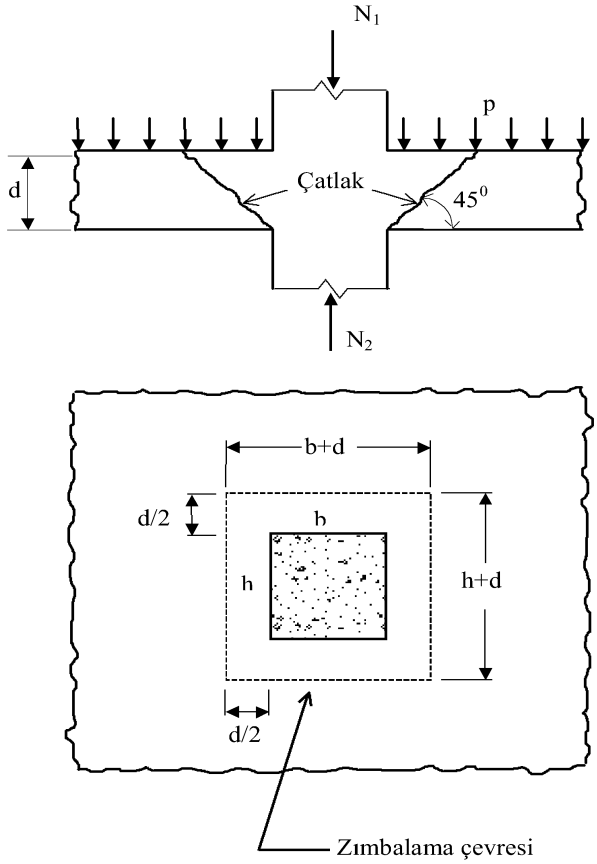
Şekil 2.6 Kirişsiz döşeme

Kirişsiz döşemelerin boyutlandırılması ve betonarme hesap esasları " Betonarme Yapıların Tasarım ve Hesap Kuralları " olan " TS 500 " 'de belirtilmiştir.

Kirişsiz döşemelerde aşağıdaki gözlemler yapılabilir:

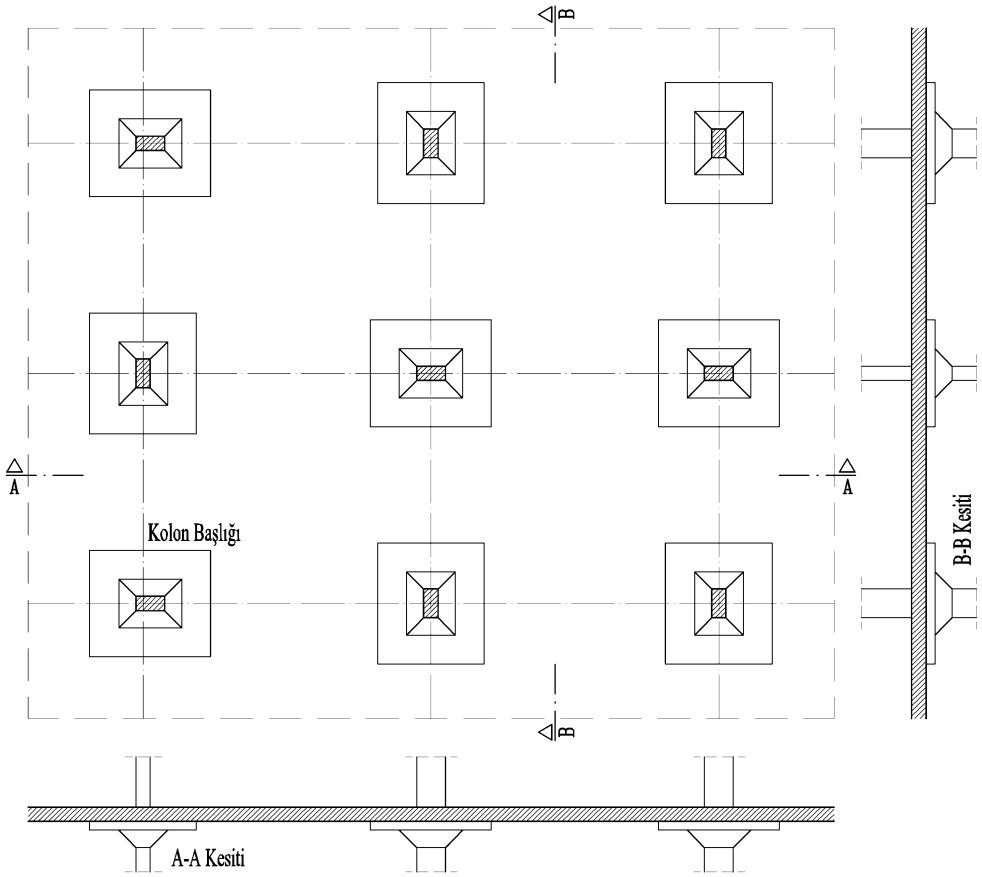
1. Yatay yüklere karşı güvenli bir diyafram etkisi oluşturabilmek için döşeme kalınlığı, donatı yerleşimi ve dağılımı dikkatli yapılmalıdır.
2. Sistemin yatay ötelenme rijitliğini kirişler olmadığı için kirişsiz döşeme ve düşey taşıyıcılar (kolon ve perdeler) oluşturur.
3. Düşey ve yatay yüklerin taşınmasında kolonlarla bunları birleştiren döşeme şeritlerinin oluşturacağı çerçeveler etkilidir. Bu nedenle kolon yerleşiminin düzgün akslar üzerinde olması tavsiye edilir.
4. Kirişsiz döşemelerle oluşturulan sistemlerde yatay yükün taşınmasında perdelerin kullanılması önerilir. ABYYHY'te kirişsiz döşemeli sistemlerle ilgili çeşitli kısıtlamalar getirilmiştir.

5. Kirişsiz döşemelerde en önemli etkenlerden biri de döşemenin kolonlara doğrudan oturmasından dolayı kolon başlarında oluşan zımbalama etkisidir. Kirişli döşemelerde, yük döşemeye göre çok daha rijit kirişlerle kolonlara aktarıldığı ve kirişler etriyeler ile sarıldığı için bu sorun oluşmaz. Kirişsiz döşemelerde ise plak kalınlığının belirlenmesinde zımbalama dayanımının etkisi çoktur. " Şekil 2.7 "



Şekil 2.7 Kirişsiz döşemelerde zımbalama etkisi

6. Zımbalama dayanımının arttırılması ve yük iletimini rahatlatmak için kolonlarda başlık bölgeleri oluşturularak bu bölgelerde plak kalınlığı arttırılabilir. " Şekil 2.8 " Gerekli olan durumlarda zımbalama dayanımını arttırmak için kayma donatısı olan özel zımbalama donatıları da kullanılabilir.
7. Kirişsiz döşemelerde kiriş türünden rijit elemanlar bulunmadığı için düşey yük altındaki yerdeğiştirmelerin kontrolü oldukça önemlidir. Bu nedenle plak kalınlığının arttırılması veya sisteme perde eklenmesi gerekebilir.



Şekil 2.8 Kirişsiz döşemelerde kolon başlıkları

8. Yatay yük rijitliğinin perdeler ile karşılanması ABYYHY ile zorunlu hale getirilmiştir. Bu yüzden kirişsiz döşemeli yapılar sistemde bulunan perdelerin süneklik şartlarını yerine getirmelerine göre süneklik düzeyi normal veya karma olan yapılardır.
9. Kirişsiz döşemeler düz tavanın tercih edildiği depo ve bölme duvarı olmayan büyük çalışma alanlarının istendiği durumlarda kullanılır.
10. Sistemde kiriş bulunmadığı için kalıp ve donatı işçiliği ve maliyeti oldukça ekonomik hale gelir.
11. Döşeme altı tesisat geçişleri düz tavan nedeniyle oldukça kolay olur.
12. Kirişli plak döşemelere göre daha kalın plak kullanıldığından ses izolasyonu daha iyi sağlanır.

2.4 ABYYHY'te Yapı Sistemleri ve Süneklik Düzeyleri

ABYYHY'te yapı sistemleri taşıyıcı sistemlerine göre sınıflandırılmıştır. Taşıyıcı sistemin durumu yapının yatay yüklere karşı rijitliğini etkilemektedir. Taşıyıcı sistem içinde rol alan döşemeler de taşıyıcı sistemin oluşmasında oldukça büyük rol almaktadırlar.

Yapıları oluşturan taşıyıcı sistemler aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

a. Çerçeveli Sistemler

b. Perdeli Sistemler

c. Kirişsiz Döşemeli Sistemler

ABYYHY yapıyı oluşturan taşıyıcı sistemleri süneklik düzeylerine göre de üç sınıfa ayırmıştır:

a. Süneklik Düzeyi Yüksek Olan Taşıyıcı Sistemler

b. Süneklik Düzeyi Normal Olan Taşıyıcı Sistemler

c. Süneklik Düzeyi Karma Olan Taşıyıcı Sistemler

ABYYHY'te süneklik düzeyi yüksek taşıyıcı sistemi oluşturan yapı elemanlarının sağlaması gereken özellikler belirtilmiştir. Böylece sünek sistemlerin oluşmasında yapı elemanlarının boyutlandırılması ve donatı düzenlerinde birçok kısıtlama getirilmiştir. Süneklik düzeyi yüksek yapıyı oluşturan kiriş, kolon ve perdeler bu özellikleri sağlamak zorundadır. Yapının bir veya her iki yönünde de yapı elemanlarının bu özellikleri sağlayamaması durumunda sistemin süneklik düzeyi normal hale gelir. Süneklik düzeyi normal olan taşıyıcı sistemlerin oluşturduğu yapıların yapımı konusunda ABYYHY kısıtlamalar getirmiştir.

ABYYHY taşıyıcı sistem içinde süneklik düzeyi normal olan kiriş ve kolonlarla süneklik düzeyi yüksek olan perdelerin bir arada kullanılmasına müsaade etmiştir. Bu tür sistemlere süneklik düzeyi karma sistemler adı verilir. Taşıyıcı sisteminden bağımsız olarak bina önem katsayısı I = 1.5 ve I = 1.4 olan binalarda süneklik düzeyi normal sistemler kullanılması ABYYHY'ce yasaklanmıştır. Bu tür yapılar süneklik düzeyi yüksek veya karma olan taşıyıcı sistemler ile oluşturulabilir.

2.4.1 Çerçeveli Sistemler

Taşıyıcı sistemi çerçeveli olan yapılar;

a. Deprem yüklerinin tamamının çerçeveler ile taşındığı yapılar,

b. Deprem yüklerinin çerçeveler ve boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından beraber taşındığı yapılar

olarak ikiye ayrılır.

Çerçeveli yapı sistemlerinde kirişler, kirişli plak döşeme veya dişli döşemelerin kullanılması durumunda ortaya çıkarlar. Böylece kiriş kolon ve perdelerden meydana gelen çerçeve sistemi oluşmuş olur.

Taşıyıcı Sistemde Perde Bulunmaması Durumunda : ABYYHY süneklik düzeyi yüksek olan perdesiz çerçeveli yapıların kullanımına, sınır durumların sağlanması koşulu ile herhangi bir sınırlama getirmemiştir. Bu durumda taşıyıcı sistem davranış katsayısı R = 8 olur.

Süneklik düzeyi normal çerçeveli yapılarda perde bulunmaması durumunda bu tür yapıların birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde yapılmasına ABYYHY müsaade etmemektedir.

Döşeme sistemi kirişli plak döşemelerden oluşan süneklik düzeyi normal bu yapılar ancak Hn ≤ 25 m. olması koşuluyla üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde yapılabilir. Bu tür yapılar dolgulu veya dolgusuz dişli ve kaset döşemeli sistemler ise üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde Hn ≤ 13 m. olması koşulu ile yapılmasına müsaade edilir. Her iki döşeme sisteminde de taşıyıcı sistem davranış katsayısı R = 4 olmaktadır.

Taşıyıcı Sistemde Perde Bulunması Durumunda : Çerçeveli sistemlerde perde bulunması durumunda, yapının süneklik düzeyi yüksek, normal veya karma halini alabilir.

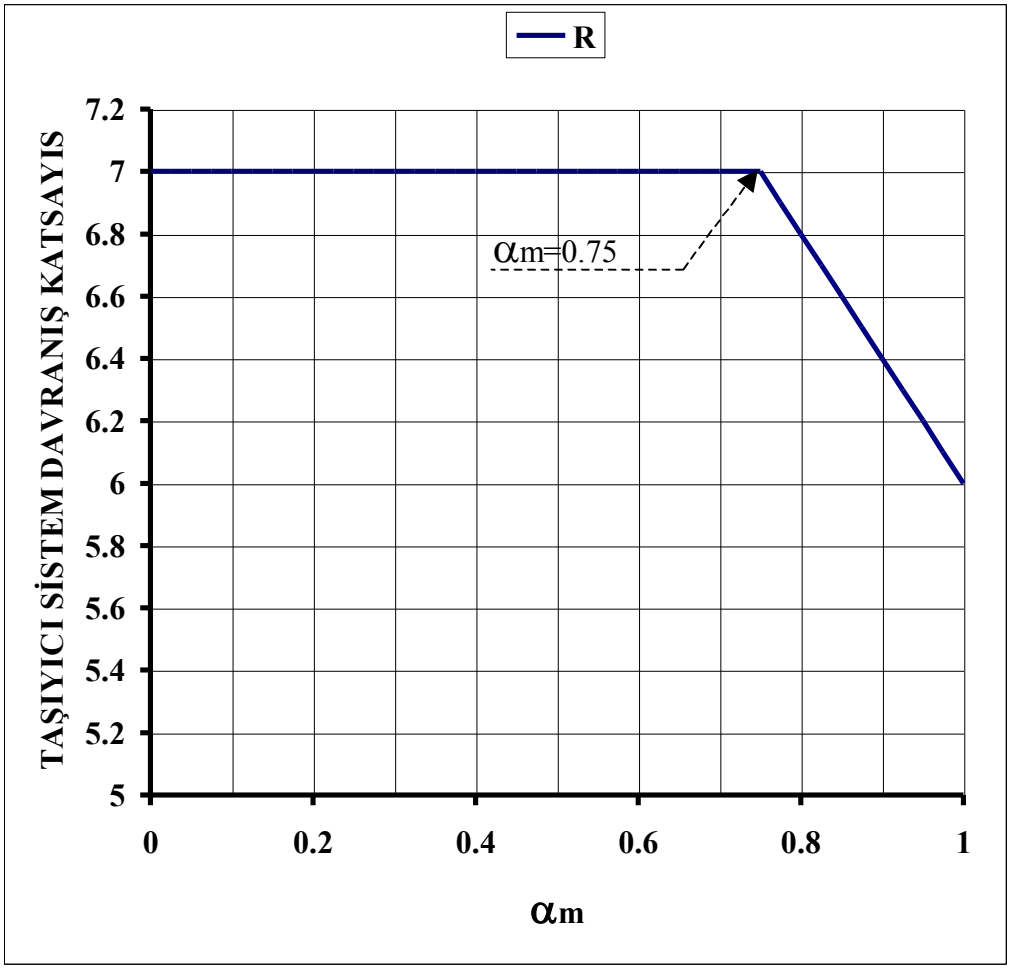
Süneklik düzeyi yüksek çerçeveli yapıların perdeli olması durumunda bu yapıların yapımı ile ilgili ABYYHY'in herhangi bir kısıtlaması yoktur. Bu durumda taşıyıcı sistem davranış katsayısı;

$\alpha_M < 0.75$ ise R = 7, (2.1)

$0.75 < \alpha_M < 1.00$ ise $R = 10 - 4 * \alpha_M$ (2.2)

halini alır.

Taşıyıcı sistem davranış katsayısı 6 – 7 arasında değişir ve maksimum 7 değerini alır. ŞEKİL 2.9 da süneklik düzeyi yüksek perdeli-çerçeveli yapıların taşıyıcı sistem davranış katsayısının değişimi gösterilmiştir.



Şekil 2.9 Süneklik düzeyi yüksek perdeli-çerçeveli sistemlerde R katsayısının değişimi

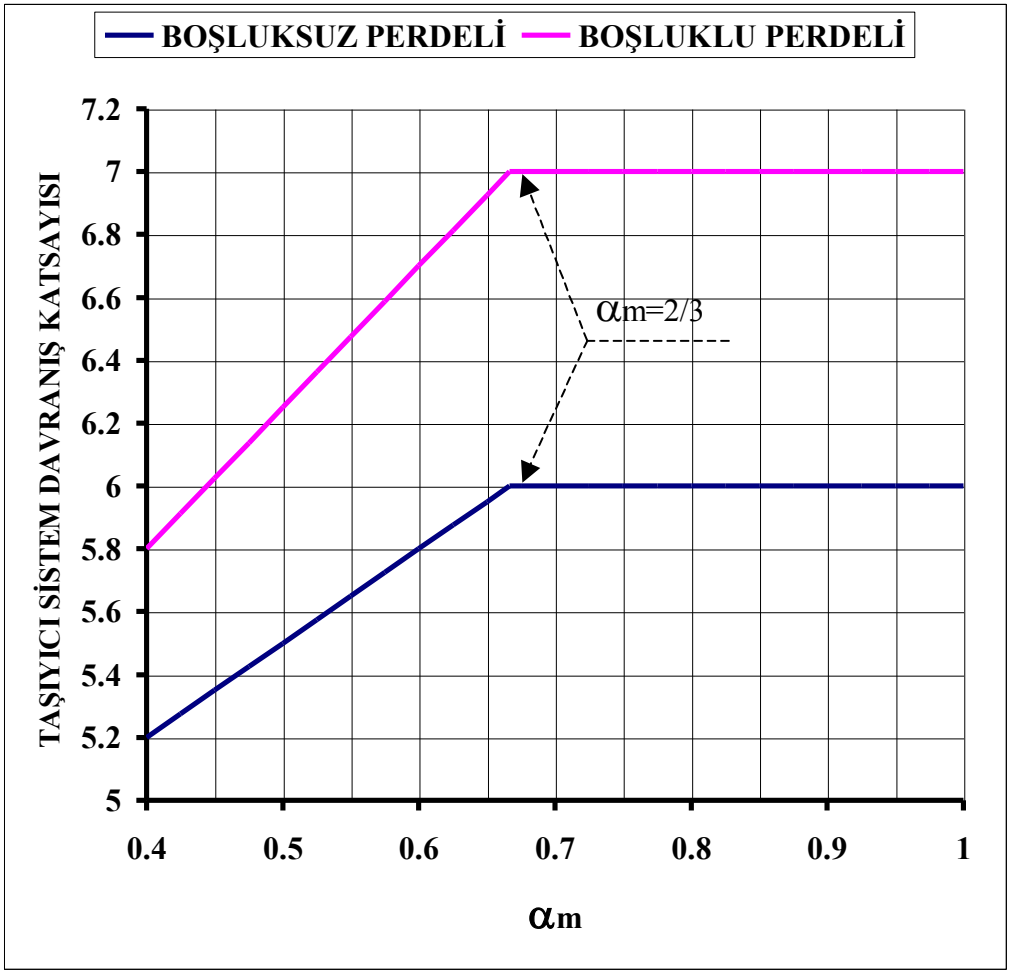
Süneklik düzeyi normal çerçeveli yapılarda perdelerin de normal sünekliğe sahip olması $\alpha_M > 0.75$ olması şartıyla kabul edilir. Bu tür yapılarda taşıyıcı sistem davranış katsayısı R = 4 tür.

Süneklik düzeyi normal kiriş ve kolonların oluşturduğu çerçeveler süneklik düzeyi yüksek perdelerle beraber kullanılıp, $\alpha_M \geq 0.40$ olmak şartıyla süneklik bakımından karma yapılar oluşturabilirler. Bu tür yapılarda taşıyıcı sistem davranış katsayısı aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$0.40 < \alpha_M < 2/3 \text{ ise } R = R_{NÇ} + 1.5 * \alpha_M * (R_{YP} - R_{NÇ}) \qquad (2.3)$$

$$\alpha_M \geq 2/3 \text{ ise } R = R_{YP} \qquad (2.4)$$

Buradan da anlaşılacağı üzere taşıyıcı sistem davranış katsayısı 5.2 – 7 aralığında değişir ve maksimum değeri 7 olur. Şekil 2.10 da süneklik düzeyi karma binaların taşıyıcı sistem davranış katsayısının değişimi gösterilmiştir.



Şekil 2.10 Süneklik düzeyi karma sistemlerde R katsayısının değişimi

2.4.2 Perdeli Sistemler

Deprem yüklerinin tamamının boşluksuz veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler ile taşındığı yapılar olarak ikiye ayrılır. Bu tür yapılar süneklik düzeyi yüksek veya normal taşıyıcı sistemlerden oluşturulabilirler. Bina önem katsayısı I = 1.4 ve I = 1.5 olan binaların sünekliği normal taşıyıcı sistemlerle oluşturulamayacağı unutulmamalıdır.

Taşıyıcı sistem davranış katsayısı boşluksuz perdeli sistemlerde sistemin sünekliği yüksek ise 6, normal ise 4 değerini alır. Boşluklu perdeli sistemlerde ise sünekliği yüksek yapılarda 7, normal yapılarda 4 değerini alır.

2.4.3 Kirişsiz Döşemeli Sistemler

ABYYHY'te kirişsiz döşemeli yapıların süneklik düzeyi yüksek sistemler olarak yapılmasına müsaade edilmemektedir. Bu nedenle bu tür döşemelerle oluşturulan yapılar ancak süneklik normal veya karma olarak yapılabilirler.

Taşıyıcı Sistemde Perde Bulunmaması Durumunda : Kirişsiz döşemeli yapılarda perde bulunmaması durumunda yapı süneklik düzeyi normal bir taşıyıcı sistemden oluşmuş demektir. Bu tür yapıların birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde yapılmasına müsaade edilmez. üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde de ancak $H_n \leq 25$ m. olması şartıyla yapılmasına müsaade edilir. Bu şartlarda yapılan yapılarda taşıyıcı sistem davranış katsayısı R = 4 olur.

Taşıyıcı Sistemde Perde Bulunması Durumunda : Kirişsiz döşemeli yapılarda süneklik düzeyi normal perdeler bulunuyorsa böyle bir yapının oluşturulabilmesi için $\alpha_M > 0.75$ koşulunun sağlanması gerekir. Yani perdelerin taşıdığı deprem yüklerinden meydana gelen eğilme momentleri toplamı, binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam devrilme momentinin % 75 den fazla olmalıdır. Bu durum yapıda perde miktarının artması anlamına gelir.

Böyle bir yapıda süneklik düzeyi normal perdeler yerine süneklik düzeyi yüksek perdeler kullanılması durumunda $\alpha_M \geq 0.40$ olması yeterlidir. Bu durumda yapı süneklik düzeyi karma olarak oluşturulmuş olur.

Taşıyıcı sistem davranış katsayısı süneklik düzeyi normal yapılarda R = 4 iken Süneklik düzeyi karma yapılarda aynı çerçeveli yapılarda Denk. 2.3 ve Denk. 2.4 de anlatıldığı gibi değişir.

ABYYHY'teki yapı sistemleri ve süneklik düzeyleri Tablo 2.1 de özetlenmiştir.

Tablo 2.1 Yapı sistemleri ve süneklik düzeyleri

TAŞIYICI SİSTEM	PERDE	SÜNEKLİK DÜZEYİ	DAVRANIŞ KATSAYISI	KOŞULLAR	
Çerçeveli Sistemler	Yok	Yüksek	8	Her durumda yapılabilir	
		Normal	4	I<1.4	1.° ve 2.° de yapılamaz 3.° ve 4.° için Hn≤25 m
	Var	Yüksek	6-7*	Her durumda yapılabilir	
		Normal	4	I<1.4	$\alpha_M > 0.75$
		Karma	5.2-7**	$\alpha_M \geq 0.40$	
Dişli (Kaset) Döşemeli Sistemler	Yok	Yüksek	8	Her durumda yapılabilir	
		Normal	4	I<1.4	1.° ve 2.° de yapılamaz 3.° ve 4.° için Hn≤13 m
	Var	Yüksek	6-7*	Her durumda yapılabilir	
		Normal	4	I<1.4	$\alpha_M > 0.75$
		Karma	5.2-7**	$\alpha_M \geq 0.40$	
Boşluksuz Perdeli Sistemler	Var	Yüksek	6	Her durumda yapılabilir	
		Normal	4	I<1.4	
Boşluklu Perdeli Sistemler	Var	Yüksek	7	Her durumda yapılabilir	
		Normal	4	I<1.4	
Kirişsiz Döşemeli Sistemler	Yok	Normal	4	I<1.4	1.° ve 2.° de yapılamaz 3.° ve 4.° için Hn≤13 m
	Var	Normal	4	I<1.4	$\alpha_M > 0.75$
		Karma	5.2-7**	$\alpha_M \geq 0.40$	

* Denk. 2.1 ve Denk. 2.2

** Denk. 2.3 ve Denk. 2.4

3. PLANDA DÜZENSİZLİĞİ BULUNAN YAPILAR

ABYYHY ülkemizde yaşanan depremlerde betonarme yapılarda oluşan hasarların sonucu yapısal düzensizliği olmayan yapıların yapımını teşvik etmiştir. Buna karşılık davranışlarındaki olumsuzluk ve belirsizlikten dolayı deprem kuvvetleri arttırılarak ve ek boyutlama esasları ve konstrüktif kurallar getirilerek düzensiz yapıların dayanım düzeyi yükseltilmiş ve bunların seçiminden caydırma esas alınmıştır. Yapının deprem etkisi altındaki davranışının belirlenmesinde ve ilgili kesit etkilerinin bulunmasında yapının taşıyıcı sisteminin düzenli veya düzensiz olması önemli ölçüde etkilidir. Sözü edilen düzensizlikler taşıyıcı sistemin davranışının belirlenmesi için daha fazla kabuller ve belirsizlikler getirirken, taşıyıcı sistem elemanlarının daha fazla zorlanmasına sebep olur. ABYYHY düzensiz yapıları Planda Düzensiz (Tablo 3.1) ve Düşeyde Düzensiz (Tablo 3.2) olmak üzere ikiye ayırmıştır.

Tablo 3.1 Planda düzensizlik durumları

DÜZENSİZLİK	**TANIM**	**ÖNLEM**
A-1 Burulma Düzensizliği	Bir katta %5 lik yatay kuvvet dışmerkezliği altında öteleme ve burulma sonucu oluşan en büyük göreli yerdeğiştirmesinin ortalama göreli yerdeğiştirmesine oranının 1.2 den büyük olması hali. (η_{bi}> 1.2)	η_{bi} > 1.2 ise dış merkezlik arttırılır.
		η_{bi} > 2 Dinamik hesap yapılır
A-2 Döşeme Süreksizlik Düzensizliği	Katlarda diyafram görevi yapan döşeme sisteminde %33 den fazla boşluk bulunması, döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu	Deprem yüklerinin döşemelerden kolon ve perdelere güvenle aktarılabildiği hesapla gösterilmelidir.
A-3 Planda Çıkıntılar Bulunması Düzensizliği	Plandaki her iki yöndeki çıkıntıların bu doğrultudaki yapı boyutunun %20 sinden fazla olması durumu	
A-4 Taşıyıcı Eleman Eksenlerinin Paralel Olmaması Durumu	Yatay yükleri taşıyan elemanların plandaki asal eksenlerinin, yapıya depremin etkidiğinin kabul edildiği doğrultulara paralel olmaması durumu	Dik iki deprem etkisinden bulunan iç kuvvetler birleştirilir.

Tablo 3.2 Düşeyde düzensizlik durumları

DÜZENSİZLİK	TANIM	ÖNLEM
B-1 Dayanım (Zayıf Kat) Düzensizliği	Bir katın etkili kesme alanının (kolon + perde + 0.15 x kargir duvar alanı) üst katınkine oranının 0.80 den küçük olması durumu. ($\eta_{ci\ min} < 0.80$)	$0.60 < \eta_{ci\ min} > 0.80$ ise R katsayısı 1.25 x η_{ci} ile büyütülür.
		$\eta_{ci} > 0.60$ olmasına izin verilmediği için, kolon ve perde kesitleri arttırılarak bu oran büyütülür.
B-2 Rijitlik (Yumuşak Kat) Düzensizliği	Bir katta %5 lik yatay kuvvet dış merkezliği altında oluşan göreli kat yerdeğiştirmesinin üst kattakine oranının 1.5 den büyük olması durumu. ($\eta_{ki} > 1.5$)	Dinamik Hesap yapılmalıdır.
B-3 Süreksizlik Düzensizliği	Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst katlardaki perdelerin altta kolonlara veya kirişlere oturtulması durumu.	Kolon konsola oturamaz. Perde kirişe mesnetlenemez.
		Kolonun iki ucundan mesnetli kirişe oturması durumunda veya perdenin iki ucundan kolona oturması durumunda iç kuvvetler %50 arttırılır.

3.1 Planda Düzensizliği Bulunan Yapılar

ABYYHY de planda düzensizlik durumları dört başlık altında toplanmıştır:

a. A-1 Burulma Düzensizliği

b. A-2 Döşeme Süreksizlik Düzensizliği

c. A-3 Planda Çıkıntılar Bulunması Düzensizliği

d. A-4 Taşıyıcı Eleman Eksenlerinin Paralel Olmaması Durumu

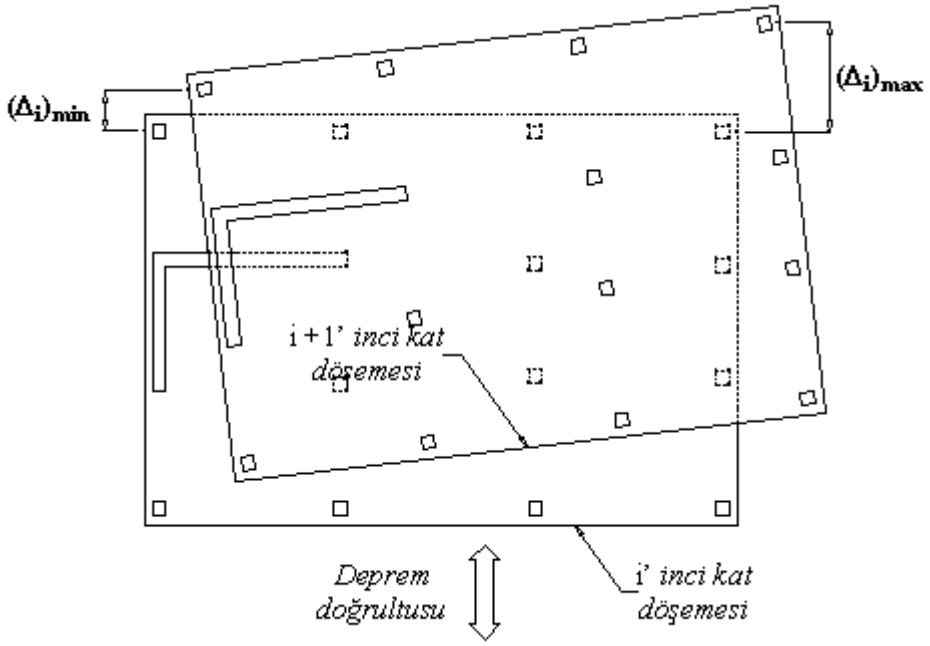
3.1.1 A-1 Burulma Düzensizliği

Yapının birbirine dik iki deprem doğrultusundan herhangi biri için, herhangi bir kattaki en büyük göreli yatay kat ötelemesinin ortalama göreli kat ötelemesine oranı olarak tanımlanan Burulma Düzensizlik Katsayısı' nın (Denk. 3.1) 1.2 den büyük

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{ort} > 1.2 \qquad (3.1)$$

$$(\Delta_i)_{ort} = 1/2\ [(\Delta_i)_{max} + (\Delta_i)_{min}] \qquad (3.2)$$

olması durumu, Burulma Düzensizliği olarak tanımlanır. " Şekil 3.1 "



Şekil 3.1 i'inci katta min. ve max. göreli kat ötelenmeleri

Burulma türü düzensizlik deprem kuvvetlerinin etkidiği kat kütle merkezi ile kat rijitlik merkezinin birbirinden ayrık olması ile belirgin hale gelir. Kat ötelemelerinin hesabında kütle merkezlerindeki muhtemel değişiklikleri göz önüne alarak, deprem kuvvetlerinin etkidiği doğrultuya dik bina boyutunun ± %5 kadar bir dış merkezlikle bulunduğu kabul edilecektir. Kabul edilen elde olmayan bu dış merkezlikten dolayı bina tamamen simetrik olsa bile daima $\eta_{bi} > 1.00$ olacaktır. Yapıda ek düzensizliklerin olması bu oranı daha da arttıracaktır, hatta perde elemanları orta kısımlarda toplanmış olan binalarda bu oran 1.2 yi dahi aşabilir.

Burulma düzensizliği yapıların deprem hesaplarında kullanılacak olan hesap yönteminin seçiminde etkili olan düzensizliklerdendir. ABYYHY de dinamik hesap yöntemi taşıyıcı sistemin davranışının belirlenmesinde daha etkili bir yöntem kabul edildiği için $\eta_{bi} > 2.00$ olması durumunda birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde dinamik hesap yapılması zorunlu kılınmıştır. Burulma Düzensizliği Katsayısının $1.20 < \eta_{bi} < 2.00$ olması durumunda ise, katlara etkiyen eşdeğer deprem yükü için kabul edilen , ± %5 ek dışmerkezliğin Denk. 3.3 ile tarif edilen D_i katsayısı ile arttırılması gerekir.

$$D_i = (\eta_{bi} / 1.2)^2 \qquad (3.3)$$

Bu suretle burulma düzensizliğinin daha belirgin ortaya çıkması ve taşıyıcı sistemin daha fazla zorlanması sözkonusu olurken, böyle bir taşıyıcı sistem düzenlenmesinde çözümleme zorlaştırılarak caydırma yoluna gidilecektir. Burulma düzensizliği bulunan yapılar dört sınıfa ayrılabilir:

a. Geometrik Bakımdan Düzensiz Yapılar,

b. Rijitlik Dağılımı Bakımından Düzensiz Yapılar,

c. Hem Geometrik Hem De Rijitlik Yerleşimi Bakımından Düzensiz Yapılar,

d. Gizli Burulma Düzensizliği Bulunan Yapılar.

Geometrik bakımdan düzensiz binalarda burulma düzensizliği çok yüksek mertebelerde değildir. Bu tür yapıların zayıf akslarındaki taşıyıcı elemanların boyutlarının arttırılması ile burulma düzensizliği büyük ölçüde giderilebilir. Uygulamada karşılaşılan simetrik olmayan yapılarda rijitlik dağılımı düzensiz değilse burulma düzensizliği makul seviyelerde kalmaktadır.

Rijitlik dağılım bakımından düzensiz binalarda burulma düzensizliği yüksek mertebelerde olabilir. Yapılan araştırmalarda en elverişsiz durumlarda bile bu tür yapılarda burulma düzensizliği katsayısının 2.0 nin üstüne çıktığı gözlenmemiştir. Zayıf akslardaki düşey ve yatay taşıyıcıların rijitliklerinin arttırılması veya bu akslara kısıtlı sayı ve boyutta da olsa perde eklenmesi burulma düzensizliğini engelleyebilir.

Hem geometri hem de rijitlik dağılımının düzensiz olduğu yapılar burulma düzensizliğinin en elverişsiz olduğu yapılardır. Ancak yapılan araştırmalarda bu tür yapılarda dahi burulma katsayısının 2.00 yi geçtiği gözlenmemiştir. Zayıf akslardaki

düşey ve yatay taşıyıcıların rijitliklerinin arttırılması veya bu akslara kısıtlı sayı ve boyutta da olsa perde eklenmesi burulma düzensizliğini engelleyebilir.

Geometrik ve rijitlik dağılımı açısından düzensiz olmayan yapılarda da burulma düzensizliği ortaya çıkabilir. Kenar aks rijitliklerinin düşük olması, yatay yük etkilerini taşıyan perdelerin orta kısımlarda yoğunlaşması ve ek dış merkezliğin etkisi ile bu tür yapılarda burulma düzensizliği ortaya çıkabilir. Yapılarda genelde rijitlik dağılımının düzgün yapılması burulma düzensizliğini engeller veya büyük değerlere ulaşmasını önler.

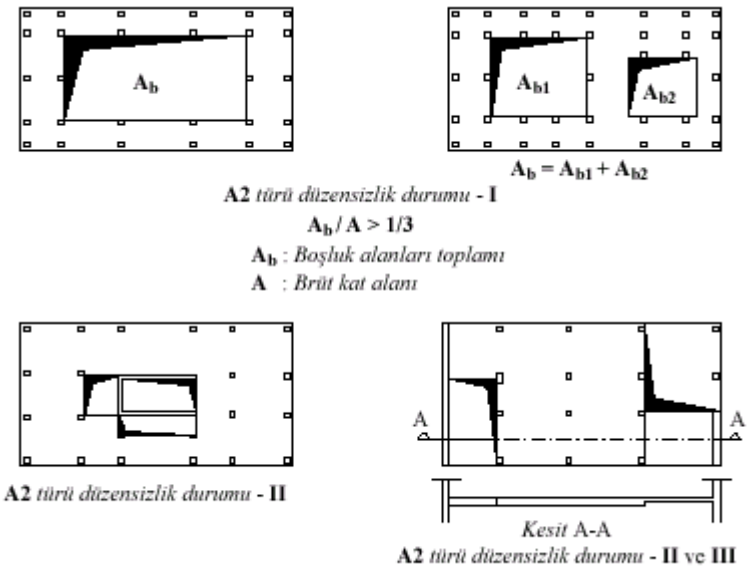
3.1.2 A-2 Döşeme Süreksizlik Düzensizliği

Herhangi bir kattaki döşemede;

Merdiven ve asansör boşlukları dahil,boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3 ünden fazla olmaması,

Deprem yüklerinin kolon ve perde gibi düşey taşıyıcı elemanlara güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu,

Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani değişikliklerin bulunması döşeme süreksizliği olarak tanımlanır. “ Şekil 3.2 ”



Şekil 3.2 A-2 türü düzensizlik durumları

Kata etkiyen deprem yüklerini düşey taşıyıcılara aktarmada, döşemeler çok önemli rol oynarlar. Bütün düşey taşıyıcılar kat düzeyinde döşemeler tarafından birbirine

bağlanırlar. Deprem yükü döşeme plağı düzlemine paralel doğrultuda etki eder ve plağı, çok derin ince bir kiriş gibi zorlar. Deprem yükünü kendi düzlemi içinden geçiren döşeme plağı, bu yükü düşey taşıyıcılara aktarır ve düşey taşıyıcılarda kesme oluşmasına neden olur. Bu kesme kuvvetleri ile deprem yükü, her düzeyde dengelenmek zorundadır.

Kendi düzlemine paralel yüklenen döşeme plağı, deprem yükü altında ihmal edilebilecek kadar küçük eğilme sehimi oluşturur, ancak bütün düşey taşıyıcıları beraber sürükleyerek ötelenmelerini sağlar. Başka bir deyişle, döşeme rijit kütle hareketi göstererek ötelenir. Döşemenin deprem yüklerini düşey taşıyıcılara aktarmasına diyafram görevi adı verilir. Etkin bir diyafram görevi için döşeme kendi düzlemi içinde etkiyen deprem yükü altında çok küçük sehim yapmalıdır. Bunun sağlanması için döşemenin düzlem içi eğilme rijitliği büyük olmalıdır. Döşeme boşluklarının ise, bu rijitliği azalttığı açıktır.

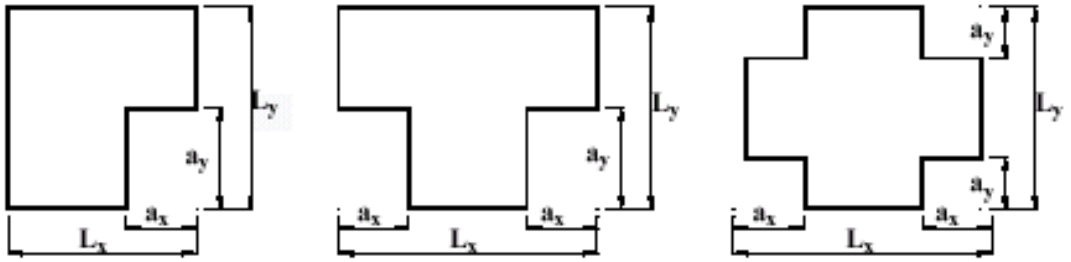
Yapılarda döşeme boşluklarının bulunması ve özellikle döşemenin doğrudan kolon veya perdeye mesnetlendiği kirişsiz döşemelerde bu mesnetlenme kenarlarında boşlukların bulunması, kuvvet iletimin zorlaştıracak ve gerilme yığılmalarına sebep olacaktır. Döşeme kalınlıklarında olabilecek ani kalınlık değişimleri de deprem kuvvetlerinin iletilmesinde ani gerilme yığılmalarına neden olabilir.

Döşem süreksizliği bulunan yapılarda, kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde deprem kuvvetlerini, kolon ve perde gibi düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarabildiği gösterilmelidir. ABYYHY' nde bir hesap yöntemi ayrıntısı verilmemiş olup, hesap kabulleri ve çözümleme yönteminin proje mühendisi tarafından seçilmesi gerekmektedir.

Yapılarda bu tür düzensizliklerin oluşmamasına gayret edilmelidir. Ancak, kaçınılmaz durumlarda boşluklu döşemeyi küçük parçalara ayırarak ve rijit diyafram kabulünü terk edip, döşemenin kendi düzlemi içindeki eğilmesini de içeren bir çözüm yolu izlenebilir. Kat deprem yükünün de bu parçalara yayılı verilmesiyle, bu yükün kolon ve perdelere aktarılması sırasında ortaya çıkabilecek olan ek gerilmeler belirlenerek, gerektiğinde döşemede kalınlık ve donatı arttırılması yönüne gidilebilir. Döşeme parçalarına etkiletilecek deprem kuvvetleri de gerekli dış merkezliği içerecek şekilde verilmesi gerekir.

3.1.3 A-3 Planda Çıkıntılar Bulunması Düzensizliği

Bina kat çıkıntı yapan kısımlarının birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın göz önüne alınan katının aynı doğrultudaki toplam plan boyutlarının %20 sinden daha büyük olması durumu planda çıkıntılar bulunması düzensizliği olarak tanımlanır. “ Şekil 3.3 ”



A3 *türü düzensizlik durumu:*

$a_x > 0.2\ L_x$ *ve aynı zamanda* $a_y > 0.2\ L_y$

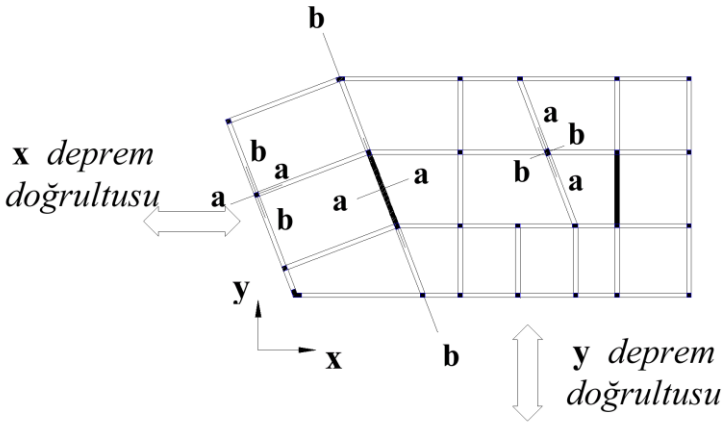
Şekil 3.3 A-3 türü düzensizlik durumları

Bu tür düzensizliğe sahip L, T, H ve U şeklindeki döşemeler deprem kuvvetlerini diğer elemanlara iletirlerken rijit diyafram gibi davrandığını kabulü doğru olmayabilir. Bu durumda döşemenin kollarında düzlemleri içinde birbirine göre rölatif yerdeğiştirme oluşabilir. Döşemede oluşan deprem yüklerinin kiriş, kolon ve perde gibi elemanlara paylaştırılmasında düzlem içi eğilmenin de göz önüne alınması ve bu kuvvetlerin güvenle elemanlara aktarılabildiğinin gösterilmesi gerekmektedir.

3.1.4 A-4 Taşıyıcı Elemanların Eksenlerinin Paralel Olmaması Düzensizliği

Taşıyıcı sistemdeki düşey elemanların asal eksenlerinin, göz önüne alınan birbirine dik yatay deprem doğrultularına paralel olmaması, taşıyıcı eleman eksenlerinin paralele olmaması düzensizliği olarak tanımlanır. “ Şekil 3.4 ”

Genellikle binalar taşıyıcı sistem elemanları birbirine dik doğrultularda yerleştirilerek Ortogonal Taşıyıcı Sistemler düzenlenir. Deprem kuvvetlerinin iki asal doğrultuda birbirinden bağımsız olarak etkidiği kabul edilerek çözüm yapılır. Bu durumda döşeme ve kiriş gibi elemanlar sürekli olduklarından, kesme kuvveti ve eğilme momenti gibi kesit etkileri dengeli biçimde dağılır ve taşıyıcı elemanlarda ek olarak ortaya çıkan burulma etkileri önemli değerlere ulaşmaz.



Şekil 3.4 A-4 türü düzensizlik durumu

Taşıyıcı sistemde birbirine dik iki asal eksenin bulunmaması bir düzensizlik nedenidir. Bu tür taşıyıcı sistemlerde deprem etkisinde elemanlarda asal etkiler artar ve ek burulma gelirken, ikinci doğrultuda da kesme kuvveti ve eğilme momenti oluşur. Sistemde belirli asal eksenler bulunmadığı için, depremin seçilen x ve y iki dik doğrultuda ayrı ayrı etkidiği kabul edilir ve daha sonra bu iki çözümleme elverişsiz etkinin elde edilmesi için Denk.3.4 deki gibi birleştirilerek, kesit etkilerinde kullanılacak değerler bulunur.

$$B_a = \pm B_{ax} \pm 0.30 * B_{ay} \qquad (3.4a)$$

$$B_a = \pm 0.30 * B_{ax} \pm B_{ay} \qquad (3.4b)$$

4. KAT DÖŞEMELERİNİN RİJİT VEYA ESNEK KABUL EDİLEREK MODELLENMESİ

4.1 Kat Döşemelerinin Rijit Diyafram Olarak Modellenmesi

Kat döşemeleri kendi içinde yeterince rijit olan binalar için dinamik analiz şu basitleştirmeler ışığında yapılır:

a. Kat döşemeler kendi düzlemleri içinde rijit olduklarından ikisi yatay öteleme ve biri de düşey eksen etrafında dönme olmak üzere üç serbestlik derecesine sahiptirler.

b. Bina kütleleri ve kütle atalet momentleri kat döşemelerine karşı gelen serbestlik derecelerinde toplanmıştır.

c. Deprem hareketinin düşey bileşeni ihmal edilmiştir.

d. Düğüm hareketinin düşey eksen doğrultusunda ötelenmesine karşı gelen atalet kuvvetleri ile yatay eksenler etrafındaki dönme bileşenine karşı gelen atalet momentleri çok küçük mertebelerdedir ve ihmal edilebilirler. Dinamik modelleme yapılırken bu serbestlik dereceleri modelden çıkartılırlar.

Döşemeler genelde rijit mesnetler üzerinde düşünürler ve taşıyıcı sistemi oluşturan çerçeve ve perdelerden ayrı olarak analiz ve dizayn edilirler. Döşemeler dinamik etkilerin taşıyıcı sisteme aktarılması bakımından önemli rol oynarlar. Bu görevi yapabilmeleri için mesnetlendikleri kiriş, kolon ve perdelere monolitik olarak bağlanmaları ve bu etkiler altında elastik limitler içinde kalacak şekilde yeterli dayanıma sahip olmaları gerekir. Döşemenin düzlem içi rijitlikleri uygun şekilde göz önüne alınmalı ve yapının dinamik analizinde kurulan modele katılmalıdır.

Döşemeler genel olarak tamamen rijit diyafram kabul edilerek modellenir. Böylece her kat düzleminde ikisi düzlem içinde ötelenme biri de düzleme dik eksen etrafında dönme bileşeni olmak üzere üç serbestlik derecesi olan ve “master” düğüm noktası olarak anılan ilave düğüm noktaları tanımlanır. Döşemelerin bütün düğüm noktalarının (slave düğüm noktaları) 3’ er serbestlik dereceleri 3x3 lük rijit cisim

hareketini temsil eden dönüşüm matrisi vasıtası ile düğüm noktalarının 3 serbestlik derecesi bağlantılandırılır. Böylece uygulamadaki yapılar kat başına 3 serbestlik derecesi ile idealleştirilirler. Bunun yanında pek çok ülkenin deprem yönetmeliği deprem hareketi yatay düzlemdeki iki bileşeni ile tarif edilmektedir. Depremin düşey bileşeninin etkisi yapının zati yükler altındaki güvenlik sınırları içinde kabul edilmektedir. Bu kabullere göre dinamik hesapta kullanılan rijitlik matrisi, sistemin rijitlik matrisinin, birçok dinamik serbestlik derecesinin ortadan kaldırıldığı statik ve kinematik kondensasyonlarla düzenlenmesiyle elde edilir. Yatay rijitlik matrisinin elde edilmesi ve iç kuvvetlerin düzenlenmesi bütün statik serbestlik derecelerini içeren tam modele dayandırılarak yapılır. Statik kondensasyon, statik veya dinamik problemlerin serbestlik derecelerini ortadan kaldırmak için kullanılan genel bir yöntemdir.

Uygulamada, kullanılan programın özelliğine göre rijit diyafram modeli "master" düğüm noktası ataması ile otomatik olarak kurulabilir. Eğer bu yapılamıyorsa "master" düğüm noktaları eksenel rijitliği çok fazla olan fiktif çubuklarla kat düzleminde bulunan düğüm noktalarına bağlanarak da döşemenin kendi düzleminde sonsuz rijit olması koşulu yerine getirilebilir.

Döşemelerin kendi düzlemlerinde sonsuz rijit kabul edilmesi yukarıda belirtilen serbestlik derecelerinin indirgenmesi yanı sıra kütle parametresinin de sisteme atanması sırasında yapılan kısaltmalar bakımından problemin boyutunu azaltıcı bir kabuldür. Bu sayede kat kütlesi "master" düğüm noktalarında toplanmış olur.

4.2 Kat Döşemelerinin Döşeme Esnekliği ile Modellenmesi

Yapı sistemlerinin hesabında genel olarak, taşıyıcı sistem elemanları olan kolon ve kirişler, çubuk eleman olarak modellenirler. Çubuk elemanlar esas itibariyle altı serbestlik derecesi olan iki düğüm noktasından oluşurlar. Böylelikle elemanlar eğilme, kesme, burulma ve normal kuvvet aktarabilen elemanlar olarak düşünülürler. Ancak hesaplarda yapılan bazı varsayımlar gereği bu bileşenlerden bir kaçı terk edilebilir. Döşemelerin sonsuz rijit sayılması durumunda kirişlerde normal kuvvetlerin terk edilmesi buna bir örnektir. Ancak bazı yapı yada yapı elemanlarının davranışlarının daha gerçekçi olarak modellenebilmesi için düğüm noktası serbestlik derecelerinde indirgeme yapılmaması gerekebilir.

Perde ve döşemeler uygun eğilme ve kayma rijitlikleri atanarak çubuk eleman olarak modellenebilseler bile daha gerçekçi bir yaklaşım için dörtgen sonlu elemanlar kullanılmalıdır. Kat döşemelerinde rijit diyafram özelliğini sağlayamayan yapılarda döşeme esnekliğinin sonlu elemanlarla tarifi sağlanır.

Genel olarak döşeme ve perdeler sonlu elemanlar ile modellenirken düzlem içi kuvvetler için levha eleman, düzleme dik kuvvetler için plak elemanlar ile tarif edilirler. Ancak düğüm noktalarında sınır şartları sağlamak için yeterli sayıda serbestliğin tutulmadığı durumlarda yalnız levha veya yalnızca plak davranışını göz önüne almak yeterli olmaz. Bu yüzden her iki eleman tipinin birleşimi olan kabuk elemanlarla modellemek daha gerçekçi bir yaklaşımdır.

4.3 Rijit Modelle Esnek Modelin Karşılaştırılması

Binaların dinamik analizinde döşemeleri kendi düzlemleri içinde rijit almak genel bir kabuldür. Bu kabul kat düzlemindeki rijit cisim hareketini ifade eder. Böylelikle yatay deprem kuvvetlerinin analizi için gerekli bilinmeyenler her kat düzlemi için iki öteleme ve bir dönme bileşeni olarak indirgenir. Bu pek çok binada geçerli bir kabuldür.

Öyle durumlar vardır ki döşeme diyaframlarının rijit kabul edilmeleri sakıncalı durumlara neden olabilir. Çok rijit taşıyıcı elemanlara sahip çekirdek perdeli binalar, planda düzensiz ve büyük döşeme boşlukları bulunan binalar bu tür yapılara örnek gösterilebilir. Bu durumlarda döşemenin gerçek rijitliğini tarif edebilmek için kat başına ilave serbestlik derecelerinin göz önüne alındığı daha detaylı bir modelleme gerekir. Döşeme diyaframlarının esnekliği, yapıların dinamik özelliklerini değiştirebilir. Rijit diyafram kabulü ile bulunan doğal titreşim modları, mod şekilleri ve modların katılım payları gerçek durumda bulunandan belirgin şekilde farklı olabilir. Bu yapıya etkiyen yatay yükün büyüklüğünü ve taşıyıcı elemanlara dağılımını etkileyecektir. Esnek döşeme modeli ile yatay yükün çerçevelere dağılımı değişebilir, diyaframlardaki deformasyonlar sonucu ilave burulma momentleri doğabilir.

5. SAYISAL ÖRNEKLER

5.1 Örnek Yapı Hakkında Genel Bilgi

Değişik tasarım türleri ile yapıların ekonomik olması yanı sıra düşey ve yatay yüklerin karşılanması sırasında daha verimli olmaları da sağlanabilir. Değişik döşeme türleri ile döşemeleri tasarlanabilecek olan çok katlı binaların yatay yükler altında davranışları değişir. Bu bölümde örnek olarak seçilen çok katlı betonarme bir binanın değişik döşeme alternatifleri ile tasarımı ve hesapları yapılacaktır. Binada uygulanacak döşeme türleri;

a. Kirişli Plak Döşeme

b. Dişli Döşeme

c. Kirişsiz Döşemedir.

Döşeme türünün değişmesinden dolayı ortaya çıkan yapının taşıyıcı sisteminde meydana gelen değişiklikler, yatay yükler altında yapının durumu ele alınacaktır.

Örnek olarak seçilen bina hakkındaki genel karakteristikler ve bilgiler aşağıda verilmiştir.

- Bina Bodrum Kat, Zemin Kat ve 1-15 Normal Kat'tan oluşmak üzere 3-17 katlı olarak incelenecektir.
- Yapı 32.4 x 24,6 = 797.04 m² oturma alanına sahip olup planı dikdörtgendir.
- Bina işyeri amaçlı ve katlarda büro alanları oluşturulabilecek şekilde tasarlanmıştır.
- Yapının taşıyıcı sisteminde, düşey taşıyıcı elemanlar olan kolonlar dikdörtgen, perdeler de poligon şeklinde oluşturulmuştur. Kirişli plak döşemeli ve dişli döşemeli tasarımlarda, kirişler yönetmeliklerin gerektirdiği şartları sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Taşıyıcı sistem her iki doğrultuda da yeterli derecede simetriktir.

- Bina, bodrum ve zemin katlarda kat yüksekliği 4.00 m diğer katlarda da 3.50 m olarak tasarlanmıştır.
- Yapı birinci derece deprem bölgesinde ve Z2 türü zeminde yapılacaktır.
- Projede öngörülen malzeme C25 (BS25) ve St420 (BÇIII a) dır.
- Binanın dış cephesi cam giydirme olarak tasarlanmıştır.
- Binada sadece 25 cm. kalınlığında Ytong elemanlar bölme duvar olarak kullanılmıştır.
- Yapının her türlü analizi Sap2000 ve STA4CAD programları kullanılarak yapılmıştır.

Bina değişik tasarımlar şeklinde inceleneceği için bu tasarımların isimlendirilmesi uygun görülmüştür. Böylece yapı;

- (Bina-1) : Kirişli Plak Döşemeli,
- (Bina-2) : Dişli Döşemeli,
- (Bina-3) : Kirişsiz Döşemeli olarak üç alternatif halinde incelenecektir.

Bina-1, Bina-2 ve Bina-3'e ait Normal Kat Kalıp Planları ve birer adet boy kesitleri Ek A, Şekil A.1, A.2, A.3, A.4, A.5 ve A.6 da verilmiştir.

5.2 Hesap Yüklerinin Bulunması

Yapı analizinde gözönüne alınan yüklerin değerleri TS 498’ den alınmıştır. Katlarda döşeme yüklerinin birbirinden farklı olmasından dolayı döşeme yükleri Bodrum ve Zemin Kat, Normal Katlar ve Çatı Katı olmak üzere ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Hesap yüklerinin doğru olarak belirlenebilmesi için sistemlerdeki döşeme özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir.

5.2.1 Bina-1 Döşeme Yüklerinin Bulunması

“ Betonarme Yapıların Yapım ve Hesap Kuralları ” olan TS500 çift ve tek doğrultuda çalışan döşemelerin kalınlıklarının sağlaması gereken sehim şartları belirtilmiştir. Bu nedenle çift doğrultuda çalışan kirişli plak döşemeler için Denk. 5.1 ve tek doğrultuda çalışan kirişli plak döşemeler için de Denk. 5.2 kullanılmıştır. Döşeme kalınlıklarının belirlenmesi Tablo 5.1 de gösterilmiştir.

$$\min hf = l_{sn} (1 - \alpha_s / 4) / (15 + 20 / m) \qquad (5.1)$$

$$\min h_f = l_p /30 \qquad (5.2)$$

Tablo 5.1 Döşeme yüksekliklerinin sehim koşuluna göre belirlenmesi

DÖŞEME NO	l_x (m)	l_y (m)	m	l_{snx} (m)	l_{sny} (m)	$\Sigma l_{sürekli}$ (m)	αs	hf (cm)
D01	7.150	7.950	1.112	6.450	6.850	15.100	0.500	17.11
D02	5.425	7.950	1.465	4.425	7.250	21.325	0.797	12.37
D03	6.250	7.950	1.272	5.250	7.250	22.150	0.780	13.76
D04	7.150	7.700	1.077	6.450	6.700	15.400	0.519	16.72
D05	3.325	2.500	1.330	3.000	2.100	8.325	0.715	5.74
D06	2.100	2.500	1.190	1.850	2.100	7.100	0.772	4.70
D07	6.250	2.500	2.500	6.000	2.100	m > 2.00		8.33
D08	6.250	2.700	2.315	6.000	2.300	m > 2.00		9.00
D09	1.800	2.500	1.389	1.550	2.100	6.100	0.709	4.34
D10	2.100	2.500	1.190	1.850	2.100	7.100	0.772	4.70
D11	6.250	2.500	2.500	6.000	2.100	m > 2.00		8.33

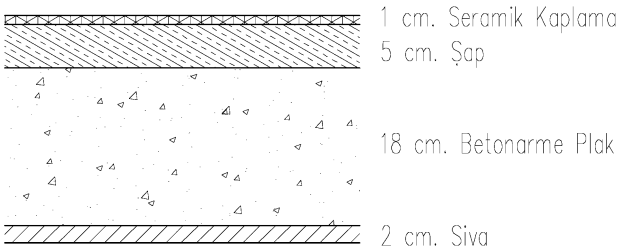
Tablo 5.1 den görüldüğü gibi sehim gerektirmeyen max. Döşeme kalınlığı 17.11 cm. olarak hesaplanmıştır. Döşeme kalınlığı bu nedenle 18 cm. olarak seçilmiştir. Açıklığı küçük olan çift doğrultuda çalışan döşemeler ile tek doğrultuda çalışan döşemelerde gerekmemesine rağmen imalatın kolay olması düşünülerek aynı döşeme kalınlığı alınmıştır.

Bodrum ve Zemin Kat Yük Analizleri “ Şekil 5.1 ”

- 1 cm. Seramik Karo 0.01 * 22.0 = 0.22 kN/m²
- 5 cm. Şap 0.05 * 22.0 = 1.10 kN/m²
- 18 cm. Betonarme Plak 0.18 * 25.0 = 4.50 kN/m²
- 2 cm. Sıva 0.02 * 20.0 = 0.40 kN/m²

g = 6.22 kN/m²

q = 5.00 kN/m²



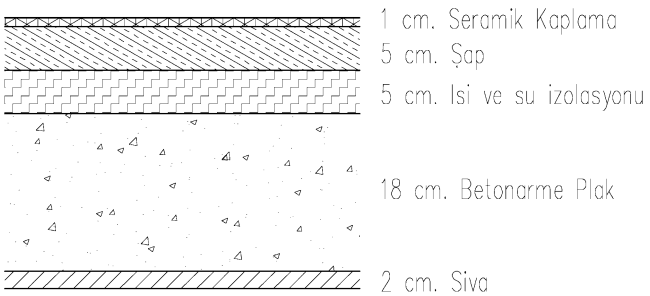
Şekil 5.1 Bina-1 bodrum, zemin ve normal katlarda döşeme kesiti

Normal Katlar Yük Analizleri “Şekil 5.1”

- 1 cm. Seramik Karo 0.01 * 22.0 = 0.22 kN/m²
- 5 cm. Şap 0.05 * 22.0 = 1.10 kN/m²
- 18 cm. Betonarme Plak 0.18 * 25.0 = 4.50 kN/m²
- 2 cm. Sıva 0.02 * 20.0 = 0.40 kN/m²

g = 6.22 kN/m²

q = 3.50 kN/m²



Şekil 5.2 Bina-1 çatı katı döşeme kesiti

Çatı Yük Analizi " Şekil 5.2 "

- 1 cm. Seramik Karo 0.01 * 22.0 = 0.22 kN/m²
- 5 cm. Şap 0.05 * 22.0 = 1.10 kN/m²
- 5 cm. Isı ve Ses İzolasyonu 0.05 * 1.50 = 0.08 kN/m²
- 18 cm. Betonarme Plak 0.18 * 25.0 = 4.50 kN/m²
- 2 cm. Sıva 0.02 * 20.0 = 0.40 kN/m²

g = 6.30 kN/m²

q = 2.00 kN/m²

5.2.2 Bina-2 Döşeme Yüklerinin Bulunması

Bina-2 'de bir yönde çalışan dişli döşemelerin boyutlandırılması TS-500'e göre yapılmıştır. Böylece kirişlerin boyutları 15/40 olarak belirlenmiştir. Kirişlerin tablasının oluşturacak olan plağın kalınlığı da 10 cm. olarak belirlenmiştir.

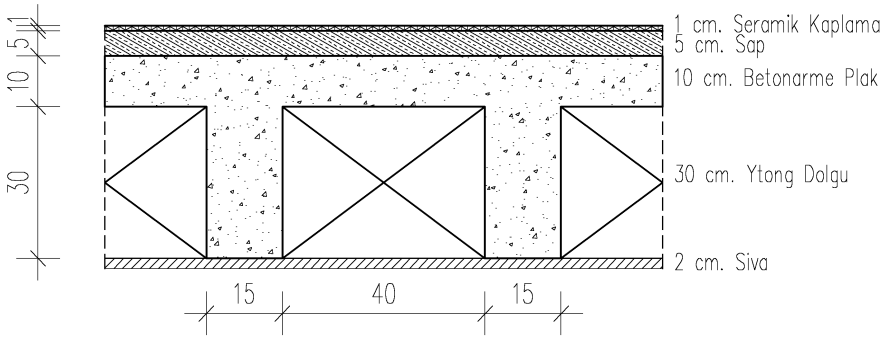
Bodrum ve Zemin Kat Yük Analizleri " Şekil 5.3 "

- 1 cm. Seramik Karo 0.01 * 22.0 = 0.22 kN/m²
- 5 cm. Şap 0.05 * 22.0 = 1.10 kN/m²
- 10 cm. Betonarme Plak 0.10 * 25.0 = 2.50 kN/m²
- 15 cm. Betonarme Diş 0.15 * 0.30 * 25.0 / 0.55 = 2.05 kN/m²
- 40 cm. Ytong Dolgu 0.30 * 0.40 * 6.0 / 0.55 = 1.31 kN/m²

- 2 cm. Sıva 0.02 * 20.0 = 0.40 kN/m²

g = 7.58 kN/m²

q = 5.00 kN/m²



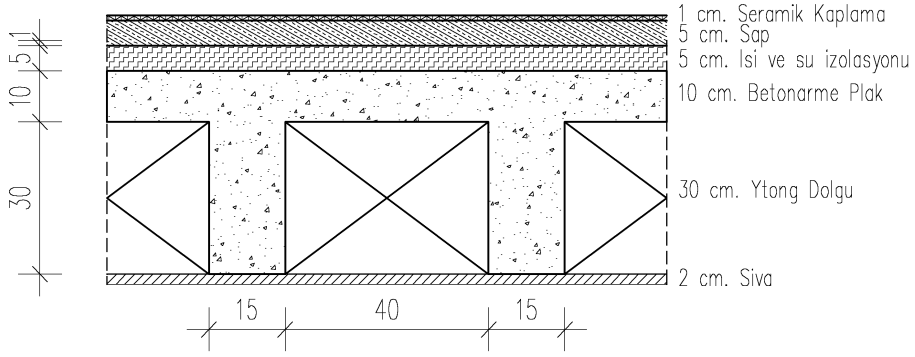
Şekil 5.3 Bina-2 bodrum, zemin ve normal katlarda döşeme kesiti

Normal Katlar Yük Analizleri “Şekil 5.3”

- 1 cm. Seramik Karo 0.01 * 22.0 = 0.22 kN/m²
- 5 cm. Şap 0.05 * 22.0 = 1.10 kN/m²
- 10 cm. Betonarme Plak 0.10 * 25.0 = 2.50 kN/m²
- 15 cm. Betonarme Diş 0.15 * 0.30 * 25.0 / 0.55 = 2.05 kN/m²
- 40 cm. Ytong Dolgu 0.30 * 0.40 * 6.0 / 0.55 = 1.31 kN/m²
- 2 cm. Sıva 0.02 * 20.0 = 0.40 kN/m²

g = 7.58 kN/m²

q = 3.50 kN/m²



Şekil 5.4 Bina-2 çatı katı döşeme kesiti

Çatı Yük Analizi " Şekil 5.4 "

- 1 cm. Seramik Karo 0.01 * 22.0 = 0.22 kN/m²
- 5 cm. Şap 0.05 * 22.0 = 1.10 kN/m²
- 5 cm. Isı ve Ses İzolasyonu 0.05 * 1.50 = 0.08 kN/m²
- 10 cm. Betonarme Plak 0.10 * 25.0 = 2.50 kN/m²
- 15 cm. Betonarme Diş 0.15 * 0.30 * 25.0 / 0.55 = 2.05 kN/m²
- 40 cm. Ytong Dolgu 0.30 * 0.40 * 6.0 / 0.55 = 1.31 kN/m²
- 2 cm. Sıva 0.02 * 20.0 = 0.40 kN/m²

g = 7.66 kN/m²

q = 2.00 kN/m²

5.2.3 Bina-3 Döşeme Yüklerinin Bulunması

" Betonarme Yapıların Yapım ve Hesap Kuralları " olan TS500'de, iki doğrultuda çalışan kirişsiz döşemelerin kalınlığı için Denk. 5.3 şartlar belirtilmiştir.

$$\min hf = l_n / 30 \text{ ve } \min hf = 180 \text{ mm.} \qquad (5.3)$$

TS-500'e göre kirişsiz döşeme kalınlığı, olabildiğince zımbalama donatısı gerektirmeyecek biçimde seçilmelidir. Kirişsiz döşemelerde plak ve kolonların moment aktaracak bağlantısını sağlamak için kolon kesitinin açıklık doğrultusundaki

genişliği, aynı doğrultudaki eksen açıklığının 1/20 sinden ve 300 mm den az olmamalıdır.

Bina-3'de maksimum eksen açıklığı 7.95m dir. Denk. 5.3'e göre 7950 / 30 = 265 mm olduğundan, döşeme kalınlığı hf = 300 mm olarak seçilecektir. Ayrıca sistemdeki kolon boyutları, 7950 / 20 = 397.5 mm olduğundan 500 mm 'den daha küçük seçilmeyecektir.

Bodrum ve Zemin Kat Yük Analizleri

- 1 cm. Seramik Karo 0.01 * 22.0 = 0.22 kN/m²
- 5 cm. Şap 0.05 * 22.0 = 1.10 kN/m²
- 30 cm. Betonarme Plak 0.30 * 25.0 = 7.50 kN/m²
- 2 cm. Sıva 0.02 * 20.0 = 0.40 kN/m²

g = 9.22 kN/m²

q = 5.00 kN/m²

Normal Katlar Yük Analizleri

- 1 cm. Seramik Karo 0.01 * 22.0 = 0.22 kN/m²
- 5 cm. Şap 0.05 * 22.0 = 1.10 kN/m²
- 30 cm. Betonarme Plak 0.30 * 25.0 = 7.50 kN/m²
- 2 cm. Sıva 0.02 * 20.0 = 0.40 kN/m²

g = 9.22 kN/m²

q = 3.50 kN/m²

Çatı Katı Yük Analizi

- 1 cm. Seramik Karo 0.01 * 22.0 = 0.22 kN/m²
- 5 cm. Şap 0.05 * 22.0 = 1.10 kN/m²
- 5 cm. Isı ve Ses İzolasyonu 0.05 * 1.50 = 0.08 kN/m²
- 30 cm. Betonarme Plak 0.30 * 25.0 = 7.50 kN/m²
- 2 cm. Sıva 0.02 * 20.0 = 0.40 kN/m²

g = 9.30 kN/m²

q = 2.00 kN/m²

5.2.4 Diğer Yükler

Merdiven Yük Analizi (Tüm Katlarda)

- 1 cm. Kaplama 0.01 * 22.0 = 0.22 kN/m²
- Basamak 0.18*25 / 2 = 2.25 kN/m²
- 2 cm. Kaplama Harcı 0.02 * 20.0 = 0.40 kN/m²
- 15 cm. Betonarme Plak 0.15 * 25.0 = 3.75 kN/m²
- 2 cm. Sıva 0.02 * 20.0 = 0.40 kN/m²

g = 7.22 kN/m²

q = 5.00 kN/m²

Merdiven boşluğu düz döşeme olarak kabul edilip, ölü yük g = 8.00 kN/m², hareketli yük q = 5.00 kN/m² alınmıştır.

Giydirme Cephe Ağırlığı

- Cam = 1.25 kN/m²
- Çelik = 0.50 kN/m²

g = 1.75 kN/m²

Duvarlar 25 cm. Ytong Bölme Duvarı g = 2.30 kN/m²

Kirişler Birim hacim ağırlığı olarak 25.0 kN/m^3,

Kolonlar Birim hacim ağırlığı olarak 25.0 kN/m^3 olarak alınmıştır.

5.3 Kolonların Boyutlandırılması

Bina-1, Bina-2 ve Bina-3 tasarımlarına ait 3 – 17 katlı çözümlerin her biri için kolon boyutlandırılması ayrı ayrı yapılmıştır. Örnek olması amacıyla Bina-1'e ait 17 katlı çözümün kolonlarının boyutlandırılması ayrıntılı olarak anlatılacaktır.

Kolonlar boyutlandırılırken ilk olarak üzerlerine gelen düşey yükler ölü ve hareketli olmak üzere ayrı ayrı hesaplanmıştır. Bu yükler hesaplanırken yüklerin döşemelerden kirişlere ve kirişler vasıtasıyla da kolonlara iletildiği varsayımıyla hareket edilmiştir. Kirişlerin kolonlara aktardıkları yükler, üzerlerinde bulunan yayılı yüklerin basit kiriş reaksiyonları olarak hesaplanmıştır. Bu yüklerin hesaplanmasında alınan yük değerleri aşağıda çıkarılmıştır.

Döşemeler;	Bodrum ve Zemin Katlar	g=6.22 kN/m²	q=5.00 kN/m²
	Normal Katlar	g=6.22 kN/m²	q=3.50 kN/m²
	Çatı Katı	g=6.23 kN/m²	q=2.00 kN/m²
Duvarlar	25 cm. Ytong Bölme Duvarı	g=2.30 kN/m²	
Giydirme Cephe		g=1.75 kN/m²	

Kirişler Birim hacim ağırlığı olarak 25.0 kN/m^3,

Kolonlar Birim hacim ağırlığı olarak 25.0 kN/m^3 olarak alınmıştır.

Döşemelerden kolonlara gelen yükler, kolon etki alanında bulunan döşeme alanının ağırlığı hesaplanarak, kirişlerden kolonlara gelen yükler kolon etki alanında bulunan kirişlerin ağırlıkları hesaplanarak, giydirme cepheden kolonlara gelen yükler, kolon etki alanında bulunan giydirme cephe ağırlığı hesaplanarak ve duvarlardan kolonlara gelen yükler de kolon etki alanında bulunan duvar miktarları hesaplanarak bulunmuş ve bu hesapların detayları, Bina-1 17 katlı modelde her bir kolon için Ek B, Tablo B.1, B.2, B.3, B.4, 7 B.5 ve B.6 da verilmiştir. Tablolarda hesaplanan yükler KN birimindedir. Kolonlara gelen yükler diğer model ve kat alternatifleri içinde yapılmış ancak tablolar ile sunulmamıştır.

5.3.1 Kolonların Düşey Yüklere Göre Ön Boyutlarının Belirlenmesi

Üzerlerine gelen yükler belirlenen kolonların bu bölümde toplam taşıdıkları normal kuvvetler ve enkesit boyutları hesaplanmıştır. Kolonun üzerindeki hesap normal kuvveti bulunurken Denk. 5.4 kullanılmıştır.

$$N_d = 1.4\ N_g + 1.6\ N_q \qquad (5.4)$$

Bulunan bu hesap normal kuvveti kullanılarak Denk. 5.5'e göre kolonların ön boyutları belirlenmiştir.

$$A_c = \alpha\ N_d / f_{co} \qquad (5.5)$$

Denk. 5.7'de bahsi geçen α katsayısı eğilme momenti etkisinin de gözönüne alınması için kolonun üzerinde bulunan normal kuvvetin arttırılması amacıyla kullanılan bir katsayıdır. Bu katsayı orta ve kenar kolonlarda 1.1 köşe kolonlarda ise 1.2 olarak hesaplarda kullanılmıştır. Denk. 5.5'de sözü edilen f_{co} Denk. 5.6'ya göre belirlenmiştir.

$$f_{co} = 0.65\ f_{cd} \qquad (5.6)$$

Yukarıda hesap yöntemleri açıklanan kolonların ön boyutlarının belirlenmesi hesapları Bina-1 17 katlı modelde her kolon için ayrı ayrı yapılmış ve bu hesapların detayları Ek C, Tablo C.1, C.2, C.3, C.4, C.5 ve C.6 da verilmiştir. Bu hesaplar diğer model ve kat alternatifi için tekrarlanmış ancak tablolar ile sunulmamıştır.

Bina-1, Bina-2 ve Bina-3'e ait 3 - 17 katlı çözümlerin kolon boyutları Ek D de bulunan tablolarda belirtilmiştir.

5.4 Kiriş Tabla Genişliklerinin Hesaplanması

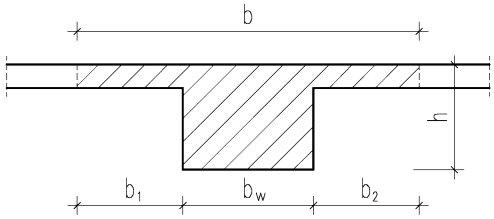
Kirişler döşemelerle birlikte döküldüğünden kirişlerin kesitlerini dikdörtgen değil, tablalı olarak düşünmek gerekmektedir. "Şekil 5.5" Kat çerçevesi ve daha ileride binanın deprem analizinde kullanılmak üzere kirişlerin etkili tabla genişlikleri Bina-1 için Tablo 5.2 de ve Bina-2 için Tablo 5.3 de hesaplanmıştır.

Tablo 5.2 Bina-1 kiriş tabla genişliklerinin belirlenmesi

KİRİŞ İSMİ	b_w (cm)	h (cm)	l (m)	α	$b_1 = l_p /10$ (cm)	$b_2 = l_p /10$ (cm)	$6 * h_f$ (cm)	$b = b_1 + b_2$ (cm)
K1	50	55	7.150	0.8	57.2	0.0	108.0	107
K2	50	55	5.425	0.6	32.6	0.0	108.0	83
K3	50	55	6.250	0.6	37.5	0.0	108.0	88
K4	70	55	7.150	0.8	57.2	57.2	108.0	184
K5	40	55	6.250	0.6	37.5	37.5	108.0	115
K6	40	55	3.325	0.8	0.0	26.6	108.0	67
K7	40	55	6.250	0.6	37.5	37.5	108.0	115
K8	40	55	3.325	0.8	0.0	0.0	108.0	40
K9	40	55	6.250	0.6	37.5	37.5	108.0	115
K10	50	55	7.950	0.8	63.6	0.0	108.0	114
K11	50	55	7.700	0.6	46.2	0.0	108.0	96
K12	70	55	7.950	0.8	63.6	63.6	108.0	197
K13	25	55	2.575	0.8	20.6	0.0	108.0	46
K14	25	55	2.575	0.8	20.6	20.6	108.0	66
K15	70	55	7.950	0.8	63.6	63.6	108.0	197
K16	25	55	2.575	0.6	15.5	15.5	108.0	56
K17	25	55	2.550	0.6	15.3	0.0	108.0	40

Tablo 5.3 Bina-2 kiriş tabla genişliklerinin belirlenmesi

KİRİŞ İSMİ	b_w (cm)	h (cm)	l (m)	α	$b_1 = l_p /10$ (cm)	$b_2 = l_p /10$ (cm)	$6 * h_f$ (cm)	$b = b_1 + b_2$ (cm)
K1	100	40	7.150	0.8	57.2	0.0	60.0	157
K2	60	40	5.425	0.6	32.6	0.0	60.0	93
K3	60	40	6.250	0.6	37.5	0.0	60.0	98
K4	120	40	7.150	0.8	57.2	57.2	60.0	234
K5	90	40	6.250	0.6	37.5	37.5	60.0	165
K6	45	40	3.325	0.8	0.0	26.6	60.0	72
K7	58	40	6.250	0.6	37.5	37.5	60.0	133
K8	45	40	3.325	0.8	0.0	0.0	60.0	45
K9	58	40	6.250	0.6	37.5	37.5	60.0	133
K10	70	40	7.950	0.8	60.0	0.0	60.0	130
K11	70	40	7.700	0.6	46.2	0.0	60.0	116
K12	100	40	7.950	0.8	60.0	60.0	60.0	220
K13	40	40	2.575	0.8	20.6	0.0	60.0	61
K14	50	40	2.575	0.8	20.6	20.6	60.0	91
K15	120	40	7.950	0.8	60.0	60.0	60.0	240
K16	50	40	2.575	0.6	15.5	15.5	60.0	81
K17	25	40	2.550	0.6	15.3	0.0	60.0	40



Şekil 5.5 Tablalı kesit ve etkili tabla genişliği

$$b_1 = b_2 = l_p / 10 \qquad (5.7)$$

$$l_p = \alpha\, l \qquad (5.8)$$

$$b = b_w + b_1 + b_2 \qquad (5.9)$$

Kirişlerin tabla genişlikleri Denk. 5.7, 5.8 ve 5.9 kullanılarak hesaplanmıştır. Denk. 5.8 deki α moment sıfır noktaları arasındaki mesafenin kiriş açıklığına bağlı olarak elde edilmesini sağlayacak katsayıdır. Bu katsayı sürekli kirişlerde kenar açıklıklarda 0.8, orta açıklıklarda 0.6 ve tek açıklıklı basit mesnetli kirişlerde de 1.0 olarak alınmıştır. b_1 ve b_2 değerlerinin $6h_f$ değerini aşmamasına dikkat edilmiştir.

5.5 Kirişsiz Döşemelerde Zımbalama Etkisi

"Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları" olan TS-500 de zımbalama dayanımı (Şekil 5.6) V_{pr} Denk 5.10 ile tarif edilmiştir.

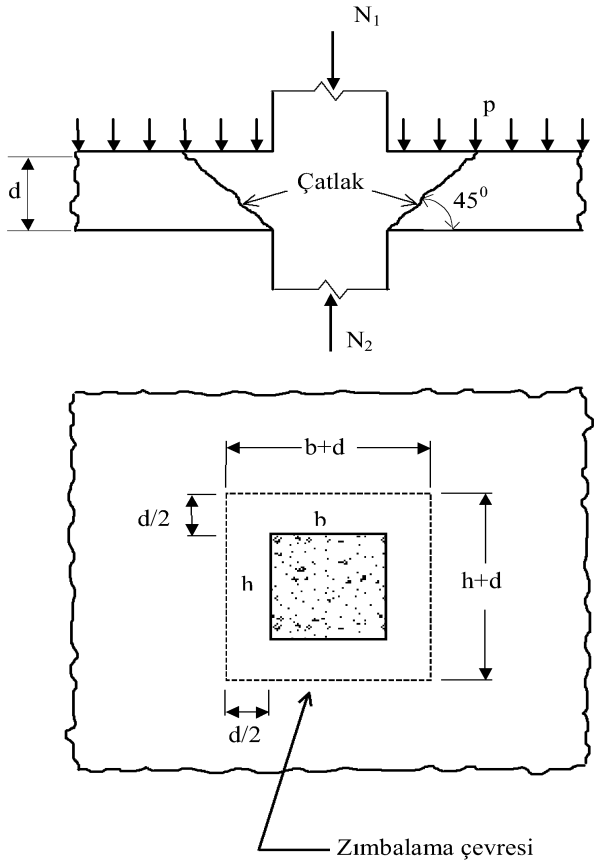
$$V_{pr} = \gamma\, f_{ctd} * U_p * d \qquad (5.10)$$

γ eksenel yükleme durumunda 1.00 alınacaktır. TS-500 de zımbalama kuvveti V_{pd} nin Denk 5.11 ve Denk 5.12 deki ifadeler ile hesaplanması söylenmiştir.

$$V_{pd} = N_2 - N_1 - F_s \qquad (5.11)$$

$$F_s = p * (b + d) * (h + d) \qquad (5.12)$$

Bina-3 e ait kirişsiz döşemelerin zımbalama dayanımları 17 katlı model için hesaplanarak Tablo 5.4 ve Tablo 5.5 de verilmiştir. 30 cm döşeme kalınlığı için d = 175 mm alınmıştır. BS 25 için $f_{ctd} =$ 1.15 N/mm² alınmıştır.



Şekil 5.6 Kirişsiz döşemelerde zımbalama etkisi

Döşemelerden gelen P yükleri aşağıda hesaplanmıştır.

P = 1.4 * 9.30 + 1.6 * 2.00 = 16.22 kN Çatı Katı

P = 1.4 * 9.22 + 1.6 * 3.50 = 18.51 kN Normal Katlar

P = 1.4 * 9.22 + 1.6 * 5.00 = 20.91 kN Bodrum ve Zemin Kat

Tablo 5.4 Bina-3 S1 ve S2 kolonunda zımbalama kontrolü

K	KATLAR	Boyut (cm)	Up (mm)	N1 (KN)	N2 (KN)	Fs (KN)	Vpd (KN)	Vpr (KN)
S1 KOLONU	Çatı	55x55	2750.00	0.00	366.19	8.53	357.67	< 553.44
	14. Normal	55x55	2750.00	366.19	810.89	9.73	434.97	< 553.44
	13. Normal	55x55	2750.00	810.89	1255.59	9.73	434.97	< 553.44
	12. Normal	55x55	2750.00	1255.59	1700.30	9.73	434.97	< 553.44
	11. Normal	65x65	3150.00	1700.30	2158.44	12.60	445.54	< 633.94
	10. Normal	65x65	3150.00	2158.44	2616.58	12.60	445.54	< 633.94
	9. Normal	65x65	3150.00	2616.58	3074.72	12.60	445.54	< 633.94
	8. Normal	65x65	3150.00	3074.72	3532.86	12.60	445.54	< 633.94
	7. Normal	75x75	3550.00	3532.86	4006.68	15.84	457.99	< 714.44
	6. Normal	75x75	3550.00	4006.68	4480.50	15.84	457.99	< 714.44
	5. Normal	75x75	3550.00	4480.50	4954.32	15.84	457.99	< 714.44
	4. Normal	85x85	3950.00	4954.32	5446.06	19.44	472.30	< 794.94
	3. Normal	85x85	3950.00	5446.06	5937.81	19.44	472.30	< 794.94
	2. Normal	85x85	3950.00	5937.81	6429.55	19.44	472.30	< 794.94
	1. Normal	95x95	4350.00	6429.55	6941.45	23.42	488.48	< 875.44
	Zemin	95x95	4350.00	6941.45	7518.14	26.46	550.24	< 875.44
	Bodrum	95x95	4350.00	7518.14	8058.18	26.46	513.58	< 875.44
S2 KOLONU	Çatı	75x75	3825.00	0.00	548.68	14.76	533.93	< 769.78
	14. Normal	75x75	3825.00	548.68	1232.02	16.84	666.50	< 769.78
	13. Normal	75x75	3825.00	1232.02	1915.36	16.84	666.50	< 769.78
	12. Normal	75x75	3825.00	1915.36	2598.70	16.84	666.50	< 769.78
	11. Normal	85x85	4225.00	2598.70	3299.95	20.56	680.70	< 850.28
	10. Normal	85x85	4225.00	3299.95	4001.21	20.56	680.70	< 850.28
	9. Normal	85x85	4225.00	4001.21	4702.47	20.56	680.70	< 850.28
	8. Normal	85x85	4225.00	4702.47	5403.73	20.56	680.70	< 850.28
	7. Normal	95x95	4625.00	5403.73	6125.15	24.66	696.76	< 930.78
	6. Normal	95x95	4625.00	6125.15	6846.56	24.66	696.76	< 930.78
	5. Normal	95x95	4625.00	6846.56	7567.98	24.66	696.76	< 930.78
	4. Normal	105x105	5025.00	7567.98	8311.80	29.12	714.70	< 1011.28
	3. Normal	105x105	5025.00	8311.80	9055.62	29.12	714.70	< 1011.28
	2. Normal	105x105	5025.00	9055.62	9799.43	29.12	714.70	< 1011.28
	1. Normal	115x115	5425.00	9799.43	10567.89	33.96	734.50	< 1091.78
	Zemin	115x115	5425.00	10567.89	11431.25	38.36	825.00	< 1091.78
	Bodrum	115x115	5425.00	11431.25	12273.45	38.36	803.84	< 1091.78

Tablo 5.5 Bina-3 S3 ve S4 kolonunda zımbalama kontrolü

K	KATLAR	Boyut (cm)	Up (mm)	N1 (KN)	N2 (KN)	Fs (KN)	Vpd (KN)	Vpr (KN)
S3 KOLONU	Çatı	70x70	3625.00	0.00	505.80	13.24	492.56	< 729.53
	14. Normal	70x70	3625.00	505.80	1139.68	15.11	618.77	< 729.53
	13. Normal	70x70	3625.00	1139.68	1773.56	15.11	618.77	< 729.53
	12. Normal	70x70	3625.00	1773.56	2407.44	15.11	618.77	< 729.53
	11. Normal	80x80	4025.00	2407.44	3058.12	18.65	632.03	< 810.03
	10. Normal	80x80	4025.00	3058.12	3708.80	18.65	632.03	< 810.03
	9. Normal	80x80	4025.00	3708.80	4359.48	18.65	632.03	< 810.03
	8. Normal	80x80	4025.00	4359.48	5010.16	18.65	632.03	< 810.03
	7. Normal	90x90	4425.00	5010.16	5679.89	22.56	647.16	< 890.53
	6. Normal	90x90	4425.00	5679.89	6349.61	22.56	647.16	< 890.53
	5. Normal	90x90	4425.00	6349.61	7019.33	22.56	647.16	< 890.53
	4. Normal	100x100	4825.00	7019.33	7710.33	26.84	664.16	< 971.03
	3. Normal	100x100	4825.00	7710.33	8401.33	26.84	664.16	< 971.03
	2. Normal	100x100	4825.00	8401.33	9092.33	26.84	664.16	< 971.03
	1. Normal	110x110	5225.00	9092.33	9806.85	31.49	683.03	< 1051.53
	Zemin	110x110	5225.00	9806.85	10605.82	35.58	763.40	< 1051.53
	Bodrum	110x110	5225.00	10605.82	11389.79	35.58	748.39	< 1051.53
S4 KOLONU	Çatı	80x80	4025.00	0.00	622.21	16.35	605.86	< 810.03
	14. Normal	80x80	4025.00	622.21	1389.02	18.65	748.16	< 810.03
	13. Normal	80x80	4025.00	1389.02	2155.83	18.65	748.16	< 810.03
	12. Normal	80x80	4025.00	2155.83	2922.64	18.65	748.16	< 810.03
	11. Normal	90x90	4425.00	2922.64	3708.48	22.56	763.29	< 890.53
	10. Normal	90x90	4425.00	3708.48	4494.33	22.56	763.29	< 890.53
	9. Normal	90x90	4425.00	4494.33	5280.18	22.56	763.29	< 890.53
	8. Normal	90x90	4425.00	5280.18	6066.03	22.56	763.29	< 890.53
	7. Normal	100x100	4825.00	6066.03	6873.16	26.84	780.29	< 971.03
	6. Normal	100x100	4825.00	6873.16	7680.29	26.84	780.29	< 971.03
	5. Normal	100x100	4825.00	7680.29	8487.42	26.84	780.29	< 971.03
	4. Normal	110x110	5225.00	8487.42	9318.06	31.49	799.16	< 1051.53
	3. Normal	110x110	5225.00	9318.06	10148.71	31.49	799.16	< 1051.53
	2. Normal	110x110	5225.00	10148.71	10979.36	31.49	799.16	< 1051.53
	1. Normal	120x120	5625.00	10979.36	11835.77	36.51	819.90	< 1132.03
	Zemin	120x120	5625.00	11835.77	12798.70	41.25	921.68	< 1132.03
	Bodrum	120x120	5625.00	12798.70	13657.40	41.25	817.45	< 1132.03

5.4 Yatay Yüklere Göre Hesap

Yapıların deprem yükü altındaki davranışlarının ve depremden dolayı oluşan iç kuvvetlerin hesaplanması için çeşitli yöntemler mevcuttur. Bunlardan birincisi Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemidir. Bu yöntemde deprem etkilerinden oluşan iç kuvvetler, katlara etkiyen yatay kuvvetler altında yapının statik çözümünün yapılması ile bulunmaktadır. Deprem bölgesi, bina türü, taşıyıcı sistem davranış katsayısı gibi bir takım özellikler göz önüne alınarak toplam yatay deprem yükü hesaplanmakta ve bu kuvvet katlara dağıtılmaktadır. Ancak bu yöntemin uygulanabilmesi için yönetmelikler çeşitli sınırlamalar getirmektedirler.

Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nin kullanılamadığı binalarda dinamik analiz ile hesap yapılması zorunludur. Dinamik analiz için Mod Birleştirme Yöntemi veya Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri kullanılabilir. Bu yöntemde maksimum iç kuvvetler ve yerdeğiştirmeler, binada yeterli sayıda doğal titreşim modunun her biri için hesaplanan maksimum katkıların birleştirilmesi ile elde edilir.

Bina-1, Bina-2 ve Bina-3'ün yatay deprem kuvvetlerine göre hesabında dinamik analiz metodu olan Mod Birleştirme Yöntemi kullanılacak ve taban kesme kuvveti eşdeğer deprem yükü yöntemine göre belirlenecektir. Aşağıda hem Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi hem de Mod Birleştirme Yöntemi 17 katlı kirişli döşeme (Bina-1) modeli hesaplanarak anlatılmıştır. Bina-1, Bina-2 ve Bina-3'e ait yatay yük analizlerinin sonuçları değişik kat adetlerine (3 ila 17 kat) göre tablolar halinde açıklanacaktır. Bina-3'e ait (kirişsiz döşemeli sistem) yatay yük analizlerinin yapılabilmesi için, taşıyıcı sistemin modellenmesinde perde ve döşeme ve kirişler sonlu elemanlara bölünerek tanımlanmıştır. Perde ve döşeme elemanların hem düzlem içi hem de düzleme dik şekil değiştirmelerinin tarif edilebilmesi için Sap2000 programında kabuk eleman tarifi kullanılmıştır.

5.4.1 Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemine Göre Hesap

Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin uygulanabilmesi için Deprem Yönetmeliği 1997 ye göre gerekli olan koşullar aşağıda belirtilmiştir. " Tablo 5.6 "

Tablo 5.6 Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar

Deprem Bölgesi	*Bina Türü*	*Toplam Yükseklik Sınırı*
1, 2	**A1** türü burulma düzensizliği olmayan, varsa her bir katta $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağlayan binalar	$H_N \leq 25$ m
1, 2	**A1** türü burulma düzensizliği olmayan, varsa her bir katta $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağlayan ve ayrıca **B2** türü düzensizliği olmayan binalar	$H_N \leq 60$ m
3, 4	Tüm binalar	$H_N \leq 75$ m

Tablo 5.6 dan görüleceği üzere $H_N > 60$ m olan binalarda eşdeğer deprem yükünün uygulanması yeterli değildir. Ancak eşdeğer deprem yükü ile taban kesme kuvveti hesaplanarak modların birleştirilmesi yöntemi ile elde edilen taban kesme kuvvetlerinin kontrol edilmesi gerekir. Bu amaçla ilk olarak kaydırılmamış kütle merkezlerine göre modal analiz yapılmış ve hem X hem de Y yönündeki doğal titreşim periyodları hesaplanmıştır.

Toplam Eşdeğer Deprem Yükü (Taban Kesme Kuvveti), gözönüne alınan deprem doğrultusunda, V_t , Denk. 5.13 ile belirlenmelidir.

$$V_t = W\, A(T_1) / R_a(T_1) \geq 0.10\, A_o\, I\, W \qquad (5.13)$$

Denk. 5.13 de yer alan ve deprem sırasında binanın toplam ağırlığı olarak göz önüne alınan W Denk. 5.14 ile belirlenmiştir.

$$W = \sum w_i \qquad (5.14)$$

Denk. 5.14 deki w_i kat ağırlıkları ise Denk. 5.15 ile hesaplanmıştır.

$$w_i = g_i + n\, q_i \qquad (5.15)$$

Denk. 5.15 de yer alan Hareketli Yük Katılım Katsayısı binanın işyeri ve büro olarak kullanılması amacıyla n = 0.30 olarak alınmıştır. Kat ağırlıklarının belirlenmesinde binanın STA4CAD ile yapılan hesabından faydalanılmış ve binanın kat ağırlıkları ve kütleleri, kütle merkezleri ile beraber Tablo 5.7 de gösterilmiştir.

Denk. 5.12 de yer alan $A(T_1)$, gözönüne alınan deprem doğrultusu için T_1 birinci doğal titreşim periyoduna karşı gelen spektral ivme katsayısıdır. $A(T_1)$ spektral ivme katsayısı Denk. 5.16 ile belirlenmiştir.

$$A(T_1) = A_o \, I \, S \, (T_1) \qquad (5.16)$$

Denk. 5.16 da yer alan $S(T_1)$ spektrum katsayısı, yerel zemin koşullarına ve T_1 birinci doğal titreşim periyoduna bağlı olarak Denk. 5.17 ile hesaplanmıştır. Deprem kuvvetlerinin hesabında kullanılacak spektrum eğrisi Şekil 5.7 de verilmiştir.

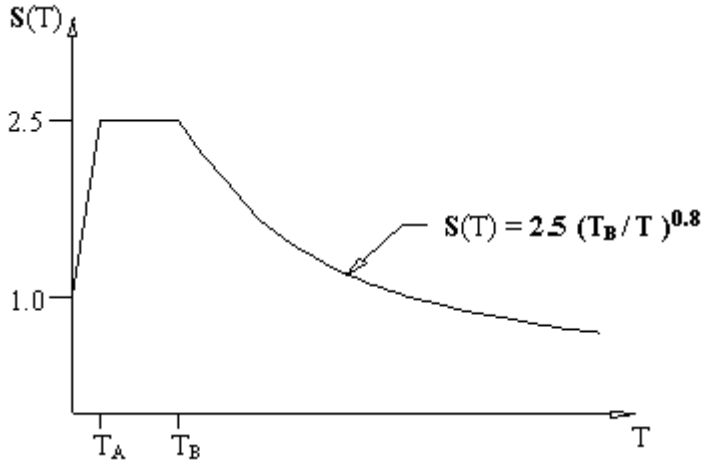
$$S(T) = 1 + 1.5 \, T / T_A \qquad (0 \le T \le T_A) \qquad (5.17a)$$

$$S(T) = 2.5 \qquad (T_A < T \le T_B) \qquad (5.17b)$$

$$S(T) = 2.5 \, (T_B / T)^{0.8} \qquad (T > T_B) \qquad (5.17c)$$

Tablo 5.7 Bina-1 (17 kat) kat ağırlıkları, kütleleri ve kütle merkezleri

KAT NO	gi (kN)	qi (kN)	n	wi (kN)	mi (kN)	xg (m)	yg (m)
17	8615.59	1625.38	0.3	9103.201	910.320	15.95	12.03
16	9830.22	2780.81	0.3	10664.458	1066.446	15.95	12.03
15	9830.22	2780.81	0.3	10664.458	1066.446	15.95	12.03
14	9830.22	2780.81	0.3	10664.458	1066.446	15.95	12.03
13	10001.32	2780.81	0.3	10835.558	1083.556	15.95	12.03
12	10001.32	2780.81	0.3	10835.558	1083.556	15.95	12.03
11	10001.32	2780.81	0.3	10835.558	1083.556	15.95	12.03
10	10001.32	2780.81	0.3	10835.558	1083.556	15.95	12.03
9	10196.02	2780.81	0.3	11030.258	1103.026	15.95	12.03
8	10196.02	2780.81	0.3	11030.258	1103.026	15.95	12.03
7	10196.02	2780.81	0.3	11030.258	1103.026	15.95	12.03
6	10414.32	2780.81	0.3	11248.558	1124.856	15.95	12.03
5	10414.32	2780.81	0.3	11248.558	1124.856	15.95	12.03
4	10414.32	2780.81	0.3	11248.558	1124.856	15.95	12.03
3	10656.22	2780.81	0.3	11490.458	1149.046	15.95	12.03
2	11190.20	3941.06	0.3	12372.519	1237.252	15.95	12.03
1	11107.61	3941.06	0.3	12289.929	1228.993	15.95	12.03
			Σ =	187428.15	18742.815		



Şekil 5.7 Deprem kuvvetlerinin hesabında kullanılacak spektrum eğrisi

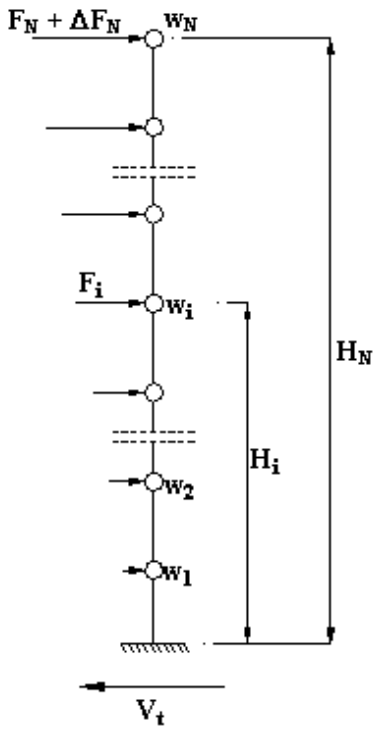
Denk. 5.13 ile hesaplanan toplam eşdeğer deprem yükü, bina katlarına etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin toplamı olarak Denk. 5.18 deki gibi ifade edilmektedir. Binanın yüksekliği $H_N \geq 25$ m olmasından dolayı Denk. 5.18 deki binanın en üst katına etkiyen ek eşdeğer deprem yükü $\Delta F_N = 0$ alınmalı ve binanın birinci doğal titreşim periyodu T_1'e bağlı olarak Denk. 5.19 a göre belirlenmelidir.

$$V_t = \Delta F_N + \sum F_i \qquad (5.18)$$

$$\Delta F_N = 0.07\, T_1\, V_t \leq 0.2\, V_t \qquad (5.19)$$

Toplam eşdeğer deprem yükünün ΔF_N dışında geri kalan kısmı, en üst kat dahil olmak üzere, bina katlarına Denk. 5.20 ile dağıtılmalıdır. " Şekil 5.8 "

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^{N} (w_j H_j)} \qquad (5.20)$$



Şekil 5.8 Eşdeğer deprem yükünün katlara dağıtılması

Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile yatay yük hesabı yapılmayacağı için sadece eşdeğer deprem yükünün hesabı ile yetinilmiştir. Bu yüzden yüklerin katlara dağıtılması ve hesabına girilmemiştir. Kaydırılmamış kütle merkezlerinde modların birleştirilmesi yöntemi ile hem X hem de Y yönünde doğal titreşim periyodları hesaplanmış ve T_{1X} = 1.4581 sn. ve T_{1Y} = 1.3949 sn. olarak bulunmuştur. Her iki periyodun da Denk. 5.22 ile belirtilen şartı sağlaması gereklidir.

$$T_{1A} = Ct\, H_N^{\,3/4} \geq 1.00 \text{ ise} \qquad (5.21)$$

$$T_1 \leq 1.30 * T_{1A} \qquad (5.22)$$

Denk. 5.21 ile Periyot hesaplanırsa T_{1A}= 0.05 *60.05 $^{3/4}$ = 1.08644 sn

Denk. 5.22 in kontrolü T_{1x}= 1.4581 sn > 1.30 * 1.08644 = 1.410 sn

T_{1y}= 1.3949 sn < 1.30 * 1.08644 = 1.410 sn

X yönünde doğal titreşim periyodu Denk. 5.22 şartını sağlamadığı için T_{1x}= 1.41 sn olmalıdır. Böylece doğal titreşim periyotları; T_{1x}= 1.41 sn ve T_{1y} = 1.3949 sn olarak alınacaktır.

Etkin Yer ivme Katsayısı : A0 = 0.40 (birinci derece deprem bölgesi)

Yapı Önem Katsayısı : I = 1

Zemin Sınıfı : Z2 (TA = 0.15 sn. TB = 0.40 sn.)

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R=7 (Perde+Çerçevelerden oluşan sistem)

Binanın X doğrultusunda Taban Kesme Kuvveti hesabı Denk. 5.13 e göre hesaplanmıştır:

W=187428.15 kN

Yerel Zemin Sınıfı Z2 için $T_{1x} > T_B$ için Denk. 5.17c den

$$S(T_{1x})=2.5 * (0.4 / 1.410)^{0.8} = 0.9125$$

$$S(T_{1y})=2.5 * (0.4 / 1.3949)^{0.8} = 0.9204$$

Denk. 5.16 dan

$$A(T_{1x})=0.40*1.0*0.9125 = 0.3650$$

$$A(T_{1y})=0.40*1.0*0.9206 = 0.3682$$

T_{1x} , $T_{1y} > T_A$ olduğundan $R_a(T_{1x}) = R_a(T_{1y}) = R$ dir.

Denk. 5.13 den

V_{tx}=187428.15*0.3650/7 = 9772.392 kN > 0.10*0.40*1.0*187428.15=7497.126 kN

V_{ty}=187428.15*0.3682/7 = 9857.126 kN > 0.10*0.40*1.0*187428.15=7497.126 kN

olarak bulunur.

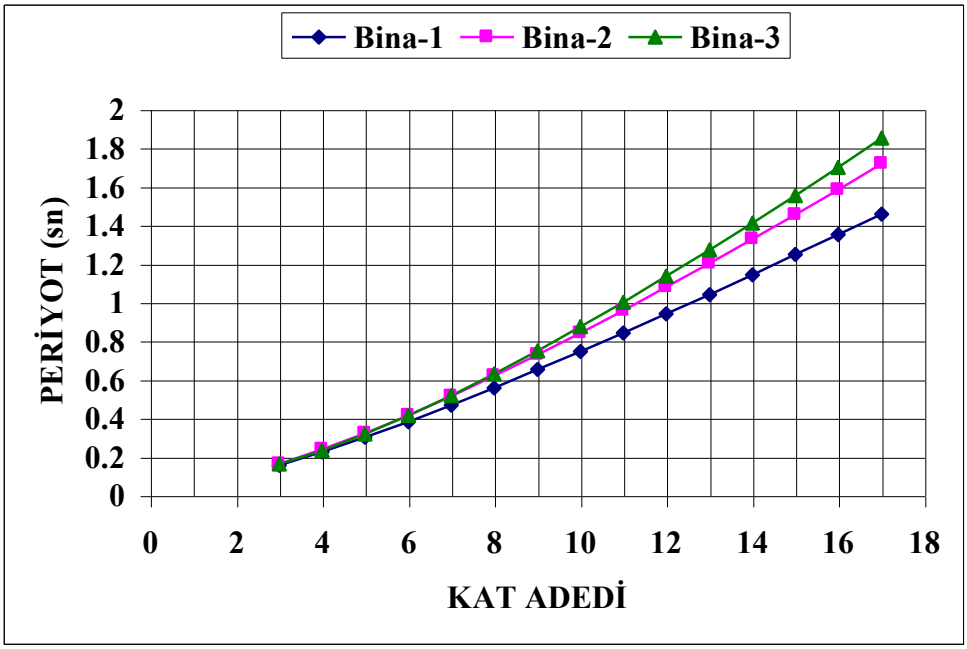
Bina-1 modeline ait 3-17 katlı çözümlere ait toplam yapı ağırlıkları, yapı periyotları ve Denk. 5.13 ile hesaplanan Taban Kesme Kuvvetlerinin değerleri Tablo 5.8 de verilmiştir.

Bina-2 ve Bina-3 modellerine ait aynı değerler Ek E Tablo 1 ve Tablo 2 de verilmiştir.

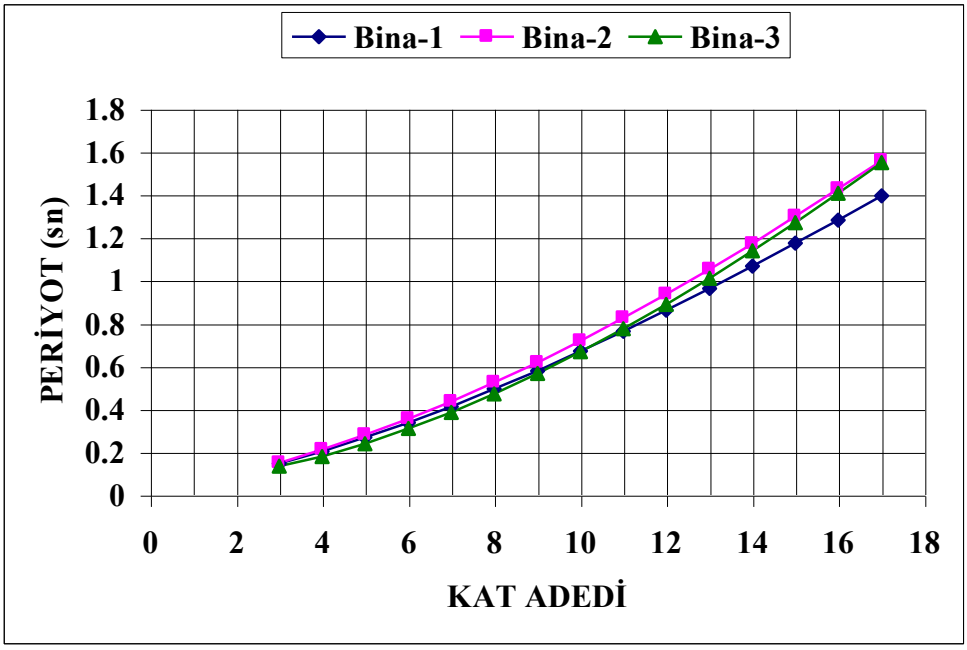
Tablo 5.8 Bina-1 (17 kat) toplam yapı ağırlıkları, yapı periyotları ve taban kesme kuvvetleri

KAT SAYISI	H_N (m)	YAPI PER.		BİNA AĞIRLIĞI (kN)	T_{1A}	TDY ne göre		Z2		Ta = 0.15		Tb = 0.4	
		T_{1x}	T_{1y}			T_{1x}	T_{1y}	$S(T_{1x})$	$A(T_{1x})$	Vtx (kN)	$S(T_{1y})$	$A(T_{1y})$	Vty (kN)
17	60.5	1.4581	1.3949	187428.15	1.0846	1.4100	1.3949	0.9124	0.3650	9772.392	0.9204	0.3681	9857.126
16	57	1.3520	1.2817	175032.30	1.0372	1.3484	1.2817	0.9457	0.3783	9458.288	0.9848	0.3939	9850.064
15	53.5	1.2480	1.1741	162914.76	0.9891	1.2480	1.1741	1.0060	0.4024	9365.667	1.0564	0.4226	9834.365
14	50	1.1429	1.0671	152069.46	0.9402	1.1429	1.0671	1.0794	0.4318	9379.623	1.1403	0.4561	9908.955
13	46.5	1.0412	0.9624	140391.31	0.8903	1.0412	0.9624	1.1629	0.4652	9329.596	1.2385	0.4954	9935.865
12	43	0.9409	0.8614	128978.57	0.8396	0.9409	0.8614	1.2611	0.5044	9294.643	1.3534	0.5414	9974.787
11	39.5	0.8411	0.7634	117958.33	0.7878	0.8411	0.7634	1.3795	0.5518	9298.234	1.4907	0.5963	10047.936
10	36	0.7447	0.6697	106823.18	0.7348	0.7447	0.6697	1.5206	0.6082	9281.761	1.6553	0.6621	10104.416
9	32.5	0.6507	0.5796	95465.07	0.6806	0.6507	0.5796	1.6939	0.6776	9240.379	1.8582	0.7433	10136.587
8	29	0.5578	0.4937	84466.14	0.6248	0.5578	0.4937	1.9160	0.7664	9248.042	2.1126	0.8450	10196.757
7	25.5	0.4675	0.4126	73680.54	0.5674	0.4675	0.4126	2.2068	0.8827	9291.321	2.4387	0.9755	10267.847
6	22	0.3817	0.3368	62849.57	0.5079	0.3817	0.3368	2.5000	1.0000	8978.510	2.5000	1.0000	8978.510
5	18.5	0.3000	0.2668	52117.36	0.4460	0.3000	0.2668	2.5000	1.0000	7445.338	2.5000	1.0000	7445.338
4	15	0.2246	0.2029	41451.71	0.3811	0.2246	0.2029	2.5000	1.0000	5921.672	2.5000	1.0000	5921.672
3	11.5	0.1560	0.1451	30976.70	0.3122	0.1560	0.1451	2.5000	1.0000	4425.243	2.4510	0.9804	4338.508

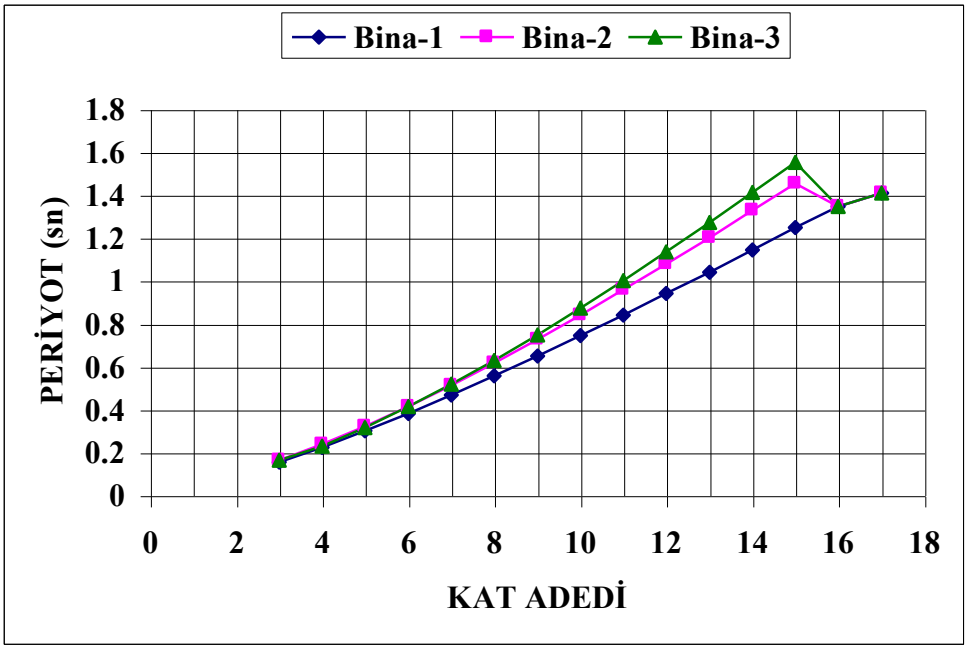
Şekil 5.9 ve 5.10 da Bina-1, Bina-2 ve Bina-3 ait her iki yöndeki periyot değerlerinin kat sayısına göre grafikleri görülmektedir. ABYYHY de yapı periyotlarının çok fazla büyümesinin önüne geçilmiş böylece taban kesme kuvveti değerinin çok fazla küçülmesi önlenmiştir. Şekil 5.11 ve 5.12 daki grafiklerde ABYYHY de sınırlanan yapı periyotlarının grafikleri bulunmaktadır.



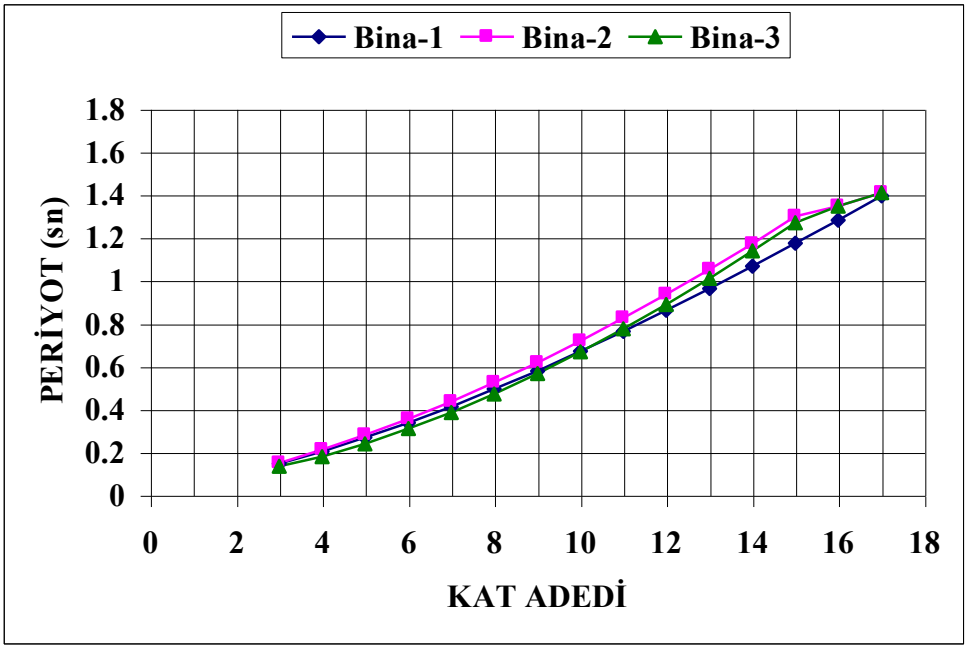
Şekil 5.9 Bina-1, Bina-2 ve Bina-3 e ait x yönü 1. doğal periyotları



Şekil 5.10 Bina-1, Bina-2 ve Bina-3 e ait y yönü 1. doğal periyotları



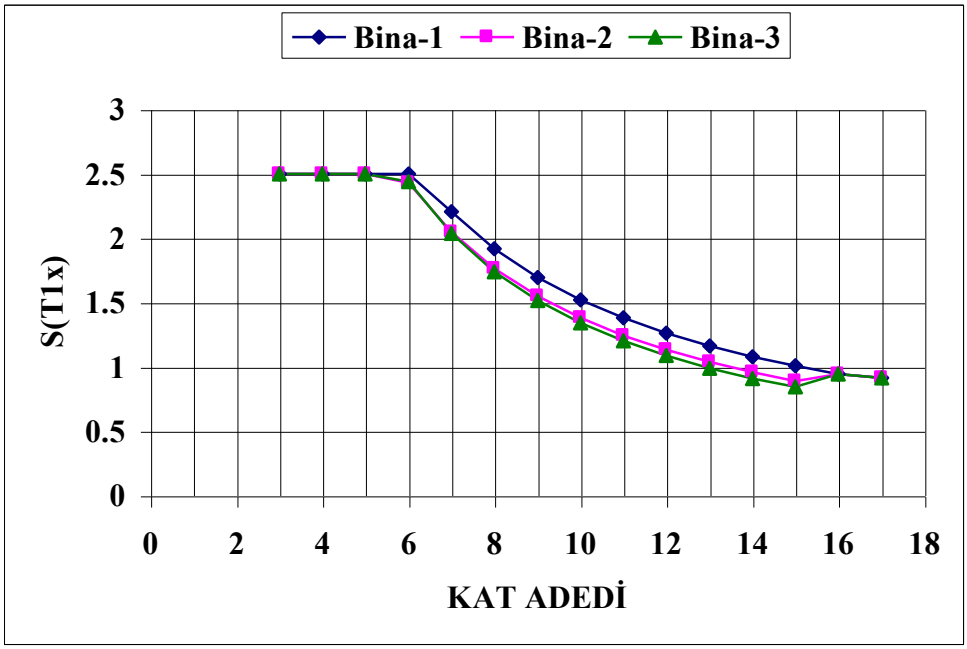
Şekil 5.11 Denk. 5.22 ile sınırlanan x yönü 1. doğal periyotları



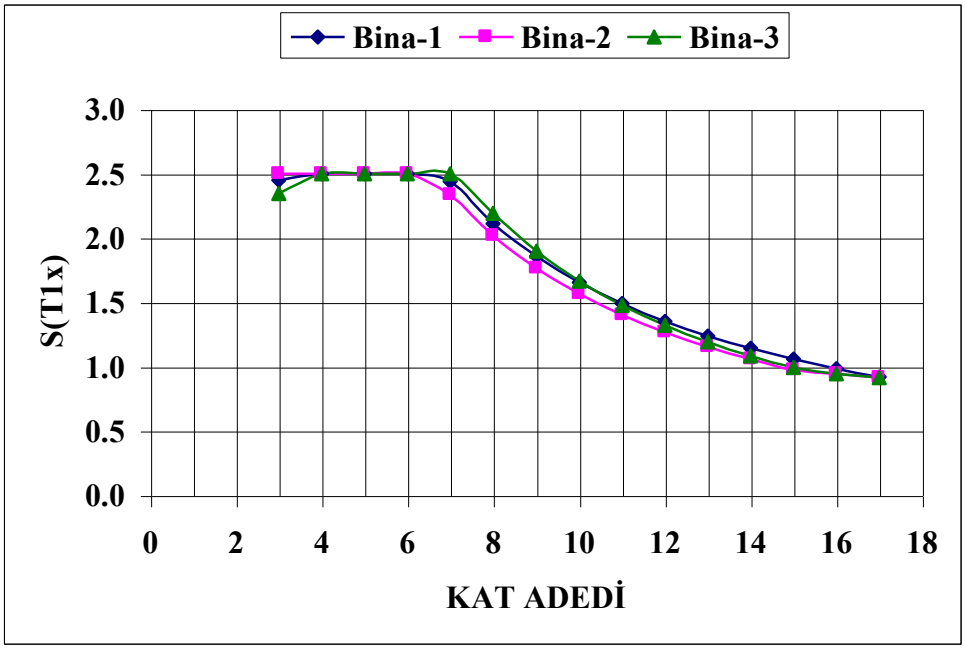
Şekil 5.12 Denk. 5.22 ile sınırlanan y yönü 1. doğal periyotları

X yönü 1. periyotlarında görüldüğü gibi Bina-1 e ait yapı periyotları en küçük değerlerde oluşmaktadır. En büyük x yönü periyotları ise Bina-3 e aittir. Y yönü 1. periyotlarında en büyük değerler Bina-2 ye aittir. Çok katlı çözümlerde Bina-1 e ait y yönü 1. periyotları küçük olurken az katlı çözümlerde Bina-3 e ait periyotlar daha küçük kalmaktadır. Az katlı çözümlerde yapı periyotları x yönünde üç model için de birbirine çok yakın olurken y yönünde ise Bina-1 ve Bina-2 değerleri birbirine

daha yakındır. Grafiklerde görüldüğü gibi hesaplamalarda ve boyutlamalarda kat sayısı ve bunun sonucu olarak kat adedi arttıkça yapı periyotlarının sınırlandırılması gerekmektedir. Bu durum her model için 15-17 katlar arasında çözülen modellerde oluşmuştur. Şekil 5.13 ve Şekil 5.14'de modellerin kat adedi değişimine göre oluşan spektrum değerleri grafik olarak verilmiştir.

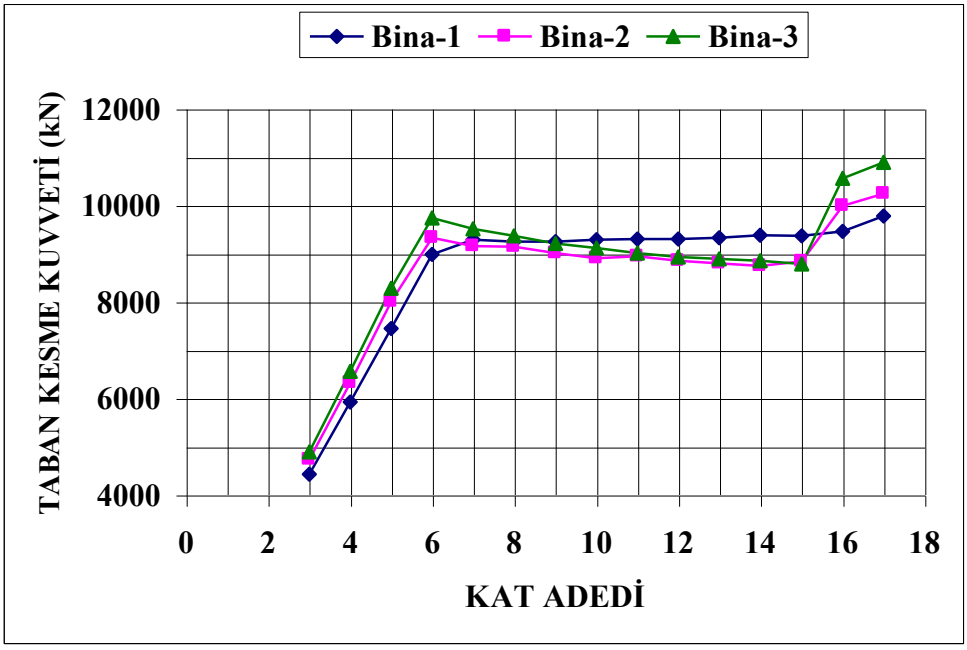


Şekil 5.13 Bina-1, Bina-2 ve Bina-3 e ait x yönü spektrum değerleri

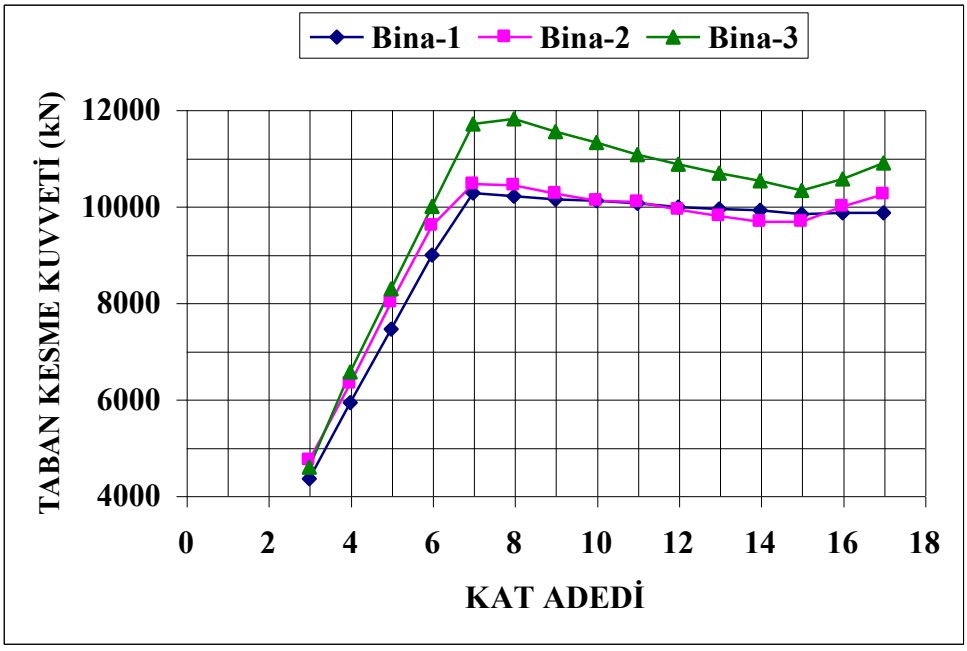


Şekil 5.14 Bina-1, Bina-2 ve Bina-3 e ait y yönü spektrum değerleri

Şekil 5.15 ve Şekil 5.16 da her üç modelin 3-17 katlar arası çözümlerinde tabanda oluşan kesme kuvveti grafiği bulunmaktadır. Her iki yönde de Bina-1 e ait taban kesme kuvvetleri daha küçük kalmakta ancak 7-15. katlı çözümlerde diğer modellerin üzerine çıkmaktadır. Bina-3 e ait taban kesme kuvvetleri, yapı periyotlarının büyük olmasına karşı toplam yapı ağırlığının diğer modellerden fazla olması sebebiyle büyüktür.



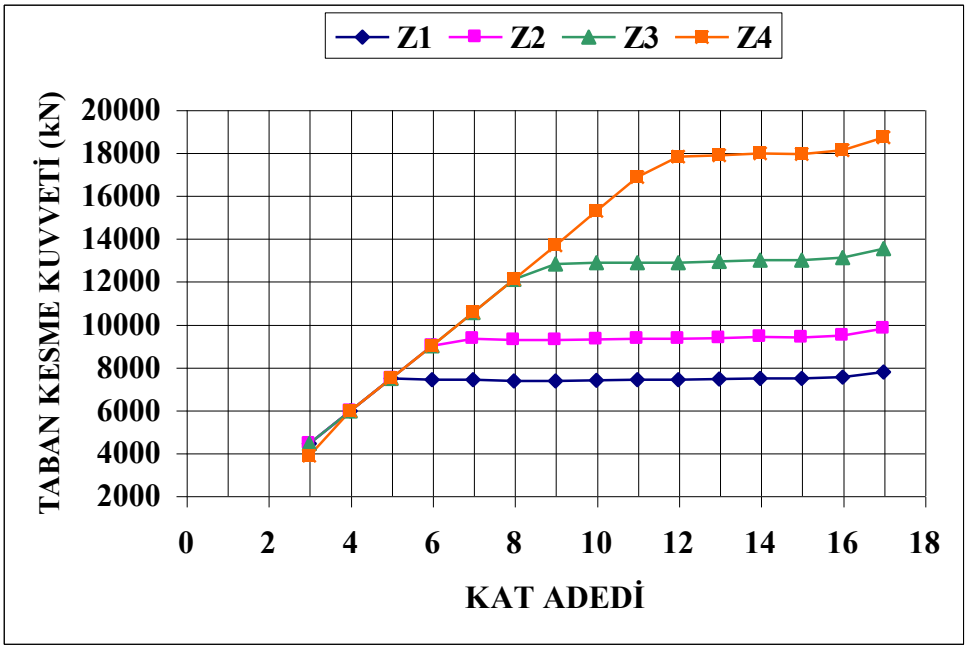
Şekil 5.15 Bina-1, Bina-2 ve Bina-3 e ait x yönü taban kesme kuvvetleri



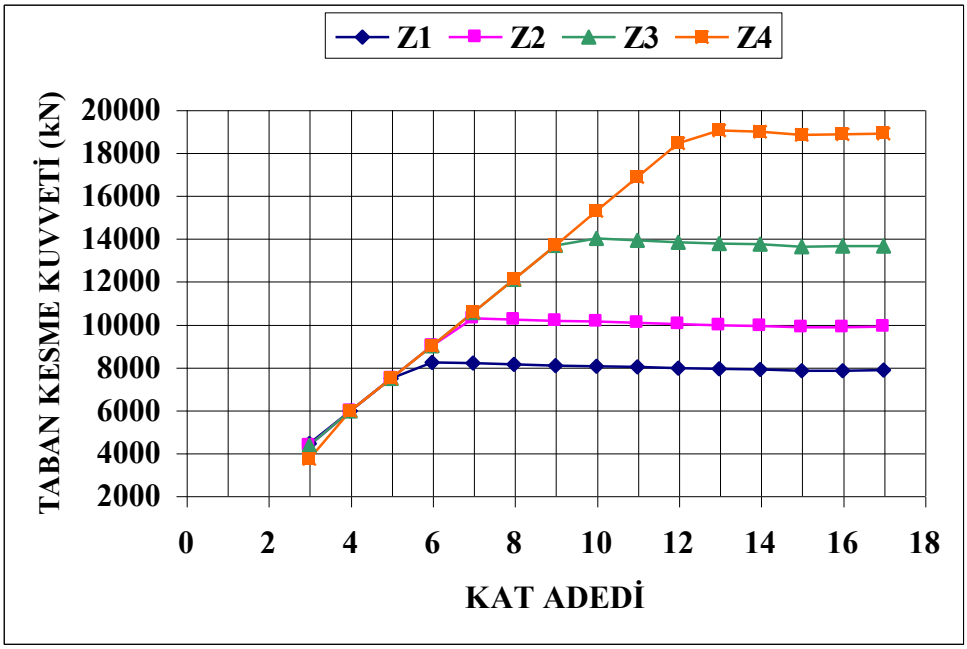
Şekil 5.16 Bina-1, Bina-2 ve Bina-3 e ait y yönü taban kesme kuvvetleri

Taban kesme kuvveti değerleri 3 katlı modelden 6–7 katlı modellere doğru çok hızlı bir şekilde artmaktadır. Burada grafikler bir tepe yaptıktan sonra kat adedinin artmasına rağmen yapı periyotlarının yükselmesi ile taban kesme kuvvetleri düşmeye başlamaktadır. Ancak ABYYHY tarafından sınırlanan yapı periyotlarına erişildiğinde eğriler tekrar yükselmeye başlamış ve kesme kuvvetleri tekrar artmaya başlamıştır. Eğrilerin 6-7 katlı modellerde tepe yaptığı yerler spektrum katsayısının Denk. 5.17b ve Denk. 5.17c ile hesaplandığı geçiş noktalarına denk gelmektedir. Bu tepe noktalarından sonra alçak katlı çözümlerde spektrum katsayısı 2.5 olduğundan ($T_A < T < T_B$) her modelde taban kesme kuvveti çok hızlı bir şekilde toplam kat ağırlıklarına bağlı olarak düşmektedir. Yapı ilk periyotlarının $T < T_A$ olduğu kat sadece Bina-1 ve Bina-3 de Y yönü 3 katlı modellerdedir. Yapılar genelde çok katlı dizayn edildiğinde (6 kattan yukarısı) genelde ilk periyotlar Z2 sınıfı yerel zemin sınıfı için T_B nin üzerinde kalmaktadır. Bu durum zemin sınıfı değiştikçe Z1 için daha az katlı modellere, Z3 ve Z4 için ise daha çok katlı modellere kaymaktadır.

Bina-1 e ait Z1, Z2, Z3 ve Z4 zeminlerinde oluşan taban kesme kuvvetleri Şekil 5.17 ve Şekil 5.18 de grafik olarak verilmiştir. Zemin sınıfının zayıflaması sonucu yapının dizaynı daha büyük taban kesme kuvvetine göre yapılmakta bu da yapıyı rijitleştirmektedir.

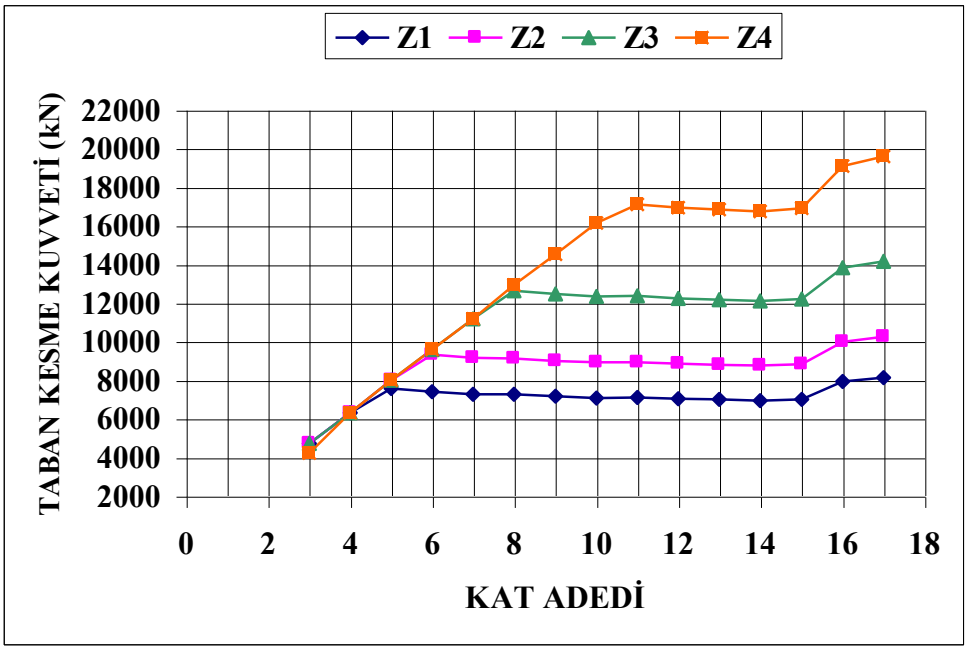


Şekil 5.17 Bina-1 Z1, Z2, Z3 ve Z4 zemin sınıflarında x yönü taban kesme kuvvetleri



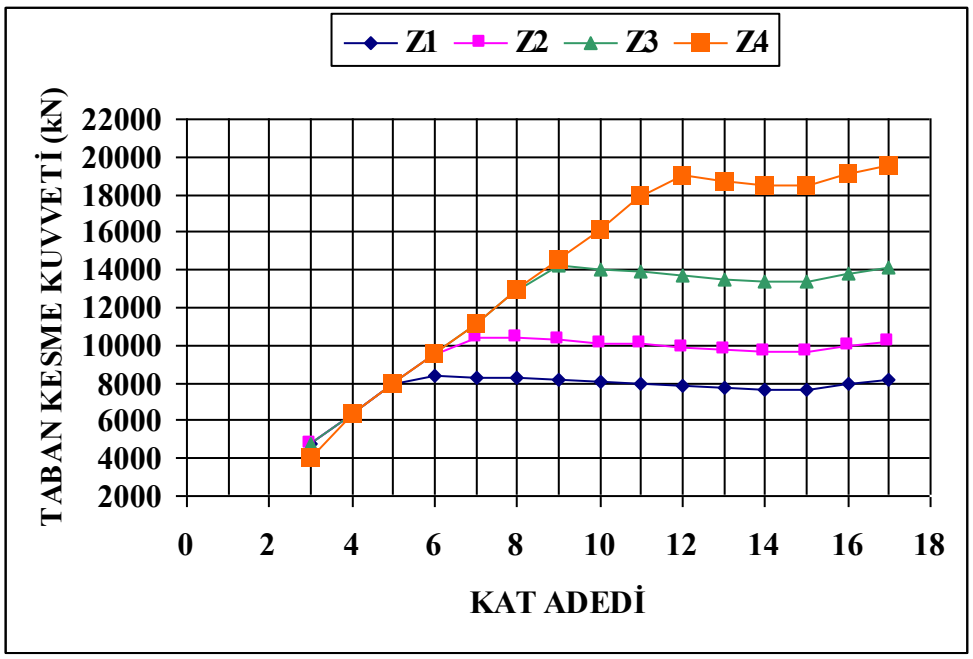
Şekil 5.18 Bina-1 Z1, Z2, Z3 ve Z4 zemin sınıflarında y yönü taban kesme kuvvetleri

Bina-1 için verilen bu grafiklerden anlaşılacağı gibi yapının ilk periyotları Z1 için 5. kat, Z2 için 6. kat, Z3 için 9. kat ve Z4 için 12. kattan sonra T_{1B} değerinden büyük kalmaktadır. Bu katlardan daha az katlı modellerde taban kesme kuvvetinde hızlı bir düşüş görülmektedir.

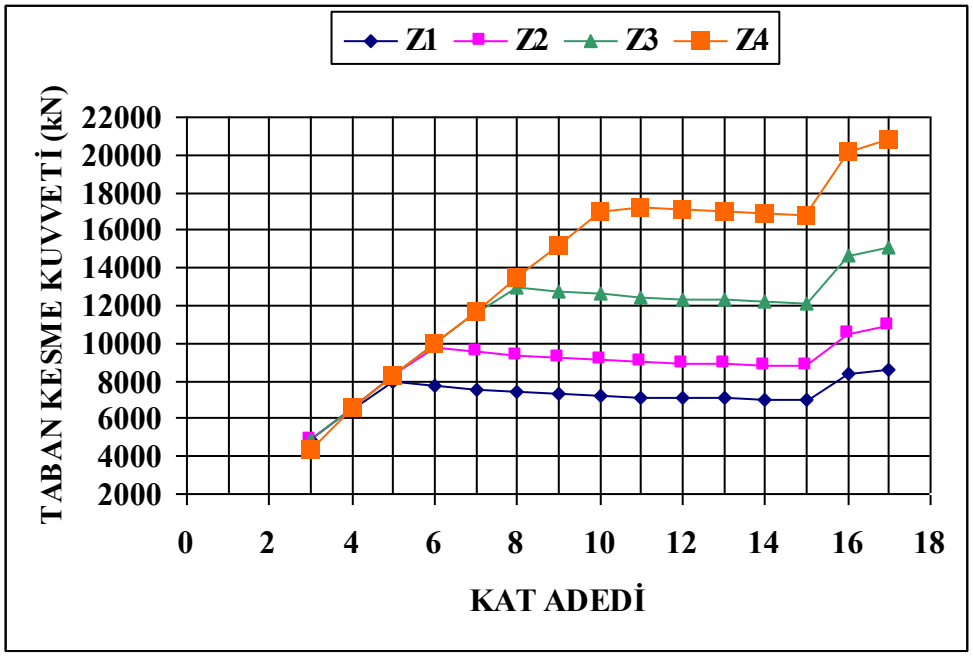


Şekil 5.19 Bina-2 Z1, Z2, Z3 ve Z4 zemin sınıflarında x yönü taban kesme kuvvetleri

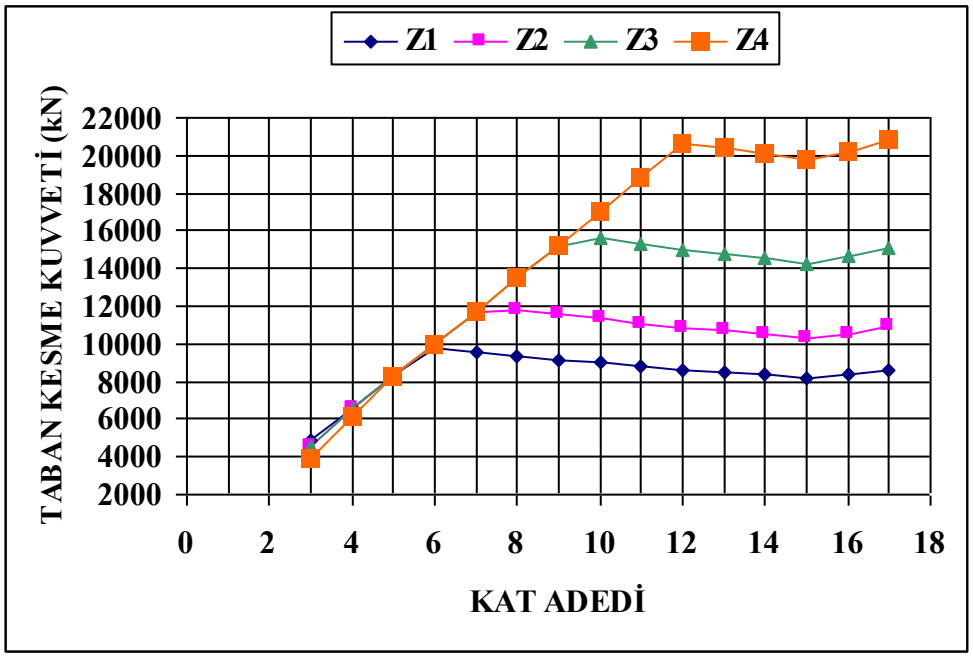
Şekil 5.19, Şekil 5.20, Şekil 5.21 ve Şekil 5.22 de farklı zemin sınıflarında Bina-2 ve Bina-3 de oluşan taban kesme kuvvetleri gösterilmiştir.



Şekil 5.20 Bina-2 Z1, Z2, Z3 ve Z4 zemin sınıflarında y yönü taban kesme kuvvetleri



Şekil 5.21 Bina-3 Z1, Z2, Z3 ve Z4 zemin sınıflarında x yönü taban kesme kuvvetleri



Şekil 5.22 Bina-3 Z1, Z2, Z3 ve Z4 zemin sınıflarında y yönü taban kesme kuvvetleri

Zemin sınıfları için binaların farklı döşeme modellemeleri için verilen grafiklerden anlaşılacağı gibi binanın herhangi bir yöndeki ilk periyodunun $T < T_B$ olduğu kat adetlerinde taban kesme kuvveti bu noktaya kadar hızlı bir artış göstermektedir. Bu noktadan sonra $T > T_B$ olduktan sonra ise eğriler yapı periyotlarının sınırlandığı yere kadar periyotların artması ile azalan bir seyir göstermektedir. Eğriler tekrar bu noktadan sonra ise yükselmeye devam etmektedir. Ancak Z4 zemin sınıfının taban kesme kuvveti eğrilerindeki $T > T_B$ den sonraki düşüş çok az olmakta ve tekrar eğriler yükselmekte yani taban kesme kuvvetleri artmaktadır. $T > T_B$ ve taban kesme kuvvetinin sınırlandığı aralıkta devamlı taban kesme kuvvetinin düşmesi periyodun artmasıyla yapı sünekliğinin de arttığını göstermektedir. Bu süneklikten dolayı örneğin Bina-1 in Z2 zemin sınıfı çözümünde 7 katlı modelde taban kesme kuvveti değeri 9291.321 kN iken 15 katlı modelde X yönü taban kesme kuvveti değeri 9365.667 kN dur. Kat adedi sayısı iki katını geçmiş olmasına rağmen taban kesme kuvveti değişimi fazla olmamıştır. Hatta bazı modellerde kat adedi fazlalaşmasına rağmen taban kesme kuvveti daha küçük değerlere ulaşmaktadır.

5.4.2 Mod Birleştirme Yöntemine Göre Hesap

Mod birleştirme yönteminde toplam deprem kuvvetinin bulunmasında titreşim periyotları ve mod şekilleri hesaba katılır. Toplam kuvvetin katlara dağıtılmasında ilgili mod şekilleri esas alınır.

Herhangi bir r'inci titreşim modunda gözönüne alınacak ivme spektrumu ordinatı Denk. 5.23 e göre hesaplanmıştır.

$$S_{pa}(T_r) = A(T_r)\, g / R_a(T_r) \qquad (5.23)$$

Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram çalıştığı düşünülerek her bir katta kaydırılmış kütle merkezlerinin her birinde birbirine dik doğrultuda iki yatay serbestlik derecesi ile düşey eksen etrafındaki dönme serbestlik derecesi göz önüne alınmıştır. Herhangi bir i'inci katın kütle eylemsizlik momenti $m_{\theta i}$ kaydırılmamış kütle merkezinden geçen düşey eksen etrafında Denk. 5.24 kullanılarak Tablo 5.9 da hesaplanmıştır.

Tablo 5.9 Bina-1 (17 kat) kat kütlelerinin belirlenmesi

KAT NO	mxi (kNsn²/m)	myi (kNsn²/m)	A (m²)	Ix (m4)	Iy (m4)	mθi (kNmsn²)
17	910.320	910.320	783.5	37147.83	64525.59	118132.15
16	1066.446	1066.446	783.5	37147.83	64525.59	138392.56
15	1066.446	1066.446	783.5	37147.83	64525.59	138392.56
14	1066.446	1066.446	783.5	37147.83	64525.59	138392.56
13	1083.556	1083.556	783.5	37147.83	64525.59	140612.92
12	1083.556	1083.556	783.5	37147.83	64525.59	140612.92
11	1083.556	1083.556	783.5	37147.83	64525.59	140612.92
10	1083.556	1083.556	783.5	37147.83	64525.59	140612.92
9	1103.026	1103.026	783.5	37147.83	64525.59	143139.54
8	1103.026	1103.026	783.5	37147.83	64525.59	143139.54
7	1103.026	1103.026	783.5	37147.83	64525.59	143139.54
6	1124.856	1124.856	783.5	37147.83	64525.59	145972.42
5	1124.856	1124.856	783.5	37147.83	64525.59	145972.42
4	1124.856	1124.856	783.5	37147.83	64525.59	145972.42
3	1149.046	1149.046	783.5	37147.83	64525.59	149111.55
2	1237.252	1237.252	783.5	37147.83	64525.59	160558.05
1	1228.993	1228.993	783.5	37147.83	64525.59	159486.28

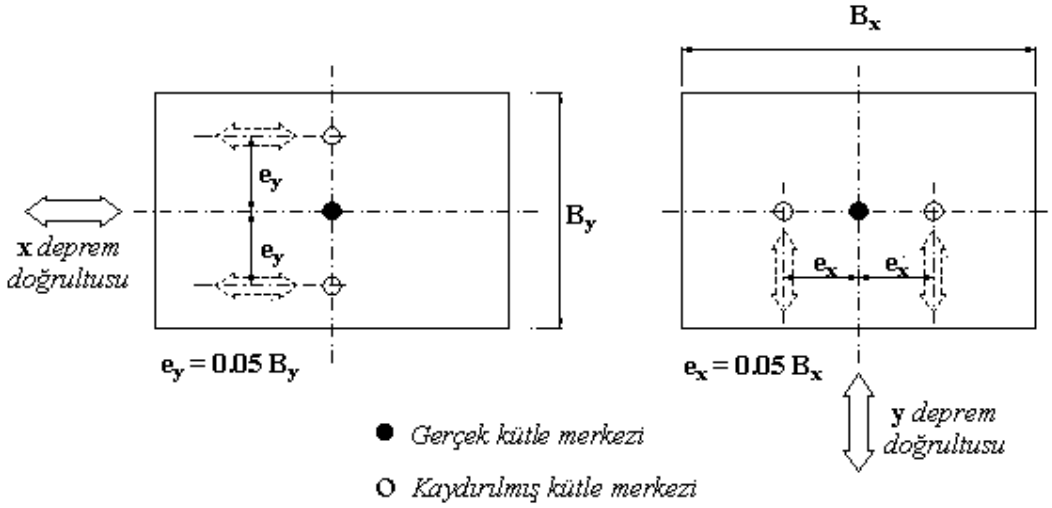
$$m_{\theta i} = m_i * (I_{xi} + I_{yi}) /A \qquad (5.24)$$

Kütle dağılımının düzgün olmamasının etkisini de gözönüne alabilmek için kütleler binaya deprem doğrultusuna dik doğrultudaki boyutunun +%5 ve -%5'i kadar kaydırılarak kaydırılmış kütle merkezlerinde toplanmıştır. "Şekil 5.23"

Binanın spektral analizi Sap2000 kullanılarak yapılmıştır. Yapılan bu hesaplar aşağıda açıklandığı gibi isimlendirilmiştir.

X_{+mod} Yüklemesi : X yönünde +0.05 dışmerkezlik ile modal analiz yüklemesi

Y_{+mod} Yüklemesi : Y yönünde -0.05 dışmerkezlik ile modal analiz yüklemesi



Şekil 5.23 Kaydırılmış kütle merkezleri

Sap2000 için gereken spektral analiz ölçek çarpanı Denk. 5.25 den hesaplanmıştır.

$$k = A_0 * I * g / R \qquad (5.25)$$

$$k = 0.40 * 1.0 * 10 / 7 = 0.57143 \text{ m/sn}^2$$

Gözönüne alınan birbirine dik x ve y yatay deprem doğrultularının her birinde, Denk. 5.25 de belirtilen her bir mod için hesaplanan etkin kütlelerin bina toplam kütlesinin %90'nından daha az olmaması kuralına göre hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı belirlenmiştir ve her bir çözüm için (kat sayısı * 3) kadar mod sayısı hesaba katılarak etkin kütlenin %100 bina toplam kütlesini temsil etmesi sağlanmıştır.

$$\sum_{r=1}^{Y} M_{xr} = \sum_{r=1}^{Y} \{ [\sum_{i=1}^{N} (m_i \Phi_{xir})]^2 / M_r \} \geq 0.90 \sum_{i=1}^{N} m_i \qquad (5.26a)$$

$$\sum_{r=1}^{Y} M_{yr} = \sum_{r=1}^{Y} \{ [\sum_{i=1}^{N} (m_i \Phi_{yir})]^2 / M_r \} \geq 0.90 \sum_{i=1}^{N} m_i \qquad (5.26b)$$

Kat döşemeleri rijit diyafram olarak çalıştığı için Denk. 5.26 daki M_r ifadesi Denk. 5.27 den hesaplanmıştır.

$$Mr = \sum_{i=1}^{N} (m_i \Phi_{xir}^2 + m_i \Phi_{yir}^2 + m\theta_i \Phi_{\theta ir}^2) \qquad (5.27)$$

Bina-1 17 katlı modelin modal analizi yapılırken mod sayısı olarak 17*3 = 51 mod alınmış ve yukarıda Denk. 5.26 da verilen koşulun sağlandığı Tablo 5.10 da ayrı deprem doğrultuları için kontrol edilmiştir.

X_{-+mod} yüklemesindeki modal analizde hesaba katılan Etkin Kütle oranları

X Doğrultusunda % 100 > % 90, Y Doğrultusunda % 100 > % 90

Y_{-mod} yüklemesindeki modal analizde hesaba katılan Etkin Kütle oranları

X Doğrultusunda % 100 > % 90, Y Doğrultusunda % 100 > % 90

olarak hesaplanmıştır.

Binaya etkiyen toplam deprem yükü, kat kesme kuvveti, iç kuvvet bileşenleri, yerdeğiştirme ve göreli kat ötelemesi gibi büyüklükleri, her titreşim modu için hesaplanan ve eşzamanlı olmayan maksimum katkılarının istatiksel olarak bazı kurallar çerçevesinde birleştirilmesi ile elde edilmektedir. Herhangi iki titreşim moduna ait doğal periyotların oranı 0.80 den ($T_s / T_r < 0.80$) küçük olmadığı için mod katkıları birleştirilirken Karelerin Toplamının Karekökü kuralı uygulanamamış ve Tam Karesel Birleştirme (CQC) kuralı kullanılmıştır. Bu kural uygulanırken çapraz korelasyon katsayılarının hesabında modal sönüm oranları bütün titreşim modları için 0.05 olarak alınmıştır.

Gözönüne alınan deprem doğrultusunda Tam Karesel Birleştirme (CQC) kullanılarak elde edilen bina toplam deprem yükü V_{tb}'nin eşdeğer deprem yükü yönteminde hesaplanan bina toplam deprem yükü V_t'ye oranının Denk. 5.28 de tanımlanan β değerinden küçük olması durumunda Mod Birleştirme Yönteminden bulunan tüm iç kuvvetler ve yerdeğiştirme büyüklüklerinin Denk. 5.29 de belirtildiği şekilde hesaplanması gerekmektedir.

Tablo 5.10 X_{+mod} ve Y_{-mod} yük. mod periyot değerleri ve etkin kütle kat. oranları

MOD NO	X +mod Yüklemesi T_i (sn)	Küt. Kat.Oranları %		Y-mod Yüklemesi T_i (sn)	Küt. Kat.Oranları %	
		X Yönü	Y Yönü		X Yönü	Y Yönü
1	1.483	64.6218	0.0000	1.458	70.7066	0.2343
2	1.395	0.0000	69.5377	1.449	0.3222	54.8292
3	1.262	6.4057	0.0000	1.235	0.0012	14.4645
4	0.419	11.8931	0.0000	0.408	14.5898	0.0458
5	0.372	0.0001	17.0253	0.404	0.0939	7.9052
6	0.370	2.7851	0.0008	0.349	0.0002	9.0730
7	0.203	3.1571	0.0000	0.201	0.0030	1.6001
8	0.183	2.5576	0.0000	0.193	5.7142	0.0013
9	0.177	0.0000	5.6393	0.169	0.0001	4.0453
10	0.128	0.8928	0.0000	0.128	0.0003	0.6470
11	0.113	2.1479	0.0000	0.116	3.0375	0.0002
12	0.110	0.0000	2.8728	0.106	0.0001	2.2415
13	0.090	0.3280	0.0000	0.091	0.0001	0.3058
14	0.078	0.0003	1.6273	0.079	1.7945	0.0001
15	0.078	1.4735	0.0003	0.075	0.0001	1.3534
16	0.069	0.1432	0.0000	0.070	0.0000	0.1355
17	0.059	0.0000	0.9979	0.059	1.1280	0.0002
18	0.058	1.0092	0.0000	0.057	0.0003	0.9354
19	0.056	0.0528	0.0000	0.056	0.0000	0.0001
20	0.048	0.0000	0.6878	0.047	0.0000	0.2401
21	0.046	0.1208	0.0000	0.046	0.7825	0.0024
22	0.045	0.6350	0.0000	0.046	0.0044	0.4106
23	0.040	0.0000	0.4943	0.041	0.0000	0.1348
24	0.040	0.0549	0.0000	0.039	0.0004	0.3437
25	0.037	0.5059	0.0000	0.038	0.5717	0.0002
26	0.035	0.0283	0.0000	0.036	0.0000	0.0865
27	0.035	0.0000	0.3807	0.033	0.0001	0.2940
28	0.032	0.3901	0.0000	0.032	0.0025	0.0418
29	0.032	0.0270	0.0000	0.032	0.4376	0.0001
30	0.031	0.0000	0.2862	0.030	0.0000	0.2072
31	0.029	0.0373	0.0000	0.029	0.0000	0.0375
32	0.028	0.0001	0.1966	0.028	0.3297	0.0000
33	0.028	0.2771	0.0001	0.027	0.0000	0.0534
34	0.027	0.0106	0.0000	0.027	0.0000	0.1144
35	0.026	0.0000	0.1170	0.026	0.0000	0.0218
36	0.025	0.0325	0.0000	0.025	0.2225	0.0000
37	0.025	0.1733	0.0000	0.025	0.0000	0.0595
38	0.024	0.0059	0.0000	0.024	0.0000	0.0250
39	0.024	0.0000	0.0682	0.023	0.0000	0.0223
40	0.023	0.1150	0.0000	0.023	0.1274	0.0000
41	0.023	0.0001	0.0000	0.023	0.0000	0.0324
42	0.022	0.0000	0.0317	0.022	0.0000	0.0307
43	0.021	0.0000	0.0162	0.021	0.0006	0.0001
44	0.021	0.0632	0.0000	0.021	0.0693	0.0000
45	0.021	0.0000	0.0095	0.021	0.0000	0.0088
46	0.021	0.0023	0.0000	0.020	0.0304	0.0000
47	0.020	0.0257	0.0000	0.020	0.0000	0.0073
48	0.020	0.0000	0.0103	0.019	0.0146	0.0000
49	0.019	0.0129	0.0000	0.019	0.0000	0.0075
50	0.018	0.0064	0.0000	0.018	0.0068	0.0000
51	0.017	0.0074	0.0000	0.018	0.0074	0.0000
	Σ =	100.000	100.000	Σ =	100.000	100.000

$$V_{tB} < \beta * V_t \qquad (5.28)$$

$$B_D = (\beta * V_t / V_{tB}) * B_B \qquad (5.29)$$

Denk. 5.28 ve Denk. 5.29 da bahsi geçen β değeri Bina-1 (17 katlı) çözümünde A1 türü burulma düzensizliği olması sebebiyle 1.0 olarak alınmıştır.

X_{+mod} yüklemesinde modal analiz sonucunda oluşan taban kesme kuvveti kontrolü Denk. 5.28 e göre aşağıda yapılmıştır.

V_{tB} = 7365.476 kN < V_t = 9772.403 kN olmasından dolayı tüm kesit tesirleri ve yerdeğiştirme büyüklükleri aşağıda hesaplanan katsayı ile arttırılacaktır.

$$\beta * V_t / V_{tB} = 1.0 * 9772.403 / 7365.476 = 1.3267$$

Y_{-mod} yüklemesinde modal analiz sonucunda oluşan taban kesme kuvveti kontrolü Denk. 5.28 e göre aşağıda yapılmıştır.

V_{tB} = 7161.2565 kN > V_t = 9857.5988 kN olmasından dolayı tüm kesit tesirleri ve yerdeğiştirme büyüklükleri aşağıda hesaplanan katsayı ile arttırılacaktır.

$$\beta * V_t / V_{tB} = 1.0 * 9857.5988 / 7161.2565 = 1.3764$$

Bina-1 (17 katlı) model süneklik düzeyi yüksek bir sistem olarak ve taşıyıcı sistem davranış katsayısı R=7 olarak tasarlanmıştır. Ancak R=7 değerinin kullanılabilmesi için Denk. 5.30 un sağlanması gerekmektedir.

$$\alpha_m = (\Sigma M_p + \Sigma\Sigma M_k) / \Sigma M_d < 0.75 \qquad (5.30)$$

Denk. 5.30 da bahsi geçen ΣM_d, deprem kuvvetlerinin taşıyıcı sistemde meydana getirdiği Toplam Devrilme Momenti, ΣM_p deprem perdelerinin tabanında meydana gelen taban momentleri toplamı ve $\Sigma\Sigma M_k$ bu perdelere deprem doğrultusunda bağlanan kirişlerin uç momentleri toplamı, Sap2000 programının "Show Group Joint Force Summation" komutunun özelliğinden yararlanılarak programa otomatik olarak hesaplatılmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

X_{+mod} Yüklemesinde:

ΣM_d = 268036.405 kNm

ΣM_p = 63945.784 kNm

$\Sigma\Sigma M_k$ = 138973.560 kNm

$\Sigma M_p + \Sigma\Sigma M_k$ = 202919.344 kNm

Y_{-mod} Yüklemesinde:

ΣM_d = 254638.458 kNm

ΣM_p = 67731.106 kNm

$\Sigma\Sigma M_k$ = 131855.000 kNm

$\Sigma M_p + \Sigma\Sigma M_k$ = 199586.106 kNm

Denk 5.29 a göre X_{+mod} Yüklemesinde:

α_m= 202919.344 / 268036.406 = 0.7571 > 0.75

Denk 5.29 a göre Y_{-mod} Yüklemesinde:

α_m= 199586.106 / 254638.458 = 0.7838 > 0.75

Görüldüğü gibi her iki deprem doğrultusunda da $\alpha_m > 0.75$ olduğundan R = 7 katsayısı kullanılamayacaktır. Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R'nin Denk. 5.31 e göre tekrar hesaplanması gerekmektedir.

$$R = 10 - 4 * \alpha_m \qquad (5.31)$$

Depremin etkidiği her iki yön için deprem kuvvetini en elverişsiz yapabilmek için R katsayısı Denk. 5.31 den hesaplanan en küçük değer alınacaktır. Bu ise α_m in en büyük değere ulaştığı Y_{-mod} Yüklemesinde oluşmaktadır. Böylece her iki deprem doğrultusunda da Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı;

R = 10 – 4 * 0.7838 = 6.8648

olarak alınacaktır.

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısının değişmesi ile taşıyıcı sistemin modal analizinin her iki deprem doğrultusunda da yenilenmesi gerekmektedir.

Daha önce Sap2000 için Denk. 5.25 de hesaplanan spektral analiz ölçek çarpanı tekrar hesaplanmış ve modal analiz tekrarlanmıştır.

$$k = 0.40 * 1.0 * 10 / 6.8648 = 0.5827 \text{ m/sn}^2$$

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısının değişimi modal analize lineer olarak yansıdığından hesaplar sonucunda oluşan taban kesme kuvvetleri de lineer olarak değişmiştir. Bu nedenle modal analiz sonucunda elde edilen taban kesme kuvvetlerinin Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin sonucunda elde edilen taban kesme kuvvetlerine göre kontrolünde değişim aynı kalmakta ve modal analiz sonucunda oluşacak olan kesit tesirlerinin ve yerdeğiştirme büyüklüklerinin çarpanları aynı kalmaktadır. Bina 1 modeline ait 3-17 katlı modal analiz çözümlerinin sonuçları Tablo 5.11 ve Tablo 5.12 de gösterilmiştir. Bina-2 ve Bina-3'e ait çözüm sonuçları da Ek F de Tablo F.1, F.2, F.3 ve F.4 de gösterilmiştir.

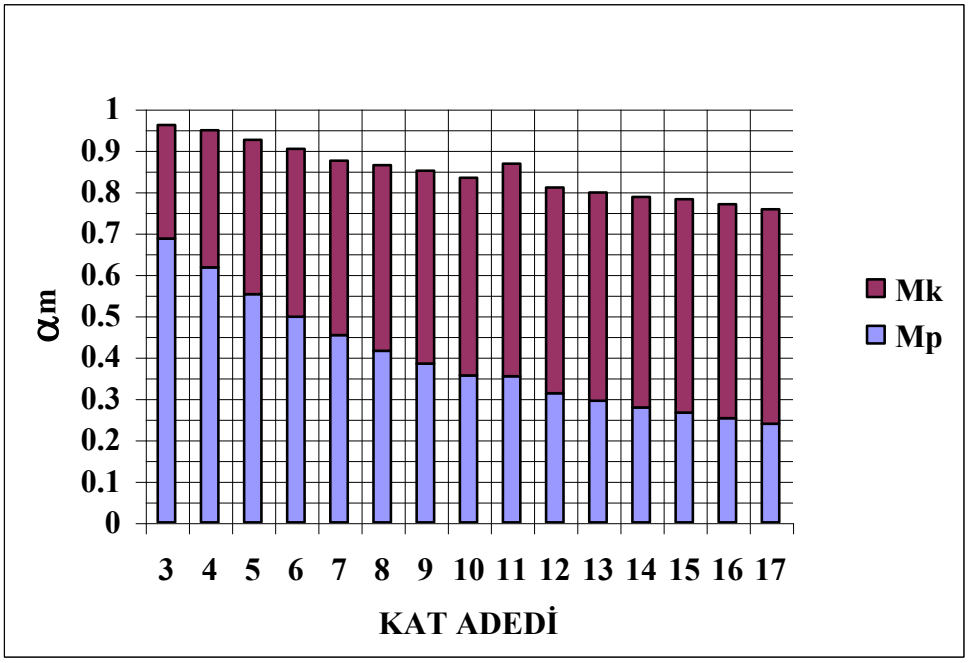
Tablolardan da takip edilebileceği gibi yapıların içersindeki deprem perdelerinin taşıdığı devrilme momenti yüzdesi kat adedi azaldıkça artmaktadır. Kat sayısının artmasıyla depremden dolayı oluşan devrilme momentinin taşınmasında çerçeve+perde davranışı etkili olmaktadır. Kat sayısının azalmasıyla perdelerin yapı davranışına etkisi artmakta ve buna bağlı olarak Yapı Davranış Katsayısı azalmaktadır. Deprem perdelerinin taşıdığı devrilme momenti, perdelerin tabanında oluşan moment (ΣM_p) ile kat döşemeleri hizalarında perde eksenlerinde oluşan momentlerin ($\Sigma\Sigma M_k$) toplamıyla bulunmaktadır. Perdelerin taşıdığı toplam devrilme momenti içinde perdelerin tabanında oluşan momentlerin oranı kat adedi azaldıkça artmakta ve toplam devrilme momentinin büyük bir kısmı perdelerin tabanlarındaki momentlerle karşılanmaktadır. Kat adedi arttıkça perdelerin tabanlarındaki toplam devrilme momenti oranı oldukça küçülmektedir. Kat adedi arttıkça devrilme momentinin taşınmasında perdelere deprem doğrultusunda bağlanan döşeme veya kirişlerin, kat adedi azaldıkça da perdelerin toplam taban momentlerinin etkisi fazla olmaktadır. Şekil 5.24 de X doğrultusunda kat adedinin değişmesi ile α_m in değişimi görülmektedir. Şekilde verilen grafikten de anlaşılacağı gibi perdelerin tabanında oluşan moment 17 katlı yapıda toplam devrilme momentinin %25 inden bile daha az iken 3 katlı yapıda toplam devrilme momentinin %70 ine yaklaşmaktadır.

Tablo 5.11 Bina-1 (3 - 17 kat) α_m, taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve scaler çarpanın hesabı

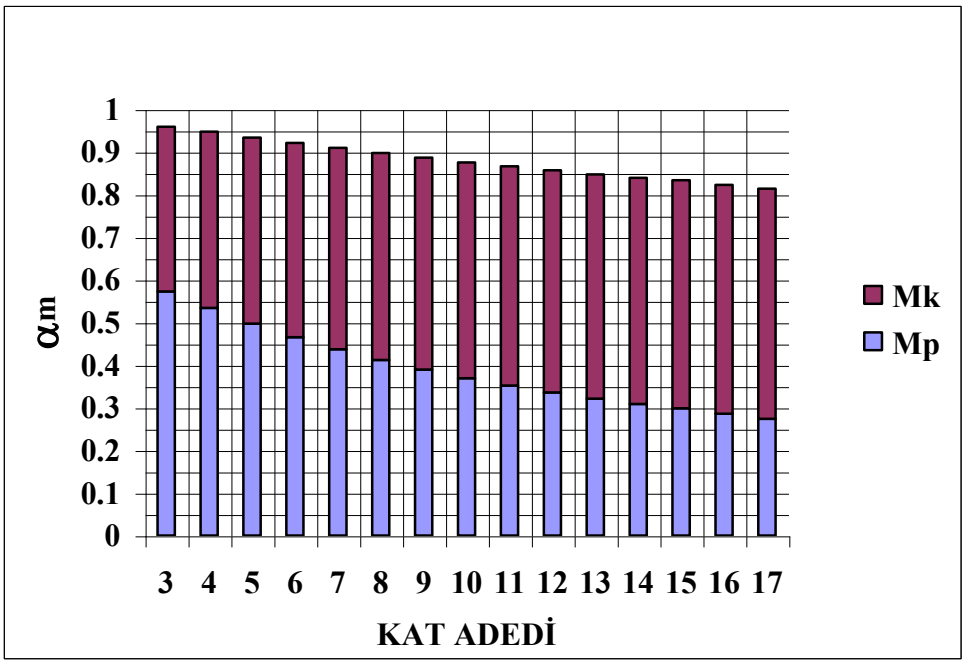
KAT SAYISI	TDY ne göre		X Yönü				Y Yönü				R	Sc
	T1x	T1y	M_{DX}	M_{PX}	M_{KX}	α_{MX}	M_{DY}	M_{PY}	M_{KY}	α_{MY}		
17	1.4100	1.3949	268036.405	63945.784	138973.560	0.7571	254638.458	67731.106	131855.000	0.7838	6.8648	0.5827
16	1.3484	1.2817	250542.881	63124.982	129652.470	0.7694	237712.013	66896.954	123541.300	0.8011	6.7955	0.5886
15	1.2480	1.1741	233296.980	61963.223	120333.540	0.7814	221193.591	65992.557	115040.000	0.8184	6.7263	0.5947
14	1.1429	1.0671	218659.288	60767.698	111265.175	0.7868	207465.468	64923.089	106266.200	0.8251	6.6994	0.5971
13	1.0412	0.9624	202442.289	59528.566	101919.500	0.7975	192678.727	64075.901	99531.980	0.8491	6.6035	0.6057
12	0.9409	0.8614	186666.796	58287.181	92869.583	0.8098	178766.214	63148.448	91875.230	0.8672	6.5313	0.6124
11	0.8411	0.7634	178776.214	63148.448	91875.230	0.8671	166172.789	62172.209	84569.020	0.8831	6.4677	0.6185
10	0.7447	0.6697	156792.822	55714.910	74918.624	0.8332	153819.690	61119.268	77346.800	0.9002	6.3993	0.6251
9	0.6507	0.5796	141509.583	54350.936	65950.867	0.8501	141695.926	60034.228	70097.430	0.9184	6.3265	0.6323
8	0.5578	0.4937	127271.907	52806.468	57126.431	0.8638	130246.495	58560.908	62799.474	0.9318	6.2729	0.6377
7	0.4675	0.4126	112219.415	50798.198	47340.803	0.8745	118097.442	56669.568	55065.750	0.9461	6.2155	0.6436
6	0.3817	0.3368	94730.213	47115.868	38431.899	0.9031	92389.797	48514.802	41049.220	0.9694	6.1223	0.6533
5	0.3000	0.2668	66981.006	36964.070	24989.377	0.9249	67495.073	38509.821	27931.940	0.9844	6.0624	0.6598
4	0.2246	0.2029	45100.781	27806.070	14955.351	0.9481	46300.150	29041.057	17191.770	0.9985	6.0058	0.6660
3	0.1560	0.1451	28314.104	19426.380	7783.908	0.9610	32199.878	19481.670	8685.699	0.8748	6.1559	0.6498

Tablo 5.12 Bina-1 (3 - 17 kat) modal analiz sonucunda oluşan taban kesme kuvvetleri ve eşdeğer deprem yükü yöntemine göre kontrolü

KAT SAYISI	TDY ne göre		R	X Yönü				Y Yönü					
	T1x	T1y		S(T1x)	A(T1x)	Vtx	Vtbx	S(T1y)	A(T1y)	Vty	Vtby	Cx	Cy
17	1.4100	1.3949	6.8648	0.9124	0.3650	9964.87	7510.74	0.9204	0.3681	10051.27	7302.49	1.3267	1.3764
16	1.3484	1.2817	6.7955	0.9457	0.3783	9742.95	7456.80	0.9848	0.3939	10146.52	7190.60	1.3066	1.4111
15	1.2480	1.1741	6.7263	1.0060	0.4024	9746.82	7349.53	1.0564	0.4226	10234.60	7074.87	1.3262	1.4466
14	1.1429	1.0671	6.6994	1.0794	0.4318	9800.46	7265.76	1.1403	0.4561	10353.54	6986.74	1.3489	1.4819
13	1.0412	0.9624	6.6035	1.1629	0.4652	9889.77	7202.10	1.2385	0.4954	10532.44	6941.74	1.3732	1.5173
12	0.9409	0.8614	6.5313	1.2611	0.5044	9961.72	7136.03	1.3534	0.5414	10690.68	6911.78	1.3960	1.5467
11	0.8411	0.7634	6.4677	1.3795	0.5518	10063.42	7100.98	1.4907	0.5963	10874.82	6929.47	1.4172	1.5694
10	0.7447	0.6697	6.3993	1.5206	0.6082	10153.10	7064.18	1.6553	0.6621	11052.98	6980.46	1.4373	1.5834
9	0.6507	0.5796	6.3265	1.6939	0.6776	10224.16	7026.07	1.8582	0.7433	11215.78	7068.77	1.4552	1.5867
8	0.5578	0.4937	6.2729	1.9160	0.7664	10319.99	7013.47	2.1126	0.8450	11378.67	7179.13	1.4715	1.5850
7	0.4675	0.4126	6.2155	2.2068	0.8827	10464.06	6933.77	2.4387	0.9755	11563.84	7322.83	1.5091	1.5792
6	0.3817	0.3368	6.1223	2.5000	1.0000	10265.61	6759.58	2.5000	1.0000	10265.61	6657.01	1.5187	1.5421
5	0.3000	0.2668	6.0624	2.5000	1.0000	8596.79	5651.81	2.5000	1.0000	8596.79	5576.86	1.5211	1.5415
4	0.2246	0.2029	6.0058	2.5000	1.0000	6901.93	4632.95	2.5000	1.0000	6901.93	4815.93	1.4897	1.4331
3	0.1560	0.1451	6.1559	2.5000	1.0000	5032.00	3581.83	2.4510	0.9804	4933.38	3564.17	1.4049	1.3842



Şekil 5.24 Bina-1 x yönü kat adedi ile α_m in değişimi



Şekil 5.25 Bina-3 x yönü kat adedi ile α_m in değişimi

Şekil 5.25 de de Bina-3 de α_m değişimi gösterilmiştir. Aynı Bina-1 de olduğu gibi bu bina da da perdelerin tabanında oluşan momentlerin toplamının, devrilme momentine oranı kat adedi azaltıldıkça arttığı görülmektedir. Kat adedi arttıkça hem α_m oranı küçülmekte hem de perdelerin tabanındaki momentlerin oranı da küçülmektedir.Kat adedinin arttırılması ile birlikte α_m oranının küçülmesinden dolayı yapı Davranış

Katsayısı azalmaktadır. Böylece R (Yapı davranış Katsayısı) nin 7 ye yaklaşması ile birlikte yapı davranışında boşluklu ve/veya boşluksuz perdelerin yanında çerçevelerin de davranışı etkili olmaya başlamaktadır. Deprem yükleri, perde ve çerçeveler ile birlikte taşınmaya başlamaktadır.

İncelemesi yapılan her üç döşeme sistemli modelde taşıyıcı sistem elemanları süneklik düzeyi yüksek olarak boyutlandırılmıştır. α_m in bulunmasından sonra her üç model için de Tablo 2.1 den yararlanılarak şu gözlemler yapılabilir:

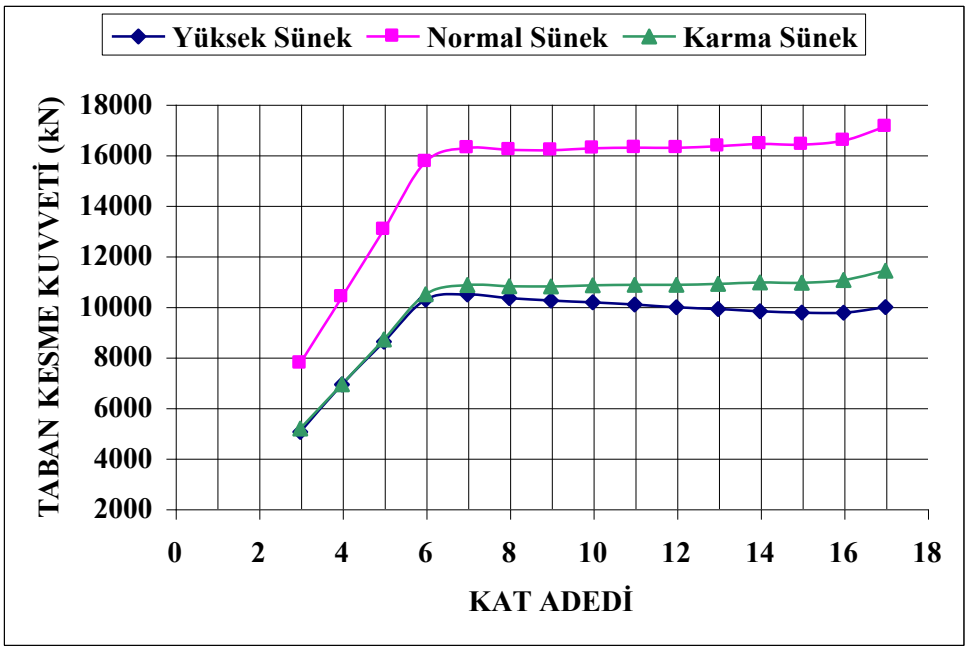
Bina1 ve Bina-2 (çerçeveli sistem) için;

- $\alpha_m > 0.75$ olduğundan yapı, süneklik düzeyi yüksek olarak boyutlandırılırken Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısının (R)Denk. 2.2 ile hesaplanması gereklidir. Bu da yapıya depremden dolayı gelecek olan taban kesme kuvvetinin değişeceği anlamına gelir.
- $\alpha_m > 0.75$ olduğundan yapı, bina önem katsayısı $I < 1.4$ olmak şartıyla süneklik düzeyi normal olarak da boyutlandırılabilir. Ancak bu durumda R nin 4 alınması gerekmektedir. Bu durumda da taban kesme kuvvetleri $7 / 4 = 1.75$ oranında artar. Bunun sonucu yapının boyutlandırılması ve detaylandırılması, 1.75 katı fazla gelen deprem etkilerine göre yapılmalıdır.
- $\alpha_m > 2/3$ olduğundan yapının süneklik düzeyi karma olarak ta boyutlandırılması mümkündür. Bu durumda da R katsayısının Denk. 2.4 e göre 6 alınması gerekir. Yapı üzerinde depremden dolayı oluşan iç tesirler ve yerdeğiştirmeler $7 / 6 = 1.167$ oranında artacaktır. Binaların süneklik düzeylerinin düşük olarak dizayn edilmeleri taban kesme kuvvetlerini arttırdığından, bu etkiyi karşılayabilmek için boyutlandırmada ve detaylandırmada daha fazla malzemenin kullanılacağı anlamına gelebilir. Bu da ekonomik olmayabilir.

Tablo 5.13 ve Şekil 5.26 da Bina-1 X doğrultusunda binanın süneklik düzeyinin değişik durumları için oluşan taban kesme kuvveti değerleri verilmiştir.

Tablo 5.13 Bina-1 x yönü süneklik düzeyleri ve taban kesme kuvvetleri

Kat Adedi	Yüksek Sünek		Normal Sünek		Karma Sünek	
	R	Vtx	R	Vtx	R	Vtx
17	6.86	9964.867	4.00	17101.685	6.00	11401.124
16	6.80	9742.950	4.00	16552.005	6.00	11034.670
15	6.73	9746.823	4.00	16389.917	6.00	10926.612
14	6.70	9800.460	4.00	16414.340	6.00	10942.893
13	6.60	9889.768	4.00	16326.794	6.00	10884.529
12	6.53	9961.718	4.00	16265.626	6.00	10843.751
11	6.47	10063.423	4.00	16271.909	6.00	10847.939
10	6.40	10153.095	4.00	16243.081	6.00	10828.721
9	6.33	10224.158	4.00	16170.664	6.00	10780.443
8	6.27	10319.992	4.00	16184.073	6.00	10789.382
7	6.22	10464.063	4.00	16259.812	6.00	10839.875
6	6.12	10265.610	4.00	15712.393	6.00	10474.929
5	6.06	8596.788	4.00	13029.341	6.00	8686.227
4	6.01	6901.927	4.00	10362.927	6.00	6908.618
3	6.16	5032.002	4.00	7744.175	6.00	5162.783



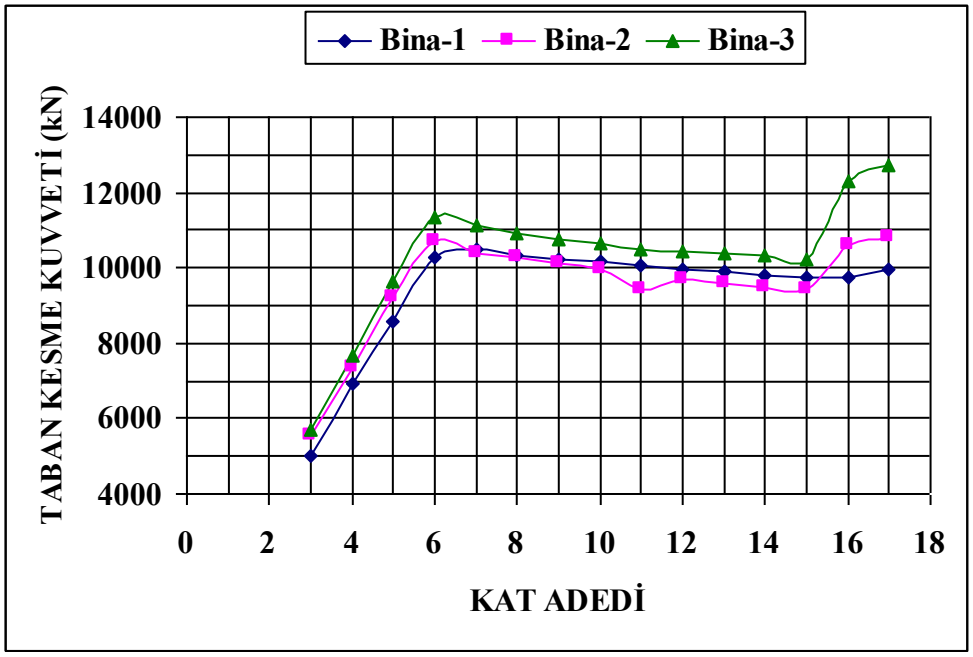
Şekil 5.26 Bina-1 x yönü süneklik düzeyleri ve taban kesme kuvvetleri

Bina3 (kirişsiz döşemeli) için;

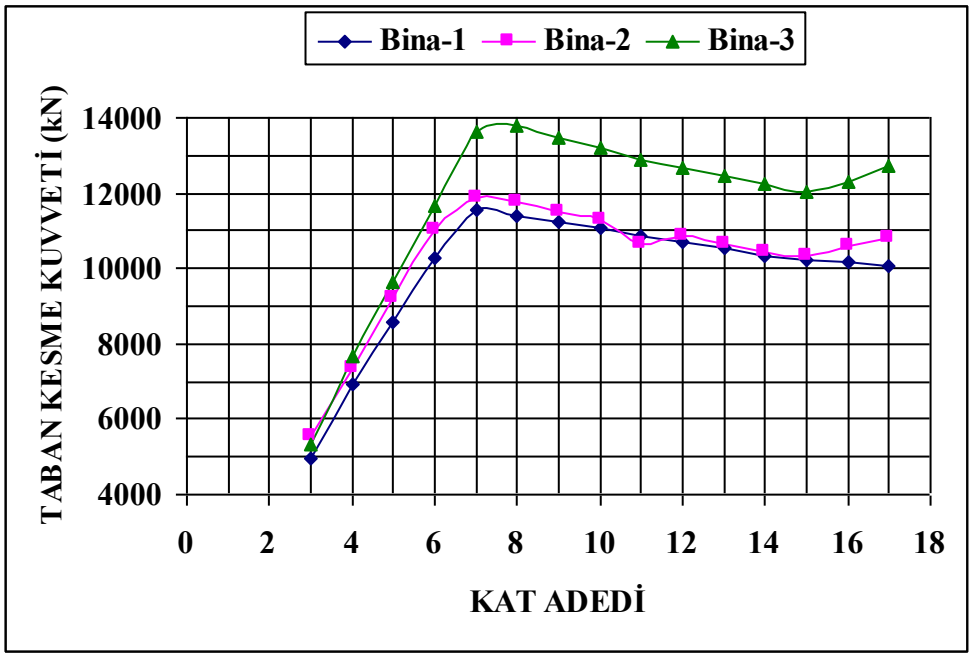
- ABYYHY de kirişsiz döşemeli sistemlerin süneklik düzeyleri yüksek olarak boyutlandırılmasına müsaade edilmemektedir. Bu yüzden kirişsiz döşemeli sistemlerin ya normal yada karma sünek yapı olarak dizayn edilmesi gerekir.
- İncelenen yapıda $\alpha_m > 0.75$ ve $I < 1.4$ olduğundan yapı, süneklik düzeyi normal olarak da boyutlandırılabilir. Ancak bu durumda R nin 4 alınması gerekmektedir.
- $\alpha_m > 2/3$ olduğundan Bina-1 ve Bina-2 gibi Bina-3 ünde süneklik düzeyi karma olarak ta boyutlandırılması mümkündür. Bu durumda da R katsayısının Denk. 2.4 e göre 6 alınması gerekir. Yapı üzerinde depremden dolayı oluşan iç tesirler ve yerdeğiştirmeler 7 / 6 = 1.167 oranında artacaktır.

Binalar üzerindeki esas incelemeler Bina-1 ve Bina-2 süneklik düzeyi yüksek, Bina-3 ise süneklik düzeyi karma olarak boyutlandırılarak yapılmıştır. Diğer süneklik düzeylerinden de yeri geldikçe bahsedilecektir.

İncelenen yapıların taşıyıcı sistem davranış katsayıları değiştiğinde taban kesme kuvvetlerinde de değişiklikler oluşmuştur. Şekil 5.15 ve Şekil 5.16 da karşılaştırılmış olan taban kesme kuvvetleri Şekil 5.27 ve Şekil 5.28 de yeni davranış katsayıları için düzeltilmiştir.



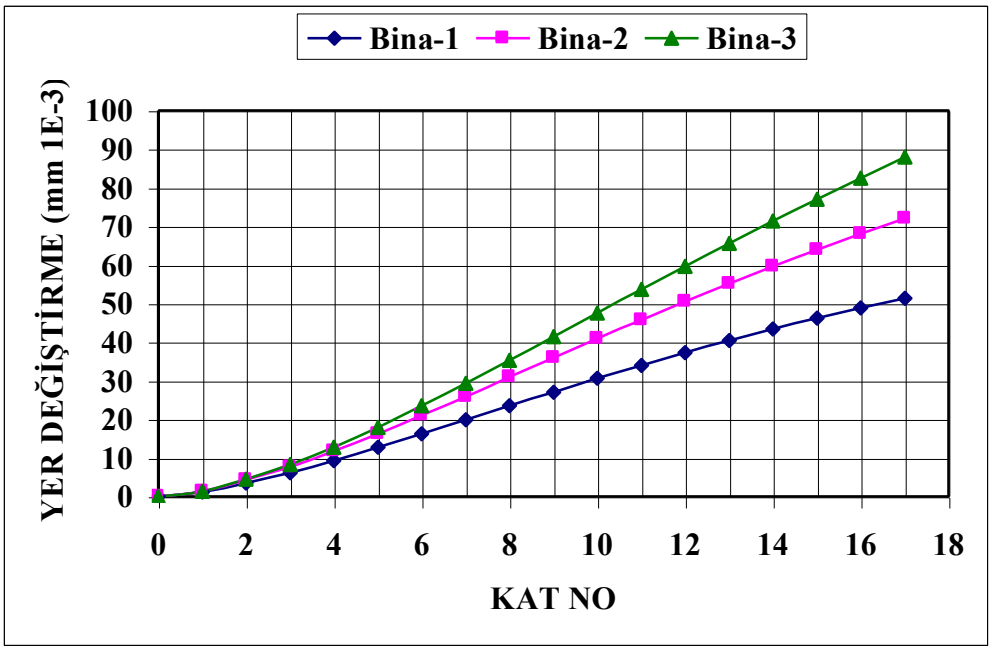
Şekil 5.27 Bina-1, Bina-2 ve Bina-3'e ait x yönü taban kesme kuvvetleri



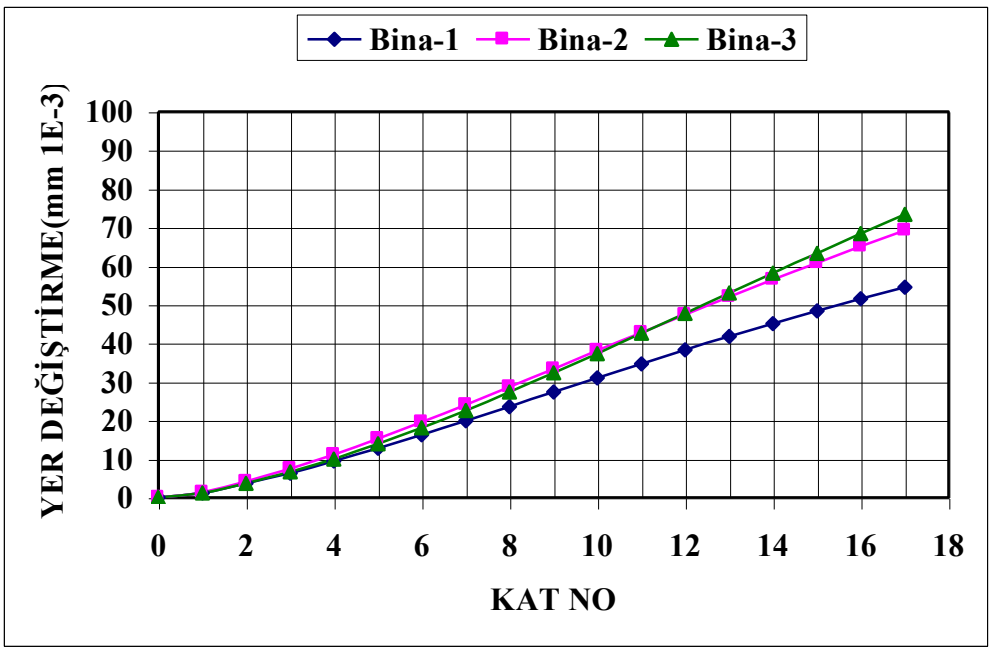
Şekil 5.28 Bina-1, Bina-2 ve Bina-3'e ait y yönü taban kesme kuvvetleri

Şekil 5.27 ve Şekil 5.28 den görüleceği gibi çerçeveli binalarda kat adedi arttıkça R katsayısı arttığından taban kesme kuvvetine azaltıcı yönde etkide bulunmaktadır. Kirişsiz döşemeli sistemlerde ise $\alpha_m > 2/3$ olduğunda,R = 6 olmakta ve taban kesme kuvvetinin değişimi sadece yapının periyotlarına bağlı kalmaktadır. Bina-3 de Taban kesme kuvveti, R = 6 olduğundan Bina-1 ve Bina-2 nin taban kesme kuvvetlerinin çok fazla üzerinde değerler almaktadır. Kat adedi azaldıkça Bina-1 ve Bina-2 nin de taşıyıcı sistem davranış katsayısı 6 yaklaştığından taban kesme kuvvetleri birbirine çok yaklaşmaktadır.

Kirişsiz döşemeli sistemlerde sistemin normal sünek olarak yapılması $\alpha_m > 0.75$ olmasına bağlı olduğundan kat sayısının artması ile birlikte bu imkansız hale gelmeye başlamaktadır. Ek F Tablo F.3 de görüleceği gibi X doğrultusunda $\alpha_m = 0.8136$ ve Y doğrultusunda $\alpha_m = 0.7838$ dir. 19. veya 20. katlardan sonra sistemde $\alpha_m < 0.75$ olacağı için sistemi normal sünek perdelerden oluşturmak ABYYHY e göre mümkün olmayacaktır. Şekil 5.29 ve Şekil 5.30 da her üç modelin 17 katlı çözümüne ait S1 kolonunun X ve Y doğrultularındaki yerdeğiştirme miktarları gösterilmiştir. Eğrilerden anlaşılacağı gibi kat adedinin artması ve taban kesme kuvvetinin fazlalaşması Bina-3 deki yerdeğiştirmeleri Bina-1 ve Bina-2 den fazlalaştırıp uzaklaştırmaktadır. En küçük yer değiştirmeler Bina-1 e ait olmaktadır.



Şekil 5.29 Bina-1, Bina-2 ve Bina-3'e ait x yönünde S1 kolonu yerdeğiştirmeleri



Şekil 5.30 Bina-1, Bina-2 ve Bina-3'e ait y yönünde S1 kolonu yerdeğiştirmeleri

5.4.3 A1 ve B2 Düzensizliklerinin İncelenmesi

ABYYHY 1997'de, Tablo 3.1 ve Tablo 3.2 de tanımlanan A1, B2 veya B3 düzensizliklerinden en az birinin bulunması durumunda $\beta = 1.00$, bu düzensizliklerden herhangi birinin bulunmaması durumunda $\beta = 0.90$ alınması gerektiği belirtilmiştir. Bu nedenle yapılarda bu düzensizlik durumlarının bulunması deprem kuvvetinin hesabında etkili olmaktadır.

Daha önce bahsedildiği gibi Bina-1 (17 katlı) modelde burulma düzensizliği olduğu belirtilmiş ve bu nedenle Denk. 5.28 ve Denk. 5.29 da bulunan β katsayısı 1.00 olarak alınmıştır. Bu bölümde Bina-1 (17 katlı) modelde bu katsayının belirlenmesinde etkili olan A1 ve B2 düzensizlikleri incelenecektir. Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği (B3) zaten incelenen modellerin hiç birinde bulunmamaktadır.

Denk. 5.32 de verilen denklem kullanılarak her bir deprem doğrultusunda burulma düzensizliği katsayısı hesaplanacaktır. Denk. 5.32 de bahsi geçen ardışık iki kat arasındaki rölatif kat ötelenmesini gösteren Δ_i Denk. 5.33 e göre hesaplanmıştır.

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{ort} \qquad (5.32)$$

$$(\Delta_i)_{ort} = 1/2\ [(\Delta_i)_{max} + (\Delta_i)_{min}] \qquad (5.33)$$

$$\Delta_i = d_i - d_{i-1} \qquad (5.34)$$

Binada modal analiz sonucunda oluşan η_{bi} burulma düzensizlik katsayısını belirlemek için göreli kat ötelemeleri hesaplanırken hesap sonucunda oluşan yerdeğiştirme büyüklükleri her yükleme için yukarıda ayrı ayrı hesaplanan katsayılar ile arttırılmıştır. Elde edilen bu yerdeğiştirmeler kullanılarak η_{bi} burulma düzensizlik katsayısı her yükleme için ayrı ayrı Tablo 5.13 ve Tablo 5.14 de gösterilmiştir.

Tablo 5.14 ve Tablo 5.15 de gösterilen η_{ki} Rijitlik Düzensizliği Katsayısı Denk. 5.35 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\eta_{ki} = (\Delta_i)_{ort} / (\Delta_{i+1})_{ort} \qquad (5.35)$$

Tablo 5.14. X_{+mod} modal analiz sonuçlarına göre burulma düzensizlik katsayısının hesaplanması

KAT NO	Δi min (m)	Δi max (m)	Δi ort (m)	ηbi	ηki
17	0.0020302	0.0029889	0.0025095	1.191	1.000
16	0.0021352	0.0031756	0.0026554	1.196	1.058
15	0.0022549	0.0033704	0.0028127	1.198	1.059
14	0.0023857	0.0035828	0.0029843	1.201	1.061
13	0.0025051	0.0037560	0.0031306	1.200	1.049
12	0.0026238	0.0039409	0.0032823	1.201	1.048
11	0.0027260	0.0040965	0.0034113	1.201	1.039
10	0.0028118	0.0042316	0.0035217	1.202	1.032
9	0.0028630	0.0043013	0.0035822	1.201	1.017
8	0.0028921	0.0043557	0.0036239	1.202	1.012
7	0.0028815	0.0043549	0.0036182	1.204	0.998
6	0.0028110	0.0042571	0.0035340	1.205	0.977
5	0.0026828	0.0040896	0.0033862	1.208	0.958
4	0.0024632	0.0037858	0.0031245	1.212	0.923
3	0.0021208	0.0032929	0.0027068	1.217	0.866
2	0.0018270	0.0029086	0.0023678	1.228	0.875
1	0.0008323	0.0013729	0.0011026	1.245	0.466

Binada burulma düzensizlik katsayısının max değeri η_{bi} = 1.290 (Tablo 5.15 Kat 2) olarak hesaplanmıştır.

Burulma Düzensizlik Katsayısının 2.0 den küçük olması ($1.20 < \eta_{bi} < 2.0$) ve komşu katlar arasında rijitlik düzensizliğinin bulunmaması ($\eta_{ki} > 1.50$) şartları sağlanmış olmaktadır. $\eta_{bi} > 1.20$ olmasından dolayı binada burulma düzensizliği bulunmaktadır. Bu yüzden Denk. 5.28 ve Denk. 5.29 da bulunan β katsayısı 1.00 olarak alınmıştır. Bina-1, Bina-2 ve Bina-3 e ait Burulma Düzensizlik Katsayıları ve Rijitlik Düzensizliği Katsayıları 3-17 katlı modeller için Ek G Tablo G.1, G.2, G.3, G.4, G.5, G.6, G.7, G.8, G.9, G.10, G.11 ve G.12 de hesaplanmıştır.

En büyük yerdeğiştirme büyüklükleri Bina-3 e ait olmasına rağmen en büyük burulma düzensizliği Bina-1 de oluşmaktadır. Bunun nedeni Bina-1 de oluşan kat dönmeleri genelde diğer iki modelden daha fazla olmasındandır. Bina-3 de kat yerdeğiştirmeleri daha fazla oluşmasına rağmen kat dönmeleri daha az mertebelerde kalmakta ve sadece bazı kat adetleri için diğer modelleri geçmektedir.

Tablo 5.15. Y_{-mod} modal analiz sonuçlarına göre burulma düzensizlik katsayısının hesaplanması

KAT NO	Δi min (m)	Δi max (m)	Δi ort (m)	ηbi	ηki
17	0.0023396	0.0036184	0.0029790	1.215	1.000
16	0.0024329	0.0038144	0.0031236	1.221	1.049
15	0.0025108	0.0039948	0.0032528	1.228	1.041
14	0.0025904	0.0041908	0.0033906	1.236	1.042
13	0.0026330	0.0043235	0.0034783	1.243	1.026
12	0.0026820	0.0044734	0.0035777	1.250	1.029
11	0.0027088	0.0045827	0.0036457	1.257	1.019
10	0.0027197	0.0046698	0.0036947	1.264	1.013
9	0.0027008	0.0046768	0.0036888	1.268	0.998
8	0.0026737	0.0046800	0.0036769	1.273	0.997
7	0.0026215	0.0046297	0.0036256	1.277	0.986
6	0.0025275	0.0044811	0.0035043	1.279	0.967
5	0.0024005	0.0042823	0.0033414	1.282	0.954
4	0.0022076	0.0039575	0.0030826	1.284	0.923
3	0.0019222	0.0034566	0.0026894	1.285	0.872
2	0.0017252	0.0031329	0.0024290	1.290	0.903
1	0.0008688	0.0015708	0.0012198	1.288	0.502

Modellerde kat adedi arttıkça burulma düzensizliği üst katlara doğru yayılmakta ve değeri artmaktadır. Ancak çözümü yapılan hiçbir modelde burulma düzensizliğinin 1.20 değeri üzerinde çok büyük değerler aldığı gözlenmemiştir. Genelde burulma düzensizliği 1.2 ile 1.3 arasında değişmektedir.

Katlar arası rijitlik düzensizliği katsayısı modeller arasında çok farklı olarak gözlenmemektedir. Genelde en büyük değerler en üst kattın hemen altındaki katta meydana gelmekte ve kat adedinin azalması ile birlikte bu değer artmaktadır. Bunun nedeni kat adedi azaldıkça bu iki katın ortalama yerdeğiştirme büyüklükleri arasındaki farkın artmasındandır. Her üç döşeme için de rijitlik düzensizliği katsayısı en büyük değerine 3 katlı modellerde 2. katlarda oluşmaktadır. Hiçbir modelde rijitlik düzensizliğinin 1.5 sınır değerini aştığı gözlenmemiştir.

5.4.4 Yerdeğiştirmelerin Sınırlandırılması ve İkinci Mertebe Etkileri

Göreli kat ötelemelerinin sınırlandırılması için Denk. 5.36 nın sağlanması gerekmektedir.

$$(\Delta_i)_{max} / h_i \leq 0.0035 , 0.02 / R \qquad (5.36)$$

Tablo 5.13 ve Tablo 5.14 incelendiğinde en büyük kat ötelemesi Y_{-mod} Yüklemesinde 8. katta meydana gelmektedir. İzin verilen sınır değerleri aşmadığı ve Denk. 5.31 nin sağlandığı aşağıda gösterilmiştir.

$$(\Delta_i)_{max} / h_i = 0.0046800 / 3.50 = 0.00130 < 0.02 / 6.8648 = 0.00291$$

En büyük yerdeğiştirmelerin oluştuğu Bina-3 de ve Bina-2 de de göreli kat ötelemeleri sınır değerleri aşmamaktadır.

İkinci mertebe etkileri ortadan kaldırmak için Denk. 5.37 de verilen ikinci mertebe gösterge değeri en büyük deplasmanların oluştuğu Y_{-mod} Yüklemesi için Tablo 5.16 de hesaplanmıştır.

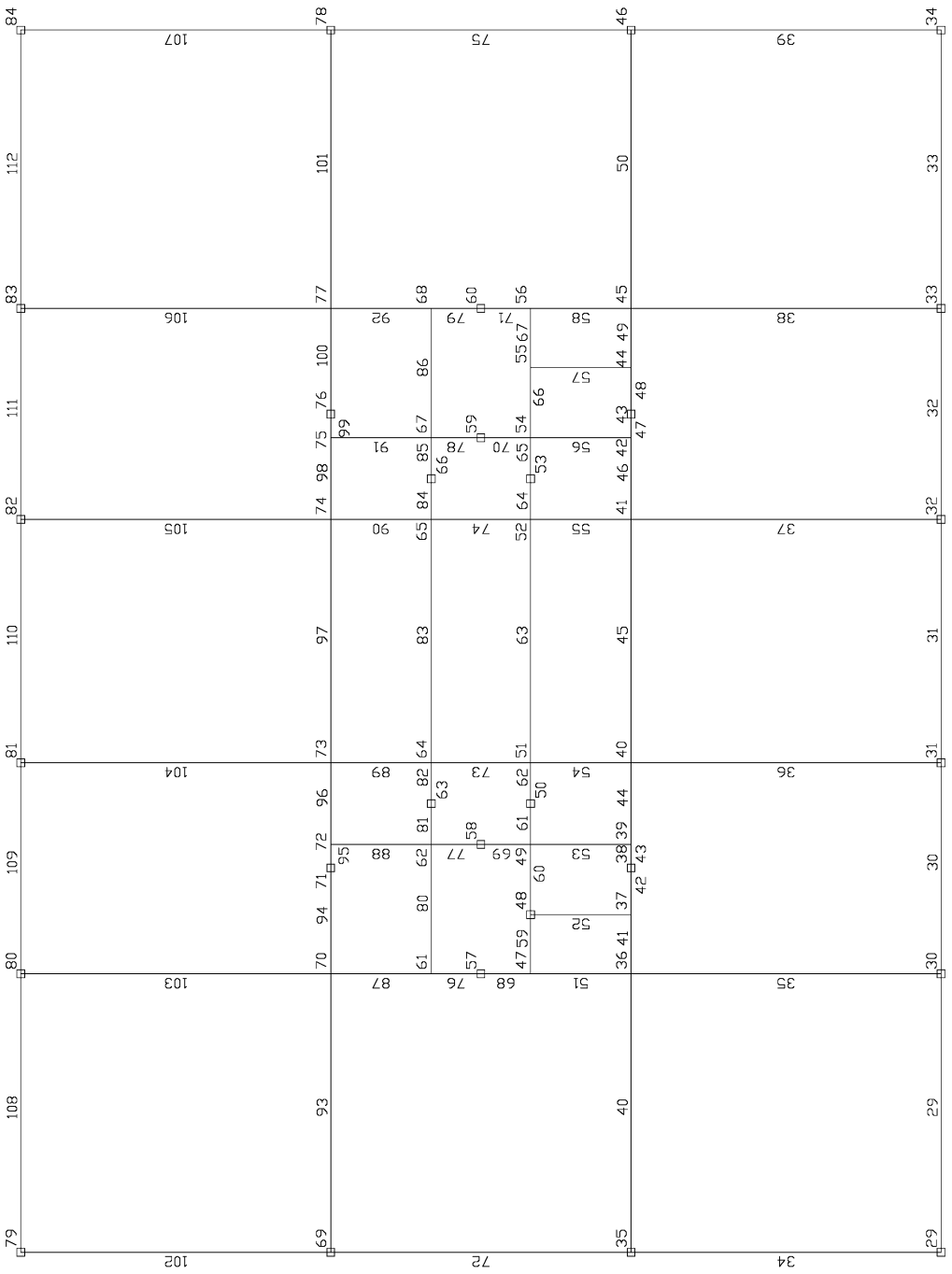
$$\theta_i = \frac{(\Delta_i)_{ort} * \sum_{j=i}^{N} w_j}{V_i \, h_i} \leq 0.12 \qquad (5.37)$$

Tablo 5.16 Y_{-mod} yüklemesine göre ikici mertebe gösterge değerlerinin hesaplanması

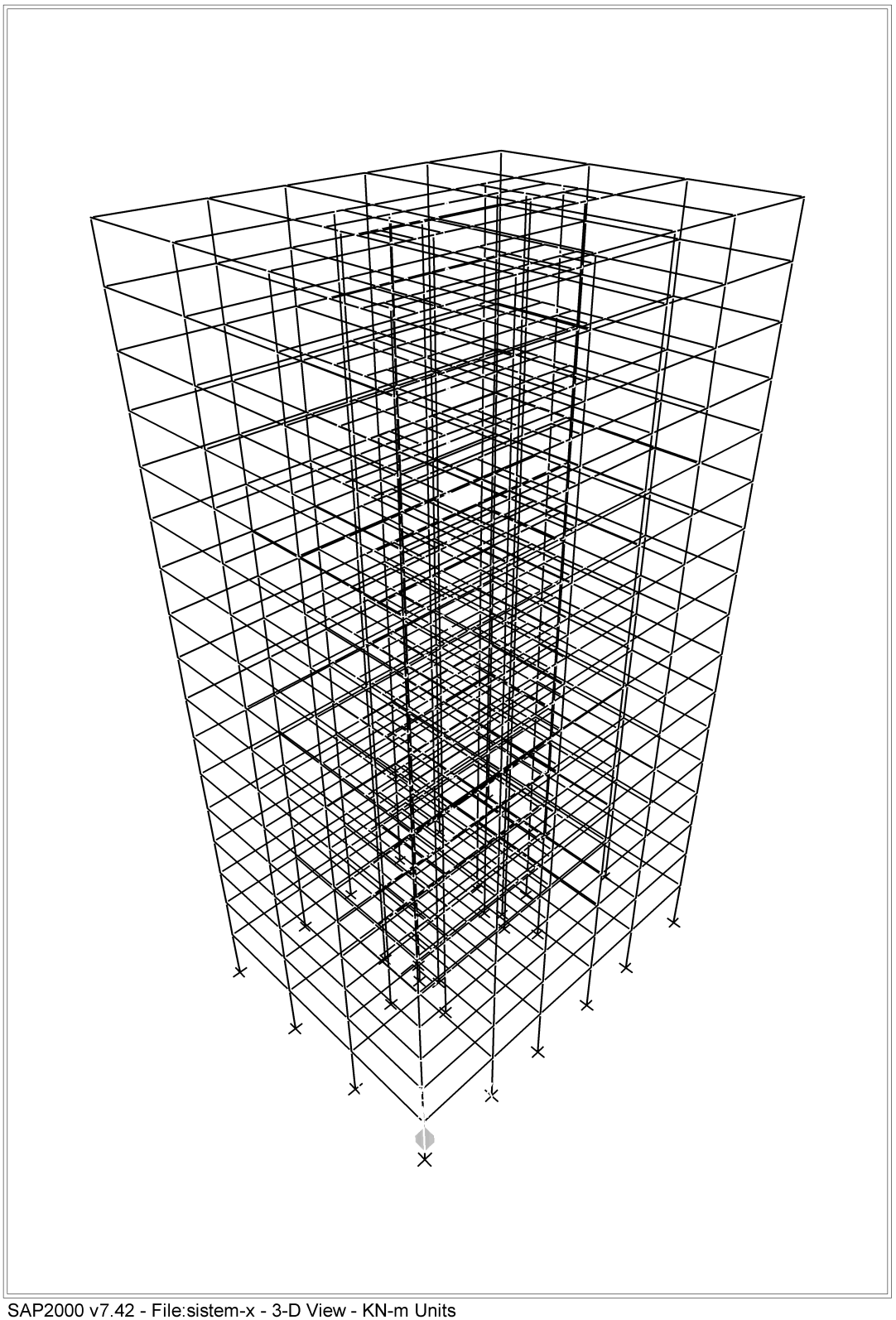
KAT NO	hi (m)	wi (kN)	Fi (kN)	Δi ort (m)	Σwi (kN)	Vi (kN)	θi
17	3.50	9103.201	1484.43	0.0029790	9103.20	1484.430	0.0052
16	3.50	10664.458	1359.22	0.0031236	19767.66	2843.653	0.0062
15	3.50	10664.458	1023.65	0.0032528	30432.12	3867.305	0.0073
14	3.50	10664.458	757.89	0.0033906	41096.57	4625.194	0.0086
13	3.50	10835.558	577.11	0.0034783	51932.13	5202.303	0.0099
12	3.50	10835.558	453.41	0.0035777	62767.69	5655.709	0.0113
11	3.50	10835.558	385.76	0.0036457	73603.25	6041.464	0.0127
10	3.50	10835.558	363.68	0.0036947	84438.80	6405.146	0.0139
9	3.50	11030.258	382.60	0.0036888	95469.06	6787.750	0.0148
8	3.50	11030.258	415.78	0.0036769	106499.32	7203.533	0.0155
7	3.50	11030.258	453.13	0.0036256	117529.58	7656.663	0.0159
6	3.50	11248.558	492.14	0.0035043	128778.13	8148.800	0.0158
5	3.50	11248.558	501.84	0.0033414	140026.69	8650.644	0.0155
4	3.50	11248.558	478.74	0.0030826	151275.25	9129.379	0.0146
3	3.50	11490.458	424.02	0.0026894	162765.71	9553.402	0.0131
2	4.00	12372.519	342.09	0.0024290	175138.23	9895.489	0.0107
1	4.00	12289.929	155.66	0.0012198	187428.15	10051.153	0.0057

Tablo 5.16 de görüldüğü üzere ikinci mertebe gösterge değeri θ_i her katta 0.12 değerinden küçüktür. İkinci mertebe gösterge değeri kat adedinin azalmasıyla yerdeğiştirme değerleri azaldığı için küçülmektedir. θ_i yerdeğiştirmelere bağlı olduğu için en büyük değerlere en büyük yerdeğiştirmelerin oluştuğu kirişsiz döşemeli sistem olan Bina-3 de oluşmaktadır. Daha sonra Bina-2 ve en küçük değerlerde Bina-1 de meydana gelmektedir. Hiçbir modelde θ_i nin 0.12 sınır değerini aştığına rastlanılmamıştır.

Bina-1 (17 katlı) modelin bodrum katına ait Sap2000 modellemesi Şekil 5.31 da ve binanın üç boyutlu taşıyıcı sistemi Şekil 5.32 de gösterilmiştir. Bina-1, Bina-2 ve Bina-3 e ait (17 katlı modeller) deprem esnasındaki davranışlarını gösterebilmek için kaydırılmamış kütle merkezlerinde yapılan modal analizlere ait ilk üç mod şekli Ek H, Şekil H.1, H.2 ve H.3 de verilmiştir.



Şekil 5.31 Bina-1 bodrum kat Sap2000 modellemesi



Şekil 5.32 Bina-1 üç boyutlu taşıyıcı sistem

6. RİJİT DİYAFRAM VE ESNEK DÖŞEME MODELLERİ İLE A2 VE A3 TÜRÜ DÜZENSİZLİKLERİN ÖRNEKLER ÜZERİNDE İNCELENMESİ

Esnek Döşeme Modellemesi ile Rijit Diyafram Modellemesi arasında oluşan farklar daha önce yapılmış olan pek çok çalışmada araştırılmıştır. Kat döşemelerinin yeterince diyafram özelliğini sağlamaması, taşıyıcı sistem elemanlarının rijitlikleri, yapı kat adetleri ve yapı içersindeki deprem kuvvetlerini taşıyan perdelerin yerleşimi bu iki modelleme arasındaki farkları yaratır. Bu iki modellemenin daha iyi anlaşılabilmesi ve aralarındaki farkların gözden geçirilebilmesi için iki örnek üzerinde çalışmalar yapılmıştır.

Örneklerden biri genelde iki modelleme arasındaki farkların belirgin olarak ortaya çıktığı plandaki boyutları arasındaki oranı büyük olan bir yapıdır. İkinci örnekte ise yapı içersinde çekirdek perdelerin bulunduğu bir yapı inlenmiştir. Her iki yapının da 1 ila 9 kat arasında deprem modal analizleri yapılarak Esnek Döşeme Modeli ve Rijit Diyafram Modeli arasındaki farklar anlatılmıştır.

İncelemelerin sonucunda ortaya çıkan sonuçlar bölümünde maddeler halinde tekrar anlatılmıştır.

6.1 Örnek-1'in İncelenmesi

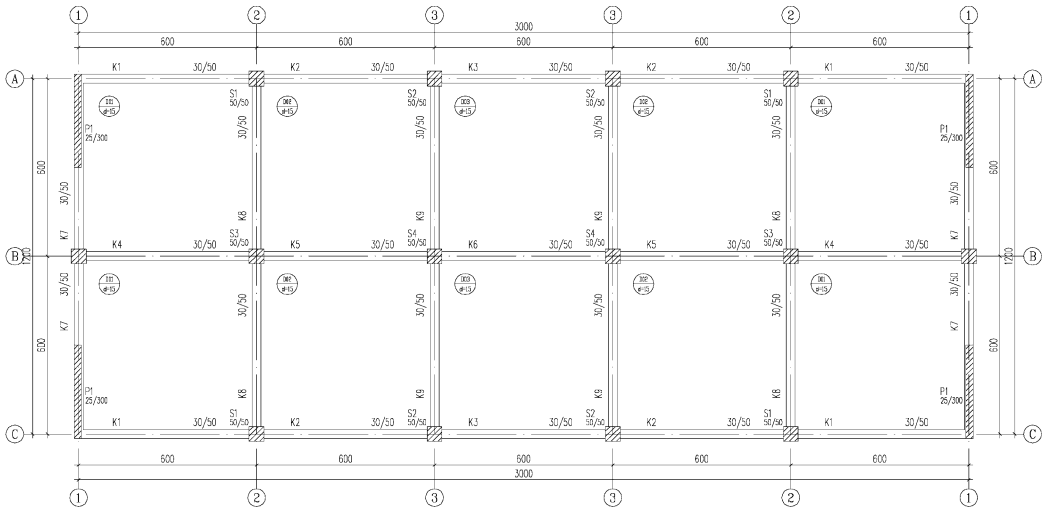
6.1.1 Yapı Özellikleri ve Uygulanan Metot

İlk olarak incelenen örnek plandaki boyutlarının oranları büyük olan dikdörtgen şekilli bir yapı seçilmiştir. Şekil 6.1'de planı verilen Örnek-1 yapısının x yönündeki boyutu 30 m, y yönünde ise 12 m dir. Yapı her iki yönde de 6'şar metrelik akslardan oluşmaktadır. Yapının kısa doğrultudaki iki kenar aksında y yönünde perdeler bulunmaktadır. Yapı kat yükseklikleri 3 m olarak alınmıştır.

Yapıdaki taşıyıcı sistem elemanlarının boyutları Bölüm 5 de anlatılmış olan boyutlama ilkeleri çerçevesinde, yürürlükte olan TS500 ve ABYYHY 'e uygun olarak seçilmiştir. Böylece döşeme kalınlıkları 15 cm, kiriş boyutları da 0.30x0.50 m olarak seçilmiştir. Kolon boyutları kat adedinin değişimine ve yapı ağırlığına göre

her kat sayısı farklı model için 0.40x0.40, 0.50x0.50 ve 0.60x0.60 m olacak şekilde seçilmiştir. Kenar akslarda bulunan perdelerin kalınlığı 0.25 m alınmıştır.

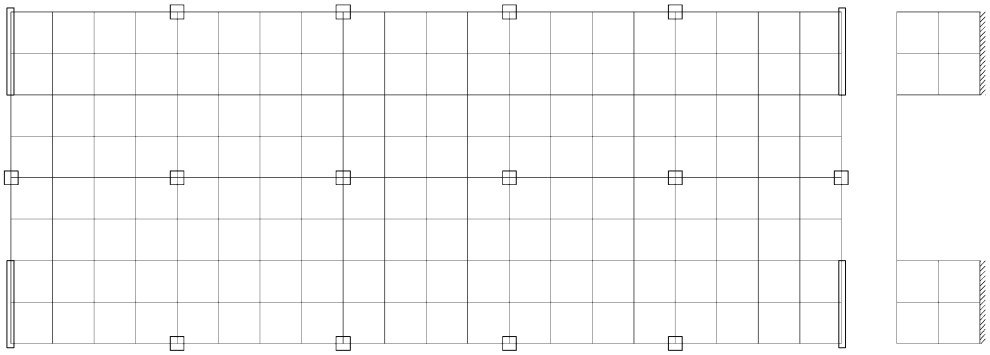
Yapı ağırlıkları hesaplanırken döşeme üzerinde 1.2 kN/m² kaplama bulunduğu ve her kirişin üzerinde yoğunluğu 2.3 kN/m² ve yüksekliği 2.5 m olan ytong duvar bulunduğu varsayılmıştır. Her kat döşemesindeki hareketli yük 3.5 kN/m² olarak alınmıştır.



Şekil 6.1 Örnek-1 döşeme kalıp planı

Hareketli yük azaltma katsayısının n=0.30 olduğu göz önünde bulundurularak, yukarda anlatılan yük kabulleriyle yapının bir katının ağırlığı yaklaşık 4000 kN çıkmaktadır. Yapı kat kütlesi 4000/g = 4000/10 = 400 kNsn²/m olarak alınmıştır

Yapının incelemesi için ilk olarak kolon ve kirişler çerçeve olarak ve perde ve döşemeler de (hem düzlem içi hem de düzlem dışı şekil değiştirme için) kabuk eleman olarak sonlu elemanlara bölünerek modellenmiştir. Döşemelerin ve perdelerin sonlu elemanları 1.5 x 1.5 m olarak seçilmiştir. Kirişler de döşeme ve perdeler ile birlikte çubuk elemanlar bölünerek sonlu eleman olarak tanıtılmıştır. Bu ilk modelde kat kütlelerinin katta bulunan bütün düğüm noktalarına yayıldığı ve döşemelerin kat hizasında Rijit Diyafram olarak çalıştığı varsayılmıştır. İkinci olarak yapıda Rijit Diyafram modellemesi terk edilerek Esnek Döşeme modellemesine göre modal analiz yapılmıştır. Şekil 6.2'de kat döşemesinin ve perdelerin sonlu elemanlar ile temsili 1 katlı model için gösterilmektedir.



Şekil 6.2 Örnek-1 1 katlı model perde ve döşemelerin sonlu elemanlar ile oluşturulması.

Yapının köşe düğümlerinde m, kenar düğümlerinde 2m ve orta düğümlerde 4m kütle olduğu düşünülerek yapı kütlesi aşağıdaki gibi yayılmıştır;

4 adet m kütlesi	4 * m
52 adet 2m kütlesi	104 * m
133 adet 4m kütlesi	532 * m
	$\Sigma M = 640 * m$

$$m = 400 / 640 = 0.625 \text{ kNsn}^2/m$$

Yapının deprem karakteristikleri aşağıdaki gibidir:

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı = R = 7

1. Derece Deprem Bölgesi ($A_o = 0.40$)

Z2 cinsi zemin ($T_A = 0.15$, $T_B = 0.40$)

6.1.2 Örnek-1'de Y Yönü Modal Analiz Sonuçlarının İncelenmesi

Modal Kütle Açısından : Rijit diyafram kabulünde her kat için iki kat ötelemesi ve bir kat dönmesi tarif edilmektedir. Bu yüzden her model için modal kütlenin tamamı kat sayısı * 3 adet mod ile temsil edilebilmektedir. Örnek-1'in Rijit Diyafram olarak incelenmesinde değişen kat adetleri ile kat sayısının 3 katı kadar mod sayısı alınmış ve modal kütle %100 olarak temsil edilmiştir.

Tablo 6.1 Örnek-1 1 ve 9 katlı çözümler yapı periyotları ve modal kütle oranları

MOD	1 KATLI MODEL		MODAL KÜTLE KATILIM ORANI %				9 KATLI MODEL		MODAL KÜTLE KATILIM ORANI %			
	PERİYOT		R.D.		E.D.		PERİYOT		R.D.		E.D.	
	R.D.	E.D.	X	Y	X	Y	R.D.	E.D.	X	Y	X	Y
1	0.2144	0.1992	100.0000	0.0000	99.9996	0.0000	1.3355	1.3356	77.5198	0.0000	77.5184	0.0000
2	0.0545	0.0914	0.0000	100.0000	0.0000	88.2729	0.9801	0.9827	0.0000	69.9179	0.0000	70.0383
3	0.0344	0.0431	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.6863	0.6869	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4		0.0275			0.0000	11.0779	0.4614	0.4616	10.7077	0.0000	10.7086	0.0000
5		0.0266			0.0000	0.0000	0.2612	0.2622	4.5448	0.0000	0.0000	16.1621
6		0.0219			0.0000	0.0000	0.2555	0.2615	0.0000	16.1572	4.5445	0.0000
7		0.0160			0.0000	0.1231	0.1778	0.1782	2.2046	0.0000	2.2050	0.0000
8		0.0154			0.0000	0.0000	0.1696	0.1710	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
9		0.0141			0.0001	0.0000	0.1296	0.1302	1.6635	0.0000	1.6633	0.0000
10		0.0118			0.0000	0.3044	0.1089	0.1274	0.0000	6.4797	0.0000	6.0797
11		0.0116			0.0000	0.0000	0.1014	0.1022	0.8386	0.0000	0.8348	0.0000
12		0.0113			0.0000	0.0000	0.0840	0.0920	1.1277	0.0000	0.0000	2.4438
13		0.0113			0.0000	0.0000	0.0705	0.0848	0.0000	0.0000	1.1320	0.0000
14		0.0110			0.0000	0.0000	0.0675	0.0783	0.6332	0.0000	0.0000	1.3102
15		0.0107			0.0001	0.0000	0.0615	0.0742	0.0000	3.3326	0.0000	0.0000
16		0.0099			0.0000	0.0000	0.0516	0.0703	0.7601	0.0000	0.0000	0.5958
17		0.0097			0.0000	0.0000	0.0409	0.0685	0.0000	1.9372	0.6350	0.0000
18		0.0095			0.0000	0.0000	0.0394	0.0638	0.0000	0.0000	0.0000	0.9526
19		0.0088			0.0000	0.0000	0.0304	0.0559	0.0000	1.1376	0.0000	0.5764
20		0.0088			0.0000	0.0125	0.0262	0.0528	0.0000	0.0000	0.7578	0.0000
21		0.0086			0.0000	0.0000	0.0246	0.0466	0.0000	0.5923	0.0000	0.0000
22		0.0082			0.0000	0.0000	0.0213	0.0460	0.0000	0.2979	0.0000	0.6542
23		0.0081			0.0000	0.1113	0.0195	0.0429	0.0000	0.1477	0.0000	0.0004
24		0.0075			0.0000	0.0000	0.0194	0.0416	0.0000	0.0000	0.0000	0.0214
25		0.0074			0.0000	0.0000	0.0157	0.0369	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
26		0.0072			0.0000	0.0000	0.0136	0.0365	0.0000	0.0000	0.0000	0.1723
27		0.0072			0.0000	0.0000	0.0125	0.0330	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	TOPLAM =		100.0000	100.0000	99.9998	99.9021	**TOPLAM =**		100.0000	100.0000	99.9994	99.0072

Esnek döşeme modeli ile modal kütlenin %100 temsil edilebilmesi için çok daha fazla modun hesaplatılması gerekmektedir. Ancak modal kütlenin %90 ın üzerinde tarif edilmesi yeterli olduğundan bu şartın sağlanabildiği mod sayısı kadar mod hesaplanmalıdır. Genelde esnek Döşemeli modelde modal kütlenin %90 ın üzerinde sağlanabilmesi için Rijit Diyafram modelinden daha fazla mod hesaplanması gerekmektedir. Tablo 6.1'de 1 ve 9 katlı modellerde yapı periyotları ve modal kütle katılım oranları bulunmaktadır.

Tablodan da görülebileceği gibi Esnek Döşeme modellemesi ile modal kütlenin %100 tarif edilebilmesi için çok sayıda modun hesaplanması gerekmektedir. Modal kütlenin %90'ın üzerinde sağlanabilmesi için Rijit Diyafram modelinden daha faza modun hesaplanması gerektiği tablodan görülebilmektedir.

Yapı Periyotları Açısından : Yapı periyotları Tablo 6.1'den de görülebileceği gibi kat adedi sayısı arttıkça Rijit Diyafram ve Esnek Döşeme modelleri için birbirlerine yaklaşmaktadır. Kat sayısı azaldıkça iki modelleme arasında fark artmaktadır. Tablo 6.2'de kat sayılarının değişmesi ile her iki modelleme için ortaya çıkan periyot değerleri gösterilmiştir.

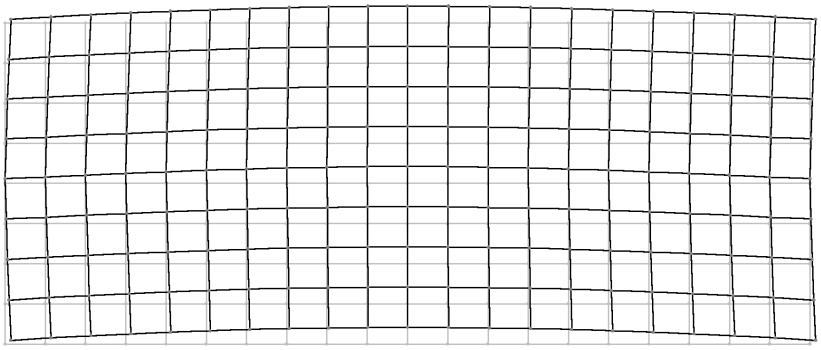
Tablo 6.2 Örnek-1 (1 – 9 kat) yapı periyotları

KAT SAYISI	1. MOD		2. MOD		3. MOD	
	R.D.	E.D.	R.D.	E.D.	R.D.	E.D.
1	0.21438	0.19922	0.05452	0.09143	0.03445	0.04311
2	0.36740	0.36766	0.13128	0.14861	0.11516	0.11582
3	0.54277	0.54294	0.23398	0.24293	0.17024	0.17068
4	0.61332	0.61345	0.33955	0.34460	0.22687	0.22789
5	0.78261	0.78276	0.46599	0.47003	0.31497	0.31576
6	0.95608	0.95621	0.60035	0.60374	0.40946	0.41011
7	1.00593	1.00604	0.69716	0.69951	0.48441	0.48495
8	1.16852	1.16864	0.83600	0.83862	0.58359	0.58418
9	1.33550	1.33563	0.98014	0.98270	0.68635	0.68693

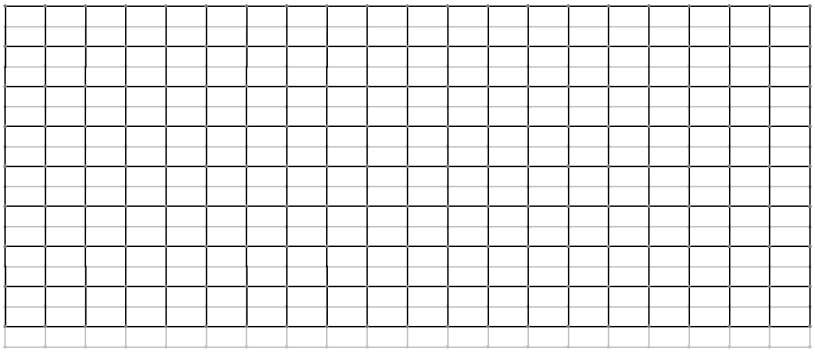
Yerdeğiştirmeler Açısından : Esnek Döşeme modeli ile Rijit Diyafram modeli arasındaki farklar en belirgin olarak tek katlı modelde ortaya çıkmakta, kat sayısı arttıkça bu iki modelin sonuçları birbirine yaklaşmaktadır. Şekil 6.3'de 1 katlı modelin y yönündeki modal analizinde esnek döşeme modeli ile oluşan yerdeğiştirme formu görülmektedir. Görüldüğü gibi kat döşemesinin her noktasında

taşıyıcı elemanların rijitliklerine bağlı olmak üzere yerdeğiştirmeler değişmektedir. Kenar akslarda deprem perdeleri bulunduğundan yerdeğiştirmeler az, iç akslarda ise yer değiştirmeler çoktur.

Şekil 6.4'de 9 katlı modelin Esnek Döşeme modeli ile oluşan şekil değiştirme formu gözükmektedir. Kat sayısının artması ile şekil değiştirme formu artık Rijit Diyafram modeline yaklaşmaktadır.



Şekil 6.3 Esnek döşeme modeli ile oluşturulan 1 katlı binanın y yönü deprem yerdeğiştirme formu

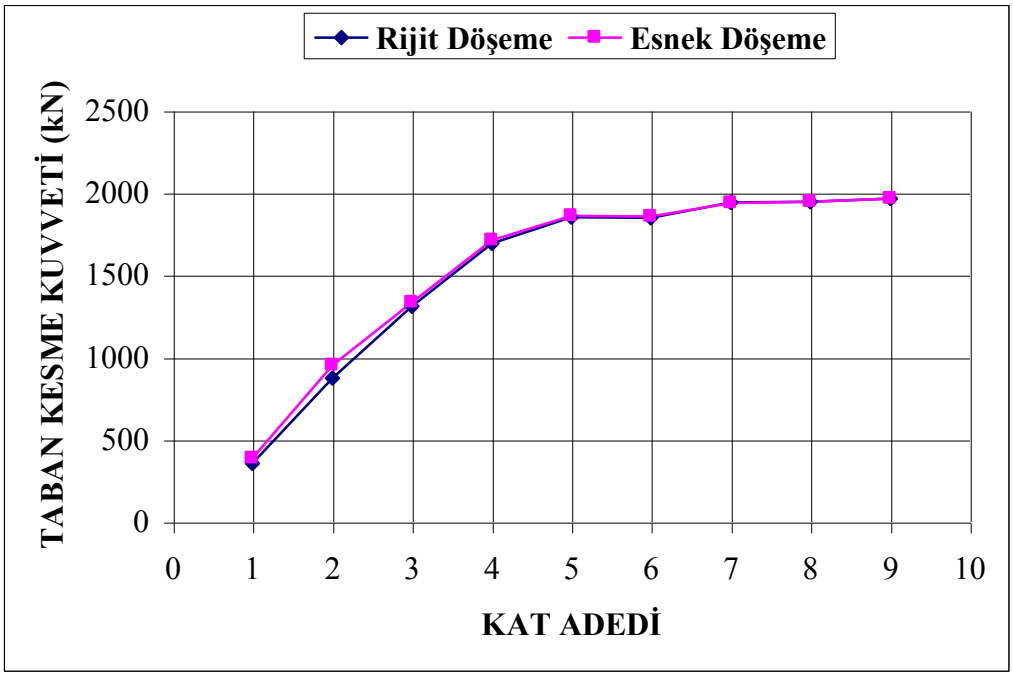


Şekil 6.4 Esnek döşeme modeli ile oluşturulan 9 katlı binanın y yönü deprem yerdeğiştirme formu

Y yönü modal analizle sonucunda 1 katlı binada Rijit Diyafram modelinde y yönündeki yerdeğiştirme kat ötelemesi olarak 6.647 E-5 m olarak bulunmuştur. Esnek döşeme modelinde kenar akslarda yer değiştirme 6.077 E-5 m ve en orta akstaki yer değiştirme 2.773 E-4 m olarak bulunmuştur. Esnek Döşemeli modelde en az yerdeğiştirme kenar akslarda oluşmuş ve kat döşemesi üzerinde bulunan diğer düğüm noktalarında yerdeğiştirmeler Rijit Diyafram modelinin üzerine çıkmıştır. Kat adedi arttıkça iki model arasındaki fark azalmaktadır. Kat sayısının çok olduğu

modellerde iki model arasındaki fark, alt katlarda üst katlara oranla daha çoktur, ancak alt katlardaki değerler de iki model için birbirine çok yakın olmaktadır.

Taban Kesme Kuvveti Açısından : Her iki yöntem sonucunda taban kesme kuvvetleri arasındaki fark kat adedi az olan modellerde artmakta ve iki katlı modellerde en büyük değerine ulaşmaktadır. Kat adedinin artması taban kesme kuvvetlerinin de birbirine yaklaşmasına neden olmaktadır.

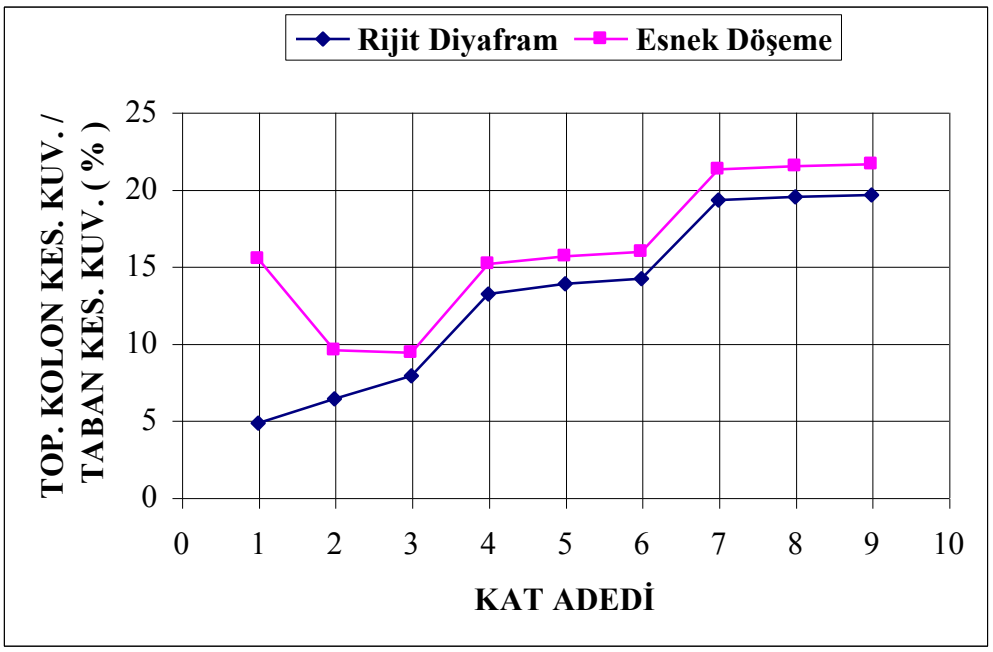


Şekil 6.5 Örnek-1 esnek döşeme ve rijit diyafram modelleri ile bulunan taban kesme kuvvetleri

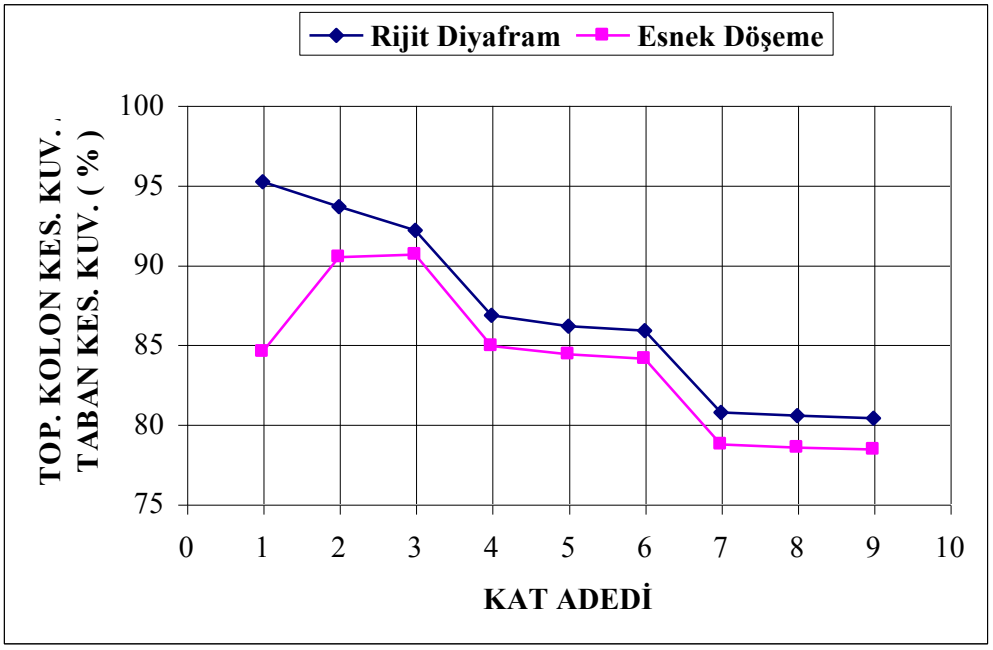
Şekil 6.5'de de görüldüğü gibi taban kesme kuvvetleri kat sayısı arttıkça iki modelde birbirine çok yakın değerler almaktadır.

Kolon ve Perdelerin Taşıdığı Taban Kesme Kuvveti Açısından : Şekil 6.6 ve Şekil 6.7'de kolon ve perdelerin taşıdığı taban kesme kuvvetinin kat adedinin değişmesi ile toplam taban kesme kuvvetine oranları her iki model için de verilmiştir. Grafiklerden de görülebileceği gibi Esnek Döşemeli modelde daima kolonların taşıdığı kesme kuvveti oranı Rijit Diyafram modeline göre yüksek kalmakta, perdelerin taşıdığı kesme kuvveti oranı ise bunun sonucu olarak düşük kalmaktadır. Her iki model arasındaki farklar kat adedinin azalması ile birlikte artmaktadır. Her iki modellemede de kolonların taşıdığı kesme kuvveti oranı kat adedinin artması ile artmakta, perdelerin taşıdığı kesme kuvveti oranı ise düşmektedir. Esnek Döşemeli

modelde 1 ve 2 katlı modellerde kolonların taşıdığı kesme kuvveti oranı kat sayısının azalmasına rağmen artmış ve perdelerin taşıdığı kesme kuvveti oranını düşürmüştür. Bu durum kat sayısı az olan binalarda Esnek Döşeme modelinin etkisinin kolonlara daha fazla yük getirmesi ile özetlenebilir.



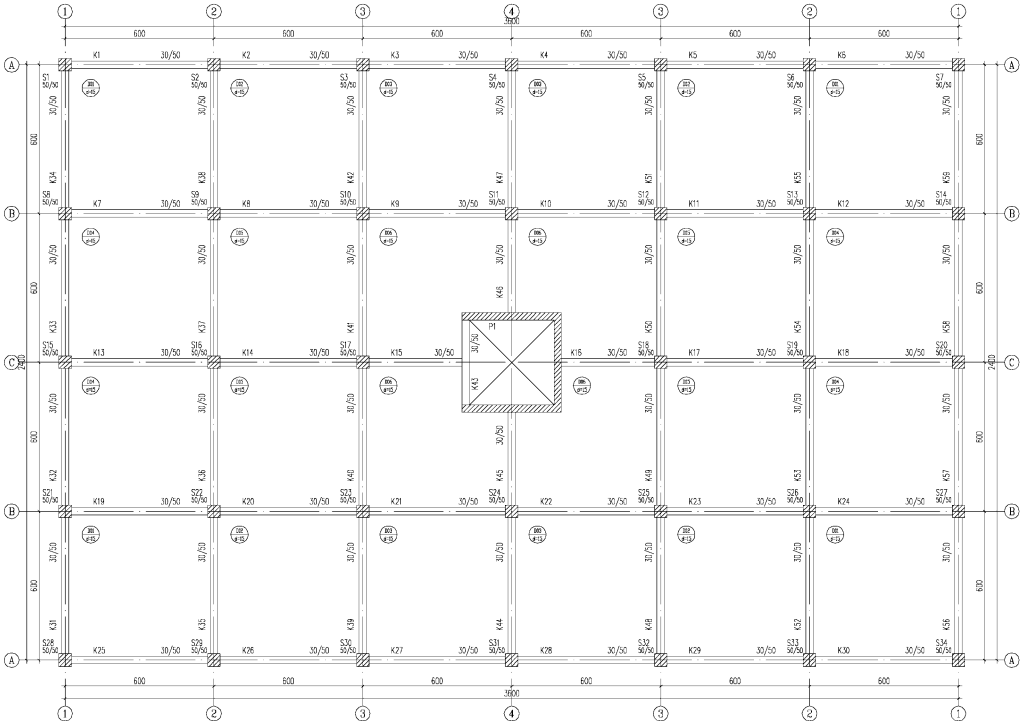
Şekil 6.6 Örnek-1 kolonların taşıdığı taban kesme kuvveti oranı



Şekil 6.7 Örnek-1 perdelerin taşıdığı taban kesme kuvveti oranı

6.2 Örnek-2'nin İncelenmesi

6.2.1 Yapı Özellikleri

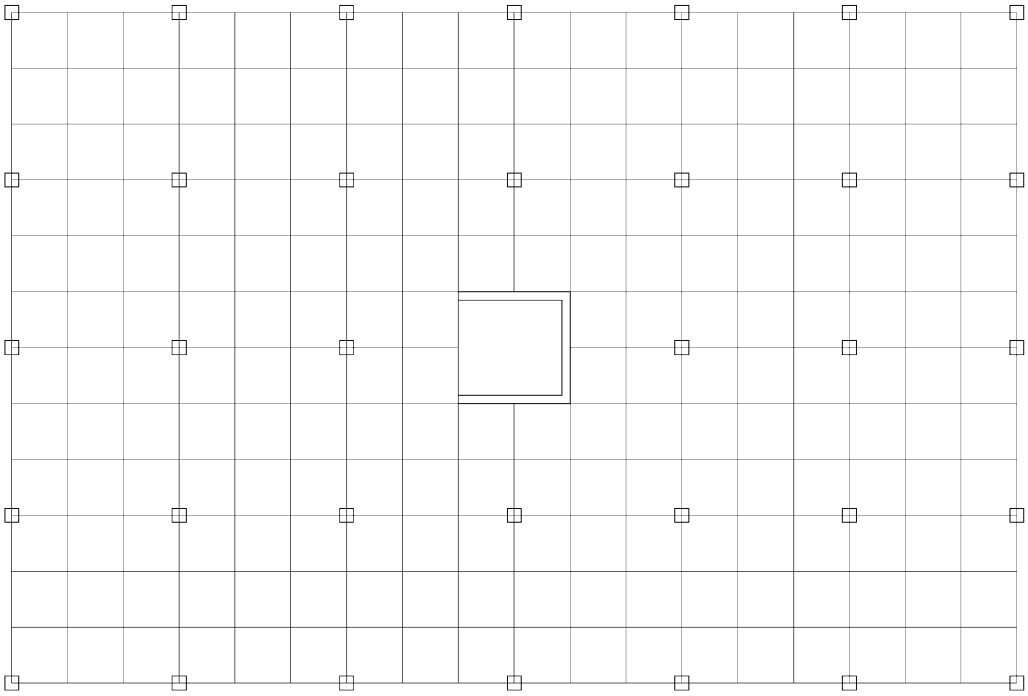


Şekil 6.8 Örnek-2 döşeme kalıp planı

Şekil 6.8'de döşeme kalıp planı gösterilen Örnek-2 binasının yük analizleri aynı Örnek-1 de olduğu gibi alınmıştır. Yapı 6 şar metrelik yatayda 6 aks, düşeyde ise 4 akstan oluşmaktadır. Yapı içersindeki kiriş boyutları 0.30 x 0.50 m olarak alınmıştır. Kolon boyutları kat adetlerinin değişmesi ile aynı Örnek-1 de olduğu gibi 0.40 x 0.40, 0.50 x 0.50 ve 0.60 x 0.60 m olarak değişmektedir. Döşeme kalınlığı minimum döşeme kalınlığını sağlayacak şekilde 0.15 m seçilmiştir. Yapıda 0.30 m kalınlığında olan çekirdek perde bulunmaktadır.

Yapı kat ağırlığı yük analizleri aynı Örnek-1 de olduğu gibi kullanılarak yaklaşık olarak W = 10000 kN bulunmuştur.

Yapı Şekil 6.9'da gösterildiği gibi, döşemeler ve perdeler kabuk elemanlarla kirişler ve kolonlar da çubuk elemanlarla tarif edilerek sonlu elemanlara bölünmüştür. Döşemelerde 2.0 x 2.0 m, perde ler ise 2.0 x 1.5 m sonlu elemanlar ile tarif edilmiştir.



Şekil 6.9 Örnek 2 döşeme sonlu elemanlar modeli

6.2.2 Örnek-2'de Modal Analiz Sonuçlarının İncelenmesi

Modal Kütle Açısından : Örnek–1 de bulunan sonuçlara paralel olarak modal kütle, Rijit Diyafram kabulü yapılmış olan modellerde kat sayısının 3 katı kadar mod sayısı ile % 100 olarak tarif edilebilmektedir. Esnek döşeme modelinde ise % 100 tarif için çok daha fazla sayıda moda ihtiyaç bulunmaktadır. Kat sayısının 3 katı kadar mod sayısının Esnek Döşemeli modellerde de kullanılması modal kütlenin % 90'ın üzerinde tarifine yeterli olmaktadır.

Yapı Periyotları Açısından : Örnek-1 de bahsedildiği gibi bu örnekte de yapının ilk periyotları az katlı modellerde iki döşeme modellemesi için birbirinden uzaklaşmakta, kat sayısı çoğaldıkça ise yapının birbirine yaklaşmaktadır.

Tablo 6.3'de Örnek-2'nin kat adedinin değişmesi ile iki modelleme için oluşan ilk üç periyot gösterilmiştir. Az katlı modellerde periyot değerleri birbirinden uzaklaşmaya başlasa da değer olarak birbirlerinden çok da fazla farklı değillerdir.

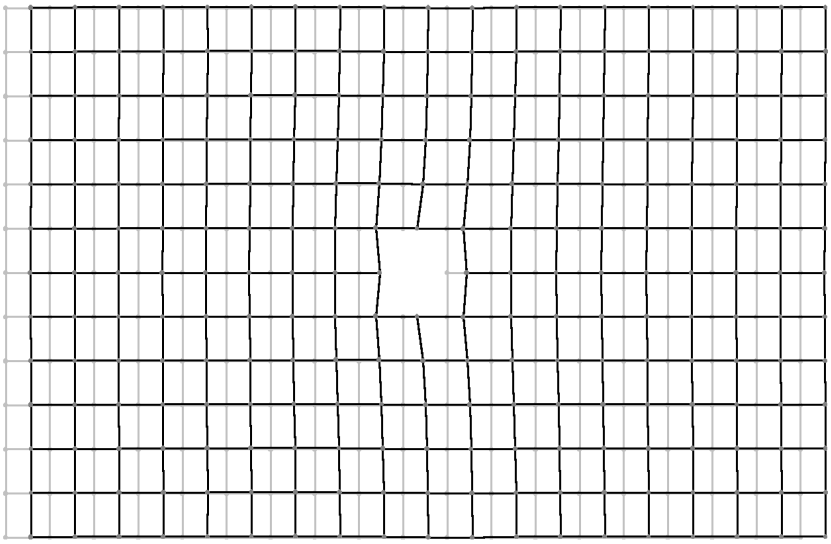
Hem Örnek-1 hem de Örnek-2 de yapı periyotlarının modal kütleye olan katkıları ilk periyotlarda daha fazla olmaktadır.

Tablo 6.3 Örnek-2 (1 - 9 kat) yapı periyotları

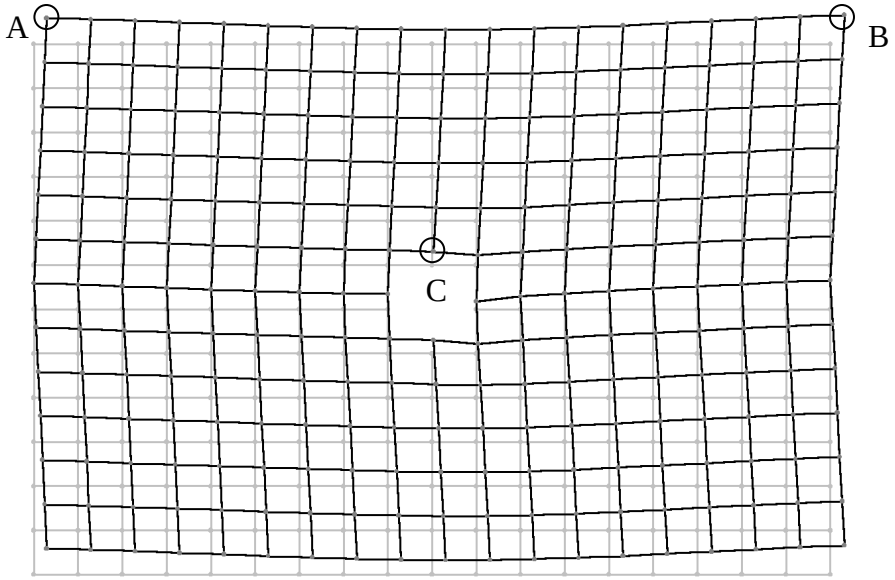
KAT SAYISI	1. MOD		2. MOD		3. MOD	
	R.D.	E.D.	R.D.	E.D.	R.D.	E.D.
1	0.18783	0.19402	0.08923	0.11288	0.07271	0.08882
2	0.34928	0.35289	0.16362	0.17887	0.15052	0.15867
3	0.51678	0.52058	0.25486	0.26391	0.25362	0.25955
4	0.57934	0.58065	0.36447	0.36732	0.34502	0.35154
5	0.74325	0.74498	0.49887	0.50173	0.46100	0.46647
6	0.91149	0.91328	0.64343	0.64633	0.58825	0.59320
7	0.95199	0.95269	0.74774	0.74992	0.68867	0.69250
8	1.10995	1.11095	0.89779	0.90063	0.82603	0.83032
9	1.27251	1.27364	1.05344	1.05649	0.97009	0.97462

Yerdeğiştirmeler Açısından : Şekil 6.10 ve Şekil 6.11'de Esnek Döşeme kabulü ile hesaplanmış 1katlı modele ait X ve Y yönü modal analizlere ait yerdeğiştirme formları görülmektedir. Yapının daha rijit olduğu x yönünde yerdeğiştirme formu Rijit Diyafram modelinkine daha yakın olmaktadır. Yerdeğiştirmeler her iki modelde de çekirdek perdeye yakın yerlerde daha az, bu çekirdekten uzaklaştıkça daha çok olmaktadır.

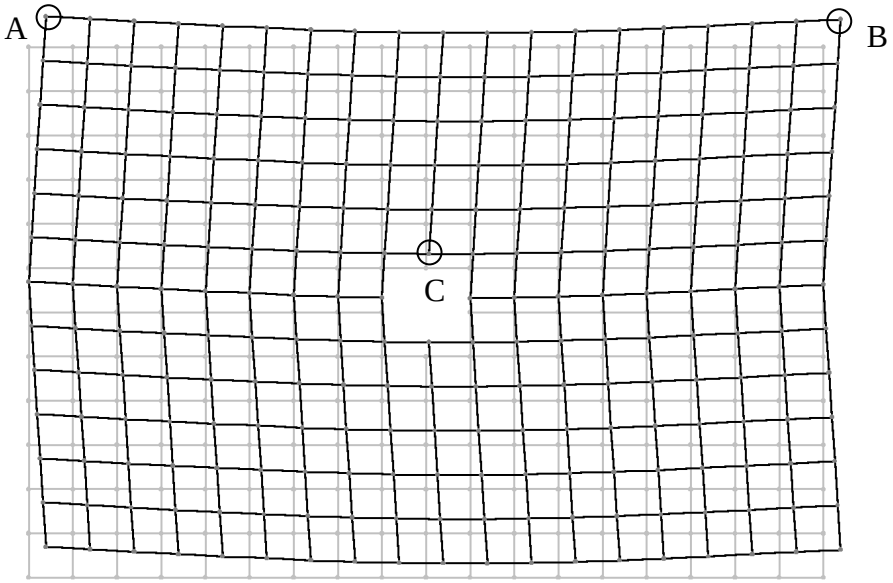
Kat sayısının arması ile iki model birbirine yaklaşmakta ve Esnek Döşeme modelinin şekil değiştirme formu Rijit diyafram modelininkine yaklaşmaktadır.



Şekil 6.10 Esnek döşeme 1 katlı model x yönü yerdeğiştirme formu



Şekil 6.11 Esnek döşeme 1 katlı model y yönü yerdeğiştirme formu



Şekil 6.12 Rijit diyafram 1 katlı model y yönü yerdeğiştirme formu

Şekil 6.12'de Rijit Diyafram modeli ile çözülmüş 1 katlı yapıya ait yerdeğiştirme değiştirme formu görülmektedir. Her iki model için y yönü yerdeğiştirmeleri birbirine yakın gözükmektedir. Bazı özel noktalar için Y yönü yerdeğiştirme değerleri aşağıda verilmiştir.

A noktasında E.D. modeli için 5.923 E-4 m

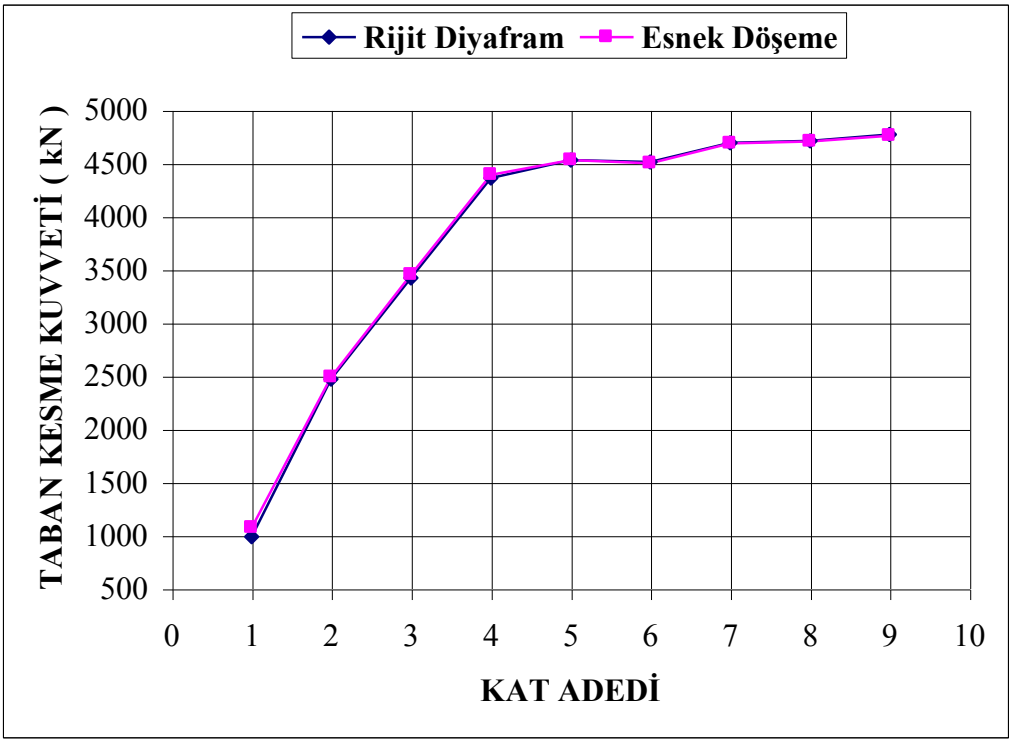
R.D. modeli için 4.637 E-4 m

B noktasında	E.D. modeli için	6.607 E-4 m
	R.D. modeli için	4.228 E-4 m
C noktasında	E.D. modeli için	3.044 E-4 m
	R.D. modeli için	2.163 E-4 m

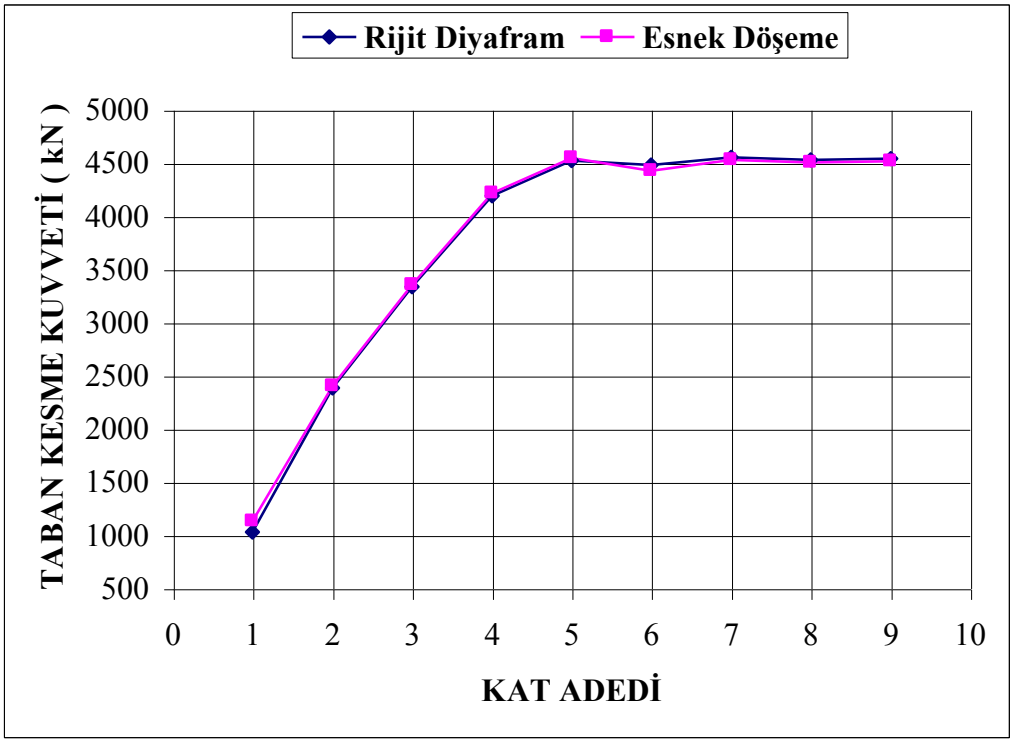
Görüldüğü gibi Esnek Döşeme modelinden elde edilen bütün yerdeğiştirme değerleri Rijit Diyafram modelinden elde edilenlerden büyük kalmaktadır.

Taban Kesme Kuvveti Açısından : Şekil 6.13 ve Şekil 6.14'de X ve Y yönlerinde her iki model için kat adedinin değişmesi ile oluşan taban kesme kuvveti değerleri grafik olarak verilmiştir. Grafiklerden de görülebileceği gibi her iki modele ait taban kesme kuvveti değerleri birbiri ile neredeyse üst üste düşmektedir. İki modele ait eğriler sadece tek katlı modellerde çok ufakta olsa birbirinden sapma göstermektedir.

Her iki modelde de kat adedinin artması ile yapı periyotları çoğalmakta ve taban kesme kuvvetinin artışı yavaşlamaktadır.



Şekil 6.13 Örnek-2 x yönü esnek döşeme ve rijit diyafram modelleri ile bulunan taban kesme kuvvetleri



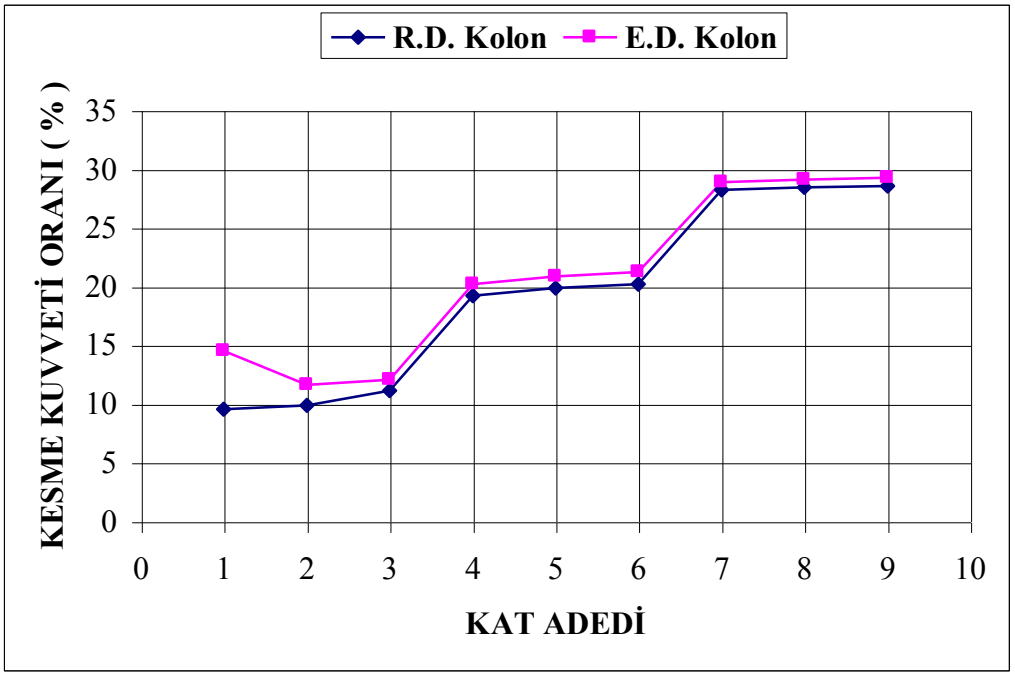
Şekil 6.14 Örnek-2 y yönü esnek döşeme ve rijit diyafram modelleri ile bulunan taban kesme kuvvetleri

Kolon ve Perdelerin Taşıdığı Taban Kesme Kuvveti Açısından : Kolonların ve perdelerin tabanda taşıdığı kesme kuvvetlerinin toplam taban kesme kuvvetine oranları Örnek-1 de bulunan sonuçlarla aynı paralelliktedir.

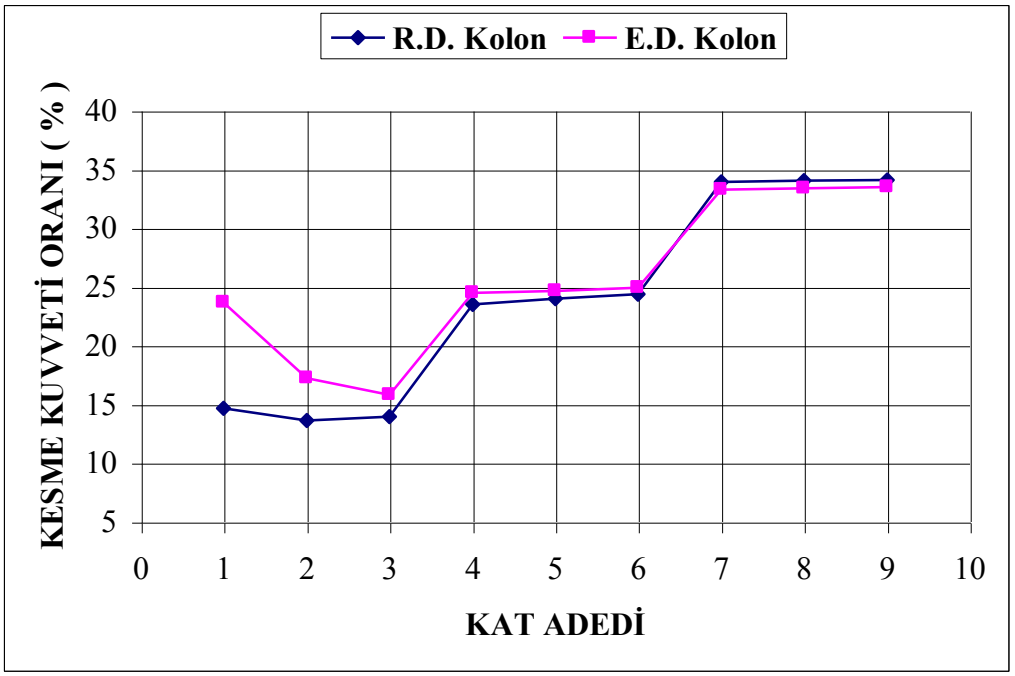
Kolonların taşıdığı taban kesme kuvveti kat adedinin çoğalması ve kolon boyutlarının büyümesi ile birlikte artmaktadır. Perdeler ise kolonların rijitliklerinin artması ile birlikte taşıdıkları taban kesme kuvveti kat adedinin çoğalması ile azalmaktadır.

Şekil 6.15 ve Şekil 6.16'da kolonların Şekil 6.17 ve Şekil 6.18'de de perdelerin, X ve Y yönlerinde kat adedinin değişmesi ile taşıdıkları taban kesme kuvveti oranları grafik olarak verilmiştir.

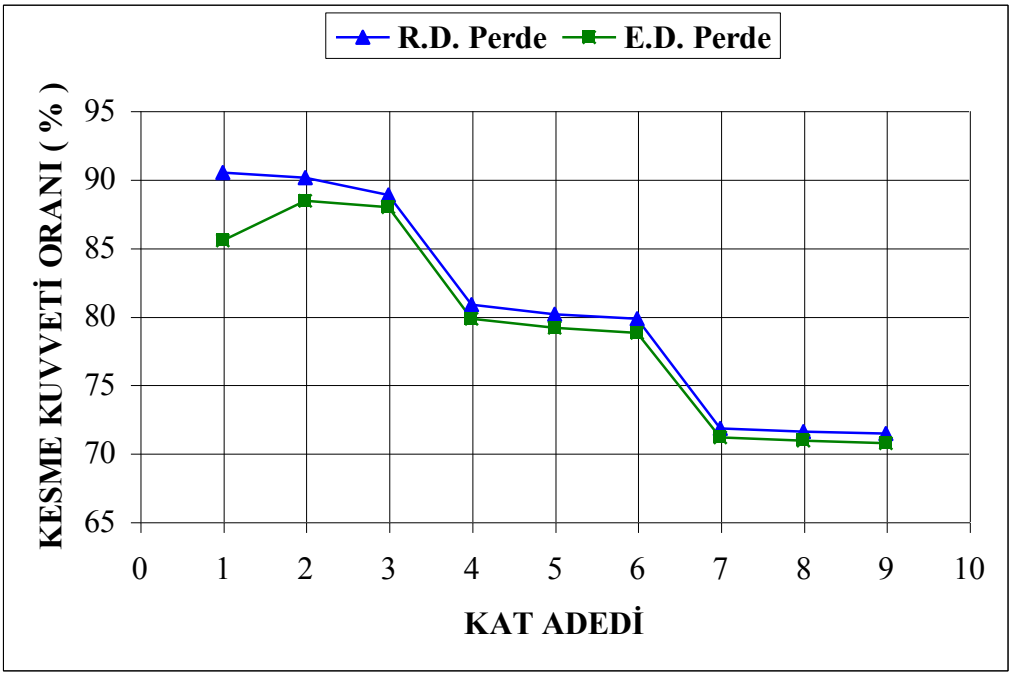
Esnek Döşeme modelinin en fazla etkin olduğu az katlı modellerde kolonların taşıdığı taban kesme kuvvetlerinin arttığı, perdelerin taşıdığı taban kesme kuvvetinin ise azaldığı görülmektedir.



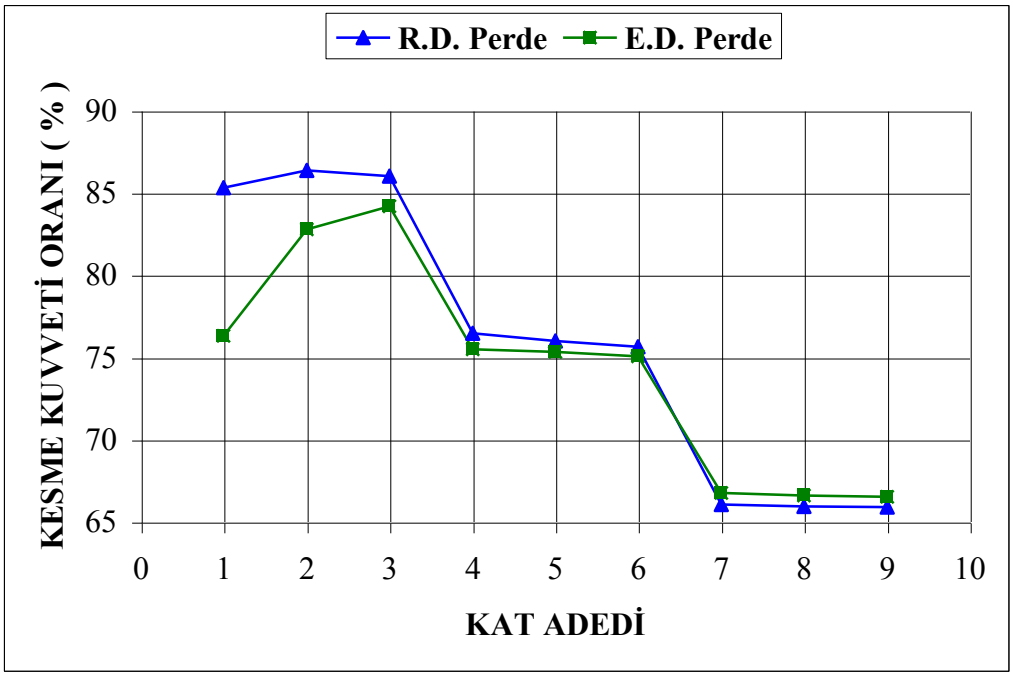
Şekil 6.15 X yönünde kolonların taşıdığı taban kesme kuvvetinin toplam taban kesme kuvvetine oranı



Şekil 6.16 Y yönünde kolonların taşıdığı taban kesme kuvvetinin toplam taban kesme kuvvetine oranı



Şekil 6.17 X yönünde perdelerin taşıdığı taban kesme kuvvetinin toplam taban kesme kuvvetine oranı



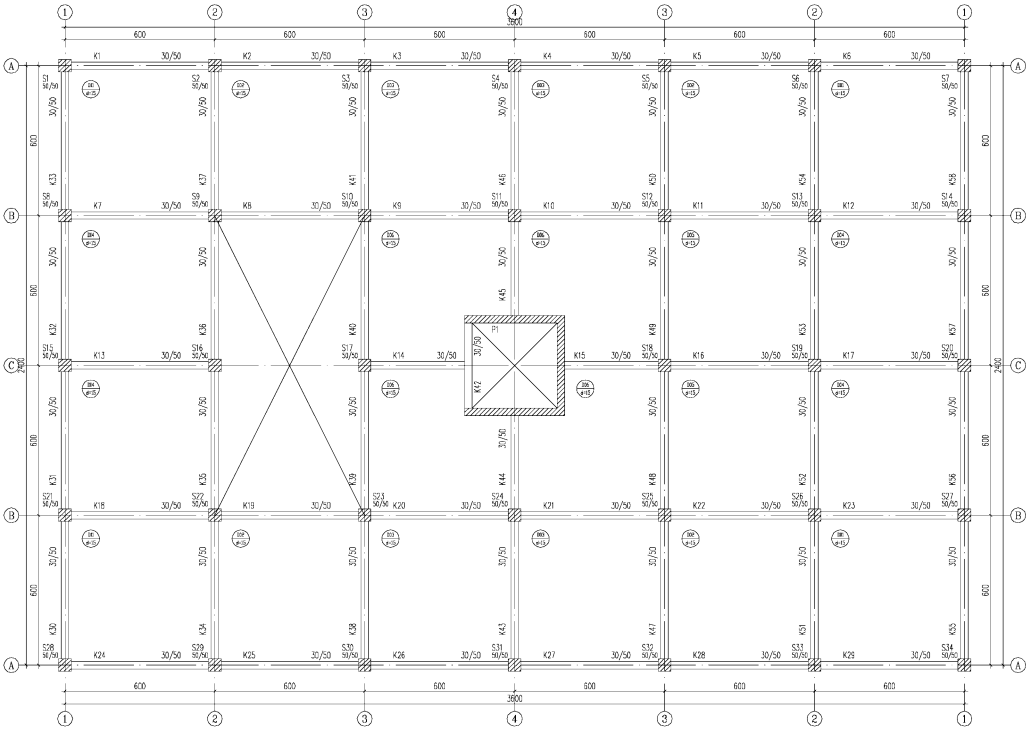
Şekil 6.18 Y yönünde perdelerin taşıdığı taban kesme kuvvetinin toplam taban kesme kuvvetine oranı

Şekil 6.15, Şekil 6.16, Şekil 6.17 ve Şekil 6.18'de de görülebileceği gibi esnek Döşemeli modelde kolonların taşıdığı taban kesme kuvveti Rijit diyafram Modeline göre daha fazla olmaktadır. Yalnızca 7, 8, 9 katlı modellerde Y yönü deprem analizinde kolonların taşıdığı taban kesme kuvveti değeri Rijit Diyafram modelinin altına düşmüştür.

Bunların sonucu olarak perdeler de Esnek Döşemeli modelde daha az taban kesme kuvveti oluşur. Yapının Y yönünde 7, 8, 9 katlı modellerde kolon taban kesme kuvvetlerinin Rijit diyafram modelinin altına düşmesi nedeni ile perdeler, Rijit Diyafram modelden daha fazla taban kesme kuvveti taşırlar.

6.3 A2 Türü Düzensizliğini Oluşturan Büyük Döşeme Boşluklarının Örnekler Üzerine İncelenmesi

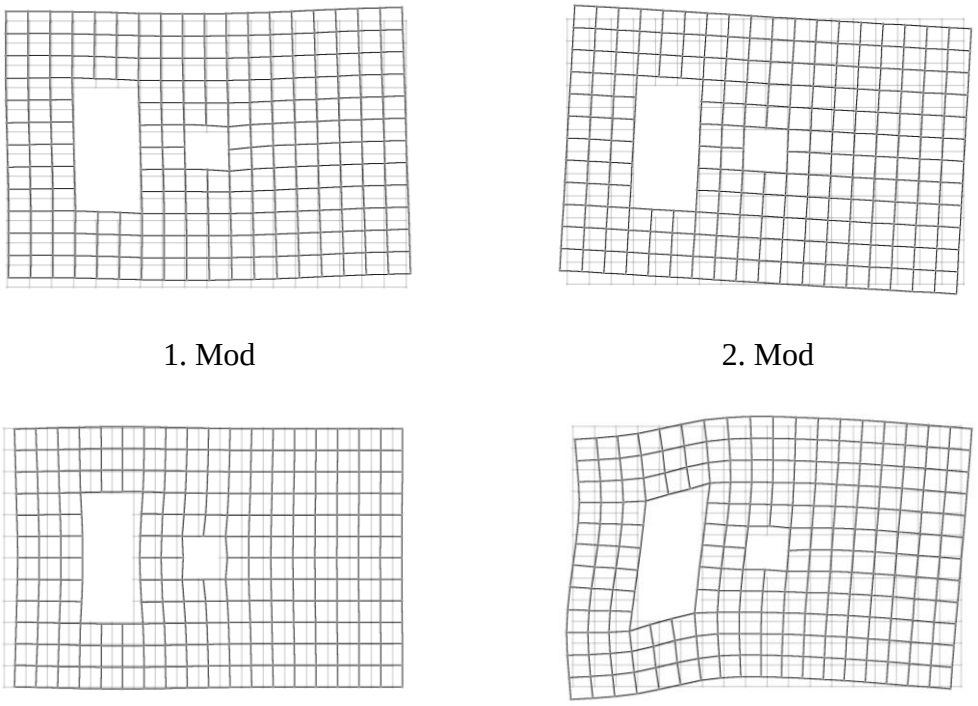
Örnek-2 de incelenen model içersinde büyük bir döşeme boşluğu oluşturularak Örnek-3 binası incelenmiştir. Şekil 6.19'da içersinde büyük döşeme boşluğu bulunan Örnek-3'e ait döşeme kalıp planı görülmektedir.



Şekil 6.15 Örnek-3 döşeme kalıp planı

Büyük döşeme boşlukları bulunan yapılarda, döşeme boşluklarının modal analizlere etkisi daha çok kat sayısı az olan binalarda oluşmaktadır. Kat sayısının artması ile

birlikte döşeme boşluklarının etkisini gösteren modlar büyük numaralara doğru kaymakta ve modal kütleye katkıları azalmaktadır. Rijit Diyafram kabulü ile yapılan modellerde ise döşeme boşluklarının oluşturduğu etkiler hiçbir mod şeklinde görülmemektedir.



1. Mod 2. Mod

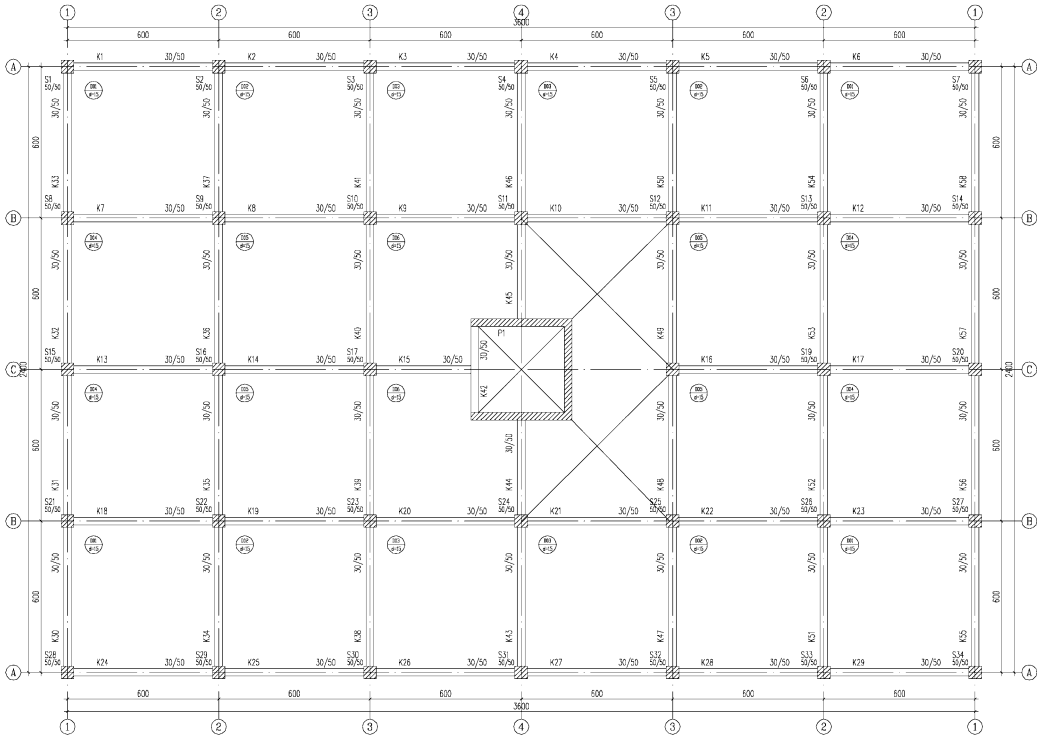
3. Mod 4. Mod

Şekil 6.20 Örnek-3 1 katlı modele ait ilk dört mod şekli

Şekil 6.20'de 1 katlı modele ait ilk dört mod şekli görülmektedir. Özelikle 4. mod şekli döşem boşluğunun etkisini çok iyi göstermektedir. Bu modun modal kütleyi temsil etmesi % 4.915 olmaktadır. İlk üç modun katkısı bu mod yanında daha büyüktür. Az katlı modellerde döşeme boşluğunun yarattığı etkiyi gösteren modların etkileri ilk üç mod şeklinden oldukça küçük olmaktadır. Ancak çok katlı modellerde döşeme boşluklarının etkilerini gösteren modların etkileri çok daha küçük mertebelerde kalmaktadır.

Örnek-1 ve Örnek-2 de olduğu gibi bu örnekte de katsayısı arttıkça Esnek Döşeme ve Rijit Diyafram modellerinin çözümleri birbirine yaklaşmaktadır.

Şekil 6.21'de döşeme kalıp planı verilen Örnek-4'de döşeme boşluğu çekirdek perdenin hemen yanında oluşturulmuştur. Döşeme boşluğu çekirdek perdenin binanın bir kısmı ile olan bağlantısını hem X hem de Y yönünde koparmıştır.



Şekil 6.21 Örnek-4 döşeme kalıp planı

Deprem etkilerini karşılayan perde elemanların sistemle bağlantısını sağlayan döşeme elemanların koparılarak döşeme boşluklarının oluşturulması sistemi bir önceki örnekten daha fazla etkilemektedir. Gelen deprem tesirlerinin düşey elemanlar tarafından sağlıklı bir şekilde karşılanabilmesi ancak döşemelerin diyafram özelliklerini iyi sağlayabilmeleri ile gerçekleşir. Döşemeleri içinde bulunan büyük boşluklar düşey elemanların döşemelerin bu diyafram özelliğinden yararlanmalarını engeller. Bu yüzden kat döşemeleri içersinde oluşturulacak olan boşlukların özellikle perde elemanların yanında oluşturulmasından kaçınılmalıdır.

Büyük döşeme boşluklarının taşıyıcı sisteme etkisi kat adedinin artması buna bağlı olarak düşe taşıyıcılar arasındaki bağlantıların artması ile azalmaya başlar. Özellikle Esnek Döşemeli modellenmiş olan az katlı modellerde bu döşeme boşluklarının da sisteme ilave edilmesi, böyle özel yapıların Esnek Döşeme modeli ile deprem analizlerinin yapılmasını önemli kılar.

Bu tür döşem içinde büyük boşluklar bulunan yapılarda her türlü taşıyıcı elemanın kapasite kontrolleri ve donatı detaylandırılmaları Rijit Diyafram modeli ile yapılmış olan çözümlerle yapılması sakıncalı sonuçlar doğurabilir. Esnek Döşemeli modeller taşıyıcı sistem elemanları arasındaki deprem etkilerinin dağılımını gerçeğe en yakın olarak verir. Rijit Diyafram modelinde azaltılan serbestlik dereceleri nedeniyle bu

tür yapılarda deprem etkilerinin dağılımı özellikle de az katlı yapılarda çok farklı olabilir.

Örnek-1 ve Örnek-2 de anlatıldığı gibi Esnek Döşemeli modellerin sonuçları kat sayısı arttıkça iç tesirlerin dağılımı, taban kesme kuvvetlerinin oluşumu gibi durumlarda Rijit Diyaframlı modellere oldukça yakın sonuçlar elde edilmektedir. Ancak yapılarda büyük döşeme boşlukları gibi düzensizliklerin de bulunması iki model arasındaki farkların kat sayısı artsa da belirgin olarak ortaya çıkmasına neden olabilir.

İncelenen Örnek-4 de ait 5 katlı modelde oluşan taban kesme kuvvetleri aşagıda verilmiştir:

X yönünde	E.D. modeli için	4368.461 kN
	R.D. modeli için	4359.377 kN
Y yönünde	E.D. modeli için	3843.266 kN
	R.D. modeli için	4418.589 kN

Görüldüğü gibi binanın güçlü olduğu yön olan X doğrultusunda taban kesme kuvvetleri her döşeme modeli için yakın değerler alırken Y doğrultusunda taban kesme kuvvetleri farklı olmaktadır. Değişimin daha iyi görülebilmesi için Örnek-2 nin 5 katlı modeline ait taban kesme kuvvetleri de aşağıda verilmiştir:

X yönünde	E.D. modeli için	4529.948 kN
	R.D. modeli için	4527.961 kN
Y yönünde	E.D. modeli için	4546.307 kN
	R.D. modeli için	4521.718 kN

Örnek-2 için verilen değerlerde her iki yönde de taban kesme kuvvetlerinin yakınlığı iki modelinde bu kat adedi için yeterli yakınsaklıkta değerler verdiğini gösterir.

Taban kesme kuvvetlerinde olduğu gibi kolonların taşıdığı taban kesme kuvveti oranlarında da aynı durum söz konusudur.

Örnek-4 5katlı model için kolonların taşıdığı taban kesme kuvveti oranı:

X yönünde	E.D. modeli için	% 23.2
	R.D. modeli için	% 19.9
Y yönünde	E.D. modeli için	% 38.7
	R.D. modeli için	% 24

Örnek-2 5katlı model için kolonların taşıdığı taban kesme kuvveti oranı:

X yönünde	E.D. modeli için	% 20
	R.D. modeli için	% 19.9
Y yönünde	E.D. modeli için	% 24.7
	R.D. modeli için	% 24

Görüldüğü gibi taban kesme kuvvetinin kolonlar tarafından taşınan bölümü her iki örnekte de Rijit Diyaframlı modelde aynı oranlarda olmaktadır. Ancak Esnek Döşemeli modellerde bu oranlar değişmiş ve büyük döşeme boşluğu bulunan Örnek-4 de oranlar artmıştır. Bu oranların değişimi en fazla yine az katlı olan binalarda ortaya çıkmaktadır.

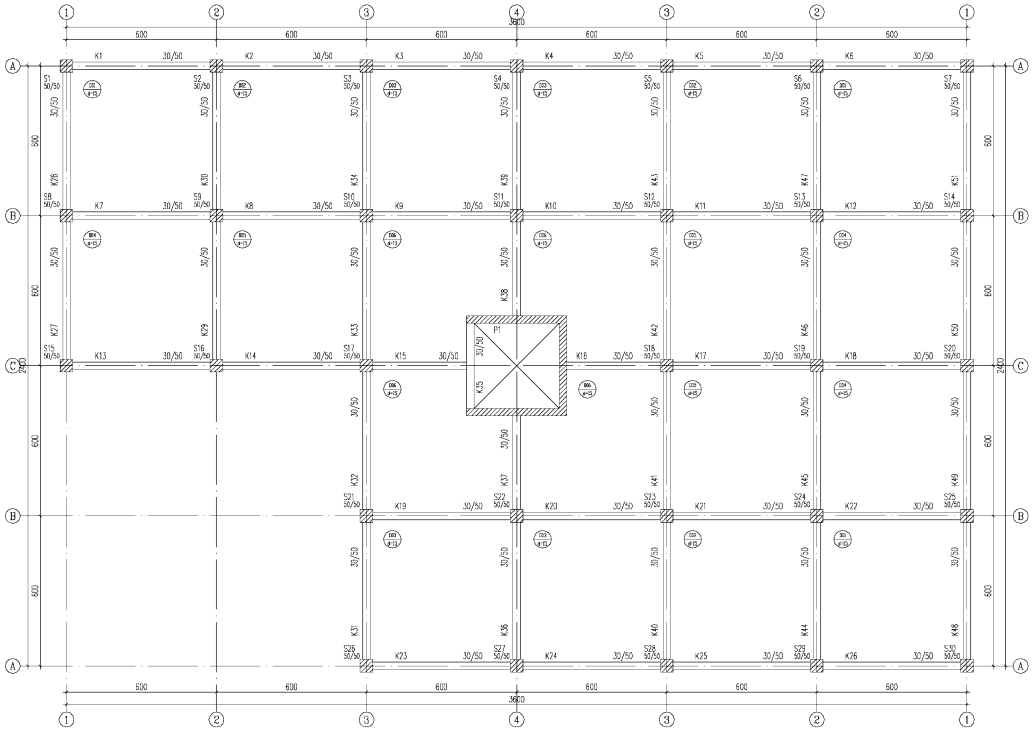
6.4 Yapılarda A3 Türü Düzensizliği Oluşturan Yapısal Çıkıntılar Bulunmasının İncelenmesi

Yapılarda çıkıntılar bulunması durumu da döşeme içinde boşlukların bulunması durumu gibi Esnek Döşeme ile Rijit Diyafram modelleri arasındaki farkı gösteren bir durumdur. Özellikle çıkıntı boyutlarının büyük olması ve iki yapı kütlesi arasındaki bağlantıların zayıf boyutlandırılması yapıların deprem etkilerini beraberce karşılamalarını zora sokan bir durumdur. Bu tür yapılarda diyafram özelliği gösteren döşemelerin deprem etkilerini sağlıklı bir şekilde düşey taşıyıcı elemanlara aktarabildiği gösterilmelidir.

Böyle durumlarla karşı karşıya kalan yapılarda ya her iki yapının birbirinden derz ile ayrılması sağlanmalı yada her iki yapının birbiri ile bağlantısını sağlayan elemanlara özen gösterilmelidir.

Döşemelerde boşlukların bulunması durumu gibi bu durum da yapılarda ABYYHY de belirtilen burulma düzensizliklerini arttıran etkiler yaratabilir. Hatta döşeme

boşluklarının veya yapı çıkıntılarının sadece yapının birkaç katında bulunması katlar arası rijitlik düzensizliği katsayısını da arttırıcı etki yaratabilir.

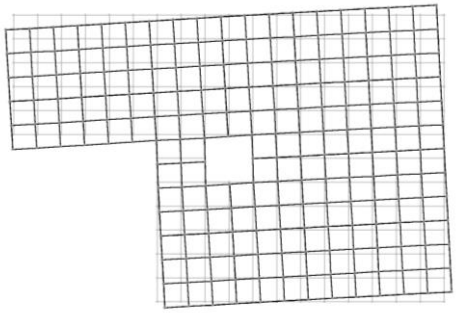


Şekil 6.22 Örnek-5 döşeme kalıp planı

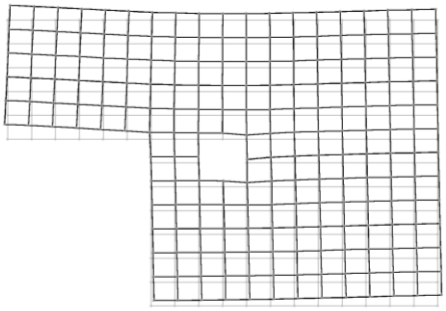
Şekil 6.22'de yapısal çıkıntıları oluşturmak için oluşturulmuş olan Örnek-5 binasının döşeme kalıp planı görülmektedir. Yapı Esnek ve Rijit Diyafram modelleri ile incelenmiştir.

Aynı diğer örneklerde olduğu gibi Esnek Döşeme modeli yapılan incelemelerde yapısal çıkıntıların etkilerine az katlı modellerde daha çok rastlanmaktadır. Katsayısının artması ile birlikte diğer örneklerde de olduğu gibi yapının bağlantı sayısı arttığından çıkıntının yaratmış olduğu etkiler azalmaktadır.

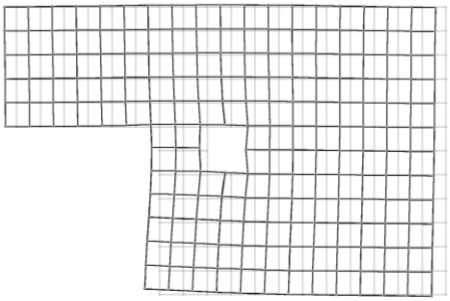
Şekil 6.23'de 1 katlı Esnek Döşemeli modele ait ilk dört mod şekli görülmektedir. Rijit Döşemeli modelde aynı kat sayısı için 3 mod bulunmaktadır. Bunlar X, Y kat ötelenmeleri ve Z ekseni etrafında kat dönmesini temsil etmektedir. Şekil 6.23'de de görülebileceği gibi Esnek Döşemeli modelde ilk modlarda dahi iki yapı parçasının ayrı hareketleri bulunmaktadır.



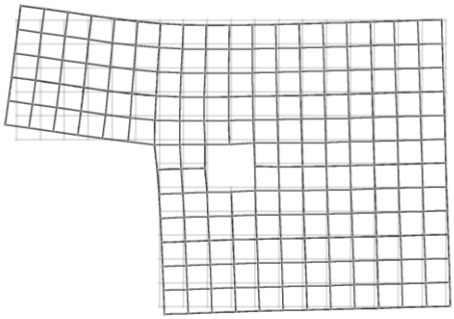
1. Mod



2. Mod



3. Mod



4. Mod

Şekil 6.23 Örnek-5 1 katlı modele ait ilk dört mod şekli

Yapı sistemlerini oluşturan iki veya daha fazla sayıda birbirlerine çeşitli bağlantılarla bağlı yapıların deprem analizleri çok büyük titizliklerle yapılmalıdır. Bu tür yapıların deprem analizlerinin Esnek Döşeme modeli ile yapılması, deprem etkilerinin dağılımının gerçeğe en yakın olacak şekilde göz önüne alınmasını sağlayacaktır.

ABYYHY de hem döşeme içinde büyük boşlukların bulunması hem de yapısal çıkıntı boyutlarının büyük olması durumları ile ilgili bazı şartlar belirtilmiştir. Bu şartların sağlanamadığı durumlarda yapıların boyutlandırılabilmesi için döşemelerin Rijit Diyafram olarak çalıştığı kabulün terk edilip, Esnek Döşeme modellemesinin kullanılması en doğru olan sonuçları verecektir. Ayrıca Esnek Döşeme modellemesi ile yapı kütlesinin kat içersinde dağılımının sağlanması ve böylece kat kütlesinin sadece bir noktada toplanmaması gerçek sonuçlara ulaşmak açısından önemlidir. Gelişen bilgisayar teknolojisi ve yazılan bilgisayar programları artık günümüzde çok serbestlik dereceli sistemlerin dahi kolayca çözümünü sağlayabilmektedir. Böylece artık yapılarda Esnek Döşeme modeli ile çok serbestlik dereceli sistemlerin de çözümü kolaylaşmıştır.

7. SONUÇLAR

ABYYHY'de betonarme yapıların deprem analizlerinin yapılması, boyutlandırılması, detaylandırılması ilgili bir çok kısıtlama bulunmaktadır. Yapıların üzerindeki yük etkilerinin, zemin ve deprem karakteristikleri ile taşıyıcı sistemin modelinin gerçeğe en yakın olacak şekilde belirlenmesi ile, boyutlandırma ve detaylandırma için en doğru değerlerin elde edileceği açıktır.

Döşeme türlerinin değişmesi, taşıyıcı sistemin deprem karakteristiklerini değiştiren özellikler gösterebilir. Daha avan proje aşamasında yapının süneklik düzeyi, hangi sınırlar arasında kaldığı ve ne gibi tedbirler alınması gerektiği taşıyıcı sistem içersindeki döşemelerin türleri ile belli olabilmektedir. Bu da yapının maliyeti ve hangi tasarruflarla ne kadar ekonomik durumların yaratılabileceği konusunda ipuçları verebilir. Örneğin, süneklik düzeyi ancak karma olabilen, deprem etkilerini büyük oranlarda taşıyan perdeleri bulunan kirişsiz döşemeli sistemler yerine, daha ekonomik olan süneklik düzeyi yüksek ve perde oranı kirişsiz döşemedeki kadar fazla olmayan kirişli döşemeli sistemler kullanılabilir. Döşeme sistemlerinin değişmesi ile yapının deprem etkilerine karşı rijitliğinin de değiştiği muhakkaktır. Bu yüzden döşeme türünün seçiminde yapının deprem özellikleri de göz önünde bulundurulmalıdır.

Betonarme taşıyıcı sistemler içinde yatay yüklerin taşınmasında genelde en az düşünülen yapı elemanları döşemelerdir. Döşemelerin diyafram görevini sağlıklı bir şekilde yerine getirdikleri kabulü çok özel durumlar haricinde gerçeğe çok yakın değerler vermektedir. Ancak yapı dizaynlarının çok düzgün olmadığı günümüzde diyafram görevinin sağlıklı bir şekilde sağlanıp sağlanmadığı oldukça büyük bir önem kazanmaktadır. Kat sayısı fazla olan yapılarda Rijit Diyafram kabulü Esnek Döşeme modellemesine oldukça yakın sonuçlar vermektedir. Bu yüzden çok katlı yapılarda artan serbestlik derecelerini düşürmek ve problemlerin hacmini küçültmek için Rijit Diyafram kabulü ile mümkündür. Ancak yapılarda kat sayısının az olması, yapını plandaki boyutlarının oranlarının büyük olması veya yapılarda çıkıntılar bulunması nedeniyle Esnek Döşeme modelinin ortaya çıkarttığı etkiler önemli

olmaktadır. Bu etkilerin Rijit Diyafram modellemesi ile ortaya çıkması zaten beklenmemektedir. Yapı analizleri yapılırken önemli olan yapılan kabullerin hangi şartlar altında doğru olduğunun bilinmesi ve doğru yerde doğru şekilde kullanılmasıdır. Artık günümüzde gelişen bilgisayar teknolojisi ve yazılan programlar sayesinde çok serbestlik dereceli yapı sistemleri de kolaylıkla çözülebilmektedir. Böylelikle beklenmeyen etkiler de hesap sonuçlarında görülebilmektedir. Analiz başlangıcında ortay çıkabilecek etkilerin bilinmesi ve bu sayede bilinmeyen sayısının azaltılması da son derece yararlı olmaktadır.

Bu çalışma sırasında ortaya çıkan sonuçlar aşağıda anlatılmıştır.

- Kirişli plak ve dişli plak döşemeli sistemlerde oluşan kiriş, kolon ve perdelerin yarattığı çerçeveler, sistemin yatay yük rijitliği açısından oldukça önemlidir.
- Kirişli plak döşemeli sistemlerde, yüksek diyafram rijitliği, yeterli yanal ötelenme rijitliği ve direnci döşeme sayesinde sağlanabilir. Bu tür döşemeli sistemlerin deprem riski yüksek olan bölgelerde kullanılması tercih edilmelidir.
- Dişli döşemeli sistemlerde de diyafram özelliği sağlanabilir. Ancak bu tür döşemeli yapıların yatay yükler altında yerdeğiştirmeleri ve yapı periyotları fazla olur.
- Kirişsiz döşemeli sistemlerde yatay yük rijitliği döşeme, kolon ve perdeler ile sağlanır. ABYYHY'de kirişsiz döşemeli sistemlerde perdelerin yüksek oranda kullanımını sağlayabilmek için çeşitli sınırlamalar getirilmiştir. Yatay yükü taşıyacak perdeleri bulunmayan kirişsiz döşemeli sistemlerin yapılması yönetmelik tarafından engellenmiştir. Yapı sistemi içinde bulunası zorunlu olan perdelerin deprem etkilerini yüksek oranlarda taşıması da gerekir.
- ABYYHY'de betonarme yapıların taşıyıcı sistem davranış katsayısı 4 ile 8 arasında değişmektedir. Yapı sistemleri süneklik düzeyi yüksek, karma veya normal olarak oluşturulabilir. Yapı sistemleri içersinde yer alan döşemelerin türü, yapının süneklik düzeyinin seçiminde ve taşıyıcı sistem davranış katsayısının oluşmasında önemli bir rol oynar.

- Döşeme türlerinin değişmesi ile ilk olarak yapının yatay yükler altındaki rijitliği değişmektedir. Böylece sistemin yatay yükler altındaki yerdeğiştirmesi kirişsiz döşemeli sistemlerde diğer sistemlere oranla daha fazla olmaktadır. Sistemin rijitliği en fazla olarak kirişli döşemeli sistemlerde sağlanmaktadır.
- Sistem rijitlikleri bu şekilde değiştiği için yatay yükler altında en büyük yapı periyotları kirişsiz döşemeli sistemlerde oluşmaktadır. Dişli döşemeli sistemlerde de yerdeğiştirmeler kirişli döşemeli sistemlere oranla daha büyük değerler alır.
- Eşdeğer taban kesme kuvvetinin hesabı için yapıların her iki yöndeki ilk periyot değerleri gereklidir. Yapıların kat sayılarının ve toplam yapı yüksekliklerinin artması ile yapı periyotları da artar. Ancak ABYYHY'de artan yapı periyotlarının eşdeğer taban kesme kuvvetini çok azaltmaması için bir üst sınırlama getirilmiştir. T_{1A}'yı 1 den daha büyük yapan 54m yüksekliğinden daha yüksek binalarda yapı periyotları 1.30 * T_{1A} değerinden daha büyük olamaz. Yapılarda genelde toplam kat yüksekliğinin 54 m yi aştığı durumlarda yapı periyotları bu şekilde sınırlanmaktadır.
- Genelde yatay yükler altındaki rijitliği fazla olmayan kirişsiz ve dişli döşemeli sistemlerde kat adedinin artmasıyla yapı periyotlarının bu değerin üzerinde olması kolay rastlanan bir durumdur. Kirişli döşemeli sistemler de ise yapı periyodu yaklaşık olarak bu sınırlamaya paralel olarak gitmektedir.
- Genelde eşdeğer taban kesme kuvvetinin artan kat adedine bağlı olarak toplam yapı ağırlığı arttığı için artması beklenir. Böylece yapıların taban kesme kuvvetleri ilk periyot değerlerinin zemin türleri için verilen T_B periyot değerini aştığı kat sayısına kadar artar. Bu kat adedinden sonra yapı ilk periyotları çok büyüdüğü için taban kesme kuvveti yapı ağırlığı artsa da azalmaya veya hemen hemen aynı kalmaya başlar. Bu durum ilk periyot değerlerinin T_{1A}'yı aştığı kat sayısına kadar sürer. Buradan sonra da ABYYHY taban kesme kuvvetinin artık az kalmasına müsaade etmez ve taban kesme kuvveti kat sayısının artması ile tekrar artmaya başlar.
- Zemin durumunun değişmesi ile birlikte, T_A ve T_B periyotlarının aralıkları değiştiği için taban kesme kuvvetinin değişimi farklılaşır. Düşük periyot

değerleri bulunan az katlı yapılarda zemin türünün değişmesi taban kesme kuvveti üzerinde etkili olmaz. Ancak çok katlı yapılarda taban kesme kuvveti zayıf zeminler için çok büyük değerler almaya başlar.

- Zemin cinsinin kötü olması, yapı sisteminin kirişsiz veya dişli döşemeli olmasından dolayı kat sayısının artması ile birlikte taban kesme kuvvetinin devamlı arttığı görülür.

- ABYYHY yapı sistemini oluşturacak farklı döşeme türleri için taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve süneklik düzeylerinin değişimini sınırlamıştır. Örneğin kirişsiz döşemli sistemlerin süneklik düzeyi yüksek olarak dizayn edilmeleri olanaksızdır. Bu nedenle yapıların süneklik düzeyi ve taşıyıcı sistem davranış katsayısı yapının yatay yükler altındaki analizinde büyük rol oynar. Taşıyıcı sistemin ne kadar sünek olduğunu gösteren taşıyıcı sistem davranış katsayısı yapı sistemi içindeki perdelerin deprem kuvvetlerinin taşıma oranına bağlıdır. Bu oran ne kadar az ise sistemler perde + çerçeve davranışı göstererek sünekleşir. Ne kadar yüksek ise çerçeve davranışı azalır ve bu yüzden taşıyıcı sistemin de sünekliği azalır. Kirişsiz döşemeli ve süneklik düzeyi yüksek sistemlerin özeliklerini sağlamayan yapılar, bu nedenle yönetmelik tarafından perdeli olarak oluşturulmaya zorlanırlar ve süneklik düzeyleri ancak normal veya karma olabilirler.

- Böylece süneklik düzeyi az olan herhangi bir yapının, süneklik düzeyi yüksek olan diğer bir sistemden, taşıyıcı sistem davranış katsayısı daha düşük olduğu için daha fazla bir eşdeğer deprem yükü ile boyutlanması gerekmektedir. Böylece artan boyutlar ve donatı miktarları ile yapı maliyeti, azalan süneklik ile artmaya başlar.

- Yapılarda bulunan perdelerin taşıdığı toplam devrilme momenti Denk. 5.30'da verildiği gibi ($\Sigma M_p + \Sigma\Sigma M_k$) dan oluşmaktadır. Burada ΣM_p deprem doğrultusundaki perdelerin tabanında meydana gelen toplam deprem momenti ve $\Sigma\Sigma M_k$ ise bu perdelere deprem doğrultusunda bağlanan kirişlerin perde eksenlerine bağlı uçlarında depremden dolayı oluşan momentlerin toplamıdır. Kat adedinin artması ile kiriş uçlarında oluşan momentlerin toplamı perdelerin tabanında oluşan momentlerin toplamının çok üzerine çıkmaktadır. Kat sayısının artması ile çerçeve davranışının yapı üzerinde

etkili olmasının beklenmesi ile bu sonuç paralellik gösterir. Aynı zamanda kat adedinin artması ile birlikte, perdelerin taşıdığı toplam devrilme momenti oranı α_m ise azalmakta ve kolonlar da artık deprem etkilerinin taşınmasında etkili olmaktadırlar.

- Kat sayısının azalması ile perde tabanlarında oluşan toplam deprem momentleri, kendilerine bağlanan kirişlerin uçlarındaki momentlerin toplamının çok üzerinde oluşmaktadır. Böylece kat sayısı azaldıkça yapılarda perde davranışı daha fazla etkin olmaktadır.
- Kirişli döşemeli sistemlere nazaran yatay rijitliği daha az olan dişli veya kirişsiz döşemeli sistemlerde yatay kat yerdeğiştirmeleri daha büyük olmuştur. Kat dönmeleri ise, kirişsiz döşemli sistemde döşemelerin sonlu elemanlarla tarif edilmesi ve dişli döşemeli sistemlerde yassı kirişlerin kat dönmelerine karşı daha rijit olmasından dolayı, en büyük değerlere kirişli döşemeli sistemlerde ulaşmıştır. Bu nedenle burulma düzensizlik katsayısı, yerdeğiştirmeler az olmasına rağmen kirişli döşemeli sistemde ortaya çıkmıştır.
- Sistemlerde ortaya çıkan burulma düzensizliği katsayısı çok büyük değerlere ulaşmamaktadır. Sistemin simetrik ve çekirdek perdeli olması ve deprem analizinin % 5 kaydırılmış kütle merkezleri üzerinden yapılması bu burulma düzensizliğine yol açmıştır. Kat sayısının artması ile burulma düzensizliği de üst katlara doğru yayılmaktadır. Kat sayısının azalması ile hem değeri azalmakta hem de rastlanılan kat sayısı düşmektedir.
- Katlar arası rijitlik düzensizliği katsayısı her üç döşeme çeşidi için de sorun olmamıştır. Taşıyıcı sisteminde katlar arasında ani değişikliklerin olmadığı yapılarda bu düzensizliğin oluşması beklenmemelidir. Az katlı yapılarda ilk katların yerdeğiştirmeleri çok az olduğu için bu katsayının en büyük değerlerine az katlı yapıların 2. katlarında rastlanılmaktadır.
- Yapının kat ağırlıklarının daha fazla olması ve ABYYHY'de süneklik düzeyleri ile ilgili kısıtlamalar getirilmesi nedeniyle kirişsiz döşemeli veya süneklik düzeyi yüksek olamayan dişli döşemelerin yatay yükler altında daha fazla etki alması yapı elemanları boyutlarının ve donatı oranlarının daha fazla

olmasına neden olur. Bu kirişli döşemeli süneklik düzeyi yüksek sistemlerin daha ekonomik ve sağlıklı olduğunu gösterir.

- Yapı sistemleri içindeki kat döşemelerinin rijit diyafram özelliğini saplayıp sağlamadıkları ancak döşemelerin sonulu elemanlar olarak tarif edilmesi ve yapı kat kütlelerinin kata yayılı olarak verilmesi ile kontrol edilebilir. Rijit Diyafram kabulü pek çok yapı sistemi için geçerliliği olan ve serbestlik derecelerini azalttığı için problemlerin daha kolay çözülmesini sağlayan bir yöntemdir. Ancak bazı özel durumlar için yapının Esnek Döşeme modeli ile kontrolünün veya dizaynının gerektiği durumlar ortaya çıkabilir.

- Genelde kat sayısının çok olması ile Rijit Diyafram kabulü ile Esnek Döşeme Kabulü birbirine çok yakın değerler vermektedir. Kat sayısının azalması ile bazı yapı düzensizliklerinin bulunması veya binaların plandaki boyutlarının birbirinden farklı olmasından dolayı Esnek Döşeme modeli önem kazanabilir. Rijit Diyafram kabulünde depremden dolayı döşeme içinde oluşan gerilme değerleri ve kiriş normal kuvvetleri bulunamamaktadır. Yapıda herhangi bir düzensizlik bulunmasa dahi döşeme ve kirişlerde oluşan deprem etkilerinin değerleri önemli mertebelere ulaşabilir, bu da ancak Esnek Döşeme modeli ile ortaya çıkar.

- Plandaki boyutları birbirinden farklı olan, büyük döşeme boşlukları veya büyük yapısal çıkıntıları bulunan yapılarda Esnek Döşeme modeli ile Rijit Diyafram kabulü arasında farklar oluşmaktadır. Taban kesme kuvvetlerinin oluşması, iç kuvvetlerin değişmesi ve yerdeğiştirmelerin miktarı açısından her iki model özellikle az katlı yapılarda bir birinden farklı sonuçlar vermektedir. Özellikle az katlı bu tür yapıların deprem analizlerinin Esnek Döşeme modeli ile yapılması gerçek çözüme en yakın sonuçları verir.

- Yapılarda bu tür düzensizlikler bulunsa da çok katlı yapılar için Esnek Döşeme modeli yapısal bağlantıların artmasından dolayı Rijit Diyafram kabulüne yaklaşır. Bu yüzden bilinmeyen sayısının azalmasından dolayı bu tür yapılarda Rijit Diyafram modeli kullanılabilir.

- Ancak yapı içersinde büyük döşeme boşlukları A2 veya yapısal çıkıntıların A3 oluşturduğu düzensizliklerin bulunmasının yanında, deprem etkisini alan

perde elemanların yerleşiminin de iyi olamamasından dolayı kat sayısı artsa da bu iki modelin sonuçları birbirinden farklı olabilir.

- Özellikle döşeme boşluklarının perde elemanların hemen yanında olması deprem etkilerinin aktarılması sırasında sıkıntı yaratır. Bu durum deprem etkilerinin dağılımı açısından Rijit Diyafram kabulüne göre farklı sonuçlar verir. Bu yüzden A2 türü düzensizliği bulunan yapıların, hatta döşemedeki boşluk miktarı fazla olmayan yapıların dahi döşemelerinin diyafram özelliğini sağlayıp sağlamadığı kontrol edilmelidir.
- Yapısal çıkıntısı bulunan yapılarda perde yerleşimlerinin düzenli bir şekilde yapılmaması da yerdeğiştirme ve deprem etkilerinin dağılımı açısından Rijit Diyafram kabulünden farklı sonuçlar doğurur. Her iki durumda da döşeme içi gerilmeleri ve kiriş normal kuvvetleri önem kazanabilir.
- Rijit Diyafram kabulü ile yapının modal kütlesi kat adedinin üç katı kadar mod ile temsil edilebilmektedir. Esnek Döşemeli modellerde ise yapı kütlesinin % 100 temsili için çok sayıda mod gerekir. Esnek Döşemeli modellerin kullanılması gereken durumlarda yapı düzensizliklerinin etkilediği mod değerleri ilk modlarda ortaya çıkabilir ve bu modların yapı kütlesine katkısı ihmal edilemeyecek büyüklüklerde olabilir.
- Yapı projelerinin yapımı aşamasında bunların göz önünde bulundurularak, yapı içersinde bulunan her türlü düzensizliğin en aza indirgenmesi ve perdelerin yerleşiminin homojen sağlanması yapı çözümlerinde Rijit Diyafram kabulünün kullanımı için zemin sağlar.
- Eğer yapılarda bu tür olumsuzluklara neden olan tasarımlar olmak zorunda ise, o halde sistemlerin gerçeğe en yakın olacak şekilde Esnek Döşeme modeli ile çözülmesi kaçınılmaz olur. Böylece deprem etkilerinden dolayı meydana gelen döşeme içi şekil değiştirmelerden oluşan iç gerilmeler ve kirişlerde oluşan normal kuvvetler kontrol edilebilir ve betonarme hesaplarda göz önüne alınabilir ve deprem etkilerinin taşıyıcı elemanlara dağılımı da gerçeğe en yakın olacak şekilde hesaplanmış olur.

KAYNAKLAR

[1] **Celep, Z. Kumbasar, N.,** 2000. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Sema Matbaacılık, İstanbul.

[2] **Celep, Z., Kumbasar, N.,** 1998. Betonarme Yapılar, Sema Matbaacılık, İstanbul.

[3] **Özden, K., Altan, M., Aydoğan, M.,** 1997. Betonarme Kesitlerin Boyutlandırılması , Uran Mühendislik Yayını, İstanbul.

[4] **Hasgür, Z., Gündüz, N.,** 1992. Betonarme Yüksek Binalar, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.

[5] **Atımtay, E.,** 2000. Açıklamalar ve Örneklerle Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, (Betonarme Yapılar) Cilt I-II, Basımevi Yayın Dağıtım,Ankara.

[6] **Atımtay, E.,** 2000. Çerçeveli ve Perdeli Betonarme Sistemlerin Tasarım, Temel Kavramlar ve Hesap Yöntemleri, Cilt I-II, Metu Press, Ankara.

[7] **Özmen, G.,** 2001. Çok Katlı Yapılarda Burulma Düzensizliği, Teknik Rapor, Türkiye Deprem Vakfı, İstanbul.

[8] **Özmen, G., Pala, S., Gülay, G., Orakdöğen, E.,** 1998. Çok Katlı Yapılarda Yapısal Düzensizliklerin Deprem Hesabına Etkisi, Teknik Rapor, Türkiye Deprem Vakfı, İstanbul.

[9] **TS-498,** 1997. Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yükler**,** Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

[10] **TS-500,** 2000. Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü,* Ankara.

[11] Afet Bölgelerinde Yapılacak yapılar Hakkında Yönetmelik, 1998.

[12] Uniform Building Code, Volume 2, International Conference of Building Officials, 1997, California.

[13] Eurocode 8: Designs Provisions for Earthquake Resistance of Structures, 1998.

[14] Stefano, M., Faella, G., Ranasco, R., Eurocode 8 and Uniform Building Code 94 Provisions For Irregular Structures: A Review.

[15] Sap 2000 Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures, Analaysis Reference Computer and Structures, Inc., 2000, California.

[16] Blume, J.A., Newwork, N.M, Corning, L.H., 1961. Design of Multistory Reinforced Concrete Building for Earthquake Motions, Portland Cement Association, USA.

[17] Erdik, M., 1989. Torsional Response of Earthquake Excited Structures, Proc. International Conference Earthquake Resistent Constraction and Design, Berlin.

[18] Celep, Z. Kumbasar, N., 1998. Taşıma Gücü İlkeleri İle Betonarme Kesit Tabloları, Sema Matbaacılık, İstanbul.

[19] Erdurmaz, A. 2001. Burulma Düzensizliği Olan Çok Katlı Betonarme Bir Yapının Taşıyıcı Sisteminin İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi,* İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[20] Yalçın, Ö. 2001. Betonarme Yapıların Deprem Altındaki Davranışına Döşeme Modellemelerinin Etkileri, *Yüksek Lisans Tezi,* İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

KAYNAKLAR

[1] **Celep, Z. Kumbasar, N.,** 2000. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Sema Matbaacılık, İstanbul.

[2] **Celep, Z., Kumbasar, N.,** 1998. Betonarme Yapılar, Sema Matbaacılık, İstanbul.

[3] **Özden, K., Altan, M., Aydoğan, M.,** 1997. Betonarme Kesitlerin Boyutlandırılması , Uran Mühendislik Yayını, İstanbul.

[4] **Hasgür, Z., Gündüz, N.,** 1992. Betonarme Yüksek Binalar, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.

[5] **Atımtay, E.,** 2000. Açıklamalar ve Örneklerle Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, (Betonarme Yapılar) Cilt I-II, Basımevi Yayın Dağıtım,Ankara.

[6] **Atımtay, E.,** 2000. Çerçeveli ve Perdeli Betonarme Sistemlerin Tasarım, Temel Kavramlar ve Hesap Yöntemleri, Cilt I-II, Metu Press, Ankara.

[7] **Özmen, G.,** 2001. Çok Katlı Yapılarda Burulma Düzensizliği, Teknik Rapor, Türkiye Deprem Vakfı, İstanbul.

[8] **Özmen, G., Pala, S., Gülay, G., Orakdöğen, E.,** 1998. Çok Katlı Yapılarda Yapısal Düzensizliklerin Deprem Hesabına Etkisi, Teknik Rapor, Türkiye Deprem Vakfı, İstanbul.

[9] **TS-498,** 1997. Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yükler**,** Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

[10] **TS-500,** 2000. Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü,* Ankara.

[11] Afet Bölgelerinde Yapılacak yapılar Hakkında Yönetmelik, 1998.

[12] Uniform Building Code, Volume 2, International Conference of Building Officials, 1997, California.

[13] Eurocode 8: Designs Provisions for Earthquake Resistance of Structures, 1998.

[14] Stefano, M., Faella, G., Ranasco, R., Eurocode 8 and Uniform Building Code 94 Provisions For Irregular Structures: A Review.

[15] Sap 2000 Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures, Analaysis Reference Computer and Structures, Inc., 2000, California.

[16] Blume, J.A., Newwork, N.M, Corning, L.H., 1961. Design of Multistory Reinforced Concrete Building for Earthquake Motions, Portland Cement Association, USA.

[17] Erdik, M., 1989. Torsional Response of Earthquake Excited Structures, Proc. International Conference Earthquake Resistent Constraction and Design, Berlin.

[18] Celep, Z. Kumbasar, N., 1998. Taşıma Gücü İlkeleri İle Betonarme Kesit Tabloları, Sema Matbaacılık, İstanbul.

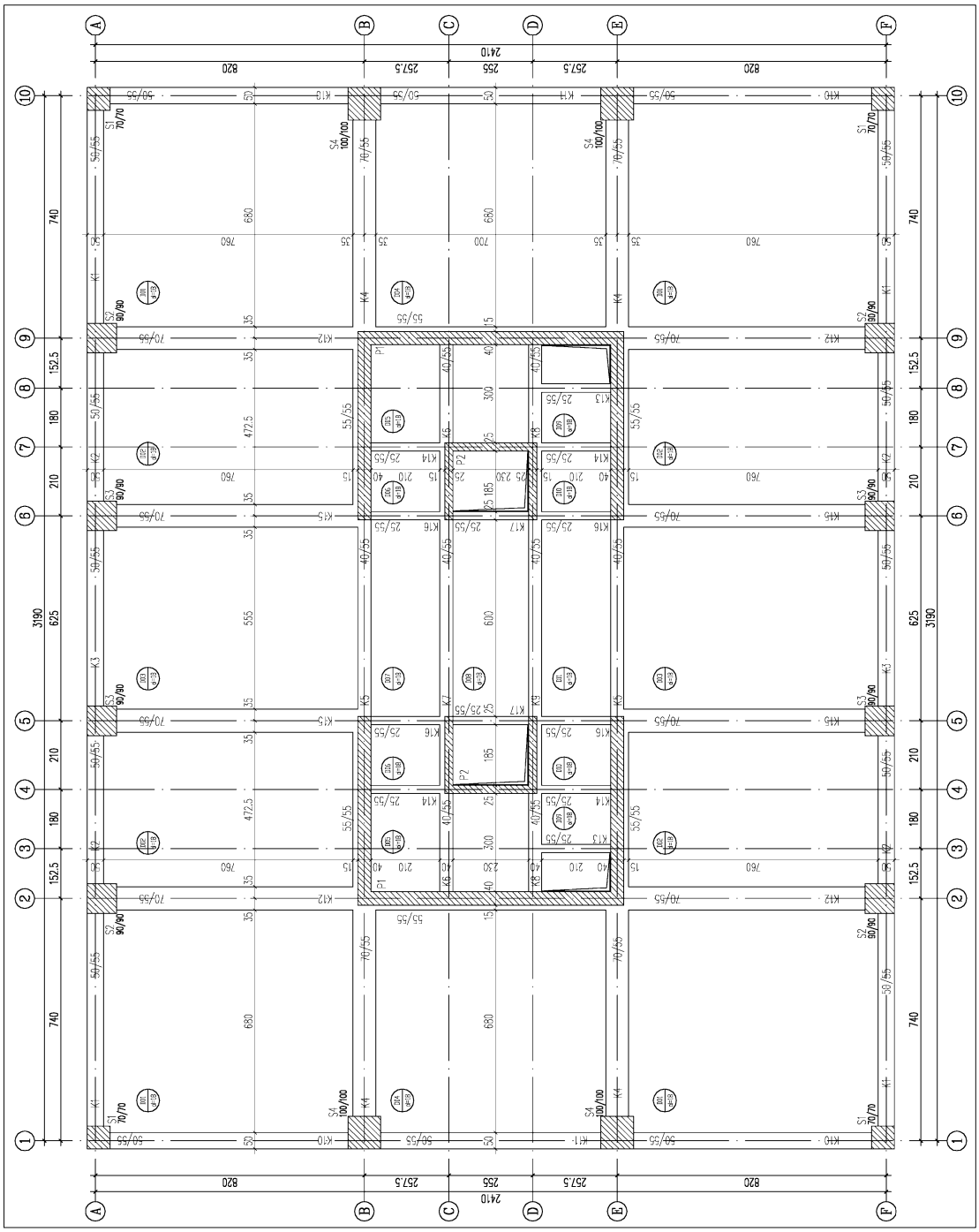
[19] Erdurmaz, A. 2001. Burulma Düzensizliği Olan Çok Katlı Betonarme Bir Yapının Taşıyıcı Sisteminin İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi,* İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[20] Yalçın, Ö. 2001. Betonarme Yapıların Deprem Altındaki Davranışına Döşeme Modellemelerinin Etkileri, *Yüksek Lisans Tezi,* İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

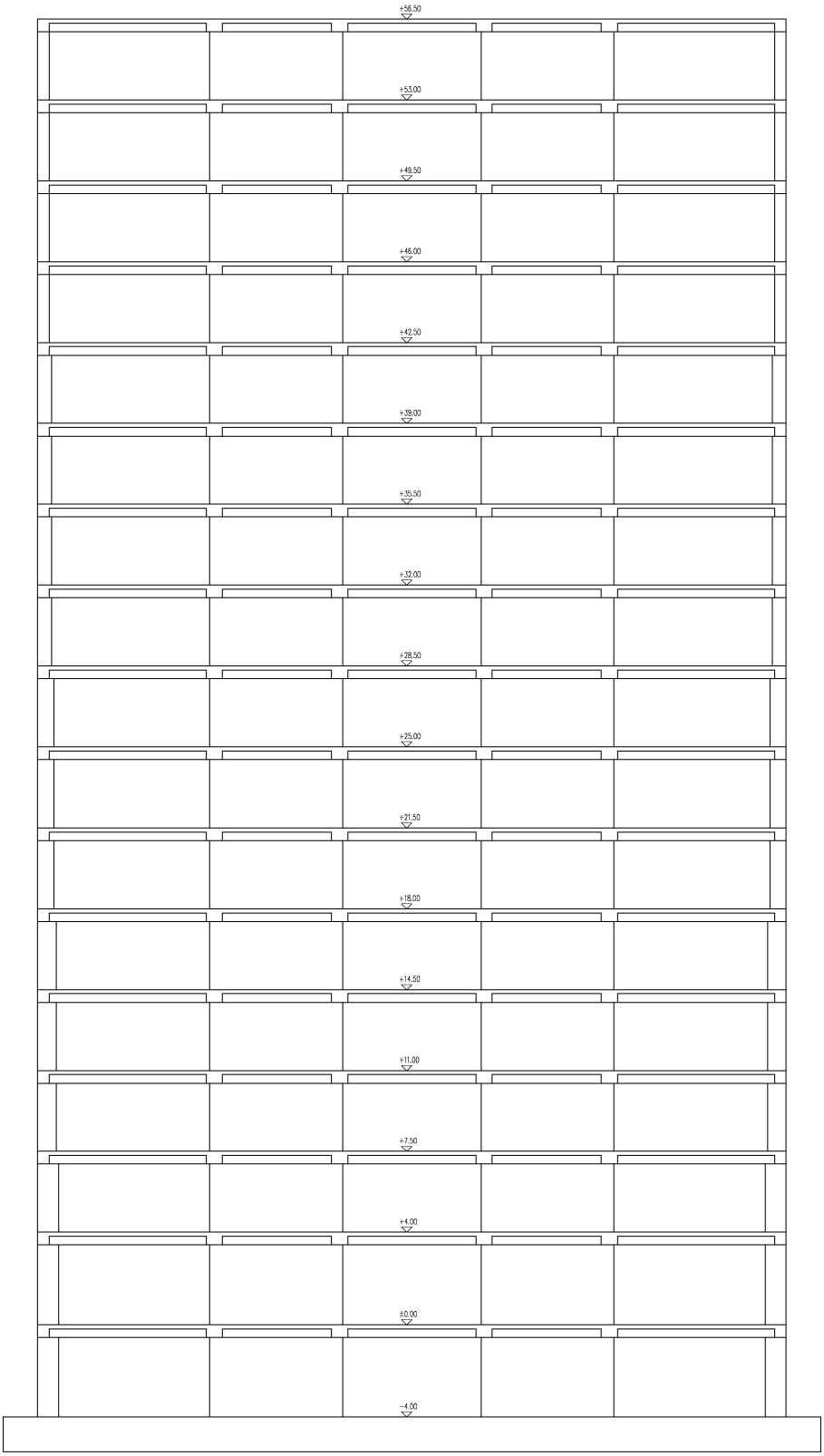
EK LİSTESİ

		Sayfa No
Ek A	: Bina-1, Bina-2 ve Bina-3 Kat Kalıp Planları, Boy Kesitleri	115
Ek B	: Bina-1 (17 Kat) Kolonlara Gelen Eksenel Yük Tabloları	121
Ek C	: Bina-1 (17 Kat) Kolon Ön Boyutları Tablosu	129
Ek D	: Bina-1, Bina-2 ve Bina-3 Kat Sayısına Göre Belirlenen Kolon Boyutları	135
Ek E	: Bina-2 ve Bina-3 17 Katlı Modellere Göre Toplam Yapı Ağırlıkları, Yapı Periyotları ve Taban Kesme Kuvvetleri	147
Ek F	: Bina-2 ve Bina-3 (3-17 Kat) Modal Analiz Sonuçları	149
Ek G	: Bina-1, Bina-2 ve Bina-3 Kat Sayısına Göre Burulma ve Katlar Arası Rijitlik Düzensizlikleri	153
Ek H	: Bina-1, Bina-2 ve Bina-3 17 Katlı Modeller İlk Mod şekilleri	165

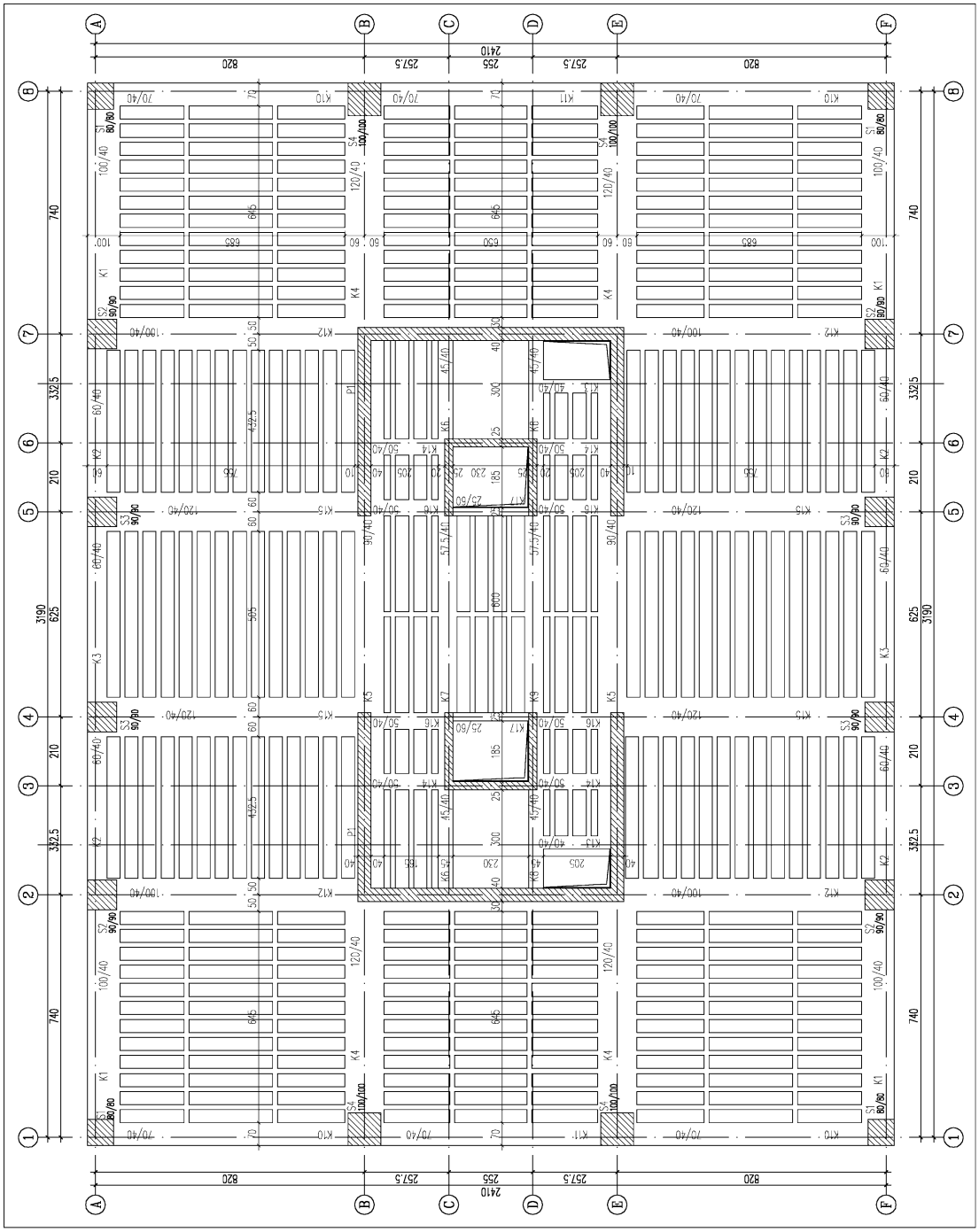
Ek A Bina-1,Bina-2 ve Bina-3 Kat Kalıp Planları, Boy Kesitleri



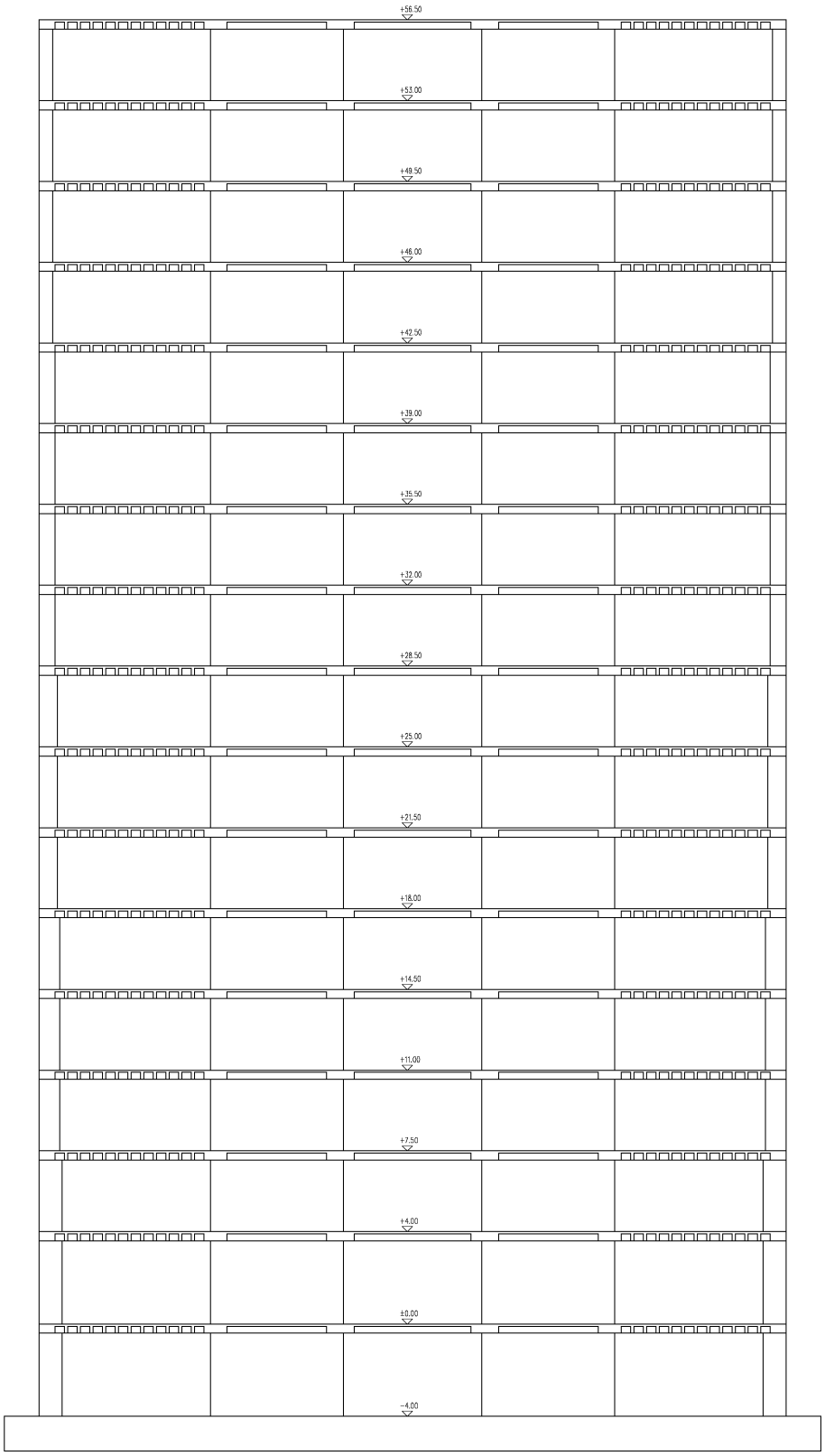
Şekil A.1 Bina-1 7-8-9. normal kat kalıp planları



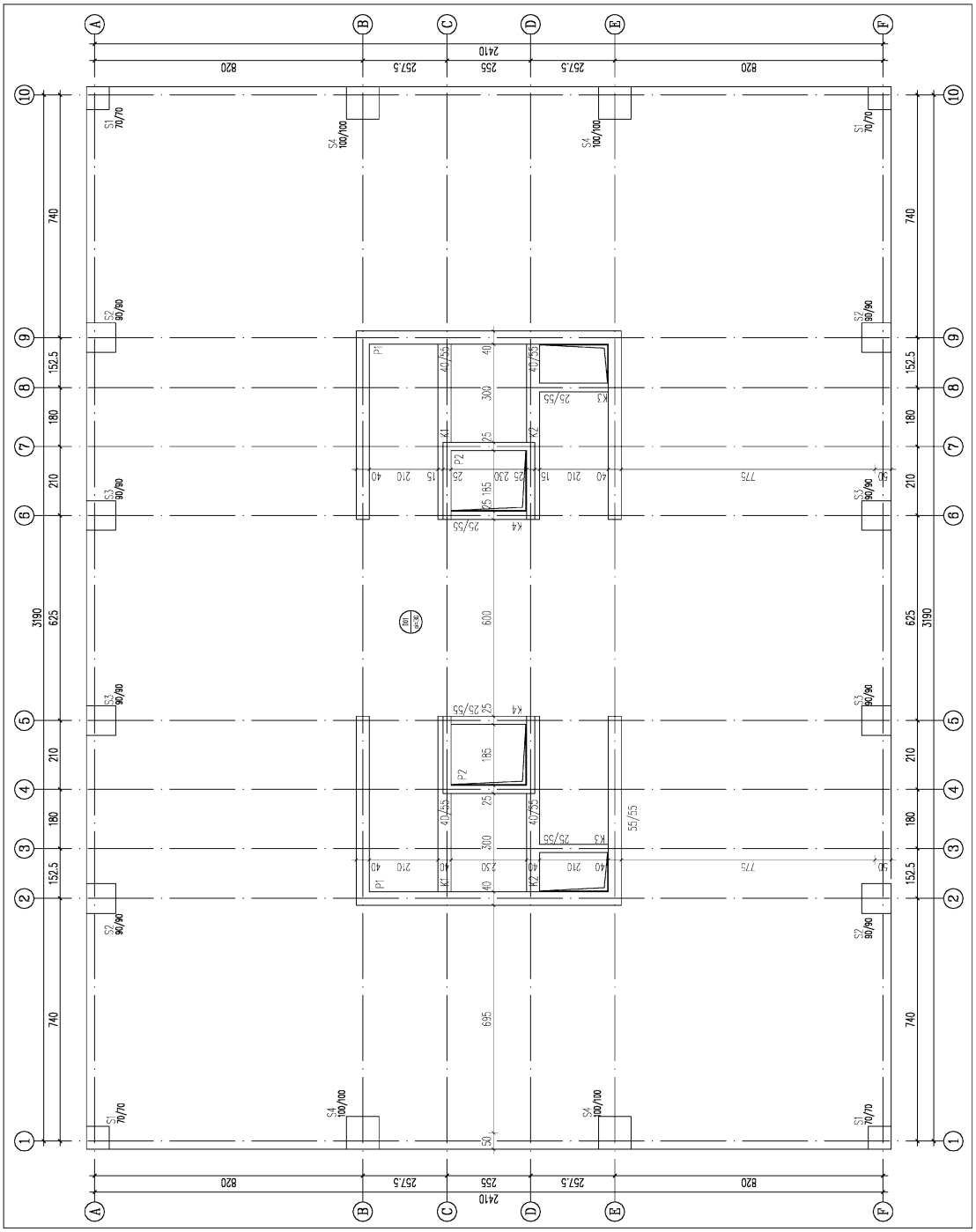
Şekil A.2 Bina-1 boy kesiti



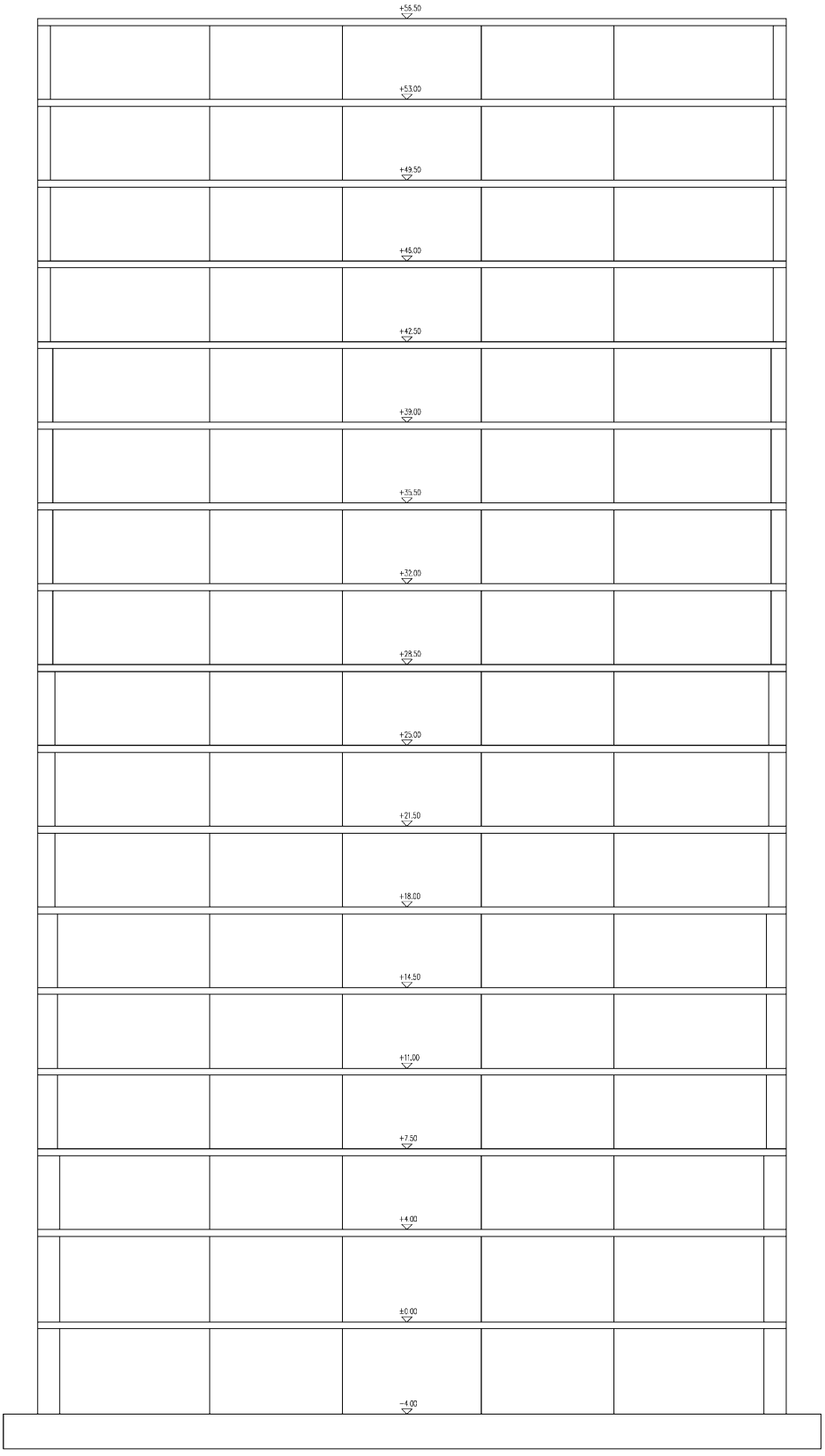
Şekil A.3 Bina-2 7-8-9. normal kat kalıp planları



Şekil A.4 Bina-2 boy kesiti



Şekil A.5 Bina-3 7-8-9. normal kat kalıp planları



Şekil A.6 Bina-3 boy kesiti

Ek B Bina-1 (17 Kat) Kolonlara Gelen Eksenel Yük Tabloları

Tablo B.1 S1 kolonuna katlardan gelen yükler

BODRUM KAT	Döşeme Ng (kN)	3.95*4.35*6.22 =	106.875
	Döşeme Nq (kN)	3.95*4.35*5.00 =	85.913
	Kiriş Ng (kN)	(3.70+4.10)*0.50*0.37*25.0 =	36.075
	G. Cephe Ng (kN)	8.30*2.00*1.75 =	29.050
ZEMİN KAT	Döşeme Ng (kN)	3.95*4.35*6.22 =	106.875
	Döşeme Nq (kN)	3.95*4.35*5.00 =	85.913
	Kiriş Ng (kN)	(3.70+4.10)*0.50*0.37*25.0 =	36.075
	G. Cephe Ng (kN)	8.30*3.75*1.75 =	54.469
1.-14. NORMAL KAT	Döşeme Ng (kN)	3.95*4.35*6.22 =	106.875
	Döşeme Nq (kN)	3.95*4.35*3.50 =	60.139
	Kiriş Ng (kN)	(3.70+4.10)*0.50*0.37*25.0 =	36.075
	G. Cephe Ng (kN)	8.30*3.50*1.75 =	50.838
ÇATI KATI	Döşeme Ng (kN)	3.95*4.35*6.295 =	108.164
	Döşeme Nq (kN)	3.95*4.35*2.00 =	34.365
	Kiriş Ng (kN)	(3.70+4.10)*0.50*0.37*25.0 =	36.075
	G. Cephe Ng (kN)	8.30*1.75*1.75 =	25.419

Tablo B.2 S2 kolonuna katlardan gelen yükler

BODRUM KAT	Döşeme Ng (kN)	6.4125*4.35*6.22 =	173.503
	Döşeme Nq (kN)	6.4125*4.35*5.00 =	139.472
	Kiriş Ng (kN)	6.4125*0.50*0.37*25.0+4.10*0.70*0.37*25.0 =	56.205
	Duvar Ng (kN)	4.10*3.45*2.30 =	32.534
	G. Cephe Ng (kN)	6.4125*2.00*1.75 =	21.803
ZEMİN KAT	Döşeme Ng (kN)	6.4125*4.35*6.22 =	173.503
	Döşeme Nq (kN)	6.4125*4.35*5.00 =	139.472
	Kiriş Ng (kN)	6.4125*0.50*0.37*25.0+4.10*0.70*0.37*25.0 =	56.205
	Duvar Ng (kN)	4.10*3.45*2.30 =	32.534
	G. Cephe Ng (kN)	6.4125*3.75*1.75 =	42.082
1.-14. NORMAL KAT	Döşeme Ng (kN)	6.4125*4.35*6.22 =	173.503
	Döşeme Nq (kN)	6.4125*4.30*3.50 =	96.508
	Kiriş Ng (kN)	6.4125*0.50*0.37*25.0+4.10*0.70*0.37*25.0 =	56.205
	Duvar Ng (kN)	4.10*2.95*2.30 =	27.819
	G. Cephe Ng (kN)	6.4125*3.50*1.75 =	39.277
ÇATI KATI	Döşeme Ng (kN)	6.4125*4.30*6.295 =	173.577
	Döşeme Nq (kN)	6.4125*4.30*2.00 =	55.148
	Kiriş Ng (kN)	6.4125*0.50*0.37*25.0+4.10*0.70*0.37*25.0 =	56.205
	G. Cephe Ng (kN)	6.4125*1.75*1.75 =	19.638

Tablo B.3 S3 kolonuna katlardan gelen yükler

BODRUM KAT	Döşeme Ng (kN)	5.8375*4.35*6.22 =	157.945
	Döşeme Nq (kN)	5.8375*4.35*5.00 =	126.966
	Kiriş Ng (kN)	5.8375*0.50*0.37*25+4.10*0.70*0.37*25 =	53.546
	Duvar Ng (kN)	4.10*3.45*2.30 =	32.534
	G. Cephe Ng (kN)	5.8375*2.00*1.75 =	20.431
ZEMİN KAT	Döşeme Ng (kN)	5.8375*4.35*6.22 =	157.945
	Döşeme Nq (kN)	5.8375*4.35*5.00 =	126.966
	Kiriş Ng (kN)	5.8375*0.50*0.37*25+4.10*0.70*0.37*25 =	53.546
	Duvar Ng (kN)	4.10*2.95*2.30 =	27.819
	G. Cephe Ng (kN)	5.8375*3.75*1.75 =	38.309
1.-14. NORMAL KAT	Döşeme Ng (kN)	5.8375*4.35*6.22 =	157.945
	Döşeme Nq (kN)	5.8375*4.35*3.50 =	88.876
	Kiriş Ng (kN)	5.8375*0.50*0.37*25+4.10*0.70*0.37*25 =	53.546
	Duvar Ng (kN)	4.10*2.95*2.30 =	27.819
	G. Cephe Ng (kN)	5.8375*3.50*1.75 =	35.755
ÇATI KATI	Döşeme Ng (kN)	5.8375*4.35*6.295 =	159.850
	Döşeme Nq (kN)	5.8375*4.35*2.00 =	50.786
	Kiriş Ng (kN)	5.8375*0.50*0.37*25+4.10*0.70*0.37*25 =	53.546
	G. Cephe Ng (kN)	5.8375*1.75*1.75 =	17.877

Tablo B.4 S4 kolonuna katlardan gelen yükler

BODRUM KAT	Döşeme Ng (kN)	3.95*7.95*6.22 =	195.324
	Döşeme Nq (kN)	3.95*7.95*5.00 =	156.615
	Kiriş Ng (kN)	7.95*0.50*0.37*25+3.70*0.70*0.37*25 =	60.726
	Duvar Ng (kN)	3.70*3.45*2.30 =	29.360
	G. Cephe Ng (kN)	7.95*2.00*1.75 =	27.825
ZEMİN KAT	Döşeme Ng (kN)	3.95*7.95*6.22 =	195.324
	Döşeme Nq (kN)	3.95*7.95*5.00 =	156.615
	Kiriş Ng (kN)	7.95*0.50*0.37*25+3.70*0.70*0.37*25 =	60.726
	Duvar Ng (kN)	3.70*2.95*2.30 =	25.105
	G. Cephe Ng (kN)	7.95*3.75*1.75 =	52.172
1.-14. NORMAL KAT	Döşeme Ng (kN)	3.95*7.95*6.22 =	195.324
	Döşeme Nq (kN)	3.95*7.95*3.50 =	109.909
	Kiriş Ng (kN)	7.95*0.50*0.37*25+3.70*0.70*0.37*25 =	60.726
	Duvar Ng (kN)	3.70*2.95*2.30 =	25.105
	G. Cephe Ng (kN)	7.95*3.50*1.75 =	48.694
ÇATI KATI	Döşeme Ng (kN)	3.95*7.95*6.295 =	197.679
	Döşeme Nq (kN)	3.95*7.95*2.00 =	62.805
	Kiriş Ng (kN)	7.95*0.50*0.37*25+3.70*0.70*0.37*25 =	60.726
	G. Cephe Ng (kN)	7.95*1.75*1.75 =	24.347

Tablo B.5 P1 perdesine katlardan gelen yükler

BODRUM KAT	Döşeme Ng (kN)	(154.72)*6.22 =	962.358
	Döşeme Nq (kN)	(154.72)*5.00 =	773.600
	Merdiven Ng (kN)	(4.240)*8.00 =	33.920
	Merdiven Nq (kN)	(4.24)*5.00 =	21.200
	Kiriş Ng (kN)	23.80*0.70*0.37*25+9.575*0.40*0.37*25+6.4375*0.25 *0.37*25+9.275*0.55*.0.37*25 =	196.568
	Duvar Ng (kN)	35.575*3.45*2.30 =	282.288
ZEMİN KAT	Döşeme Ng (kN)	(154.72)*6.22 =	962.358
	Döşeme Nq (kN)	(154.72)*5.00 =	773.600
	Merdiven Ng (kN)	(4.24)*8.00 =	33.920
	Merdiven Nq (kN)	(4.24)*5.00 =	21.200
	Kiriş Ng (kN)	23.80*0.70*0.37*25+9.575*0.40*0.37*25+6.4375*0.25 *0.37*25+9.275*0.55*.0.37*25 =	196.568
	Duvar Ng (kN)	35.575*2.95*2.30 =	241.376
1.-14. NORMAL KAT	Döşeme Ng (kN)	(154.72)*6.22 =	962.358
	Döşeme Nq (kN)	(154.72)*3.50 =	541.520
	Merdiven Ng (kN)	(4.24)*8.00 =	33.920
	Merdiven Nq (kN)	(4.24)*5.00 =	21.200
	Kiriş Ng (kN)	23.80*0.70*0.37*25+9.575*0.40*0.37*25+6.4375*0.25 *0.37*25+9.275*0.55*.0.37*25 =	196.568
	Duvar Ng (kN)	35.575*2.95*2.30 =	241.376

Tablo B.5 P1 perdesine katlardan gelen yükler (devam)

ÇATI KATI	Döşeme Ng (kN)	(154.72)*6.295 =	973.962
	Döşeme Nq (kN)	(154.72)*2.00 =	309.440
	Merdiven Ng (kN)	(4.24)*8.00 =	33.920
	Merdiven Nq (kN)	(4.24)*5.00 =	21.200
	Kiriş Ng (kN)	23.80*0.70*0.37*25+9.575*0.40*0.37*25+6.4375*0.25 *0.37*25+9.275*0.55*.0.37*25 =	196.568

Tablo B.6 P2 perdesine katlardan gelen yükler

BODRUM KAT	Döşeme Ng (kN)	(27.32)*6.22 =	169.930
	Döşeme Nq (kN)	(27.32)*5.00 =	136.600
	Merdiven Ng (kN)	(4.24)*8.00 =	33.920
	Merdiven Nq (kN)	(4.24)*5.00 =	21.200
	Kiriş Ng (kN)	9.575*0.40*0.37*25+8.9875*0.25*0.37*25+4.20*0.40*0.37*25 =	71.751
	Duvar Ng (kN)	8.075*3.45*2.30 =	64.075
ZEMİN KAT	Döşeme Ng (kN)	(27.32)*6.22 =	169.930
	Döşeme Nq (kN)	(27.32)*5.00 =	136.600
	Merdiven Ng (kN)	(4.24)*8.00 =	33.920
	Merdiven Nq (kN)	(4.24)*5.00 =	21.200
	Kiriş Ng (kN)	9.575*0.40*0.37*25+8.9875*0.25*0.37*25+4.20*0.40*0.37*25 =	71.751
	Duvar Ng (kN)	8.075*2.95*2.30 =	54.789
1.-14. NORMAL KAT	Döşeme Ng (kN)	(27.32)*6.22 =	169.930
	Döşeme Nq (kN)	(27.32)*3.50 =	95.620
	Merdiven Ng (kN)	(4.24)*8.00 =	33.920
	Merdiven Nq (kN)	(4.24)*5.00 =	21.200
	Kiriş Ng (kN)	9.575*0.40*0.37*25+8.9875*0.25*0.37*25+4.20*0.40*0.37*25 =	71.751
	Duvar Ng (kN)	8.075*2.95*2.30 =	54.789

Tablo B.6 P2 perdesine katlardan gelen yükler (devam)

ÇATI KATI	Döşeme Ng (kN)	(27.32)*6.295 =	171.979
	Döşeme Nq (kN)	(27.32)*2.00 =	54.640
	Merdiven Ng (kN)	(4.24)*8.00 =	33.920
	Merdiven Nq (kN)	(4.24)*5.00 =	21.200
	Kiriş Ng (kN)	9.575*0.40*0.37*25+8.9875*0.25*0.37*25+4.20 *0.40*0.37*25 =	71.751

Ek C Bina-1 (17 Kat) Kolon Ön Boyut Tabloları

Tablo C.1 S1 kolonunda boyutların belirlenmesi

KATLAR	N_g (kN)	N_q (kN)	N_{gkolon} (kN)	ΣN_g (kN)	ΣN_q (kN)	ΣN_d (kN)	A_c (cm²)	Boyut
Çatı	169.66	34.37	18.44	188.10	34.37	318.32	351.7	50x50
14. Normal	193.79	60.14	18.44	400.32	94.50	711.65	786.2	50x50
13. Normal	193.79	60.14	18.44	612.55	154.64	1104.99	1220.8	50x50
12. Normal	193.79	60.14	18.44	824.77	214.78	1498.33	1655.4	50x50
11. Normal	193.79	60.14	26.55	1045.11	274.92	1903.02	2102.5	60x60
10. Normal	193.79	60.14	26.55	1265.45	335.06	2307.72	2549.6	60x60
9. Normal	193.79	60.14	26.55	1485.78	395.20	2712.41	2996.7	60x60
8. Normal	193.79	60.14	26.55	1706.12	455.34	3117.11	3443.8	60x60
7. Normal	193.79	60.14	36.14	1936.05	515.48	3535.22	3905.7	70x70
6. Normal	193.79	60.14	36.14	2165.97	575.61	3953.34	4367.7	70x70
5. Normal	193.79	60.14	36.14	2395.90	635.75	4371.46	4829.6	70x70
4. Normal	193.79	60.14	47.20	2636.88	695.89	4805.06	5308.6	80x80
3. Normal	193.79	60.14	47.20	2877.87	756.03	5238.67	5787.7	80x80
2. Normal	193.79	60.14	47.20	3118.86	816.17	5672.27	6266.7	80x80
1. Normal	193.79	60.14	59.74	3372.38	876.31	6123.43	6765.2	90x90
Zemin	197.42	85.91	69.86	3639.67	962.22	6635.08	7330.5	90x90
Bodrum	172.00	85.91	69.86	3881.53	1048.13	7111.15	7856.4	90x90

Tablo C.2 S2 kolonunda boyutların belirlenmesi

KATLAR	N_g (kN)	N_q (kN)	N_{gkolon} (kN)	ΣN_g (kN)	ΣN_q (kN)	ΣN_d (kN)	A_c (cm²)	Boyut
Çatı	249.42	55.15	36.14	285.56	55.15	488.02	494.5	70x70
14. Normal	296.80	96.51	36.14	618.50	151.66	1108.55	1123.2	70x70
13. Normal	296.80	96.51	36.14	951.44	248.16	1729.08	1751.9	70x70
12. Normal	296.80	96.51	36.14	1284.38	344.67	2349.61	2380.6	70x70
11. Normal	296.80	96.51	47.20	1628.38	441.18	2985.63	3025.0	80x80
10. Normal	296.80	96.51	47.20	1972.39	537.69	3621.64	3669.5	80x80
9. Normal	296.80	96.51	47.20	2316.39	634.20	4257.66	4313.9	80x80
8. Normal	296.80	96.51	47.20	2660.39	730.70	4893.68	4958.3	80x80
7. Normal	296.80	96.51	59.74	3016.93	827.21	5547.25	5620.5	90x90
6. Normal	296.80	96.51	59.74	3373.48	923.72	6200.82	6282.7	90x90
5. Normal	296.80	96.51	59.74	3730.02	1020.23	6854.39	6944.9	90x90
4. Normal	296.80	96.51	73.75	4100.57	1116.74	7527.58	7627.0	100x100
3. Normal	296.80	96.51	73.75	4471.12	1213.25	8200.76	8309.0	100x100
2. Normal	296.80	96.51	73.75	4841.68	1309.75	8873.95	8991.1	100x100
1. Normal	296.80	96.51	89.24	5227.72	1406.26	9568.82	9695.2	110x110
Zemin	304.32	139.47	104.36	5636.40	1545.73	10364.14	10501.0	110x110
Bodrum	284.04	139.47	104.36	6024.81	1685.21	11131.06	11278.0	110x110

Tablo C.3 S3 kolonunda boyutların belirlenmesi

KATLAR	N_g (kN)	N_q (kN)	N_{gkolon} (kN)	ΣN_g (kN)	ΣN_q (kN)	ΣN_d (kN)	A_c (cm²)	Boyut
Çatı	231.27	50.79	36.14	267.41	50.79	455.63	461.6	70x70
14. Normal	275.06	88.88	36.14	578.61	139.66	1033.52	1047.2	70x70
13. Normal	275.06	88.88	36.14	889.81	228.54	1611.40	1632.7	70x70
12. Normal	275.06	88.88	36.14	1201.02	317.41	2189.29	2218.2	70x70
11. Normal	275.06	88.88	47.20	1523.28	406.29	2782.66	2819.4	80x80
10. Normal	275.06	88.88	47.20	1845.54	495.17	3376.03	3420.6	80x80
9. Normal	275.06	88.88	47.20	2167.81	584.04	3969.40	4021.8	80x80
8. Normal	275.06	88.88	47.20	2490.07	672.92	4562.77	4623.0	80x80
7. Normal	275.06	88.88	59.74	2824.88	761.79	5173.70	5242.0	90x90
6. Normal	275.06	88.88	59.74	3159.68	850.67	5784.62	5861.0	90x90
5. Normal	275.06	88.88	59.74	3494.48	939.55	6395.54	6480.0	90x90
4. Normal	275.06	88.88	73.75	3843.29	1028.42	7026.09	7118.8	100x100
3. Normal	275.06	88.88	73.75	4192.11	1117.30	7656.63	7757.7	100x100
2. Normal	275.06	88.88	73.75	4540.92	1206.17	8287.17	8396.6	100x100
1. Normal	275.06	88.88	89.24	4905.22	1295.05	8939.39	9057.4	110x110
Zemin	277.62	126.97	104.36	5287.20	1422.02	9677.31	9805.1	110x110
Bodrum	264.46	126.97	104.36	5656.02	1548.98	10396.80	10534.1	110x110

Tablo C.4 S4 kolonunda boyutların belirlenmesi

KATLAR	N_g (kN)	N_q (kN)	N_{gkolon} (kN)	ΣN_g (kN)	ΣN_q (kN)	ΣN_d (kN)	A_c (cm²)	Boyut
Çatı	282.75	62.81	47.20	329.95	62.81	562.42	569.8	80x80
14. Normal	329.85	109.91	47.20	707.00	172.71	1266.14	1282.9	80x80
13. Normal	329.85	109.91	47.20	1084.05	282.62	1969.86	1995.9	80x80
12. Normal	329.85	109.91	47.20	1461.10	392.53	2673.58	2708.9	80x80
11. Normal	329.85	109.91	59.74	1850.68	502.44	3394.86	3439.7	90x90
10. Normal	329.85	109.91	59.74	2240.27	612.35	4116.13	4170.5	90x90
9. Normal	329.85	109.91	59.74	2629.85	722.26	4837.41	4901.3	90x90
8. Normal	329.85	109.91	59.74	3019.44	832.17	5558.68	5632.1	90x90
7. Normal	329.85	109.91	73.75	3423.04	942.08	6299.57	6382.7	100x100
6. Normal	329.85	109.91	73.75	3826.63	1051.98	7040.46	7133.4	100x100
5. Normal	329.85	109.91	73.75	4230.23	1161.89	7781.35	7884.1	100x100
4. Normal	329.85	109.91	89.24	4649.32	1271.80	8543.93	8656.7	110x110
3. Normal	329.85	109.91	89.24	5068.40	1381.71	9306.50	9429.4	110x110
2. Normal	329.85	109.91	89.24	5487.49	1491.62	10069.07	10202.0	110x110
1. Normal	329.85	109.91	106.20	5923.54	1601.53	10855.40	10998.7	120x120
Zemin	333.33	156.62	124.20	6381.06	1758.14	11746.52	11901.6	120x120
Bodrum	313.23	156.62	124.20	6818.50	1914.76	12609.51	12776.0	120x120

Tablo C.5 P1 perdesi normal kuvvetleri

KATLAR	N_g (kN)	N_q (kN)	N_{gkolon} (kN)	ΣN_g (kN)	ΣN_q (kN)	ΣN_d (kN)	A_c (cm²)	A_{mc} (cm²)
Çatı	1204.45	330.64	554.60	1759.05	330.64	2991.69	3031.2	75200
14. Normal	1434.22	562.72	554.60	3747.87	893.36	6676.40	6764.5	75200
13. Normal	1434.22	562.72	554.60	5736.70	1456.08	10361.10	10497.9	75200
12. Normal	1434.22	562.72	554.60	7725.52	2018.80	14045.81	14231.2	75200
11. Normal	1434.22	562.72	554.60	9714.34	2581.52	17730.51	17964.6	75200
10. Normal	1434.22	562.72	554.60	11703.17	3144.24	21415.22	21697.9	75200
9. Normal	1434.22	562.72	554.60	13691.99	3706.96	25099.92	25431.3	75200
8. Normal	1434.22	562.72	554.60	15680.81	4269.68	28784.62	29164.6	75200
7. Normal	1434.22	562.72	554.60	17669.64	4832.40	32469.33	32898.0	75200
6. Normal	1434.22	562.72	554.60	19658.46	5395.12	36154.03	36631.3	75200
5. Normal	1434.22	562.72	554.60	21647.28	5957.84	39838.74	40364.7	75200
4. Normal	1434.22	562.72	554.60	23636.10	6520.56	43523.44	44098.0	75200
3. Normal	1434.22	562.72	554.60	25624.93	7083.28	47208.15	47831.4	75200
2. Normal	1434.22	562.72	554.60	27613.75	7646.00	50892.85	51564.7	75200
1. Normal	1434.22	562.72	554.60	29602.57	8208.72	54577.55	55298.1	75200
Zemin	1434.22	794.80	648.60	31685.40	9003.52	58765.19	59541.0	75200
Bodrum	1475.13	794.80	648.60	33809.13	9798.32	63010.10	63842.0	75200

Tablo C.6 P2 perdesi normal kuvvetleri

KATLAR	N_g (kN)	N_q (kN)	N_{gkolon} (kN)	ΣN_g (kN)	ΣN_q (kN)	ΣN_d (kN)	A_c (cm²)	A_{mc} (cm²)
Çatı	277.65	75.84	129.06	406.71	75.84	690.74	699.9	17500
14. Normal	330.39	116.82	129.06	866.17	192.66	1520.89	1541.0	17500
13. Normal	330.39	116.82	129.06	1325.62	309.48	2351.03	2382.1	17500
12. Normal	330.39	116.82	129.06	1785.07	426.30	3181.18	3223.2	17500
11. Normal	330.39	116.82	129.06	2244.52	543.12	4011.33	4064.3	17500
10. Normal	330.39	116.82	129.06	2703.98	659.94	4841.47	4905.4	17500
9. Normal	330.39	116.82	129.06	3163.43	776.76	5671.62	5746.5	17500
8. Normal	330.39	116.82	129.06	3622.88	893.58	6501.76	6587.6	17500
7. Normal	330.39	116.82	129.06	4082.34	1010.40	7331.91	7428.7	17500
6. Normal	330.39	116.82	129.06	4541.79	1127.22	8162.06	8269.8	17500
5. Normal	330.39	116.82	129.06	5001.24	1244.04	8992.20	9110.9	17500
4. Normal	330.39	116.82	129.06	5460.69	1360.86	9822.35	9952.0	17500
3. Normal	330.39	116.82	129.06	5920.15	1477.68	10652.49	10793.1	17500
2. Normal	330.39	116.82	129.06	6379.60	1594.50	11482.64	11634.2	17500
1. Normal	330.39	116.82	129.06	6839.05	1711.32	12312.79	12475.3	17500
Zemin	330.39	157.80	150.94	7320.38	1869.12	13239.13	13413.9	17500

Ek D Bina-1, Bina-2 ve Bina3 Kat Sayısına Göre Belirlenen Kolon Boyutları

Tablo D.1 Bina-1 kat sayısına göre S1 kolonu boyutu

KAT	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
17	50x50														
16	50x50	50x50													
15	50x50	50x50	50x50												
14	50x50	50x50	50x50	50x50											
13	60x60	60x60	60x60	60x60	50x50										
12	60x60	60x60	60x60	60x60	50x50	50x50									
11	60x60	60x60	60x60	60x60	50x50	50x50	50x50								
10	60x60	60x60	60x60	60x60	50x50	50x50	50x50	50x50							
9	70x70	70x70	70x70	70x70	60x60	60x60	60x60	60x60	50x50						
8	70x70	70x70	70x70	70x70	60x60	60x60	60x60	60x60	50x50	50x50					
7	70x70	70x70	70x70	70x70	60x60	60x60	60x60	60x60	50x50	50x50	50x50				
6	80x80	80x80	80x80	80x80	70x70	70x70	70x70	70x70	60x60	60x60	50x50	50x50			
5	80x80	80x80	80x80	80x80	70x70	70x70	70x70	70x70	60x60	60x60	50x50	50x50	50x50		
4	80x80	80x80	80x80	80x80	70x70	70x70	70x70	70x70	60x60	60x60	50x50	50x50	50x50	50x50	
3	90x90	90x90	90x90	90x90	80x80	80x80	80x80	80x80	70x70	70x70	60x60	60x60	50x50	50x50	50x50
2	90x90	90x90	90x90	90x90	80x80	80x80	80x80	80x80	70x70	70x70	60x60	60x60	50x50	50x50	50x50
1	90x90	90x90	90x90	90x90	80x80	80x80	80x80	80x80	70x70	70x70	60x60	60x60	50x50	50x50	50x50

Tablo D.2 Bina-1 kat sayısına göre S2 kolonu boyutu

KAT	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
17	70x70														
16	70x70	70x70													
15	70x70	70x70	60x60												
14	70x70	70x70	60x60	55x55											
13	80x80	80x80	70x70	65x65	65x65										
12	80x80	80x80	70x70	65x65	65x65	60x60									
11	80x80	80x80	70x70	65x65	65x65	60x60	55x55								
10	80x80	80x80	70x70	65x65	65x65	60x60	55x55	50x50							
9	90x90	90x90	80x80	75x75	75x75	70x70	65x65	60x60	55x55						
8	90x90	90x90	80x80	75x75	75x75	70x70	65x65	60x60	55x55	55x55					
7	90x90	90x90	80x80	75x75	75x75	70x70	65x65	60x60	55x55	55x55	60x60				
6	100x100	100x100	90x90	85x85	85x85	80x80	75x75	70x70	65x65	65x65	60x60	55x55			
5	100x100	100x100	90x90	85x85	85x85	80x80	75x75	70x70	65x65	65x65	60x60	55x55	50x50		
4	100x100	100x100	90x90	85x85	85x85	80x80	75x75	70x70	65x65	65x65	60x60	55x55	50x50	50x50	
3	110x110	110x110	100x100	95x95	95x95	90x90	85x85	80x80	75x75	75x75	70x70	65x65	60x60	50x50	50x50
2	110x110	110x110	100x100	95x95	95x95	90x90	85x85	80x80	75x75	75x75	70x70	65x65	60x60	50x50	50x50
1	110x110	110x110	100x100	95x95	95x95	90x90	85x85	80x80	75x75	75x75	70x70	65x65	60x60	50x50	50x50

Tablo D.3 Bina-1 kat sayısına göre S3 kolonu boyutu

KAT	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
17	70x70														
16	70x70	60x60													
15	70x70	60x60	55x55												
14	70x70	60x60	55x55	55x55											
13	80x80	70x70	65x65	65x65	60x60										
12	80x80	70x70	65x65	65x65	60x60	55x55									
11	80x80	70x70	65x65	65x65	60x60	55x55	55x55								
10	80x80	70x70	65x65	65x65	60x60	55x55	55x55	50x50							
9	90x90	80x80	75x75	75x75	70x70	65x65	65x65	60x60	55x55						
8	90x90	80x80	75x75	75x75	70x70	65x65	65x65	60x60	55x55	50x50					
7	90x90	80x80	75x75	75x75	70x70	65x65	65x65	60x60	55x55	50x50	55x55				
6	100x100	90x90	85x85	85x85	80x80	75x75	75x75	70x70	65x65	60x60	55x55	50x50			
5	100x100	90x90	85x85	85x85	80x80	75x75	75x75	70x70	65x65	60x60	55x55	50x50	50x50		
4	100x100	90x90	85x85	85x85	80x80	75x75	75x75	70x70	65x65	60x60	55x55	50x50	50x50	50x50	
3	110x110	100x100	95x95	95x95	90x90	85x85	85x85	80x80	75x75	70x70	65x65	60x60	60x60	50x50	50x50
2	110x110	100x100	95x95	95x95	90x90	85x85	85x85	80x80	75x75	70x70	65x65	60x60	60x60	50x50	50x50
1	110x110	100x100	95x95	95x95	90x90	85x85	85x85	80x80	75x75	70x70	65x65	60x60	60x60	50x50	50x50

Tablo D.4 Bina-1 kat sayısına göre S4 kolonu boyutu

KAT	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
17	80x80														
16	80x80	70x70													
15	80x80	70x70	65x65												
14	80x80	70x70	65x65	65x65											
13	90x90	80x80	75x75	75x75	70x70										
12	90x90	80x80	75x75	75x75	70x70	65x65									
11	90x90	80x80	75x75	75x75	70x70	65x65	60x60								
10	90x90	80x80	75x75	75x75	70x70	65x65	60x60	55x55							
9	100x100	90x90	85x85	85x85	80x80	75x75	70x70	65x65	60x60						
8	100x100	90x90	85x85	85x85	80x80	75x75	70x70	65x65	60x60	55x55					
7	100x100	90x90	85x85	85x85	80x80	75x75	70x70	65x65	60x60	55x55	60x60				
6	110x110	100x100	95x95	95x95	90x90	85x85	80x80	75x75	70x70	65x65	60x60	55x55			
5	110x110	100x100	95x95	95x95	90x90	85x85	80x80	75x75	70x70	65x65	60x60	55x55	50x50		
4	110x110	100x100	95x95	95x95	90x90	85x85	80x80	75x75	70x70	65x65	60x60	55x55	50x50	55x55	
3	120x120	110x110	105x105	105x105	100x100	95x95	90x90	85x85	80x80	75x75	70x70	65x65	60x60	55x55	50x50
2	120x120	110x110	105x105	105x105	100x100	95x95	90x90	85x85	80x80	75x75	70x70	65x65	60x60	55x55	50x50
1	120x120	110x110	105x105	105x105	100x100	95x95	90x90	85x85	80x80	75x75	70x70	65x65	60x60	55x55	50x50

Tablo D.5 Bina-2 kat sayısına göre S1 kolonu boyutu

KAT	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
17	60x60														
16	60x60	60x60													
15	60x60	60x60	60x60												
14	60x60	60x60	60x60	60x60											
13	70x70	70x70	70x70	60x60	60x60										
12	70x70	70x70	70x70	60x60	60x60	60x60									
11	70x70	70x70	70x70	60x60	60x60	60x60	60x60								
10	70x70	70x70	70x70	60x60	60x60	60x60	60x60	60x60							
9	80x80	80x80	80x80	70x70	70x70	70x70	70x70	60x60	60x60						
8	80x80	80x80	80x80	70x70	70x70	70x70	70x70	60x60	60x60	60x60					
7	80x80	80x80	80x80	70x70	70x70	70x70	70x70	60x60	60x60	60x60	60x60				
6	90x90	90x90	90x90	80x80	80x80	80x80	80x80	70x70	70x70	70x70	60x60	60x60			
5	90x90	90x90	90x90	80x80	80x80	80x80	80x80	70x70	70x70	70x70	60x60	60x60	60x60		
4	90x90	90x90	90x90	80x80	80x80	80x80	80x80	70x70	70x70	70x70	60x60	60x60	60x60	60x60	
3	100x100	100x100	100x100	90x90	90x90	90x90	90x90	80x80	80x80	80x80	70x70	70x70	70x70	60x60	60x60
2	100x100	100x100	100x100	90x90	90x90	90x90	90x90	80x80	80x80	80x80	70x70	70x70	70x70	60x60	60x60
1	100x100	100x100	100x100	90x90	90x90	90x90	90x90	80x80	80x80	80x80	70x70	70x70	70x70	60x60	60x60

Tablo D.6 Bina-2 kat sayısına göre S2 kolonu boyutu

KAT	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
17	70x70														
16	70x70	65x65													
15	70x70	65x65	65x65												
14	70x70	65x65	65x65	70x70											
13	80x80	75x75	75x75	70x70	65x65										
12	80x80	75x75	75x75	70x70	65x65	60x60									
11	80x80	75x75	75x75	70x70	65x65	60x60	60x60								
10	80x80	75x75	75x75	70x70	65x65	60x60	60x60	65x65							
9	90x90	85x85	85x85	80x80	75x75	70x70	70x70	65x65	60x60						
8	90x90	85x85	85x85	80x80	75x75	70x70	70x70	65x65	60x60	60x60					
7	90x90	85x85	85x85	80x80	75x75	70x70	70x70	65x65	60x60	60x60	60x60				
6	100x100	95x95	95x95	90x90	85x85	80x80	80x80	75x75	70x70	70x70	60x60	60x60			
5	100x100	95x95	95x95	90x90	85x85	80x80	80x80	75x75	70x70	70x70	60x60	60x60	60x60		
4	100x100	95x95	95x95	90x90	85x85	80x80	80x80	75x75	70x70	70x70	60x60	60x60	60x60	60x60	
3	110x110	105x105	105x105	100x100	95x95	90x90	90x90	85x85	80x80	80x80	70x70	70x70	70x70	60x60	60x60
2	110x110	105x105	105x105	100x100	95x95	90x90	90x90	85x85	80x80	80x80	70x70	70x70	70x70	60x60	60x60
1	110x110	105x105	105x105	100x100	95x95	90x90	90x90	85x85	80x80	80x80	70x70	70x70	70x70	60x60	60x60

Tablo D.7 Bina-2 kat sayısına göre S3 kolonu boyutu

KAT	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
17	70x70														
16	70x70	70x70													
15	70x70	70x70	70x70												
14	70x70	70x70	70x70	70x70											
13	80x80	80x80	80x80	70x70	70x70										
12	80x80	80x80	80x80	70x70	70x70	70x70									
11	80x80	80x80	80x80	70x70	70x70	70x70	70x70								
10	80x80	80x80	80x80	70x70	70x70	70x70	70x70	70x70							
9	90x90	90x90	90x90	80x80	80x80	80x80	80x80	70x70	70x70						
8	90x90	90x90	90x90	80x80	80x80	80x80	80x80	70x70	70x70	70x70					
7	90x90	90x90	90x90	80x80	80x80	80x80	80x80	70x70	70x70	70x70	70x70				
6	100x100	100x100	100x100	90x90	90x90	90x90	90x90	80x80	80x80	80x80	70x70	70x70			
5	100x100	100x100	100x100	90x90	90x90	90x90	90x90	80x80	80x80	80x80	70x70	70x70	70x70		
4	100x100	100x100	100x100	90x90	90x90	90x90	90x90	80x80	80x80	80x80	70x70	70x70	70x70	70x70	
3	110x110	110x110	110x110	100x100	100x100	100x100	100x100	90x90	90x90	90x90	80x80	80x80	80x80	70x70	70x70
2	110x110	110x110	110x110	100x100	100x100	100x100	100x100	90x90	90x90	90x90	80x80	80x80	80x80	70x70	70x70
1	110x110	110x110	110x110	100x100	100x100	100x100	100x100	90x90	90x90	90x90	80x80	80x80	80x80	70x70	70x70

Tablo D.8 Bina-2 kat sayısına göre S4 kolonu boyutu

KAT	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
17	80x80														
16	80x80	80x80													
15	80x80	80x80	80x80												
14	80x80	80x80	80x80	80x80											
13	90x90	90x90	90x90	80x80	80x80										
12	90x90	90x90	90x90	80x80	80x80	80x80									
11	90x90	90x90	90x90	80x80	80x80	80x80	80x80								
10	90x90	90x90	90x90	80x80	80x80	80x80	80x80	80x80							
9	100x100	100x100	100x100	90x90	90x90	90x90	90x90	80x80	80x80						
8	100x100	100x100	100x100	90x90	90x90	90x90	90x90	80x80	80x80	80x80					
7	100x100	100x100	100x100	90x90	90x90	90x90	90x90	80x80	80x80	80x80	80x80				
6	110x110	110x110	110x110	100x100	100x100	100x100	100x100	90x90	90x90	90x90	80x80	80x80			
5	110x110	110x110	110x110	100x100	100x100	100x100	100x100	90x90	90x90	90x90	80x80	80x80	80x80		
4	110x110	110x110	110x110	100x100	100x100	100x100	100x100	90x90	90x90	90x90	80x80	80x80	80x80	80x80	
3	120x120	120x120	120x120	110x110	110x110	110x110	110x110	100x100	100x100	100x100	90x90	90x90	90x90	80x80	80x80
2	120x120	120x120	120x120	110x110	110x110	110x110	110x110	100x100	100x100	100x100	90x90	90x90	90x90	80x80	80x80
1	120x120	120x120	120x120	110x110	110x110	110x110	110x110	100x100	100x100	100x100	90x90	90x90	90x90	80x80	80x80

Tablo D.9 Bina-3 kat sayısına göre S1 kolonu boyutu

KAT	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
17	55x55														
16	55x55	55x55													
15	55x55	55x55	50x50												
14	55x55	55x55	50x50	50x50											
13	65x65	65x65	60x60	60x60	55x55										
12	65x65	65x65	60x60	60x60	55x55	50x50									
11	65x65	65x65	60x60	60x60	55x55	50x50	50x50								
10	65x65	65x65	60x60	60x60	55x55	50x50	50x50	50x50							
9	75x75	75x75	70x70	70x70	65x65	60x60	60x60	60x60	50x50						
8	75x75	75x75	70x70	70x70	65x65	60x60	60x60	60x60	50x50	50x50					
7	75x75	75x75	70x70	70x70	65x65	60x60	60x60	60x60	50x50	50x50	50x50				
6	85x85	85x85	80x80	80x80	75x75	70x70	70x70	70x70	60x60	60x60	50x50	50x50			
5	85x85	85x85	80x80	80x80	75x75	70x70	70x70	70x70	60x60	60x60	50x50	50x50	50x50		
4	85x85	85x85	80x80	80x80	75x75	70x70	70x70	70x70	60x60	60x60	50x50	50x50	50x50	50x50	
3	95x95	95x95	90x90	90x90	85x85	80x80	80x80	80x80	70x70	70x70	60x60	60x60	60x60	50x50	50x50
2	95x95	95x95	90x90	90x90	85x85	80x80	80x80	80x80	70x70	70x70	60x60	60x60	60x60	50x50	50x50
1	95x95	95x95	90x90	90x90	85x85	80x80	80x80	80x80	70x70	70x70	60x60	60x60	60x60	50x50	50x50

Tablo D.10 Bina-3 kat sayısına göre S2 kolonu boyutu

KAT	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
17	75x75														
16	75x75	70x70													
15	75x75	70x70	65x65												
14	75x75	70x70	65x65	60x60											
13	85x85	80x80	75x75	70x70	70x70										
12	85x85	80x80	75x75	70x70	70x70	65x65									
11	85x85	80x80	75x75	70x70	70x70	65x65	60x60								
10	85x85	80x80	75x75	70x70	70x70	65x65	60x60	55x55							
9	95x95	90x90	85x85	80x80	80x80	75x75	70x70	65x65	60x60						
8	95x95	90x90	85x85	80x80	80x80	75x75	70x70	65x65	60x60	55x55					
7	95x95	90x90	85x85	80x80	80x80	75x75	70x70	65x65	60x60	55x55	50x50				
6	105x105	100x100	95x95	90x90	90x90	85x85	80x80	75x75	70x70	65x65	60x60	55x55			
5	105x105	100x100	95x95	90x90	90x90	85x85	80x80	75x75	70x70	65x65	60x60	55x55	50x50		
4	105x105	100x100	95x95	90x90	90x90	85x85	80x80	75x75	70x70	65x65	60x60	55x55	50x50	55x55	
3	115x115	110x110	105x105	100x100	100x100	95x95	90x90	85x85	80x80	75x75	70x70	65x65	60x60	55x55	50x50
2	115x115	110x110	105x105	100x100	100x100	95x95	90x90	85x85	80x80	75x75	70x70	65x65	60x60	55x55	50x50
1	115x115	110x110	105x105	100x100	100x100	95x95	90x90	85x85	80x80	75x75	70x70	65x65	60x60	55x55	50x50

Tablo D.11 Bina-3 kat sayısına göre S3 kolonu boyutu

KAT	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
17	70x70														
16	70x70	65x65													
15	70x70	65x65	60x60												
14	70x70	65x65	60x60	60x60											
13	80x80	75x75	70x70	70x70	65x65										
12	80x80	75x75	70x70	70x70	65x65	60x60									
11	80x80	75x75	70x70	70x70	65x65	60x60	55x55								
10	80x80	75x75	70x70	70x70	65x65	60x60	55x55	55x55							
9	90x90	85x85	80x80	80x80	75x75	70x70	65x65	65x65	60x60						
8	90x90	85x85	80x80	80x80	75x75	70x70	65x65	65x65	60x60	55x55					
7	90x90	85x85	80x80	80x80	75x75	70x70	65x65	65x65	60x60	55x55	50x50				
6	100x100	95x95	90x90	90x90	85x85	80x80	75x75	75x75	70x70	65x65	60x60	55x55			
5	100x100	95x95	90x90	90x90	85x85	80x80	75x75	75x75	70x70	65x65	60x60	55x55	50x50		
4	100x100	95x95	90x90	90x90	85x85	80x80	75x75	75x75	70x70	65x65	60x60	55x55	50x50	50x50	
3	110x110	105x105	100x100	100x100	95x95	90x90	85x85	85x85	80x80	75x75	70x70	65x65	60x60	50x50	50x50
2	110x110	105x105	100x100	100x100	95x95	90x90	85x85	85x85	80x80	75x75	70x70	65x65	60x60	50x50	50x50
1	110x110	105x105	100x100	100x100	95x95	90x90	85x85	85x85	80x80	75x75	70x70	65x65	60x60	50x50	50x50

Tablo D.12 Bina-3 kat sayısına göre S4 kolonu boyutu

KAT	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
17	80x80														
16	80x80	75x75													
15	80x80	75x75	70x70												
14	80x80	75x75	70x70	70x70											
13	90x90	85x85	80x80	80x80	75x75										
12	90x90	85x85	80x80	80x80	75x75	70x70									
11	90x90	85x85	80x80	80x80	75x75	70x70	65x65								
10	90x90	85x85	80x80	80x80	75x75	70x70	65x65	60x60							
9	100x100	95x95	90x90	90x90	85x85	80x80	75x75	70x70	65x65						
8	100x100	95x95	90x90	90x90	85x85	80x80	75x75	70x70	65x65	60x60					
7	100x100	95x95	90x90	90x90	85x85	80x80	75x75	70x70	65x65	60x60	55x55				
6	110x110	105x105	100x100	100x100	95x95	90x90	85x85	80x80	75x75	70x70	65x65	60x60			
5	110x110	105x105	100x100	100x100	95x95	90x90	85x85	80x80	75x75	70x70	65x65	60x60	55x55		
4	110x110	105x105	100x100	100x100	95x95	90x90	85x85	80x80	75x75	70x70	65x65	60x60	55x55	55x55	
3	120x120	115x115	110x110	110x110	105x105	100x100	95x95	90x90	85x85	80x80	75x75	70x70	65x65	55x55	50x50
2	120x120	115x115	110x110	110x110	105x105	100x100	95x95	90x90	85x85	80x80	75x75	70x70	65x65	55x55	50x50
1	120x120	115x115	110x110	110x110	105x105	100x100	95x95	90x90	85x85	80x80	75x75	70x70	65x65	55x55	50x50

Ek E Bina-2 ve Bina-3 17 Katlı Modellere Göre Toplam Yapı Ağırlıkları, Yapı Periyotları ve Taban Kesme Kuvvetleri

Tablo E.1 Bina-2 (17 kat) toplam yapı ağırlıkları, yapı periyotları ve taban kesme kuvvetleri

KAT SAYISI	H_N (m)	YAPI PER.		BİNA AĞIRLIĞI (kN)	T_{1A}	TDY ne göre		Z2		Ta = 0.15		Tb = 0.4	
		T_{1x}	T_{1y}			T_{1x}	T_{1y}	$S(T_{1x})$	$A(T_{1x})$	Vtx (kN)	$S(T_{1y})$	$A(T_{1y})$	Vty (kN)
17	60.5	1.7176	1.5594	196352.68	1.0846	1.4100	1.4100	0.9124	0.3650	10237.711	0.9124	0.3650	10237.711
16	57	1.5840	1.4261	184746.72	1.0372	1.3484	1.3484	0.9457	0.3783	9983.230	0.9457	0.3783	9983.230
15	53.5	1.4546	1.2981	173603.35	0.9891	1.4546	1.2981	0.8900	0.3560	8829.034	0.9749	0.3899	9670.780
14	50	1.3278	1.1723	159911.37	0.9402	1.3278	1.1723	0.9574	0.3829	8748.290	1.0577	0.4231	9664.920
13	46.5	1.2016	1.0515	148409.49	0.8903	1.2016	1.0515	1.0370	0.4148	8794.349	1.1538	0.4615	9785.076
12	43	1.0785	0.9356	136968.56	0.8396	1.0785	0.9356	1.1307	0.4523	8849.418	1.2668	0.5067	9915.136
11	39.5	0.9583	0.8249	125844.56	0.7878	0.9583	0.8249	1.2428	0.4971	8936.824	1.4011	0.5604	10075.425
10	36	0.8416	0.7184	113035.06	0.7348	0.8416	0.7184	1.3788	0.5515	8905.915	1.5649	0.6260	10108.112
9	32.5	0.7276	0.6179	101681.16	0.6806	0.7276	0.6179	1.5491	0.6196	9000.700	1.7654	0.7062	10257.839
8	29	0.6180	0.5237	90557.15	0.6248	0.6180	0.5237	1.7652	0.7061	9134.440	2.0152	0.8061	10428.135
7	25.5	0.5137	0.4352	78213.95	0.5674	0.5137	0.4352	2.0465	0.8186	9146.744	2.3369	0.9348	10444.390
6	22	0.4143	0.3536	67089.95	0.5079	0.4143	0.3536	2.4307	0.9723	9318.703	2.5000	1.0000	9584.278
5	18.5	0.3221	0.2788	55965.95	0.4460	0.3221	0.2788	2.5000	1.0000	7995.135	2.5000	1.0000	7995.135
4	15	0.2384	0.2111	44244.54	0.3811	0.2384	0.2111	2.5000	1.0000	6320.649	2.5000	1.0000	6320.649
3	11.5	0.1638	0.1504	33120.54	0.3122	0.1638	0.1504	2.5000	1.0000	4731.506	2.5000	1.0000	4731.506

Tablo E.2 Bina-3 (17 kat) toplam yapı ağırlıkları, yapı periyotları ve taban kesme kuvvetleri

KAT SAYISI	H_N (m)	YAPI PER.		BİNA AĞIRLIĞI (kN)	T_{1A}	TDY ne göre		Z2		Ta = 0.15		Tb = 0.4	
		T_{1x}	T_{1y}			T_{1x}	T_{1y}	$S(T_{1x})$	$A(T_{1x})$	Vtx (kN)	$S(T_{1y})$	$A(T_{1y})$	Vty (kN)
17	60.5	1.8497	1.5485	208769.61	1.0846	1.4100	1.4100	0.9124	0.3650	10885.123	0.9124	0.3650	10885.123
16	57	1.7000	1.4061	195432.61	1.0372	1.3484	1.3484	0.9457	0.3783	10560.668	0.9457	0.3783	10560.668
15	53.5	1.5538	1.2685	181947.85	0.9891	1.5538	1.2685	0.8443	0.3377	8777.701	0.9930	0.3972	10324.392
14	50	1.4121	1.1380	169817.54	0.9402	1.4121	1.1380	0.9114	0.3645	8843.825	1.0831	0.4332	10510.387
13	46.5	1.2727	1.0114	157052.23	0.8903	1.2727	1.0114	0.9904	0.3962	8888.188	1.1903	0.4761	10682.077
12	43	1.1346	0.8893	143982.68	0.8396	1.1346	0.8893	1.0857	0.4343	8932.767	1.3193	0.5277	10854.794
11	39.5	1.0014	0.7743	131381.27	0.7878	1.0014	0.7743	1.1998	0.4799	9007.356	1.4739	0.5895	11065.117
10	36	0.8733	0.6666	119183.21	0.7348	0.8733	0.6666	1.3386	0.5354	9116.629	1.6615	0.6646	11315.475
9	32.5	0.7489	0.5652	106485.30	0.6806	0.7489	0.5652	1.5137	0.6055	9210.868	1.8959	0.7584	11536.601
8	29	0.6300	0.4714	94221.50	0.6248	0.6300	0.4714	1.7383	0.6953	9358.958	2.1922	0.8769	11802.888
7	25.5	0.5176	0.3857	81862.99	0.5674	0.5176	0.3857	2.0342	0.8137	9515.730	2.5000	1.0000	11694.712
6	22	0.4129	0.3086	69882.18	0.5079	0.4129	0.3086	2.4373	0.9749	9732.860	2.5000	1.0000	9983.169
5	18.5	0.3164	0.2398	57931.67	0.4460	0.3164	0.2398	2.5000	1.0000	8275.953	2.5000	1.0000	8275.953
4	15	0.2306	0.1799	45936.66	0.3811	0.2306	0.1799	2.5000	1.0000	6562.381	2.5000	1.0000	6562.381
3	11.5	0.1639	0.1342	34218.11	0.3122	0.1639	0.1342	2.5000	1.0000	4888.301	2.3420	0.9368	4579.360

Ek F Bina-2 ve Bina-3 (3-17 Kat) Modal Analiz Sonuçları

Tablo F.1 Bina-2 (3 - 17 kat) α_m, taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve scaler çarpanın hesabı

KAT SAYISI	TDY ne göre		X Yönü				Y Yönü				R	Sc
	T1x	T1y	M_{DX}	M_{PX}	M_{KX}	α_{MX}	M_{DY}	M_{PY}	M_{KY}	α_{MY}		
17	1.4100	1.4100	248688.083	69672.548	127859.370	0.7943	239016.941	71616.882	129747.000	0.8425	6.6301	0.6033
16	1.3484	1.3484	235659.074	68940.138	119880.917	0.8012	226303.861	70567.667	122585.600	0.8535	6.5859	0.6074
15	1.4546	1.2981	223009.083	66881.660	111672.461	0.8007	214196.813	69202.514	115500.200	0.8623	6.5508	0.6106
14	1.3278	1.1723	207045.272	66572.370	102923.681	0.8186	199196.876	68463.428	107454.300	0.8831	6.4675	0.6185
13	1.2016	1.0515	193905.491	65107.181	94755.234	0.8244	187421.333	67230.035	100371.400	0.8942	6.4230	0.6228
12	1.0785	0.9356	180890.099	63658.588	86656.686	0.8310	176118.724	66014.290	93398.720	0.9051	6.3794	0.6270
11	0.9583	0.8249	168390.855	62223.183	78575.683	0.8361	179602.052	64756.170	86584.890	0.8426	6.6294	0.6034
10	0.8416	0.7184	153608.560	60765.654	70125.741	0.8521	153721.199	63925.046	79425.180	0.9325	6.2699	0.6380
9	0.7276	0.6179	140663.927	59124.876	62077.519	0.8616	143245.864	62504.336	72341.450	0.9414	6.2346	0.6416
8	0.6180	0.5237	127971.972	57306.367	54020.019	0.8699	132775.710	60842.706	65012.700	0.9479	6.2085	0.6443
7	0.5137	0.4352	113126.183	55041.498	45679.107	0.8903	121105.759	59307.834	57231.620	0.9623	6.1508	0.6503
6	0.4143	0.3536	99142.517	52019.284	37346.476	0.9014	98050.573	52076.378	43807.290	0.9779	6.0884	0.6570
5	0.3221	0.2788	73045.438	41719.033	25089.304	0.9146	71777.218	41081.404	29642.000	0.9853	6.0587	0.6602
4	0.2384	0.2111	47915.014	30455.959	14594.155	0.9402	49048.980	30902.398	18155.600	1.0000	6.0000	0.6667
3	0.1638	0.1504	29744.610	20806.903	7493.636	0.9515	29970.640	20937.216	9285.285	1.0000	6.0000	0.6667

Tablo F.2 Bina-2 (3 - 17 kat) modal analiz sonucunda oluşan taban kesme kuvvetleri ve eşdeğer deprem yükü yöntemine göre kontrolü

KAT SAYISI	TDY ne göre		R	X Yönü				Y Yönü					
	T1x	T1y		S(T1x)	A(T1x)	Vtx	Vtbx	S(T1y)	A(T1y)	Vty	Vtby	Cx	Cy
17	1.4100	1.4100	6.6301	0.9124	0.3650	10808.83	7449.38	0.9124	0.3650	10808.83	7540.33	1.4510	1.4335
16	1.3484	1.3484	6.5859	0.9457	0.3783	10610.87	7512.50	0.9457	0.3783	10610.87	7370.66	1.4124	1.4396
15	1.4546	1.2981	6.5508	0.8900	0.3560	9434.48	7525.92	0.9749	0.3899	10333.95	7287.98	1.2536	1.4179
14	1.3278	1.1723	6.4675	0.9574	0.3829	9468.64	7382.82	1.0577	0.4231	10460.74	7162.27	1.2825	1.4605
13	1.2016	1.0515	6.4230	1.0370	0.4148	9584.37	7307.77	1.1538	0.4615	10664.10	7113.94	1.3115	1.4990
12	1.0785	0.9356	6.3794	1.1307	0.4523	9710.28	7245.63	1.2668	0.5067	10879.67	7098.24	1.3402	1.5327
11	0.9583	0.8249	6.6294	1.2428	0.4971	9436.40	6904.59	1.4011	0.5604	10638.64	6821.59	1.3667	1.5596
10	0.8416	0.7184	6.2699	1.3788	0.5515	9943.02	7136.96	1.5649	0.6260	11285.22	7173.86	1.3932	1.5731
9	0.7276	0.6179	6.2346	1.5491	0.6196	10105.74	7134.64	1.7654	0.7062	11517.22	7290.13	1.4164	1.5798
8	0.6180	0.5237	6.2085	1.7652	0.7061	10298.99	7156.77	2.0152	0.8061	11757.62	7422.82	1.4391	1.5840
7	0.5137	0.4352	6.1508	2.0465	0.8186	10409.54	7072.61	2.3369	0.9348	11886.34	7590.39	1.4718	1.5660
6	0.4143	0.3536	6.0884	2.4307	0.9723	10713.97	7100.60	2.5000	1.0000	11019.31	7094.47	1.5089	1.5532
5	0.3221	0.2788	6.0587	2.5000	1.0000	9237.25	6150.41	2.5000	1.0000	9237.25	6118.13	1.5019	1.5098
4	0.2384	0.2111	6.0000	2.5000	1.0000	7374.09	4914.14	2.5000	1.0000	7374.09	5096.30	1.5006	1.4470
3	0.1638	0.1504	6.0000	2.5000	1.0000	5520.09	3852.01	2.5000	1.0000	5520.09	3937.64	1.4330	1.4019

Tablo F.3 Bina-3 (3 - 17 kat) α_m, taşıyıcı sistem davranış katsayısı ve scaler çarpanın hesabı

KAT SAYISI	TDY ne göre		X Yönü				Y Yönü				R	Sc
	T1x	T1y	M_{DX}	M_{PX}	M_{KX}	α_{MX}	M_{DY}	M_{PY}	M_{KY}	α_{MY}		
17	1.4100	1.4100	255865.440	70066.629	138096.420	0.8136	259701.220	61921.572	145089.000	0.7971	6.0000	0.6667
16	1.3484	1.3484	242303.507	69267.467	130117.664	0.8229	245397.092	60351.115	139145.400	0.8130	6.0000	0.6667
15	1.5538	1.2685	228330.046	68136.689	122174.050	0.8335	230821.081	58930.011	132972.700	0.8314	6.0000	0.6667
14	1.4121	1.1380	215672.215	66576.071	114448.933	0.8394	218256.533	57476.257	127278.100	0.8465	6.0000	0.6667
13	1.2727	1.0114	202455.320	65028.495	106509.380	0.8473	205397.066	56030.581	121245.700	0.8631	6.0000	0.6667
12	1.1346	0.8893	189020.455	63476.418	98510.171	0.8570	192677.299	54585.915	115134.700	0.8809	6.0000	0.6667
11	1.0014	0.7743	176119.304	61951.354	90635.045	0.8664	180946.941	53132.004	109240.100	0.8973	6.0000	0.6667
10	0.8733	0.6666	163696.821	60420.353	82879.920	0.8754	170080.724	51630.126	103488.600	0.9120	6.0000	0.6667
9	0.7489	0.5652	150856.725	58760.331	74964.817	0.8864	158992.091	49964.598	97402.630	0.9269	6.0000	0.6667
8	0.6300	0.4714	138387.548	56997.209	67185.675	0.8974	148295.849	48151.799	91176.250	0.9395	6.0000	0.6667
7	0.5176	0.3857	125668.117	54937.248	59376.867	0.9097	130423.602	44077.377	80231.100	0.9531	6.0000	0.6667
6	0.4129	0.3086	113068.295	52594.769	51547.587	0.9211	101220.656	35656.132	61630.470	0.9611	6.0000	0.6667
5	0.3164	0.2398	83577.818	41552.100	36465.176	0.9335	73890.030	27170.897	44680.460	0.9724	6.0000	0.6667
4	0.2306	0.1799	55519.963	29650.888	22959.008	0.9476	50615.159	19613.831	29986.130	0.9799	6.0000	0.6667
3	0.1639	0.1342	35028.628	20057.878	13540.312	0.9592	31151.301	12937.432	17828.810	0.9876	6.0000	0.6667

Tablo F.4 Bina-3 (3 - 17 kat) modal analiz sonucunda oluşan taban kesme kuvvetleri ve eşdeğer deprem yükü yöntemine göre kontrolü

KAT SAYISI	TDY ne göre		R	X Yönü				Y Yönü					
	T1x	T1y		S(T1x)	A(T1x)	Vtx	Vtbx	S(T1y)	A(T1y)	Vty	Vtby	Cx	Cy
17	1.4100	1.4100	6.0000	0.9124	0.3650	12699.310	8889.833	0.9124	0.3650	12699.310	9133.003	1.4285	1.3905
16	1.3484	1.3484	6.0000	0.9457	0.3783	12320.779	8919.988	0.9457	0.3783	12320.779	8905.659	1.3813	1.3835
15	1.5538	1.2685	6.0000	0.8443	0.3377	10240.651	8811.555	0.9930	0.3972	12045.125	8682.867	1.1622	1.3872
14	1.4121	1.1380	6.0000	0.9114	0.3645	10317.796	8657.893	1.0831	0.4332	12262.118	8539.577	1.1917	1.4359
13	1.2727	1.0114	6.0000	0.9904	0.3962	10369.553	8471.473	1.1903	0.4761	12462.423	8398.425	1.2241	1.4839
12	1.1346	0.8893	6.0000	1.0857	0.4343	10421.561	8297.428	1.3193	0.5277	12663.926	8287.028	1.2560	1.5282
11	1.0014	0.7743	6.0000	1.1998	0.4799	10508.582	8170.056	1.4739	0.5895	12909.303	8244.879	1.2862	1.5657
10	0.8733	0.6666	6.0000	1.3386	0.5354	10636.067	8092.985	1.6615	0.6646	13201.387	8283.293	1.3142	1.5937
9	0.7489	0.5652	6.0000	1.5137	0.6055	10746.012	8022.484	1.8959	0.7584	13459.368	8318.310	1.3395	1.6180
8	0.6300	0.4714	6.0000	1.7383	0.6953	10918.784	8013.188	2.1922	0.8769	13770.036	8472.731	1.3626	1.6252
7	0.5176	0.3857	6.0000	2.0342	0.8137	11101.685	7999.113	2.5000	1.0000	13643.831	8326.283	1.3879	1.6386
6	0.4129	0.3086	6.0000	2.4373	0.9749	11355.004	8132.852	2.5000	1.0000	11647.030	7406.551	1.3962	1.5725
5	0.3164	0.2398	6.0000	2.5000	1.0000	9655.279	7035.447	2.5000	1.0000	9655.279	6356.255	1.3724	1.5190
4	0.2306	0.1799	6.0000	2.5000	1.0000	7656.111	5650.925	2.5000	1.0000	7656.111	5272.545	1.3548	1.4521
3	0.1639	0.1342	6.0000	2.5000	1.0000	5703.018	4430.508	2.3420	0.9368	5342.587	4028.332	1.2872	1.3263

Ek G Bina-1, Bina-2 ve Bina3 Kat Sayısına Göre Burulma ve Katlar Arası Rijitlik Düzensizlikleri

Tablo G.1 Bina-1 kat sayısına göre x yönü kat burulma düzensizlik katsayıları

KAT	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
17	1.191														
16	1.196	1.190													
15	1.198	1.195	1.189												
14	1.201	1.199	1.195	1.187											
13	1.200	1.199	1.196	1.191	1.182										
12	1.201	1.200	1.199	1.195	1.189	1.180									
11	1.201	1.201	1.201	1.198	1.194	1.187	1.177								
10	1.202	1.202	1.202	1.201	1.199	1.193	1.185	1.173							
9	1.201	1.201	1.201	1.201	1.200	1.196	1.190	1.180	1.176						
8	1.202	1.202	1.203	1.203	1.202	1.200	1.196	1.188	1.168	1.147					
7	1.204	1.204	1.205	1.205	1.205	1.204	1.201	1.195	1.180	1.161	1.141				
6	1.205	1.205	1.206	1.206	1.206	1.205	1.203	1.199	1.188	1.172	1.151	1.147			
5	1.208	1.208	1.209	1.209	1.208	1.208	1.206	1.203	1.195	1.182	1.159	1.158	1.104		
4	1.212	1.213	1.213	1.212	1.212	1.211	1.210	1.207	1.200	1.189	1.166	1.167	1.121	1.056	
3	1.217	1.218	1.217	1.217	1.216	1.214	1.213	1.210	1.203	1.193	1.170	1.172	1.134	1.072	1.090
2	1.228	1.230	1.229	1.228	1.227	1.225	1.222	1.219	1.212	1.202	1.177	1.184	1.153	1.090	1.117
1	1.245	1.248	1.247	1.246	1.244	1.242	1.239	1.233	1.226	1.216	1.214	1.225	1.194	1.127	1.160

Tablo G.2 Bina-1 kat sayısına göre y yönü kat burulma düzensizlik katsayıları

KAT	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
17	1.215														
16	1.221	1.205													
15	1.228	1.215	1.201												
14	1.236	1.224	1.210	1.194											
13	1.243	1.231	1.217	1.201	1.176										
12	1.250	1.240	1.226	1.210	1.185	1.167									
11	1.257	1.247	1.234	1.218	1.195	1.177	1.155								
10	1.264	1.255	1.242	1.226	1.204	1.188	1.167	1.139							
9	1.268	1.259	1.246	1.231	1.210	1.194	1.174	1.147	1.129						
8	1.273	1.264	1.252	1.238	1.218	1.202	1.183	1.158	1.141	1.148					
7	1.277	1.269	1.257	1.243	1.225	1.210	1.192	1.167	1.154	1.167	1.171				
6	1.279	1.270	1.259	1.245	1.229	1.214	1.196	1.172	1.159	1.175	1.185	1.170			
5	1.282	1.273	1.262	1.248	1.235	1.221	1.204	1.180	1.167	1.186	1.196	1.184	1.185		
4	1.284	1.275	1.264	1.252	1.242	1.228	1.211	1.188	1.176	1.195	1.206	1.196	1.200	1.195	
3	1.285	1.277	1.265	1.257	1.247	1.233	1.216	1.193	1.183	1.202	1.212	1.203	1.209	1.210	1.203
2	1.290	1.281	1.273	1.269	1.259	1.246	1.229	1.206	1.198	1.217	1.227	1.217	1.224	1.225	1.221
1	1.288	1.280	1.279	1.276	1.269	1.256	1.241	1.219	1.217	1.235	1.246	1.237	1.244	1.245	1.240

Tablo G.3 Bina-1 kat sayısına göre x yönü katlar arası rijitlik düzensizliği

KAT	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
17	1.000														
16	1.058	1.000													
15	1.059	1.059	1.000												
14	1.061	1.062	1.061	1.000											
13	1.049	1.054	1.055	1.057	1.000										
12	1.048	1.055	1.061	1.066	1.069	1.000									
11	1.039	1.045	1.052	1.061	1.067	1.070	1.000								
10	1.032	1.037	1.044	1.053	1.062	1.069	1.075	1.000							
9	1.017	1.021	1.026	1.034	1.042	1.052	1.061	1.069	1.000						
8	1.012	1.016	1.020	1.027	1.035	1.045	1.058	1.070	1.110	1.000					
7	0.998	1.002	1.006	1.011	1.018	1.027	1.039	1.053	1.070	1.091	1.000				
6	0.977	0.980	0.982	0.986	0.991	0.998	1.008	1.020	1.035	1.056	1.103	1.000			
5	0.958	0.961	0.964	0.968	0.972	0.978	0.986	0.997	1.011	1.032	1.066	1.108	1.000		
4	0.923	0.926	0.929	0.932	0.936	0.941	0.947	0.956	0.967	0.985	1.014	1.052	1.104	1.000	
3	0.866	0.869	0.871	0.873	0.876	0.880	0.885	0.891	0.899	0.911	0.931	0.960	1.005	1.096	1.000
2	0.875	0.879	0.882	0.885	0.888	0.892	0.898	0.904	0.912	0.924	0.942	0.965	0.999	1.065	1.206
1	0.466	0.471	0.476	0.478	0.484	0.489	0.494	0.499	0.508	0.517	0.521	0.535	0.558	0.590	0.643

Tablo G.4 Bina-1 kat sayısına göre y yönü katlar arası rijitlik düzensizliği

KAT	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
17	1.000														
16	1.049	1.000													
15	1.041	1.055	1.000												
14	1.042	1.049	1.059	1.000											
13	1.026	1.036	1.041	1.054	1.000										
12	1.029	1.038	1.048	1.057	1.073	1.000									
11	1.019	1.027	1.036	1.048	1.060	1.076	1.000								
10	1.013	1.020	1.029	1.040	1.054	1.067	1.086	1.000							
9	0.998	1.003	1.009	1.018	1.030	1.044	1.061	1.082	1.000						
8	0.997	1.001	1.007	1.015	1.025	1.039	1.057	1.078	1.108	1.000					
7	0.986	0.990	0.994	1.001	1.009	1.021	1.037	1.058	1.084	1.122	1.000				
6	0.967	0.969	0.972	0.977	0.982	0.991	1.004	1.021	1.043	1.075	1.141	1.000			
5	0.954	0.957	0.960	0.964	0.968	0.976	0.987	1.001	1.021	1.050	1.091	1.157	1.000		
4	0.923	0.926	0.929	0.932	0.935	0.942	0.951	0.962	0.978	1.001	1.036	1.087	1.174	1.000	
3	0.872	0.875	0.877	0.877	0.881	0.886	0.892	0.900	0.912	0.928	0.951	0.988	1.052	1.183	1.000
2	0.903	0.908	0.909	0.911	0.916	0.922	0.929	0.937	0.949	0.963	0.982	1.015	1.063	1.149	1.353
1	0.502	0.510	0.514	0.518	0.526	0.533	0.540	0.548	0.561	0.571	0.586	0.606	0.633	0.674	0.746

Tablo G.5 Bina-2 kat sayısına göre x yönü kat burulma düzensizlik katsayıları

KAT	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
17	1.179														
16	1.183	1.177													
15	1.184	1.182	1.175												
14	1.186	1.185	1.181	1.174											
13	1.186	1.185	1.183	1.180	1.172										
12	1.186	1.186	1.185	1.183	1.179	1.170									
11	1.187	1.187	1.186	1.186	1.183	1.178	1.168								
10	1.187	1.187	1.187	1.188	1.187	1.183	1.177	1.168							
9	1.187	1.187	1.187	1.189	1.188	1.187	1.183	1.178	1.167						
8	1.188	1.188	1.188	1.190	1.191	1.191	1.189	1.186	1.179	1.167					
7	1.190	1.190	1.190	1.193	1.194	1.194	1.194	1.193	1.189	1.181	1.165				
6	1.191	1.192	1.192	1.195	1.196	1.197	1.198	1.199	1.197	1.191	1.179	1.168			
5	1.195	1.196	1.197	1.199	1.200	1.201	1.203	1.205	1.204	1.201	1.191	1.184	1.157		
4	1.199	1.201	1.202	1.205	1.205	1.207	1.208	1.210	1.211	1.210	1.201	1.197	1.172	1.094	
3	1.205	1.208	1.209	1.211	1.212	1.213	1.214	1.216	1.217	1.217	1.210	1.207	1.183	1.114	1.070
2	1.218	1.221	1.223	1.225	1.226	1.226	1.227	1.229	1.230	1.230	1.223	1.221	1.194	1.137	1.095
1	1.236	1.241	1.242	1.247	1.247	1.247	1.247	1.250	1.250	1.249	1.243	1.239	1.222	1.174	1.132

Tablo G.6 Bina-2 kat sayısına göre y yönü kat burulma düzensizlik katsayıları

KAT	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
17	1.208														
16	1.216	1.205													
15	1.224	1.212	1.197												
14	1.232	1.220	1.205	1.179											
13	1.240	1.227	1.212	1.188	1.172										
12	1.248	1.234	1.219	1.196	1.181	1.162									
11	1.255	1.242	1.227	1.204	1.189	1.171	1.149								
10	1.262	1.248	1.233	1.211	1.197	1.180	1.160	1.125							
9	1.266	1.252	1.238	1.217	1.204	1.187	1.167	1.135	1.144						
8	1.269	1.257	1.243	1.223	1.210	1.194	1.175	1.143	1.154	1.161					
7	1.271	1.260	1.247	1.229	1.217	1.201	1.183	1.152	1.163	1.173	1.179				
6	1.271	1.261	1.248	1.233	1.221	1.205	1.188	1.158	1.170	1.181	1.191	1.171			
5	1.270	1.261	1.249	1.238	1.226	1.211	1.194	1.164	1.177	1.189	1.202	1.185	1.183		
4	1.268	1.261	1.252	1.242	1.231	1.217	1.200	1.171	1.185	1.198	1.211	1.196	1.198	1.195	
3	1.266	1.260	1.256	1.247	1.236	1.222	1.205	1.177	1.192	1.205	1.218	1.204	1.208	1.210	1.206
2	1.265	1.267	1.263	1.255	1.245	1.231	1.215	1.188	1.204	1.217	1.231	1.217	1.222	1.225	1.223
1	1.262	1.265	1.261	1.257	1.247	1.234	1.218	1.199	1.214	1.225	1.243	1.229	1.232	1.239	1.235

Tablo G.7 Bina-2 kat sayısına göre x yönü katlar arası rijitlik düzensizliği

KAT	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
17	1.000														
16	1.040	1.000													
15	1.041	1.042	1.000												
14	1.042	1.043	1.045	1.000											
13	1.035	1.039	1.041	1.047	1.000										
12	1.032	1.037	1.042	1.045	1.049	1.000									
11	1.025	1.029	1.035	1.041	1.046	1.052	1.000								
10	1.018	1.022	1.028	1.034	1.042	1.049	1.056	1.000							
9	1.006	1.010	1.015	1.020	1.028	1.037	1.046	1.060	1.000						
8	0.998	1.002	1.006	1.011	1.018	1.027	1.038	1.049	1.064	1.000					
7	0.984	0.988	0.992	0.996	1.002	1.010	1.020	1.034	1.050	1.071	1.000				
6	0.964	0.968	0.971	0.974	0.979	0.986	0.995	1.006	1.023	1.044	1.077	1.000			
5	0.943	0.947	0.950	0.953	0.957	0.962	0.969	0.980	0.994	1.014	1.042	1.084	1.000		
4	0.906	0.910	0.913	0.916	0.919	0.924	0.930	0.938	0.950	0.967	0.993	1.030	1.093	1.000	
3	0.850	0.853	0.856	0.859	0.861	0.865	0.870	0.876	0.885	0.898	0.917	0.947	0.997	1.079	1.000
2	0.849	0.853	0.856	0.859	0.862	0.865	0.870	0.877	0.886	0.898	0.916	0.943	0.988	1.048	1.188
1	0.446	0.448	0.450	0.457	0.459	0.461	0.464	0.473	0.479	0.486	0.502	0.517	0.535	0.571	0.625

Tablo G. 8 Bina-2 kat sayısına göre y yönü katlar arası rijitlik düzensizliği

KAT	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
17	1.000														
16	1.035	1.000													
15	1.029	1.044	1.000												
14	1.029	1.037	1.051	1.000											
13	1.018	1.028	1.036	1.053	1.000										
12	1.017	1.025	1.036	1.044	1.059	1.000									
11	1.008	1.016	1.026	1.037	1.048	1.066	1.000								
10	1.003	1.009	1.018	1.029	1.042	1.055	1.076	1.000							
9	0.991	0.996	1.004	1.012	1.024	1.039	1.056	1.085	1.000						
8	0.987	0.991	0.997	1.004	1.015	1.028	1.046	1.066	1.096	1.000					
7	0.976	0.980	0.985	0.990	0.999	1.011	1.027	1.048	1.074	1.113	1.000				
6	0.959	0.962	0.966	0.969	0.977	0.986	1.000	1.017	1.041	1.074	1.128	1.000			
5	0.943	0.947	0.950	0.952	0.958	0.966	0.977	0.992	1.012	1.041	1.081	1.147	1.000		
4	0.911	0.915	0.916	0.920	0.925	0.931	0.940	0.953	0.969	0.992	1.026	1.078	1.166	1.000	
3	0.863	0.866	0.865	0.869	0.873	0.878	0.885	0.895	0.908	0.924	0.948	0.987	1.049	1.172	1.000
2	0.886	0.886	0.888	0.894	0.899	0.904	0.911	0.922	0.934	0.949	0.970	1.003	1.054	1.141	1.339
1	0.484	0.488	0.489	0.501	0.505	0.509	0.513	0.529	0.536	0.544	0.565	0.583	0.607	0.655	0.723

Tablo G.9 Bina-3 kat sayısına göre x yönü kat burulma düzensizlik katsayıları

KAT	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
17	1.137														
16	1.138	1.136													
15	1.138	1.137	1.135												
14	1.137	1.136	1.136	1.133											
13	1.136	1.135	1.135	1.133	1.130										
12	1.134	1.134	1.134	1.133	1.131	1.128									
11	1.133	1.133	1.133	1.132	1.131	1.129	1.125								
10	1.132	1.132	1.132	1.131	1.131	1.130	1.127	1.123							
9	1.130	1.130	1.130	1.130	1.130	1.129	1.128	1.125	1.120						
8	1.130	1.129	1.130	1.129	1.129	1.128	1.128	1.126	1.124	1.119					
7	1.129	1.129	1.129	1.129	1.128	1.128	1.127	1.127	1.126	1.124	1.119				
6	1.129	1.128	1.129	1.128	1.128	1.128	1.127	1.127	1.127	1.126	1.125	1.124			
5	1.129	1.129	1.130	1.129	1.129	1.129	1.129	1.128	1.129	1.129	1.130	1.135	1.133		
4	1.131	1.131	1.132	1.131	1.131	1.131	1.131	1.131	1.132	1.133	1.136	1.144	1.150	1.153	
3	1.135	1.135	1.136	1.136	1.136	1.136	1.136	1.136	1.137	1.139	1.142	1.153	1.165	1.180	1.181
2	1.147	1.148	1.150	1.150	1.150	1.151	1.151	1.151	1.153	1.155	1.159	1.173	1.189	1.212	1.225
1	1.175	1.177	1.183	1.184	1.187	1.190	1.193	1.195	1.200	1.205	1.213	1.232	1.255	1.286	1.286

Tablo G.10 Bina-3 kat sayısına göre y yönü kat burulma düzensizlik katsayıları

KAT	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
17	1.241														
16	1.244	1.237													
15	1.248	1.241	1.232												
14	1.253	1.245	1.236	1.225											
13	1.258	1.250	1.240	1.229	1.212										
12	1.263	1.254	1.245	1.233	1.216	1.202									
11	1.268	1.259	1.249	1.237	1.220	1.206	1.192								
10	1.272	1.264	1.254	1.242	1.224	1.210	1.196	1.178							
9	1.274	1.268	1.258	1.246	1.228	1.214	1.200	1.183	1.159						
8	1.276	1.271	1.262	1.249	1.232	1.219	1.205	1.187	1.164	1.149					
7	1.279	1.274	1.265	1.253	1.235	1.223	1.209	1.191	1.168	1.155	1.153				
6	1.280	1.276	1.267	1.255	1.237	1.226	1.212	1.195	1.172	1.159	1.159	1.159			
5	1.281	1.277	1.268	1.257	1.240	1.230	1.216	1.199	1.176	1.163	1.163	1.166	1.173		
4	1.282	1.277	1.269	1.257	1.244	1.234	1.220	1.203	1.180	1.167	1.167	1.171	1.182	1.183	
3	1.281	1.277	1.269	1.258	1.247	1.238	1.224	1.207	1.184	1.171	1.172	1.176	1.187	1.194	1.181
2	1.283	1.279	1.271	1.261	1.256	1.246	1.233	1.216	1.194	1.181	1.182	1.185	1.197	1.205	1.199
1	1.278	1.274	1.271	1.268	1.265	1.258	1.247	1.231	1.213	1.203	1.206	1.210	1.222	1.233	1.228

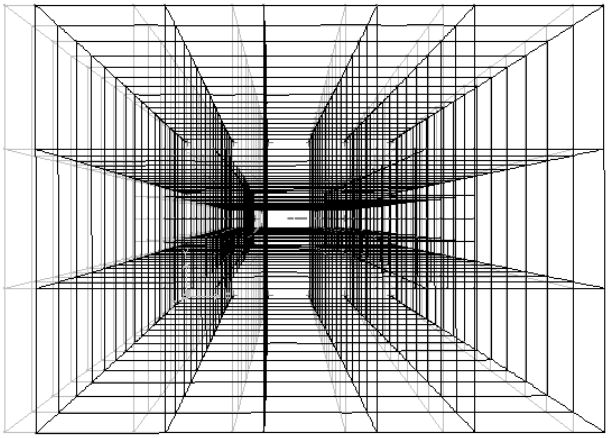
Tablo G.11 Bina-3 kat sayısına göre x yönü katlar arası rijitlik düzensizliği

KAT	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
17	1.000														
16	1.027	1.000													
15	1.026	1.027	1.000												
14	1.026	1.026	1.028	1.000											
13	1.022	1.023	1.024	1.029	1.000										
12	1.018	1.020	1.023	1.026	1.031	1.000									
11	1.012	1.014	1.017	1.022	1.026	1.032	1.000								
10	1.005	1.007	1.010	1.015	1.021	1.026	1.034	1.000							
9	0.995	0.997	1.000	1.005	1.010	1.017	1.024	1.034	1.000						
8	0.984	0.987	0.990	0.994	0.999	1.005	1.014	1.023	1.036	1.000					
7	0.970	0.973	0.975	0.979	0.983	0.989	0.997	1.007	1.020	1.038	1.000				
6	0.950	0.953	0.956	0.958	0.962	0.967	0.974	0.983	0.996	1.013	1.038	1.000			
5	0.926	0.929	0.932	0.934	0.937	0.941	0.947	0.954	0.966	0.982	1.005	1.040	1.000		
4	0.888	0.891	0.894	0.896	0.899	0.902	0.907	0.914	0.923	0.937	0.957	0.988	1.040	1.000	
3	0.833	0.836	0.839	0.840	0.843	0.845	0.849	0.855	0.862	0.873	0.889	0.914	0.956	1.036	1.000
2	0.827	0.830	0.833	0.835	0.837	0.840	0.843	0.848	0.856	0.865	0.879	0.901	0.939	1.007	1.142
1	0.434	0.438	0.442	0.444	0.446	0.450	0.454	0.458	0.465	0.472	0.482	0.495	0.518	0.560	0.636

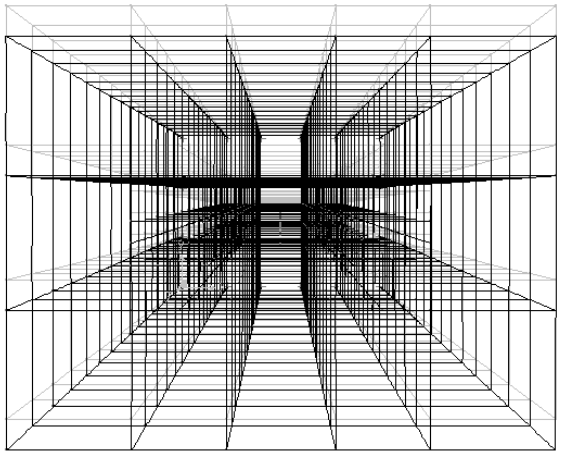
Tablo G.12 Bina-3 kat sayısına göre y yönü katlar arası rijitlik düzensizliği

KAT	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
17	1.000														
16	1.021	1.000													
15	1.013	1.022	1.000												
14	1.010	1.015	1.025	1.000											
13	1.002	1.008	1.014	1.026	1.000										
12	0.997	1.003	1.010	1.017	1.031	1.000									
11	0.990	0.995	1.001	1.010	1.019	1.034	1.000								
10	0.983	0.987	0.993	1.001	1.010	1.021	1.039	1.000							
9	0.974	0.976	0.981	0.988	0.996	1.007	1.021	1.043	1.000						
8	0.965	0.967	0.971	0.977	0.985	0.994	1.008	1.025	1.053	1.000					
7	0.950	0.953	0.957	0.962	0.969	0.977	0.989	1.006	1.029	1.065	1.000				
6	0.934	0.936	0.939	0.943	0.949	0.955	0.966	0.980	1.000	1.030	1.080	1.000			
5	0.915	0.917	0.919	0.923	0.927	0.933	0.942	0.954	0.971	0.997	1.036	1.104	1.000		
4	0.883	0.885	0.888	0.891	0.894	0.900	0.908	0.918	0.933	0.954	0.987	1.040	1.140	1.000	
3	0.839	0.841	0.843	0.846	0.848	0.854	0.860	0.869	0.882	0.899	0.924	0.965	1.036	1.186	1.000
2	0.867	0.870	0.874	0.877	0.878	0.885	0.893	0.903	0.915	0.933	0.957	0.996	1.057	1.166	1.385
1	0.500	0.504	0.513	0.514	0.522	0.532	0.542	0.553	0.569	0.585	0.609	0.637	0.675	0.735	0.820

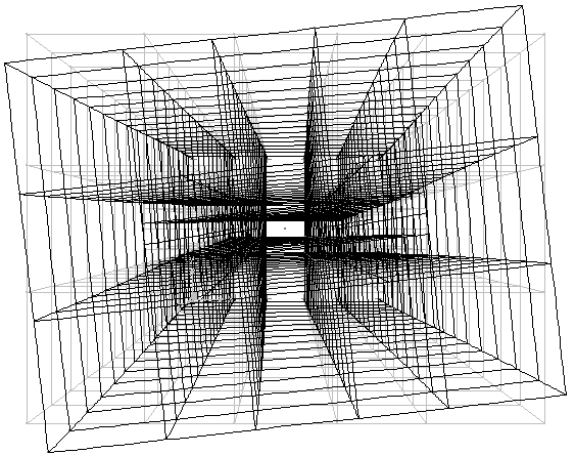
Ek H Bina-1, Bina-2 ve Bina-3 17 Katlı Model İlk Mod Şekilleri



1. Mod

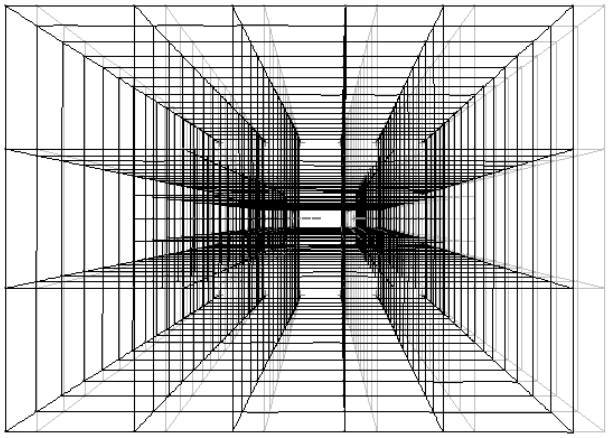


2. Mod

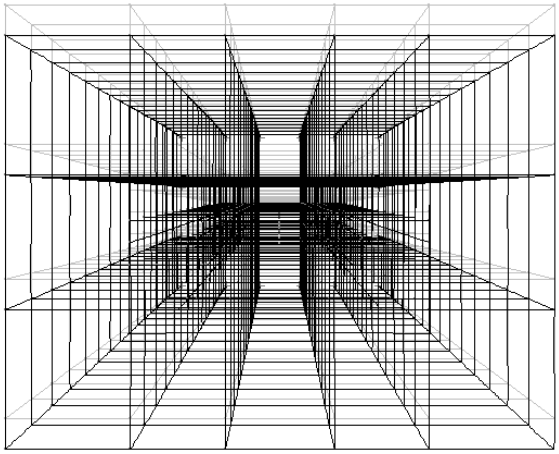


3. Mod

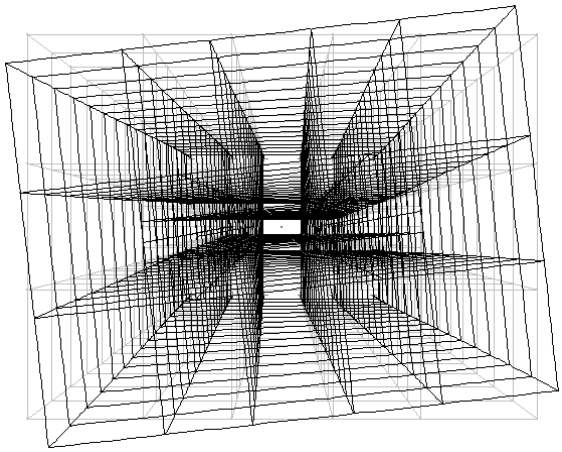
Şekil H.1 Bina-1 17 katlı model ilk üç mod şekli



1. Mod

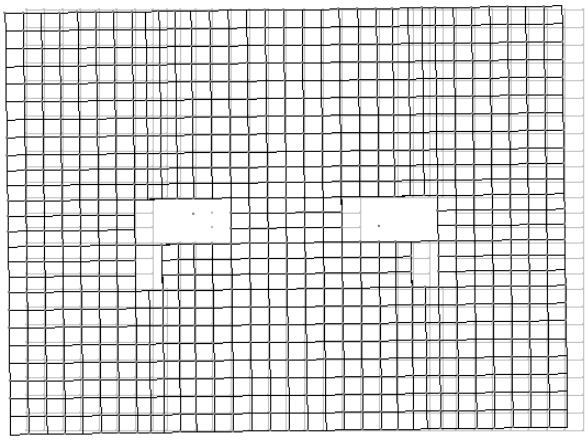


2. Mod

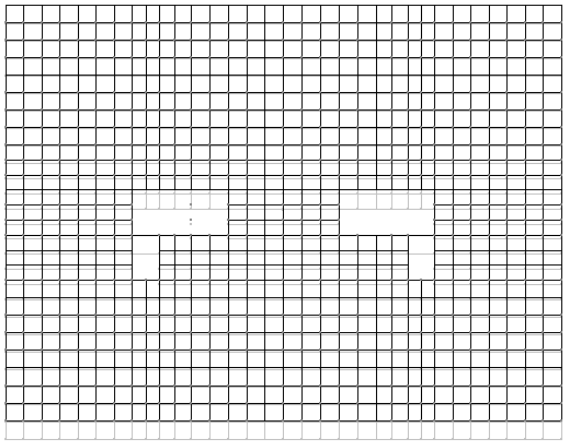


3. Mod

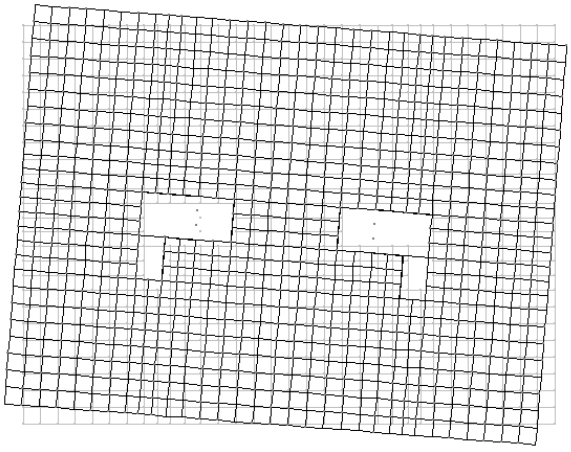
Şekil H.1 Bina-2 17 katlı model ilk üç mod şekli



1. Mod



2. Mod



3. Mod

Şekil H.1 Bina-3 17 katlı model ilk üç mod şekli

ÖZGEÇMİŞ

1973’de Düzce’de doğdu. İlkokulu eğitimini Düzce Namık Kemal İlkokulu' nu bitirdi. Orta ve lise öğrenimini Düzce Lisesi' nde tamamladı. 1989 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü' nde lisans eğitimine başladı. 1993 yılında mezun oldu ve aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Analizi ve Boyutlandırma Programı'na kaydoldu. Bir yıl İngilizce hazırlık eğitiminden sonra Yapı Mühendisliği Programı derslerine devam etti.