



ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tarık BARAN

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

PROBİNA ORİON 2000 HAZIR PROGRAMININ YENİ DEPREM
YÖNETMELİĞİ BAKIMINDAN İRDELENMESİ

112381

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2001

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**PROBİNA ORİON 2000 HAZIR
PROGRAMININ YENİ DEPREM
YÖNETMELİĞİ AÇISINDAN
İNCELENMESİ**

Tarık BARAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**Bu tez 11 / 09 / 2001 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği İle Kabul Edilmiştir.**


İmza

**Prof. Dr. Erhan KIRAL
DANIŞMAN**


İmza

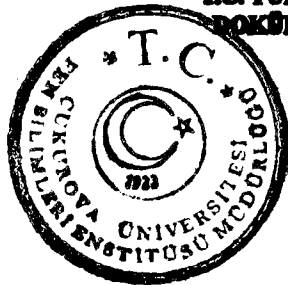
**Prof. Dr. A. Kamil TANRIKULU
ÜYE**


İmza

**Yrd. Doc. Dr. Seren AKAVCI
ÜYE**

Bu tez Enstitümüz İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No: 1863



**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
TAKVİMİ YÖNETİM MERKEZİ**



**Prof. Dr. Melih BORAL
Enstitü Müdürü**

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**PROBİNA ORİON 2000 HAZIR PROGRAMININ
YENİ DEPREM YÖNETMELİĞİ BAKIMINDAN
İRDELENMESİ**

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

Tarık BARAN

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Danışman: Prof. Dr. Erhan KIRAL

Yıl: 2001, Sayfa: 239

Jüri: Prof. Dr. Erhan KIRAL

: Prof. Dr. A. Kamil TANRIKULU

: Yrd. Doç. Dr. Seren AKAVCI

Bu çalışmada, inşaat mühendisliği bina proje bürolarında kullanılan PROBİNA ORİON bilgisayar programının, yeni deprem yönetmeliği analiz hesapları bakımından irdelenmesi yapılmaktadır. Önce çeşitli bina taşıyıcı sistemleri ANSYS5.3 programı ile çözülmüş ve SAP-2000 programı sonuçları ile kontrol edilmiştir. Kesin olduğu garanti edilen bu sonuçlar ile PROBİNA ORİON programı sonuçları karşılaştırılarak irdelene yapılmıştır. Ayrıca, PROBİNA ORİON programının dayandığı ileri sürülen teorik temeller de incelenmiştir. Böylece deprem yönetmeliğinin analiz hesaplarında belirtilen hususların, PROBİNA ORİON programı tarafından ne ölçüde yerine getirildiği araştırılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Deprem mühendisliği, Yapı dinamiği, Serbest titreşim analizi, Statik analiz, Spektrum analizi

ABSTRACT

MSc THESIS

INVESTIGATION OF PROBINA ORION 2000 COMPUTER PROGRAM IN TERMS OF THE NEW EARTHQUAKE CODE

Tarık BARAN

**DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
UNIVERSITY OF ÇUKUROVA**

Supervisor: Prof. Dr. Erhan KIRAL

Year: 2001, **Pages:** 239

Jury: Prof. Dr. Erhan KIRAL

: Prof. Dr. A. Kamil TANRIKULU

: Asst. Prof. Dr. Seren AKAVCI

In this thesis, the popular PROBINA ORION computer program which is used in building project offices is investigated in terms of the analysis aspect of the new Turkish Earthquake Code. To begin with several building structural systems are solved by the ANSYS5.3 and the results are checked with those obtained by SAP-2000, which are two well known general purpose structural computer programs. These results are then compared with those obtained by PROBINA ORION program. In addition to this, the theory on which the PROBINA ORION program is based on is also studied. Therefore, to what extent the analysis aspect of the new Turkish earthquake code is fulfilled by the popular PROBINA ORION computer program is investigated.

Key Words: Earthquake engineering, Dynamics of structures, Modal analysis, Static analysis, Spectrum analysis

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim esnasında, çalışmalarımı izleyip yön veren, değerli bilgileriyle beni aydınlatan, her türlü yardımı sağlayan hocam, sayın Prof. Dr. Erhan KIRAL'a teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, çalışmalarım sırasında benden manevi desteğini esirgemeyerek yardımcı olan çalışma arkadaşlarıma ve yakınlarıma teşekkür ederim.

Yüksek lisans çalışmalarımı maddi olarak destekleyen Çukurova Üniversitesi Araştırma Fonu'na teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XIII
TABLolar DİZİNİ.....	XV
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	3
3. MATERYAL VE METOD.....	5
3.1. Materyal.....	5
3.2. Metod.....	7
4. EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ YÖNTEMİ.....	9
4.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin Adımları.....	9
4.2. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi İle İlgili Sayısal Uygulamalar.....	17
4.2.1. Örnek 4.1.....	19
4.2.2. Örnek 4.2.....	32
4.2.3. Örnek 4.3.....	43
4.2.4. Örnek 4.4.....	57
5. PERDELİ SİSTEMLER.....	65
5.1. PROBİNA Perde Elemanı.....	65
5.2. Perdeli Sistemlerde Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi İle İlgili Sayısal Uygulamalar.....	66
5.2.1. Örnek 5.1.....	68
5.2.2. Örnek 5.2.....	70
5.2.3. Örnek 5.3.....	93
5.2.4. Örnek 5.4.....	111
5.2.5. Örnek 5.5.....	131
5.3. Çepeçevre Bodrum Perdesi.....	138

5.3.1. Örnek 5.6.....	142
6. MOD BİRLEŞTİRME YÖNTEMİ.....	154
6.1. Mod Birleştirme Yöntemi' nin Adımları.....	154
6.2. Mod Birleştirme Yöntemi İle İlgili Sayısal Uygulamalar.....	158
6.2.1. Örnek 6.1.....	160
6.2.2. Örnek 6.2.....	170
6.2.3. Örnek 6.3.....	186
6.2.4. Örnek 6.4.....	202
6.2.5. Örnek 6.5.....	221
6.3. Bodrumunda Çepeçevre Rijit Perde Bulunan Yapılar.....	228
6.3.1. Örnek 6.6.....	230
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	236
KAYNAKLAR.....	238
ÖZGEÇMİŞ.....	239

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. Örnek 4.1.'in kat ağırlıklarını oluşturan bileşenler.....	22
Çizelge 4.2. Örnek 4.1.'in kat ağırlıkları.....	22
Çizelge 4.3. Örnek 4.1.'e ait birinci doğal titreşim periyotları.....	22
Çizelge 4.4. Örnek 4.1.'in taban kesme kuvvetleri.....	23
Çizelge 4.5. Örnek 4.1.'e ait eşdeğer kat deprem yükleri.....	24
Çizelge 4.6. Örnek 4.1. için burulma düzensizliği kontrolü.....	25
Çizelge 4.7. Örnek 4.1.'e ait görelî kat ötelemeleri kontrolü.....	26
Çizelge 4.8. Örnek 4.1. için ikinci mertebe etkilerinin kontrolü.....	26
Çizelge 4.9. Örnek 4.1.'e ait kolon kesme kuvvetleri.....	28
Çizelge 4.10. Örnek 4.1.'e ait X yönü kolon momentleri.....	29
Çizelge 4.11. Örnek 4.1.'e ait Y yönü kolon momentleri.....	30
Çizelge 4.12. Örnek 4.2.'nin kat ağırlıklarını oluşturan bileşenler.....	35
Çizelge 4.13. Örnek 4.2.'in kat ağırlıkları.....	36
Çizelge 4.14. Örnek 4.2. için birinci doğal titreşim periyotları.....	36
Çizelge 4.15. Örnek 4.2. için spektrum katsayıları.....	37
Çizelge 4.16. Örnek 4.2. için Spektral ivme katsayıları.....	37
Çizelge 4.17. Örnek 4.2. için taban kesme kuvvetleri.....	38
Çizelge 4.18. Örnek 4.2.'e ait eşdeğer kat deprem yükleri.....	38
Çizelge 4.19. Örnek 4.2.'e ait burulma düzensizliği kontrolü.....	39
Çizelge 4.20. Örnek 4.2.'e ait görelî kat ötelemeleri kontrolü.....	40
Çizelge 4.21. Örnek 4.2.'e ait ikinci mertebe etkilerinin kontrolü.....	41
Çizelge 4.22. Örnek 4.2.'ye ait S107 ve S122 kolonlarındaki kesme kuvvetleri..	42
Çizelge 4.23. Örnek 4.2.'ye ait S107 ve S122 kolonlarındaki moment değerleri.....	42
Çizelge 4.24. Örnek 4.3.'e ait kat ağırlıkları.....	46
Çizelge 4.25. Örnek 4.3.'e ait birinci doğal titreşim periyotları.....	46
Çizelge 4.26. Örnek 4.3.'e ait spektrum katsayıları.....	47
Çizelge 4.27. Örnek 4.3.'e ait spektral ivme katsayıları.....	47
Çizelge 4.28. Örnek 4.3.'e ait taban kesme kuvvetleri.....	48

Çizelge 4.29. Örnek 4.3.'e ait ek tepe kuvvetleri.....	48
Çizelge 4.30. Örnek 4.3.'e ait eşdeğer kat deprem yükleri.....	49
Çizelge 4.31. Örnek 4.3.'e ait burulma düzensizliği kontrolü (A1) ve yumuşak kat düzensizliği(B2)kontrolü.....	50
Çizelge 4.32. Örnek 4.3.'e ait görelî kat ötelemeleri kontrolü.....	53
Çizelge 4.33. Örnek 4.3.'e ait ikinci mertebe etkilerinin kontrolü.....	54
Çizelge 4.34. Örnek 4.3.'e ait S106 ve S113 kolonlarındaki kesme kuvveti değerleri.....	56
Çizelge 4.35. Örnek 4.3.'e ait S106 ve S113 kolonlarındaki moment değerleri.....	56
Çizelge 4.36. Örnek 4.4.'ün çözümünde kullanılan kat ağırlıkları.....	60
Çizelge 4.37. Örnek 4.4.'e ait 1. doğal titreşim periyotları.....	60
Çizelge 4.38. Örnek 4.3.'e ait taban kesme kuvvetleri.....	61
Çizelge 4.39. Örnek 4.3.'e ait taban kesme kuvvetleri.....	62
Çizelge 4.40. Örnek 4.4.'e ait Eşdeğer Kat Deprem Yükleri.....	62
Çizelge 4.41. S106 nolu kolonun, a-a ekseni moment değerleri.....	63
Çizelge 4.42. S106 nolu kolonun, b-b ekseni moment değerleri.....	63
Çizelge 4.43. S106 nolu kolonunun, düzeltilmiş a-a ekseni moment değerleri.....	63
Çizelge 4.44. S106 nolu kolonunun, düzeltilmiş b-b ekseni moment değerleri.....	64
Çizelge 5 1. Örnek 5.1.'e ait perde taban momenti değerleri.....	69
Çizelge 5.2. Örnek 5.2.'ün kat ağırlıklarını oluşturan bileşenler.....	74
Çizelge 5.3. Örnek 5.2.'ye ait birinci doğal titreşim periyotları.....	76
Çizelge 5.4. Örnek 5.2.'ye ait spektrum katsayıları.....	77
Çizelge 5.5. Örnek 5.2.'ye ait spektral ivme katsayıları.....	78
Çizelge 5.6. Örnek 5.2.'ye ait taban kesme kuvvetleri.....	78
Çizelge 5.7. Örnek 5.2.'ye ait eşdeğer kat deprem yükleri.....	79
Çizelge 5.8. Örnek 5.2.'ye ait α_M 'in hesabı.....	80
Çizelge 5.9. Örnek 5.2.'ye ait burulma düzensizliği kontrolü.....	81
Çizelge 5.10. Örnek 5.2.'ye ait görelî kat ötelemeleri kontrolü.....	83
Çizelge 5.11. Örnek 5.2.'ye ait ikinci mertebe etkilerinin kontrolü.....	84

Çizelge 5.12. Örnek 5.2.'ye ait S107 ve S122 kolonlarındaki kesme kuvveti değerleri.....	86
Çizelge 5.13. Örnek 5.2.'ye ait S107 ve S122 kolonlarındaki moment değerleri.....	86
Çizelge 5.13. Örnek 5.2.'ye ait birinci doğal titreşim periyotları.....	87
Çizelge 5.14. Örnek 5.2.'ye ait spektrum katsayıları.....	88
Çizelge 5.15. Örnek 5.2.'ye ait spektral ivme katsayıları.....	88
Çizelge 5.16. Örnek 5.2.'ye ait taban kesme kuvvetleri.....	88
Çizelge 5.17. Örnek 5.2.'ye ait eşdeğer kat deprem yükleri.....	89
Çizelge 5.18. Örnek 5.2.'ye ait α_M 'in hesabı.....	89
Çizelge 5.19. Örnek 5.2.'ye ait burulma düzensizliği kontrolü.....	90
Çizelge 5.20. Örnek 5.2.'ye ait görelî kat ötelemeleri kontrolü.....	91
Çizelge 5.21. Örnek 5.2.'ye ait ikinci mertebe etkilerinin kontrolü.....	91
Çizelge 5.22. Örnek 5.3.'ün kat ağırlıklarını oluşturan bileşenler.....	96
Çizelge 5.23. Örnek 5.3.'ün çözümünde kullanılan kat ağırlıkları.....	97
Çizelge 5.24. Örnek 5.3.'e ait birinci doğal titreşim periyotları.....	98
Çizelge 5.25. Örnek 5.3.'e ait spektrum katsayıları.....	99
Çizelge 5.26. Örnek 5.3.'e ait spektral ivme katsayıları.....	99
Çizelge 5.27. Örnek 5.3.'e ait taban kesme kuvvetleri.....	100
Çizelge 5.38. Örnek 5.3.'e ait eşdeğer kat deprem yükleri.....	100
Çizelge 5.39. Örnek 5.3.'e ait α_M 'in hesabı.....	101
Çizelge 5.40. Örnek 5.3.'e ait burulma düzensizliği kontrolü.....	102
Çizelge 5.41. Örnek 5.3.'e ait görelî kat ötelemeleri kontrolü.....	104
Çizelge 5.42. Örnek 5.3.'e ait ikinci mertebe etkilerinin kontrolü (θ_i).....	105
Çizelge 5.43. Örnek 5.3.'e ait S107 ve S122 kolonlarındaki kesme kuvveti değerleri.....	107
Çizelge 5.44. Örnek 5.3.'e ait S107 ve S122 kolonlarındaki moment değerleri...	107
Çizelge 5.45. Örnek 5.3.'e ait kat ağırlıkları.....	108
Çizelge 5.46. Örnek 5.3.'e ait birinci doğal titreşim periyotları.....	109
Çizelge 5.47. Örnek 5.3.'e ait spektrum katsayıları.....	109
Çizelge 5.48. Örnek 5.3.'e ait spektral ivme katsayıları.....	109

Çizelge 5.49. Örnek 5.3.'e ait taban kesme kuvvetleri.....	109
Çizelge 5.50. Örnek 5.3.'e ait eşdeğer kat deprem yükleri.....	110
Çizelge 5.51. Örnek 5.3.'e ait α_M 'in hesabı.....	110
Çizelge 5.55. Örnek 5.4.'ün kat ağırlıklarını oluşturan bileşenler.....	115
Çizelge 5.56. Örnek 5.4.'ün çözümünde kullanılan kat ağırlıkları.....	116
Çizelge 5.57. Örnek 5.4.'e ait birinci doğal titreşim periyotları.....	117
Çizelge 5.58. Örnek 5.4.'e ait spektrum katsayıları.....	118
Çizelge 5.59. Örnek 5.4.'e ait spektral ivme katsayıları.....	118
Çizelge 5.60. Örnek 5.4.'e ait taban kesme kuvvetleri.....	119
Çizelge 5.61. Örnek 5.4.'e ait eşdeğer kat deprem yükleri.....	120
Çizelge 5.62. Örnek 5.4.'e ait α_M 'in hesabı.....	121
Çizelge 5.63. Örnek 5.4.'e ait burulma düzensizliği kontrolü.....	122
Çizelge 5.63. Örnek 5.4.'e ait görelî kat ötelemeleri kontrolü.....	125
Çizelge 5.64. Örnek 5.4.'e ait ikinci mertebe etkilerinin kontrolü.....	126
Çizelge 5.65. Örnek 5.4.'e ait S104 ve S113 kolonlarındaki kesme kuvveti değerleri.....	129
Çizelge 5.66. Örnek 5.4.'e ait S104 ve S113 kolonlarındaki moment değerleri...	129
Çizelge 5.67. Örnek 5.5.'in çözümünde kullanılan kat ağırlıkları.....	133
Çizelge 5.68. Örnek 5.5.'e ait birinci doğal titreşim periyotları.....	134
Çizelge 5.69. Örnek 5.5. için spektrum katsayıları.....	134
Çizelge 5.70. Örnek 5.5. için Spektral İvme Katsayıları.....	135
Çizelge 5.71. Örnek 5.5.'nin taban kesme kuvvetleri.....	135
Çizelge 5.72. Örnek 5.5.'ye ait eşdeğer kat deprem yükleri.....	136
Çizelge 5.73. Örnek 5.5. için asansör şaftı taban momenti.....	136
Çizelge 5.74. Örnek 5.6.'nın kat ağırlıklarını oluşturan bileşenler.....	146
Çizelge 5.75. Örnek 5.6.'nın çözümünde kullanılan kat ağırlıkları.....	146
Çizelge 5.76. Örnek 5.6.'ya ait birinci doğal titreşim periyotları.....	147
Çizelge 5.77. Örnek 5.6.'ya ait spektrum katsayıları.....	147
Çizelge 5.78. Örnek 5.6.'ya ait spektral ivme katsayıları.....	148
Çizelge 5.79. Örnek 5.6.'ya ait taban kesme kuvvetleri.....	148
Çizelge 5.80. Örnek 5.6.'ya ait eşdeğer kat deprem yükleri.....	149

Çizelge 5.81. Örnek 5.6.'ya ait bodrum eşdeğer deprem yükleri.....	149
Çizelge 5.82. Örnek 5.6.'ya ait burulma düzensizliği kontrolü.....	150
Çizelge 5.83. Örnek 5.6.'ya ait görelî kat ötelemeleri kontrolü.....	151
Çizelge 5.84. Örnek 5.6.'ya ait ikinci mertbe etkilerinin kontrolü.....	152
Çizelge 5.85. Örnek 5.6.'ya ait bazı kolonlara ait moment değeri.....	153
Çizelge 5.86. Örnek 5.6.'ya ait perde kesit tesirleri.....	153
Çizelge 6.1. Örnek 6.1.'in serbest titreşim analizi sonuçları.....	162
Çizelge 6.2. Örnek 6.1.'in etkin kütleleri ve etkin kütle oranları.....	163
Çizelge 6.3. Örnek 6.1.' in kütleleri kaydırılmadan yapılan serbest titreşim analizinden elde edilen periyotlar.....	165
Çizelge 6.4. Çizelge 6.3' teki modlara ait vektörler.....	166
Çizelge 6.5. Örnek 6.1.'in kütleleri her iki yönde kaydırılarak oluşturulan SX+/SY+ kombinasyonuna ait serbest titreşim analizinden elde edilen periyotlar.....	166
Çizelge 6.6. Çizelge 6.5'teki modlara ait vektörler.....	167
Çizelge 6.7. Örnek 6.1.' in kütleleri x yönünde kaydırılarak oluşturulan +ex kombinasyonu serbest titreşim analizinden elde edilen periyotlar...	167
Çizelge 6.8. Çizelge 6.7'deki modlara ait vektörler.....	168
Çizelge 6.9. Örnek 6.2.'in kat ağırlıklarını oluşturan bileşenler.....	173
Çizelge 6.10. Örnek 6.2.'in çözümünde kullanılan kat ağırlıkları.....	173
Çizelge 6.11. Örnek 6.2.'e ait kat kütle eylemsizlik momentleri.....	174
Çizelge 6.12. Örnek 6.2.'e ait titreşim periyotları.....	174
Çizelge 6.13. Örnek 6.2.'ye ait etkin kütle oranları.....	175
Çizelge 6.14. Örnek 6.2.'e ait katsayılar.....	176
Çizelge 6.15. Örnek 6.2.'e ait Taban Kesme Kuvvetleri.....	177
Çizelge 6.16. Örnek 6.2.'e ait iç kuvvet ve deplasmanları büyütme katsayısı.....	178
Çizelge 6.17. Örnek 6.2.'e ait burulma düzensizliği kontrolü (A1) ve yumuşak kat düzensizliği kontrolü (B2).....	178
Çizelge 6.18. Örnek 6.2.'e ait iç kuvvet ve deplasmanları büyütme katsayısı ($\beta=1.00$).....	180
Çizelge 6.19. Örnek 6.2.'e ait görelî kat ötelemeleri kontrolü.....	181

Çizelge 6.20. Örnek 6.2. için ikinci mertebe etkilerinin kontrolü.....	181
Çizelge 6.21. Örnek 6.2' ye ait 1.kat kolon kesme kuvvetleri.....	183
Çizelge 6.22. Örnek 6.2' ye ait 1.kat kolon moment değerleri.....	184
Çizelge 6.23. Örnek 6.3. 'ün kat ağırlıkları.....	189
Çizelge 6.24. Örnek 6.3. 'e ait kat kütle eylemsizlik momentlerinin hesabı.....	189
Çizelge 6.25. Örnek 6.3. 'e ait titreşim periyotları.....	190
Çizelge 6.26. Örnek 6.3. 'e ait etkin kütle oranları.....	191
Çizelge 6.27. Örnek 6.3. 'e ait spektrum katsayılarının tespiti.....	192
Çizelge 6.28. Örnek 6.3. 'e ait spektral ivme değerleri ve ivme spektrum ordinatı.....	193
Çizelge 6.29. Örnek 6.3. 'e ait Taban Kesme Kuvvetleri.....	195
Çizelge 6.30. Örnek 6.3. 'e ait iç kuvvet ve deplasmanları büyültme katsayısı ($\beta=0.90$).....	194
Çizelge 6.31. Örnek 6.3. 'e ait burulma düzensizliği kontrolü (A1) ve yumuşak kat düzensizliği kontrolü (B2).....	195
Çizelge 6.32. Örnek 6.3. 'e ait büyültme katsayısı ($\beta=1.00$).....	197
Çizelge 6.33. Örnek 6.3. 'e ait görelî kat ötelemeleri kontrolü.....	197
Çizelge 6.34. Örnek 6.3. 'e ait ikinci mertebe etkilerinin kontrolü katsayısı.....	198
Çizelge 6.35. Örnek 6.3. 'e ait S107 ve S122 kolonlarındaki kesme kuvvetleri...	200
Çizelge 6.36. Örnek 6.3. 'e ait S107 ve S122 kolonlarındaki moment değerleri..	201
Çizelge 6.35. Örnek 6.4. 'e ait kat ağırlıkları	205
Çizelge 6.36. Örnek 6.4. 'e ait kat kütle eylemsizlik momentlerinin hesabı.....	206
Çizelge 6.37. Örnek 6.4. 'e ait titreşim periyotları.....	207
Çizelge 6.38. Örnek 6.4. 'e ait etkin kütle oranları.....	207
Çizelge 6.39. Örnek 6.4. 'e ait spektrum katsayılarının tespiti.....	208
Çizelge 6.40. Örnek 6.4. 'e ait spektral ivme değerleri ve ivme spektrum ordinatı değerleri.....	209
Çizelge 6.41. Örnek 6.4. 'e ait Taban Kesme Kuvvetleri.....	210
Çizelge 6.42. Örnek 6.4. 'e ait iç kuvvet ve deplasmanları büyültme katsayısı ($\beta=0.90$).....	210

Çizelge 6.43. Örnek 6.4.'e ait burulma düzensizliği kontrolü (A1) ve yumuşak kat düzensizliği kontrolü (B2).....	211
Çizelge 6.44. Örnek 6.4.'e ait büyültme katsayısı ($\beta=1.00$).....	215
Çizelge 6.45. Örnek 6.4.'e ait göreceli kat ötelemeleri kontrolü.....	215
Çizelge 6.46. Örnek 6.4.'e ait ikinci mertebe etkilerinin kontrolü.....	216
Çizelge 6.47. Örnek 6.4.'e ait S106 ve S113 kolonlarındaki kesme kuvveti değerleri.....	219
Çizelge 6.48. Örnek 6.4.'e ait S106 ve S113 kolonlarındaki moment değerleri..	219
Çizelge 6.49. Örnek 6.5.'in çözümünde kullanılan kat ağırlıkları.....	224
Çizelge 6.50. Örnek 6.5.'e ait kat kütle eylemsizlik momentlerinin hesabı.....	224
Çizelge 6.51. Örnek 6.5.'e ait titreşim periyotları.....	225
Çizelge 6.52. Örnek 6.5.'e ait etkin kütle oranları.....	225
Çizelge 6.53. S106 nolu kolonun, a-a eksenli moment değerleri.....	226
Çizelge 6.54. S106 nolu kolonun, b-b eksenli moment değerleri.....	227
Çizelge 6.55. S106 nolu kolonunun, düzeltilmiş a-a eksenli moment değerleri....	227
Çizelge 6.56. S106 nolu kolonunun, düzeltilmiş b-b eksenli moment değerleri...	227
Çizelge 6.57. Örnek 6.6.'ya ait titreşim periyotları.....	231
Çizelge 6.58. Örnek 6.6.'ya ait etkin kütle oranları.....	232
Çizelge 6.59. Örnek 6.6.'ya ait periyot ve ivme spektrum ordinatı.....	233
Çizelge 6.60. Örnek 6.6.'ya ait Taban Kesme Kuvvetleri.....	233
Çizelge 6.61. Örnek 6.6.'ya ait iç kuvvet ve deplasmanları büyültme katsayısı ($\beta=1.00$).....	234
Çizelge 6.62. Örnek 6.6.'ya ait bodrum eşdeğer deprem yükleri.....	234
Çizelge 6.63. Örnek 6.6.'ya ait bazı kolonlara ait moment değerleri.....	234
Çizelge 6.64. Örnek 6.6.'ya ait perde kesit tesirleri.....	235

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 4.1. Örnek 4.1.'e ait yapı.....	19
Şekil 4.2. Örnek 4.1.'in 1.kat kalıp planı.....	20
Şekil 4.3. Örnek 4.2.'ye ait yapı.....	32
Şekil 4.4. Örnek 4.2.'ye ait 1.kat kalıp planı.....	33
Şekil 4.5. Örnek 4.3.'e ait yapı.....	43
Şekil 4.6 Örnek 4.3.'e ait 1.kat kalıp planı.....	44
Şekil 4.7. Örnek 4.4'e ait yapı.....	57
Şekil 4.8. Örnek 4.4.'e ait 1. kat kalıp planı.....	58
Şekil 5.1. Perde Modelinde Kullanılan Elemanlar.....	66
Şekil 5.2 Örnek 5.1'e ait 2 boyutlu yapı.....	68
Şekil 5.3. Örnek 5.2.'ye ait yapı.....	70
Şekil 5.4 Örnek 5.2.'ye ait 1.kat kalıp planı.....	71
Şekil 5.5. Örnek 5.3.'e ait yapı.....	93
Şekil 5.6. Örnek 5.3.'e ait 1.kat kalıp planı.....	94
Şekil 5.7. Örnek 5.4.'e ait yapı.....	111
Şekil 5.8. Örnek 5.4.'e ait 1.kat kalıp planı.....	112
Şekil 5.9. Örnek 5.5.'ye ait yapı.....	131
Şekil 5.10 Örnek 5.5.'e ait 1.kat kalıp planı.....	132
Şekil 5.11. Örnek 5.6'ya ait yapı.....	142
Şekil 5.12. Örnek 5.6.'ya ait 1.kat kalıp planı.....	143
Şekil 6.1. Örnek 6.1.'e ait yapı.....	160
Şekil 6.2. Örnek 6.1.'in 1.kat kalıp planı.....	161
Şekil 6.3. TDY98'e Göre Kaydırılmış Kütle Merkezleri.....	164
Şekil 6.4. PROBİNA Programının Kullandığı Kaydırılmış Kütle Merkezleri.....	165
Şekil 6.5. Örnek 6.2.'e ait yapı.....	170
Şekil 6.6. Örnek 6.2.'nin 1.kat kalıp planı.....	171
Şekil 6.7. Örnek 6.3.'e ait yapı.....	186
Şekil 6.8. Örnek 6.3.'ye ait 1.kat kalıp planı.....	187
Şekil 6.9. Örnek 6.4.'e ait yapı.....	202

Şekil 6.10 Örnek 6.4.'e ait 1.kat kalıp planı.....	203
Şekil 6.11. Örnek 6.5'e ait yapı.....	221
Şekil 6.12. Örnek 6.5.'e ait 1. kat kalıp planı.....	222
Şekil 6.13. Bodrum katlarında çepeçevre rijit perde bulunan yapılar için hesap adımları.....	228
Şekil 6.14. Örnek 6.6.'ya ait yapı.....	230



TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 4.1.	Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'ne uygun binalar.....	9
Tablo 4.2.	Örnek 4.1.'in kolon boyutları.....	21
Tablo 4.3.	Örnek 4.2.'nin kolon boyutları.....	34
Tablo 4.4.	Örnek 4.3.'ün kolon boyutları.....	45
Tablo 4.5.	Örnek 4.4.'ün kolon boyutları.....	59
Tablo 4.6.	Örnek 4.4.'ün giriş boyutları.....	59
Tablo 5.1.	Örnek 5.2.'nin kolon boyutları.....	72
Tablo 5.2.	Örnek 5.3.'ün kolon boyutları.....	95
Tablo 5.4.	Örnek 5.4.'in kolon boyutları.....	113
Tablo 5.6.	Örnek 5.6.'nın kolon boyutları.....	144
Tablo 6.1.	Örnek 6.2.'nin kolon boyutları.....	172
Tablo 6.2.	Örnek 6.3.'ün kolon boyutları.....	188
Tablo 6.3.	Örnek 6.4.'ün kolon boyutları.....	204
Tablo 6.4.	Örnek 6.5.'in kolon boyutları.....	223
Tablo 6.5.	Örnek 6.5.'in giriş boyutları.....	223

1. GİRİŞ

Ocak 1998 tarihinde yürürlüğe girmiş olan Yeni Türk Deprem Yönetmeliği (TDY98), kat döşemelerinin rijit diyafram olarak modellenmesi için getirilen koşullar, planda ve düşeyde düzensizlik durumları ve kontrolleri, görelî kat ötelemeleri, ikinci mertbe etkileri, Mod Birleştirme Yöntemi, Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi gibi birçok olumlu yeniliği beraberinde getirmiştir. Ayrıca bina analizinin üç boyutlu yapılması zorunluluğu da bu olumlu gelişmeler arasındadır.

Bu işlemlerin hepsini veya belli bir kısmını çok hızlı bir şekilde çözümleyen paket programları kullanmak bir zorunluluk haline gelmiştir. Ülkemizde, bu ihtiyaca karşılık vermek amacıyla yazılmış ve kullanılmakta olan PROBİNA, STA4-CAD ve İDE-CAD gibi çeşitli paket programlar bulunmaktadır. Bu tip programlar veri girişini ve çıkışını çok basitleştirmişlerdir.

Bu paket programlar kullanılarak hazırlanan projelerin denetimleri, modeldeki veri eksikliğini veya programın şartnamelere uygunluğunu kontrolden öteye gidememektedir. Ülkemizde bu tip programların yeterliliği konusunda henüz bir standart oluşmadığından, paket programların, TDY98 ve diğer yönetmeliklerdeki şartları sağlayıp sağlamadığı araştırılmalıdır. Bu amaçla SAP-2000, ANSYS gibi güvenilir programlar yardımıyla proje bürolarında kullanılan paket programların denetimi yapılabilir. Bu denetimlerde göz önüne alınması gereken hususlar aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- a) Programın dayandığı teoriler, yapı statikliği, yapı dinamiği, betonarme ve deprem mühendisliği esaslarına uygun olmalıdır.
- b) Program, ilgili yönetmeliklere uygun olmalıdır.(TDY98, TS500, TS498 gibi). Özellikle, yeni deprem yönetmeliğinde belirtilen, hesaplarda çeşitli düşey yük kombinasyonları ve 4 adet deprem yüklemesi ile 4 adet rüzgar yüklemesi altında binanın 3 boyutlu analizinin yapılması, burulma düzensizliği, yumuşak kat ve zayıf kat düzensizlikleri, görelî öteleme ve ikinci mertbe etkileri gibi kontrollerin tümünü yapabilmelidir.

- c) Binanın, analizinden elde edilecek kesit tesirleri bir yerde saklanmalı ve taşıma gücü yönteminde en elverişsiz etkiyi verecek şekilde birleştirilmelidir.
- d) Kolon-kiriş ve perde-kiriş birleşim yerlerindeki rijit bölgeler göz önüne alınmalıdır. Ayrıca teçhizat hesabında, kirişlerin perdeye (veya kolona) saplandığı yerdeki azaltılmış kesit tesirleri kullanılmalıdır.

Bu tezde, pek çok proje bürosunda kullanılan PROBİNA analiz ve tasarım programı, deprem yönetmeliğinin analiz kısmı bakımından irdelenecektir. Ele alınan örnekler önce ANSYS 5.3, programı ile çözülmüş ve SAP-2000 (V. 6.11) ile kontrol edilmiştir. Elde edilen sonuçlar PROBİNA programı sonuçları ile karşılaştırılarak irdelene yapılmaktadır. Ayrıca daha önce STA4-CAD programıyla çözülmüş bazı örneklerin sonuçları da karşılaştırma amacıyla tablolarda verilmiştir.

Çalışmanın 2. bölümünde kullanılan programla ilgili bilgiler sunulmuştur. 3.bölümünde, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin hesap adımları anlatılmakta ve bu yöntem ile yapılan örneklerin irdelenmesi bulunmaktadır. 4.bölümde ise Mod Birleştirme Yöntemi'nin hesap adımları anlatılıp, bu yöntemle çözülmüş örneklerin irdelenmesi yapılmaktadır. 5. bölümde, perdeli sistemlere ait çözümler Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kullanılarak yapılmış ve sonuçlar irdelenmiştir. 6. bölümde ise A4 türü düzensizliği olan bir örnek ele alınarak çözümü hem Mod Birleştirme Yöntemi hem de Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kullanılarak yapılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir. 7. bölümde, PROBİNA programının değerlendirmesi yapıp, bulgular ve önerilere yer verilmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Yeni Deprem Yönetmeliği'nin resmi gazetede yayınlandığı Mayıs 1996 tarihi ile yürürlüğe girdiği Ocak 1998 tarihleri arasında ve yürürlüğe girdiği tarihten bu yana, yönetmelik üzerinde çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Yeni Deprem Yönetmeliğinin spektrum katsayısı bakımından değerlendirilmesi (Özmen ve ark, 1996) tarafından yapılmıştır. Adı geçen bu çalışmada, düzlem çerçeveler üzerinde “ Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi” ile “Mod birleştirme Yöntemi” ile bulunan sonuçlar karşılaştırılmaktadır. Yeni Deprem Yönetmeliği'nin prefabrike yapılar bakımından irdelenmesi (Özmen ve ark, 1996) tarafından yapılmıştır. (Kubin ve Akıncı, 1996) yeni yönetmelikle diğer ülke yönetmeliklerini karşılaştırmışlar, ayrıca, PROBİNA programı kullanarak, 1975 Yönetmeliği sonuçları ile de kıyaslamalar yapmışlardır. 1975 ve 1998 Deprem Yönetmeliklerinin karşılaştırılması STA4-CAD ile özel bir örnek üzerinde (Amasralı, 1996) tarafından da yapılmıştır.

(Celep ve Kumbasar, 1998), “Betonarme Yapılar” isimli kitaplarının bir bölümünü Yeni Deprem Yönetmeliği konusuna ayırmışlardır. Bu bölümün sonunda uzay çerçeveler için el ile çözülmeye uygun muto yöntemi anlatılmakta ve yeni deprem yönetmeliğine göre küçük bir örnek çözülmektedir.

Yeni Deprem Yönetmeliğine göre bina analiz ve tasarımı (Dündar ve Ark, 1998) tarafından örneklerle ele alınmıştır. Bu çalışmada SAP90 ve ETABS programları kullanılmıştır.

(Aydınoğlu, 1997), Yeni Deprem Yönetmeliği'nin uygulanması için açıklık sağlayan çizelge ve adımlar önermektedir. Bu çalışmanın sonuna SAP90 ile çözülmüş bir örnek eklenmiştir.

(Dündar, C., Tanrikulu, A. K. , Kırıl, E. ,Tokgöz, S.,1998), Yeni Deprem Yönetmeliğine Göre Bina Analiz Ve Tasarımı, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi, Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri'ni açıklamışlar, rijit diyafram modelini irdemişler, betonarme binalar için depreme dayanıklı yapı tasarımı hakkında bilgi vermişler ve bu konularla ilgili SAP90 ve ETABS çözümlerinin yanı sıra benzeştirilmiş deprem kayıtlarından spektrum

değerlerinin nasıl elde edileceğine dair örnek bir FORTRAN programı da vermişlerdir.

(Kıral, E. ,Özdemir, E. K. ,Yerli, H. R. ,Temel, B. ,2000), Yeni Deprem Yönetmeliğinin Analiz Bakımından Uygulamaları (Çözümlü Örnekler), Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemini adımlar halinde anlatmışlar ve ANSYS programını kullanarak çözümler yapmışlardır. Çalışmada Perdeli Sistemler de ayrı bir bölüm olarak ele alınmış ve Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile incelenmiştir. Buna ek olarak A4 düzensizliği üzerine bir örnek her iki yöntem de kullanılarak irdelenmiştir.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Bu çalışmada, ülkemizde yaygın kullanımı olan PROBİNA Orion (Ver. 2000 Rev C-7) programının deprem yükleri altında yaptığı analizler incelenmiş ve TDY98'e uygunluğu tartışılmıştır. PROBİNA programı, yapı sistemlerinin projelendirilmesinde, ortogonal/nonortogonal, düzenli/düzensiz taşıyıcı sistemlerin çözümü ve tasarımı yapmaktadır. Programın dayandığı temeller aşağıda özetlenmektedir.

Yapısal analiz Rijitlik Matrisi Yöntemi ile 3-boyutlu olarak yapılmaktadır. Yapı, her kat Seviyesinde, iki ortogonal doğrultuda yatay serbestlik ve düşey eksen etrafında dönme serbesliği esas alınarak oluşturulan 3 serbestlik derecesine sahiptir. Çözüm Lineer Elastik kabule dayanmaktadır. Döşemelerin kendi düzlemlerinde rijit diyafram oluşturduğu varsayılmaktadır.

Global rijitlik matrisi, planda ortogonal veya ortogonal olmayan, kendi düzlemleri doğrultusunda etkin olan düzlem çerçevelerin birleştirilmesi ile 3 boyutlu olarak oluşturulmaktadır.

Oluşturulan çerçeve rijitlik matrisleri, her kat seviyesinde çerçevelerin rijit diyaframa uyumlu deplasman yaptığı kabulüyle ve dönme etkisi de hesaba katılarak global rijitlik matrisine katkıda bulunmaktadır. Sistem denklemlerinin çözümü, Gauss Eliminasyon yöntemiyle yapılmaktadır. Elde edilen deplasmanlar yardımıyla kesit tesirleri elde edilmektedir.

Kiriş, kolon birleşimlerindeki rijit bölgeler, eleman ankastrelik momentlerinin hesabında ve rijitlik matrisinin oluşturulmasında, % 25 azaltılarak veya azaltılmadan hesaba katılabilmekte veya hiç hesaba katılmadan düğümden düğüme (aksar arası) mesafe alınarak hesaba dahil edilebilmektedir.

Yapı modeli, kartezyen koordinat sistemi kullanılarak oluşturulmakta ve çözüm için Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi veya Mod Birleştirme Yöntemi kullanılabilir. Çözümlerde herhangi bir amprik formül kullanılmamaktadır.

Üçgen, dikdörtgen, yamuk ve geometrisi bozuk çokgen plak döşemelerden kirişlere yük aktarımı kırılma çizgileri kullanılarak gerçekleştirilmektedir.

Kirişlere duvar ve döşemeden gelen yükler, duvarda veya döşemede ki boşluklar da hesaba katılarak, elemanların öz ağırlıklarının da katkısıyla bina yükü otomatik olarak hesaplanmaktadır.

Seçilen çözüm yöntemine bağı olarak oluşturulan yük kombinasyonları PROBİNA programıyla birlikte gelmekte ve yük kombinasyonları kullanıcı tarafından düzenlenebilir. A4 düzensizliği gibi durumlar için farklı kombinasyonlar bulunmakta ve seçilen kombinasyona kullanıcı kendi oluşturduğu yükleme koşullarını ekleyebilir.

Dinamik analizde, dönme kütleli atalet momenti toplanmış kütle kabulüne uygun olarak, her bir tekil kütleli kat kütle merkezine olan uzaklığı esas alınarak hesaplanmaktadır.

PROBİNA programı yeni Deprem Yönetmeliği ve TS-500'e uygun olarak aşağıdaki kontrolleri gerçekleştirir

Kullanıcı tarafından girilen tüm kesit boyutları, kullanılan yönetmeliklerde belirtilen limit değerler ile kontrol edilerek gerekli uyarılar yapılmaktadır.

Tasarım Deprem Spektrumu yönetmelikçe öngörülen yöntemle otomatik olarak oluşturulmaktadır.

Yapı yüksekliği kontrolü ve analiz yönteminin otomatik seçimi yapılmaktadır.

Dinamik Etkin Kütle oranları kontrolü ile yeterli sayıda titreşim modunun katkısının hesaba katılıp katılmadığının kontrolü yapılmakta ve gerekli uyarı yapılmaktadır.

A1, B1 ve B2 Yapı Düzensizlikleri otomatik olarak saptanmakta ve gerekli uyarılar yapılmaktadır. Mod Birleştirme Yönteminde bu düzensizliklere rastlandığında elde edilen bütün deplasman ve kesit tesirleri otomatik olarak elde edilen katsayıyla çarpılarak büyütülmektedir.

Yapının Süneklik Düzeyi belirlenmekte ve kullanıcı tarafından seçilmiş olan süneklik düzeyi onaylanmaktadır.

İkinci Mertebe Etkileri ve Görelî Kat Ötelenmeleri'nin kontrolü otomatik olarak yapılmakta, bu kontrollerde gereken şartlar sağlanmıyorsa uyarılar yapılmaktadır.

Yapıdaki her bir kolon-kiriş düğüm noktası için Kolonların Kirişlerden daha güçlü olması koşulu kontrolü yapılmaktadır.

Yapıdaki her bir düğüm noktası için göz önüne alınan deprem doğrultusundaki Kolon-Kiriş Birleşim Bölgeleri Kesme Güvenliği kontrolü yapılmaktadır.

3.2. Metod

Bu çalışmada, kullanılan PROBİNA ORION programında çözülen örneklerin sonuçlarının karşılaştırılabilmesi için daha önce, ANSYS programı yardımıyla Özdemir, E.K: (1999) tarafından çözülen örneklerin sonuçları kullanılmıştır. Bunun yanında, STA4-CAD (Ver 9.0) programı kullanılarak çözülen örneklerin sonuçları da karşılaştırma amacıyla verilmiştir. Ayrıca, Aydınalev, F. (2000) tarafından SAP90 kullanılarak yapılan çalışmadan alınan bazı örnek dataları gerekli düzeltmeler yapılarak, SAP-2000(Ver. 6.11) programında kullanılmış ve elde edilen sonuçlar çalışmaya eklenmiştir. SAP90 datalarının uygun olmadığı örnekler (perdeli sistemler) ise SAP-2000 programı kullanılarak tekrar modellenip, çözülmüş ve çalışmada kullanılmıştır. Yukarıda belirtilen çalışmalarda bulunmayan yeni örnekler ise ANSYS 5.3, SAP-2000(Ver. 6.11), PROBİNA ORION 2000 (Rev. C-7) ve STA4-CAD (Ver 9.0) programları kullanılarak çözülmüş ve sonuçları çalışmaya

aktarılmıştır. PROBİNA programı sonuçlarının, sonlu elemanlar metodunu kullanan ANSYS ve SAP-2000 programlarının sonuçları ile olan yakınlığının, PROBİNA programının irdelenmesi konusunda yeterli bilgiyi vereceği düşünülmektedir.

Yukarıda bahsedilen çalışmalarda kullanılan kabullere uygun olarak, PROBİNA programı kullanılarak çözülen örneklerde de şu kabuller yapılmıştır.

Kat döşemeleri yatay düzlemde rijit diyaframdır.

Kirişlere ait kesit tesirleri hesaplanırken dikdörtgen kesit kullanılmıştır.

Hesaplarda düğümler arası (aksılar arası) eleman boyları kullanılarak yapılan çözüm için rijit bölgeler göz önüne alınmamıştır. Proje Parametreleri kısmında bu seçenek aktif hale getirilmiştir.

Eleman öz ağırlıklarının olabildiğince az katkı sağlaması için beton birim hacim ağırlığı çok küçük alınmış böylelikle kirişlere sadece döşeme üzerinde tanımlanan yüklerin etkisi aktarılmıştır. Kat ağırlıklarının sadece söz konusu olan kattaki döşemelerden gelmesi için analizden önce **Analiz Veri Dosyasında** kolon ağırlıkları hesabında kullanılan beton birim ağırlığı (kullanılan birim sistemine bağlı olarak) $1 \cdot 10^{-20} \text{ t/m}^3$ olarak değiştirilerek analiz yapılmıştır. Böylece kat ağırlıklarını ayarlanması konusunda bir kolaylık sağlanmıştır.

PROBİNA programı, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'ni uygularken serbest titreşim analizinden bulduğu periyotları kullanmaktadır.

Bütün programlarda düşey taşıyıcı sistemlerin, en alt katta zemine ankastre olarak bağlandığı kabul edilmiştir.

PROBİNA programında, perde için kullanılan panel elemanına ek olarak uygulanabilirliği olan değişik modeller de kullanılmış ve sonuçları çalışmaya alınmıştır.

4. EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ YÖNTEMİ

TDY98' in, deprem etkisi altındaki yapıların çözümü için önerdiği üç çözüm yönteminden biri olan Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi, yönetmeliğin öngördüğü hesap yöntemleri içinde uygulaması en kolay olanıdır. Bu yöntemde amaç, yapıya etkiyen ve dinamik bir etki olan depremden dolayı oluşan kuvvetleri, statik olarak kat hizalarına etkitmek ve bu yükler altında çözüm yapmaktır.

Yöntemde, yapıya etkiyen eşdeğer kat deprem yükleri birinci doğal titreşim periyodu kullanılarak elde edilir ve yapıya kat hizalarında, $\pm 5\%$ eksantrisine uygulanarak yapının statik analizi bu yükler altında yapılır. Buradan elde edilen yer değiştirmelerle yönetmeliğin öngördüğü düzensizlik kontrolleri yapılır.

Yöntemin uygulanabilmesi için 'Tablo 4.1' deki şartların yerine getirilmesi gerekir.

Tablo 4.1. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'ne uygun binalar.(TDY98 Tablo 6.6)

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

H_N : Temel üst seviyesinden itibaren ölçülen toplam bina yüksekliği.

4.1. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nin Adımları

Adım 1: Bina kat ağırlıkları ve toplam bina ağırlığı hesaplanır.

$$w_i = g_i + n \times q_i \quad \text{TDY98 Denk 6.6 (4.1)}$$

w_i : Binanın i 'inci kat ağırlığı,

g_i : Binanın i 'inci katındaki toplam sabit yük,

q_i : Binanın i 'inci katındaki, toplam hareketli yük,

n : Hareketli yük katılım katsayısı olmaktadır. (TDY98 Tablo 6.7)

$$W = \sum_{i=1}^N w_i \quad \text{TDY98 Denk 6.6 (4.2)}$$

W : Binanın toplam ağırlığı,

N : Binadaki kat sayısı.

Adım 2: Katlara etkiyen fiktif yükler hesaplanır.

$$F_{fi} = \frac{w_i \times H_i}{\sum_{j=1}^N (w_j \times H_j)} \quad \text{TDY98 Şekil 6.10 (4.3)}$$

H_i : Binanın i 'inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliğidir.

Adım 3: Master noktası seçilir, yapının döşemeleri rijit diyafram olarak çalışıyorsa master noktası kütle merkezinde olacaktır.

Adım 4: Adım 2' de bulunan fiktif yükler (F_{fi}), yapının her katında gerçek (kaydırılmamış) kütle merkezlerine, göz önüne alınan deprem doğrultusunda etkililerek statik analiz yapıp, her kata ait deprem doğrultusunda oluşan yer değiştirmeler (d_{fi}) bulunur.

Adım 5: Binanın birinci doğal titreşim periyodu (T_1) hesaplanır. (T_1)'in hesaplanmasında , serbest titreşim analizinden yararlanılabilir. Eğer birinci doğal titreşim periyodu, serbest titreşim analizi yapılarak bulunmak isteniyorsa, Adım 1' de

bulunan kat ağırlıklarının yer çekimi ivmesinin sayısal değerine bölünmesiyle bulunan kat kütleleri ve $m\theta$ (Denk 4.3), kütle merkezine yerleştirilerek dinamik analiz yapılabilir. Buradan çözüm yapılmak istenen yöne göre periyotlara ait mod vektörleri yardımıyla ve etkin kütle oranlarının yönüne göre birinci doğal titreşim periyodu belirlenir. Bu durumda Adım 2' den Adım 5' e geçilir.

Binanın birinci doğal titreşim periyodu serbest titreşim analizi yapılmadan, ampirik yöntemle veya Adım 1' den Adım 4' e kadar verilen eşitlikler de kullanılarak Rayleigh Oranı ile de bulunabilir.

a) Ampirik Bağntı İle T_1 'in Hesabı;

$$T_1 \cong T_{1A} = C_t \times H_N^{3/4} \quad (\text{TDY98 Denk.6.11}) \quad (4.4)$$

Bu ampirik bağntı, birinci ve ikinci deprem bölgelerinde temel üstünden ölçülen toplam bina yüksekliğinin $H_N \leq 25$ m olması koşulunu sağlayan binalar ile üçüncü ve dördüncü deprem bölgelerinde, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin uygulandığı tüm binaların, birinci doğal titreşim periyodunu bulmak için kullanılabilir. Bu bağntıda görülen C_t değeri, bina taşıyıcı sistemine bağlı olarak TDY98' de aşağıdaki şekilde belirtilmiştir.

i. Deprem yüklerinin tamamının, betonarme perdelerle taşındığı binalarda C_t değeri;

$$C_t = 0.075/A_t^{1/2} \leq 0.05 \quad \text{TDY98 Denk 6.12a} \quad (4.5)$$

formülü ile hesaplanacaktır. Bu denklemde A_t değeri, aşağıdaki formülle bulunacaktır.

$$A_t = \sum A_{wj} [0.2 + (l_{wj}/H_N)^2] \quad \text{TDY98 Denk 6.12b} \quad (4.6)$$

A_{wj} : Binanın temel üstündeki ilk katında, j'inci perdenin brüt en kesit alanı,

l_{wj} : Binanın temel üstündeki ilk katında j'inci perdenin deprem doğrultusunda çalışan uzunluğudur.

Ayrıca, $l_{wj}/H_N \leq 0.9$ koşulu sağlanmalıdır.

ii. Taşıyıcı sistemi sadece betonarme çerçevelerden veya dışmerkez çaprazlı çelik perdelerden oluşan binalarda $C_t=0.07$, taşıyıcı sistemi sadece çelik çerçevelerden oluşan binalarda $C_t= 0.08$, diğer tüm binalarda ise $C_t= 0.05$ alınacaktır.

b) Rayleigh Oranı İle T_1 'in Hesabı;

$$T_1 = 2\pi \left[\frac{\sum_{i=1}^N (m_i \times d_{fi}^2)}{\sum_{i=1}^N (F_{fi} \times d_{fi})} \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{TDY98 Denk 6.13 (4.7)}$$

m_i = Binanın i'inci katının kütlesi ($m_i=w_i/g$),

d_{fi} = Binanın i'inci katında kütle merkezinde, F_{fi} fiktif yüklerine göre hesaplanan yer değiştirme,

N = Binanın temel üstünden itibaren toplam kat sayısı.

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin uygulandığı tüm binaların birinci doğal titreşim periyodu Rayleigh Oranı ile hesaplanabilir. Bunun yanında birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde, temel üstünden ölçülen toplam bina yüksekliğinin $H_N > 25$ m, olması durumunda, T_1 'in Rayleigh oranı yada serbest titreşim analizi ile hesaplanması zorunludur.

TDY98, ampirik bağıntı ile bulunan periyodun $T_{1A} > 1.0s$ olması durumunda, daha kesin bir hesap yapılmadıkça, Rayleigh Oranı ile elde edilen periyodun en büyük değerinin, T_{1A} 'nın 1.30 katından daha fazla olmamasını isteyerek Rayleigh Oranı ile bulunan periyot için sınırlandırma getirmektedir.

Adım 6: Spektrum katsayısı $S(T_1)$ yerel zemin koşullarına ve binanın birinci doğal titreşim periyodu T_1 'e bağlı olarak, TDY98 Denk 6.2a, 6.2b ve 6.2c koşullarından uygun olanına göre bulunur.

$$S(T_1)=1+1.5T_1/T_A \quad (0 \leq T_1 \leq T_A) \quad \text{TDY98 Denk 6.2a (4.8a)}$$

$$S(T_1)=2.5 \quad (T_A < T_1 \leq T_B) \quad \text{TDY98 Denk 6.2b (4.8b)}$$

$$S(T_1)=2.5(T_B/T_1)^{0.8} \quad (T_1 > T_B) \quad \text{TDY98 Denk 6.2c (4.8c)}$$

Yukarıdaki denklemlerde görülen T_A ve T_B değerleri Spektrum Karakteristik Periyotlarıdır. Bu periyotlar, TDY98 Tablo 12.1 ve Tablo 12.2'de tanımlanan yerel zemin sınıflarına bağlı olarak TDY98 Tablo 6.4'den alınacaktır.

Adım 7: Spektrum katsayısı $S(T_1)$ ve bina önem katsayısına (I) bağlı olarak Spektral İvme Katsayısı $A(T_1)$ aşağıdaki hesaplanır;

$$A(T_1)= A_0 \times I \times S(T_1) \quad \text{TDY98 Denk 6.1 (4.9)}$$

A_0 = Etkin yer ivmesi katsayısı (TDY98 Tablo 6.2),

I = Bina önem katsayısı (TDY98 Tablo 6.3),

$S(T_1)$ = Spektrum katsayısı (TDY98 Denk 6.2).

Adım 8: Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı $R_a(T_1)$ 'nın hesaplanır;

$R_a(T_1)$ binanın birinci doğal titreşim periyoduna, Spektrum Karakteristik Periyotları'ndan T_A 'ya ve Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R 'ye göre aşağıdaki denklemlerle bulunur.

$$R_a(T_1)=1.5+(R-1.5) \times T_1/T_A \quad (0 \leq T_1 \leq T_A) \quad \text{TDY98 Denk 6.3a (4.10a)}$$

$$R_a(T_1)=R \quad (T_1 > T_A) \quad \text{TDY98 Denk 6.3b (4.10b)}$$

R : Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (TDY98 Tablo 6.5)

Adım 9: Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü (taban kesme kuvveti) (V_t), aşağıdaki denklem yardımıyla hesaplanır.

$$V_t = \frac{W \times A(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.1 \times A_0 \times I \times W \quad \text{TDY98 Denk 6.4 (4.11)}$$

Adım 10: Katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri, Adım 9 da hesaplanan V_t ve Adım 2 de hesaplanan fiktif yükler (F_{fi}) yardımıyla aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i \times H_i}{\sum_{j=1}^N (w_j \times H_j)} = (V_t - \Delta F_N) \times F_{fi} \quad \text{TDY98 Denk 6.9 (4.12)}$$

ΔF_N :Yapı yüksekliğinin $H_N \geq 25\text{m}$ olması durumunda en üst kata uygulanacak olan ek yatay yüküdür. Bu ek yatay yük, T_1 'e ve taban kesme kuvveti V_t 'ye bağlı olarak aşağıdaki bağıntı ile bulunur. $H_N \leq 25\text{m}$ olması durumunda $\Delta F_N=0$ alınacaktır.

$$\Delta F_N = 0.07 \times T_1 \times V_t \leq 0.2 \times V_t \quad \text{TDY98 Denk 6.8 (4.13)}$$

Böylece Adım 9'da hesaplanan toplam eşdeğer deprem yükü, bina katlarına kat hizalarında etkiyen yatay kuvvetler olarak dağıtılır.

$$V_t = \Delta F_N + \sum_{i=1}^N F_i \quad \text{TDY98 Denk 6.7 (4.14)}$$

Adım 11: Adım 10 da hesaplanan eşdeğer kat deprem yükleri her iki yönde master noktasına (kütle merkezine) $\pm 5\%$ eksantrisite uygulanarak statik analiz yapılır.

Adım 12: Binada perde varsa, binanın süneklik düzeyine göre;

i Süneklik düzeyi yüksek sistemlerde, TDY98 6.5.2.1'e göre deprem yüklerinden dolayı perdelerin tabanında oluşan eğilme momentlerinin toplamının, binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam devrilme momentine oranı olan α_M 'in 0.75'den fazla olup olmadığına bakılır. $\alpha_M \leq 0.75$ ise Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı $R=7$ olarak kullanılabilir. Eğer $0.75 < \alpha_M \leq 1.0$ ise Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı $R=10-4 \times \alpha_M$ denklemi ile belirlenir ve yeni R ile işlemler, Adım 9' dan itibaren tekrarlanır veya elde edilen sonuçlar (R_{eski}/R_{yeni}) oranıyla çarpılarak büyütülür.

ii Süneklik düzeyi normal sistemlerde, $\alpha_M \geq 0.75$ sağlanmalıdır. Bu şart sağlanmazsa perde kesit alanları artırılarak işlemler Adım 1'den itibaren tekrarlanır.

iii Süneklik düzeyi karma sistemlerde her bir deprem doğrultusunda $\alpha_M \geq 0.40$ olmalıdır. $\alpha_M \geq 2/3$ olması durumunda TDY Tablo 6.5' te deprem yüklerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek perde tarafından taşındığı durum için verilen R katsayısı ($R = R_{yp}$), taşıyıcı sistemin tümü için kullanılabilir.

$0.40 > \alpha_M > 2/3$ aralığında, her iki deprem doğrultusunda taşıyıcı sistemin tümü için $R = R_{NÇ} + 1.5 \alpha_M (R_{YP} - R_{NÇ})$ bağıntısı uygulanır.

Adım 13: α_M kontrolünden sonra her kata ait yer değiştirmeler, minimum ve maksimum olarak derlenir. Bulunan yer değiştirmeler ve TDY98 Şekil 6.1' deki denklemler yardımıyla planda ve düşeyde düzensizlik kontrolleri yapılır.

$$(\Delta_i)_{\max} = (d_i)_{\max} - (d_{i-1})_{\max}$$

$$(\Delta_i)_{\min} = (d_i)_{\min} - (d_{i-1})_{\min}$$

TDY98 Şekil 6.1 (4.15)

$$(\Delta_i)_{\text{ort}} = ((\Delta_i)_{\max} + (\Delta_i)_{\min})/2$$

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

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

TDY98 Tablo 6.1 (4.16)

$(d_i)_{\max}$: Eşdeğer Deprem Yüklerinden dolayı i.katta oluşan en büyük yer değiştirme

$(d_i)_{\min}$: Eşdeğer Deprem Yüklerinden dolayı i.katta oluşan en küçük yer değiştirme

Adım 14: TDY98 Tablo 6.1’de belirtilen planda ve düşey doğrultudaki düzensizlik durumları için kontroller yapılır.

$1.2 < \eta_{bi} \leq 2$ ise eksantrisite değerleri her iki doğrultu için D_i katsayısı ile çarpılarak büyütülmeli ve analiz Adım 11 itibaren tekrarlanmalıdır.

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

TDY98 Denk 6.10 (4.17)

1. ve 2. Derece deprem bölgelerinde $H_N > 25$ m olması durumunda, $\eta_{ki} > 1.5$ ise veya $\eta_{ki} \leq 1.5$ ve $\eta_{bi} > 2$ ise dinamik analiz yapılması zorunludur.

$H_N \leq 25$ m ve $\eta_{bi} > 2$ durumunda dinamik analiz yapılması zorunludur.

Adım 15: Göreli kat ötelemeleri kontrolleri TDY98 Denk 6.20a ve Denk 6.20b’den küçük olanına göre, ayrıca ikinci mertebe etkilerinin kontrolü de TDY98 Denk 6.21’e göre yapılır.

$$(\Delta_i)_{\max}/h_i \leq 0.0035$$

TDY98 Denk 6.20a (4.18a)

$$(\Delta_i)_{\max}/h_i \leq 0.02/R$$

TDY98 Denk 6.20b (4.18b)

$$\theta_i = \frac{(\Delta_i)_{\text{ort}} \sum_{j=1}^N w_j}{V_i h_i} \leq 0.12 \quad \text{TDY98 Denk 6.21 (4.19)}$$

V_i : i'inci kattaki kesme kuvveti.

4.2. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi İle İlgili Sayısal Uygulamalar

Bu bölümdeki tüm örnekler, Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'ne göre PROBİNA-2000 (C-7) ve SAP-2000 programı ile çözülmüş, aynı örneklerin ANSYS, ve STA4-CAD sonuçları ile karşılaştırmalar yapılmıştır. Örneklerde bina döşemeleri, rijit diyafram modeli kabulü esas alınmıştır. Bu özellik PROBİNA programının genel kabulüdür.

Örneklerin ANSYS 5.3, SAP-2000, STA4-CAD ve PROBİNA çözümlerinde dikdörtgen kesitli kirişler kullanılmıştır.

Kat ağırlıkları, ANSYS 5.3, SAP-2000 çözümlerinde, bu programların özelliği dolayısıyla direkt olarak verilebilmiştir. Fakat PROBİNA ve STA4-CAD programları kat ağırlıklarını otomatik olarak kendileri hesaplamaktadır. Örneklerde kat ağırlıklarının mümkün olduğunca yakın olmasına çalışılmıştır.

PROBİNA ve STA4-CAD programı, Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nde binanın birinci doğal titreşim periyodunu hesaplarken yönetmeliğin izin verdiği TDY98 Denk 6.7.4.2'deki Ampirik Bağlantı ve TDY98 Denk 6.7.4.3'deki Rayleigh Oranı'nı kullanmayıp, serbest titreşim analizi sonucu bulunduğu periyodu kullanmaktadır.

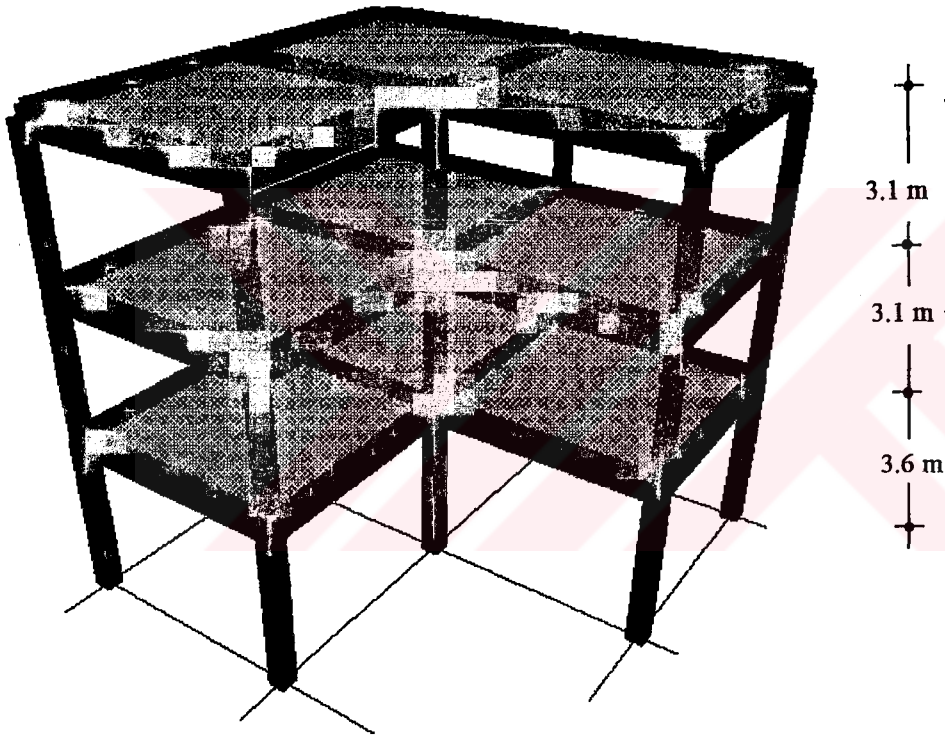
Bu örneklerin ANSYS 5.3, SAP-2000, PROBİNA ve STA4-CAD programları ile yapılan çözümlerinde birinci kat kolonlarının zemine ankastre olarak bağlandığı kabul edilmiştir. Ayrıca, örneklerin modellenmesinde kolon-kiriş birleşim bölgelerindeki rijitlik dikkate alınmamaktadır.

Bölüm üçte çözülen tüm örneklerde, beton elastisite modülü $E=2.85 \cdot 10^6 \text{ t/m}^2$ kabul edilmiştir.

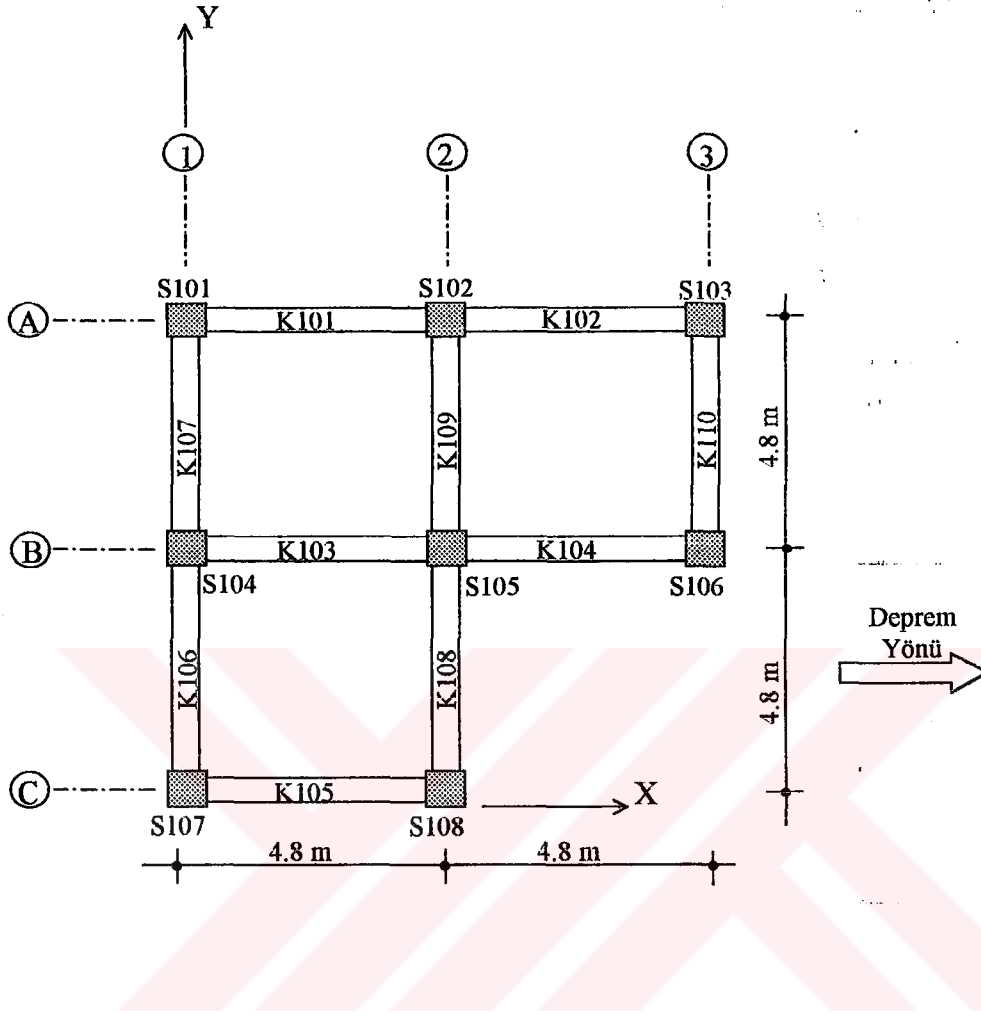


4.2.1. Örnek 4.1.

Bu örnekte, Şekil 4.1.'de görülen betonarme çerçevelerden oluşmuş 3 katlı bir yapının çözümü yapılmaktadır. Bu örnek daha önce (Celep, Z. ,Kumbasar, N., 1998) tarafından Muto Yöntemiyle ele alınmıştır. İlgili veri dosyaları ekteki diskette verilmektedir.



Şekil 4.1. Örnek 4.1.'e ait yapı.



Şekil 4.2. Örnek 4.1.'in 1.kat kalıp planı.

Bina, Zemin ve Deprem Bilgileri

Kat sayısı	: 3 Normal Kat,
Bina türü	: Konut,
Taşıyıcı sistem türü	: Yerinde dökme betonarme çerçeve sistem,
Deprem bölgesi	: 1'inci bölge,
Yerel Zemin Sınıfı	: Z3.

Sabit Yükler : $G_1 = 68.70$ tonHareketli Yükler : $q = 0.20$ ton /m² $G_2 = 68.70$ ton $q_{\text{çatı}} = 0.15$ ton /m² $G_3 = 48.50$ ton

Tablo 4.2. Örnek 4.1.'in kolon boyutları.

KAT NO	KOLON NO	BOYUT (X×Y)
1	Tüm kolonlar (S101 S108)	350 mm × 350 mm
2	Tüm kolonlar (S201 S208)	300 mm × 300 mm
3	S301, S305	300 mm × 300 mm
	S302, S307, S308	250 mm × 300 mm
	S303, S304, S306	300 mm × 250 mm

ANSYS 5.3, SAP-2000, STA4-CAD ve PROBİNA programları ile yapılan çözümlerde, tüm katlar için 250×500 mm dikdörtgen kesitli kirişler alınmıştır.

Kat ve Toplam Bina Ağırlıklarının Hesabı:

$$w_{gi}(\text{ton}) = G_i$$

$$\text{Kat alanı} = 3 \times 4.8 \times 4.8 = 69.12 \text{ m}^2$$

$$n = 0.30 \text{ (Hareketli yük katılım katsayısı)}$$

TDY98 Tablo 6.7

$$w_{qi}(\text{ton}) = n \times 69.12 \times q_i$$

$$w_i(\text{ton}) = w_{gi}(\text{ton}) + w_{qi}(\text{ton})$$

Çizelge 4.1. Örnek 4.1.'in kat ağırlıklarını oluşturan bileşenler.

Kat No	w _{gi} (ton)				w _{qi} (ton)			
	ANSYS 5.3	PB 2000	STA 4	SAP 2000	ANSYS 5.3	PB 2000	STA 4	SAP 2000
3	48.50	49.02	48.49	48.50	10.368	10.38	10.33	10.30
2	68.70	68.95	68.85	68.70	13.824	13.78	13.82	13.77
1	68.70	68.95	68.74	68.70	13.824	13.78	13.83	13.88

w_{gi}(ton): Kat ağırlığına etki eden ölü yük bileşeni(g_i)

w_{qi}(ton): Kat ağırlığına etki eden hareketli yük bileşeni(n×69.12×q_i)

Çizelge 4.2. Örnek 4.1.'in kat ağırlıkları.

Kat No	w _i (ton)= w _{gi} (ton)+ w _{qi} (ton)			
	ANSYS 5.3	PB 2000	STA 4	SAP 2000
3	51.6104	52.13	51.588	51.6104
2	72.8472	73.08	72.996	72.8472
1	72.8472	73.08	72.892	72.8472
Σ w _i	197.305	198.30	197.475	197.305

Çizelge 4.2.'de görüldüğü üzere kat ağırlıkları bütün programlarda olabildiğince birbirine yakın alınmaya çalışılmıştır.

Çizelge 4.3. Örnek 4.1.'e ait birinci doğal titreşim periyotları (s).

ANSYS 5.3		PB 2000	STA 4	SAP 2000
R a y l e i g h	Modal Analiz	Modal Analiz	Modal Analiz	Modal Analiz
0.540*	0.540	0.5417*	0.5479*	0.5469*

Çizelge 4.3.'deki periyotların yakın olduğu görülmektedir. Hesaplarda, birinci doğal titreşim periyotlarından yıldızla işaretli olanları kullanılmıştır.

Analizi yapılan bina süneklik düzeyi yüksek sistem kabul edilmiştir. TDY98 Tablo 6.5.'den Yapı Davranış Katsayısı $R = 8$ olarak alınmıştır.

Yerel zemin sınıfı Z3 olduğundan, Spektrum karakteristik periyotlarının gösterildiği TDY98 Tablo 6.4.'den yararlanılarak, $T_A=0.15$ s ve $T_B=0.60$ s olarak elde edilmiştir.

Binanın birinci serbest titreşim periyodu yukarıda tespit edilen Spektrum Karakteristik Periyotları ışığında incelenirse dört programın verdiği periyotların $T_A < T_1 < T_B$ koşuluna uygun olduğu görülmektedir. Bu durum, TDY98 Denk 6.2b'ye göre Spektrum Katsayısı'nın her dört program için de aynı yani $S(T_1)=2.5$ alınması anlamına gelmektedir.

Binanın birinci serbest titreşim periyodu Yapı Davranış Katsayısı R ve T_A 'ya göre incelenirse TDY98 Denk 6.3b' deki $T_1 > T_A$ durumunun olduğu görülmektedir. Buna göre de Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı $R_a(T_1)=R=8$ alınmıştır.

Bina birinci deprem bölgesinde olduğundan TDY98 Tablo 6.2'ye göre Etkin Yer İvmesi $A_0=0.40$ ve bina konut olduğundan TDY98 Tablo 6.3'e göre Bina Önem Katsayısı $I = 1$ değerleri alınarak Spektral İvme Katsayısı $A(T_1)$, TDY98 Denk 6.1 kullanılarak bulunur. Dört program için de $A(T_1)=0.4 \times 1 \times 2.5=1.0$ bulunmuştur.

Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü (Taban Kesme Kuvvetleri), TDY98 Denk 6.4' ten faydalanılarak aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

Çizelge 4.4. Örnek 4.1.'in taban kesme kuvvetleri.

V_t (ton)			
ANSYS 5.3	PB 2000	STA4	SAP 2000
24.663	24.788	24.684	24.663

Yukarıda, bulunan taban kesme kuvvetlerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Bulunan sonuçlar, ANSYS 5.3, PROBİNA, SAP-2000 ve STA4 CAD programları için TDY98 Denk 6.4' yeki koşulu sağlamaktadır.

Bulunan Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü, N' inci kat dahil olmak üzere, bina katlarına TDY98 Denk 6.9 'a göre dağıtılmıştır. $H_N \leq 25$ m olduğundan $\Delta F_N = 0$ olmaktadır.

Çizelge 4.5. Örnek 4.1.'e ait eşdeğer kat deprem yükleri(F_i).

Kat No	$F_i(\text{ton})$			
	ANSYS 5.3	PB 2000	STA4	SAP 2000
3	9.931	10.02	9.928	9.931
2	9.583	9.61	9.604	9.583
1	5.149	5.16	5.153	5.149

Çizelge 4.5.'te birbirine çok yakın olarak bulunan eşdeğer kat deprem yükleri (F_i) ,ANSYS 5.3 ve SAP-2000 Programlarında X yönü doğrultusunda, kat hizalarında +%5 eksantrisite ile kaydırılmış kütle merkezlerine etkililerek statik analiz yapılmıştır. PROBİNA Programı bu yüklemeleri otomatik olarak yaptığından X yönü çözümleri alınarak tablolara yansıtılmıştır. ANSYS 5.3 ve SAP-2000 Programlarında sonuç olarak bulunan deplasmanlar kullanılarak, düşeyde ve planda düzensizliklerin TDY98' e göre kontrolü yapılmıştır. PROBİNA Programı ise bu kontrolleri her iki deprem yönünde ve her iki yönde de $\pm$ eksantrisite durumları için TDY98' e uygun olarak yapmaktadır.

Çizelge 4.6. Örnek 4.1. için burulma düzensizliği kontrolü (A1),

Kat No	$(d_i)_{max}$				$(d_i)_{min}$			
	ANSYS 5.3	PB 2000	STA 4	SAP 2000	ANSYS 5.3	PB 2000	STA 4	SAP 2000
3	0.01453	0.01471	0.01605	0.01490	0.01198	0.01269	0.01254	0.01226
2	0.01098	0.01097	0.01131	0.01127	0.00896	0.00966	0.00936	0.00918
1	0.00525	0.00522	0.00543	0.00538	0.00427	0.00462	0.00445	0.004369

Çizelge 4.6'nın Devamı,

Kat No	$(\Delta_i)_{max}$				$(\Delta_i)_{min}$			
	ANSYS 5.3	PB 2000	STA 4	SAP 2000	ANSYS 5.3	PB 2000	STA 4	SAP 2000
3	0.00355	0.00373	0.00466	0.00364	0.00302	0.00303	0.00317	0.00309
2	0.00573	0.00575	0.00596	0.00588	0.00469	0.00504	0.00491	0.00481
1	0.00525	0.00522	0.00543	0.00538	0.00427	0.00462	0.00445	0.00437

Çizelge 4.6'nın Devamı.

Kat No	$(\Delta_i)_{ort}$				η_{bi}			
	ANSYS 5.3	PB 2000	STA 4	SAP 2000	ANSYS 5.3	PB 2000	STA 4	SAP 2000
3	0.00328	0.003385	0.00392	0.00336	1.08	1.10	1.19	1.08
2	0.00521	0.005395	0.00543	0.00534	1.10	1.07	1.10	1.10
1	0.00476	0.004919	0.00494	0.00487	1.10	1.06	1.10	1.10

ANSYS 5.3, SAP-2000, PROBİNA ve STA4 CAD program sonuçları birbirine yakın olup, A1 düzensizliğine rastlanmamaktadır ($\eta_{bi} < 1.2$). Ancak maksimum ve minimum deplasmanlar incelendiğinde STA4-CAD programının sonuçlarının, ANSYS 5.3, SAP-2000 ve PROBİNA programlarının sonuçlarından bir miktar farklı olduğu görülmektedir. Bina yüksekliği 25 m 'den küçük olduğu için

B2 düzensizliği incelenmemiştir. PROBİNA programında ise her durum için B2 düzensizliği kontrolü yapılmaktadır.

Çizelge 4.7. Örnek 4.1.'e ait görelî kat ötelemeleri kontrolü.

Kat No	h_i	$(\Delta_i)_{max}$				$(\Delta_i)_{max}/h_i$			
		ANSYS 5.3	PB 2000	STA 4	SAP 2000	ANSYS 5.3	PB 2000	STA 4	SAP 2000
3	3.1	0.00355	0.00373	0.00466	0.00364	0.00114	0.00120	0.00150	0.00117
2	3.1	0.00573	0.00575	0.00596	0.00588	0.00185	0.00186	0.00192	0.00190
1	3.6	0.00525	0.00522	0.00543	0.00538	0.00146	0.00145	0.00151	0.00149

$$(\Delta_i)_{max}/h_i < 0.0035$$

$$(\Delta_i)_{max}/h_i < 0.02/R = 0.0025$$

Herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yer değiştirme farkını ifade eden görelî kat ötelenmesinin sınırları TDY98 Denk 6.20'de belirtilen yukarıdaki şartlardan küçük olana göre incelenir. Çizelge 4.7'de görüldüğü üzere bu örnek için her dört programın da sonuçlarına göre sınır değerler aşılmamaktadır. ANSYS 5.3, SAP-2000 ve PROBİNA sonuçlarının birbirine yakın olduğu görülmektedir, ancak STA4 CAD sonuçları bir miktar farklıdır.

Çizelge 4.8. Örnek 4.1. için ikinci merteye etkilerinin kontrolü (θ_i),

Kat No	w_i				$\sum_{j=1}^N w_j$			
	ANSYS 5.3	PB 2000	STA 4	SAP 2000	ANSYS 5.3	PB 2000	STA 4	SAP 2000
3	51.61	52.13	51.59	51.61	51.6104	52.1300	51.5900	51.6104
2	72.85	73.08	73.00	72.85	124.458	125.218	125.590	124.458
1	72.85	73.08	72.89	72.85	197.305	198.302	197.475	197.305

Çizelge 4.8.'in Devamı,

Kat No	$(\Delta_i)_{ort}$				V_i			
	ANSYS 5.3	PB 2000	STA 4	SAP 2000	ANSYS 5.3	PB 2000	STA 4	SAP 2000
3	0.00328	0.00338	0.00392	0.00336	9.93100	10.0220	9.9280	9.93100
2	0.00521	0.00539	0.00543	0.00534	19.5140	19.6270	19.532	19.5140
1	0.00476	0.00492	0.00494	0.00487	24.6630	24.7880	24.6840	24.6630

Çizelge 4.8.'in Devamı.

Ka t No	h_i	θ_i			
		ANSYS 5.3	PB 2000	STA4	SAP-2000
3	3.1	0.00551	0.0057	0.00657	0.00559
2	3.1	0.01072	0.0111	0.01180	0.01099
1	3.6	0.01187	0.0109	0.01098	0.01082

TDY98 Denk 6.21'e göre her katta bulunan ikinci mertebe etkileri $\theta_i < 0.12$ 'den küçük olmak zorundadır. Çizelge 4.8'de görüldüğü gibi ANSYS 5.3, SAP-2000, PROBİNA ve STA4-CAD program sonuçlarına göre ikinci mertebe etkileri TDY98' in istediği şartı sağlamaktadır.

Bu aşamada Örnek 4.1 için her kattaki kolanların kesit tesirleri karşılaştırılmış ve fikir vermesi için bazı tesirler grafiklerle gösterilmeye çalışılmıştır. Aşağıdaki çizelge ve grafiklerden ANSYS 5.3, SAP-2000; PROBİNA programlarından alınan kesit tesirlerinin oldukça yakın olduğu görülebilir.

Çizelge 4.9. Örnek 4.1.'e ait kolon kesme kuvvetleri.

Kat	Kolon	V _x				V _y			
		ANSYS 5.3	PB 2000	STA4	SAP 2000	ANSYS 5.3	PB 2000	STA4	SAP 2000
1	1	3.0868	3.08	3.086	3.094	0.2527	0.23	0.259	0.256
	2	4.0241	4.01	3.950	4.018	0.0436	0.04	0.042	0.049
	3	3.0836	3.08	3.074	3.091	0.3509	0.32	0.351	0.355
	4	2.7898	2.81	2.785	2.795	0.3231	0.30	0.314	0.0326
	5	3.6416	3.67	3.571	3.631	0.0454	0.05	0.040	0.0455
	6	2.7808	2.81	2.761	2.785	0.3510	0.32	0.347	0.355
	7	2.6122	2.67	2.577	2.607	0.2517	0.23	0.257	0.025
	8	2.6442	2.67	2.655	2.643	0.0366	0.04	0.044	0.038
2	1	2.2548	2.25	2.144	2.264	0.1821	0.17	0.153	0.185
	2	3.5505	3.54	3.686	3.54	0.0371	0.03	0.042	0.0373
	3	2.2825	2.28	2.235	2.291	0.2727	0.25	0.233	0.276
	4	2.0898	2.10	2.050	2.095	0.2716	0.26	0.260	0.274
	5	3.1200	3.15	3.065	3.109	0.0340	0.04	0.024	0.0342
	6	2.0781	2.10	2.027	2.082	0.2726	0.25	0.250	0.275
	7	2.0487	2.10	1.965	2.043	0.1825	0.17	0.172	0.186
	8	2.0896	2.10	2.132	2.089	0.0198	0.03	0.030	0.0216
3	1	1.3522	1.35	1.739	1.357	0.0730	0.07	0.297	0.075
	2	1.3845	1.40	0.227	1.387	0.0267	0.01	0.006	0.270
	3	1.1959	1.19	1.169	1.199	0.0873	0.07	0.372	0.089
	4	1.1638	1.18	1.313	1.162	0.0774	0.08	0.252	0.079
	5	1.9753	1.99	2.264	1.967	0.0167	0.03	0.047	0.0171
	6	1.1569	1.18	1.317	1.154	0.0867	0.07	0.288	0.089
	7	0.8427	0.87	1.029	.843	0.0652	0.06	0.204	0.0672
	8	0.8594	0.87	0.870	.862	0.0017	0.01	0.040	0.0029

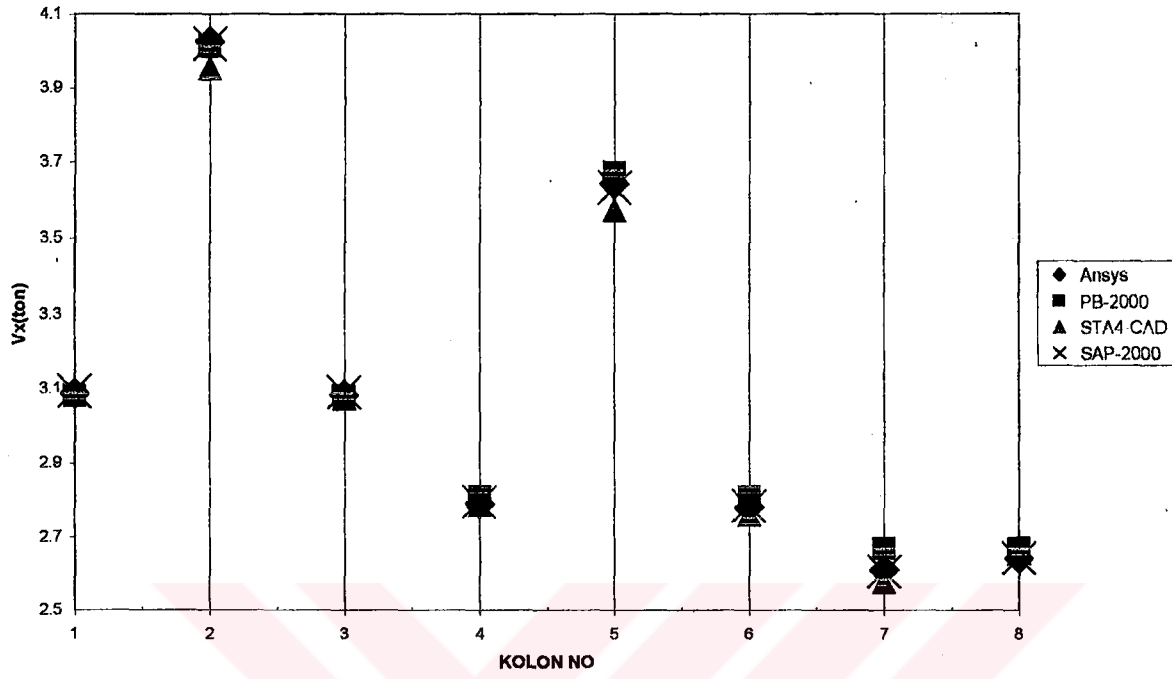
Çizelge 4.10. Örnek 4.1.'e ait X yönü kolon momentleri.

Kat	Kolon	M _x (ton m) (üst)				M _x (ton m) (alt)			
		ANSYS 5.3	PB- 2000	S T A 4	SAP- 2000	ANSYS 5.3	PB 2000	S T A 4	SAP- 2000
1	1	4.5241	4.49	4.530	4.514	6.5885	6.60	6.580	6.626
	2	6.7736	6.73	6.614	6.745	7.7133	7.70	7.604	7.720
	3	4.5162	4.48	4.500	4.506	6.5845	6.60	6.566	6.622
	4	4.0808	4.08	4.070	4.069	5.9626	6.02	5.954	5.992
	5	6.1249	6.17	5.968	6.088	6.9847	7.05	6.887	6.982
	6	4.0591	4.08	4.014	4.044	5.9518	6.02	5.926	5.980
	7	3.9240	4.01	3.837	3.895	5.4800	5.61	5.439	5.491
	8	4.0007	4.01	4.025	3.981	5.5183	5.61	5.532	5.533
2	1	3.6598	3.66	3.408	3.678	3.3299	3.33	3.237	3.341
	2	5.6324	5.62	5.951	5.620	5.3742	5.35	5.477	5.355
	3	3.7196	3.72	3.608	3.737	3.3561	3.35	3.321	3.366
	4	3.4126	3.44	3.319	3.424	3.0658	3.08	3.035	3.072
	5	4.9006	4.94	4.825	4.887	4.7713	4.82	4.678	4.751
	6	3.3952	3.44	3.290	3.384	3.0469	3.08	2.994	3.051
	7	3.3315	3.41	3.177	3.325	3.0196	3.09	2.915	3.008
	8	3.3919	3.41	3.464	3.393	3.0858	3.09	3.146	3.082
3	1	2.3389	2.33	2.932	2.353	1.8529	1.84	2.459	1.853
	2	2.2310	2.25	1.121	2.237	2.0610	2.08	1.103	2.062
	3	2.0660	2.07	1.969	2.077	1.6414	1.63	1.655	1.640
	4	2.0041	2.03	2.223	1.596	1.6038	1.61	1.843	2.006
	5	3.1774	3.20	3.635	3.169	2.9461	2.97	3.383	2.928
	6	1.9942	2.03	2.241	1.995	1.5922	1.62	1.842	1.583
	7	1.4259	1.48	1.755	1.430	1.1863	1.23	1.435	1.184
	8	1.4501	1.48	1.472	1.458	1.2141	1.23	1.226	1.216

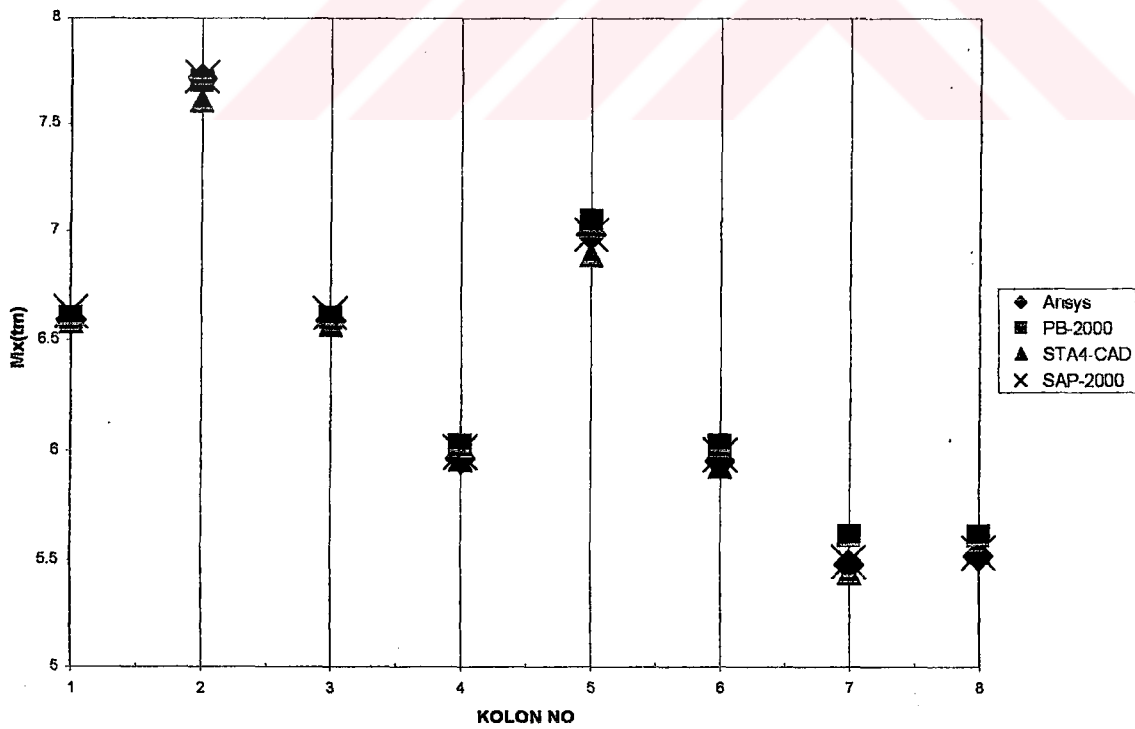
Çizelge 4.11. Örnek 4.1.'e ait Y yönü kolon momentleri.

Kat	Kolon	M _y (ton m) (üst)				M _y (ton m) (alt)			
		ANSYS 5.3	PB- 2000	STA4	SAP- 2000	ANSYS 5.3	PB- 2000	STA4	SAP- 2000
1	1	0.3763	0.33	0.396	0.380	0.5335	0.49	0.537	0.542
	2	0.0653	0.05	0.063	0.066	0.0916	0.08	0.088	0.093
	3	0.5334	0.47	0.539	0.537	0.7298	0.66	0.723	0.740
	4	0.5452	0.50	0.529	0.548	0.6179	0.57	0.603	0.624
	5	0.0696	0.08	0.059	0.069	0.0937	0.09	0.086	0.095
	6	0.5337	0.47	0.532	0.537	0.7300	0.66	0.719	0.740
	7	0.3738	0.33	0.390	0.378	0.5322	0.49	0.534	0.541
	8	0.0485	0.05	0.068	0.051	0.0832	0.08	0.091	0.086
2	1	0.3000	0.28	0.229	0.305	0.2646	0.24	0.245	0.269
	2	0.0599	0.05	0.071	0.060	0.0550	0.04	0.061	0.055
	3	0.4454	0.40	0.356	0.448	0.4000	0.36	0.366	0.404
	4	0.4320	0.41	0.410	0.435	0.4101	0.39	0.396	0.413
	5	0.0523	0.07	0.034	0.053	0.0532	0.06	0.040	0.053
	6	0.4452	0.40	0.393	0.450	0.4000	0.36	0.381	0.404
	7	0.3014	0.28	0.271	0.307	0.2642	0.24	0.262	0.269
	8	0.0294	0.05	0.043	0.032	0.0319	0.04	0.049	0.035
3	1	0.1321	0.12	0.471	0.136	0.0943	0.09	0.449	0.097
	2	0.0453	0.03	0.028	0.045	0.0376	0.02	0.027	0.038
	3	0.1506	0.13	0.591	0.154	0.1200	0.10	0.562	0.122
	4	0.1262	0.12	0.397	0.129	0.1138	0.11	0.384	0.116
	5	0.0270	0.04	0.075	0.028	0.0247	0.04	0.072	0.025
	6	0.1495	0.13	0.460	0.0153	0.1192	0.10	0.433	0.122
	7	0.1182	0.11	0.326	0.122	0.0840	0.08	0.306	0.086
	8	0.0031	0.03	0.060	0.0078	0.00230	0.02	0.062	0.0012

1.KAT X YÖNÜ KOLON KESME KUVVETLERİ

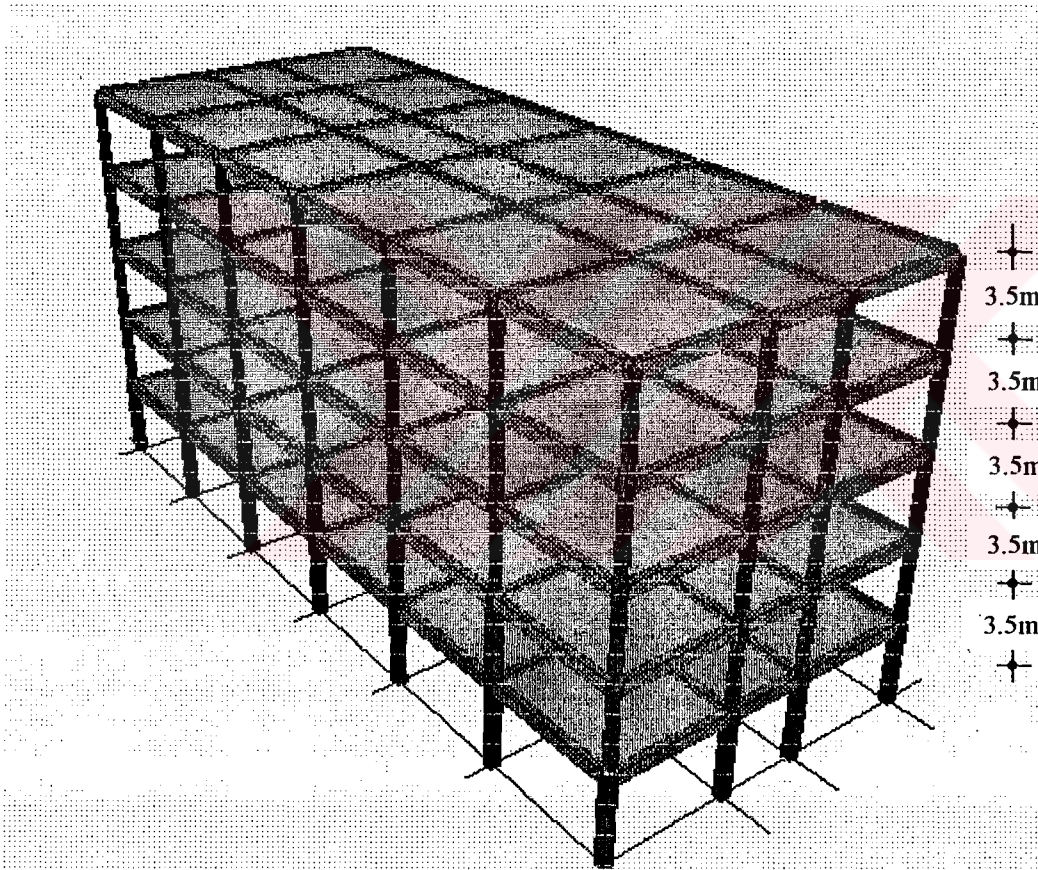


1.KAT X YÖNÜ KOLON ALT MOMENTLERİ

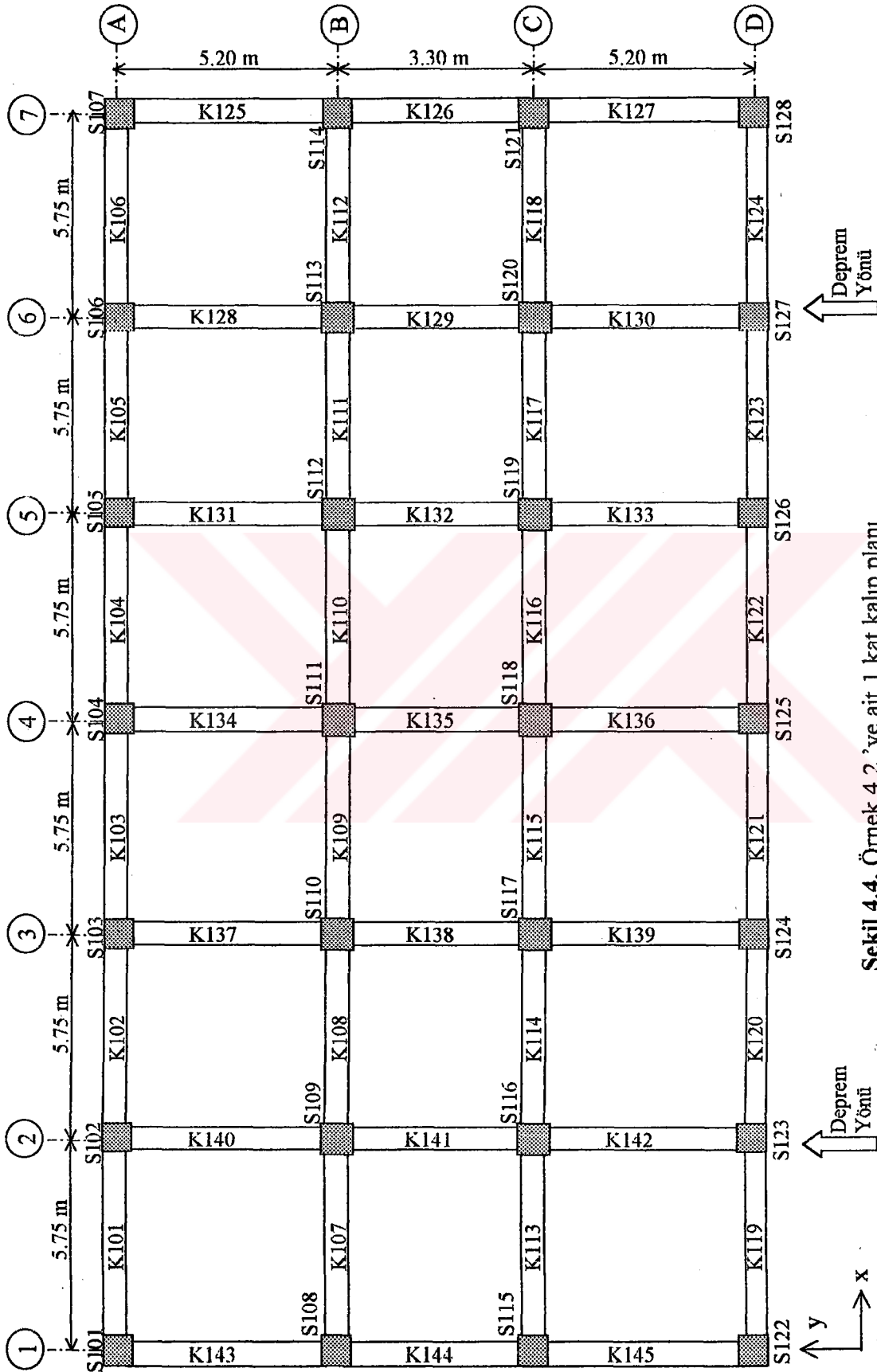


4.2.2. Örnek 4.2.

Bu örnekte, Şekil 4.3.'de görülen betonarme çerçevelerden oluşmuş 5 katlı bir yapı incelenmiştir. Bu örnek daha önce (Ersoy, U. ,1985) tarafından ele alınmıştır. İlgili veri dosyaları ekteki diskette verilmektedir.



Şekil 4.3. Örnek 4.2.'ye ait yapı.



Bina, Zemin ve Deprem Bilgileri

Kat sayısı : 5 Normal Kat,
 Bina Tipi : Konut,
 Taşıyıcı sistem türü : Yerinde dökme betonarme çerçeve sistem,
 Deprem bölgesi : 1'inci bölge,
 Yerel Zemin Sınıfı : Z2.

Tablo 4.3. Örnek 4.2.'nin kolon boyutları.

KAT NO	KOLON NO	BOYUT (X×Y)
1	S101~S108, S114, S115, S121~S128	400 mm × 400 mm
	S109~S113, S116~S120	450 mm × 450 mm
2	S202~S206, S209~S213, S216~S220, S223~S227	400 mm × 400 mm
	S201, S207, S208, S214, S215, S221, S222, S228	300 mm × 300 mm
3	S301~S308, S314, S315, S321~S328	300 mm × 300 mm
	S309~S313, S316~S320	400 mm × 400 mm
4	Tüm kolonlar (S401~S428)	300 mm × 300 mm
5	Tüm kolonlar (S501~S528)	300 mm × 300 mm

ANSYS, SAP-2000, STA4-CAD ve PROBİNA programları ile yapılan çözümlerde, katlarda 300×500 mm dikdörtgen kesitli kirişler alınmıştır.

Sabit Yükler : $G_1 = 528.6$ ton

Hareketli Yükler : $q = 236.6$ ton

$G_2 = 528.6$ ton

$q_{\text{çatı}} = 119.6$ ton

$G_3 = 528.6$ ton

$G_4 = 528.6$ ton

$G_5 = 309.0$ ton

Kat ve Toplam Bina Ağırlıklarının Hesabı:

$$w_{g_i}(\text{ton}) = G_i$$

$n = 0.30$ (Hareketli yük katılım katsayısı)

TDY98 Tablo 6.7

$$w_{q_i}(\text{ton}) = n \times q_i$$

$$w_i(\text{ton}) = w_{g_i}(\text{ton}) + w_{q_i}(\text{ton})$$

Çizelge 4.12. Örnek 4.2.'nin kat ağırlıklarını oluşturan bileşenler.

Kat No	w _g (ton)				w _q (ton)			
	ANSYS	PB-2000	STA4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000	STA4	SAP-2000
5	309.0	308.6	309.41	309.0	35.88	35.91	35.514	35.88
4	528.6	528.6	528.85	528.6	70.980	70.95	70.956	70.980
3	528.6	528.6	528.43	528.6	70.980	70.95	70.992	70.980
2	528.6	528.6	528.79	528.6	70.980	70.95	71.013	70.980
1	528.6	528.6	528.63	528.6	70.980	70.95	70.914	70.980

w_g(ton): Kat ağırlığına etki eden ölü yük bileşeni(g_i)

w_q(ton): Kat ağırlığına etki eden hareketli yük bileşeni($n \times q_i$)

Çizelge 4.13. Örnek 4.2.'in kat ağırlıkları.

Kat No	$w_i(\text{ton}) = w_{gi}(\text{ton}) + w_{qi}(\text{ton})$			
	ANSYS	PB-2000	STA4	SAP-2000
5	344.88	344.51	344.93	344.88
4	599.58	599.55	599.84	599.58
3	599.58	599.55	599.22	599.58
2	599.58	599.55	599.80	599.58
1	599.58	599.55	599.55	599.58
$\sum w_i$	2743.2	2742.71	2743.54	2743.2

Çizelge 4.13.'de görüldüğü üzere kat ağırlıklarının, çözümlerde birbirine yakın olmasına çalışılmıştır.

Çizelge 4.14. Örnek 4.2. için birinci doğal titreşim periyotları (s).

ANSYS		PB-2000	STA4	SAP-2000
Rayleigh	Modal Analiz	Modal Analiz	Modal Analiz	Modal Analiz
1.14*	1.14	1.1000*	1.1541*	1.1378*

Hesaplarda, birinci doğal titreşim periyotları olarak, yıldızla işaretli olanlar alınmıştır.

Analizi yapılan bina süneklik düzeyi yüksek sistem kabul edilmiştir. Buna göre TDY98 Tablo 6.5.'ten yararlanılarak, Yapı Davranış Katsayısı $R = 8$ alınmıştır.

Yerel zemin sınıfı Z2 olduğundan, Spektrum karakteristik periyotlarının gösterildiği TDY98 Tablo 6.4.'den yararlanarak, $T_A=0.15s$ ve $T_B=0.40s$ olarak elde edilmiştir.

Binanın birinci serbest titreşim periyodu yukarıda tespit edilen Spektrum karakteristik periyotları ışığında incelenirse $T_1 > T_B$ olduğu görülmektedir. Bu durum,

TDY98 Denk 6.2c'ye göre her dört programda da Spektrum Katsayısı'nın $S(T_1)=2.5(T_B / T_1)^{0.8}$ alınması anlamına gelmektedir.

Çizelge 4.15. Örnek 4.2. için spektrum katsayıları.

S(T₁)			
ANSYS	PB-2000	STA4	SAP-2000
1.083	1.113	1.071	1.083

Binanın birinci serbest titreşim periyodu, Yapı Davranış Katsayısı R ve T_A'ya göre incelenirse, dört program için de TDY98 Denk 6.3b'deki T₁>T_A durumunun olduğu görülmektedir. Buna göre de Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı R_a(T₁)=R=8 alınmıştır.

Bina birinci deprem bölgesinde olduğundan TDY98 Tablo 6.2' ye göre Etkin Yer İvmesi A₀=0.40 ve bina konut olduğundan dolayı da TDY98 Tablo 6.3' e göre Bina Önem Katsayısı I = 1 değerleri kullanılarak Spektral İvme Katsayısı A(T₁) TDY98 Denk 6.1 kullanılarak bulunmuştur.

Çizelge 4.16. Örnek 4.2. için Spektral ivme katsayıları.

A(T₁)			
ANSYS	PB-2000	STA4	SAP-2000
0.4333	0.448	0.4284	0.4332

Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü (taban kesme kuvvetleri) TDY98 Denk 6.4'den faydalanılarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.17. Örnek 4.2. için taban kesme kuvvetleri.

V_t (ton)			
ANSYS	PB-2000	STA4	SAP-2000
148.569	154.495	146.915	148.544

Sonuçlar, ANSYS, SAP-2000, PROBİNA ve STA4-CAD programları için TDY98 Denk 6.4'teki şartı sağlamaktadır. Ancak periyotlardaki farklılıklardan dolayı PROBİNA ve STA4-CAD programlarının bulduğu taban kesme kuvvetlerinin ANSYS ve SAP-2000 programlarında bulunan taban kesme kuvvetlerinden daha büyük olduğu görülmektedir.

Bulunan Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü N'inci kat dahil olmak üzere bina katlarına TDY98 Denk 6.9 uyarınca dağıtılmıştır. $H_N < 25$ m olduğundan $\Delta F_N = 0$ alınmaktadır.

Çizelge 4.18. Örnek 4.2.'e ait eşdeğer kat deprem yükleri(F_i).

Kat No	F_i(ton)			
	ANSYS	PB-2000	STA4	SAP-2000
5	33.1847	34.48	32.815	33.2060
4	46.1538	48.01	45.653	46.1834
3	34.6153	36.00	34.215	34.6375
2	23.0769	24.00	22.825	23.0917
1	11.5384	12.00	11.408	11.5458

ANSYS ve SAP-2000 Programlarında, Y yönü doğrultusunda, kat hizalarında +%5 eksantrisite ile kaydırılmış kütle merkezlerine etkililerek statik analiz yapılmıştır. Her kattaki maksimum ve minimum deplasmanlar bulunarak düşeyde ve planda düzensizlikler kontrol edilmiştir. PROBİNA Programından ise DY+ çözümünün sonuçları alınarak, karşılaştırmalar yapılmıştır.

Çizelge 4.19. Örnek 4.2.'e ait burulma düzensizliği kontrolü (A1),

Kat	$(d_i)_{max}$				$(d_i)_{min}$			
No	ANSYS	PB-2000	S T A 4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000	S T A 4	SAP-2000
5	0.03589	0.038401	0.03642	0.03526	0.02351	0.02526	0.02386	0.02417
4	0.03177	0.034027	0.03227	0.03120	0.02067	0.02225	0.02100	0.02126
3	0.02284	0.024518	0.02325	0.02236	0.01456	0.01574	0.01483	0.01501
2	0.01394	0.014965	0.01420	0.01365	0.00897	0.00972	0.00914	0.00925
1	0.00511	0.005502	0.00523	0.00540	0.00339	0.00368	0.00346	0.00349

Çizelge 4.19.'un Devamı,

Kat	$(\Delta_i)_{max}$				$(\Delta_i)_{min}$			
No	ANSYS	PB-2000	S T A 4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000	S T A 4	SAP-2000
5	0.00412	0.00437	0.00415	0.00406	0.00284	0.00301	0.00286	0.00291
4	0.00893	0.00951	0.00902	0.00884	0.00611	0.00651	0.00617	0.00625
3	0.00890	0.00955	0.00905	0.00871	0.00559	0.00603	0.00569	0.00576
2	0.00882	0.00946	0.00897	0.00825	0.00559	0.00604	0.00568	0.00576
1	0.00511	0.00550	0.00523	0.00540	0.00339	0.00368	0.00346	0.00349

Çizelge 4.19.'un Devamı.

Kat	$(\Delta_i)_{ort}$				η_{bi}			
No	ANSYS	PB-2000	S T A 4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000	S T A 4	SAP-2000
5	0.00348	0.00369	0.00351	0.00349	1.184	1.185	1.20	1.165
4	0.00752	0.00801	0.00760	0.00755	1.187	1.187	1.22	1.172
3	0.00725	0.00779	0.00737	0.00724	1.227	1.226	1.23	1.204
2	0.00720	0.00775	0.00733	0.00701	1.225	1.221	1.19	1.178
1	0.00425	0.00459	0.00435	0.00445	1.202	1.199	1.18	1.215

Görüldüğü gibi bu binada A1 düzensizliğine rastlanmaktadır. TDY98 6.7.3.3'deki şart gereği ($1.2 < \eta_{bi} < 2.0$) koşulunun bulunduğu kata uygulanan $\pm\%5$ ek dışmerkezlilik, her iki deprem doğrultusu için TDY98 Denk 6.10 'da verilen Di katsayısı ile çarpılarak büyütülmelidir. PROBİNA Programı analiz sonuç raporunda ek dış merkezlilikleri hesaplayarak, yeniden hesap yapılmasını önermektedir. Ayrıca, bina yüksekliği 25 metreden küçük olduğu için B2 düzensizliği incelenmemiştir. PROBİNA ise bu düzensizlik halini her durumda incelemektedir.

Çizelge 4.20. Örnek 4.2.'e ait görel kat ötelemeleri kontrolü.

Kat No	h_i	$(\Delta_i)_{max}$				$(\Delta_i)_{max}/h_i$			
		ANSYS	PB-2000	STA 4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000	STA 4	SAP-2000
5	3.5	0.00412	0.00437	0.00415	0.00406	0.00118	0.00125	0.00119	0.00116
4	3.5	0.00893	0.00951	0.00902	0.00884	0.00255	0.00272	0.00258	0.00253
3	3.5	0.00890	0.00955	0.00905	0.00871	0.00254	0.00273	0.00259	0.00249
2	3.5	0.00882	0.00946	0.00897	0.00825	0.00252	0.00270	0.00256	0.00236
1	3.5	0.00511	0.00550	0.00523	0.00540	0.00146	0.00157	0.00149	0.00154

$$(\Delta_i)_{max}/h_i \leq 0.0035$$

$$(\Delta_i)_{max}/h_i \leq 0.02/R = 0.0025$$

Herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yer değiştirme farkını ifade eden görel kat ötelenmesinin sınırları TDY98 Denk 6.20'de belirtilen yukarıdaki şartlardan küçük olana göre incelenir. Çizelge 4.20'de görüldüğü üzere Örnek 4.1 için 4., 3.ve 2. katlarda ANSYS, PROBİNA programlarında limit değerlerin aşıldığı görülmektedir. ANSYS programında bu sınır küçük farklarla aşılırken, bu fark PROBİNA programında daha büyük olmaktadır.

Çizelge 4.21. Örnek 4.2.'e ait ikinci mertebe etkilerinin kontrolü (θ_i),

Kat No	w_i				$\sum_{j=1}^N w_j$			
	ANSYS	PB-2000	STA 4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000	STA 4	SAP-2000
5	344.880	344.510	344.93	344.880	344.880	344.510	344.93	344.880
4	599.580	599.550	599.84	599.580	944.460	944.060	944.77	944.460
3	599.580	599.550	599.22	599.580	1544.04	1543.61	1543.99	1544.04
2	599.580	599.550	599.80	599.580	2143.62	2143.16	2143.79	2143.62
1	599.580	599.550	599.55	599.580	2743.20	2742.71	2743.34	2743.20

Çizelge 4.21.'in Devamı,

Kat No	$(\Delta_i)_{ort}$				V_i			
	ANSYS	PB-2000	STA 4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000	STA 4	SAP-2000
5	0.00348	0.00369	0.00351	0.00349	33.1847	34.4810	32.815	33.2060
4	0.00752	0.00801	0.00760	0.00755	79.3385	82.4870	78.468	79.3894
3	0.00725	0.00779	0.00737	0.00724	113.9538	118.491	112.683	114.027
2	0.00720	0.00775	0.00733	0.00701	137.0307	142.494	135.508	137.119
1	0.00425	0.00459	0.00435	0.00445	148.5691	154.495	146.916	148.664

Çizelge 4.21.'in Devamı.

Kat No	h_i	θ_i			
		ANSYS	PB-2000	STA4	SAP-2000
5	3.5	0.01032	0.0105	0.01053	0.0104
4	3.5	0.02558	0.0262	0.02613	0.0257
3	3.5	0.02805	0.0290	0.02885	0.0280
2	3.5	0.03220	0.0333	0.03311	0.0313
1	3.5	0.02243	0.0233	0.02318	0.0235

TDY98 Denk 6.21'e göre her bir kat için bulunan ikinci mertebe etkileri $\theta_i < 0.12$ 'den küçük olmak zorundadır. Çizelge 4.21'de görüldüğü gibi ANSYS, SAP-2000, PROBİNA ve STA4-CAD programlarının sonuçları birbirine yakındır ve TDY98' nin istediği şartı sağlamaktadır.

Çizelge 4.22. Örnek 4.2.'ye ait S107 ve S122 kolonlarındaki kesme kuvvetleri
(Deprem yönü y).

Kolon	Vy (ton)			
No	ANSYS	PB-2000	STA4	SAP-2000
S107	3.26	3.47	3.21	3.19
S122	4.89	5.13	4.86	4.73

Çizelge 4.23. Örnek 4.2.'ye ait S107 ve S122 kolonlarındaki moment değerleri
(Deprem yönü y)

Kolon	MyAlt(ton m)			
No	ANSYS	PB-2000	STA4	SAP-2000
S107	7.16	7.62	7.13	7.18
S122	10.78	13.33	10.77	10.51

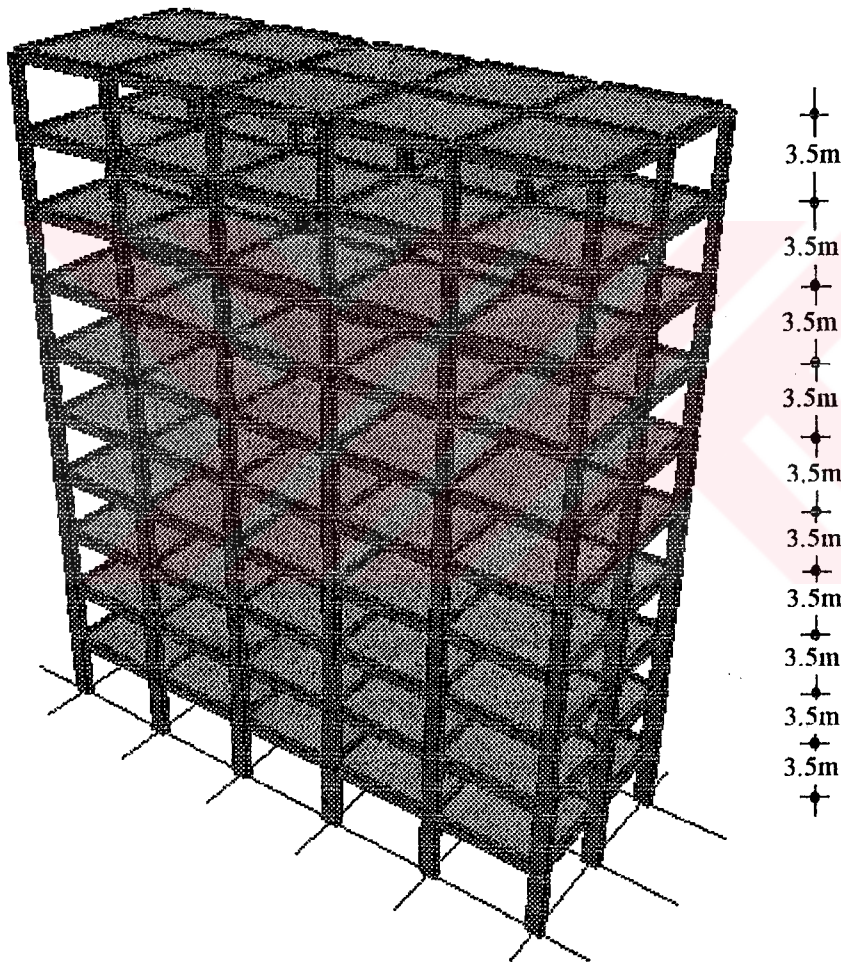
Çizelge 4.23.' ün Devamı, Örnek 4.2.'ye ait S107 ve S122 kolonlarındaki momentler

Kolon	MyÜst(ton m)			
No	ANSYS	PB-2000	STA4	SAP-2000
S107	4.24	4.52	4.12	3.99
S122	6.34	6.62	6.23	6.04

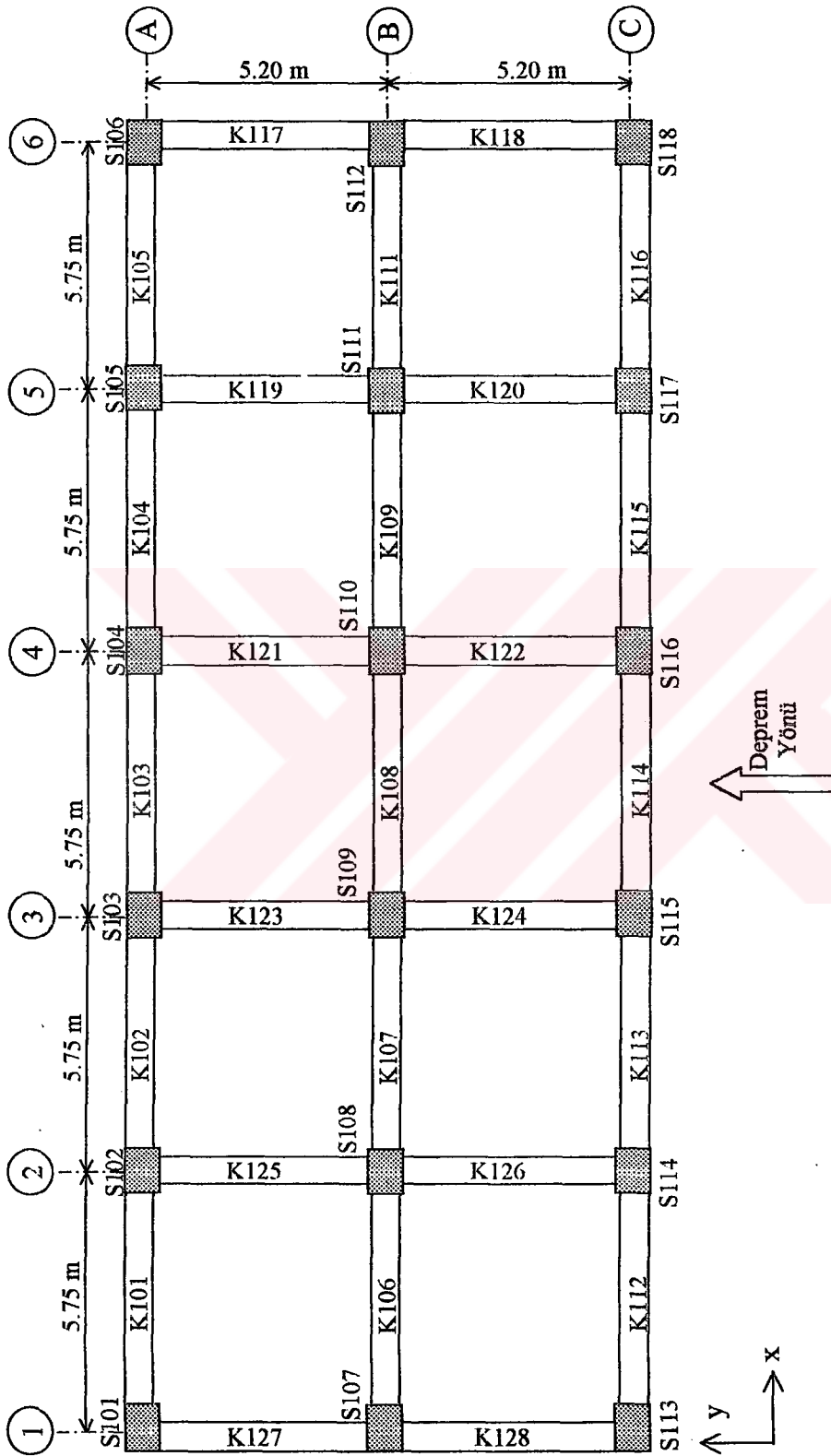
Çizelgeler incelendiğinde dört programın sonuçlarının yakın olduğu görülmektedir.

4.2.3. Örnek 4.3.

Burada, Şekil 4.5 'te görülen betonarme çerçevelerden oluşmuş 10 katlı bir yapı incelenmiştir. Bu örnek daha önce (Özdemir, E.K., 1999) tarafından ele alınmıştır. İlgili veri dosyaları ekteki diskette verilmektedir.



Şekil 4.5. Örnek 4.3.'e ait yapı



Şekil 4.6 Örnek 4.3'e ait 1.kat kalıp planı.

Bina, Zemin ve Deprem Bilgileri

Kat sayısı : 10 Normal Kat,
 Bina Türü : Konut,
 Taşıyıcı sistem türü : Yerinde dökme betonarme çerçeveli sistem,
 Deprem bölgesi : 1'inci bölge,
 Yerel Zemin Sınıfı : Z2.

Tablo 4.4. Örnek 4.3.'ün kolon boyutları.

KAT	KOLON	BOYUT (X×Y)
1	Tüm Kolonlar	0.80 m × 0.40 m
2	Tüm Kolonlar	0.80 m × 0.40 m
3	Tüm Kolonlar	0.70 m × 0.40 m
4	Tüm Kolonlar	0.70 m × 0.40 m
5	Tüm Kolonlar	0.60 m × 0.40 m
6	Tüm Kolonlar	0.60 m × 0.40 m
7	Tüm Kolonlar	0.50 m × 0.40 m
8	Tüm Kolonlar	0.50 m × 0.40 m
9	Tüm Kolonlar	0.40 m × 0.40 m
10	Tüm Kolonlar	0.40 m × 0.40 m

ANSYS, SAP-2000, STA4-CAD ve PROBİNA-2000 programları ile yapılan çözümlerde tüm katlarda 300×500 mm dikdörtgen kesitli kirişler kullanılmıştır.

Çizelge 4.24. Örnek 4.3.'e ait kat ağırlıkları.

Kat No	H _i (m)	w _i (ton)			
		ANSYS	PB-2000	STA4	SAP-2000
10	35.0	117.3276	117.450	117.447	117.3276
9	31.5	117.3276	117.450	117.447	117.3276
8	28.0	117.3276	117.450	117.464	117.3276
7	24.5	117.3276	117.450	117.464	117.3276
6	21.0	117.3276	117.450	117.479	117.3276
5	17.5	117.3276	117.450	117.479	117.3276
4	14.0	117.3276	117.450	117.494	117.3276
3	10.5	117.3276	117.450	117.494	117.3276
2	7.0	117.3276	117.450	117.508	117.3276
1	3.5	117.3276	117.450	117.508	117.3276
Σw _i	-	1173.276	1174.50	1174.78	1173.276

Çizelge 4.24.'te görüldüğü üzere kat ağırlıkları, çözümlerde birbirine yakın alınmaya çalışılmıştır.

Çizelge 4.25. Örnek 4.3.'e ait birinci doğal titreşim periyotları (s).

ANSYS		PB-2000	STA4	SAP-2000
Rayleigh	Modal Analiz	Modal Analiz	Modal Analiz	Modal Analiz
1.193*	1.193	1.135*	1.2084*	1.2089*

Hesaplarda birinci doğal titreşim periyotları olarak yıldızla işaretli olanlar alınmıştır.

Analizi yapılan bina süneklik düzeyi yüksek sistem sınıfında kabul edilmektedir. Buna göre TDY98 Tablo 6.5.'e bakıldığında, Yapı Davranış Katsayısı R'nin 8 alınacağı görülmektedir.

Yerel zemin sınıfı Z2 olduğundan, Spektrum karakteristik periyotlarının gösterildiği TDY98 Tablo 6.4.'den yararlanarak, $T_A=0.15s$ ve $T_B=0.40s$ olarak elde edilmiştir.

Binanın birinci serbest titreşim periyodu yukarıda tespit edilen Spektrum karakteristik periyotları ışığında incelenirse $T_1>T_B$ olduğu görülmektedir. Bu durum, TDY98 Denk 6.2c'ye göre Spektrum Katsayısı $S(T_1)= 2.5(T_B / T_1)^{0.8}$ ile hesaplanmıştır.

Çizelge 4.26. Örnek 4.3.'e ait spektrum katsayıları.

S(T₁)			
ANSYS	PB-2000	STA4	SAP-2000
1.043	1.085	1.032	1.032

Binanın birinci serbest titreşim periyodu Yapı Davranış Katsayısı R ve T_A 'ya göre incelenirse TDY98 Denk 6.3b'deki $T_1>T_A$ durumunun olduğu görülmektedir. Buna göre de Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı $R_a(T_1)=R=8$ alınmıştır.

Bina birinci derece deprem bölgesinde olduğundan TDY98 Tablo 6.2'ye göre Etkin Yer İvmesi $A_0=0.40$ ve bina konut olduğundan dolayı da TDY98 Tablo 6.3'e göre Bina Önem Katsayısı $I= 1$ değerleri kullanılarak Spektral İvme Katsayısı $A(T_1)$ TDY98 Denk 6.1 kullanılarak bulunmuştur.

Çizelge 4.27. Örnek 4.3.'e ait spektral ivme katsayıları.

A(T₁)			
ANSYS	PB-2000	STA4	SAP-2000
0.4172	0.434	0.4129	0.4128

Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü, TDY98 Denk 6.4'den faydalanılarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.28. Örnek 4.3.'e ait taban kesme kuvvetleri.

V_t (ton)			
ANSYS	PB-2000	STA4	SAP-2000
61.19	64.223	60.64	60.54

Yukarıda bulunan taban kesme kuvvetlerinin periyotlara ve kat ağırlıklarına bağlı olarak bir miktar değiştiği görülmektedir. Taban kesme kuvvetleri, ANSYS, SAP-2000, PROBİNA ve STA4-CAD programları için TDY98 Denk 6.4'ü sağlamaktadır.

$H_N > 25$ m olduğu için, TDY98 Denk 6.8 kullanılarak ΔF_N hesaplanmıştır.

Çizelge 4.29. Örnek 4.3.'e ait ek tepe kuvvetleri.

ΔF_N (ton)			
ANSYS	PB-2000	STA4	SAP-2000
5.109	5.104	5.13	5.123

ANSYS, SAP-2000, PROBİNA ve STA4-CAD programları ile bulunan ΔF_N değerleri birbirine yakın olup, ayrıca TDY98 Denk 6.8'de belirtilen şartı da sağlamaktadır.

Bulunan Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü N'inci kat dahil olmak üzere bina katlarına TDY98 Denk 6.9 uyarınca dağıtılmıştır.

Çizelge 4.30. Örnek 4.3.'e ait eşdeğer kat deprem yükleri(F_i).

Kat No	$F_i(\text{ton})$			
	ANSYS	PB-2000	STA4	SAP-2000
10	15.306	15.85	15.220	15.198
9	9.1772	9.67	9.082	9.066
8	8.1575	8.6	8.074	8.063
7	7.1378	7.52	7.065	7.055
6	6.1181	6.45	6.056	6.046
5	5.0984	5.37	5.047	5.037
4	4.0787	4.30	4.038	4.029
3	3.0591	3.22	3.029	3.020
2	2.0394	2.15	2.019	2.017
1	1.0197	1.07	1.010	1.032

Çizelge 4.30.'daki eşdeğer kat deprem yüklerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Bu yükler, ANSYS ve SAP-2000 programlarında Y yönünde, kat hizalarında +%5 eksantrisite ile kaydırılmış kütle merkezlerine etkililerek statik analiz yapılmıştır. Bulunan deplasmanlar kullanılarak düşeyde ve planda düzensizlikler TDY98'ne göre kontrol edilmiştir. PROBİNA programından ise deprem analiz sonuç raporundan DY+ hesaplarının sonuçları alınmıştır.

Çizelge 4.31. Örnek 4.3.'e ait burulma düzensizliği kontrolü (A1) ve yumuşak kat düzensizliği(B2) kontrolü,

Kat	$(d_i)_{\max}$				$(d_i)_{\min}$			
No	ANSYS	PB-2000	S T A 4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000	S T A 4	SAP-2000
10	0.03700	0.03939	0.03762	0.03761	0.02699	0.02943	0.02740	0.02742
9	0.03519	0.03745	0.03578	0.03576	0.02566	0.02803	0.02605	0.02607
8	0.03244	0.03451	0.03298	0.03297	0.02367	0.02590	0.02403	0.02405
7	0.02915	0.03100	0.02964	0.02963	0.02129	0.02333	0.02160	0.02163
6	0.02524	0.02682	0.02567	0.02565	0.01845	0.02026	0.01872	0.01875
5	0.02106	0.02235	0.02142	0.02140	0.01541	0.01695	0.01563	0.01565
4	0.01649	0.01747	0.01677	0.01675	0.01209	0.01331	0.01226	0.01228
3	0.01183	0.01253	0.01204	0.01202	0.00870	0.00959	0.00882	0.00883
2	0.00704	0.00745	0.00716	0.00716	0.00521	0.00575	0.00528	0.00529
1	0.00264	0.00280	0.00269	0.00269	0.00198	0.00219	0.00200	0.00201

Çizelge 4.31'in Devamı,

Kat	$(\Delta_i)_{\max}$				$(\Delta_i)_{\min}$			
No	ANSYS	PB-2000	S T A 4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000	S T A 4	SAP-2000
10	0.00181	0.001939	0.00184	0.00185	0.00133	0.00140	0.00135	0.00135
9	0.00275	0.002948	0.00280	0.00279	0.00200	0.00213	0.00202	0.00202
8	0.00328	0.003510	0.00334	0.00334	0.00239	0.00257	0.00243	0.00242
7	0.00391	0.004173	0.00397	0.00398	0.00283	0.00307	0.00288	0.00288
6	0.00418	0.004468	0.00425	0.00425	0.00305	0.00331	0.00309	0.00310
5	0.00457	0.004881	0.00465	0.00465	0.00332	0.00364	0.00337	0.00337
4	0.00466	0.004947	0.00473	0.00473	0.00339	0.00371	0.00344	0.00345
3	0.00479	0.005078	0.00488	0.00486	0.00349	0.00384	0.00354	0.00354
2	0.00440	0.004653	0.00447	0.00447	0.00323	0.00357	0.00328	0.00328
1	0.00264	0.002796	0.00269	0.00269	0.00198	0.00219	0.00200	0.00201

Çizelge 4.31'in Devamı,

Kat No	$(\Delta)_\text{ort}$				η_{bi}			
	ANSYS	PB-2000	S T A 4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000	S T A 4	SAP-2000
10	0.00157	0.00167	0.00159	0.00160	1.155	1.161	1.15	1.156
9	0.00237	0.00254	0.00241	0.00241	1.161	1.161	1.16	1.160
8	0.00284	0.00304	0.00289	0.00288	1.158	1.155	1.16	1.160
7	0.00337	0.00362	0.00343	0.00343	1.160	1.153	1.16	1.160
6	0.00361	0.00389	0.00367	0.00368	1.157	1.149	1.16	1.156
5	0.00395	0.00426	0.00401	0.00401	1.159	1.146	1.16	1.160
4	0.00402	0.00433	0.00409	0.00409	1.157	1.142	1.16	1.156
3	0.00414	0.00446	0.00421	0.00420	1.157	1.139	1.16	1.157
2	0.00382	0.00411	0.00388	0.00388	1.153	1.132	1.15	1.154
1	0.00231	0.00249	0.00235	0.00235	1.144	1.122	1.15	1.145

Görüldüğü gibi ANSYS, SAP-2000, PROBİNA ve STA4-CAD programlarının verdiği η_{bi} değerleri birbirine yakın olup, hiçbirinde A1 ($\eta_{bi} < 1.2$) düzensizliğine rastlanmamaktadır.

Çizelge 4.31'in Devamı.

Kat No	η_{ki}			
	ANSYS	PB-2000	STA4	SAP-2000
10	-	-	-	-
9	1.509	1.52	1.51	1.503
8	1.197	1.20	1.20	1.198
7	1.188	1.19	1.19	1.191
6	1.073	1.07	1.07	1.071
5	1.092	1.10	1.09	1.091
4	1.019	1.02	1.02	1.020
3	1.028	1.03	1.03	1.027
2	0.923	0.92	0.92	0.923
1	0.605	0.61	0.61	0.606

Görüldüğü gibi ANSYS, SAP-2000, PROBİNA ve STA4-CAD programlarında η_{ki} değerleri birbirine yakın çıkmaktadır. B2 düzensizliğine ($\eta_{ki} > 1.5$) 9. katta rastlanmaktadır. Ancak sınır değer çok küçük bir farkla aşılmaktadır.

Çizelge 4.32. Örnek 4.3.'e ait görel kat ötelemeleri kontrolü.

Kat No	h_i	$(\Delta_i)_{max}$				$(\Delta_i)_{max}/h_i$			
		ANSYS	PB-2000	STA 4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000	STA 4	SAP-2000
10	3.5	0.00181	0.001939	0.00184	0.00185	0.000518	0.000554	0.00053	0.000529
9	3.5	0.00275	0.002948	0.00280	0.00279	0.000786	0.000842	0.0008	0.000797
8	3.5	0.00328	0.003510	0.00334	0.00334	0.000938	0.001003	0.00095	0.000954
7	3.5	0.00391	0.004173	0.00397	0.00398	0.001116	0.001192	0.00113	0.001137
6	3.5	0.00418	0.004468	0.00425	0.00425	0.001195	0.001277	0.00121	0.001214
5	3.5	0.00457	0.004881	0.00465	0.00465	0.001307	0.001395	0.00133	0.001329
4	3.5	0.00466	0.004947	0.00473	0.00473	0.001330	0.001413	0.00135	0.001351
3	3.5	0.00479	0.005078	0.00488	0.00486	0.001368	0.001451	0.00139	0.001389
2	3.5	0.00440	0.004653	0.00447	0.00447	0.001258	0.001329	0.00128	0.001277
1	3.5	0.00264	0.002796	0.00269	0.00269	0.000755	0.000799	0.00077	0.000769

$$(\Delta_i)_{max}/h_i \leq 0.0035$$

$$(\Delta_i)_{max}/h_i \leq 0.02/R = 0.0025$$

Herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yer değiştirme farkını ifade eden görel kat ötelenmesinin sınırları TDY98 Denk 6.20'de belirtilen yukarıdaki şartlardan küçük olana göre incelenmiştir. Çizelge 4.32'de görüldüğü üzere Örnek 4.3 için ANSYS, SAP-2000 sonuçları birbirine yakındır, PROBİNA ve STA4-CAD programlarının sonuçlarında ise bir miktar farklılık olup, dört program da TDY98' de istenen şartı sağlamaktadır.

Çizelge 4.33. Örnek 4.3.'e ait ikinci mertebe etkilerinin kontrolü (θ_i),

Kat No	w_i				$\sum_{j=1}^N w_j$			
	ANSYS	PB-2000	S T A 4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000	S T A 4	SAP-2000
10	117.3276	117.4500	117.447	117.3276	117.3276	117.449	117.447	117.3276
9	117.3276	117.4500	117.447	117.3276	234.6552	234.898	234.894	234.6552
8	117.3276	117.4500	117.464	117.3276	351.9828	352.347	352.358	351.9828
7	117.3276	117.4500	117.464	117.3276	469.3104	469.796	469.822	469.3104
6	117.3276	117.4500	117.479	117.3276	586.638	587.245	587.301	586.638
5	117.3276	117.4500	117.479	117.3276	703.9656	704.694	704.78	703.9656
4	117.3276	117.4500	117.494	117.3276	821.2932	822.143	822.274	821.2932
3	117.3276	117.4500	117.494	117.3276	938.6208	939.592	939.768	938.6208
2	117.3276	117.4500	117.508	117.3276	1055.9484	1057.04	1057.28	1055.9484
1	117.3276	117.4500	117.508	117.3276	1173.2760	1174.49	1174.78	1173.2760

Çizelge 4.33.'ün Devamı,

Kat No	$(\Delta_i)_{ort}$				V_i			
	ANSYS	PB-2000	S T A 4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000	S T A 4	SAP-2000
10	0.00157	0.00167	0.00160	0.00160	15.3062	15.852	15.220	15.198
9	0.00237	0.00254	0.00241	0.00241	24.8340	25.526	24.302	24.264
8	0.00284	0.00304	0.00289	0.00288	32.6409	34.125	32.376	32.327
7	0.00337	0.00362	0.00343	0.00343	39.7787	41.649	39.441	39.382
6	0.00361	0.00389	0.00367	0.00368	45.8968	48.098	45.497	45.428
5	0.00395	0.00426	0.00401	0.00401	50.9952	53.472	50.544	50.465
4	0.00402	0.00433	0.00409	0.00409	55.0739	57.772	54.582	54.494
3	0.00414	0.00446	0.00421	0.00420	58.1330	60.997	57.611	57.514
2	0.00382	0.00411	0.00388	0.00388	60.1724	63.147	59.630	59.531
1	0.00231	0.00249	0.00235	0.00235	61.1922	64.222	60.640	60.563

Çizelge 4.33.'ün Devamı.

Kat No	h_i	θ_i			
		ANSYS	PB-2000	STA4	SAP-2000
10	3.5	0.00344	0.0035	0.00046	0.00353
9	3.5	0.00649	0.0067	0.00069	0.00665
8	3.5	0.00874	0.0090	0.00082	0.00896
7	3.5	0.01136	0.0117	0.00098	0.01168
6	3.5	0.01320	0.0136	0.00105	0.01356
5	3.5	0.01557	0.0160	0.00115	0.01598
4	3.5	0.01714	0.0176	0.00117	0.01761
3	3.5	0.01909	0.0196	0.0012	0.01958
2	3.5	0.01914	0.0197	0.00111	0.01964
1	3.5	0.01265	0.0130	0.00067	0.01301

TDY98 Denk 6.21'e göre her bir kat için bulunan ikinci mertebe etkileri $\theta_i < 0.12$ 'den küçük olmak zorundadır. Çizelge 4.33'de görüldüğü gibi ANSYS, SAP-2000, PROBİNA ve STA4-CAD program sonuçlarına göre ikinci mertebe etkileri TDY98'nin istediği şartı sağlamaktadır.

Çizelge 4.34. Örnek 4.3.'e ait S106 ve S113 kolonlarındaki kesme kuvveti değerleri
(Deprem yönü y).

Kolon No	Vy(ton)			
	ANSYS	PB-2000	STA4	SAP-2000
S106	2.62	2.83	2.58	2.59
S113	3.48	3.57	3.46	3.43

Çizelge 4.35. Örnek 4.3.'e ait S106 ve S113 kolonlarındaki moment değerleri
(Deprem yönü y).

Kolon No	MyAlt(ton m)			
	ANSYS	PB-2000	STA4	SAP-2000
S106	6.98	7.58	6.94	6.95
S113	9.29	9.64	9.31	9.28

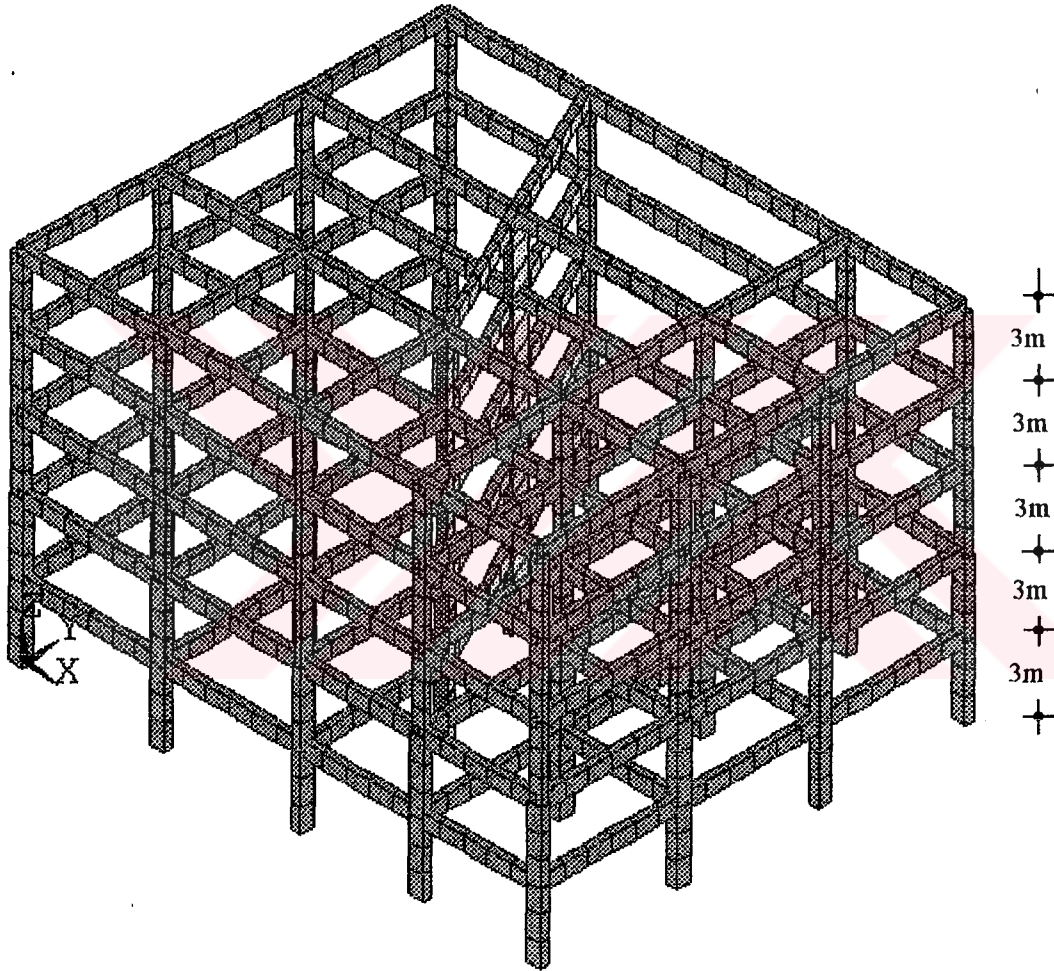
Çizelge 4.35' in Devamı, Örnek 4.3.'e ait S106 ve S113 kolonlarındaki moment
değerleri
(Deprem yönü y).

Kolon No	MyÜst(ton m)			
	ANSYS	PB-2000	STA4	SAP-2000
S106	2.19	2.33	2.10	2.12
S113	2.84	2.85	2.79	2.77

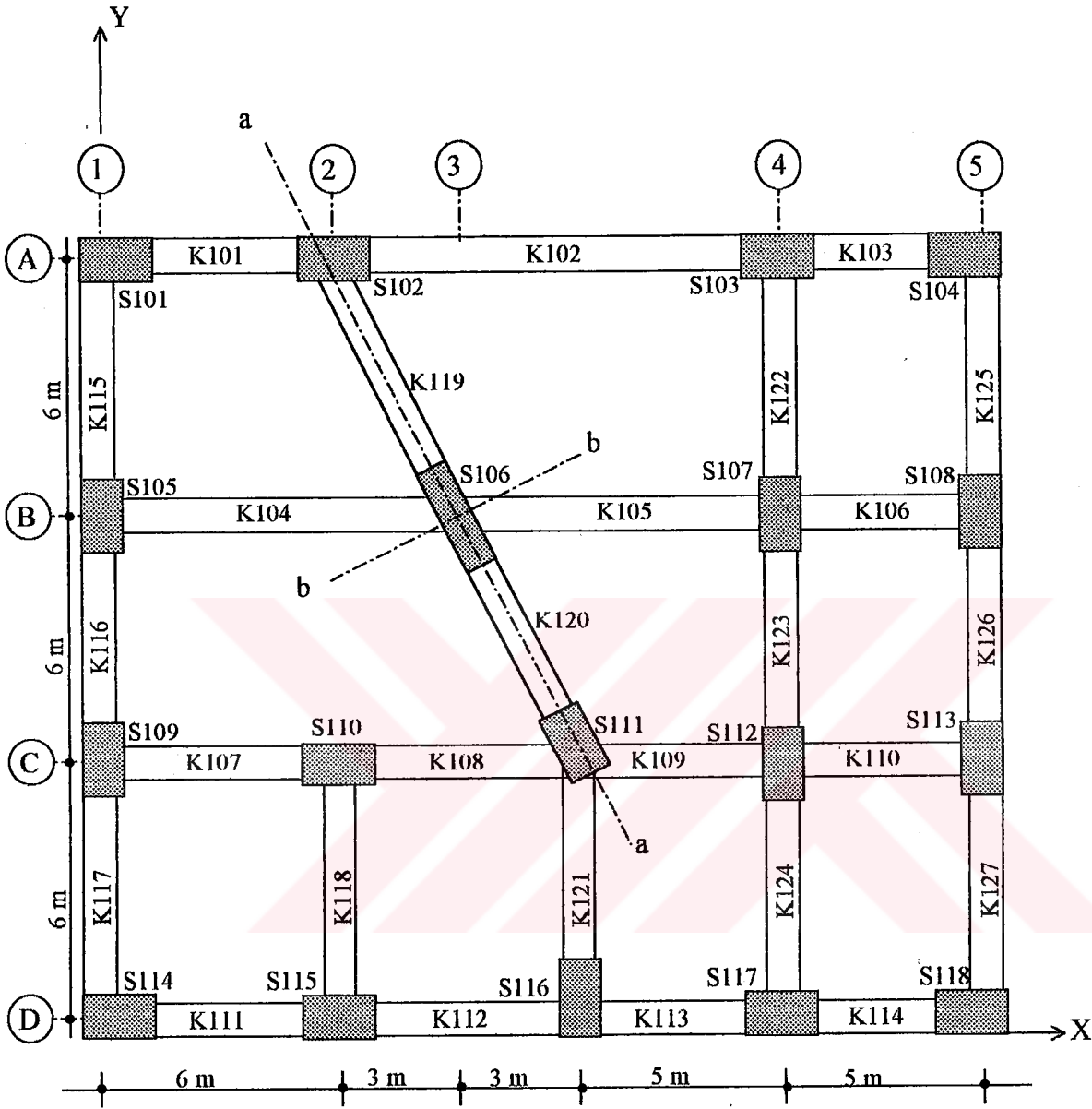
Çizelgeler incelendiğinde, üç programın da sonuçlarının birbirine oldukça yakın olduğu görülmektedir.

4.2.4. Örnek 4.4.

Bu örnekte, TDY98’ de belirtilen A4 düzensizliğini incelemek üzere, betonarme çerçevelerden oluşan 5 katlı bir yapının, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile deprem hesabı yapılmıştır. İncelenen bina Şekil 4.7.’de görülmektedir. Çözümlerle ilgili veri dosyaları ekteki diskette verilmiştir.



Şekil 4.7. Örnek 4.4'e ait yapı.



Şekil 4.8. Örnek 4.4.'e ait 1. kat kalıp planı.

Bu örnekte, a-a eksenini Y eksenine ile 26.6 derecelik bir açı yapmaktadır.

Bina, Zemin ve Deprem Bilgileri

Kat sayısı : 5 Normal Kat,
 Bina türü : Konut,
 Taşıyıcı sistem türü : Yerinde dökme betonarme çerçeve sistem,
 Deprem bölgesi : 1'inci bölge,
 Yerel Zemin Sınıfı : Z2.

Kat Ağırlıkları : Tüm katlarda $w = 792$ ton.

Tablo 4.5. Örnek 4.4.'ün kolon boyutları.

KAT NO	KOLON NO	BOYUT (X×Y)
1 ve 2	S105, S107~S109, S111~S113, S116	400 mm × 600 mm
	S101~S104, S110, S114, S115, S117, S118	600 mm × 400 mm
	S106	1500 mm × 250 mm
3, 4 ve 5	S305, S307~S309, S311~S313, S316	300 mm × 500 mm
	S301~S304, S310, S314, S315, S317, S318	500 mm × 300 mm
	S306	1500 mm × 250 mm

Tablo 4.6. Örnek 4.4.'ün kiriş boyutları.

Kiriş No	Kiriş Boyutları
K109, K209, K309, K409, K509	300 mm × 650 mm
K113, K213, K313, K413, K513	300 mm × 700 mm
Diğer tüm kirişler	300 mm × 600 mm

ANSYS, SAP-2000, STA4-CAD ve PB-2000 programı ile yapılan çözümlerde, yukarıda belirtilen dikdörtgen kesitli kirişler kullanılmıştır.

Çizelge 4.36. Örnek 4.4.'ün çözümünde kullanılan kat ağırlıkları.

Kat No	$w_i(\text{ton}) = w_{gi}(\text{ton}) + w_{qi}(\text{ton})$			
	ANSYS	PB-2000	STA4-CAD	SAP-2000
5	792.0	791.86	792.226	792.0
4	792.0	791.86	792.226	792.0
3	792.0	791.86	792.226	792.0
2	792.0	791.86	792.154	792.0
1	792.0	791.86	792.154	792.0
Σw_i	3960.0	3959.52	3960.986	3960.0

Çizelge 4.36.'da görüldüğü üzere, farklı programlarla yapılan çözümlerde, birbirine yakın kat ağırlıkları kullanılmıştır.

ANSYS ve SAP-2000 programlarında Eşdeğer Kat Deprem Yükleri hesaplanırken Ragleigh Oranı ile belirlenen periyotlar kullanılmıştır. PB-2000 ve Sta4- CAD programları ise Serbest Titreşim Analizi sonuçlarını kullanmaktadır.

Çizelge 4.37. Örnek 4.4.'e ait 1. doğal titreşim periyotları (s)

ANSYS		SAP-2000		PB-2000		STA4-CAD	
X Yönü (s)	Y Yönü (s)	X Yönü(s)	Y Yönü (s)	X Yönü(s)	Y Yönü(s)	X Yönü(s)	Y Yönü(s)
Rayleigh	Ragleigh	Ragleigh	Ragleigh	M o d a l	M o d a l	M o d a l	M o d a l
1.095	1.071	1.100	1.100	1.088	1.185	0.997	0.985

Analizi yapılan bina süneklik düzeyi yüksek sistem sınıfında kabul edilmektedir. Buna göre TDY98 Tablo 6.5.'e bakıldığında, Yapı Davranış Katsayısı R 'nin 8 alınacağı görülmektedir.

Yerel zemin sınıfı Z2 olduğundan, Spektrum karakteristik periyotlarının gösterildiği TDY98 Tablo 6.4.'den yararlanarak, $T_A=0.15s$ ve $T_B=0.40s$ olarak elde edilmiştir.

Binanın birinci serbest titreşim periyodu yukarıda tespit edilen Spektrum karakteristik periyotları ışığında incelenirse $T_1 > T_B$ olduğu görülmektedir. Bu durum, TDY98 Denk 6.2c'ye göre Spektrum Katsayısı $S(T_1) = 2.5(T_B / T_1)^{0.8}$ ile hesaplanmıştır.

Binanın birinci serbest titreşim periyodu Yapı Davranış Katsayısı R ve T_A 'ya göre incelenirse TDY98 Denk 6.3b'deki $T_1 > T_A$ durumunun olduğu görülmektedir. Buna göre de Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı $R_a(T_1) = R = 8$ alınmıştır.

Bina birinci derece deprem bölgesinde olduğundan TDY98 Tablo 6.2'ye göre Etkin Yer İvmesi $A_o=0.40$ ve bina konut olduğundan dolayı da TDY98 Tablo 6.3'e göre Bina Önem Katsayısı $I = 1$ değerleri kullanılarak Spektral İvme Katsayısı $A(T_1)$ TDY98 Denk 6.1 kullanılarak bulunmuştur.

Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü, TDY98 Denk 6.4'den faydalanılarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.38. Örnek 4.3.'e ait taban kesme kuvvetleri.

V_{tx} (ton)			
ANSYS	PB-2000	STA4-CAD	SAP-2000
221.185	248.25	238.367	221.076

Çizelge 4.39. Örnek 4.3.'e ait taban kesme kuvvetleri.

V_{ty} (ton)			
ANSYS	PB-2000	STA4-CAD	SAP-2000
225.09	222.1	240.84	221.076

Yukarıda bulunan taban kesme kuvvetlerinin periyotlara ve kat ağırlıklarına bağlı olarak bir miktar değiştiği görülmektedir. Taban kesme kuvvetleri, ANSYS, SAP-2000 ve PROBİNA programları için TDY98 Denk 6.4'ü sağlamaktadır.

$H_N < 25$ m olduğu için, TDY98 Denk 6.8 kullanılarak ΔF_N hesaplanmamıştır.

Bulunan Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü bina katlarına TDY98 Denk 6.9 uyarınca dağıtılmıştır.

Çizelge 4.40. Örnek 4.4.'e ait Eşdeğer Kat Deprem Yükleri.

Kat No	F_i(ton)							
	ANSYS		PB-2000		STA4-CAD		SAP-2000	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
5	73.728	75.030	82.75	74.03	79.46	80.28	73.685	73.685
4	58.983	60.024	66.20	59.23	63.57	64.22	58.961	58.961
3	44.237	45.018	49.65	44.42	47.67	48.17	44.215	44.215
2	29.491	30.012	33.10	29.61	31.78	32.11	29.469	29.469
1	14.746	15.006	16.55	14.81	15.89	16.05	14.746	14.746

Bulunan eşdeğer kat deprem yükleri ile yapılan analiz sonuçlarından S106 kolonuna ait kesit tesirleri elde edilerek, bulunan kesit tesirlerine TDY98 Denk 6.14a ve TDY98 Denk 6.14b denklemleri yardımıyla %30 kuralı uygulanmıştır. PROBİNA %30 kuralını otomatik olarak uygulamaktadır. Sadece yatay yüke %30 kuralı uygulamak için PROBİNA yükleme kombinasyonlarında ayarlamalar yapmak gerekmektedir.

A4 düzensizlik durumunun incelendiği daha önceki çalışmalarda kat kütleleri kütle merkezlerinde tanımlanmış ve TDY98'de belirtilen $\pm\%5$ eksantrisite uygulamadan analiz yapılmıştır. Bunun için PROBİNA ve SAP-2000 programlarında da $\pm\%5$ eksantrisite verilmemiştir.

Çizelge 4.41. S106 nolu kolonun, a-a eksen moment değerleri.

Deprem yönü	a-a Eksen (ton-m)							
	$M_{üst}$				M_{alt}			
	ANSYS	PB-2000	STA 4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000	STA 4	SAP-2000
X	3.600	10.19	7.082	1.36	85.176	63.960	72.00	75.94
Y	3.550	14.49	2.301	16.56	194.62	171.25	169.21	175.16

Çizelge 4.42. S106 nolu kolonun, b-b eksen moment değerleri.

Deprem yönü	b-b Eksen (ton-m)							
	$M_{üst}$				M_{alt}			
	ANSYS	PB-2000*	STA 4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000*	STA 4	SAP-2000
X	8.837	22.18	10.59	8.810	11.452	197.05	12.024	11.41
Y	1.442	0.600	2.54	1.56	4.7010	27.790	5.260	4.81

Çizelge 4.43. S106 nolu kolonunun, düzeltilmiş a-a eksen moment değerleri.

%30 Kuralı	a-a Eksen (ton-m)							
	$M_{üst}$				M_{alt}			
	ANSYS	PB-2000	STA 4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000	STA 4	SAP-2000
$\pm M_x \pm 0.3 M_y$	4.665	15.347	7.772	6.328	143.56	115.33	122.76	128.49
$\pm 0.3 M_x \pm M_y$	4.630	20.247	4.426	16.97	220.17	190.44	190.81	197.94

Çizelge 4.44. S106 nolu kolonunun, düzeltilmiş b-b eksen moment değeri.

%30 Kuralı	b-b Eksen (ton-m)							
	$M_{üst}$				M_{alt}			
	ANSYS	PB-2000*	S T A 4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000*	S T A 4	SAP-2000
$\pm M_x \pm 0.3 M_y$	9.270	22.36	11.354	9.278	12.862	205.39	13.60	12.853
$\pm 0.3 M_x \pm M_y$	4.093	7.254	5.717	4.203	8.137	86.905	8.87	8.233

* PROBİNA programında model oluşturulurken, S106 kolonu a-a ve b-b aksları üzerine yerleştirilmiştir. Çizelgelerden görülebileceği gibi PROBİNA programından alınan a-a aksı üzerinde ki sonuçlar yakinken, b-b aksı sonuçları oldukça farklıdır. PROBİNA programı çözümü çerçeveler halinde yaptığı için b-b aksı üzerine herhangi bir çerçeve oluşturamamakta ve S106 kolonunu B-B aksındaki çerçeveye dahil etmekte, dolayısıyla sonuçları da B-B aksı üzerinde vermektedir.

5. PERDELİ SİSTEMLER

Yatay yüklerin taşınmasında, önemli bir etkisi olan perdelerin modellenmesi paket programlarda oldukça farklı ele alınabilmektedir. Bu konu hassas olduğu için ayrı bir bölüm olarak ele alınmıştır.

ANSYS ve SAP-2000 programlarında perde geniş kolon olarak veya kabuk elemanı ile modellenmektedir. Ancak daha elemanter bir yol olan geniş kolon modeline nazaran perde kabuk elemanla modellenip yeterli parçaya bölünerek çözüm yapılırsa, daha sağlıklı sonuçlara ulaşmak mümkün olmaktadır.

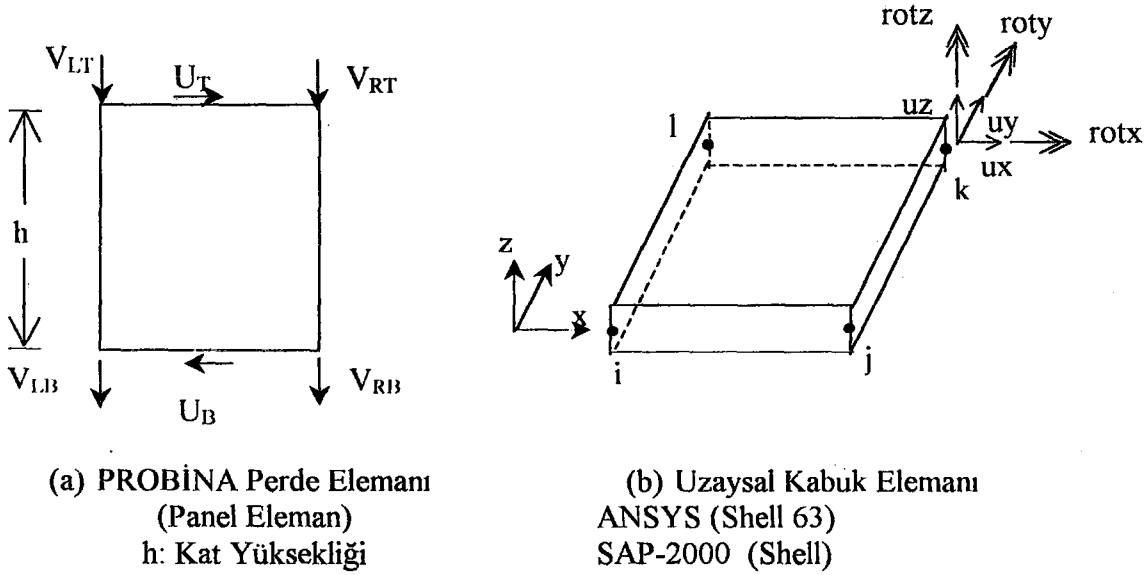
PROBİNA ve STA4-CAD programlarında perde elemanı için farklı kabuller yapılmaktadır. PROBİNA perde için panel elemanı olarak isimlendirilen kolona benzetilmiş bir eleman kullanırken, STA4-CAD perde için geniş kolon modelini kullanmaktadır. Ancak çalışmalarda perde elemanı için poligon kolon gibi değişik modeller de kullanmak mümkün görünmektedir. Ayrıca ne kadar olumlu sonuç verdiğini görmek amacıyla, PROBİNA programında mevcut olan kolon ve kiriş elemanlarının kesit özellikleri perdeye uygun alınmak kaydıyla, perde geniş kolon olarak modellenmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Daha önceki çalışmalarda perdeli sistemlerin çözümünde Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kullanıldığı için bu çalışmada da aynı yöntem tercih edilmiştir.

5.1. PROBİNA Programı Perde Elemanı:

1. Perde elemanı herhangi iki açıklık arasına yerleştirilebilir. İki kat arasındaki tüm yüksekliği kapsar.
2. Genelde, katlar boyunca sürekli olarak tanımlanan perdeler arasında rijit kirişler (büyük atalet momentli, sıfır kayma alanı) tanımlanmaktadır.
3. Perde elemanları düşey eğilme elemanlarıdır. Perdelerde oluşan eğilmeler yatay kayma kuvvetlerinin oluşturduğu eğilmelerdir.
4. PROBİNA, perde elemanlarının etkili yüksekliklerini hesaplarken, perdenin altında ve üstünde yer alan kirişlerin derinliklerini göz önüne almamakta ve döşemelerin üst kotları arasındaki mesafeyi kullanmaktadır.

7. En alt kattaki panelin zemine bağlantısı ankastre olarak yapılmaktadır.



Şekil 5.1. Perde Modelinde Kullanılan Elemanlar

Şekil 5.1.(a)' da görülen PROBİNA panel elemanı tüm bir kat ve açıklık boyunca devam etmektedir ve toplam 6 adet serbestlik derecesi vardır. Şekil 5.1.(b)' de ise ANSYS ve SAP-2000 programlarının kullandığı kabuk elemanı 4 düğümlüdür ve her bir düğüm 6 adet serbestlik derecesine sahiptir. Kat ve açıklık boyunca istenilen sayıda alınarak daha hassas çözüm yapılabilir.

Perdeli Sistemlerin çözüm adımları, Bölüm 3.1 ve Bölüm 6.1' de anlatıldığı gibidir.

5.2. Perdeli Sistemlerde Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi İle İlgili Sayısal Uygulamalar

Bu bölümdeki tüm örnekler, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'ne göre PROBİNA-2000 (Ver C-7) ve SAP-2000 programı ile çözülmüş, aynı örneklerin ANSYS, ve STA4-CAD sonuçları ile karşılaştırmalar yapılmıştır. Örneklerde bina döşemeleri için, rijit diyafram modeli kabulü esas alınmıştır. Bu özellik PROBİNA programının genel kabulüdür.

Örneklerin ANSYS, SAP-2000, STA4-CAD ve PROBİNA çözümlerinde dikdörtgen kesitli kirişler kullanılmıştır.

Kat ağırlıkları, ANSYS, SAP-2000 çözümlerinde, bu programların özelliği dolayısıyla direkt olarak verilebilmiştir. Fakat PROBİNA ve STA4-CAD programları kat ağırlıklarını otomatik olarak kendileri hesaplamaktadır. Örneklerde kat ağırlıklarının mümkün olduğunca yakın olmasına çalışılmıştır.

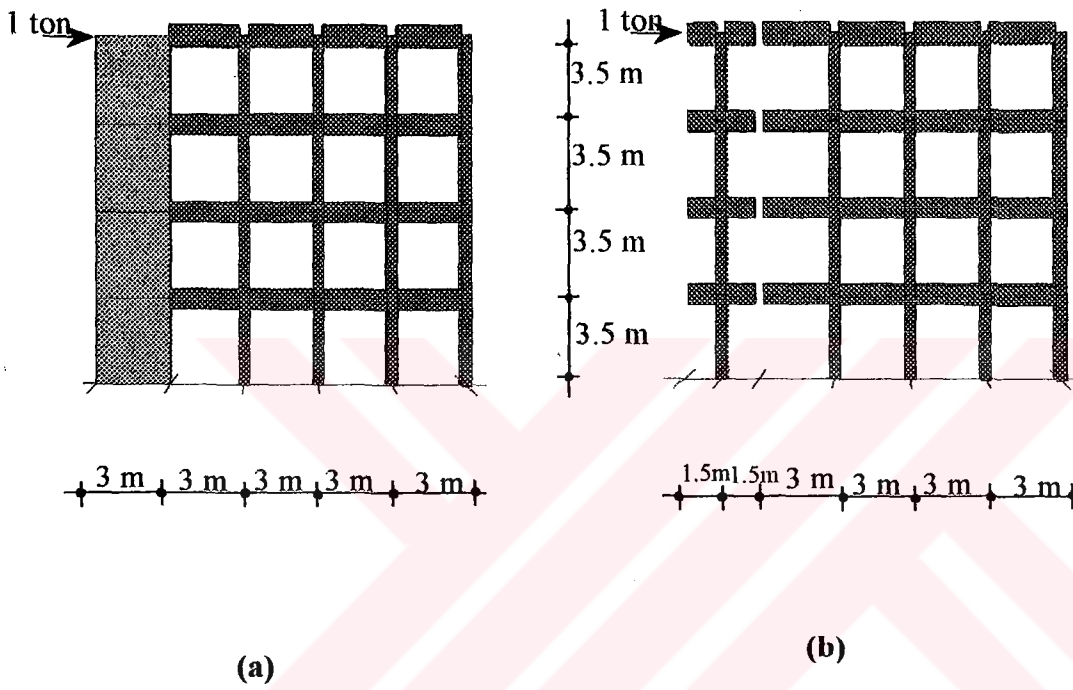
PROBİNA ve STA4-CAD programı, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde binanın birinci doğal titreşim periyodunu hesaplarken TDY98'in izin verdiği TDY98 Denk 6.7.4.2'deki Ampirik Bağntı ve TDY98 Denk 6.7.4.3'deki Rayleigh Oranı'nı kullanmayıp, serbest titreşim analizi sonucu bulduğu serbest titreşim periyodunu kullanmaktadır.

Bu örneklerin ANSYS, SAP-2000, PROBİNA ve STA4-CAD programları ile yapılan çözümlerinde birinci kat kolonlarının zemine ankastre olarak bağlandığı kabul edilmiştir. Ayrıca, örneklerin modellenmesinde kolon-kiriş birleşim bölgelerindeki rijitlik dikkate alınmamaktadır.

Bu bölümde çözülen, Örnek 5.1-3, Örnek 5.5 ve Örnek 5.6 'da beton elastisite modülü $E=2.85 \cdot 10^6 \text{ t/m}^2$, Örnek 5.4' te ise $E = 3.025 \cdot 10^6 \text{ t/m}^2$ kabul edilmiştir.

5.2.1. Örnek 5.1.

Bu örnekte, Şekil 5.2 'de görülen 4 katlı, perdeli, betonarme düzlem çerçeve ele alınmaktadır. İlgili veri dosyaları ekteki diskette verilmektedir.



Şekil 5.2 Örnek 5.1'e ait 2 boyutlu yapı

Şekil 5.1.a'da görülen perde ANSYS ve SAP-2000 programlarında Shell elemanı ile PROBİNA programında ise Panel ve Poligon Kolon elemanı ile modellenmiştir. Şekil 5.1.b'de ise geniş kolon modeli uygulanmıştır.

Yapı Bilgileri:**Tüm Katlarda**

Kolonlar ve Kirişler: 40×40 cm.

Perde et kalınlığı: 25 cm.

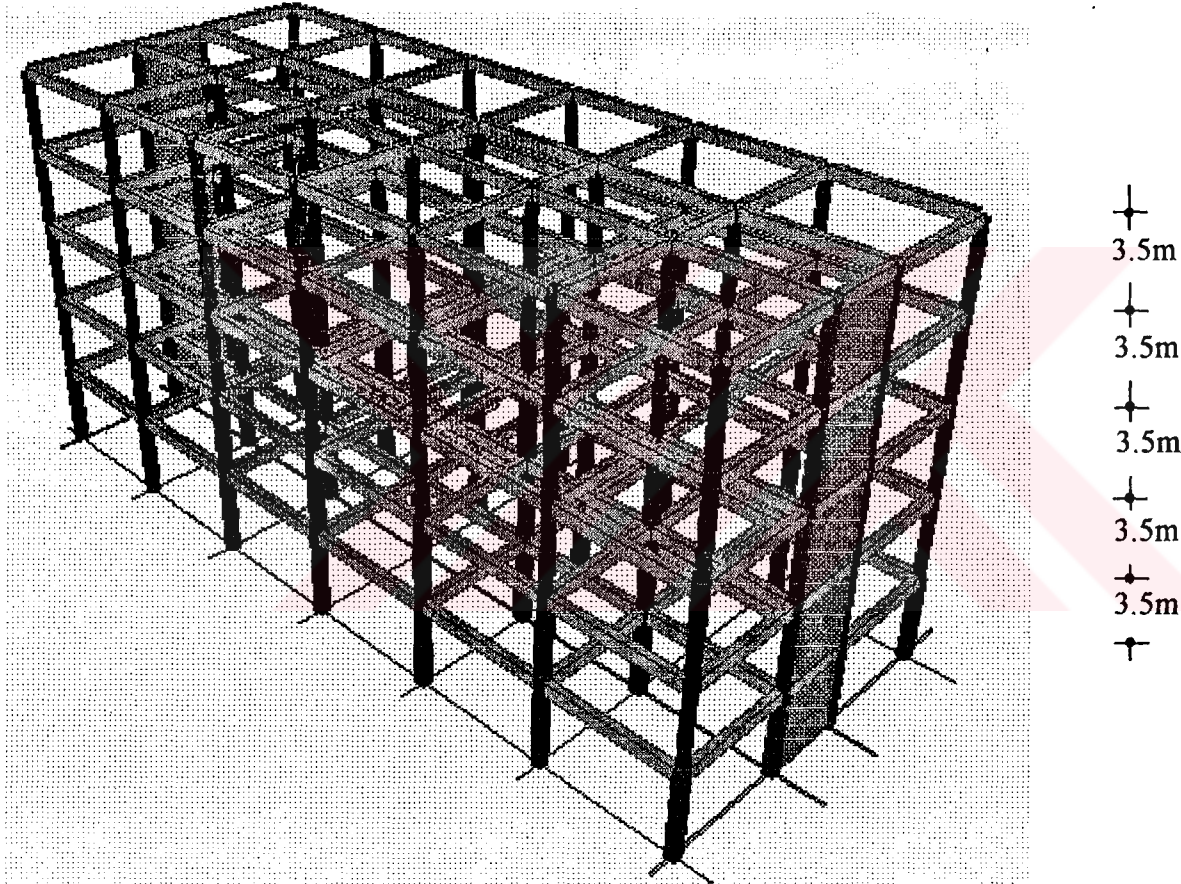
Çizelge 5 1. Örnek 5.1'e ait perde taban momenti değerleri,

Program	Shell-Panel (ton m)	Geniş Kolon (ton m)	Poligon Kolon (ton m)
ANSYS	8.904	7.958	-
PB-2000	5.450	5.460	8.34
STA4-CAD	-	9.250	8.04
SAP-2000	9.236	8.019	-

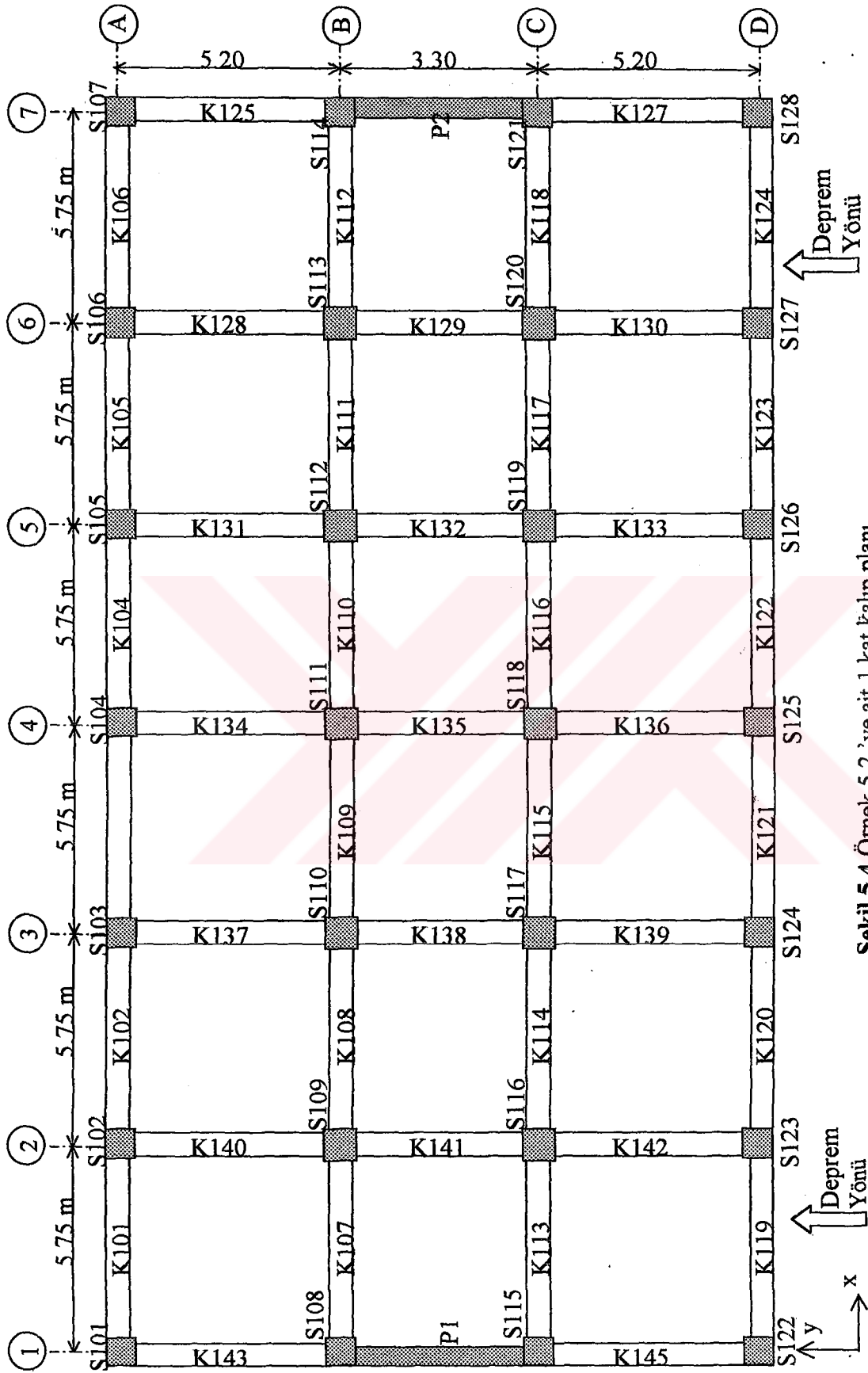
Çizelge 5.1'den görülebileceği gibi, PROBİNA programının Panel Eleman ve Geniş Kolon modellerinin yakın sonuçlar vermesi, Panel Elemanın, Geniş Kolon modeline yakın davranış sergilediği izlenimini uyandırmaktadır. Poligon Kolon elemanında ise PROBİNA programı, ANSYS ve SAP-2000 programlarına daha yakın sonuç vermiştir.

5.2.2. Örnek 5.2.

Bu örnekte, Şekil 5.3.'de görülen, 5 katlı bina incelenmiştir. Örnek 4.2'de daha önce incelenen binaya iki adet simetrik perde eklenerek rijitliği artırılmıştır. İlgili veri dosyaları ekteki diskette verilmektedir.



Şekil 5.3. Örnek 5.2.'ye ait yapı.



Şekil 5.4 Örnek 5.2.'ye ait 1.kat kalıp planı

Bina, Zemin ve Deprem Bilgileri

Kat sayısı :5 Normal Kat,
 Bina Tipi :Konut,
 Taşıyıcı sistem türü :Yerinde dökme betonarme çerçevesi ve perdeli sistem,
 Deprem bölgesi :1'inci bölge,
 Yerel Zemin Sınıfı :Z2.

Tablo 5.1. Örnek 5.2.'nin kolon boyutları.

KAT NO	KOLON NO	BOYUT (X×Y)
1	S101~S108, S114, S115, S121~S128	400 mm × 400 mm
	S109~S113, S116~S120	450 mm × 450 mm
2	S202~S206, S209~S213, S216~S220, S223~S227	400 mm × 400 mm
	S201, S207, S208, S214, S215, S221, S222, S228	300 mm × 300 mm
3	S301~S308, S314, S315, S321~S328	300 mm × 300 mm
	S309~S313, S316~S320	400 mm × 400 mm
4	Tüm kolonlar (S401~S428)	300 mm × 300 mm
5	Tüm kolonlar (S501~S528)	300 mm × 300 mm

Perde genişlikleri 25 cm alınmıştır. Kiriş boyutları ANSYS, SAP-2000, STA4-CAD ve PROBİNA programlarında, tüm katlarda 300 × 500 mm dikdörtgen kesitli olarak kullanılmıştır.

Sabit Yükleler : $G_1 = 528.6$ ton

$G_2 = 528.6$ ton

$G_3 = 528.6$ ton

$G_4 = 528.6$ ton

$G_5 = 309.0$ ton

Hareketli Yükleler : $q = 236.6$ ton

$q_{\text{çati}} = 119.6$ ton

Kat ve Toplam Bina Ağırlıklarının Hesabı:

$$w_{g_i}(\text{ton}) = G_i$$

$$w_{q_i}(\text{ton}) = n \times q_i$$

$n = 0.30$ (Hareketli yük katılım katsayısı)

TDY98 Tablo 6.7

$$w_i(\text{ton}) = w_{g_i}(\text{ton}) + w_{q_i}(\text{ton})$$

Çizelge 5.1. Örnek 5.2.'ün kat ağırlıklarını oluşturan bileşenler.

Kat No	w _g (ton)				w _q (ton)			
	ANSYS	PB-2000	STA 4 (G.K.) STA 4 (P.K.)	SAP-2000	ANSYS	PB-2000	STA 4 (G.K.) STA 4 (P.K.)	SAP-2000
5	309.0	308.9	309.39 309.43	309.0	35.88	35.79	35.518 35.540	35.88
4	528.6	528.4	528.90 528.89	528.6	70.980	70.95	70.941 70.946	70.980
3	528.6	528.4	528.44 528.44	528.6	70.980	70.95	70.978 70.973	70.980
2	528.6	528.4	528.77 528.78	528.6	70.980	70.95	70.999 70.982	70.980
1	528.6	528.4	528.69 528.67	528.6	70.980	70.95	70.919 70.942	70.980

w_g(ton): Kat ağırlığına etki eden ölü yük bileşeni(g_i)

w_q(ton): Kat ağırlığına etki eden hareketli yük bileşeni(n×q_i)

Çizelge 5.2. Örnek 5.2.'nin çözümünde kullanılan kat ağırlıkları.

Kat No	$w_i(\text{ton}) = w_{gi}(\text{ton}) + w_{qi}(\text{ton})$			
	ANSYS	PB-2000	STA4 (G.K.)	SAP-2000
			STA4 (P.K.)	
5	344.88	344.69	344.908 344.970	344.88
4	599.58	599.35	599.841 599.836	599.58
3	599.58	599.35	599.418 599.413	599.58
2	599.58	599.35	599.769 599.762	599.58
1	599.58	599.35	599.609 599.612	599.58
Σw_i	2743.2	2742.09	2743.545 2743.597	2743.2

Çizelge 5.2.'de görüldüğü üzere kat ağırlıkları, birbirlerine yakın alınmaya çalışılmıştır.

Çizelge 5.3. Örnek 5.2.'ye ait birinci doğal titreşim periyotları.

ANSYS		PB-2000 (Panel Elemanı)	STA4 (Geniş Kolon)	SAP-2000
		PB-2000 (Poligon Kolon)	STA4 (Poligon Kolon)	
Rayleigh	Modal Analiz	Modal Analiz	Modal Analiz	Modal Analiz
0.628*	0.628	0.750*	0.794*	0.627*
		0.670*	0.644*	

Hesaplarda birinci doğal titreşim periyotları olarak yıldızla işaretli olan periyotlar alınmıştır.

Analizi yapılan bina, süneklik düzeyi yüksek sistem kabul edilmiştir. Bina perdeli bir sistem olduğundan, TDY98 Tablo 6.5.'e bakıldığında, Yapı Davranış Katsayısı R 'nin 7 alınacağı görülmektedir.

Yerel zemin sınıfı Z2 olduğundan, Spektrum karakteristik periyotlarının gösterildiği TDY98 Tablo 6.4.'den yararlanarak, $T_A=0.15s$ ve $T_B=0.40s$ olarak elde edilmiştir.

Binanın birinci serbest titreşim periyodu yukarıda tespit edilen Spektrum karakteristik periyotları ışığında incelenirse $T_1 > T_B$ olduğu görülmektedir. Bu durum, TDY98 Denk 6.2c'ye göre Spektrum Katsayısı'nın $S(T_1) = 2.5(T_B / T_1)^{0.8}$ alınması anlamına gelmektedir.

Çizelge 5.4. Örnek 5.2.'ye ait spektrum katsayıları.

$S(T_1)$			
ANSYS	PB-2000 (P. E.)*	STA4 (G.K.)***	SAP-2000
	PB-2000 (P.K.)**	STA4 (P.K.)	
1.743	1.512	1.444	1.745
	1.661	1.708	

Binanın birinci serbest titreşim periyodu Yapı Davranış Katsayısı R ve T_A 'ya göre incelenirse TDY98 Denk 6.3b'deki $T_1 > T_A$ durumunun olduğu görülmektedir. Buna göre de Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı $R_a(T_1) = R = 7$ alınmıştır.

Bina birinci deprem bölgesinde olduğundan TDY98 Tablo 6.2'ye göre Etkin Yer İvmesi $A_0 = 0.40$ ve bina konut olduğundan dolayı da TDY98 Tablo 6.3'e göre Bina Önem Katsayısı $I = 1$ değerleri kullanılarak Spektral İvme Katsayısı $A(T_1)$ TDY98 Denk 6.1 kullanılarak bulunmuştur.

* P.E.: Panel Elemanı

** P.K.: Poligon Kolon

***G.K.: Geniş Kolon

olarak kullanılacaktır.

Çizelge 5.5. Örnek 5.2.'ye ait spektral ivme katsayıları.

A(T₁)			
ANSYS	PB-2000 (P. E.)	STA4 (G.K.)	SAP-2000
	PB-2000 (P. K.)	STA4 (P.K.)	
0.69734	0.60478	0.5780	0.69796
	0.66427	0.6830	

Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü TDY98 Denk 6.4'den faydalanılarak elde edilmiştir.

Çizelge 5.6. Örnek 5.2.'ye ait taban kesme kuvvetleri.

V_t (ton)			
ANSYS	PB-2000 (P.E.)	STA4 (G.K.)	SAP-2000
	PB-2000 (P.K.)	STA4 (P.K.)	
273.278	240.458	226.464	273.536
	261.027	267.813	

Taban kesme kuvvetleri, periyotlardaki farklılıktan dolayı, bir miktar değişik bulunmuştur. Taban kesme kuvvetleri, ANSYS, SAP-2000, PROBİNA ve STA4-CAD programları için TDY98 Denk 6.4'ü sağlamaktadır.

Bulunan Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü N'inci kat dahil olmak üzere bina katlarına TDY98 Denk 6.9 uyarınca dağıtılır. $H_N < 25$ m olduğundan $\Delta F_N = 0$ alınacaktır.

Çizelge 5.7. Örnek 5.2.'ye ait eşdeğer kat deprem yükleri(F_i).

Kat No	$F_i(\text{ton})$			
	ANSYS	PB-2000 (P.E)	STA4 (G.K.)	SAP-2000
		PB-2000 (P.K)	STA4 (P.K.)	
5	61.0399	53.70	50.586	61.1079
		58.32	59.824	
4	84.8952	74.70	70.373	84.9876
		81.08	83.218	
3	63.6714	56.03	52.742	63.7339
		60.81	62.370	
2	42.4476	37.35	35.182	42.4801
		40.54	41.604	
1	21.2238	18.68	17.586	21.2537
		20.27	20.797	

Taban kesme kuvvetlerinin değişik bulunmasından dolayı, katlara etkiyen eşdeğer deprem kat yüklerinde farklılıklar oluşmuştur. Bulunan bu deprem yükleri kat hizalarında, Y yönünde +%5 eksantrisite ile kaydırılmış kütle merkezlerine etkitilerek statik analiz yapılmıştır. PROBİNA programında ise DY+ kombinasyonu sonucu alınmıştır. Öncelikle bina perdeli sistem olduğundan bulunan kesit zorlamalarına göre α_M 'in, TDY98'e göre incelenmesi gerekmektedir.

Çizelge 5.8. Örnek 5.2.'ye ait α_M 'in hesabı.

Program	ANSYS	PB-2000 (P.E)	STA4 (G.K.)	SAP-2000
		PB-2000 (P.K.)	STA4 (P.K.)	
Mperde1 (ton-m)	902.266	663.79	626.310	920.879
		977.04	1026.67	
Mperde2 (ton-m)	1140.169	860.79	812.980	1167.523
		1245.42	1302.08	
Σ Mperde (ton-m)	2042.435	1524.58	1439.29	2088.402
		2222.46	2328.75	
Σ Mdev (ton-m)	3296.699	2900.72	2731.99	3300.169
		3148.95	3230.88	
α_M	$0.62 \leq 0.75$	$0.53 \leq 0.75$	$0.53 \leq 0.75$	$0.63 \leq 0.75$
		$0.70 \leq 0.75$	$0.72 \leq 0.75$	

Çizelge 5.8. incelendiğinde PROBİNA ve STA4-CAD programlarında perde taban momentlerinin farklı çıktığı görülmektedir. Tüm çözümlerde, TDY98 6.5.2.1'de belirtilen şartlar ($\alpha_M \leq 0.75$), sağlandığından ilk başta seçilen R=7 değeri kullanılabilir. Yeniden hesap yapmak gerekmediğinden statik hesabı sonucunda bulunan deplasmanlar kullanılarak düşeyde ve planda düzensizliklerin kontrolü yapılmıştır.

Çizelge 5.9. Örnek 5.2.'ye ait burulma düzensizliği kontrolü (A1),

Kat No	$(d_i)_{max}$				$(d_i)_{min}$			
	ANSYS	PB-2000 (P.E.)	S T A 4 (G.K.)	SAP-2000	ANSYS	PB-2000 (P.E.)	S T A 4 (G.K.)	SAP-2000
		PB-2000 (P.K.)	S T A 4 (P.K.)			PB-2000 (P.K.)	S T A 4 (P.K.)	
5	0.02120	0.03031	0.02842	0.02052	0.01660	0.02289	0.02145	0.01653
		0.02640	0.02188			0.02020	0.01709	
4	0.01590	0.02287	0.02142	0.01545	0.01250	0.01733	0.01622	0.01244
		0.01963	0.01638			0.01505	0.01283	
3	0.01050	0.01524	0.01425	0.01023	0.00830	0.01158	0.01082	0.00821
		0.01287	0.01083			0.00989	0.0085	
2	0.00550	0.00814	0.00759	0.00544	0.00430	0.00622	0.00579	0.00433
		0.00677	0.00574			0.00522	0.00452	
1	0.00170	0.00256	0.00237	0.00174	0.00130	0.00197	0.00182	0.00138
		0.00212	0.00181			0.00164	0.00143	

Çizelge 5.9'un Devamı,

Kat No	$(\Delta_i)_{max}$				$(\Delta_i)_{min}$			
	ANSYS	PB-2000 (P.E.)	S T A 4 (G.K.)	SAP-2000	ANSYS	PB-2000 (P.E.)	S T A 4 (G.K.)	SAP-2000
		PB-2000 (P.K.)	S T A 4 (P.K.)			PB-2000 (P.K.)	S T A 4 (P.K.)	
5	0.00530	0.00744	0.00700	0.00507	0.00410	0.00556	0.00523	0.00409
		0.00677	0.00550			0.00515	0.00426	
4	0.00540	0.00764	0.00717	0.00522	0.00420	0.00574	0.00540	0.00423
		0.00676	0.00555			0.00516	0.00433	
3	0.00500	0.00710	0.00666	0.00479	0.00390	0.00536	0.00503	0.00387
		0.00610	0.00509			0.00467	0.00398	
2	0.00380	0.00558	0.00522	0.00370	0.00300	0.00425	0.00397	0.00296
		0.00465	0.00393			0.00358	0.00309	
1	0.00170	0.00256	0.00237	0.00174	0.00130	0.00197	0.00182	0.00138
		0.00212	0.00181			0.00164	0.00143	

Çizelge 5.9'un Devamı.

Kat No	$(\Delta)_\text{ort}$				η_bi			
	ANSYS	PB-2000 (P.E.)	STA 4 (G.K.)	SAP-2000	ANSYS	PB-2000 (P.E.)	STA 4 (G.K.)	SAP-2000
		PB-2000 (P.K.)	STA 4 (P.K.)			PB-2000 (P.K.)	STA 4 (P.K.)	
5	0.00470	0.00650	0.00612	0.00458	1.12	1.14	1.14	1.11
		0.00596	0.00488			1.13	1.13	
4	0.00480	0.00669	0.00629	0.00473	1.12	1.14	1.14	1.10
		0.00596	0.00494			1.13	1.12	
3	0.00450	0.00623	0.00585	0.00433	1.12	1.14	1.14	1.11
		0.00538	0.00454			1.13	1.12	
2	0.00340	0.00491	0.00460	0.00333	1.12	1.13	1.14	1.11
		0.00411	0.00351			1.13	1.12	
1	0.00150	0.00227	0.00210	0.00156	1.12	1.13	1.13	1.12
		0.00188	0.00162			1.13	1.12	

Görüldüğü gibi ANSYS, SAP-2000, PROBİNA ve STA4-CAD programlarının sonuçlarında A1 düzensizliğine rastlanmamaktadır. B2 düzensizliği bina 25m'den küçük olduğu için incelenmemiştir.

Çizelge 5.10. Örnek 5.2.'ye ait görelî kat ötelemeleri kontrolü.

Kat No	h_i	$(\Delta_i)_{\max}$				$(\Delta_i)_{\max}/h_i$			
		ANSYS	PB-2000 (P.E.)	STA 4 (G.K.)	SAP-2000	ANSYS	PB-2000 (P.E.)	STA 4 (G.K.)	SAP-2000
			PB-2000 (P.K.)	STA 4 (P.K.)			PB-2000 (P.K.)	STA 4 (P.K.)	
5	3.5	0.00530	0.00744	0.00700	0.00507	0.00150	0.00217	0.00200	0.00145
			0.00677	0.00550			0.00193	0.00157	
4	3.5	0.00540	0.00764	0.00717	0.00522	0.00155	0.00218	0.00205	0.00149
			0.00676	0.00555			0.00193	0.00159	
3	3.5	0.00500	0.00710	0.00666	0.00479	0.00143	0.00203	0.00190	0.00137
			0.00610	0.00509			0.00174	0.00145	
2	3.5	0.00380	0.00558	0.00522	0.00370	0.00108	0.00159	0.00149	0.00106
			0.00465	0.00393			0.00133	0.00112	
1	3.5	0.00170	0.00256	0.00237	0.00174	0.00049	0.00073	0.00068	0.00050
			0.00212	0.00181			0.00061	0.00052	

$$(\Delta_i)_{\max}/h_i \leq 0.0035$$

$$(\Delta_i)_{\max}/h_i \leq 0.02/R = 0.002857$$

Herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yer değiştirme farkını ifade eden görelî kat ötelenmesinin sınırları TDY98 Denk 6.20'de belirtilen yukarıdaki şartlardan elverişsiz olana göre incelenmiştir. Çizelge 5.10'da görüldüğü üzere Örnek 5.2 için ANSYS, SAP-2000, PROBİNA ve STA4-CAD programları sonuçlarına göre, bu kontrolde limit değerler aşılmamıştır. PROBİNA ve STA4-CAD programları sonuçlarının ANSYS ve SAP-2000 sonuçlarına yakın olmadığı görülmektedir.

Çizelge 5.11. Örnek 5.2.'ye ait ikinci mertebe etkilerinin kontrolü (θ_i),

Kat No	w_i				$\sum_{j=1}^N w_j$			
	ANSYS	PB-2000	STA 4 (G.K.)	SAP-2000	ANSYS	PB-2000	STA 4 (G.K.)	SAP-2000
			STA 4 (P.K.)				STA 4 (P.K.)	
5	344.88	344.69	344.908 344.97	344.88	344.880	344.690	344.908 344.97	344.880
4	599.58	599.35	599.841 599.836	599.58	944.460	944.040	944.749 944.806	944.460
3	599.58	599.35	599.418 599.413	599.58	1544.04	1543.39	1544.17 1544.22	1544.04
2	599.58	599.35	599.769 599.762	599.58	2143.62	2142.74	2143.94 2143.98	2143.62
1	599.58	599.35	599.609 599.612	599.58	2743.20	2742.09	2743.55 2743.59	2743.20

Çizelge 5.11.'in Devamı,

Kat No	$(\Delta_i)_{ort}$				V_i			
	ANSYS	PB-2000 (P.E.)	STA 4 (G.K.)	SAP-2000	ANSYS	PB-2000 (P.E.)	STA 4 (G.K.)	SAP-2000
		PB-2000 (P.K.)	STA 4 (P.K.)			PB-2000 (P.K.)	STA 4 (P.K.)	
5	0.00470	0.00650 0.00596	0.00612 0.00488	0.00458	61.0399	53.7020 58.3200	50.586 59.824	61.1079
4	0.00480	0.00669 0.00596	0.00629 0.00494	0.00473	145.935	128.404 139.400	120.959 143.042	146.095
3	0.00450	0.00623 0.00538	0.00585 0.00454	0.00433	209.606	184.431 200.210	173.701 205.412	209.824
2	0.00340	0.00491 0.00411	0.00460 0.00351	0.00333	252.054	221.782 240.750	208.883 247.016	252.309
1	0.00150	0.00227 0.00188	0.00210 0.00162	0.00156	273.278	240.458 261.020	226.469 267.813	273.563

Çizelge 5.11.'in Devamı.

Kat No	h_i	θ_i			
		ANSYS	PB-2000 (P.E.)	STA4 (G.K.)	SAP-2000
			PB-2000 (P.K.)	STA4 (P.K.)	
5	3.5	0.00755	0.0119	0.01191	0.00739
			0.0101	0.00804	
4	3.5	0.00894	0.0141	0.01403	0.00873
			0.0115	0.00932	
3	3.5	0.00941	0.0149	0.01485	0.00910
			0.0119	0.00974	
2	3.5	0.00823	0.0136	0.01347	0.00808
			0.0105	0.00870	
1	3.5	0.00440	0.0074	0.00725	0.00447
			0.0057	0.00474	

TDY98 Denk 6.21'e göre her bir kat için bulunan ikinci mertebe etkileri $\theta_i < 0.12$ 'den küçük olmak zorundadır. Çizelge 5.11'de görüldüğü gibi ANSYS, SAP-2000, PROBİNA ve STA4-CAD program sonuçlarına göre ikinci mertebe etkileri TDY98'nin istediği şartı sağlamaktadır. Ancak PROBİNA ve STA4-CAD programlarının sonuçları, ANSYS ve SAP-2000 programlarının sonuçlarından farklı çıkmıştır.

Çizelge 5.12. Örnek 5.2.'ye ait S107 ve S122 kolonlarındaki kesme kuvveti değerleri
(Deprem yönü y).

Kolon No	Vy(ton)			
	ANSYS	PB-2000 (P.E.)	STA4-CAD (G.K.)	SAP-2000
		PB-2000 (P.K.)	STA4-CAD (P.K.)	
S107	2.07	2.25	2.04	2.08
		2.37	1.62	
S122	1.64	1.74	1.57	1.59
		1.84	1.27	

Çizelge 5.13. Örnek 5.2.'ye ait S107 ve S122 kolonlarındaki moment değerleri
(Deprem yönü y).

Kolon No	My _{Ait} (ton)			
	ANSYS	PB-2000 (P.E.)	STA4-CAD (G.K.)	SAP-2000
		PB-2000 (P.K.)	STA4-CAD (P.K.)	
S107	4.13	5.11	4.93	4.12
		5.25	3.65	
S122	3.27	3.95	3.61	3.19
		4.06	2.87	

Çizelge 5.12' nin Devamı, Örnek 5.2.'ye ait S107 ve S122 kolonlarındaki moment değerleri
(Deprem yönü y).

Kolon No	My _{üst} (ton)			
	ANSYS	PB-2000 (P.E.)	STA4-CAD (G.K.)	SAP-2000
		PB-2000 (P.K.)	STA4-CAD (P.K.)	
S107	3.13	2.75	2.45	3.16
		3.04	2.01	
S122	2.48	2.14	1.87	2.37
		2.36	1.56	

Çizelgeler incelendiğinde PROBİNA Poligon Kolon sonuçlarının ANSYS ve SAP-2000 sonuçlarına daha yakın olduğu dikkati çekmektedir. Ancak Çizelge 5.11 ve 5.12'de ise PROBİNA Panel Elemanın S107 ve S122 kolonlarına ait moment ve kesme kuvvetlerinde daha yakın sonuçlar verdiği görülmektedir.

Perdelerin Geniş Kolon Olarak Modellenmesi:

Bu aşamada ANSYS, SAP-2000 ve PB-2000 programlarında örnekteki perdeler geniş kolon olarak modellenip α_M hesaplanıp sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Çizelge 5.13. Örnek 5.2.'ye ait birinci doğal titreşim periyotları

ANSYS		PB-2000	SAP-2000
Rayleigh	Modal Analiz	Modal Analiz	Modal Analiz
0.633*	0.633	0.624*	0.612*

Çizelge 5.14. Örnek 5.2.'ye ait spektrum katsayıları.

$S(T_1)$		
ANSYS	PB-2000	SAP-2000
1.73147	1.75162	1.77881

Çizelge 5.15. Örnek 5.2.'ye ait spektral ivme katsayıları.

$A(T_1)$		
ANSYS	PB-2000	SAP-2000
0.69259	0.70065	0.71152

Çizelge 5.16. Örnek 5.2.'ye ait taban kesme kuvvetleri.

V_t (ton)		
ANSYS	PB-2000	SAP-2000
271.415	276.897	278.836

Çizelge 5.17. Örnek 5.2.'ye ait eşdeğer kat deprem yükleri(F_i).

Kat No	$F_i(\text{ton})$		
	ANSYS	PB-2000	SAP-2000
5	60.62	61.84	62.29
4	84.32	86.02	86.63
3	63.24	64.52	64.97
2	42.16	43.01	43.30
1	21.08	21.51	21.67

Çizelge 5.18. Örnek 5.2.'ye ait α_M 'in hesabı.

Program	ANSYS	PB-2000	SAP-2000
Mperde1 (ton-m)	876.227	871.470	919.792
Mperde2 (ton-m)	1109.182	1107.314	1151.719
Σ Mperde (ton-m)	1985.409	1978.784	2071.511
Σ Mdev (ton-m)	3274.225	3340.295	3364.115
α_M	$0.61 \leq 0.75$	$0.59 \leq 0.75$	$0.61 \leq 0.75$

Çizelge 5.19. Örnek 5.2.'ye ait burulma düzensizliği kontrolü (A1),

Kat No	$(d_i)_{\max}$			$(d_i)_{\min}$		
	ANSYS	PB-2000	SAP-2000	ANSYS	PB-2000	SAP-2000
5	0.02125	0.02354	0.02014	0.01664	0.01836	0.01595
4	0.01613	0.01805	0.01506	0.01265	0.01411	0.01194
3	0.01076	0.01224	0.00987	0.00846	0.00958	0.00783
2	0.00575	0.00669	0.00506	0.00453	0.00525	0.00403
1	0.00188	0.00222	0.00150	0.00149	0.00175	0.00119

Çizelge 5.19'un Devamı,

Kat No	$(\Delta_i)_{\max}$			$(\Delta_i)_{\min}$		
	ANSYS	PB-2000	SAP-2000	ANSYS	PB-2000	SAP-2000
5	0.00512	0.00549	0.00508	0.00399	0.00425	0.00401
4	0.00537	0.00581	0.00519	0.00420	0.00453	0.00411
3	0.00501	0.00555	0.00481	0.00392	0.00433	0.00380
2	0.00387	0.00447	0.00356	0.00304	0.00350	0.00284
1	0.00188	0.00222	0.00150	0.00149	0.00175	0.00119

Çizelge 5.19'un Devamı,

Kat No	$(\Delta_i)_{\text{ort}}$			η_{bi}		
	ANSYS	PB-2000	SAP-2000	ANSYS	PB-2000	SAP-2000
5	0.00455	0.00487	0.00455	1.12	1.13	1.12
4	0.00478	0.00517	0.00465	1.12	1.13	1.12
3	0.00447	0.00494	0.00431	1.12	1.12	1.12
2	0.00345	0.00399	0.00320	1.12	1.12	1.11
1	0.00169	0.00198	0.00135	1.12	1.12	1.12

Çizelge 5.20. Örnek 5.2.'ye ait görelî kat ötelemeleri kontrolü.

Kat No	h_i	$(\Delta_i)_{\max}$			$(\Delta_i)_{\max}/h_i$		
		ANSYS	PB-2000	SAP-2000	ANSYS	PB-2000	SAP-2000
5	3.5	0.00512	0.00549	0.00508	0.00146	0.00157	0.00145
4	3.5	0.00537	0.00581	0.00519	0.00153	0.00166	0.00148
3	3.5	0.00501	0.00555	0.00481	0.00143	0.00159	0.00137
2	3.5	0.00387	0.00447	0.00356	0.00110	0.00128	0.00102
1	3.5	0.00188	0.00222	0.0015	0.00054	0.00063	0.00043

$$(\Delta_i)_{\max}/h_i \leq 0.0035$$

$$(\Delta_i)_{\max}/h_i \leq 0.02/R = 0.002857$$

Çizelge 5.21. Örnek 5.2.'ye ait ikinci mertebe etkilerinin kontrolü (θ_i),

Kat No	w_i			$\sum_{j=1}^N w_j$		
	ANSYS	PB-2000	SAP-2000	ANSYS	PB-2000	SAP-2000
5	344.88	344.81	344.88	344.88	344.81	344.88
4	599.58	599.35	599.58	944.46	944.16	944.46
3	599.58	599.35	599.58	1544.04	1543.51	1544.04
2	599.58	599.35	599.58	2143.62	2142.86	2143.62
1	599.58	599.35	599.58	2743.20	2742.21	2743.20

Çizelge 5.21.'in Devamı,

Kat No	$(\Delta_i)_{ort}$			V_i		
	ANSYS	PB-2000	SAP-2000	ANSYS	PB-2000	SAP-2000
5	0.00455	0.00487	0.00455	60.6238	61.840	62.2920
4	0.00478	0.00517	0.00465	144.9403	147.86	148.926
3	0.00447	0.00494	0.00431	208.1777	212.38	213.895
2	0.00345	0.00399	0.00320	250.3359	255.39	257.198
1	0.00169	0.00198	0.00135	271.4151	276.90	278.864

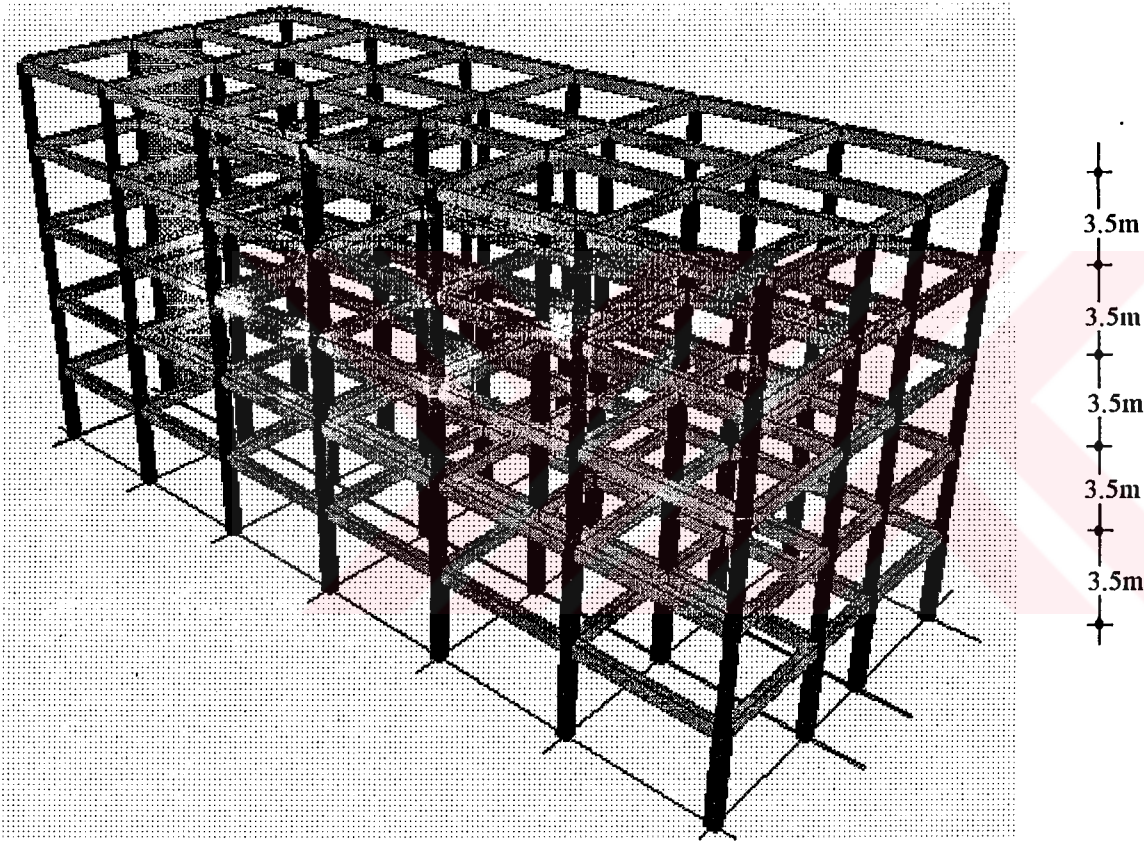
Çizelge 5.21.'in Devamı.

Kat No	h_i	θ_i		
		ANSYS	PB-2000	SAP-2000
5	3.5	0.00740	0.0078	0.00719
4	3.5	0.00890	0.0094	0.00843
3	3.5	0.00947	0.0103	0.00888
2	3.5	0.00845	0.0096	0.00762
1	3.5	0.00488	0.0056	0.00378

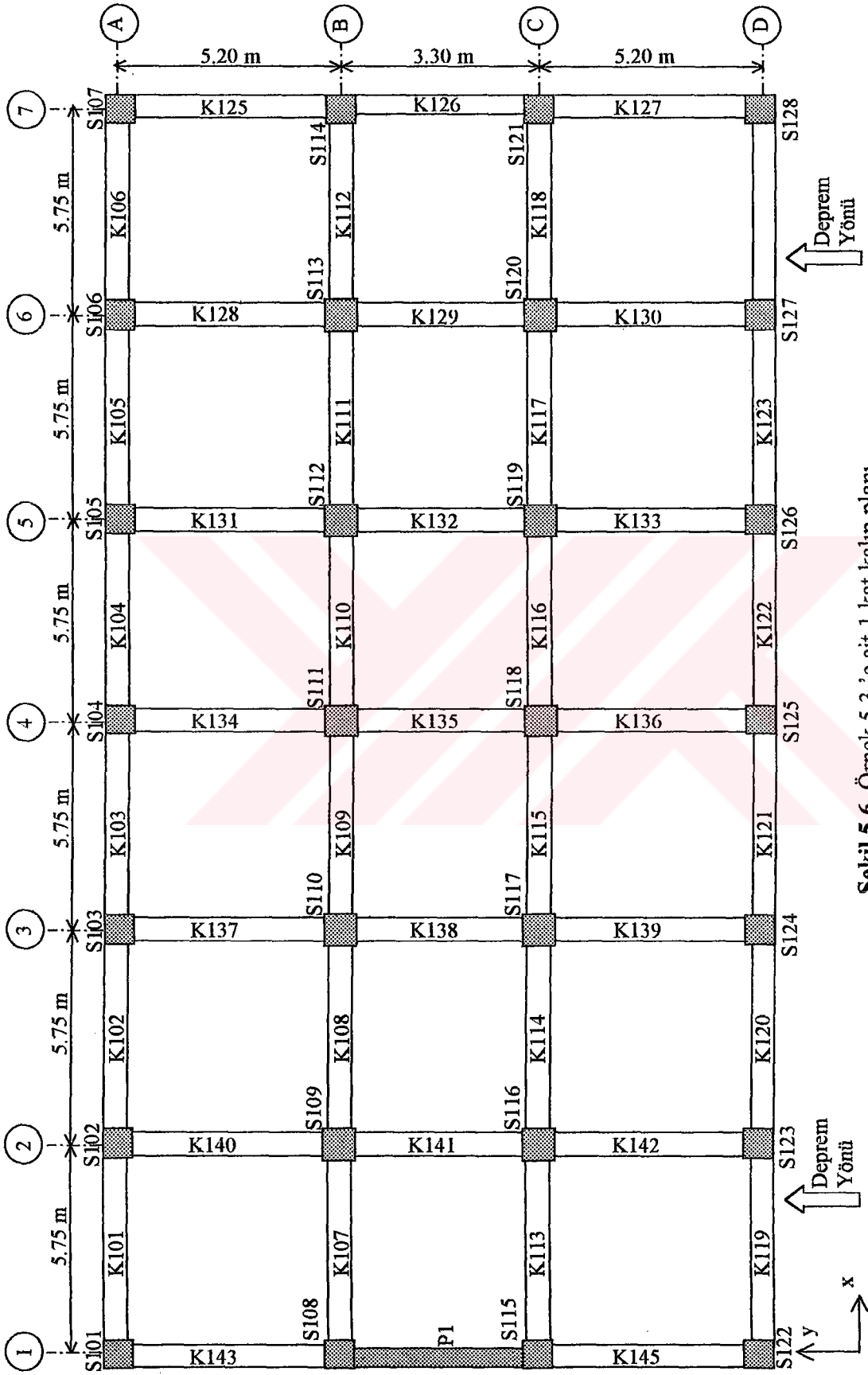
Çizelge 5.13 ten 5.21'e kadar sonuçlar incelenirse, PROBİNA'da mevcut kolon ve kiriş elemanlarıyla oluşturulan geniş kolon modeli sonuçlarının, ANSYS ve SAP-2000 programlarının sonuçlarına daha yakın olduğu görülmektedir.

5.2.3. Örnek 5.3.

Bu örnekte, Şekil 5.5.'de görülen, 5 katlı bina incelenmiştir. Burada Örnek 5.2'deki bina perdelerinden bir tanesi kaldırılarak, rijitlik bakımından düzensiz bir durum oluşması sağlanmıştır. İlgili veri dosyaları ekteki diskette verilmektedir.



Şekil 5.5. Örnek 5.3.'e ait yapı.



Bina, Zemin ve Deprem Bilgileri

Kat sayısı :5 Normal Kat,

Bina Tipi :Konut,

Taşıyıcı sistem türü :Yerinde dökme betonarme çerçevesi ve perdeli sistem,

Deprem bölgesi :1'inci bölge,

Yerel Zemin Sınıfı :Z2.

Tablo 5.2. Örnek 5.3.'ün kolon boyutları.

KAT NO	KOLON NO	BOYUT (X×Y)
1	S101~S108, S114, S115, S121~S128	400 mm × 400 mm
	S109~S113, S116~S120	450 mm × 450 mm
2	S202~S206, S209~S213, S216~S220, S223~S227	400 mm × 400 mm
	S201, S207, S208, S214, S215, S221, S222, S228	300 mm × 300 mm
3	S301~S308, S314, S315, S321~S328	300 mm × 300 mm
	S309~S313, S316~S320	400 mm × 400 mm
4	Tüm kolonlar (S401~S428)	300 mm × 300 mm
5	Tüm kolonlar (S501~S528)	300 mm × 300 mm

Perde genişlikleri 25 cm alınmıştır. Kiriş boyutları ANSYS, SAP-2000, STA4-CAD ve PROBİNA programlarında, tüm katlarda 300 × 500 mm dikdörtgen kesitli olarak kullanılmıştır.

Sabit Yükler : $G_{1-4} = 528.6$ ton **Hareketli Yükler :** $q = 236.6$ ton

$G_5 = 309.0$ ton

$q_{catı} = 119.6$ ton

Kat ve Toplam Bina Ağırlıklarının Hesabı:

$$w_{gi}(\text{ton}) = G_i$$

$$w_{qi}(\text{ton}) = n \times q_i$$

$n = 0.30$ (Hareketli yük katılım katsayısı)

TDY98 Tablo 6.7

$$w_i(\text{ton}) = w_{gi}(\text{ton}) + w_{qi}(\text{ton})$$

Çizelge 5.22. Örnek 5.3.'ün kat ağırlıklarını oluşturan bileşenler.

Kat No	$w_{gi}(\text{ton})$				$w_{qi}(\text{ton})$			
	A N S Y S	PB-2000 (P.E.)	STA 4 (G.K.)	SAP-2000	ANSYS	PB-2000 (P.E.)	STA 4 (G.K.)	SAP-2000
		PB-2000 (P.K.)	STA 4 (P.K.)			PB-2000 (P.K.)	STA 4 (P.K.)	
5	309.0	308.9 309.1	309.40 309.43	309.0	35.88	35.91 35.73	35.511 35.518	35.88
4	528.6	528.4 528.7	528.89 528.89	528.6	70.980	70.95 70.89	70.950 70.950	70.980
3	528.6	528.4 528.7	528.44 528.44	528.6	70.980	70.95 70.89	70.977 70.977	70.980
2	528.6	528.4 528.7	528.78 528.78	528.6	70.980	70.95 70.89	71.002 71.001	70.980
1	528.6	528.4 528.7	528.70 528.67	528.6	70.980	70.95 70.89	70.912 70.912	70.980

$w_{gi}(\text{ton})$: Kat ağırlığına etki eden ölü yük bileşeni(g_i)

$w_{qi}(\text{ton})$: Kat ağırlığına etki eden hareketli yük bileşeni($n \times q_i$)

Çizelge 5.23. Örnek 5.3.'ün çözümünde kullanılan kat ağırlıkları.

Kat No	$w_i(\text{ton}) = w_{gi}(\text{ton}) + w_{qi}(\text{ton})$			
	ANSYS	PB-2000 (P.E.)	STA4 (G.K.)	SAP-2000
		PB-2000 (P.K.)	STA4 (P.K.)	
5	344.88	344.81	344.911	344.88
		344.83	344.948	
4	599.58	599.35	599.840	599.58
		599.59	599.840	
3	599.58	599.35	599.417	599.58
		599.59	599.417	
2	599.58	599.35	599.782	599.58
		599.59	599.781	
1	599.58	599.35	599.612	599.58
		599.59	599.582	
Σw_i	2743.2	2742.09	2743.562	2743.2
		2743.19	2743.568	

Çizelge 5.23.'te görüldüğü üzere kat ağırlıkları ve bina ağırlığı, çözümlerde birbirlerine yakın alınmıştır.

Çizelge 5.24. Örnek 5.3.'e ait birinci doğal titreşim periyotları.

ANSYS		PB-2000 (P. E.)	STA4 (G.K.)	SAP-2000	
		PB-2000 (P. K.)	STA4 (P.K.)		
Rayleigh	Modal Analiz	Modal Analiz	Modal Analiz	Rayleigh	Modal Analiz
0.986*	1.126	1.0724*	1.206*	0.957*	1.1432
		1.0696*	0.958*		

Hesaplarda birinci doğal titreşim periyotları olarak yıldızla işaretli olan periyotlar alınmıştır.

Analizi yapılan bina, süneklik düzeyi yüksek sistem kabul edilmiştir. Bina perdeli bir sistem olduğundan, TDY98 Tablo 6.5.'e bakıldığında, Yapı Davranış Katsayısı R 'nin 7 alınacağı görülmektedir.

Yerel zemin sınıfı Z2 olduğundan, Spektrum karakteristik periyotlarının gösterildiği TDY98 Tablo 6.4.'den yararlanarak, $T_A=0.15s$ ve $T_B=0.40s$ olarak elde edilmiştir.

Binanın birinci serbest titreşim periyodu yukarıda tespit edilen Spektrum karakteristik periyotları ışığında incelenirse $T_1 > T_B$ olduğu görülmektedir. Bu durum, TDY98 Denk 6.2c'ye göre Spektrum Katsayısı'nın $S(T_1) = 2.5(T_B / T_1)^{0.8}$ alınması anlamına gelmektedir.

Çizelge 5.25. Örnek 5.3.'e ait spektrum katsayıları.

S(T₁)			
ANSYS	PB-2000 (P. E.)	STA4 (G.K.)	SAP-2000
	PB-2000 (P. K.)	STA4 (P.K.)	
1.2147	1.1358	1.0338	1.2436
	1.1382	1.2443	

Binanın birinci serbest titreşim periyodu Yapı Davranış Katsayısı R ve T_A'ya göre incelenirse TDY98 Denk 6.3b'deki T₁>T_A durumunun olduğu görülmektedir. Buna göre de Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı R_a(T₁)=R=7 alınmıştır.

Bina birinci deprem bölgesinde olduğundan TDY98 Tablo 6.2'ye göre Etkin Yer İvmesi A_o=0.40 ve bina konut olduğundan dolayı da TDY98 Tablo 6.3'e göre Bina Önem Katsayısı I = 1 değerleri kullanılarak Spektral İvme Katsayısı A(T₁) TDY98 Denk 6.1 kullanılarak bulunmuştur.

Çizelge 5.26. Örnek 5.3.'e ait spektral ivme katsayıları.

A(T₁)			
ANSYS	PB-2000 (P. E.)	STA4 (G.K.)	SAP-2000
	PB-2000 (P. K.)	STA4 (P.K.)	
0.4859	0.4543	0.4135	0.4974
	0.4553	0.4977	

Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü TDY98 Denk 6.4'den faydalanılarak elde edilmiştir.

Çizelge 5.27. Örnek 5.3.'e ait taban kesme kuvvetleri.

V _t (ton)			
ANSYS	PB-2000 (P.E.)	STA4 (G.K.)	SAP-2000
	PB-2000 (P.K.)	STA4 (P.K.)	
190.412	181.188	162.081	194.941
	181.637	195.083	

Taban kesme kuvvetleri, periyotlardaki ve kat ağırlıklarındaki farklılıklardan dolayı, bir miktar değişik bulunmuştur. Taban kesme kuvvetleri, ANSYS, SAP-2000 PROBİNA ve STA4-CAD programları için TDY98 Denk 6.4'ü sağlamaktadır.

Bulunan Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü N'inci kat dahil olmak üzere bina katlarına TDY98 Denk 6.9 uyarınca dağıtılır. $H_N < 25$ m olduğundan $\Delta F_N = 0$ alınacaktır.

Çizelge 5.38. Örnek 5.3.'e ait eşdeğer kat deprem yükleri(F_i).

Kat No	F _i (ton)			
	ANSYS	PB-2000 (P.E)	STA4 (G.K)	SAP-2000
		PB-2000 (P.K)	STA4 (P.K)	
5	42.5309	40.48	36.201	43.5499
		40.57	43.576	
4	59.1526	56.28	50.366	60.5683
		56.43	60.620	
3	44.3645	42.21	37.748	45.4213
		42.32	45.433	
2	29.5763	28.14	25.180	30.2744
		28.21	30.307	
1	14.7882	14.07	12.587	15.1469
		14.14	15.148	

Taban kesme kuvvetlerinin farklı bulunmasından dolayı, katlara etkiyen eşdeğer kat deprem yüklerinde de farklılıklar oluşmuştur. Bulunan bu deprem yükleri kat hizalarında, Y yönünde +%5 eksantrisite ile kaydırılmış kütle merkezlerine etkililerek statik analiz yapılmıştır. PROBİNA programında ise DY+ kombinasyonun sonuçları alınmıştır. Öncelikle bina perdeli sistem olduğundan bulunan kesit zorlamalarına göre α_M 'in TDY98'e incelenmesi gerekmektedir.

Çizelge 5.39. Örnek 5.3.'e ait α_M 'in hesabı.

Program	ANSYS	PB-2000 (P.E)	STA4 (G.K.)	SAP-2000
		PB-2000 (P.K.)	STA4 (P.K.)	
Mperde (ton-m)	406.38	355.00	288.23	436.728
		466.47	470.15	
Σ Mperde (ton-m)	406.38	355.00	288.23	436.728
		466.47	470.15	
Σ Mdev (ton-m)	2297.047	2185.750	1955.30	2351.938
		2191.315	2353.46	
α_M	$0.18 \leq 0.75$	$0.16 \leq 0.75$	$0.15 \leq 0.75$	$0.19 \leq 0.75$
		$0.21 \leq 0.75$	$0.20 \leq 0.75$	

Tüm çözümlerde, TDY98 6.5.2.1'de belirtilen şartlar ($\alpha_M \leq 0.75$), sağlandığından ilk başta seçilen R=7 değeri kullanılabilir. Yeniden hesap yapmak gerekmediğinden statik hesabı sonucunda bulunan deplasmanlar kullanılarak düşeyde ve planda düzensizliklerin TDY98'e göre kontrolü yapılmıştır.

Çizelge 5.40. Örnek 5.3.'e ait burulma düzensizliği kontrolü (A1),

Kat No	$(d_i)_{max}$				$(d_i)_{min}$			
	ANSYS	PB-2000 (P.E.)	S T A 4 (G.K.)	SAP-2000	ANSYS	PB-2000 (P.E.)	S T A 4 (G.K.)	SAP-2000
		PB-2000 (P.K.)	S T A 4 (P.K.)			PB-2000 (P.K.)	S T A 4 (P.K.)	
5	0.05383	0.05076 0.05165	0.04684 0.05738	0.05070	0.00778	0.01281 0.01018	0.01132 0.00849	0.00830
4	0.04806	0.04557 0.04628	0.04217 0.05138	0.04526	0.00579	0.00955 0.00750	0.00851 0.00637	0.00617
3	0.03485	0.03314 0.03364	0.03077 0.03738	0.03313	0.00376	0.00626 0.00487	0.00547 0.0041	0.00400
2	0.02136	0.02040 0.02065	0.01907 0.02298	0.02178	0.00195	0.00330 0.00255	0.00282 0.00213	0.00209
1	0.00783	0.00752 0.00760	0.00707 0.00848	0.00852	0.00060	0.00104 0.00080	0.00084 0.00065	0.00066

Çizelge 5.40'ın Devamı,

Kat No	$(\Delta_i)_{max}$				$(\Delta_i)_{min}$			
	ANSYS	PB-2000 (P.E.)	S T A 4 (G.K.)	SAP-2000	ANSYS	PB-2000 (P.E.)	S T A 4 (G.K.)	SAP-2000
		PB-2000 (P.K.)	S T A 4 (P.K.)			PB-2000 (P.K.)	S T A 4 (P.K.)	
5	0.00576	0.00520 0.00537	0.00467 0.00600	0.00544	0.00199	0.00326 0.00268	0.00281 0.00212	0.00213
4	0.01321	0.01243 0.01264	0.01140 0.01400	0.01213	0.00203	0.03290 0.00263	0.00304 0.00227	0.00217
3	0.01349	0.01274 0.01299	0.01170 0.01440	0.01135	0.00181	0.00296 0.00232	0.00265 0.00197	0.00191
2	0.01353	0.01287 0.01306	0.01200 0.01450	0.01326	0.00134	0.00226 0.00174	0.00198 0.00148	0.00143
1	0.00783	0.00752 0.00760	0.00707 0.00848	0.00852	0.00060	0.00104 0.00080	0.00084 0.00065	0.00066

Çizelge 5.40'ın Devamı.

Kat No	$(\Delta_i)_{ort}$				η_{bi}			
	ANSYS	PB-2000 (P.E.)	STA 4 (G.K.)	SAP-2000	ANSYS	PB-2000 (P.E.)	STA 4 (G.K.)	SAP-2000
		PB-2000 (P.K.)	STA 4 (P.K.)			PB-2000 (P.K.)	STA 4 (P.K.)	
5	0.00388	0.00423	0.00374	0.00379	1.49	1.23	1.25	1.44
		0.00402	0.00406			1.33	1.48	
4	0.00762	0.00786	0.00722	0.00715	1.73	1.58	1.58	1.70
		0.00764	0.00814			1.65	1.72	
3	0.00765	0.00785	0.00718	0.00663	1.76	1.62	1.63	1.71
		0.00766	0.00819			1.70	1.76	
2	0.00744	0.00757	0.00699	0.00734	1.81	1.70	1.72	1.81
		0.00740	0.00799			1.76	1.81	
1	0.00422	0.00428	0.00395	0.00459	1.85	1.76	1.79	1.86
		0.00420	0.00457			1.81	1.86	

Görüldüğü gibi ANSYS, SAP-2000, PROBİNA ve STA4-CAD programlarının sonuçlarında A1 düzensizliğine ($\eta_{bi} \leq 1.2$) rastlanmaktadır. B2 düzensizliği bina 25m'den küçük olduğu için incelenmemiştir.

Çizelge 5.41. Örnek 5.3.'e ait görelî kat ötelemeleri kontrolü.

Kat No	h_i	$(\Delta_i)_{max}$				$(\Delta_i)_{max}/h_i$			
		ANSYS	PB-2000 (P.E.)	STA 4 (G.K.)	SAP-2000	ANSYS	PB-2000 (P.E.)	STA 4 (G.K.)	SAP-2000
			PB-2000 (P.K.)	STA 4 (P.K.)			PB-2000 (P.K.)	STA 4 (P.K.)	
5	3.5	0.00576	0.00520	0.00467	0.00544	0.00165	0.00149	0.00133	0.00155
			0.00537	0.00600			0.00153	0.00171	
4	3.5	0.01321	0.01243	0.01140	0.01213	0.00377	0.00355	0.00326	0.00347
			0.01264	0.01400			0.00361	0.00400	
3	3.5	0.01349	0.01274	0.01170	0.01135	0.00386	0.00364	0.00334	0.00324
			0.01299	0.01440			0.00371	0.00411	
2	3.5	0.01353	0.01287	0.01200	0.01326	0.00386	0.00368	0.00343	0.00379
			0.01306	0.01450			0.00373	0.00414	
1	3.5	0.00783	0.00752	0.00707	0.00852	0.00224	0.00215	0.00202	0.00243
			0.00760	0.00848			0.00217	0.00242	

$$(\Delta_i)_{max}/h_i \leq 0.0035$$

$$(\Delta_i)_{max}/h_i \leq 0.02/R = 0.002857$$

Herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yer değiştirme farkını ifade eden görelî kat ötelenmesinin sınırları TDY98 Denk 6.20'de belirtilen yukarıdaki şartlardan elverişsiz olana göre incelenmiştir. Çizelge 5.41' da görüldüğü üzere Örnek 5.3 için ANSYS, SAP-2000, PROBİNA ve STA4-CAD programları sonuçlarına göre bu kontrolde limit değerler aşılmıştır.

Çizelge 5.42. Örnek 5.3.'e ait ikinci mertebe etkilerinin kontrolü (θ_i),

Kat No	w_i				$\sum_{j=1}^N w_j$			
	ANSYS	PB-2000 (P.E.)	STA 4 (G.K.)	SAP-2000	ANSYS	PB-2000 (P.E.)	STA 4 (G.K.)	SAP-2000
		PB-2000 (P.K.)	STA 4 (P.K.)			PB-2000 (P.K.)	STA 4 (P.K.)	
5	344.88	344.81	344.91	344.88	344.880	344.810	344.91	344.880
		344.83	344.95			344.830	344.95	
4	599.58	599.35	599.84	599.58	944.460	944.160	944.75	944.460
		599.59	599.84			944.420	944.79	
3	599.58	599.35	599.42	599.58	1544.04	1543.51	1544.2	1544.04
		599.59	599.42			1544.01	1544.2	
2	599.58	599.35	599.78	599.58	2143.62	2142.86	2144.0	2143.62
		599.59	599.78			2143.60	2144.0	
1	599.58	599.35	599.61	599.58	2743.20	2742.21	2743.6	2743.20
		599.59	599.58			2743.19	2743.6	

Çizelge 5.42.'nin Devamı,

Kat No	$(\Delta)_\text{ort}$				V_i			
	ANSYS	PB-2000 (P.E.)	STA 4 (G.K.)	SAP-2000	ANSYS	PB-2000 (P.E.)	STA 4 (G.K.)	SAP-2000
		PB-2000 (P.K.)	STA 4 (P.K.)			PB-2000 (P.K.)	STA 4 (P.K.)	
5	0.00388	0.00423	0.00374	0.00379	42.5309	40.480	36.201	43.5499
		0.00402	0.00406			40.570	43.576	
4	0.00762	0.00786	0.00722	0.00715	101.683	96.760	86.567	104.118
		0.00764	0.00814			97.000	104.196	
3	0.00765	0.00785	0.00718	0.00663	146.048	138.970	124.315	149.540
		0.00766	0.00819			139.320	149.629	
2	0.00744	0.00757	0.00699	0.00734	175.624	167.110	149.495	179.814
		0.00740	0.00799			167.530	179.936	
1	0.00422	0.00428	0.00395	0.00459	190.412	181.180	162.082	194.961
		0.00420	0.00457			181.670	195.084	

Çizelge 5.42.'nin Devamı.

Kat No	h_i	θ_i			
		ANSYS	PB-2000 (P.E.)	STA4 (G.K.)	SAP-2000
			PB-2000 (P.K.)	STA4 (P.K.)	
5	3.5	0.00898	0.01029	0.01018	0.00856
			0.00976	0.00918	
4	3.5	0.02022	0.03767	0.02251	0.01853
			0.03653	0.02109	
3	3.5	0.02312	0.02491	0.02548	0.01956
			0.02425	0.02415	
2	3.5	0.02593	0.02773	0.02864	0.02501
			0.02705	0.02720	
1	3.5	0.01735	0.01851	0.01910	0.01846
			0.01812	0.01836	

TDY98 Denk 6.21'e göre her bir kat için bulunan ikinci mertebe etkileri $\theta_i < 0.12$ 'den küçük olmak zorundadır. Çizelge 5.42'de görüldüğü gibi ANSYS, SAP-2000, PROBİNA ve STA4-CAD program sonuçlarına göre ikinci mertebe etkileri TDY98'nin istediği şartı sağlamaktadır. PROBİNA programının sonuçları ile ANSYS ve SAP-2000 programlarının sonuçları arasında fark olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.43. Örnek 5.3.'e ait S107 ve S122 kolonlarındaki kesme kuvveti değerleri
(Deprem yönü y).

Kolon No	Vy(ton)			
	ANSYS	PB-2000 (P.E.)	STA4-CAD (G.K.)	SAP-2000
		PB-2000 (P.K.)	STA4-CAD (P.K.)	
S107	0.69	0.91	0.63	0.72
		0.26	0.46	
S122	7.51	7.02	6.65	8.23
		7.08	7.94	

Çizelge 5.44. Örnek 5.3.'e ait S107 ve S122 kolonlarındaki moment değerleri
(Deprem yönü y).

Kolon No	My _{AH} (ton)			
	ANSYS	PB-2000 (P.E.)	STA4-CAD (G.K.)	SAP-2000
		PB-2000 (P.K.)	STA4-CAD (P.K.)	
S107	1.42	2.07	1.56	1.48
		1.09	1.17	
S122	16.53	15.51	14.66	17.91
		15.63	17.52	

Çizelge 5.44'ün Devamı, Örnek 5.3.'e ait S107 ve S122 kolonlarındaki momentler
(Deprem yönü y).

Kolon No	My _{st} (ton)			
	ANSYS	PB-2000 (P.E.)	STA4-CAD (G.K.)	SAP-2000
		PB-2000 (P.K.)	STA4-CAD (P.K.)	
S107	1.01	1.12	0.66	1.03
		0.18	0.49	
S122	9.74	9.07	8.62	10.9
		9.13	10.26	

Deplasmanlara bakıldığında PROBİNA programı sonuçları, ANSYS ve SAP-2000 programlarının sonuçlarından her ne kadar farklı görünse de, incelenen kesit tesirlerinin daha yakın olduğu görülmektedir.

Perdelerin Geniş Kolon Olarak Modellenmesi: Bu aşamada ANSYS, SAP-2000 ve PB-2000 programlarında, Örnek 5.3'deki perde, geniş kolon olarak modellenip sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Çizelge 5.45. Örnek 5.3.'e ait kat ağırlıkları,

Kat No	w _i (ton)= w _g (ton)+ w _q (ton)		
	ANSYS	PB-2000	SAP-2000
5	344.88	344.69	344.88
4	599.58	599.35	599.58
3	599.58	599.35	599.58
2	599.58	599.35	599.58
1	599.58	599.35	599.58
Σ w _i	2743.2	2742.09	2743.2

Çizelge 5.46. Örnek 5.3.'e ait birinci doğal titreşim periyotları

ANSYS		PB-2000	SAP-2000
Rayleigh	Modal Analiz	Modal Analiz	Modal Analiz
1.0184*	1.0184	1.0616*	1.0834*

Çizelge 4.47. Örnek 5.3.'e ait spektrum katsayıları.

S(T ₁)		
ANSYS	PB-2000	SAP-2000
1.1837	1.1450	1.1266

Çizelge 5.48. Örnek 5.3.'e ait spektral ivme katsayıları.

A(T ₁)		
ANSYS	PB-2000	SAP-2000
0.4735	0.4580	0.4506

Çizelge 5.49. Örnek 5.3.'e ait taban kesme kuvvetleri.

V _t (ton)		
ANSYS	PB-2000	SAP-2000
185.553	182.660	176.594

Çizelge 5.50. Örnek 5.3.'e ait eşdeğer kat deprem yükleri(F_i).

Kat No	$F_i(\text{ton})$		
	ANSYS	PB-2000	SAP-2000
5	41.45	40.79	39.45
4	57.64	56.75	54.87
3	43.23	42.56	41.15
2	28.82	28.37	27.43
1	14.41	14.19	13.72

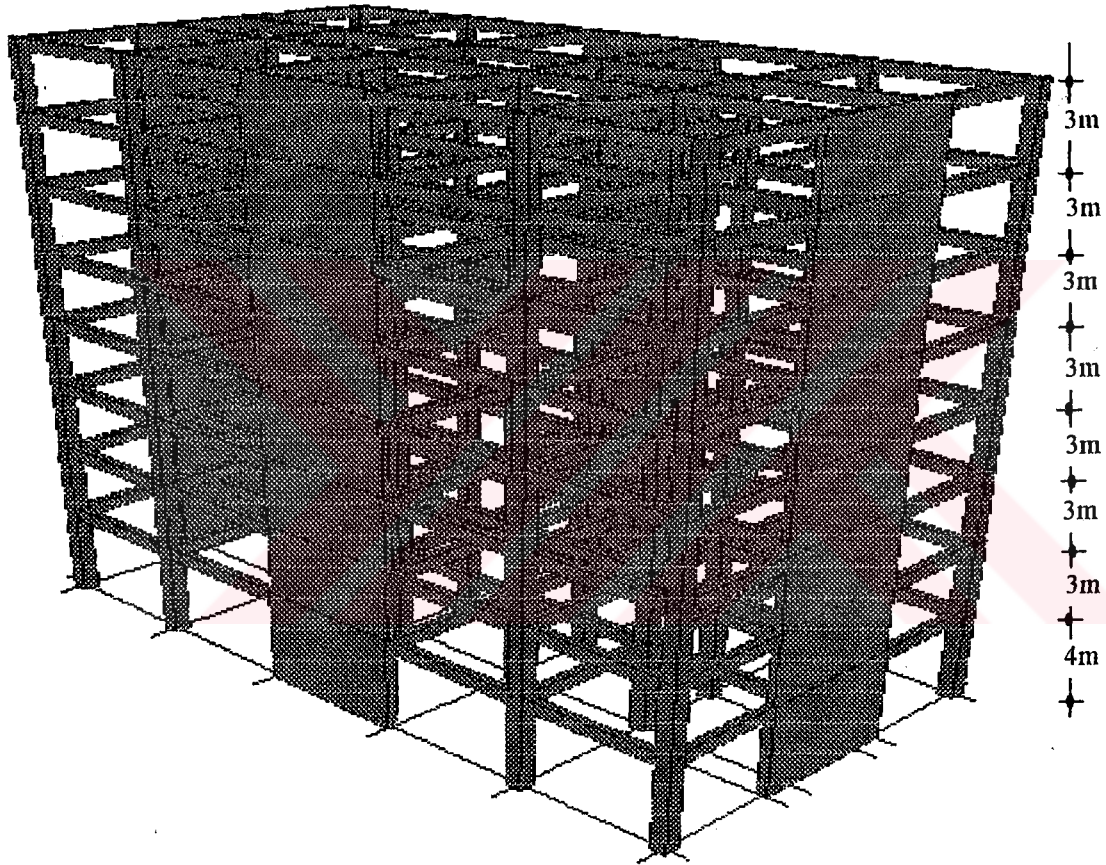
Çizelge 5.51. Örnek 5.3.'e ait α_M 'in hesabı.

Program	ANSYS	PB-2000	SAP-2000
Mperde (ton-m)	365.073	389.549	410.911
Σ Mperde (ton-m)	365.073	389.549	410.911
Σ Mdev (ton-m)	2238.43	2203.46	2130.60
α_M	$0.16 \leq 0.75$	$0.18 \leq 0.75$	$0.19 \leq 0.75$

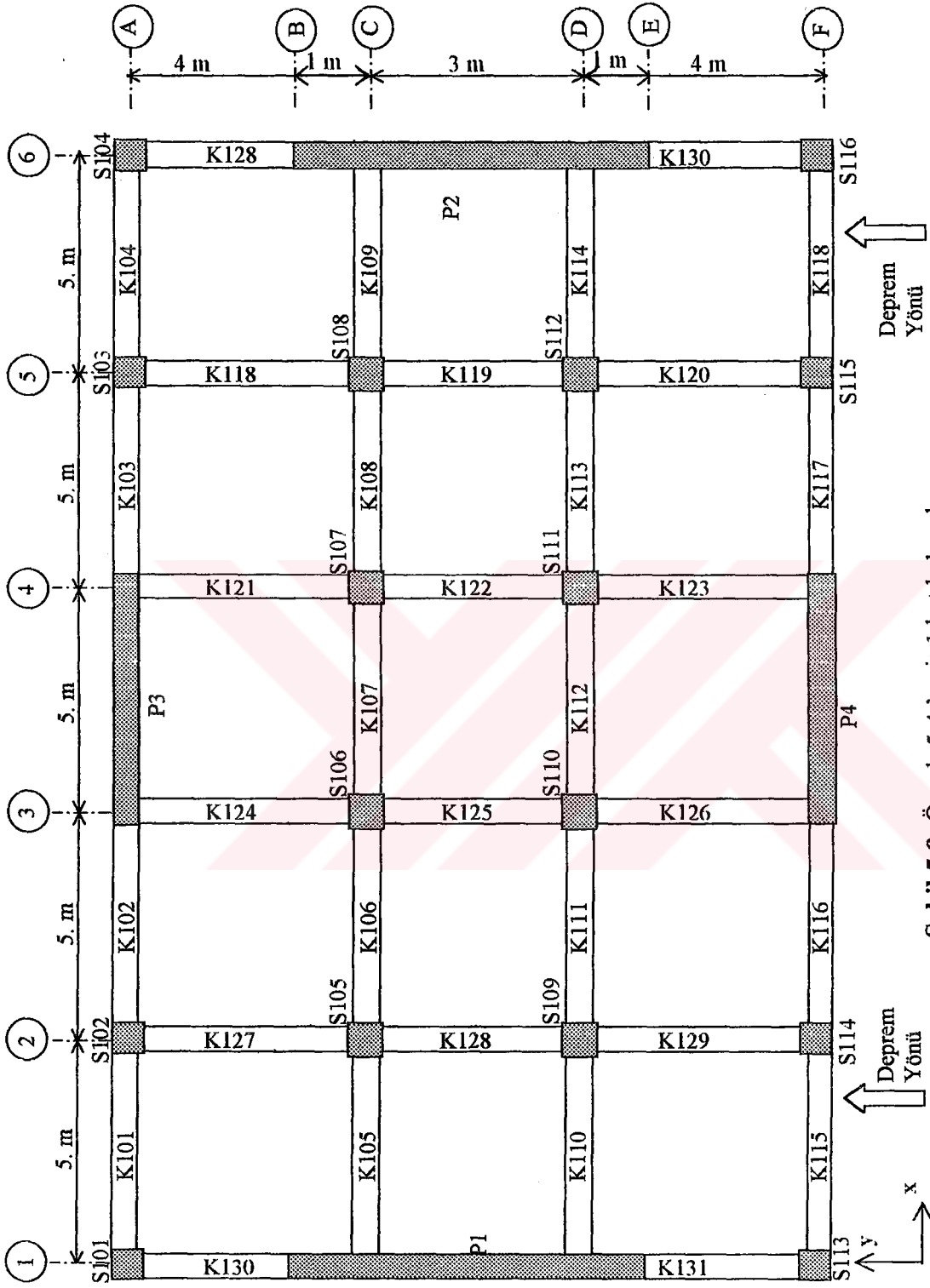
PROBİNA programı kullanılarak oluşturulan geniş kolon modeli çok zahmetli olup, sonuçlarda da herhangi bir iyileşme görülmemektedir.

5.2.4. Örnek 5.4.

Bu örnekte, Şekil 5.7.'de görülen, her iki yönde rijitliği perdelerle arttırılmış 8 katlı bina incelenmiştir. Bu örnek daha önce (Celep ,Z., Kumbasar, N.,2000) tarafından ele alınmıştır. İlgili veri dosyaları ekteki diskette verilmiştir.



Şekil 5.7. Örnek 5.4.'e ait yapı.



Şekil 5.8. Örnek 5.4.'e ait 1.kat kalıp planı

Bina, Zemin ve Deprem Bilgileri

Kat sayısı :8 Normal Kat,
 Bina Tipi :Konut,
 Taşıyıcı sistem türü :Yerinde dökme betonarme çerçevesel ve perdeli sistem,
 Deprem bölgesi :2'inci bölge,
 Yerel Zemin Sınıfı :Z3.
 Elastisite Modülü :3025000 t/m²

Tablo 5.4. Örnek 5.4.'in kolon boyutları.

KAT NO	KOLON NO	BOYUT (X×Y)
1	Tüm kolonlar (S101~S116)	500 mm × 500 mm
2	Tüm kolonlar (S201~S216)	500 mm × 500 mm
3	Tüm kolonlar (S301~S316)	450 mm × 450 mm
4	Tüm kolonlar (S401~S416)	450 mm × 450 mm
5	Tüm kolonlar (S501~S516)	450 mm × 450 mm
6	Tüm kolonlar (S601~S616)	400 mm × 400 mm
7	Tüm kolonlar (S701~S716)	400 mm × 400 mm
8	Tüm kolonlar (S801~S816)	400 mm × 400 mm

Perde genişlikleri, 1. katta 35cm, 2~8 katlarda 20 cm alınmıştır. Kiriş boyutları ANSYS, SAP-2000, STA4-CAD ve PB-2000 programlarında, tüm katlarda 250 × 500 mm dikdörtgen kesitli olarak kullanılmıştır.

Sabit Yükler : $G_1 = 234$ ton

$G_2 = 234$ ton

$G_3 = 234$ ton

$G_4 = 234$ ton

$G_5 = 234$ ton

$G_6 = 234$ ton

$G_7 = 234$ ton

$G_8 = 234$ ton

Hareketli Yükler : $q = 138.667$ ton

$q_{\text{çatı}} = 26.0$ ton

Kat ve Toplam Bina Ağırlıklarının Hesabı:

$$w_{gi}(\text{ton}) = G_i$$

$$w_{qi}(\text{ton}) = n \times q_i$$

$n = 0.30$ (Hareketli yük katılım katsayısı)

TDY98 Tablo 6.7

$$w_i(\text{ton}) = w_{gi}(\text{ton}) + w_{qi}(\text{ton})$$

Çizelge 5.55. Örnek 5.4.'ün kat ağırlıklarını oluşturan bileşenler.

Kat No	$w_{gi}(\text{ton})$				$w_{qi}(\text{ton})$		
	ANSYS	PB-2000 (P. E.)	STA4- CAD	SAP- 2000	ANSYS	PB-2000 (P. E.)	SAP-2000
		PB-2000 (P. K.)				PB-2000 (P. K.)	
8	234.00	233.20 233.20	241.99	234.00	7.800	7.938 7.938	7.800
7	234.00	233.20 233.20	275.47	234.00	41.60	42.39 42.36	41.60
6	234.00	233.20 233.20	275.35	234.00	41.60	42.39 42.36	41.60
5	234.00	233.20 233.20	275.35	234.00	41.60	42.39 42.36	41.60
4	234.00	233.20 233.20	275.35	234.00	41.60	42.39 42.36	41.60
3	234.00	233.20 233.20	275.35	234.00	41.60	42.39 42.36	41.60
2	234.00	232.20 233.20	275.27	234.00	41.60	42.39 42.36	41.60
1	234.00	232.40 233.20	275.42	234.00	41.60	42.24 42.36	41.60

$w_{gi}(\text{ton})$: Kat ağırlığına etki eden ölü yük bileşeni(g_i)

$w_{qi}(\text{ton})$: Kat ağırlığına etki eden hareketli yük bileşeni($n \times q_i$)

Çizelge 5.56. Örnek 5.4.'ün çözümünde kullanılan kat ağırlıkları.

Kat No	$w_i(\text{ton}) = w_{gi}(\text{ton}) + w_{qi}(\text{ton})$			
	ANSYS	PB-2000 (P.E.)	STA4-CAD	SAP-2000
		PB-2000 (P. K.)		
8	241.80	241.14	241.99	241.80
		241.14		
7	275.60	275.59	275.47	275.60
		275.56		
6	275.60	275.59	275.35	275.60
		275.56		
5	275.60	275.59	275.35	275.60
		275.56		
4	275.60	275.59	275.35	275.60
		275.56		
3	275.60	275.59	275.35	275.60
		275.56		
2	275.60	275.59	275.27	275.60
		275.56		
1	275.60	274.64	275.42	275.60
		275.56		
Σw_i	2171	2169.32	2169.56	2171
		2170.06		

Çizelge 5.54.'de görüldüğü üzere kat ağırlıkları, çözümlerde, birbirine yakın alınmıştır.

Çizelge 5.57. Örnek 5.4.'e ait birinci doğal titreşim periyotları.

ANSYS		PB-2000 (P. E) PB-2000 (P. K.)	STA4-CAD	SAP-2000
		Modal Analiz	Modal Analiz	Modal Analiz
Rayleigh	Modal Analiz	Modal Analiz	Modal Analiz	Modal Analiz
0.6565*	0.6569	0.5590*	0.6586*	0.6597*
		0.7202*		

Hesaplarda birinci doğal titreşim periyotları olarak yıldızla işaretli olan periyotlar alınmıştır.

Bina analizi yapılırken gerekli hassasiyeti sağlamak için deprem yönündeki perdeler düzlemlerindeki her iki doğrultuda, ANSYS programında 5, SAP-2000 programında ise 10 parçaya bölünerek bina analizi yapılmıştır.

Analizi yapılan bina, süneklik düzeyi yüksek sistem kabul edilmiştir. Bina çerçevelerden ve perdelerden oluştuğu için, TDY98 Tablo 6.5.'e bakıldığında, Yapı Davranış Katsayısı R 'nin 7 alınacağı görülmektedir.

Yerel zemin sınıfı Z3 olduğundan, Spektrum karakteristik periyotlarının gösterildiği TDY98 Tablo 6.4.'den yararlanarak, $T_A=0.15s$ ve $T_B=0.60s$ olarak elde edilmiştir.

Binanın birinci serbest titreşim periyodu yukarıda tespit edilen Spektrum karakteristik periyotları ışığında incelenirse $T_1 > T_B$ olduğu görülmektedir. Bu durum, TDY98 Denk 6.2c'ye göre Spektrum Katsayısı'nın $S(T_1) = 2.5(T_B / T_1)^{0.8}$ alınması anlamına gelmektedir. Probina Panel Elemanında $T_A > T_1 > T_B$ olduğundan TDY98 Denk 6.2b'ye göre Spektrum Katsayısı'nın $S(T_1) = 2.5$ alınmıştır.

Çizelge 5.58. Örnek 5.4.'e ait spektrum katsayıları.

$S(T_1)$			
ANSYS	PB-2000 (P. E.)	STA4-CAD	SAP-2000
	PB-2000 (P. K.)		
2.3262	2.5000	2.3200	2.3173
	2.1602		

Binanın birinci serbest titreşim periyodu Yapı Davranış Katsayısı R ve T_A 'ya göre incelenirse TDY98 Denk 6.3b'deki $T_1 > T_A$ durumunun olduğu görülmektedir. Buna göre de Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı $R_a(T_1) = R = 7$ alınmıştır.

Bina birinci deprem bölgesinde olduğundan TDY98 Tablo 6.2'ye göre Etkin Yer İvmesi $A_0 = 0.30$ ve bina konut olduğundan dolayı da TDY98 Tablo 6.3'e göre Bina Önem Katsayısı $I = 1$ değerleri kullanılarak Spektral İvme Katsayısı $A(T_1)$ TDY98 Denk 6.1 kullanılarak bulunmuştur.

Çizelge 5.59. Örnek 5.4.'e ait spektral ivme katsayıları.

$A(T_1)$			
ANSYS	PB-2000 (P. E.)	STA4-CAD	SAP-2000
	PB-2000 (P. K.)		
0.6978	0.7500	0.6962	0.6952
	0.6481		

Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü TDY98 Denk 6.4'den faydalanılarak elde edilir.

Çizelge 5.60. Örnek 5.4.'e ait taban kesme kuvvetleri.

V_t (ton)			
ANSYS	PB-2000 (P. E.)	STA4-CAD	SAP-2000
	PB-2000 (P. K.)		
216.437	232.117	215.760	215.609
	202.066		

Taban kesme kuvvetleri, periyotlardaki farklılıktan dolayı, bir miktar değişik bulunmuştur. Yukarıda bulunan taban kesme kuvvetleri ANSYS, STA4-CAD, PB-2000 ve SAP-2000-programları için TDY98 Denk 6.4'ü sağlamaktadır.

Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü N'inci kat dahil olmak üzere bina katlarına TDY98 Denk 6.9 uyarınca dağıtılır. $H_N < 25$ m olduğundan $\Delta F_N = 0$ alınacaktır.

**KULU
MERKEZİ**

Çizelge 5.61. Örnek 5.4.'e ait eşdeğer kat deprem yükleri(F_i).

Kat No	$F_i(\text{ton})$			
	ANSYS	PB-2000 (P. E.)	STA4-CAD	SAP-2000
		PB-2000 (P. K.)		
8	42.04	44.99	41.959	41.87
		39.16		
7	42.16	45.25	42.033	42.00
		39.28		
6	36.41	39.08	36.286	36.27
		34.01		
5	30.66	32.91	30.556	30.55
		28.64		
4	24.91	26.74	24.827	24.82
		23.27		
3	19.16	20.57	19.098	19.09
		17.90		
2	13.42	14.40	13.364	13.36
		12.53		
1	7.666	8.200	7.6410	7.637
		7.160		

Taban kesme kuvvetlerinin değişik bulunmasından dolayı, katlara etkiyen eşdeğer kat deprem yüklerinde de farklılıklar oluşmuştur. Bulunan bu deprem yükleri kat hizalarında +%5 eksantrisite ile kaydırılmış kütle merkezlerine etkitilerek statik analiz yapılmıştır. PROBİNA programında ise DY+ kombinasyonu sonuçları alınmıştır. Öncelikle bina perdeli sistem olduğundan bulunan kesit zorlamalarına göre α_M 'in TDY98'e incelenmesi gerekmektedir.

Çizelge 5.62. Örnek 5.4.'e ait α_M 'in hesabı.

Program	ANSYS	PB-2000 (P. E.)	STA4-CAD	SAP-2000
		PB-2000 (P. K.)		
Mperde1 (ton-m)	1033.242	988.7300	1118.64	1043.836
		1172.560		
Mperde2 (ton-m)	1250.223	1184.060	1365.65	1254.503
		1409.790		
Σ Mperde (ton-m)	2283.465	2182.53	2679.24*	2298.339
		2601.57		
Σ Mdev (ton-m)	3801.08	4075.96	3789.88	3786.31
		3547.93		
α_M	0.60 $\leq$ 0.75	0.54 $\leq$ 0.75	0.71 $\leq$ 0.75	0.61 $\leq$ 0.75
		0.73 $\leq$ 0.75		

Çizelge 5.62 incelendiğinde ANSYS, SAP-2000 programlarına nazaran PROBİNA programının perde taban momentlerinin küçük bir miktar farklı çıktığı görülmektedir. Tüm çözümlerde, TDY98 6.5.2.1'de belirtilen şartlar $\alpha_M \leq 0.75$ sağlandığından ilk başta seçilen $R=7$ değeri kullanılabilir. Yeniden hesap yapmak gerekmediğinden, statik hesabı sonucunda bulunan deplasmanlar kullanılarak düşeyde ve planda düzensizliklerin TDY98'e göre kontrolü yapılmıştır.

* Burada alınan değerlere, deprem yönünde olmayan P3 ve P4 perdelerinin y yönü taban momentleri de dahildir.

Çizelge 5.63. Örnek 5.4.'e ait burulma düzensizliği kontrolü (A1),

Kat No	$(d_i)_{max}$				$(d_i)_{min}$			
	ANSYS	PB-2000 (P. E.)	STA4-CAD	SAP-2000	ANSYS	PB-2000 (P. E.)	STA4-CAD	SAP-2000
		PB-2000 (P. K.)				PB-2000 (P. K.)		
8	0.02242	0.01917 0.02861	0.02253	0.02233	0.01813	0.01569 0.02335	0.017880	0.01828
7	0.01910	0.01658 0.02408	0.01921	0.01906	0.01549	0.01360 0.01970	0.015280	0.01563
6	0.01566	0.01381 0.01947	0.01576	0.01565	0.01273	0.01136 0.01597	0.012660	0.01286
5	0.01216	0.01090 0.01491	0.01227	0.01217	0.00991	0.00899 0.01225	0.009890	0.01002
4	0.00875	0.00799 0.01055	0.00883	0.00878	0.00715	0.00661 0.00869	0.00715	0.00724
3	0.00558	0.00520 0.00661	0.00563	0.00561	0.00458	0.00432 0.00546	0.00458	0.00464
2	0.00290	0.00277 0.00336	0.00292	0.00292	0.00239	0.00231 0.00279	0.00239	0.00243
1	0.00102	0.00100 0.00115	0.00102	0.00103	0.00084	0.00084 0.00096	0.00084	0.00086

Çizelge 5.63'ün Devamı,

Kat No	$(\Delta_i)_{max}$				$(\Delta_i)_{min}$			
	ANSYS	PB-2000 (P. E.)	STA4-CAD	SAP-2000	ANSYS	PB-2000 (P. E.)	STA4-CAD	SAP-2000
		PB-2000 (P. K.)				PB-2000 (P. K.)		
8	0.00332	0.00259 0.00453	0.00332	0.00327	0.00264	0.00209 0.00365	0.00260	0.00265
7	0.00344	0.00277 0.00461	0.00345	0.00341	0.00276	0.00224 0.00373	0.00262	0.00277
6	0.00350	0.00291 0.00456	0.00349	0.00348	0.00282	0.00237 0.00372	0.00277	0.00284
5	0.00341	0.00291 0.00436	0.00344	0.00339	0.00276	0.00238 0.00356	0.00274	0.00278
4	0.00317	0.00279 0.00394	0.00320	0.00317	0.00257	0.00229 0.00323	0.00257	0.0026
3	0.00268	0.00243 0.00325	0.00271	0.00269	0.00219	0.00201 0.00267	0.00219	0.00221
2	0.00188	0.00177 0.00221	0.00190	0.00189	0.00155	0.00147 0.00183	0.00155	0.00157
1	0.00102	0.00100 0.00115	0.00102	0.00103	0.00084	0.00084 0.00096	0.00084	0.00086

Çizelge 5.63'ün Devamı.

Kat No	$(\Delta_i)_{ort}$				η_{bi}			
	ANSYS	PB-2000 (P. E.)	STA4-CAD	SAP-2000	ANSYS	PB-2000 (P. E.)	STA4-CAD	SAP-2000
		PB-2000 (P. K.)				PB-2000 (P. K.)		
8	0.00298	0.00234 0.00409	0.00296	0.00296	1.11	1.11 1.11	1.12	1.10
7	0.00310	0.00251 0.00417	0.00304	0.00309	1.11	1.11 1.11	1.14	1.10
6	0.00316	0.00264 0.00414	0.00313	0.00316	1.11	1.10 1.10	1.12	1.10
5	0.00308	0.00265 0.00396	0.00309	0.00309	1.11	1.10 1.10	1.11	1.10
4	0.00287	0.00254 0.00359	0.00289	0.00289	1.10	1.10 1.10	1.11	1.10
3	0.00244	0.00222 0.00296	0.00245	0.00245	1.10	1.09 1.10	1.11	1.10
2	0.00171	0.00162 0.00202	0.00173	0.00173	1.10	1.09 1.09	1.10	1.09
1	0.00093	0.00092 0.00106	0.00093	0.00094	1.09	1.09 1.09	1.10	1.09

Görüldüğü gibi ANSYS, SAP-2000, STA4-CAD ve PROBİNA programlarının sonuçlarında A1 düzensizliğine rastlanmamaktadır ($\eta_{bi} < 1.2$). B2 düzensizliği bina 25m'den küçük olduğu için incelenmemiştir.

Çizelge 5.63. Örnek 5.4.'e ait görelî kat ötelemeleri kontrolü.

Kat No	h_i	$(\Delta_i)_{\max}$				$(\Delta_i)_{\max}/h_i$			
		ANSYS	PB-2000 (P. E.)	STA4-CAD	SAP-2000	ANSYS	PB-2000 (P. E.)	STA4-CAD	SAP-2000
			PB-2000 (P. K.)				PB-2000 (P. K.)		
8	3	0.00332	0.00259 0.00453	0.00332	0.00327	0.00111	0.00086 0.00151	0.00111	0.00109
7	3	0.00344	0.00277 0.00461	0.00345	0.00341	0.00115	0.00092 0.00154	0.00115	0.00114
6	3	0.0035	0.00291 0.00456	0.00349	0.00348	0.00117	0.00097 0.00152	0.00116	0.00116
5	3	0.00341	0.00291 0.00436	0.00344	0.00339	0.00114	0.00097 0.00145	0.00115	0.00113
4	3	0.00317	0.00279 0.00394	0.00320	0.00317	0.00106	0.00093 0.00131	0.00107	0.00106
3	3	0.00268	0.00243 0.00325	0.00271	0.00269	0.00089	0.00081 0.00108	0.0009	0.00090
2	3	0.00188	0.00177 0.00221	0.00190	0.00189	0.00063	0.00059 0.00074	0.00063	0.00063
1	4	0.00102	0.00100 0.00115	0.00102	0.00103	0.00025	0.00025 0.00029	0.00026	0.00026

$$(\Delta_i)_{\max}/h_i \leq 0.0035$$

$$(\Delta_i)_{\max}/h_i \leq 0.02/R = 0.002857$$

Herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yer değiştirme farkını ifade eden görelî kat ötelenmesinin sınırları TDY98 Denk 6.20'de belirtilen yukarıdaki şartlardan elverişsiz olana göre incelenmektedir. Çizelge 5.63'de görüldüğü üzere Örnek 3.5 için ANSYS, PROBİNA, STA4-CAD ve SAP-2000 programları sonuçlarına göre yapıda görelî kat ötelemeleri limit değerleri aşılmamaktadır.

Çizelge 5.64. Örnek 5.4.'e ait ikinci mertebe etkilerinin kontrolü (θ_i),

Kat No	w_i				$\sum_{j=1}^N w_j$			
	ANSYS	PB-2000 (P. E.)	STA4-CAD	SAP-2000	ANSYS	PB-2000 (P. E.)	STA4-CAD	SAP-2000
		PB-2000 (P. K.)				PB-2000 (P. K.)		
8	241.80	241.14 241.14	241.99	241.80	241.800	241.138 241.138	241.99	241.800
7	275.60	275.59 275.56	275.47	275.60	517.400	516.728 516.698	517.46	517.400
6	275.60	275.59 275.56	275.35	275.60	793.000	792.318 792.258	792.81	793.000
5	275.60	275.59 275.56	275.35	275.60	1068.60	1067.91 1067.82	1068.16	1068.60
4	275.60	275.59 275.56	275.35	275.60	1344.20	1343.50 1343.38	1343.51	1344.20
3	275.60	275.59 275.56	275.35	275.60	1619.80	1619.09 1618.94	1618.86	1619.80
2	275.60	275.59 275.56	275.27	275.60	1895.40	1894.68 1894.50	1894.13	1895.40
1	275.60	274.64 275.56	275.42	275.60	2171.00	2169.32 2170.06	2169.55	2171.00

Çizelge 5.64.'ün Devamı,

Kat No	$(\Delta_i)_{ort}$				V_i			
	ANSYS	PB-2000 (P. E.)	STA4-CAD	SAP-2000	ANSYS	PB-2000 (P. K.)	STA4-CAD	SAP-2000
		PB-2000 (P. K.)				PB-2000 (P. K.)		
8	0.00298	0.00234	0.00296	0.00296	42.0363	44.989	41.959	41.87
		0.00409				39.163		
7	0.00310	0.00251	0.00304	0.00309	84.1992	90.236	83.992	83.87
		0.00417				78.546		
6	0.00316	0.00264	0.00313	0.00316	120.613	129.313	120.278	120.14
		0.00414				112.559		
5	0.00308	0.00265	0.00309	0.00309	151.277	162.220	150.834	150.69
		0.00396				141.201		
4	0.00287	0.00254	0.00289	0.00289	176.191	188.957	175.661	175.51
		0.00359				164.473		
3	0.00244	0.00222	0.00245	0.00245	195.356	209.524	194.759	194.6
		0.00296				182.374		
2	0.00171	0.00162	0.00173	0.00173	208.771	223.921	208.123	207.96
		0.00202				194.905		
1	0.00093	0.00092	0.00093	0.00094	216.437	232.119	215.764	215.597
		0.00106				202.066		

Çizelge 5.64.'ün Devamı.

Kat No	h_i	θ_i			
		ANSYS	PB-2000 (P. E.)	STA4- CAD	SAP-2000
			PB-2000 (P. K.)		
8	3	0.00571	0.00418 0.00839	0.00569	0.00570
7	3	0.00635	0.00478 0.00914	0.00624	0.00635
6	3	0.00693	0.00539 0.00971	0.00688	0.00695
5	3	0.00726	0.00580 0.00998	0.00729	0.00729
4	3	0.00730	0.00602 0.00976	0.00737	0.00737
3	3	0.00674	0.00572 0.00876	0.00679	0.00680
2	3	0.00519	0.00457 0.00654	0.00525	0.00526
1	4	0.00233	0.00215 0.00283	0.00234	0.00237

TDY98 Denk 6.21'e göre her bir kat için bulunan ikinci mertebe etkileri $\theta_i < 0.12$ 'den küçük olmak zorundadır. Çizelge 5.64'de görüldüğü gibi ANSYS, PROBİNA, STA4-CAD ve SAP-2000 programlarının sonuçlarına göre ikinci mertebe etkileri TDY98'nin istediği şartı sağlamaktadır.

Çizelge 5.65. Örnek 5.4.'e ait S104 ve S113 kolonlarındaki kesme kuvveti değerleri
(Deprem yönü y).

Kolon No	Vy(ton)			
	ANSYS	PB-2000 (P.E.)	STA4-CAD	SAP-2000
		PB-2000 (P.K.)		
S104	0.69	0.82	0.44	0.63
		0.08		
S113	0.58	0.70	0.37	0.54
		0.08		

Çizelge 5.66. Örnek 5.4.'e ait S104 ve S113 kolonlarındaki moment değerleri
(Deprem yönü y).

Kolon No	My _{Alt} (ton m)			
	ANSYS	PB-2000 (P.E.)	STA4-CAD	SAP-2000
		PB-2000 (P.K.)		
S104	2.93	2.56	2.58	2.85
		1.99		
S113	2.44	3.04	2.14	2.38
		2.37		

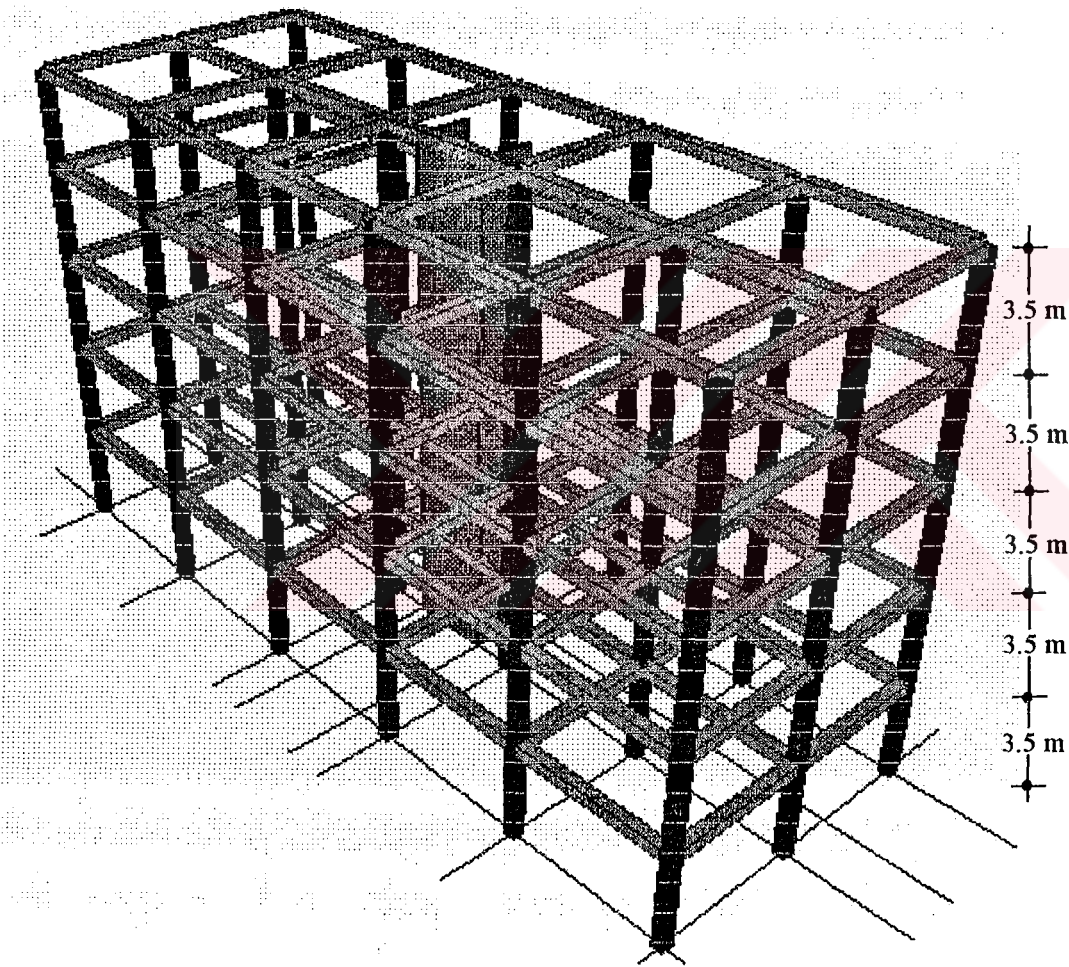
Çizelge 5.66'nın Devamı, Örnek 3.3.'e ait S104 ve S113 kolonlarındaki moment değerleri
(Deprem yönü y).

Kolon No	My _{üst} (ton m)			
	ANSYS	PB-2000 (P.E.)	STA4-CAD	SAP-2000
		PB-2000 (P.K.)		
S104	0.15	0.24	0.81	0.31
		1.66		
S113	0.10	0.26	0.65	0.24
		2.03		

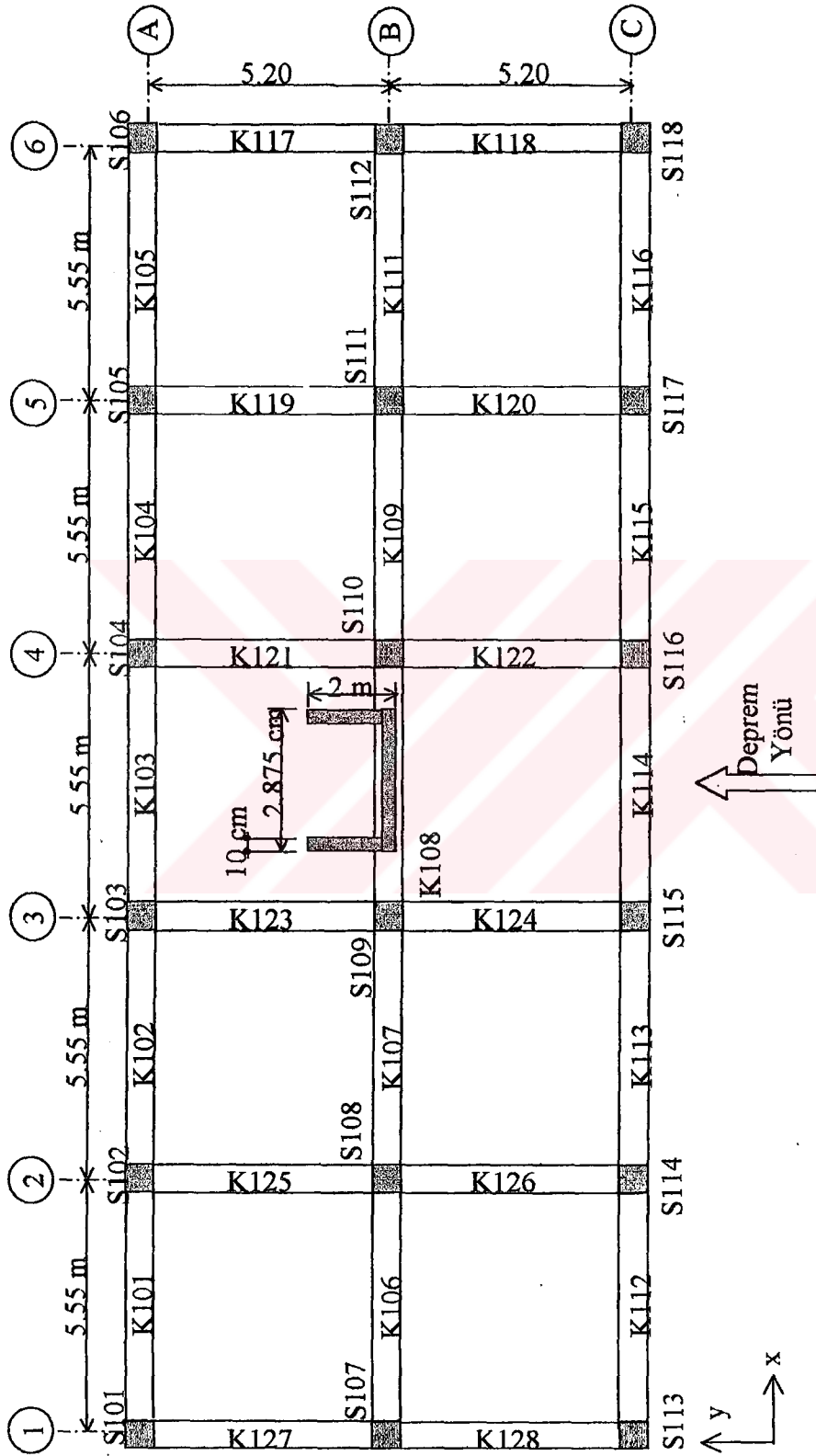
Çizelgelerden, PROBİNA'da hazırlanan Panel Eleman modeli sonuçlarının, Poligon Kolon modeline göre, ANSYS ve SAP-2000 programlarına daha yakın sonuçlar verdiği görülmektedir.

5.2.5. Örnek 5.5.

Bu örnekte ortasında bir şaft bulunan ve Şekil 5.9.'da görülen bina incelenmiştir. Bu örnek daha önce (Özdemir, E. K.,1999) tarafından ele alınmıştır. Çözümlerle ilgili veri dosyaları ekteki diskette verilmektedir.



Şekil 5.9. Örnek 5.5.'ye ait yapı.



Şekil 5.10 Örnek 5.5.'e ait 1.kat kalıp planı

Bina, Zemin ve Deprem Bilgileri

Kat sayısı : 5 Normal Kat,
 Bina türü : Konut,
 Taşıyıcı sistem türü : Yerinde dökme betonarme çerçeveli sistem,
 Deprem bölgesi : 1'inci bölge,
 Yerel Zemin Sınıfı : Z2.

Kat Ağırlıkları : Tüm katlarda $w = 117.3276$ ton.

Tüm katlarda kolon boyutları $0.40 \text{ m} \times 0.40 \text{ m}$.

Tüm katlarda kiriş boyutları $0.40 \text{ m} \times 0.40 \text{ m}$.

ANSYS, SAP-2000, STA4-CAD ve PROBİNA programlarında, tüm katlarda $400 \times 400 \text{ mm}$ dikdörtgen kesitli kirişler kullanılmıştır. Bu örnekte, şaft modeli için, PROBİNA'da panel elemanı , ANSYS'te Beam24 ve Shell63, SAP-2000'de ise Poligon Kesitli kolon ve Shell elemanları kullanılmıştır.

Çizelge 5.67. Örnek 5.5.'in çözümünde kullanılan kat ağırlıkları

Kat No	$w_i(\text{ton}) = w_{gi}(\text{ton}) + w_{qi}(\text{ton})$			
	ANSYS	PB-2000	STA4-CAD	SAP-2000
5	117.3276	117.04	117.436	117.3276
4	117.3276	117.04	117.436	117.3276
3	117.3276	117.04	117.436	117.3276
2	117.3276	117.04	117.436	117.3276
1	117.3276	117.04	117.436	117.3276
Σw_i	586.638	585.17	587.180	586.638

Çizelge 5.57.'de görüldüğü üzere kat ağırlıkları, çözümlerde birbirine yakın alınmaya çalışılmıştır.

Çizelge 5.68. Örnek 5.5.'e ait birinci doğal titreşim periyotları

ANSYS		PB-2000	STA4	SAP-2000	
Beam24	Shell63	Modal	Modal	Poligon K.	Shell
Rayleigh	Rayleigh	Analiz	Analiz	Modal	Modal
0.581	0.579	0.592	0.593	0.5989	0.5946

Çizelge 5.58. incelendiğinde periyotların yakın olduğu görülmektedir.

Analizi yapılan bina, süneklik düzeyi yüksek sistem kabul edilmiştir. Sadece çerçevelerden oluştuğu ve birinci derece deprem bölgesinde bulunduğu için, TDY98 Tablo 6.5.'e bakıldığında, Yapı Davranış Katsayısı R 'nin 8 alınacağı görülmektedir.

Yerel zemin sınıfı Z2 olduğundan, Spektrum karakteristik periyotlarının gösterildiği TDY98 Tablo 6.4.'den yararlanarak, $T_A=0.15s$ ve $T_B=0.40s$ olarak elde edilmiştir.

Binanın birinci serbest titreşim periyodu yukarıda tespit edilen Spektrum karakteristik periyotları ışığında incelenirse dört program periyoduna göre de $T_A < T_1 < T_B$ olduğu görülmektedir. Bu durum, TDY98 Denk 6.2c'ye göre Spektrum Katsayısı'nın her üç program için $S(T_1)=2.5(T_B / T_1)^{0.8}$ alınması anlamına gelmektedir.

Çizelge 5.69. Örnek 5.5. için spektrum katsayıları

S(T ₁)					
ANSYS		PB-2000	STA4	SAP-2000	
Beam24	Shell63			Poligon K.	Shell
1.855	1.860	1.827	1.825	1.810	1.823

Binanın birinci serbest titreşim periyodu Yapı Davranış Katsayısı R ve T_A 'ya göre incelenirse TDY98 Denk 6.3b'deki $T_1 > T_A$ durumunun olduğu görülmektedir. Buna göre de Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı $R_a(T_1) = R = 8$ alınmıştır.

Bina birinci deprem bölgesinde olduğundan TDY98 Tablo 6.2'ye göre Etkin Yer İvmesi $A_0 = 0.40$ ve bina konut olduğundan dolayı da TDY98 Tablo 6.3'e göre Bina Önem Katsayısı $I = 1$ değerleri kullanılarak Spektral İvme Katsayısı $A(T_1)$ TDY98 Denk 6.1 kullanılarak bulunur.

Çizelge 5.70. Örnek 5.5. için Spektral İvme Katsayıları

$A(T_1)$					
ANSYS		PB-2000	STA4	SAP-2000	
Beam24	Shell63			Poligon K.	Shell
0.742	0.744	0.7308	0.7301	0.724	0.728

Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü TDY98 Denk 6.4'den faydalanılarak elde edilmiştir.

Çizelge 5.71. Örnek 5.5.'nin taban kesme kuvvetleri,

$V_t(\text{ton})$					
ANSYS		PB-2000	STA4	SAP-2000	
Beam24	Shell63			Poligon K.	Shell
54.411	54.549	54.282	53.546	53.094	53.401

Çizelge 5.61.'deki taban kesme kuvvetlerinin yakın olduğu görülmektedir. Yukarıda bulunan taban kesme kuvvetleri ANSYS, SAP-2000 ,PROBİNA ve STA4-CAD programları için TDY98 Denk 6.4'ü sağlamaktadır.

Bulunan Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü N'inci kat dahil olmak üzere bina katlarına TDY98 Denk 6.9 uyarınca dağıtılmıştır. $H_N \leq 25$ m olduğundan $\Delta F_N = 0$ alınmaktadır.

Çizelge 5.72. Örnek 5.5.'ye ait eşdeğer kat deprem yükleri(F_i)

Kat No	$F_i(\text{ton})$					
	ANSYS		PB-2000	STA4	SAP-2000	
	Beam24	Shell63			Poligon K.	Shell
5	18.135	18.181	18.09	17.849	17.696	17.798
4	14.511	14.548	14.48	14.279	14.160	14.242
3	10.882	10.9098	10.86	10.709	10.619	10.680
2	7.253	7.271	7.24	7.139	7.0774	7.1183
1	3.629	3.638	3.62	3.570	3.5414	3.5617

Çizelge 5.62.'de gösterilen eşdeğer kat deprem yüklerinin yakın olduğu görülmektedir. Bulunan bu deprem yükleri, kat hizalarında Y yönünde +%5 eksantrisite ile kaydırılmış kütle merkezlerine etkililerek statik analiz yapılmıştır. PROBİNA programından ise DY+ yüklemesi sonuçları alınmıştır.

Çizelge 5.73. Örnek 5.5. için asansör shaftı taban momenti.

ASANSÖR ŞAFTI TABAN MOMENTLERİ (ton-m)					
ANSYS		PB-2000	STA4	SAP-2000	
Beam24	Shell63			Poligon K.	Shell
231.158	226.58	143.94	212.923	208.488	215.827

Çizelge 5.63.'te gösterilen asansör shaftı taban momenti değerlerinin ANSYS, SAP-2000 ve STA4-CAD programları için yakın olduğu, PROBİNA sonuçlarının ise oldukça farklı olduğu görülmektedir.

PROBİNA programı sistemi çerçevelere bölerek analiz yaptığından bu şaft gibi birlikte çalışan perde durumlarında herhangi bir aks üzerindeki perdenin rijitliğini tek başına çalışan bir perdeymiş gibi dahil etmektedir. Eğer birlikte çalışma söz konusuysa perdelerin birlikte çalıştıkları durum için bir atalet momenti hesaplanmalı ve perdeler bu elle hesaplanan değer girilmelidir.

Program üreticisi tarafından önerilen, bunun gibi bir şaft örneğinde, y yönündeki şaft atalet momenti I_y hesaplandıktan sonra y yönündeki her iki perdeye de $I_{y\text{perde1}} = I_y/2$ formülünden elde edilen değer $1/3$ katı $I_{y\text{perde}}$ momenti olarak girilirse; yapı periyotlarında fazla bir değişim olmadan, şaft taban momenti 220.83 ton-m olarak elde edilebilmektedir.

PROBİNA programında bu binadaki şaft ayrıca Poligon Kolon olarak da modellenmiş, Poligon Kolon **Grafik Editör'** de tanımlanan akslar üzerine yerleştirilmiş, kolon menüsünde de bu bilgi doğrulanmıştır. Ancak PROBİNA, çözümü yaparken y yönünde, üzerinde Poligon Kolon bulunan aksta herhangi bir çerçeve oluşturamadığı için çıktı dosyasında, Poligon Kolona ait y yönünde herhangi bir kesit tesiri vermemektedir.

5.3 Çepeçevre Bodrum Perdesi

Bodrum katlarında rijitliği üst katlara oranla çok büyük olan betonarme perde bulunan ve bodrum kat döşemelerinin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı yapıların çözümü Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile yapılıyorsa, analiz adımları şöyledir.

Adım 1: Bina kat ağırlıkları ve toplam ağırlığı hesaplanır.

$$w_i = g_i + n \times q_i \quad \text{TDY98 Denk 6.6 (5.1)}$$

w_i : Binanın bodrum katının üstünde kalan i 'inci kat ağırlığı,
 g_i : Binanın bodrum katının üstünde kalan i 'inci katındaki toplam sabit yük,
 q_i : Binanın bodrum katının üstünde kalan i 'inci katındaki, toplam hareketli yük,
 n : Hareketli yük katılım katsayısı olmaktadır. (TDY98 Tablo 6.7)

$$W = \sum_{i=1}^N w_i \quad \text{TDY98 Denk 6.6 (5.2)}$$

W : Binanın bodrum katının üstünde kalan toplam ağırlığı,
 N : Binanın bodrum katının üstünde kalan kat sayısı.

Adım 2: Katlara etkiyen fiktif yükler hesaplanır.

$$F_{fi} = \frac{w_i \times H_i}{\sum_{j=1}^N (w_j \times H_j)} \quad \text{TDY98 Şekil 6.10 (5.3)}$$

H_i : Binanın bodrum katının üstünde kalan i 'inci katının bodrum katının üstünden itibaren ölçülen yüksekliğidir.

Adım 3: Master noktası seçilir, eğer yapının döşemeleri rijit diyafram olarak çalışıyorsa master noktası kütle merkezinde olacaktır.

Adım 4: Adım 2' de bulunan fiktif yükler (F_f), yapının bodrum katlarının üstünde kalan katlarında, gerçek (kaydırılmamış) kütle merkezlerine göz önüne alınan deprem doğrultusunda etkililerek statik analiz yapıp, her kata ait, deprem doğrultusunda oluşan yer değiştirmeler (d_f) bulunur.

Adım 5: Binanın birinci doğal titreşim periyodu (T_1) hesaplanır. (T_1)'in hesaplanmasında , serbest titreşim analizinden de yararlanılabilir. Eğer birinci doğal titreşim periyodu, serbest titreşim analizi ile bulunmak isteniyorsa, Adım 1' de bulunan kat ağırlıklarının yer çekimi ivmesinin sayısal değerine bölünmesiyle bulunan kat kütleleri, kütle merkezine yerleştirilerek dinamik analiz yapılabilir, buradan çözüm yapılmak istenen deprem yönündeki periyoda ait mod vektörleri yardımıyla ve etkin kütle oranlarının yönüne göre birinci doğal titreşim periyodu belirlenir. Bu durumda Adım 2' den Adım 5' e geçilir. Serbest titreşim analizi yapılırken bodrum katlara da kütleler ve $m\theta$ değerleri yerleştirilmelidir.

Binanın birinci doğal titreşim periyodu serbest titreşim analizi yapılmadan, ampirik yöntemle veya Adım 1' den Adım 4' e kadar verilen eşitlikler de kullanılarak Rayleigh Oranı ile de bulunabilir.

Adım 6: Spektrum katsayısı $S(T_1)$ yerel zemin koşullarına ve binanın birinci doğal titreşim periyodu T_1 'e bağlı olarak, TDY98 Denk 6.2a, 6.2b ve 6.2c koşullarından uygun olanına göre bulunur.

Adım 7: Spektrum katsayısı $S(T_1)$ ve bina önem katsayısına (I) bağlı olarak Spektral İvme Katsayısı $A(T_1)$ hesaplanır. (TDY98 Denk 6.1)

Adım 8: Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı $R_a(T_1)$ hesaplanır. R katsayısı binanın rijit bodrum perdeleri göz önüne alınmadan TDY98 Tablo 6.5' ten seçilir. (TDY98 Denk 6.3a, TDY98 Denk 6.3b)

Adım 9: Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü (taban kesme kuvveti) (V_t) hesaplanır.

$$V_t = \frac{W \times A(T_1)}{R_s(T_1)} \geq 0.1 \times A_0 \times I \times W \quad \text{TDY98 Denk 6.4 (5.4)}$$

Adım 10: Katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri, Adım 9 da hesaplanan V_t ve Adım 2 de hesaplanan fiktif yükler (F_{fi}) yardımıyla aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i \times H_i}{\sum_{j=1}^N (w_j \times H_j)} = (V_t - \Delta F_N) \times F_{fi} \quad \text{TDY98 Denk 6.9 (5.5)}$$

ΔF_N :Yapı yüksekliğinin $H_N \geq 25\text{m}$ olması durumunda en üst kata uygulanacak olan ek yatay yüküdür. Bu ek yatay yük, T_1 'e ve taban kesme kuvveti V_t 'ye bağlı olarak aşağıdaki bağıntı ile bulunur. $H_N \leq 25\text{m}$ olması durumunda $\Delta F_N = 0$ alınacaktır.

$$\Delta F_N = 0.07 \times T_1 \times V_t \leq 0.2 \times V_t \quad \text{TDY98 Denk 6.8 (5.6)}$$

Böylece Adım 9'da hesaplanan toplam eşdeğer deprem yükü, bina katlarına etkiyen yatay kuvvetler olarak dağıtılır.

$$V_t = \Delta F_N + \sum_{i=1}^N F_i \quad \text{TDY98 Denk 6.7 (5.7)}$$

Adım 11: Adım 10 da hesaplanan eşdeğer kat deprem yükleri her iki yönde master noktasına (kütle merkezine) $\pm\%5$ eksantrisite uygulanarak statik analiz yapılır.

Adım 12: Elde edilen deplasmanlarla yatayda ve düşeyde düzensizlik, göreli kat ötelemeleri ve ikinci mertebe etkileri kontrolleri yapılır. (Bkz. Bölüm 4 Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi Adımları Adım 13, Adım 14, Adım 15)

Adım 13: Bu kontrollere göre tekrar çözüm isteniyorsa yapılır ve kontroller istenilen şartları sağlıyorsa, kesit tesirleri hesaplanır.

Adım 14: Rijit bodrum kata etkiyen eşdeğer deprem yükleri, üstteki katların ağırlığı hesaba katılmaksızın, $S(T) = 1$ ve $R_a(T) = 1.5$ alınarak aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$F_{bk} = A_0 I w_{bk}/1.5$$

TDY98 Şekil 6.7c (5.8)

F_{bk} : Rijit Bodrum katlara etkiyen yükler,

A_0 : Etkin yer ivmesi katsayısı (TDY98 Tablo 6.2),

w_{bk} : Bodrum kat ağırlığı.

Adım 15: Adım 14'te elde edilen bodrum kat eşdeğer deprem yükleri, bodrum katlara üst katlardaki yükler hesaba katılmaksızın kat hizalarında ve $\pm\%5$ eksantrisite ile her iki deprem doğrultusunda etkililir. Statik analiz yapılır ve kesit tesirleri hesaplanır.

Adım 16: Üst katlara ait kesit tesirleri Adım 13' ten elde edilir. Bodrum katlara ait kesit tesirleri ise Adım 13 ten elde edilen kesit tesirleri ve Adım 15'ten elde edilen kesit tesirlerinin Karelerinin Toplamının Karekökleri alınarak elde edilir.

5.5.1. Çepeçevre Bodrum Perdesi İle İlgili Sayısal Uygulama

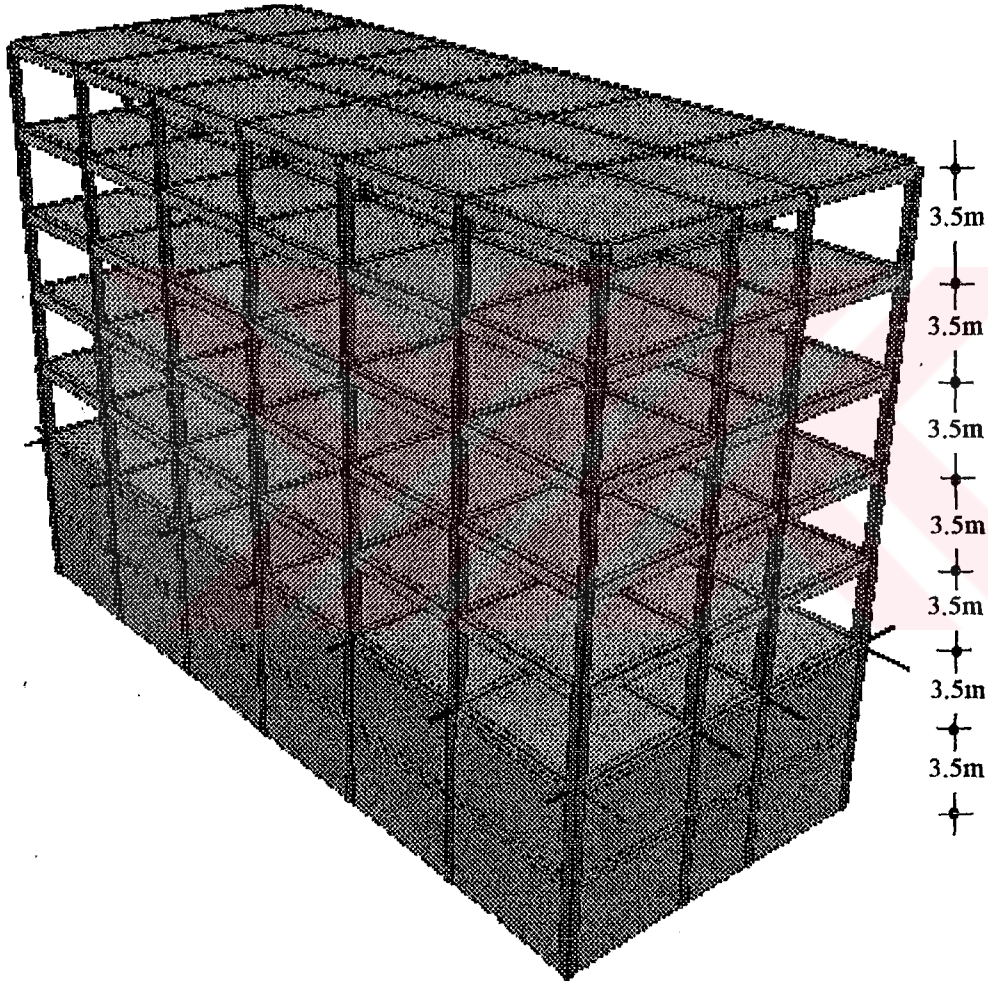
Bu bölümdeki örnekte, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'ne göre PROBİNA-2000 (Ver C-7) ve SAP-2000 programı ile çözülmüş, aynı örneklerin ANSYS, ve STA4-CAD sonuçları ile karşılaştırmalar yapılmıştır. Örneklerde bina döşemeleri, rijit diyafram modeli kabulü esas alınmıştır.

Kesit tesirleri hesaplanırken, ANSYS ve SAP-2000 programlarında yukarıdaki adımlar takip edilmiş, PROBİNA ve STA4-CAD programlarında ise programdan alınan kesit tesirleri tablolara yansıtılmıştır.

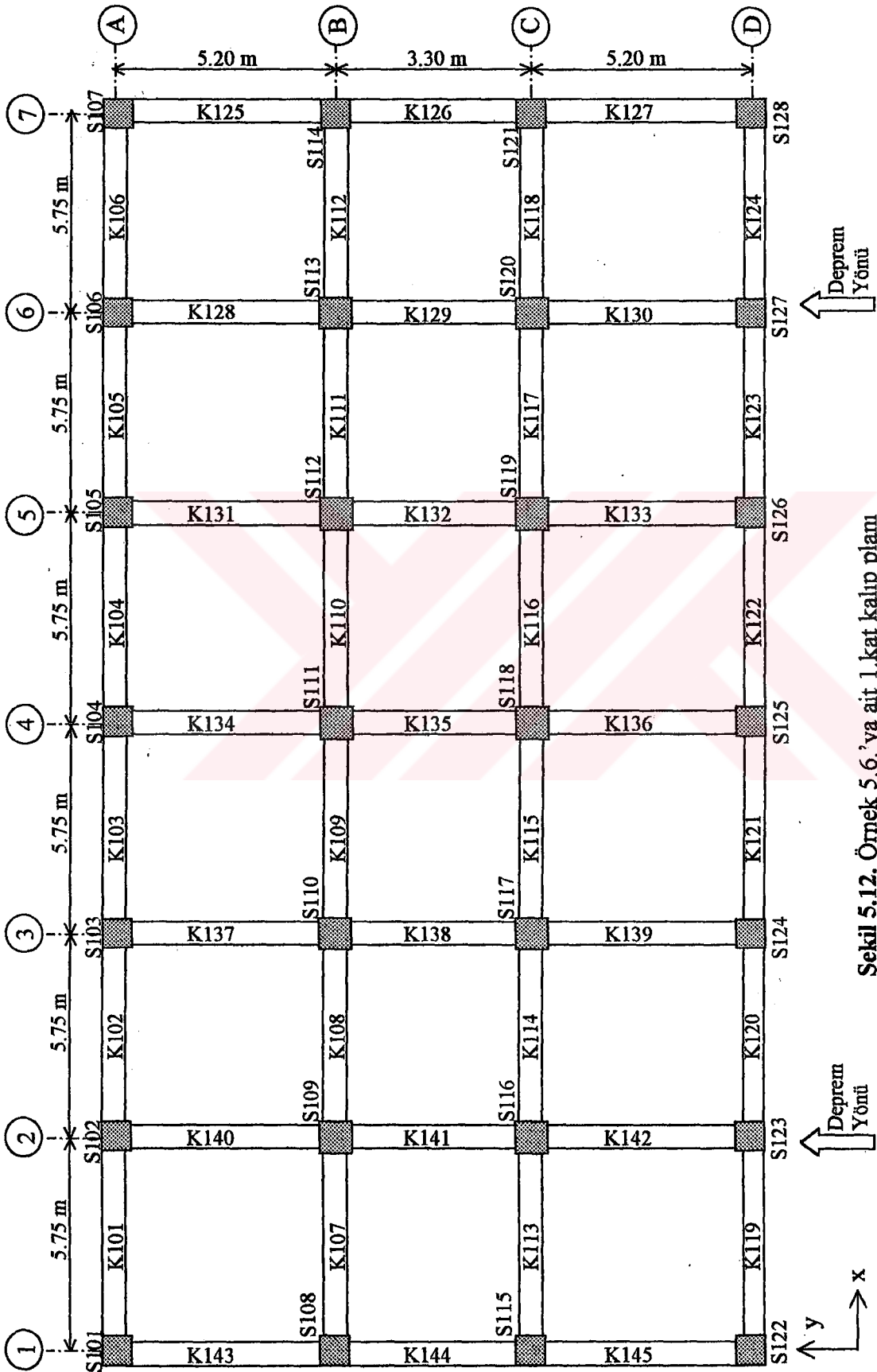
Örnekte, beton elastisite modülü $E=2.85 \cdot 10^6 \text{ t/m}^2$ alınmıştır.

5.3.1. Örnek 5.6.

Bu örnekte, Şekil 5.11.'de görülen, iki bodrum katı çepeçevre perde yapılarak bodrum rijitliği artırılmış, 2 Bodrum +5 Normal kata sahip olan bina, TDY98 Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile incelenmiştir. İlgili veri dosyaları ekteki diskette verilmektedir.



Şekil 5.11. Örnek 5.6'ya ait yapı.



Şekil 5.12. Örnek 5.6.'ya ait 1.kat kalıp planı

Tablo 5.6. Örnek 5.6.'nın kolon boyutları.

KAT NO	KOLON NO	BOYUT (X×Y)
1. ve 2. Bodrum Katlar	B101~B108, B114, B115, B121~B128	400 mm × 400 mm
	B109~B113, B116~B120	450 mm × 450 mm
1. Normal Kat	S101~S108, S114, S115, S121~S128	400 mm × 400 mm
	S109~S113, S116~S120	450 mm × 450 mm
2. Normal Kat	S202~S206, S209~S213, S216~S220, S223~S227	400 mm × 400 mm
	S201, S207, S208, S214, S215, S221, S222, S228	300 mm × 300 mm
3. Normal Kat	S301~S308, S314, S315, S321~S328	300 mm × 300 mm
	S309~S313, S316~S320	400 mm × 400 mm
4. Normal Kat	Tüm kolonlar (S401~S428)	300 mm × 300 mm
5. Normal Kat	Tüm kolonlar (S501~S528)	300 mm × 300 mm

Bina, Zemin ve Deprem Bilgileri

Kat sayısı	: 2 Bodrum + 5 Normal Kat,
Bina Tipi	: Konut,
Taşıyıcı sistem türü	: Normal katlar, yerinde dökme betonarme çerçeveli, bodrum katlar tamamen perdeli sistem,
Deprem bölgesi	: 1'inci bölge,
Yerel Zemin Sınıfı	: Z2.
Bodrum perdelerinin genişliği 25 cm alınmıştır.	

Kiriş boyutları, ANSYS, SAP-2000, STA4-CAD ve PROBİNA programlarında, tüm katlarda 300 × 500 mm dikdörtgen kesitli olarak kullanılmıştır. Bu örnekte PROBİNA programında perde modeli için panel elemanı kullanılmıştır. ANSYS ve SAP-2000 programlarında zemine ankastre olarak bağlanan, deprem yönündeki bodrum perdeleri için geniş kolon modeli kullanılmıştır.

Sabit Yükler : $G_1 = 528.6$ ton	Hareketli Yükler : $q = 236.6$ ton
$G_2 = 528.6$ ton	$q_{\text{çatı}} = 119.6$ ton
$G_3 = 528.6$ ton	
$G_4 = 528.6$ ton	
$G_5 = 309.0$ ton	

Kat ve Toplam Bina Ağırlıklarının Hesabı:

Bu binanın bodrum katları tamamen perdelerden oluştuğu için TDY98 6.7.2.4'e göre bodrum katlarına ve üst katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri ayrı ayrı hesaplanır. Üst yapı için sadece üst katların ağırlıkları hesaplanır.

$$w_{gi}(\text{ton}) = G_i$$

$n = 0.30$ (Hareketli yük katılım katsayısı)

TDY98 Tablo 6.7

Çizelge 5.74. Örnek 5.6.'nın kat ağırlıklarını oluşturan bileşenler.

Kat No	$w_{gi}(\text{ton})$				$w_{qi}(\text{ton})$			
	ANSYS	PB-2000	S T A 4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000	S T A 4	SAP-2000
5	309.0	308.9	309.41	309.0	35.88	35.34	35.517	35.88
4	528.6	528.4	528.89	528.6	70.980	70.95	70.954	70.980
3	528.6	528.4	528.43	528.6	70.980	70.95	70.991	70.980
2	528.6	528.4	528.79	528.6	70.980	70.95	71.009	70.980
1	528.6	528.4	528.63	528.6	70.980	70.95	70.917	70.980

$w_{gi}(\text{ton})$: Kat ağırlığına etki eden ölü yük bileşeni(g_i)

$w_{qi}(\text{ton})$: Kat ağırlığına etki eden hareketli yük bileşeni($n \times \text{Alan} \times q_i$)

Çizelge 5.75. Örnek 5.6.'nın çözümünde kullanılan kat ağırlıkları.

Kat No	$w_i(\text{ton}) = w_{gi}(\text{ton}) + w_{qi}(\text{ton})$			
	ANSYS	PB-2000	S T A 4	SAP-2000
5	344.88	344.24	344.927	344.88
4	599.58	599.35	599.844	599.58
3	599.58	599.35	599.421	599.58
2	599.58	599.35	599.799	599.58
1	599.58	599.35	599.547	599.58
$\sum w_i$	2743.2	2741.64	2743.54	2743.2

Çizelge 5.65.'de görüldüğü üzere kat ağırlıkları, çözümlerde, birbirine yakın alınmaya çalışılmıştır.

Çizelge 5.76. Örnek 5.6.'ya ait birinci doğal titreşim periyotları.

ANSYS		PB-2000	STA4	SAP-2000
Rayleigh	Modal Analiz	Modal Analiz	Modal Analiz	Modal Analiz
1.164*	1.164	1.139*	1.1798*	1.1550*

Hesaplarda birinci doğal titreşim periyotları olarak yıldızla işaretli olan periyotlar alınmıştır.

Analizi yapılan binanın, bodrum katları tamamen perdelerden oluştuğu için TDY98 6.7.2.4'e göre bodrum katlarına ve üst katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri ayrı ayrı hesaplanmaktadır. Üst yapı, süneklik düzeyi yüksek sistem kabul edilmiştir. Buna göre TDY98 Tablo 6.5.'e bakıldığında, Yapı Davranış Katsayısı R 'nin 8 alınacağı görülmektedir.

Yerel zemin sınıfı Z2 olduğundan, Spektrum karakteristik periyotlarının gösterildiği TDY98 Tablo 6.4.'den yararlanarak, $T_A=0.15s$ ve $T_B=0.40s$ olarak elde edilmiştir.

Binanın birinci serbest titreşim periyodu yukarıda tespit edilen Spektrum karakteristik periyotları ışığında incelenirse $T_1 > T_B$ olduğu görülmektedir. Bu durum, TDY98 Denk 6.2c'ye göre Spektrum Katsayısı'nın $S(T_1) = 2.5(T_B / T_1)^{0.8}$ alınması anlamına gelmektedir.

Çizelge 5.77. Örnek 5.6.'ya ait spektrum katsayıları.

S(T ₁)			
ANSYS	PB-2000	STA4	SAP-2000
1.0635	1.0823	1.0523	1.0703

Binanın birinci serbest titreşim periyodu Yapı Davranış Katsayısı R ve T_A 'ya göre incelenirse TDY98 Denk 6.3b'deki $T_1 > T_A$ durumunun oluştuğu görülmektedir. Buna göre de Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı $R_a(T_1)=R=8$ alınmıştır.

Bina birinci deprem bölgesinde olduğundan TDY98 Tablo 6.2'ye göre Etkin Yer İvmesi $A_0=0.40$ ve bina konut olduğundan dolayı da TDY98 Tablo 6.3'e göre Bina Önem Katsayısı $I=1$ değerleri kullanılarak Spektral İvme Katsayısı $A(T_1)$ TDY98 Denk 6.1 kullanılarak bulunmuştur.

Çizelge 5.78. Örnek 5.6.'ya ait spektral ivme katsayıları.

$A(T_1)$			
ANSYS	PB-2000	STA4	SAP-2000
0.4254	0.4329	0.4209	0.4281

Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü TDY98 Denk 6.4'den faydalanılarak elde edilir:

Çizelge 5.79. Örnek 5.6.'ya ait taban kesme kuvvetleri.

V_t (ton)			
ANSYS	PB-2000	STA4	SAP-2000
145.87	149.392	144.35	146.81

Taban kesme kuvvetleri, birbirine yakın bulunmuştur. Yukarıda bulunan taban kesme kuvvetleri ANSYS, SAP-2000, PROBİNA ve STA4-CAD programları için TDY98 Denk 6.4'ü sağlamaktadır.

Bulunan Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü N'inci kat dahil olmak üzere bina katlarına TDY98 Denk 6.9 uyarınca dağıtılır. $H_N < 25$ m olduğundan $\Delta F_N=0$ alınacaktır.

Çizelge 5.80. Örnek 5.6.'ya ait eşdeğer kat deprem yükleri(F_i).

Kat No	F_i (ton)			
	ANSYS	PB-2000	S T A 4	SAP-2000
5	32.58	33.33	32.241	32.80
4	45.31	46.42	44.855	45.61
3	33.99	34.82	33.617	34.21
2	22.66	23.21	22.426	22.80
1	11.33	11.61	11.208	11.41

Çizelge 5.70.'de görüldüğü üzere eşdeğer kat deprem yükleri yakın çıkmıştır. Bodrum katlarına etkiyen eşdeğer deprem yükleri binanın birinci periyodu hesaplanmaksızın TDY98 Şekil 6.2c'deki denklem ile aşağıdaki gibi bulunur.

Çizelge 5.81. Örnek 5.6.'ya ait bodrum eşdeğer deprem yükleri.

Kat No	F_{BK} (ton)			
	ANSYS	PB-2000	STA4	SAP-2000
1	159.9	159.83	159.879	159.9
2	159.9	159.83	159.879	159.9

Bodrum kat ağırlıklarına bağlı olarak bodrum eşdeğer deprem yükleri yakın bulunmuştur.

Üst yapı için bulunan eşdeğer kat deprem yükleri, kat hizalarında +%5 eksantrisite ile kaydırılmış kütle merkezlerine etkitilerek statik analiz yapılmıştır. Sonuç olarak bulunan deplasmanlar kullanılarak düşeyde ve planda düzensizliklerin TDY98'e göre kontrolü yapılmıştır. PROBİNA programından ise DY+ yüklemesine ait sonuçlar alınmıştır.

Çizelge 5.82. Örnek 5.6.'ya ait burulma düzensizliği kontrolü (A1),

Kat No	$(d_i)_{max}$				$(d_i)_{min}$			
	ANSYS	PB-2000	S T A 4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000	S T A 4	SAP-2000
5	0.03643	0.04090	0.03667	0.03471	0.02406	0.02738	0.02422	0.02392
4	0.03235	0.03651	0.03256	0.03071	0.02124	0.02436	0.02138	0.02105
3	0.02353	0.02715	0.02366	0.02227	0.01520	0.01795	0.01528	0.01508
2	0.01471	0.01772	0.01469	0.01383	0.00965	0.01198	0.00963	0.00948
1	0.00593	0.00828	0.00577	0.00543	0.00407	0.00592	0.00395	0.00383

Çizelge 5.82'nin Devamı,

Kat No	$(\Delta_i)_{max}$				$(\Delta_i)_{min}$			
	ANSYS	PB-2000	S T A 4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000	S T A 4	SAP-2000
5	0.00408	0.00439	0.00411	0.00400	0.00282	0.00303	0.00284	0.00287
4	0.00882	0.00935	0.0089	0.00844	0.00603	0.00641	0.0061	0.00597
3	0.00883	0.00943	0.00897	0.00844	0.00555	0.00597	0.00565	0.00560
2	0.00878	0.00945	0.00892	0.00840	0.00558	0.00605	0.00568	0.00565
1	0.00593	0.00666	0.00577	0.00543	0.00656	0.00451	0.00395	0.00383

Çizelge 5.82'nin Devamı,

Kat No	$(\Delta_i)_{ort}$				η_{bl}			
	ANSYS	PB-2000	S T A 4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000	S T A 4	SAP-2000
5	0.00345	0.00371	0.00348	0.00344	1.18	1.18	1.18	1.16
4	0.00743	0.00788	0.00750	0.00721	1.19	1.19	1.19	1.17
3	0.00719	0.00770	0.00731	0.00702	1.23	1.22	1.23	1.20
2	0.00718	0.00775	0.00730	0.00703	1.22	1.22	1.22	1.20
1	0.00500	0.00559	0.00486	0.00463	1.19	1.19	1.19	1.17

Görüldüğü gibi ANSYS, SAP-2000, PROBİNA ve STA4-CAD programlarının sonuçları birbirine yakın çıkmıştır ve hepsinde de A1 düzensizliğine rastlanmaktadır. TDY98 6.7.3.3'deki şart gereği ($1.2 < \eta_{bi} < 2.0$) koşulunun sağladığı kata uygulanan +%5 ek dışmerkezlilik, her iki deprem doğrultusu için TDY98 Denk6.10 'da verilen D_i katsayısı ile çarpılarak büyütülmelidir. PROBİNA bu durumu belirtmekte, ek dış merkezlilikleri hesaplayarak çıktı dosyasına yazmakta ve analizin tekrarlanması gerekliliğini hatırlatmaktadır. Daha önceki çalışmalarda tekrar hesap yapılamadığı için hesap tekrarlanmamıştır. B2 düzensizliği bina 25 m'den küçük olduğu için incelenmemiştir.

Çizelge 5.83. Örnek 5.6.'ya ait görelî kat ötelemeleri kontrolü.

Kat No	h_i	$(\Delta_i)_{max}$				$(\Delta_i)_{max}/h_i$			
		ANSYS	PB-2000	STA 4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000	STA 4	SAP-2000
5	3.5	0.00408	0.00439	0.00411	0.00400	0.00117	0.00125	0.00117	0.00114
4	3.5	0.00882	0.00935	0.0089	0.00844	0.00252	0.00267	0.00254	0.00241
3	3.5	0.00883	0.00943	0.00897	0.00844	0.00252	0.00269	0.00256	0.00241
2	3.5	0.00878	0.00945	0.00892	0.00840	0.00251	0.00270	0.00255	0.00240
1	3.5	0.00593	0.00666	0.00577	0.00543	0.00169	0.00190	0.00165	0.00155

$$(\Delta_i)_{max}/h_i \leq 0.0035$$

$$(\Delta_i)_{max}/h_i \leq 0.02/R = 0.0025$$

Herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yer değiştirme farkını ifade eden görelî kat ötelenmesinin sınırları TDY98 Denk 6.20'de belirtilen yukarıdaki şartlardan elverişsiz olana göre incelenir. Çizelge 5.73'de görüldüğü üzere Örnek 5.6 için ANSYS, PROBİNA, SAP-2000 ve STA4-CAD programları sonuçları yakın bulunmuştur. PROBİNA, STA4-CAD ve ANSYS sonuçlarına göre limit değerler 4, 3 ve 2. katlarda aşılmıştır.

Çizelge 5.84. Örnek 5.6.'ya ait ikinci mertebe etkilerinin kontrolü (θ_i),

Kat No	w_i				$\sum_{j=1}^N w_j$			
	ANSYS	PB-2000	S T A 4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000	S T A 4	SAP-2000
5	344.88	344.24	344.927	344.88	344.880	344.240	344.927	344.880
4	599.58	599.35	599.844	599.58	944.460	943.590	944.771	944.460
3	599.58	599.35	599.421	599.58	1544.04	1542.94	1544.19	1544.04
2	599.58	599.35	599.799	599.58	2143.62	2142.29	2143.99	2143.62
1	599.58	599.35	599.547	599.58	2743.20	2741.64	2743.54	2743.20

Çizelge 5.84.'nin Devamı,

Kat No	$(\Delta_i)_{ort}$				V_i			
	ANSYS	PB-2000	S T A 4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000	S T A 4	SAP-2000
5	0.00345	0.00371	0.00348	0.00344	32.58	33.330	32.241	32.800
4	0.00743	0.00788	0.00750	0.00721	77.90	79.755	77.096	78.41
3	0.00719	0.00770	0.00731	0.00702	111.88	114.57	110.71	112.62
2	0.00718	0.00775	0.00730	0.00703	134.54	137.79	133.14	135.42
1	0.00500	0.00559	0.00486	0.00463	145.87	149.39	144.35	146.83

Çizelge 5.84.'nin Devamı.

Kat No	h_i	θ_i			
		ANSYS	PB-2000	S T A 4	SAP-2000
5	3.5	0.01043	0.0109	0.01062	0.01032
4	3.5	0.02572	0.0266	0.02626	0.02480
3	3.5	0.02835	0.0296	0.02913	0.02750
2	3.5	0.03269	0.0344	0.03359	0.03177
1	3.5	0.02684	0.0293	0.02639	0.02471

TDY98 Denk 6.21'e göre her bir kat için bulunan ikinci merteye etkileri $\theta_i < 0.12$ 'den küçük olmak zorundadır. Çizelge 5.74'te görüldüğü gibi ANSYS, PROBİNA, SAP-2000 ve STA4-CAD program sonuçları yakın çıkmıştır ve sonuçlar TDY98'in istediği şartı sağlamaktadır.

Çizelge 5.85. Örnek 5.6.'ya ait bazı kolonlara ait moment değerleri,

Kolon	$M_{ALT}(\text{ton-m})$			
	ANSYS	PB-2000	STA4	SAP-2000
1.Kat 1D	7.543	9.27	7.931	7.53
2.Kat 3C	11.10	13.07	10.93	11.05

Çizelge 5.75.'de görüldüğü üzere kolon taban momentleri ANSYS ve SAP-2000 programlarında oldukça yakın bulunmuştur. PROBİNA programında ise sonuçlar farklıdır.

Çizelge 5.86. Örnek 5.6.'ya ait perde kesit tesirleri

Perde (Taban)	$M_{ALT}(\text{ton-m})$				
	ANSYS	PB-2000	ETABS	STA4	SAP-2000
1C-1D	124.526	611.59	132.4	282.508	159.14
7B-7C	69.1380	180.39	61.70	138.030	48.41

Çizelge 5.76. incelendiğinde PROBİNA ve STA4-CAD tarafından bulunan perde taban momentlerinin, diğer program sonuçlarıyla büyük farklılıklar gösterdiği görülmektedir.

Bu binanın modellenmesi sırasında PROBİNA programı komşu iki açıklık arasına perde koyulmayacağı yönünde uyarı vermektedir. Ancak bu uyarıya rağmen analiz sonuçlandırılmıştır. Bu ve buna benzer durumlar için uygun sonuç verebilecek geliştirmeler yapılmalıdır.

6. MOD BİRLEŞTİRME YÖNTEMİ

Dinamik bir çözüm tekniği olan Mod Birleştirme Yöntemi' nin temeli elastik davranışa dayanmaktadır.

Esas olarak yapının her bir serbest titreşim modunun, deprem hareketine olan tepkisinin, ayrı ayrı elde edilip daha sonra uygun bir yöntemle birleştirilmesi esasına dayanır. Böylelikle hesaba katılan tüm modların katkısıyla, maksimum yer değiştirmeler ve iç kuvvetler elde edilmiş olur.

6.1. Mod Birleştirme Yöntemi'nin Adımları

Adım 1: Kat kütleleri TDY98 6.7.1.2'ye göre hesaplanır. Hesaplanan kat kütleleri (m_i) ve kütleli dönme atalet momentleri ($m\theta_i$) her bir katta, binanın deprem doğrultusuna dik boyunun $\pm\%5$ 'i kadar (TDY98 6.8.2.1) kaydırılmış kütle merkezlerinde tanımlandıktan sonra üç boyutlu serbest titreşim analizi yapılarak binanın titreşim periyot ve modları bulunur.

$m\theta_i$: Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalışması durumunda, i ' inci katın kaydırılmamış kütle merkezinden geçen düşey eksene göre kütleli dönme atalet momentleri.

Adım 2: Hesaba katılacak mod sayısının belirlenmesi amacıyla aşağıdaki denklemlerle her bir mod için etkin kütle oranları hesaplanır.

$$M_r = \sum_{i=1}^N (m_i \cdot \Phi_{xir}^2 + m_i \cdot \Phi_{yir}^2 + m_i \cdot \Phi_{\theta ir}^2) \quad (\text{TDY98 Denk 6.17}) \quad (6.1)$$

$$\sum_{r=1}^Y M_{xr} = \frac{\sum_{r=1}^Y \left\{ \left[\sum_{i=1}^N (m_i \cdot \Phi_{xir}) \right]^2 / M_r \right\}}{\sum_{i=1}^N m_i} \geq 0.90 \quad (\text{TDY98 Denk 6.16a}) \quad (6.2a)$$

$$\sum_{r=1}^Y M_{yr} = \frac{\sum_{r=1}^Y \left\{ \left[\sum_{i=1}^N (m_i \cdot \Phi_{yir}) \right]^2 / M_r \right\}}{\sum_{i=1}^N m_i} \geq 0.90 \quad (\text{TDY98 Denk 6.16b}) \quad (6.2b)$$

Φ_{xir} :Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, r' inci mod şeklinin i' inci katta x eksenı doğrultusundaki yatay bileşeni

Φ_{yir} :Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, r' inci mod şeklinin i' inci katta y eksenı 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

Etkin kütle oranlarının hesabında TDY98'nde belirtilen yukarıdaki üç denklem kullanılabileceği gibi Clough and Penzien'de belirtilen ve aynı sonuçları veren aşağıdaki denklemler de kullanılabilir. Buna göre, önce mod şekil vektörleri ve sistem kütle matrisi kullanılarak her bir mod için katılım faktörü $\alpha_i = \{\Phi_i\}^T [M] \{r\}$ bulunur ve modal kütle $M_i = \{\Phi_i\}^T [M] \{\Phi_i\} = 1$ olacak şekilde normalize edilirse toplam i'inci etkin kütle, aşağıdaki bağıntı ile ifade edilebilir. (burada, $\{\Phi_i\}$ i'inci modal vektörü göstermektedir.)

$$M_{ei} = \frac{\alpha_i^2}{M_i} \quad (6.3)$$

Toplam etkin kütle ise, her bir kat için bulunan etkin kütlelerin toplanması ile elde edilir.

$$\Sigma M_{ei} = \frac{\alpha_1^2}{M_1} + \frac{\alpha_2^2}{M_2} + \dots + \frac{\alpha_i^2}{M_i} = \Sigma M_{ei} = \sum_{i=1}^Y \alpha_i^2 \quad (6.4)$$

Burada Y, göz önüne alınan mod sayısını göstermektedir. Bulunan toplam etkin kütle, binanın kütlesine bölüldüğünde etkin kütle oranı tespit edilmiş olur.

$$\frac{M_{ei}}{M_T} = \frac{\alpha_i^2}{\sum_{j=1}^N m_j} \quad (6.5)$$

Adım 3: Her bir mod için hesaplanan etkin kütle oranlarının kümülatif toplamının 0.90'dan büyük olması ve etkin kütle oranı %5'ten büyük olan tüm modların hesaba alınması şartını göz önüne alarak, hesaba katılması gereken yeterli titreşim mod sayısı (Y) belirlenir. (TDY98 6.8.3.1)

Adım 4: Yerel zemin koşullarına ve r'inci bina doğal periyoduna bağlı olarak TDY98 Denk. 6.2'ye göre Spektrum Katsayıları $S(T_r)$ hesaplanır.

Spektrum Katsayıları kullanılarak TDY98 Denk 6.1'de Spektral İvme Katsayıları $A(T_r)$ belirlenir.

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı'na (R) ve binanın r'inci doğal titreşim periyodu, T_r 'ye bağlı olarak TDY98 Denk.6.3'e göre Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı $R_a(T_r)$ bulunur.

Bulunan bu katsayılar kullanılarak r'inci titreşim modunda göz önüne alınacak ivme spektrumu aşağıdaki denklem ile bulunur.

$$S_{pa}(T_r) = A(T_r)g / R_a(T_r) \quad (\text{TDY98, Denk.6.15}) \quad (6.6)$$

$A(T_r)$ = r'inci doğal titreşim modu için spektral ivme katsayısı,

$R_a(T_r)$ = r'inci doğal titreşim modu için deprem yükü azaltma katsayısı,

g = Yerçekimi ivmesidir (9.81 m/s^2).

Adım 5: Yapının spektrum analizi yapılarak deplasmanlar ve elemanlardaki iç kuvvet bileşenlerine her moddan gelen maksimum katkılar hesaplanır. TDY98 6.8.4 belirtilen yöntemlerden uygun bir birleştirme yöntemi ile, Karelerinin Toplamının Kare Kökü Kuralı (SRSS) veya Tam Karesel Birleştirme Kuralı (CQC) ile yapı deplasmanları ve eleman uç kuvvetleri bulunur.

Adım 6: Hesaplanan iç kuvvet ve yer değiştirme büyüklükleri için alt sınır değerleri belirlenir. Bunun için Mod Birleştirme Yöntemi ile bulunan bina toplam deprem yükü (V_{IB}) ve Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile hesaplanan bina toplam deprem yükü (V_t) elde edilir. Adım 8'de açıklanan β değerine göre $V_{IB} < \beta V_t$ olması durumunda Mod Birleştirme Yöntemine göre bulunan tüm iç kuvvet ve yer değiştirme büyüklükleri aşağıdaki denklem kullanılarak büyütülecektir.

$$B_D = (\beta V_t / V_{IB}) B_B \quad \text{TDY98, Denk.6.18 (6.7)}$$

B_D : Büyütülmüş yer değiştirme veya iç kuvveti,

B_B : Mod birleştirme yönteminde bulunan herhangi bir yer değiştirme veya iç kuvveti göstermektedir.

Bodrumda çepeçevre perde olması halinde, TDY98 6.7.2.4 (c)'ye göre üst katlardaki iç kuvvet ve deplasmanlar için sadece üst yapının modal analizi sonucu bulunan büyüklükler kullanılırken, bodrum katlar için ise üst yapının modal analizi sonucu bodrum katlarda oluşan iç kuvvetlerle, bodrum katlar için yapılan modal analiz sonucu bulunan iç kuvvetlerin karelerinin toplamının karekökü kullanılır.

Adım 7: Binada perde varsa, binanın süneklik düzeyine göre;

i Sünelik düzeyi yüksek sistemlerde, TDY98 6.5.2.1'e göre deprem yüklerinden dolayı perdelerin tabanında oluşan eğilme momentlerinin toplamının, binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam devrilme momentine oranı olan α_M 'in 0.75'den fazla olup olmadığına bakılır. $\alpha_M \leq 0.75$ ise Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı $R=7$ olarak kullanılabilir. Eğer $0.75 < \alpha_M \leq 1.0$ ise Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı $R=10-4 \times \alpha_M$ denklemi ile belirlenir ve yeni R ile işlemler, Adım 9' dan

itibaren tekrarlanır veya elde edilen sonuçlar ($R_{\text{eski}}/R_{\text{yeni}}$) oranıyla çarpılarak büyütülür.

ii Süneklik düzeyi normal sistemlerde, $\alpha_M \geq 0.75$ sağlanmalıdır. Bu şart sağlanmazsa perde kesit alanları artırılarak işlemler Adım 1'den itibaren tekrarlanır.

iii Süneklik düzeyi karma sistemlerde her bir deprem doğrultusunda $\alpha_M \geq 0.40$ olmalıdır. $\alpha_M \geq 2/3$ olması durumunda TDY98 Tablo 6.5' te deprem yüklerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek perde tarafından taşındığı durum için verilen R katsayısı ($R = R_{YP}$), taşıyıcı sistemin tümü için kullanılabilir.

$0.40 > \alpha_M > 2/3$ aralığında, her iki deprem doğrultusunda taşıyıcı sistemin tümü için $R = R_{NÇ} + 1.5\alpha_M (R_{YP} - R_{NÇ})$ bağıntısı uygulanır.

Adım 8: TDY98 Tablo 6.1'de belirtilen planda ve düşey doğrultudaki düzensizlik durumlarına karşı kontroller, TDY98 Şekil 6.1 ve TDY98 Tablo 6.1'deki formüller yardımıyla yapılır. A1, B2 veya B3 türü düzensizliklerden en az birinin yapıda bulunması durumunda $\beta = 1.00$, bulunmaması durumunda ise $\beta = 0.90$ alınacak ve hesaplanan B_D ile bütün yer değiştirme ve iç kuvvetler büyütülecektir.

Adım 9: TDY98 Denk 6.20a, TDY98 Denk 6.20b, TDY98 Denk 6.21 denklemleri kullanılarak görelî kat ötelemelerinin ve ikinci mertebe etkilerinin kontrolü yapılır.

6.2. Mod Birleştirme Yöntemi İle İlgili Sayısal Uygulamalar

Bu bölümdeki tüm örnekler, Mod Birleştirme Yöntemi'ne göre PROBİNA-2000 (Ver C-7) ve SAP-2000 programı ile çözülmüş, aynı örneklerin ANSYS, ve STA4-CAD sonuçları ile karşılaştırmalar yapılmıştır. Örneklerde bina döşemeleri için, rijit diyafram modeli kabulü esas alınmıştır. Bu özellik PROBİNA programının genel kabulüdür.

Örneklerin ANSYS, SAP-2000, STA4-CAD ve PROBİNA çözümlerinde dikdörtgen kesitli kirişler kullanılmıştır.

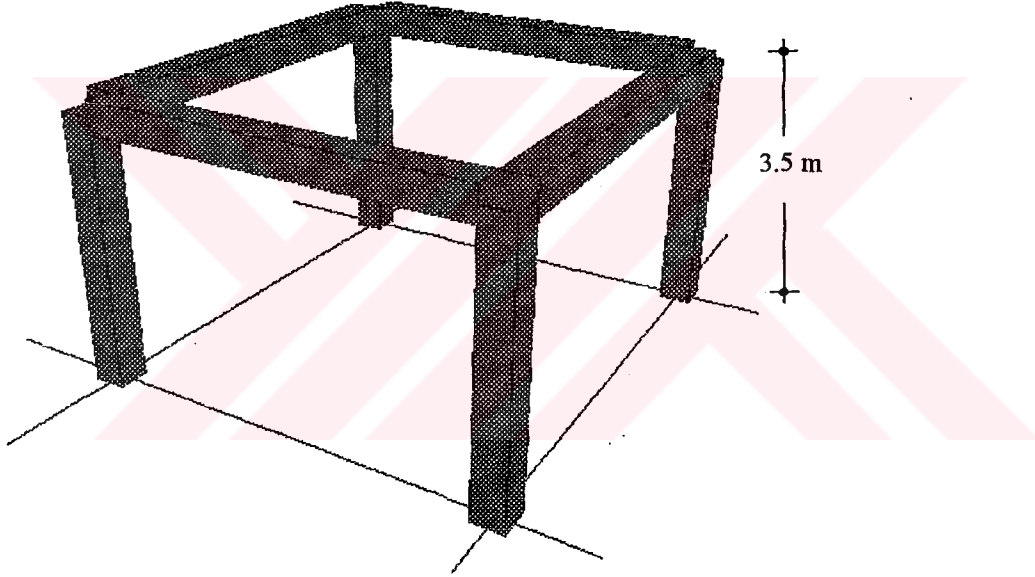
Kat ağırlıkları, ANSYS, SAP-2000 çözümlerinde, bu programların özelliği dolayısıyla direkt olarak verilebilmiştir. Fakat PROBİNA ve STA4-CAD programları kat ağırlıklarını otomatik olarak kendileri hesaplamaktadır. Örneklerde kat ağırlıklarının mümkün olduğunca yakın olmasına çalışılmıştır.

Bu örneklerin ANSYS, SAP-2000, PROBİNA ve STA4-CAD programları ile yapılan çözümlerinde birinci kat kolonlarının zemine ankastre olarak bağlandığı kabul edilmiştir. Ayrıca, örneklerin modellenmesinde kolon-kiriş birleşim bölgelerindeki rijitlik dikkate alınmamaktadır.

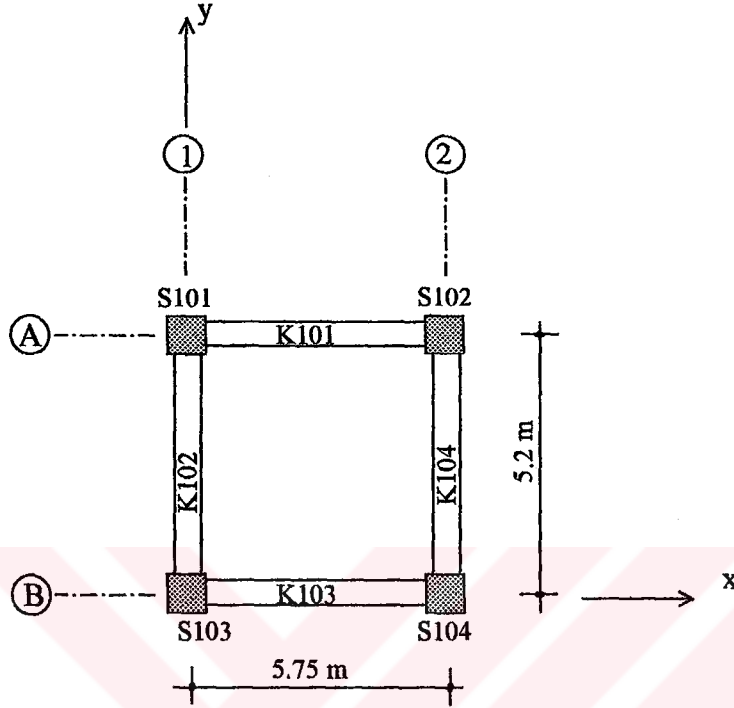
Bu bölümde çözülen tüm örneklerde, beton elastisite modülü $E=2.85 \cdot 10^6$ t/m² kabul edilmiştir.

6.2.1. Örnek 6.1.

Bu örnekte, Şekil 6.1 'de görülen betonarme çerçevelerden oluşmuş, tek katlı ve her iki yönde, tek açıklıklı basit bir yapı ele alınmaktadır. İlgili veri dosyaları ekteki diskette verilmektedir.



Şekil 6.1. Örnek 6.1.'e ait yapı.



Şekil 6.2. Örnek 6.1.'in 1.kat kalıp planı.

Bina Bilgileri

Kat sayısı : 1 Normal Kat,

 $m = 2.511 \text{ t s}^2/\text{m}$

Kolonlar : 40 cm × 40 cm

Kirişler : 40 cm × 40 cm

Kütlesel Dönme Atalet Momenti :

Toplanmış Kütle Kabulü(mr^2) : 37.734 ts^2m Yayıllı Kütle Kabulü ($\text{m}\theta$) : 12.576 ts^2m

PROBİNA programı toplanmış kütle kabulü yapmaktadır, yani mevcut döşeme üzerindeki kütleyi döşemenin üzerine oturduğu kolonlara eşit olarak paylaştırmakta ve kat hizalarındaki kat kütle merkezinden r_i kadar uzakta olan bu

kütleleri $\sum_{i=1}^n m_i r_i^2$ formülüyle birleştirip kütleli dönme atalet momentini hesaplamaktadır. Bu örnek için her kolon-kiriş birleşim noktasında $m/4$ tekil kütle vardır ve $r = 3.876$ m. dir. PROBİNA programında mr^2 değerini elle veya yardımcı bir programla hesaplayıp dışardan girmek mümkündür. Yayılı kütle kabulünde ise kütleli dönme atalet momentini, ağırlık merkezinden geçen eksenlere göre aşağıdaki formül yardımıyla bulunabilir.

$$m\theta_i = \frac{m_i}{A_i} (I_{xg} + I_{yg}) \quad (6.8)$$

Burada :

$m\theta_i$: i'inci katın kütleli dönme atalet momentini,

m_i : i'inci katın kütlesi,

A_i : i'inci katın alanı,

I_{xg} : i'inci katın x eksenini etrafındaki atalet momentini

I_{yg} : i'inci katın y eksenini etrafındaki atalet momentini

Bu kabullere göre yapılan serbest titreşim analizi sonuçları aşağıdaki gibidir.

Çizelge 6.1. Örnek 6.1.'in serbest titreşim analizi sonuçları.

Mod No	PB-2000 $mr^2=37.734$ ts^2/m	PB-2000 $m\theta=12.576$ ts^2/m	STA4-CAD $m\theta=12.525$ ts^2/m	ANSYS $m\theta=12.576$ ts^2/m	SAP-2000 $m\theta=12.576$ ts^2/m
1	0.1571	0.1571	0.1565	0.1549	0.1566
2	0.1549	0.1549	0.1543	0.1526	0.1544
3	0.1502	0.0867	0.0834	0.0820	0.0828

Çizelge 6.1'den görüldüğü gibi PROBİNA programının toplanmış kütle kabulüyle elde edilen ve burulmaya karşılık gelen 3. periyot çok farklı çıkmaktadır.

Eğer kullanıcı PROBİNA programına farklı bir kütleli dönme atalet momenti değerini vermek isterse, AutoCad vb programlarla kütleli dönme atalet momentini bulup, PROBİNA programında **Kat Bilgileri Düzeltme Menüsü'**nden bu değeri girip analize devam edebilmektedir.

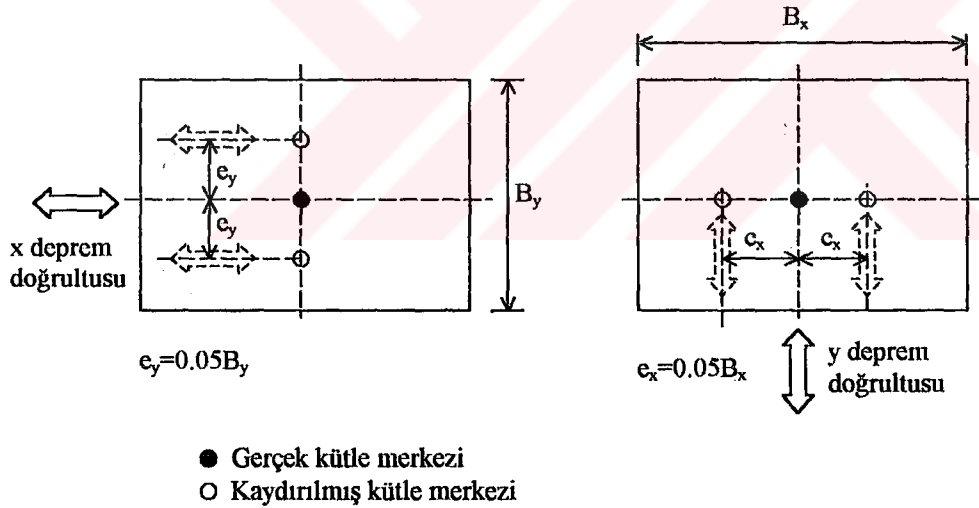
Çizelge 6.2. Örnek 6.1.'in etkin kütleleri ve etkin kütle oranları

Mod No	Yön	PB-2000 $mr^2=37.734$ ts^2/m		PB-2000 $m\theta=12.576$ ts^2/m	
		Etkin Kütle	Etkin Kütle Oranları(%)	Etkin Kütle	Etkin Kütle Oranları(%)
1	X	1.11448	44.3626	2.73179	94.4561
	Y	0.62406	24.8525	0.12913	5.14260
	RotZ	11.7243	30.7632	0.05197	0.40117
2	X	1.11395	44.3626	0.13262	5.28164
	Y	1.34655	53.6254	2.37312	94.5040
	RotZ	0.76659	2.01146	0.02711	0.20290
3	X	0.28257	11.2534	0.00658	0.26215
	Y	0.54040	21.5212	0.00875	0.34832
	RotZ	25.6200	67.2253	12.8742	99.38954

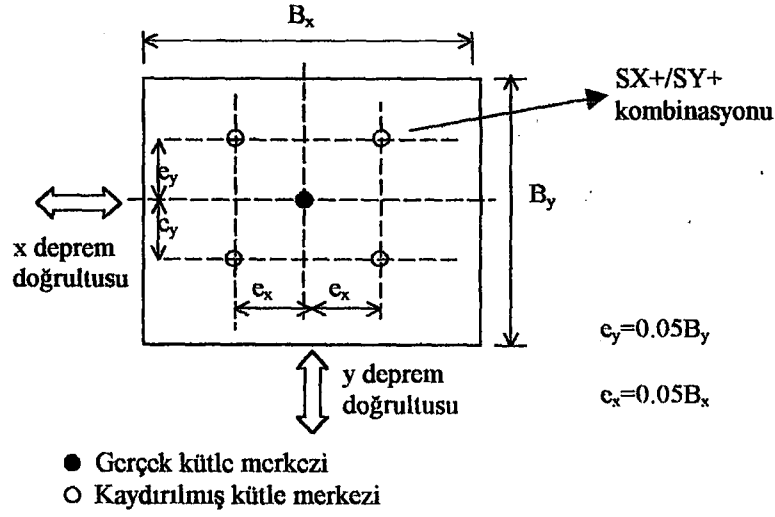
Çizelge 6.2'den görüldüğü gibi bu iki kabulün farklılığından dolayı etkin kütleler ve etkin kütle oranları oldukça farklı olmaktadır. Bu ise hesaba katılacak mod adedini etkileyebilmektedir.

TDY98 dinamik analiz yapılırken kütlelerin eksenler üzerinde $\pm\%5$ kaydırılarak buradan elde edilen modların katkılarının hesaba katılmasını istemektedir. Bu dört defa kaydırılmış kütlelerle Şekil.6.3' teki gibi (+ex, -ex, +ey, -ey) yapılan serbest titreşim analizinden elde edilen modların katkısıyla işlem

yapılmasını öngörmektedir. PROBİNA programı bu kaydırma işlemini yaparken dört farklı kombinasyon yapmakta ve her bir eksantrisiteli durum için hesapları tekrarlamaktadır, ancak kütlelerin kaydırılması işlemi farklı yorumlanmış olup, bu işlem hem x hem de y yönünde aynı anda yapılmaktadır. Yani PROBİNA programı dört kombinasyonu Şekil.6.4' teki gibi $SX+/SY+$, $SX-/SY-$, $SX+/SY-$, $SX-/SY+$ şeklinde yapmaktadır. Bu durumun açıkça görülebilmesi için PROBİNA programından dinamik analiz için elde edilen $SX+/SY+$, kombinasyonunun periyotları ile özdeğer analizi periyotları alınmış, benzer kombinasyonlar ANSYS ve SAP-2000 programlarıyla denenmiş ve sonuçlar karşılaştırılarak çizelgelerde verilmiştir.



Şekil 6.3. TDY98'e Göre Kaydırılmış Kütle Merkezleri



Şekil 6.4. PROBİNA Programının Kullandığı Kaydırılmış Kütle Merkezleri

Çizelge 6.3. Örnek 6.1.' in kütleleri kaydırılmadan yapılan serbest titreşim analizinden elde edilen periyotlar.

Mod No	ANSYS	PB-2000	SAP-2000
1	0.1549	0.1571	0.1572
2	0.1526	0.1549	0.1550
3	0.0820	0.0867	0.0845

Çizelge 6.4. Çizelge 6.3' teki modlara ait vektörler.

Mod No	Mod Vektörleri	ANSYS	PB-2000	SAP-2000
1	X	0.6311	0.6311	0.6311
	Y	0.00	0.00	0.00
	RotZ	0.00	0.00	0.00
2	X	0.00	0.00	0.00
	Y	0.6311	0.6311	0.6311
	RotZ	0.00	0.00	0.00
3	X	0.00	0.00	0.00
	Y	0.00	0.00	0.00
	RotZ	0.2820	0.2820	0.2820

Çizelge 6.5. Örnek 6.1.' in kütleleri her iki yönde de kaydırılarak oluşturulan SX+/SY+ kombinasyonuna ait serbest titreşim analizinden elde edilen periyotlar.

Mod No	ANSYS	PB-2000	SAP-2000
1	0.1554	0.1577	0.1577
2	0.1530	0.1554	0.1554
3	0.0815	0.0874	0.0840

Çizelge 6.6. Çizelge 6.5'teki modlara ait vektörler.

Mod No	Mod Vektörleri	ANSYS	PB-2000	SAP-2000
1	X	0.6183	0.6113	0.6159
	Y	-0.1216	-0.1431	-0.1330
	RotZ	-0.0151	0.0176	-0.0160
2	X	-0.1280	0.1450	-0.1340
	Y	0.6184	0.6135	0.6160
	RotZ	0.0117	-0.0127	0.0119
3	X	-0.0280	0.0323	0.0292
	Y	0.0323	-0.0372	-0.0336
	RotZ	-0.2813	-0.2770	0.2812

Çizelge 6.7. Örnek 6.1.' in kütleleri x yönünde kaydırılarak oluşturulan +ex kombinasyonu serbest titreşim analizinden elde edilen periyotlar.

Mod No	ANSYS	PB-2000	SAP-2000
1	0.1549	0.1571	0.1572
2	0.1531	0.1555	0.1555
3	0.0815	0.0871	0.0842

Çizelge 6.8. Çizelge 6.7'deki modlara ait vektörler.

Mod No	Mod Vektörleri	ANSYS	PB-2000	SAP-2000
1	X	0.6310	0.6311	0.6311
	Y	0.00	0.00	0.00
	RotZ	0.00	0.00	0.00
2	X	0.00	0.00	0.00
	Y	0.6230	0.6300	0.6302
	RotZ	0.0135	0.0165	0.0152
3	X	0.00	0.00	0.00
	Y	0.0145	0.0371	0.0340
	RotZ	-0.2816	-0.2792	-0.2816

Çizelgelerden görüleceği gibi sonuçlar birbirine oldukça yakındır. Ancak SX+/SY+ kombinasyonunda bütün modlarda her yönde hareket oluşmaktadır. PROBİNA programı dinamik analiz istendiğinde kütleleri her iki yönde aynı anda kaydırmaktadır. Kullanıcının bu konuda dikkatli olması ve elle **Kat Bilgileri Düzeltme Menüsü'**nden sırayla ex ve ey değerlerini sıfır olacak şekilde düzelterek bu kombinasyonları TDY98'e uygun olarak programa uygulatması ve sonuçları ona göre irdelemesi gerekmektedir. Ancak elle bu verileri düzeltme işi binadaki kat sayısının fazlalığıyla orantılı olarak oldukça zahmetli olabilmektedir.

PROBİNA programında sonuç dosyasında verilen kat ağırlıklarının yer çekimi ivmesinin sayısal değerine bölünmesiyle elde edilen kütle ile **Kat Bilgileri Düzeltme Menüsü'**nde verilen kütle değerleri birbirini tutmamaktadır.

PROBİNA programı kat kütlelerini hesaplarken sadece ölü yükten dolayı oluşan kütleleri göz önüne almaktadır.

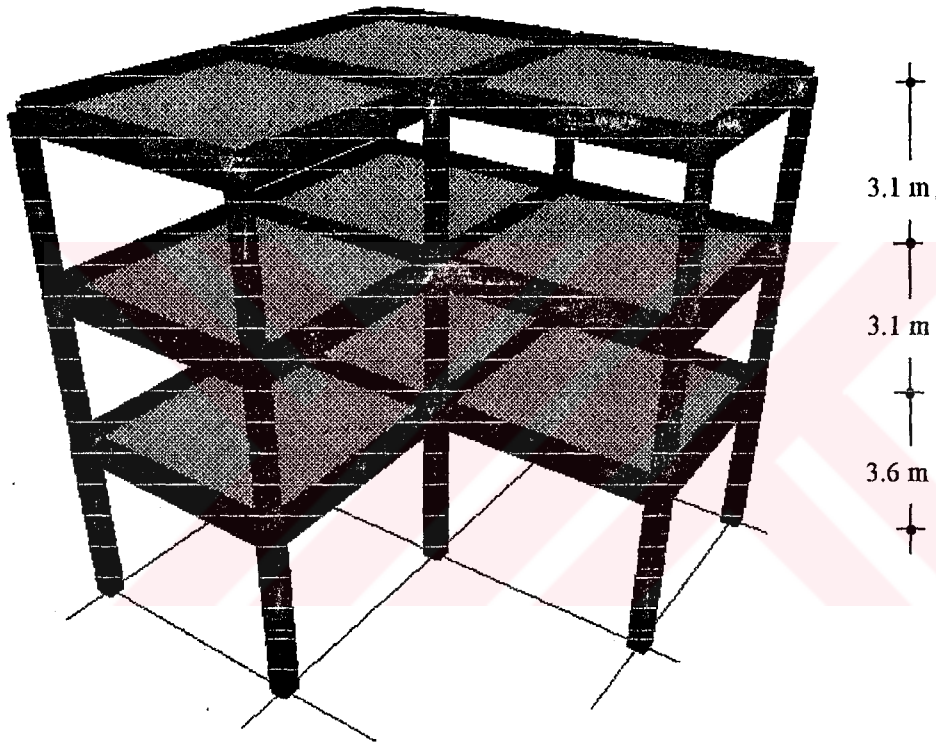
PROBİNA programının hesapladığı mod şekil vektörleri sayısal olarak yakın olmasına rağmen işaret farklılıkları vardır. Mod Birleştirme Yönteminde bu durum farklı kat deplasmanları bulunmasına sebep olmaktadır.

STA4-CAD programı ise, modal analiz periyotlarını x yönü y yönü olarak ayrı ayrı vermektedir. Mod birleştirme yöntemi ile çözüm yaparken, kütleye eksantrisine vermeden serbest titreşim analizi yapmaktadır. Ayrıca programdan mod vektörlerini 3 boyutlu olarak almak mümkün olmamaktadır. Programa hem eksantrisine değeri girilerek hem de girilmeden alınan periyot sonuçları aynı olmaktadır.

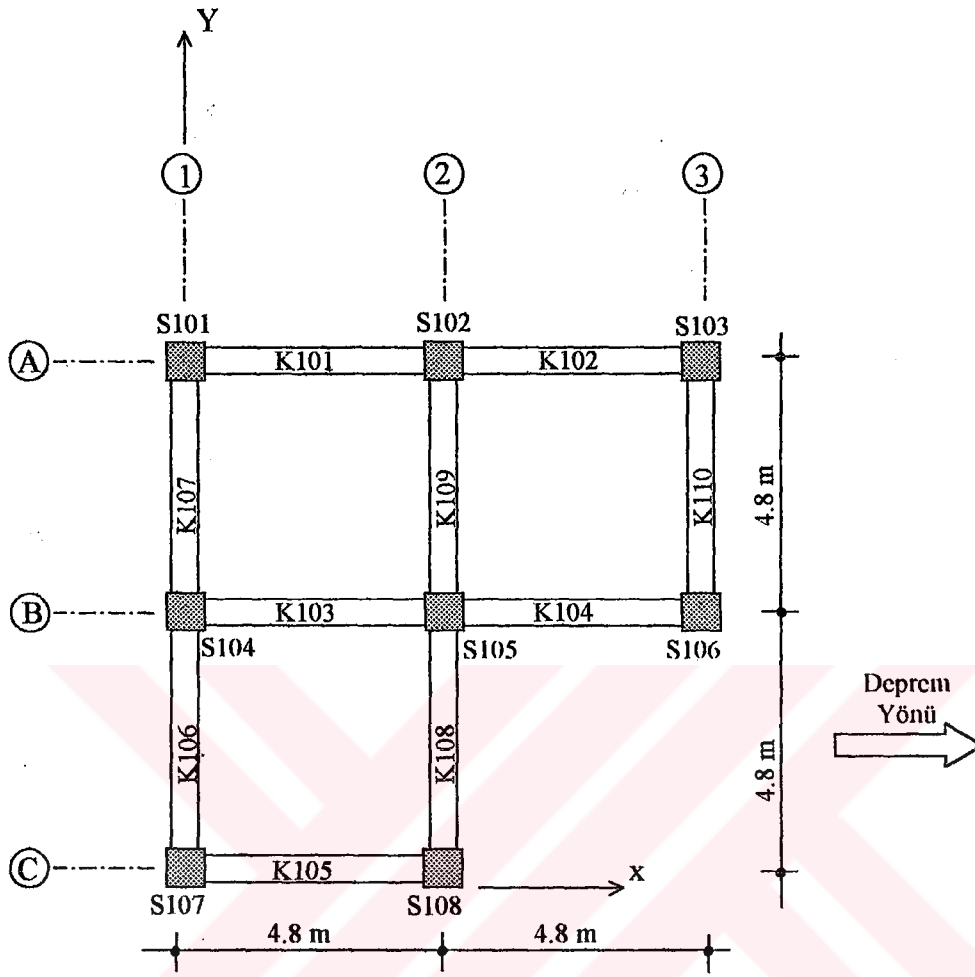
STA4-CAD kütleler kaydırılmadan yapılan serbest titreşim analizinden, her bir moddan gelen katkılarla katlar için atalet kuvvetlerini hesaplamakta ve daha sonra bu kuvvetler statik yükmiş gibi eksantrisine vererek, bulunan atalet kuvvetlerini kat kütle merkezlerine etkitmektedir. Dolayısıyla bu analiz daha çok statik analiz havasındadır.

6.2.2. Örnek 6.2.

Bu örnekte, Şekil 6.5 'te görölen betonarme çerçeveslerden oluşmuş ve daha önce Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile çözülmüş olan, 3 katlı yapı ele alınmaktadır. İlgili veri dosyaları ekteki diskette verilmektedir.



Şekil 6.5. Örnek 6.2.'e ait yapı.



Şekil 6.6. Örnek 6.2.'nin 1.kat kalıp planı.

Bina, Zemin ve Deprem Bilgileri

Kat sayısı	: 3 Normal Kat,
Bina türü	: Konut,
Taşıyıcı sistem türü	: Yerinde dökme betonarme çerçeveli sistem,
Deprem bölgesi	: 1'inci bölge,
Yerel Zemin Sınıfı	: Z3.

Sabit Yükler : $G_1 = 68.70$ tonHareketli Yükler : $q = 0.20$ ton /m² $G_2 = 68.70$ ton $q_{\text{katı}} = 0.15$ ton /m² $G_3 = 48.50$ ton**Tablo 6.1.** Örnek 6.2.'in kolon boyutları.

KAT NO	KOLON NO	BOYUT (X×Y)
1	Tüm kolonlar (S101-S108)	350 mm × 350 mm
2	Tüm kolonlar (S201-S208)	300 mm × 300 mm
3	S301, S305	300 mm × 300 mm
	S302, S307, S308	250 mm × 300 mm
	S303, S304, S306	300 mm × 250 mm

ANSYS, SAP-2000, STA4-CAD ve PB-2000 programlarında, tüm katlarda 250 × 500 mm dikdörtgen kesitli kirişler kullanılmıştır.

Kat ve Toplam Bina Ağırlıklarının Hesabı:

$$wg_i(\text{ton}) = G_i$$

$$\text{Kat alanı} = 3 \times 4.8 \times 4.8 = 69.12 \text{ m}^2$$

$$n = 0.30 \text{ (Hareketli yük katılım katsayısı)}$$

TDY98 Tablo 6.7

$$wq_i(\text{ton}) = n \times 69.12 \times q_i$$

$$w_i(\text{ton}) = wg_i(\text{ton}) + wq_i(\text{ton})$$

Çizelge 6.9. Örnek 6.2.'in kat ağırlıklarını oluşturan bileşenler.

Kat No	$w_{gi}(\text{ton})$				$w_{qi}(\text{ton})$			
	ANSYS	PB-2000	STA4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000	STA4	SAP-2000
3	48.50	48.02	48.49	48.50	10.368	10.38	10.33	10.368
2	68.70	68.95	68.85	68.70	13.824	13.78	13.82	13.824
1	68.70	68.95	68.74	68.70	13.824	13.78	13.83	13.824

$w_{gi}(\text{ton})$: Kat ağırlığına etki eden ölü yük bileşeni(g_i)

$w_{qi}(\text{ton})$: Kat ağırlığına etki eden hareketli yük bileşeni($n \times 69.12 \times q_i$)

Çizelge 6.10. Örnek 6.2.'in çözümünde kullanılan kat ağırlıkları.

Kat No	$w_i(\text{ton}) = w_{gi}(\text{ton}) + w_{qi}(\text{ton})$			
	ANSYS	PB-2000	STA4	SAP-2000
3	51.6104	52.130	51.588	51.6104
2	72.8472	73.080	72.996	72.8472
1	72.8472	73.080	72.892	72.8472
Σw_i	197.3048	198.30	197.475	197.3048

Çizelge 6.10.'da görüldüğü üzere, kat ağırlıkları birbirine yakın alınmaya çalışılmıştır.

Çizelge 6.11. Örnek 6.2.'e ait kat kütle eylemsizlik momentleri

Kat No	m_i				$m\theta_i (mr^2)$			
	ANSYS	PB-2000	STA4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000	STA4	SAP-2000
3	5.2610	5.3140*	5.2587	5.2610	74.07490	114.0640	74.04272	74.07490
2	7.4258	7.4495*	7.4410	7.4258	104.5554	159.1250	104.7690	104.5554
1	7.4258	7.4495*	7.4304	7.4258	104.5554	159.1250	104.6197	104.5554
M_T	20.1126	20.2130	20.1300	20.1126				

Burada yıldızla işaretli kütleler kat ağırlıklarının yer çekimi ivmesine bölünmesiyle elde edilen değerlerdir. PROBİNA programında **Kat Bilgileri Düzeltme Menüsü'**nde bu değerler üçüncü kattan itibaren $4.996 \text{ t s}^2/\text{m}$, $7.029 \text{ t s}^2/\text{m}$, $7.029 \text{ t s}^2/\text{m}$ olarak görülmektedir. Bu durum PROBİNA programının kütleyi hesaplarken hareketli yükü hesaba katmaması sonucu oluşmaktadır.

Kat kütleleri ANSYS ve SAP-2000 programlarında, +%5 kaydırılmış kütle merkezlerinde tanımlanmış ve yapının serbest titreşim analizi yapılarak aşağıdaki periyotlar bulunmuştur. PROBİNA programında ise örnekte ey bileşeni sıfır alınarak SX+ ve SX- kombinasyonları oluşturulmuştur. SX+/SY+ kombinasyonu ise PROBİNA programındaki standart dört kombinasyon halinden biridir.

Çizelge 6.12. Örnek 6.2.'e ait titreşim periyotları

MOD	1	2	3	4	5	6	7
ANSYS	0.5460	0.5400	0.3730	0.1950	0.1930	0.1390	0.1270
PB-2000 (SX+)	0.5531	0.5322	0.4647	0.1954	0.1905	0.1737	0.1270
PB-2000 (SX+/SY+)	0.5485	0.5322	0.4588	0.1990	0.1906	0.1714	0.1283
STA4	0.5479	0.5452	0.3846	0.2049	0.2030	0.1458	0.1287
SAP-2000	0.5520	0.5457	0.3732	0.1970	0.1942	0.1321	0.1288

Çizelge 6.12. incelendiğinde dört programın da periyotları birbirine yakın bulunduğu görülmektedir. m0 değerindeki farklılıktan dolayı 3 ve 6. periyotlar Probina'da farklı elde edilmiştir.

Çizelge 6.13. Örnek 6.2.'ye ait etkin kütle oranları

Mod	Kümülatif Oran				
	ANSYS	PB-2000 (SX+)	PB-2000 (SX+/SY+)	STA4	SAP-2000
1	0.8424	0.7881	0.4764	0.8650	0.8373
2	0.8553	0.8090	0.7921	0.8650	0.8566
3	0.8724	0.8719	0.8723	0.8650	0.8736
4	0.9667	0.9490	0.9074	0.9638	0.9613
5	0.9668	0.9494	0.9558	0.9638	0.9667
6	0.9682	0.9687	0.9687	0.9638	0.9684
7	0.9985	0.9934	0.9849	1.0004	0.9966

Kümülatif oran değerlerinin verildiği yukarıdaki Çizelge 6.13. incelendiğinde, sonuçların yakın çıktığı görülmektedir. ANSYS, SAP-2000, PB-2000 ve STA4-CAD için ilk dört modun yeterli olduğu görülmektedir. Çözümde ANSYS, SAP-2000, PB-2000 de ilk 4 mod göz önüne alınmıştır. STA4-CAD programında ise ilk 8 mod kullanılarak çözüm yapılmıştır. PROBİNA' da ise SX+ ve SX+/SY+ kombinasyonları arasındaki ilk periyoda ait fark dikkat çekicidir.

Analizi yapılan bina, süneklik düzeyi yüksek sistem kabul edilmiştir. Bina sadece çerçevelerden oluştuğu ve birinci derece deprem bölgesinde bulunduğundan, TDY98 Tablo 6.5.'e bakıldığında, Yapı Davranış Katsayısı R 'nin 8 alınacağı görülmektedir.

Yerel zemin sınıfı Z3 olduğundan, TDY98 Tablo 6.4.'e bakıldığında Spektrum karakteristik periyotları $T_A=0.15s$ ve $T_B=0.60s$ olarak elde edilmektedir.

Binanın serbest titreşim periyotları yukarıda tespit edilen Spektrum karakteristik periyotları ışığında gerekli her bir mod incelenmiştir. Her bir mod için Spektrum Katsayıları TDY98 Denk 6.2'ye göre bulunmuştur.

Binanın serbest titreşim periyotları Yapı Davranış Katsayısı R ve T_A 'ya göre incelenirse TDY98 Denk 6.3b'ye uygun olduğu görülmektedir. Her mod için Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı $R_a(T_r)=8$ olduğu görülmektedir.

Bina birinci deprem bölgesinde olduğundan TDY98 Tablo 6.2'ye göre Etkin Yer İvmesi $A_0=0.40$ ve bina konut olduğundan dolayı da TDY98 Tablo 6.3'e göre Bina Önem Katsayısı $I=1$ değerleri kullanılarak her mod için Spektral İvme Katsayısı $A(T_r)$ TDY98 Denk 6.1 kullanılarak bulunmuştur

Yukarıda elde edilen değerlerle herhangi bir r 'inci titreşim modunda göz önüne alınacak ivme spektrumu ordinatı TDY98 Denk 6.15 ile bulunmuştur.

Çizelge 6.14. Örnek 6.2.'e ait katsayılar.

Mod	Periyot(T)				ANSYS, PB-2000, STA4, SAP-2000			
	ANSYS	PB-2000 (SX+)	STA4	SAP-2000	S(T)	$R_a(T_r)$	$A(T_r)$	$S_{pa}(T_r)$
		PB-2000 (SX+/SY+)						
1	0.5460	0.5431	0.5479	0.5520	2.5	8	1	1.226
		0.5485						
2	0.5400	0.5322	0.5452	0.5459	2.5	8	1	1.226
		0.5322						
3	0.3730	0.4647	0.3846	0.3732	2.5	8	1	1.226
		0.4588						
4	0.1950	0.1954	0.2049	0.1969	2.5	8	1	1.226
		0.1990						

Hesaba katılacak mod sayısına göre yapının spektrum analizi yapılarak mod katkıları birleştirilmiştir. Mod katkılarının birleştirilmesi için dört programda “Tam Karesel Birleştirme(CQC)” yöntemi kullanılmaktadır.

Çizelge 6.15. Örnek 6.2.’e ait Taban Kesme Kuvvetleri.

Taban Kesme Kuvveti	ANSYS	PB-2000 (SX+)	PB-2000* (SX+/SY+)	STA4	SAP-2000
V_{tB}	21.320	19.434	18.757	21.538	21.321
V_t	24.663	24.788	24.788	24.684	24.663

*PROBİNA programı en büyük CQC değerini alıp işlem yaptığı için buraya alınan değeri değil daha büyük bir değer olan (SX-/SY-) değerini kullanarak işleme devam etmektedir.

Çizelge 6.15.’ten taban kesme kuvvetlerinin (V_{tB}) PROBİNA hariç, diğer programlarda yakın çıktığı görülmektedir.

TDY98 6.8.5’de belirtilen durum olduğundan Mod Birleştirme Yöntemi’ne göre bulunan tüm iç kuvvetler ve deplasmanlar $\beta=0.90$ alınarak TDY98 Denk 6.18 ile çarpılarak büyütülmüştür. PROBİNA bu aşamadan sonra A1, B2, B3 kontrollerini yapmaktadır. Burada PROBİNA düzensizlik tespit ettiği için β katsayısını 1.00 almış ve ona göre analizlerde büyütme yapmıştır. Sonuç dosyasına büyütülmüş sonuçlar yazılmaktadır. Çalışmanın seyrine ve Mod Birleştirme Yöntemi’nin adımlarına göre PROBİNA’ dan alınan değerler küçültülerek ($\beta=0.90$ alınarak) karşılaştırmalar yapılmıştır. Düzensizlik tespit edildiğinde ise tekrar $\beta=1.00$ alınarak işlemlere devam edilmiştir.

Çizelge 6.16. Örnek 6.2.'e ait iç kuvvet ve deplasmanları büyütme katsayısı.

$(\beta \times V_i / V_{ib})$				
ANSYS $\beta=0.90$	PB-2000 (SX+) $\beta=0.90$	PB-2000 (SX+/SY+) $\beta=0.90$	STA4 $\beta=0.90$	SAP-2000 $\beta=0.90$
1.0411	1.1480	1.1894	1.0315	1.0411

PROBİNA programı, en elverişsiz kombinasyonu seçmektedir, elverişsiz kombinasyonlar kullanılarak hesaplamalar yapılmaktadır. Aşağıda, dinamik çözüm sonrası kontroller ve deplasmanlar verilmektedir.

Çizelge 6.17. Örnek 6.2.'e ait burulma düzensizliği kontrolü (A1) ve yumuşak kat düzensizliği kontrolü(B2),

Kat No	$(d_i)_{max}$				$(d_i)_{min}$			
	ANSYS	PB-2000 (SX+)	S T A 4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000 (SX+)	S T A 4	SAP-2000
		PB-2000 (SX+/SY+)				PB-2000 (SX+/SY+)		
3	0.01379	0.01380 0.01393	0.01457	0.01409	0.00960	0.00678 0.00794	0.01137	0.00982
2	0.01050	0.01042 0.01053	0.01031	0.01075	0.00726	0.00521 0.00544	0.00847	0.00749
1	0.00502	0.00496 0.00500	0.00489	0.00515	0.00346	0.00249 0.00260	0.00401	0.00357

Probina'dan elde edilen $(d_i)_{min}$ değerlerinin oldukça farklı olduğu görülmektedir.

Çizelge 6.17'nin Devamı,

Kat No	$(\Delta_i)_{max}$				$(\Delta_i)_{min}$			
	ANSYS	PB-2000 (SX+)	S T A 4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000 (SX+)	S T A 4	SAP-2000
		PB-2000 (SX+/SY+)				PB-2000 (SX+/SY+)		
3	0.00329	0.00338	0.00426	0.00333	0.00233	0.00157	0.00290	0.00233
		0.00340				0.00165		
2	0.00548	0.00546	0.00542	0.00560	0.00380	0.00272	0.00446	0.00391
		0.00553				0.00284		
1	0.00502	0.00496	0.00489	0.00515	0.00346	0.00249	0.00401	0.00357
		0.00500				0.00260		

Çizelge 6.17'nin Devamı,

Kat No	$(\Delta_i)_{ort}$				η_{bi}			
	ANSYS	PB-2000 (SX+)	S T A 4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000 (SX+)	S T A 4	SAP-2000
		PB-2000 (SX+/SY+)				PB-2000 (SX+/SY+)		
3	0.00281	0.00247	0.00358	0.00283	1.17	1.36	1.19	1.17
		0.00253				1.32		
2	0.00464	0.00409	0.00494	0.00476	1.18	1.33	1.10	1.18
		0.00419				1.32		
1	0.00424	0.00373	0.00445	0.00436	1.18	1.33	1.10	1.18
		0.00380				1.32		

Çizelge 6.17'nin Devamı.

Kat No	η_{ki}			
	ANSYS	PB-2000 (SX+)	STA4	SAP-2000
		PB-2000 (SX+/SY+)		
3	-	-	-	-
		-		
2	1.65	1.65	1.38	1.68
		1.66		
1	0.91	0.91	0.90	0.92
		0.91		

Binada A1 düzensizliğine sadece PROBİNA programında rastlanmaktadır, B2 düzensizliği ise STA4-CAD haricinde üç program tarafından da tespit edilmiştir. TDY98 6.8.5'de belirtilen durum olduğundan Mod Birleştirme Yöntemi'ne göre bulunan tüm iç kuvvetler ve deplasmanlar $\beta=0.90$ yerine $\beta=1.00$ kullanılarak TDY98 Denk 6.18 ile çarpılarak büyütülmüştür. Burada PROBİNA programının diğer programlardan uzak sonuç vermesinin sebebi kat hizalarında bulduğu minimum deplasman değerlerin çok farklı olmasıdır. Bu durumun, Örnek 6.1'de açıklandığı gibi, mod vektörlerindeki farklılıklardan olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 6.18. Örnek 6.2.'e ait iç kuvvet ve deplasmanları büyütme katsayısı($\beta=1.00$)

$(\beta \times V_i / V_{iB})$				
ANSYS	PB-2000 (SX+)	PB-2000 (SX+/SY+)	STA4	SAP-2000
1.157	1.280	1.3215	-	1.157

Çizelge 6.19. Örnek 6.2.'e ait görelî kat ötelemeleri kontrolü

Kat No	h_i	$(\Delta_i)_{max}$				$(\Delta_i)_{max}/h_i$			
		ANSYS	PB-2000 (SX+)	STA 4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000 (SX+)	STA 4	SAP-2000
			PB-2000 (SX+SY+)				PB-2000 (SX+SY+)		
3	3.1	0.00366	0.00338	0.00426	0.00370	0.00118	0.00121	0.00138	0.00119
			0.00378				0.00122		
2	3.1	0.00608	0.00546	0.00542	0.00622	0.00197	0.00197	0.00175	0.00201
			0.00615				0.00198		
1	3.6	0.00558	0.00496	0.00489	0.00573	0.00155	0.00154	0.00136	0.00159
			0.00555				0.00154		

$$(\Delta_i)_{max}/h_i \leq 0.0035$$

$$(\Delta_i)_{max}/h_i \leq 0.02/R = 0.0025$$

Herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yer değiştirme farkını ifade eden görelî kat ötelenmesinin sınırları TDY98 Denk 6.20'de belirtilen yukarıdaki şartlardan elverişsiz olana göre incelenir. Çizelge 6.21'de görüldüğü üzere Örnek 6.2 için ANSYS, SAP-2000, PB-2000 ve STA4-CAD programları sonuçlarına göre bu kontrolde sınır değerler aşılmamıştır.

Çizelge 6.20. Örnek 6.2. için ikinci mertbe etkilerinin kontrolü (θ_i),

Kat No	w_i				$\sum_{j=1}^N w_j$			
	ANSYS	PB-2000	STA 4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000	STA 4	SAP-2000
3	51.6104	52.1340	51.588	51.6104	51.6104	52.1340	51.588	51.6104
2	72.8472	73.0840	72.996	72.8472	124.4576	125.2180	124.584	124.4576
1	72.8472	73.0840	72.892	72.8472	197.3048	198.3020	197.476	197.345

Çizelge 6.20.'nin Devamı,

Kat No	$(\Delta_i)_{ort}$				V_i			
	ANSYS	PB-2000 (SX+)	S T A 4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000 (SX+)	S T A 4	SAP-2000
		PB-2000 (SX+/SY+)				PB-2000 (SX+/SY+)		
3	0.00312	0.00276	0.00358	0.00315	9.93079	9.69344	9.095	9.88888
		0.00281				9.66410		
2	0.00516	0.00456	0.00494	0.00529	19.5139	19.4509	17.784	19.7338
		0.00465				19.8727		
1	0.00471	0.00415	0.00445	0.00485	24.6631	24.3520	22.207	24.6672
		0.00422				24.7874		

Çizelge 6.20.'nin Devamı,

Kat No	h_i	θ_i			
		ANSYS	PB-2000 (SX+)	STA4	SAP-2000
			PB-2000 (SX+/SY+)		
3	3.1	0.00524	0.00478	0.00655	0.00530
			0.00488		
2	3.1	0.01062	0.00947	0.01116	0.01076
			0.00946		
1	3.6	0.01176	0.00940	0.01277	0.01077
			0.00937		

TDY98 Denk 6.21'e göre her bir kat için bulunan ikinci merteye etkileri $\theta_i < 0.12$ 'den küçük olmak zorundadır. Çizelge 6.20'de görüldüğü gibi ANSYS, SAP-2000, PB-2000 ve STA4-CAD programlarının sonuçları TDY98'in istediği şartı sağlamaktadır. PROBİNA programı bu kontrolü yaparken büyütülmüş

deplasmanları kullanmakta, ancak kat kesme kuvveti olarak ise büyütülmemiş kat kesme kuvvetlerini almaktadır. Buradaki kat kesme kuvvetleri direkt program çıktısı değil, elle büyütülmüş değerlerdir.

Çizelge 6.21. Örnek 6.2' ye ait 1.kat kolon kesme kuvvetleri
(Deprem yönü x),

Kolon No	V _x (ton)				
	ANSYS	PB 2000 (SX+)	PB 2000(SX+/SY+)	STA4-CAD	SAP 2000
S101	3.29	3.45	3.49	2.78	3.29
S102	4.28	4.49	4.55	3.56	4.29
S103	3.28	3.45	3.49	2.76	3.29
S104	2.75	2.69	2.76	2.50	2.76
S105	3.59	3.52	3.61	3.22	3.60
S106	2.74	2.69	2.76	2.48	2.74
S107	2.35	2.26	2.35	2.32	2.36
S108	2.38	2.26	2.35	2.39	2.40

Çizelge 6.22. Örnek 6.2' ye ait 1.kat kolon moment değerleri
(Deprem yönü x),

Kolon No	M _{xAlt} (ton m)				
	ANSYS	PB 2000 (SX+)	PB 2000 (SX+/SY+)	STA4-CAD	SAP 2000
S101	7.01	7.39	7.50	5.93	7.05
S102	8.21	8.62	8.74	6.85	8.22
S103	7.01	7.39	7.50	5.91	7.04
S104	5.88	5.77	5.93	5.36	5.92
S105	6.89	6.75	6.94	6.20	6.91
S106	5.86	5.77	5.93	5.34	5.90
S107	4.93	4.74	4.95	4.90	4.97
S108	4.97	4.74	4.95	4.98	5.02

Çizelge 6.22'nin Devamı, Örnek 6.2' ye ait 1.kat kolon moment değerleri
(Deprem yönü x),

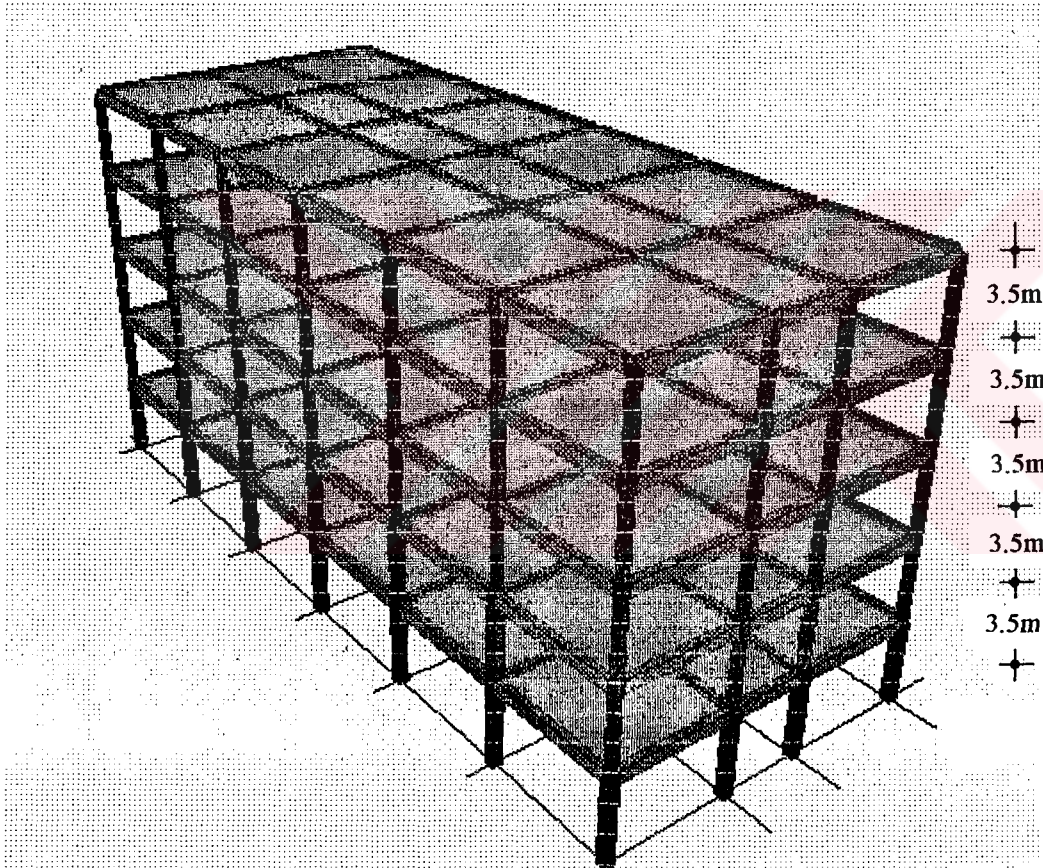
Kolon No	M _{xÜst} (ton m)				
	ANSYS	PB 2000 (SX+)	PB 2000 (SX+/SY+)	STA4-CAD	SAP 2000
S101	4.83	5.02	5.09	4.07	4.81
S102	7.21	7.54	7.64	5.95	7.21
S103	4.82	5.02	5.08	4.04	4.79
S104	4.03	3.91	4.01	3.66	4.02
S105	6.05	5.91	6.08	5.37	6.04
S106	3.99	3.91	4.01	3.61	1.51
S107	3.53	3.39	3.52	3.45	3.53
S108	3.60	3.39	3.52	3.62	3.62

Çizelge 6.21 ve Çizelge 6.22 incelendiğinde bulunan kesit tesirlerinin, deplasmanlardaki farklılığa rağmen, birbirine yakın olduğu görölmektedir. Ancak STA4-CAD programı, A1 ve B2 kontrollerinde düzensizlik tespit etmediği için kesit tesirleri de deplasmanlarda olduğu gibi büyütölmeden ($\beta=0.90$ alınarak) kullanıcıya sunulmakta ve bu bilgileri donatılandırma aşamasında da aynen kullanılmaktadır.

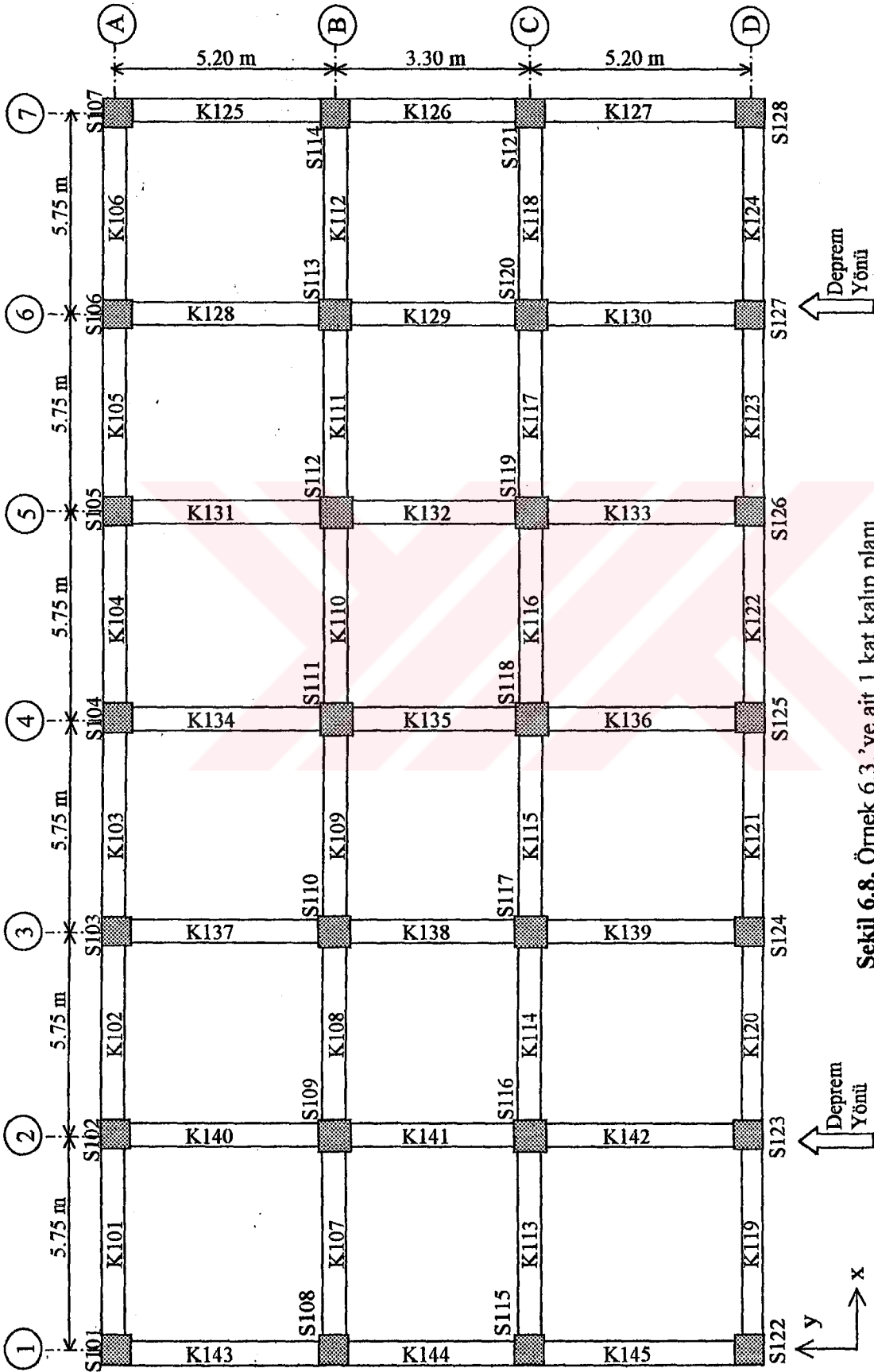


6.2.3. Örnek 6.3.

Bu örnekte, Şekil 6.7 'de görölen betonarme çerçeveslerden oluşmuş ve daha önce Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile Çözölmüş olan, 5 katlı bir yapı ele alınmaktadır. İlgili veri dosyaları ekteki diskette verilmektedir.



Şekil 6.7. Örnek 6.3.'e ait yapı.



Şekil 6.8. Örnek 6.3.'ye ait 1.kat kalıp planı

Bina, Zemin ve Deprem Bilgileri

Kat sayısı : 5 Normal Kat,
 Bina Tipi : Konut,
 Taşıyıcı sistem türü : Yerinde dökme betonarme çerçeveli sistem,
 Deprem bölgesi : 1'inci bölge,
 Yerel Zemin Sınıfı : Z2.

Tablo 6.2. Örnek 6.3.'ün kolon boyutları.

KAT NO	KOLON NO	BOYUT (X×Y)
1	S101~S108, S114, S115, S121~S128	400 mm × 400 mm
	S109~S113, S116~S120	450 mm × 450 mm
2	S202~S206, S209~S213, S216~S220, S223~S227	400 mm × 400 mm
	S201, S207, S208, S214, S215, S221, S222, S228	300 mm × 300 mm
3	S301~S308, S314, S315, S321~S328	300 mm × 300 mm
	S309~S313, S316~S320	400 mm × 400 mm
4	Tüm kolonlar (S401~S428)	300 mm × 300 mm
5	Tüm kolonlar (S501~S528)	300 mm × 300 mm

ANSYS, SAP-2000, STA4-CAD ve PB-2000 programları kullanılarak yapılan çözümlerde, tüm katlarda 300×500 mm dikdörtgen kesitli kirişler kullanılmıştır.

Çizelge 6.23. Örnek 6.3.'ün kat ağırlıkları.

Kat No	$w_i(\text{ton}) = w_{gi}(\text{ton}) + w_{qi}(\text{ton})$			
	ANSYS	PB-2000	STA4	SAP-2000
5	344.88	344.51	344.93	344.88
4	599.58	599.55	599.84	599.58
3	599.58	599.55	599.22	599.58
2	599.58	599.55	599.80	599.58
1	599.58	599.55	599.55	599.58
Σw_i	2743.20	2742.71	2743.54	2743.20

Çizelge 6.23.'de görüldüğü üzere, dört programda da kat ağırlıkları birbirine yakın alınmaya çalışılmıştır.

Çizelge 6.24. Örnek 6.3.'e ait kat kütle eylemsizlik momentlerinin hesabı.

Kat No	m_i				$m\theta_i \text{ (mr}^2\text{)}$			
	ANSYS	PB-2000	STA4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000	STA4	SAP-2000
5	35.156	35.118	35.1611	35.156	4036.90	4085.72	4037.54	4036.90
4	61.119	61.116	61.1458	61.119	7018.22	6919.41	7021.37	7018.22
3	61.119	61.116	61.0826	61.119	7018.22	6919.41	7014.11	7018.22
2	61.119	61.116	61.1417	61.119	7018.22	6919.41	7020.90	7018.22
1	61.119	61.116	61.1162	61.119	7018.22	6919.41	7017.97	7018.22
M_T	279.632	279.580	279.668	279.632				

Çizelge 6.24'te PROBİNA' dan alınan kütleler kat ağırlıklarının yer çekimi ivmesine bölünmesiyle elde edilen değerlerdir.

Kat kütleleri ANSYS ve SAP-2000 programlarında, +%5 kaydırılmış kütle merkezlerinde tanımlanmış ve yapının serbest titreşim analizi yapılarak aşağıdaki periyotlar bulunmuştur. PROBİNA programında ise örnekte ex bileşeni sıfır alınarak SY+ ve SY- kombinasyonları oluşturulmuştur. SX+/SY+ kombinasyonu ise PROBİNA programındaki standart dört kombinasyon halinden biridir.

Çizelge 6.25. Örnek 6.3.'e ait titreşim periyotları(s).

Mod	1	2	3	4	5	6	7
ANSYS	1.1870	1.1430	0.9900	0.4380	0.4230	0.3580	0.2640
PB-2000 (SY+)	1.1537	1.0900	0.9914	0.4240	0.4032	0.3616	0.2562
PB-2000 (SX+/SY+)	1.1608	1.0898	0.9873	0.4262	0.4033	0.3602	0.2579
STA4-	1.1561	1.1541	1.0462	0.4278	0.4291	0.3741	0.2589
SAP-2000	1.1724	1.1430	0.9463	0.4354	0.4237	0.3447	0.2621

Çizelge 6.25. incelendiğinde STA4-CAD ve PROBİNA' nın bulduğu periyotların, ANSYS ve SAP-2000 programlarında bulunan periyotlardan bir miktar farklı olduğu görülmektedir.

Çizelge 6.26. Örnek 6.3.'e ait etkin kütle oranları.

Mod	Kümülatif Oran				
	ANSYS	PB-2000 (SY+)	PB-2000 (SX+/SY+)	STA4	SAP-2000
1	0.6212	0.5061	0.4282	0.7774	0.6868
2	0.6212	0.5061	0.5356	0.7774	0.6868
3	0.7761	0.7772	0.7772	0.7774	0.7761
4	0.8849	0.8697	0.8568	0.9028	0.8911
5	0.8849	0.8697	0.8729	0.9028	0.8911
6	0.9014	0.9020	0.9020	0.9028	0.9017
7	0.9319	0.9274	0.9112	0.9028	0.9336

Kümülatif oran değerlerinin incelenmesinden, ANSYS, SAP-2000, PB-2000 için ilk 6, STA4-CAD için ise ilk 4 modun toplamının 0.90'ı geçtiği görülmektedir. STA4-CAD burada, 14 modun etkisini dikkate almaktadır. Ancak PROBİNA' da hesaplanan kümülatif oran değerlerinin ilk iki mod için bir miktar farklı olduğu göze çarpmaktadır.

Analizi yapılan bina, süneklik düzeyi yüksek sistem kabul edilmiştir. Sadece çerçevelerden oluştuğu ve birinci derece deprem bölgesinde bulunduğundan, TDY98 Tablo 6.5.'e bakıldığında, Yapı Davranış Katsayısı R 'nin 8 alınacağı görülmektedir.

Yerel zemin sınıfı Z2 olduğundan, TDY98 Tablo 6.4.'e bakıldığında Spektrum karakteristik periyotları $T_A=0.15s$ ve $T_B=0.40s$ olarak elde edilmektedir.

Binanın serbest titreşim periyotları yukarıda tespit edilen Spektrum karakteristik periyotları ışığında gerekli her bir mod incelenmiştir. Her bir mod için Spektrum Katsayıları TDY98 Denk 6.2'ye göre bulunmuştur.

Çizelge 6.27. Örnek 6.3.'e ait spektrum katsayılarının tespiti.

Mod	Periyot(T)				S(T)			
	ANSYS	PB-2000 (SY+)	S T A 4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000 (SY+)	S T A 4	SAP-2000
		PB-2000 (SX+/SY+)				PB-2000 (SX+/SY+)		
1	1.1870	1.1537	1.1561	1.1724	1.047	1.071	1.0695	1.058
		1.1608				1.066		
2	1.1430	1.0900	1.1541	1.1430	1.079	1.121	1.0710	1.079
		1.0898				1.121		
3	0.9900	0.9914	1.0462	0.9463	1.211	1.209	1.1585	1.255
		0.9873				1.213		
4	0.4380	0.4240	0.4278	0.4354	2.325	2.386	2.3692	2.336
		0.4262				2.376		
5	0.4230	0.4032	0.4291	0.4237	2.391	2.484	2.3634	2.387
		0.4033				2.484		
6	0.3580	0.3616	0.3741	0.3447	2.5	2.5	2.5	2.5
		0.3602				2.5		

Binanın serbest titreşim periyotları, Yapı Davranış Katsayısı R ve T_A 'ya göre incelenirse TDY98 Denk 6.3b'ye uygun olduğu görülmektedir. Her mod için Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı $R_a(T_r)=8$ olduğu görülmektedir.

Bina, birinci deprem bölgesinde olduğundan TDY98 Tablo 6.2'ye göre Etkin Yer İvmesi $A_0=0.40$ ve bina konut olduğundan dolayı da TDY98 Tablo 6.3'e göre Bina Önem Katsayısı $I=1$ değerleri kullanılarak her mod için Spektral İvme Katsayısı $A(T_r)$ TDY98 Denk 6.1 kullanılarak bulunmuştur. Elde edilen değerlerle herhangi bir r 'inci titreşim modunda, ivme spektrumu ordinatı TDY98 Denk 6.15 ile bulunmaktadır.

Çizelge 6.28. Örnek 6.3.'e ait spektral ivme değerleri ve ivme spektrum ordinatı.

Mod	$A(T_r)$				$S_{pa}(T_r)$			
	ANSYS	PB-2000 (SY+)	S T A 4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000	S T A 4	SAP-2000
		PB-2000 (SX+/SY+)				PB-2000 (SX+/SY+)		
1	0.4189	0.4285 0.4264	0.4278	0.423	0.5137	0.5255 0.5229	0.5246	0.5188
2	0.4367	0.4484 0.4485	0.4284	0.4317	0.5293	0.5499 0.5500	0.5253	0.5294
3	0.4843	0.4838 0.4854	0.4634	0.5021	0.5939	0.5932 0.5952	0.5682	0.6157
4	0.9295	0.9545 0.9505	0.9477	0.9344	1.1398	1.1704 1.1656	1.1621	1.1458
5	0.9556	0.9936 0.9934	0.9454	0.955	1.1718	1.2185 1.2182	1.1593	1.1711
6	1	1 1	1	1	1.2263	1.2263 1.2263	1.2263	1.2263

Bu örnekte, mod katkılarının birleştirilmesi için, dört programda “Tam Karesel Birleştirme (CQC)” yöntemi kullanılmıştır.

Çizelge 6.29. Örnek 6.3.'e ait Taban Kesme Kuvvetleri.

Kesme Kuvveti	ANSYS	PB-2000 (SY+)	PB-2000 (SX+/SY+)	STA4	SAP-2000
V_{tB} (ton)	116.310	93.401	92.178	123.648	116.660
V_t (ton)	148.569	147.580	146.630	146.915	148.554

ANSYS ve SAP-2000 sonuçlarının çok yakın olduğu görülmektedir. Ancak PROBİNA' da V_{tB} için elde edilen değerin farklılığı dikkat çekmektedir.

TDY98 6.8.5'de belirtilen durum olduğundan Mod Birleştirme Yöntemi'ne göre bulunan tüm iç kuvvetler ve deplasmanlar $\beta=0.90$ alınarak TDY98 Denk 6.18 ile çarpılarak büyütülmüştür. PROBİNA bu aşamadan sonra A1, B2, B3 kontrollerini yapmaktadır. Burada PROBİNA düzensizlik tespit ettiği için β katsayısını 1.00 almış ve ona göre analizlerde büyütme yapmıştır. Sonuç dosyasına büyütülmüş sonuçlar yazılmaktadır. Çalışmanın seyrine ve Mod Birleştirme Yöntemi'nin adımlarına göre PROBİNA' dan alınan değerler küçültülerek ($\beta=0.90$ alınarak) karşılaştırmalar yapılmıştır. Düzensizlik tespit edildiğinde ise tekrar $\beta=1.00$ alınarak işlemlere devam edilmiştir.

Çizelge 6.30. Örnek 6.3.'e ait iç kuvvet ve deplasmanları büyültme katsayısı($\beta=0.90$).

$(\beta \times V_t / V_{tB})$				
ANSYS	PB-2000 (SY+)	PB-2000 (SX+/SY+)	STA4	SAP-2000
1.1496	1.4220	1.4310	1.0693	1.1460

Çizelge 6.31. Örnek 6.3.'e ait burulma düzensizliği kontrolü (A1) ve yumuşak kat düzensizliği kontrolü(B2),

Kat No	$(d_i)_{max}$				$(d_i)_{min}$			
	ANSYS	PB-2000 (SY+)	S T A 4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000 (SY+)	S T A 4	SAP-2000
		PB-2000 (SX+/SY+)				PB-2000 (SX+/SY+)		
5	0.03828	0.03413 0.03309	0.03411	0.03730	0.01997	0.00047 0.00102	0.02241	0.01868
4	0.03399	0.03030 0.02938	0.02948	0.03305	0.01765	0.00021 0.00070	0.01922	0.01649
3	0.02489	0.02225 0.02156	0.02069	0.02401	0.01265	-0.00030 0.00011	0.01321	0.01185
2	0.01532	0.01367 0.01326	0.01264	0.01479	0.00785	$3.20 \cdot 10^{-5}$ 0.00025	0.00815	0.00733
1	0.00556	0.00495 0.00480	0.00469	0.00544	0.00292	0.00019 0.00026	0.00311	0.00274

Çizelge 6.31'in Devamı,

Kat No	$(\Delta_i)_{max}$				$(\Delta_i)_{min}$			
	ANSYS	PB-2000 (SY+)	S T A 4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000 (SY+)	S T A 4	SAP-2000
		PB-2000 (SX+/SY+)				PB-2000 (SX+/SY+)		
5	0.00429	0.00382 0.00371	0.00463	0.00425	0.00232	0.00026 0.00032	0.00319	0.00219
4	0.00910	0.00806 0.00781	0.00879	0.00904	0.00500	0.00048 0.00059	0.00601	0.00465
3	0.00957	0.00858 0.00831	0.00805	0.00922	0.00480	-0.00030 -0.00015	0.00506	0.00452
2	0.00976	0.00872 0.00846	0.00795	0.00935	0.00493	-0.00020 $-9.0 \cdot 10^{-6}$	0.00504	0.00459
1	0.00556	0.00495 0.00480	0.00469	0.00544	0.00292	0.00019 0.00026	0.00311	0.00274

Çizelge 6.21'in Devamı.

Kat No	$(\Delta)_\text{ort}$				η_bt			
	ANSYS	PB-2000 (SY+)	S T A 4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000 (SY+)	S T A 4	SAP-2000
		PB-2000 (SX+/SY+)				PB-2000 (SX+/SY+)		
5	0.00331	0.00204 0.00202	0.00391	0.00322	1.29	1.87 1.84	1.18	1.32
4	0.00705	0.00427 0.00420	0.00740	0.00684	1.29	1.89 1.86	1.19	1.32
3	0.00719	0.00414 0.00408	0.00656	0.00687	1.33	2.07 2.04	1.23	1.34
2	0.00735	0.00428 0.00422	0.00650	0.00697	1.33	2.04 2.00	1.22	1.34
1	0.00424	0.00257 0.00253	0.00390	0.00409	1.31	1.93 1.90	1.20	1.33

Çizelge 6.31'in Devamı.

Kat No	η_kt			
	ANSYS	PB-2000 (SY+)	STA4	SAP-2000
		PB-2000 (SX+/SY+)		
5	-	- -	-	-
4	2.13	2.09 2.08	1.89	2.13
3	1.02	0.97 0.97	0.89	1.00
2	1.02	1.03 1.03	0.99	1.02
1	0.58	0.60 0.60	0.60	0.59

Çizelge 6.31 incelendiğinde Probina'dan elde edilen $(d_i)_{min}$ değerlerinin oldukça farklı olduğu görülmektedir. Binada A1 ve B2 düzensizliğine dört programda da rastlanmaktadır. TDY98 6.8.5'de belirtilen durum olduğundan Mod Birleştirme Yöntemi'ne göre bulunan tüm iç kuvvetler ve deplasmanlar $\beta=0.90$ yerine $\beta=1.00$ kullanılarak TDY98 Denk 6.18 ile çarpılarak büyütülmüştür. Burada PROBİNA programının farklı sonuç vermesinin sebebi kat hizalarında bulunduğu minimum deplasman değerlerinin çok farklı olmasıdır. Bu durumun, Örnek 6.1'de açıklandığı gibi, mod vektörlerindeki farklılıklardan oluştuğu düşünülmektedir.

Çizelge 6.32. Örnek 6.3.'e ait büyültme katsayısı($\beta=1.00$).

$(\beta \times V_t / V_{tb})$				
ANSYS	PB-2000 (SY+)	PB-2000 (SX+/SY+)	STA4	SAP-2000
1.277	1.158	1.159	1.188	1.273

Çizelge 6.33. Örnek 6.3.'e ait görel kat ötelemeleri kontrolü.

Kat No	h_i	$(\Delta_i)_{max}$				$(\Delta_i)_{max}/h_i$			
		ANSYS	PB-2000 (SY+)	STA 4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000 (SY+)	STA 4	SAP-2000
			PB-2000 (SX+/SY+)				PB-2000 (SX+/SY+)		
5	3.5	0.00476	0.00425 0.00413	0.00514	0.00472	0.00137	0.00121 0.00118	0.00147	0.00135
4	3.5	0.01011	0.00895 0.00868	0.00977	0.01004	0.00289	0.00256 0.00248	0.00279	0.00287
3	3.5	0.01062	0.00953 0.00923	0.00894	0.01025	0.00304	0.00272 0.00264	0.00256	0.00293
2	3.5	0.01085	0.00969 0.00940	0.00883	0.01039	0.00311	0.00277 0.00268	0.00252	0.00297
1	3.5	0.00618	0.00550 0.00533	0.00521	0.00604	0.00177	0.00157 0.00152	0.00149	0.00173

$$(\Delta_i)_{\max}/h_i \leq 0.0035$$

$$(\Delta_i)_{\max}/h_i \leq 0.02/R = 0.0025$$

Herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yer değiştirme farkını ifade eden görelî kat ötelenmesinin sınırları TDY98 Denk 6.20’de belirtilen yukarıdaki şartlardan elverişsiz olana göre incelenir. Çizelge 6.33’te görüldüğü üzere Örnek 6.3 için ANSYS, PROBİNA, SAP-2000 ve STA4-CAD programları sonuçlarına göre sınır değerler aşılmıştır.

Çizelge 6.34. Örnek 6.3.’e ait ikinci mertebe etkilerinin kontrolü (θ_i).

Kat No	w_i				$\sum_{j=1}^N w_j$			
	ANSYS	PB-2000	S T A 4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000	S T A 4	SAP-2000
5	344.880	344.510	344.93	344.880	344.880	344.510	344.93	344.880
4	599.580	599.550	599.84	599.580	944.460	944.060	944.77	944.460
3	599.580	599.550	599.22	599.580	1544.04	1543.61	1543.99	1544.04
2	599.580	599.550	599.80	599.580	2143.62	2143.16	2143.79	2143.62
1	599.580	599.550	599.55	599.580	2743.20	2742.71	2743.34	2743.20

Çizelge 6.34.'ün Devamı,

Kat No	$(\Delta_i)_{ort}$				V_i			
	ANSYS	PB-2000 (SY+)	S T A 4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000 (SY+)	S T A 4	SAP-2000
		PB-2000 (SX+/SY+)				PB-2000 (SX+/SY+)		
5	0.00368	0.00227	0.00434	0.00358	33.1847	41.9379	42.2440	38.8102
		0.00224				41.1985		
4	0.00783	0.00474	0.00822	0.00760	79.3385	86.2159	85.2780	87.8959
		0.00467				85.7026		
3	0.00797	0.00460	0.00728	0.00763	113.954	110.876	110.320	108.154
		0.00453				110.057		
2	0.00817	0.00476	0.00722	0.00775	137.031	134.540	133.140	136.218
		0.00469				133.762		
1	0.00471	0.00285	0.00433	0.00454	148.569	147.574	146.915	148.543
		0.00281				146.563		

Çizelge 6.34.'ün Devamı.

Kat No	h_i	θ_i			
		ANSYS	PB-2000 (SY+)	STA4	SAP-2000
			PB-2000 (SX+/SY-)		
5	3.5	0.01094	0.00533	0.01014	0.00909
			0.00535		
4	3.5	0.02670	0.01483	0.02603	0.02333
			0.01470		
3	3.5	0.03092	0.01830	0.02912	0.03112
			0.01815		
2	3.5	0.03658	0.02166	0.03320	0.03485
			0.02147		
1	3.5	0.02491	0.01513	0.02310	0.02395
			0.01502		

PROBİNA programı ikinci mertebe etkileri kontrolünde deplasmanların büyütülmüş, kat kesme kuvvetlerinin ise büyütülmemiş değerlerini kullanarak kontrol yapmaktadır, buradaki sonuçlar elle düzeltilerek elde edilmiştir. TDY98 Denk 6.21'e göre her bir kat için bulunan ikinci mertebe etkileri $\theta_i < 0.12$ 'den küçük olmak zorundadır. Çizelge 6.34'te görüldüğü gibi dört program da, TDY98'in istediği şartı sağlamaktadır. Bu örnekte de en farklı sonucu PROBİNA programı vermektedir, bunun sebebi bir önceki örnekte de belirtildiği gibi PROBİNA programının $(d_i)_{\min}$ değerlerini belirlerken kullandığı mod vektörlerinde oluşan hatadır.

Çizelge 6.35. Örnek 6.3.'e ait S107 ve S122 kolonlarındaki kesme kuvvetleri
(Deprem yönü y).

Kolon No	Vy(ton)			
	ANSYS	PB-2000 (SY+)	STA4-CAD	SAP-2000
		PB-2000 (SX+/SY+)		
S107	5.90	6.42	4.86	5.75
		6.27		
S122	3.29	4.64	3.21	2.84
		4.56		

Çizelge 6.36. Örnek 6.3.'e ait S107 ve S122 kolonlarındaki moment değerleri
(Deprem yönü y).

Kolon No	My _{Alt} (ton m)			
	ANSYS	PB-2000 (SY+)	STA4-CAD	SAP-2000
		PB-2000 (SX+/SY+)		
S107	13.01	14.21	10.75	12.71
		13.86		
S122	7.27	10.30	7.11	6.32
		10.11		

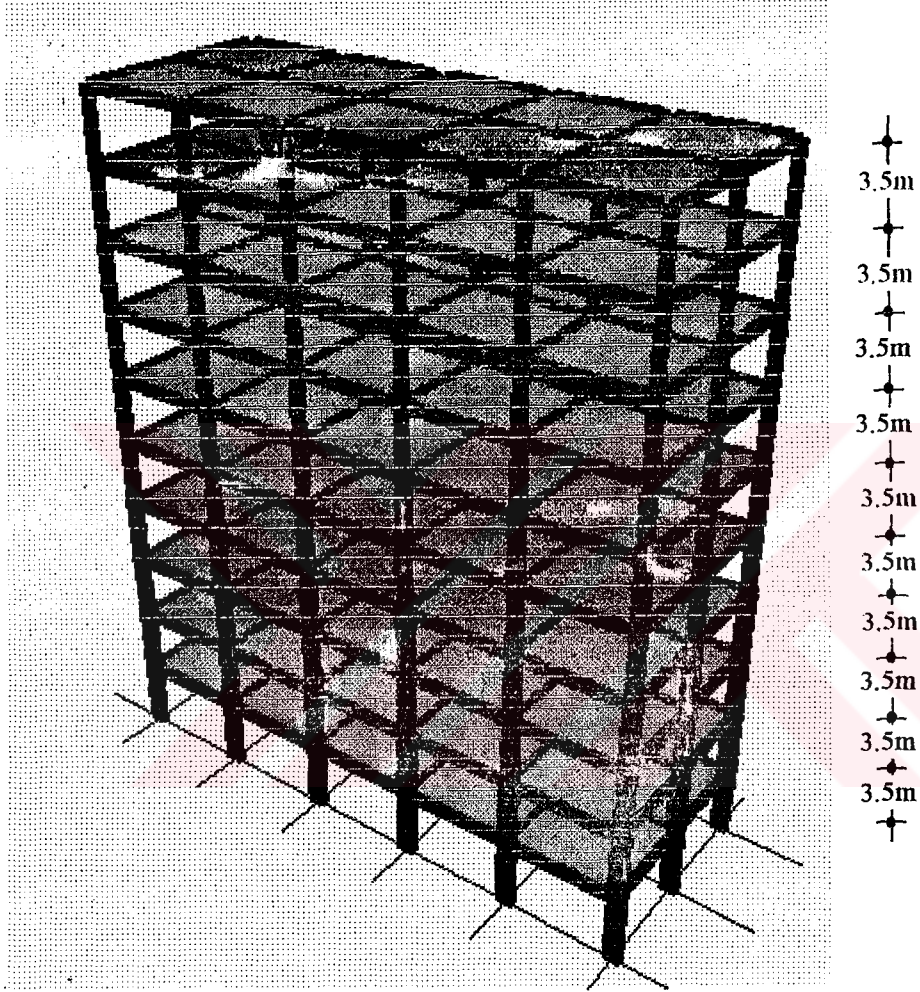
Çizelge 6.36'nın Devamı, Örnek 6.3.'e ait S107 ve S122 kolonlarındaki
moment değerleri
(Deprem yönü y).

Kolon No	My _{Üst} (ton m)			
	ANSYS	PB-2000 (SY+)	STA4-CAD	SAP-2000
		PB-2000 (SX+/SY+)		
S107	7.64	8.27	6.24	7.46
		8.07		
S122	4.26	5.96	4.12	3.60
		5.86		

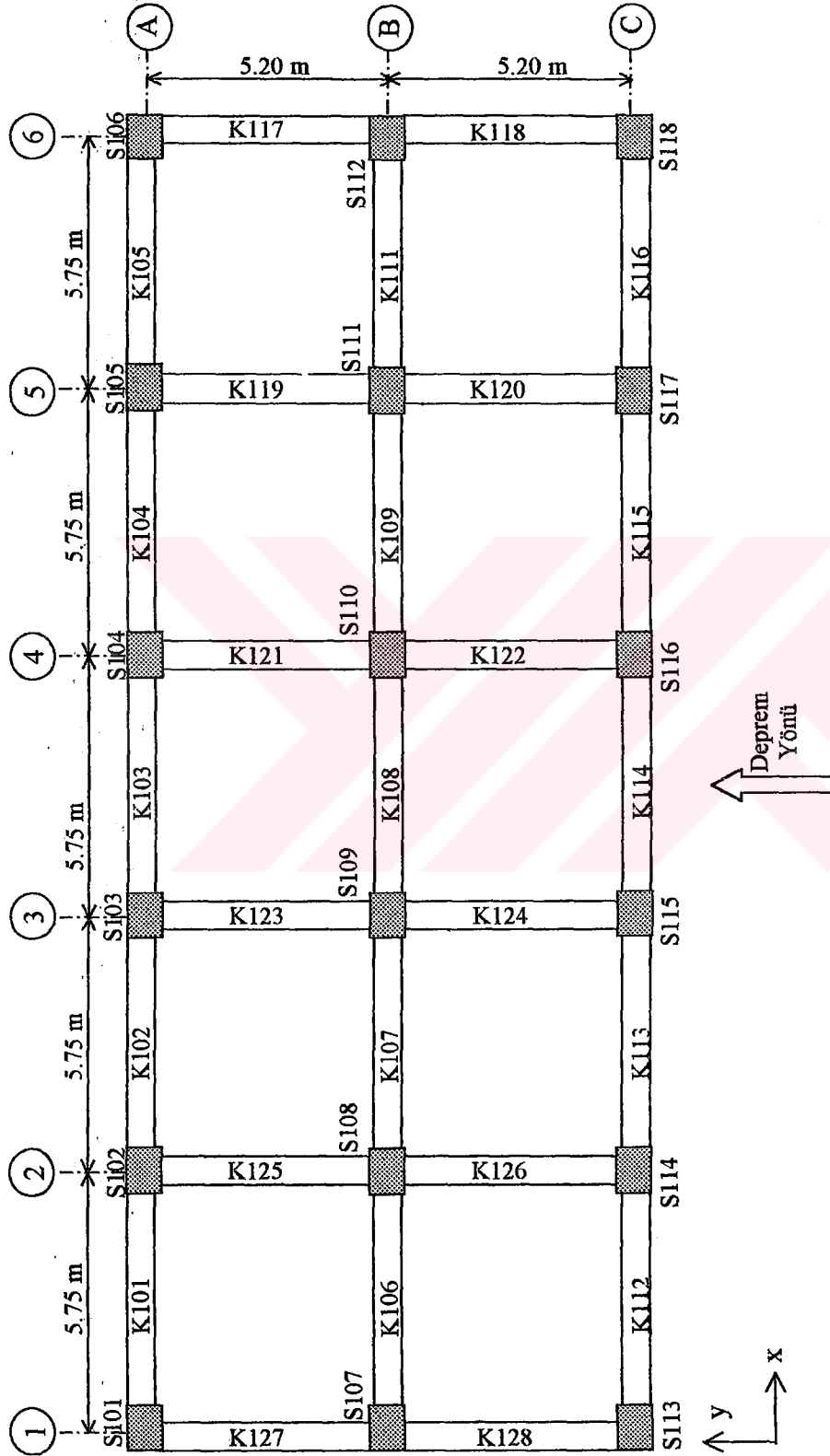
Çizelge 6.35 ve Çizelge 6.36 incelendiğinde bulunan sonuçların çok yakın olmadığı görülmektedir.

6.2.4. Örnek 6.4.

Bu örnekte, Şekil 6.9 'da görölen betonarme çerçevelerden oluşmuş ve daha önce Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile çözülmüş, 10 katlı bir yapı ele alınmaktadır. İlgili veri dosyaları ekteki diskette verilmektedir.



Şekil 6.9. Örnek 6.4.'e ait yapı.



Bina, Zemin ve Deprem Bilgileri

Kat sayısı : 10 Normal Kat,
 Bina Türü : Konut,
 Taşıyıcı sistem türü : Yerinde dökme betonarme çerçeveli sistem,
 Deprem bölgesi : 1'inci bölge,
 Yerel Zemin Sınıfı : Z2.

Kat Ağırlıkları : Tüm katlarda $w = 117.3276$ ton.

Tablo 6.3. Örnek 6.4.'ün kolon boyutları.

KAT	KOLON	BOYUT (X×Y)
1	Tüm Kolonlar	0.80 m × 0.40 m
2	Tüm Kolonlar	0.80 m × 0.40 m
3	Tüm Kolonlar	0.70 m × 0.40 m
4	Tüm Kolonlar	0.70 m × 0.40 m
5	Tüm Kolonlar	0.60 m × 0.40 m
6	Tüm Kolonlar	0.60 m × 0.40 m
7	Tüm Kolonlar	0.50 m × 0.40 m
8	Tüm Kolonlar	0.50 m × 0.40 m
9	Tüm Kolonlar	0.40 m × 0.40 m
10	Tüm Kolonlar	0.40 m × 0.40 m

ANSYS, SAP-2000, STA4-CAD ve PROBİNA-2000 programları ile yapılan çözümlerde tüm katlarda 300×500 mm dikdörtgen kesitli kirişler kullanılmıştır.

Çizelge 6.35. Örnek 6.4.'e ait kat ağırlıkları.

Kat No	H _i (m)	w _i (ton)			
		ANSYS	PB-2000	STA4	SAP-2000
10	35.0	117.3276	117.450	117.447	117.3276
9	31.5	117.3276	117.450	117.447	117.3276
8	28.0	117.3276	117.450	117.464	117.3276
7	24.5	117.3276	117.450	117.464	117.3276
6	21.0	117.3276	117.450	117.479	117.3276
5	17.5	117.3276	117.450	117.479	117.3276
4	14.0	117.3276	117.450	117.494	117.3276
3	10.5	117.3276	117.450	117.494	117.3276
2	7.0	117.3276	117.450	117.508	117.3276
1	3.5	117.3276	117.450	117.508	117.3276
Σw _i	-	1173.276	1174.50	1174.78	1173.276

Çizelge 3.35.'de görüldüğü üzere kat ağırlıkları ve bina ağırlığı, çözümlerde birbirine çok yakın alınmaya çalışılmıştır.

Çizelge 6.36. Örnek 6.4.'e ait kat kütle eylemsizlik momentlerinin hesabı.

Kat No	m_i				$m\theta_i (mr^2)$			
	ANSYS	PB- 2000	STA4- CAD	SAP- 2000	ANSYS	PB- 2000	STA4- CAD	SAP- 2000
10	11.9600	11.9725	11.9722	11.9600	931.6068	959.818	932.512	931.6068
9	11.9600	11.9725	11.9722	11.9600	931.6068	959.818	932.512	931.6068
8	11.9600	11.9725	11.9739	11.9600	931.6068	959.818	932.647	931.6068
7	11.9600	11.9725	11.9739	11.9600	931.6068	959.818	932.647	931.6068
6	11.9600	11.9725	11.9754	11.9600	931.6068	959.818	932.766	931.6068
5	11.9600	11.9725	11.9754	11.9600	931.6068	959.818	932.766	931.6068
4	11.9600	11.9725	11.9770	11.9600	931.6068	959.818	932.886	931.6068
3	11.9600	11.9725	11.9770	11.9600	931.6068	959.818	932.886	931.6068
2	11.9600	11.9725	11.9784	11.9600	931.6068	959.818	932.997	931.6068
1	11.9600	11.9725	11.9784	11.9600	931.6068	959.818	932.997	931.6068
M_T	119.600	119.725	119.753	119.600				

Çizelge 6.36'da PROBİNA' dan alınan kütleler kat ağırlıklarının yer çekimi ivmesine bölünmesiyle elde edilen değerlerdir.

Kat kütleleri ANSYS ve SAP-2000 programlarında, +%5 kaydırılmış kütle merkezlerinde tanımlanmış ve yapının serbest titreşim analizi yapılarak aşağıdaki periyotlar bulunmuştur. PROBİNA programında ise örnekte ex bileşeni sıfır alınarak SY+ ve SY- kombinasyonları oluşturulmuştur. SX+/SY+ kombinasyonu ise PROBİNA programındaki standart dört kombinasyon durumundan biridir.

Çizelge 6.37. Örnek 6.4.'e ait titreşim periyotları.

Mod	1	2	3	4	5	6	7
ANSYS	1.2143	0.9687	0.8983	0.4071	0.3333	0.3041	0.2344
PB-2000 (SY+)	1.1308	0.9026	0.8882	0.3822	0.3155	0.3105	0.2204
PB-2000 (SX+/SY+)	1.1312	0.9197	0.8726	0.3824	0.3214	0.3050	0.2206
STA4	1.2084	0.9834	0.9288	0.4048	0.3382	0.3142	0.2131
SAP-2000	1.2305	0.9837	0.9106	0.4126	0.3383	0.3083	0.2376

Çizelge 6.37. incelendiğinde PROBİNA' nın bulduğu periyotların, ANSYS ve SAP-2000 programlarında bulunan periyotlardan bir miktar farklı olduğu görülmektedir.

Çizelge 6.38. Örnek 6.4.'e ait etkin kütle oranları.

Mod	Kümülatif Oran				
	ANSYS	PB-2000 (SY+)	PB-2000 (SX+/SY+)	STA-CAD	SAP-2000
1	0.7591	0.7429	0.7401	0.7941	0.7590
2	0.7591	0.7429	0.7602	0.7941	0.7590
3	0.7939	0.7940	0.7940	0.7941	0.7939
4	0.8941	0.8858	0.8849	0.8995	0.8940
5	0.8941	0.8995	0.8963	0.8995	0.8940
6	0.8996	0.8995	0.8995	0.8995	0.8995
7	0.9361	0.9326	0.9322	0.9386	0.9361

Kümülatif oran değerlerinin incelenmesinden, ANSYS, SAP-2000, STA4-CAD ve PB-2000 için ilk 7 modun toplamının 0.90'ı geçtiği ve kümülatif oran değerlerinin oldukça yakın olduğu görülmektedir. STA4-CAD programında ilk 10 modun katkısı göz önüne alınmıştır.

Analizi yapılan bina, süneklik düzeyi yüksek sistem kabul edilmiştir. Sadece çerçevelerden oluştuğu ve birinci derece deprem bölgesinde bulunduğundan, TDY98 Tablo 6.5.'e bakıldığında, Yapı Davranış Katsayısı R 'nin 8 alınacağı görülmektedir.

Yerel zemin sınıfı Z2 olduğundan, TDY98 Tablo 6.4.'e bakıldığında Spektrum karakteristik periyotları $T_A=0.15s$ ve $T_B=0.40s$ olarak elde edilmektedir.

Binanın serbest titreşim periyotları yukarıda tespit edilen Spektrum karakteristik periyotları ışığında gerekli her bir mod incelenmiştir. Her bir mod için Spektrum Katsayıları TDY98 Denk 6.2'ye göre bulunmuştur.

Çizelge 6.39. Örnek 6.4.'e ait spektrum katsayılarının tespiti.

Mod	Periyot(T)				S(T)			
	ANSYS	PB-2000 (SY+)	STA-4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000 (SY+)	STA-4	SAP-2000
		PB-2000 (SX+/SY+)				PB-2000 (SX+/SY+)		
1	1.2143	1.1308 1.1312	1.2084	1.2305	1.0283	1.0886 1.0883	1.0323	1.0175
2	0.9687	0.9026 0.9197	0.9834	0.9837	1.2321	1.3037 1.2843	1.2173	1.217
3	0.8983	0.8882 0.8726	0.9288	0.9106	1.3087	1.3206 1.3395	1.2742	1.2946
4	0.4071	0.3822 0.3824	0.4048	0.4126	2.4653	2.5 2.5	2.4763	2.4387
5	0.3333	0.3155 0.3214	0.3382	0.3383	2.5	2.5 2.5	2.5	2.5
6	0.3041	0.3105 0.3050	0.3142	0.3083	2.5	2.5 2.5	2.5	2.5
7	0.2344	0.2204 0.2206	0.2131	0.2376	2.5	2.5 2.5	2.5	2.5

Binanın serbest titreşim periyotları, Yapı Davranış Katsayısı R ve T_A 'ya göre incelenirse TDY98 Denk 6.3b'ye uygun olduğu görülmektedir. Her mod için Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı $R_a(T_r)=8$ olduğu görülmektedir.

Bina, birinci deprem bölgesinde olduğundan TDY98 Tablo 6.2'ye göre Etkin Yer İvmesi $A_0=0.40$ ve bina konut olduğundan dolayı da TDY98 Tablo 6.3'e göre Bina Önem Katsayısı $I=1$ değerleri kullanılarak her mod için Spektral İvme Katsayısı $A(T_r)$ TDY98 Denk 6.1 kullanılarak bulunmuştur. Elde edilen değerlerle herhangi bir r 'inci titreşim modunda, ivme spektrumu ordinatı TDY98 Denk 6.15 ile bulunmaktadır.

Çizelge 6.40. Örnek 6.4.'e ait spektral ivme değerleri ve ivme spektrum ordinatı.

Mod	$A(T_r)$				$S_{pi}(T_r)$			
	ANSYS	PB-2000 (SY+)	S T A 4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000 (SY+)	S T A 4	SAP-2000
		PB-2000 (SX+/SY+)				PB-2000 (SX+/SY+)		
1	0.4113	0.4355 0.4353	0.4129	0.4070	0.5044	0.5340 0.5338	0.5064	0.4491
2	0.4928	0.5215 0.5137	0.4869	0.4868	0.6043	0.6395 0.6300	0.5971	0.5969
3	0.5235	0.5282 0.5358	0.5097	0.5178	0.6419	0.6478 0.6570	0.6250	0.6350
4	0.9861	1 1	0.9905	0.9755	1.2092	1.2263 1.2263	1.2146	1.1963
5	1	1 1	1	1	1.2263	1.2263 1.2263	1.2263	1.2263
6	1	1 1	1	1	1.2263	1.2263 1.2263	1.2263	1.2263
7	1	1 1	1	1	1.2263	1.2263 1.2263	1.2263	1.2263

Bu örnekte, mod katkılarının birleştirilmesi için, dört programda da "Tam Karesel Birleştirme (CQC)" yöntemi kullanılmıştır.

Çizelge 6.41. Örnek 6.4.'e ait Taban Kesme Kuvvetleri.

Kesme Kuvveti	ANSYS	PB-2000 (SY+)	STA4-CAD	SAP-2000
		PB-2000 (SX+/SY+)		
V_{tB} (ton)	49.5153	42.8970	51.154	49.0178
		42.7810		
V_t (ton)	61.1900	64.4710	60.640	60.5400
		64.4490		

ANSYS ve SAP-2000 sonuçlarının çok yakın olduğu görülmektedir. Ancak PROBİNA' da V_{tB} için elde edilen değer farklılığı dikkat çekmektedir.

TDY98 6.8.5'de belirtilen durum olduğundan Mod Birleştirme Yöntemi'ne göre bulunan tüm iç kuvvetler ve deplasmanlar $\beta=0.90$ alınarak TDY98 Denk 6.18 ile çarpılarak büyütülmüştür. PROBİNA bu aşamadan sonra A1, B2, B3 kontrollerini yapmaktadır. Burada PROBİNA düzensizlik tespit ettiği için β katsayısını 1.00 almış ve ona göre analizlerde büyütme yapmıştır. Sonuç dosyasına büyütülmüş sonuçlar yazılmaktadır. Çalışmanın seyrine ve Mod Birleştirme Yöntemi'nin adımlarına göre PROBİNA' dan alınan değerler küçültülerek ($\beta=0.90$ alınarak) karşılaştırmalar yapılmıştır. Düzensizlik tespit edildiğinde ise tekrar $\beta=1.00$ alınarak işlemlere devam edilmiştir.

Çizelge 6.42. Örnek 6.4.'e ait iç kuvvet ve deplasmanları büyütme katsayısı($\beta=0.90$).

$(\beta \times V_t / V_{tB})$				
ANSYS	PB-2000(SY+)	PB-2000(SX+/SY+)	STA4	SAP-2000
1.1122	1.3526	1.3558	1.0669	1.1115

Çizelge 6.43. Örnek 6.4.'e ait burulma düzensizliği kontrolü (A1) ve yumuşak kat düzensizliği kontrolü(B2),

Kat No	$(d_i)_{max}$				$(d_i)_{min}$			
	ANSYS	PB-2000 (SY+)	S T A 4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000 (SY+)	S T A 4	SAP-2000
		PB-2000 (SX+/SY+)				PB-2000 (SX+/SY+)		
10	0.03447	0.02817 0.02801	0.03251	0.03501	0.01872	0.01079 0.01085	0.02368	0.01900
9	0.03309	0.02699 0.02684	0.03099	0.03361	0.01796	0.01040 0.01046	0.02256	0.01823
8	0.03080	0.02506 0.02493	0.02856	0.03128	0.01674	0.00975 0.00981	0.02080	0.02839
7	0.02795	0.02269 0.02257	0.02565	0.02839	0.01521	0.00892 0.00897	0.01869	0.01544
6	0.02447	0.01980 0.01970	0.02224	0.02486	0.01334	0.00786 0.00791	0.01622	0.01354
5	0.02066	0.01667 0.01658	0.01863	0.02099	0.01128	0.00668 0.00671	0.01359	0.01145
4	0.01638	0.01317 0.01310	0.01468	0.01664	0.00897	0.00534 0.00537	0.01073	0.0091
3	0.01189	0.00952 0.00947	0.01062	0.01208	0.00654	0.00392 0.00394	0.00778	0.00664
2	0.00714	0.00569 0.00566	0.00638	0.00725	0.00397	0.00240 0.00241	0.00470	0.00402
1	0.00268	0.00213 0.00212	0.00241	0.00273	0.00152	0.00094 0.00094	0.00179	0.00154

Çizelge 6.43' ten görülebileceği gibi Probina programından elde edilen $(d_i)_{min}$ değeri oldukça farklıdır.

Çizelge 6.43'ün Devamı,

Kat No	$(\Delta_1)_{max}$				$(\Delta_1)_{min}$			
	ANSYS	PB-2000 (SY+)	S T A 4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000 (SY+)	S T A 4	SAP-2000
		PB-2000 (SX+/SY+)				PB-2000 (SX+/SY+)		
10	0.00139	0.00118 0.00117	0.00152	0.00140	0.00076	0.00039 0.00039	0.00112	0.00076
9	0.00229	0.00193 0.00191	0.00243	0.00233	0.00122	0.00064 0.00064	0.00176	0.00124
8	0.00285	0.00237 0.00236	0.00291	0.00289	0.00153	0.00083 0.00085	0.00211	0.00156
7	0.00348	0.00289 0.00287	0.00341	0.00353	0.00187	0.00106 0.00106	0.00247	0.0019
6	0.00380	0.00314 0.00312	0.00361	0.00387	0.00206	0.00118 0.00120	0.00263	0.00209
5	0.00428	0.00350 0.00348	0.00395	0.00435	0.00230	0.00134 0.00134	0.00286	0.00234
4	0.00448	0.00364 0.00363	0.00406	0.00456	0.00242	0.00142 0.00143	0.00295	0.00247
3	0.00475	0.00383 0.00381	0.00424	0.00483	0.00257	0.00152 0.00153	0.00308	0.00262
2	0.00446	0.00356 0.00354	0.00397	0.00452	0.00245	0.00146 0.00147	0.00291	0.00248
1	0.00268	0.00213 0.00212	0.00241	0.00273	0.00152	0.00094 0.00094	0.00179	0.00154

Çizelge 6.43'ün Devamı.

Kat No	$(\Delta)_\text{ort}$				η_bi			
	ANSYS	PB-2000 (S Y +)	S T A 4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000 (S Y +)	S T A 4	SAP-2000
		PB-2000 (SX+/SY+)				PB-2000 (SX+/SY+)		
10	0.00108	0.00078	0.00132	0.00108	1.29	1.50	1.15	1.29
		0.00078				1.50		
9	0.00176	0.00129	0.0021	0.00178	1.30	1.50	1.16	1.31
		0.00128				1.50		
8	0.00219	0.00160	0.00251	0.00222	1.30	1.48	1.16	1.30
		0.00160				1.47		
7	0.00268	0.00197	0.00294	0.00271	1.30	1.47	1.16	1.30
		0.00196				1.46		
6	0.00293	0.00216	0.00312	0.00298	1.30	1.45	1.16	1.30
		0.00216				1.45		
5	0.00329	0.00242	0.00341	0.00335	1.30	1.45	1.16	1.30
		0.00241				1.44		
4	0.00345	0.00253	0.00351	0.00351	1.30	1.44	1.16	1.30
		0.00253				1.43		
3	0.00366	0.00268	0.00366	0.00372	1.30	1.43	1.16	1.30
		0.00267				1.28		
2	0.00346	0.00251	0.00344	0.0035	1.29	1.42	1.15	1.29
		0.00251				1.28		
1	0.00210	0.00153	0.00210	0.00214	1.28	1.39	1.15	1.28
		0.00153				1.38		

Çizelge 6.43'ün Devamı.

Kat No	η_{kl}			
	ANSYS	PB-2000 (SY+)	STA4-CAD	SAP-2000
		PB-2000 (SX+/SY+)		
10	-	-	-	-
9	1.63	1.64	1.59	1.65
8	1.25	1.63	1.20	1.25
7	1.22	1.24	1.17	1.22
6	1.10	1.25	1.06	1.10
5	1.12	1.23	1.09	1.12
4	1.05	1.22	1.03	1.05
3	1.06	1.10	1.04	1.06
2	0.94	1.10	0.94	0.94
1	0.61	1.12	0.61	0.61

Binada A1 ve B2 düzensizlikleri bulunmaktadır. TDY98 6.8.5'de belirtilen durum olduğundan Mod Birleştirme Yöntemi'ne göre bulunan tüm iç kuvvetler ve deplasmanlar $\beta=1.00$ kullanılarak, TDY98 Denk 6.18 ile çarpılarak büyütülmüştür.

Çizelge 6.44. Örnek 6.4.'e ait büyültme katsayısı($\beta=1.00$).

$(\beta \times V_t / V_{tb})$				
ANSYS	PB-2000 (SY+)	PB-2000 (SX+/SY+)	STA4	SAP-2000
1.2358	1.5100	1.5100	1.1854	1.2351

Çizelge 6.45. Örnek 6.4.'e ait görel kat ötelemeleri kontrolü.

Kat No	h_i	$(\Delta_i)_{max}$				$(\Delta_i)_{max}/h_i$			
		ANSYS	PB-2000 (SY+)	STA4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000 (SY+)	STA4	SAP-2000
			PB-2000 (SX+/SY+)				PB-2000 (SX+/SY+)		
10	3.5	0.00154	0.00131 0.00130	0.00169	0.00156	0.00044	0.00037 0.00037	0.00048	0.00044
9	3.5	0.00254	0.00210 0.00213	0.0027	0.00259	0.00073	0.00061 0.00061	0.00077	0.00074
8	3.5	0.00317	0.00260 0.00262	0.00323	0.00321	0.00090	0.00075 0.00075	0.00092	0.00092
7	3.5	0.00387	0.00320 0.00318	0.00379	0.00392	0.00110	0.00092 0.00091	0.00108	0.00112
6	3.5	0.00422	0.00350 0.00347	0.00401	0.00430	0.00121	0.00100 0.00099	0.00115	0.00123
5	3.5	0.00476	0.00390 0.00387	0.00439	0.00483	0.00136	0.00111 0.00110	0.00125	0.00138
4	3.5	0.00498	0.00405 0.00403	0.00451	0.00507	0.00142	0.00116 0.00115	0.00129	0.00145
3	3.5	0.00528	0.00430 0.00424	0.00471	0.00537	0.00151	0.00122 0.00121	0.00135	0.00153
2	3.5	0.00496	0.00400 0.00393	0.00441	0.00502	0.00142	0.00113 0.00121	0.00126	0.00143
1	3.5	0.00298	0.00240 0.00235	0.00268	0.00303	0.00085	0.00068 0.00067	0.00077	0.00087

$$(\Delta_i)_{max}/h_i \leq 0.0035$$

$$(\Delta_i)_{max}/h_i \leq 0.02/R = 0.0025$$

Herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yer değiştirme farkını ifade eden göreceli kat ötelenmesinin sınırları TDY98 Denk 6.20’de belirtilen yukarıdaki şartlardan elverişsiz olana göre incelenir. Çizelge 6.45’te görüldüğü üzere Örnek 6.4 için ANSYS ve SAP-2000 programları sonuçları birbirine yakın olup, sınır değerler aşılmamıştır. PROBİNA’ da ise sonuçlar bir miktar farklı olsa da bu kontrolde diğer programla benzer şekilde sınır değerleri aşmayan sonuçlar vermiştir.

Çizelge 6.46. Örnek 6.4.’e ait ikinci mertebe etkilerinin kontrolü (θ_i).

Kat No	w_i				$\sum_{j=1}^N w_j$			
	ANSYS	PB- 2000	STA4	SAP- 2000	ANSYS	PB- 2000	STA4	SAP- 2000
10	117.3276	117.45	117.447	117.3276	117.3276	117.449	117.447	117.3276
9	117.3276	117.45	117.447	117.3276	234.6550	234.898	234.894	234.6550
8	117.3276	117.45	117.464	117.3276	351.9830	352.347	352.358	351.9830
7	117.3276	117.45	117.464	117.3276	469.3100	469.796	469.822	469.3100
6	117.3276	117.45	117.479	117.3276	586.6380	587.245	587.301	586.6380
5	117.3276	117.45	117.479	117.3276	703.9660	704.694	704.780	703.9660
4	117.3276	117.45	117.494	117.3276	821.2930	822.143	822.274	821.2930
3	117.3276	117.45	117.494	117.3276	938.6210	939.592	939.768	938.6210
2	117.3276	117.45	117.508	117.3276	1055.950	1057.041	1057.28	1055.950
1	117.3276	117.45	117.508	117.3276	1173.280	1174.490	1174.78	1173.280

Çizelge 6.46.'nın Devamı,

Kat No	$(\Delta_i)_{ort}$				V_i			
	ANSYS	PB-2000 (SY+)	S T A 4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000 (SY+)	S T A 4	SAP-2000
		PB-2000 (SX+/SY+)				PB-2000 (SX+/SY+)		
10	0.00119	0.00087 0.00087	0.00147	0.00120	13.3087	13.4250 13.4617	13.4778	13.1801
9	0.00195	0.00143 0.00142	0.00233	0.00198	24.1408	24.5460 24.6251	23.8556	23.8879
8	0.00243	0.00178 0.00178	0.00279	0.00247	31.9815	33.0105 33.1324	31.5444	31.6302
7	0.00297	0.00219 0.00218	0.00327	0.00301	38.2406	39.8190 39.9742	37.7111	37.8162
6	0.00326	0.00240 0.00240	0.00347	0.00331	43.4615	45.6210 45.8028	42.7556	42.9878
5	0.00366	0.00269 0.00268	0.00379	0.00372	48.2239	50.7630 50.9685	47.4111	47.6979
4	0.00383	0.00281 0.00281	0.00390	0.00390	52.5646	55.4370 55.6646	51.7778	51.9864
3	0.00407	0.00297 0.00297	0.00407	0.00414	56.7524	59.7060 59.9500	55.7889	56.1232
2	0.00384	0.00279 0.00278	0.00382	0.00389	59.9694	62.9325 63.1844	59.0667	59.2987
1	0.00233	0.00170 0.00170	0.00233	0.00237	61.1910	64.3455 64.5993	60.6444	60.5419

Çizelge 6.46.'nın Devamı.

Kat No	h_i	θ_i			
		ANSYS	PB-2000 (SY+)	STA4-CAD	SAP-2000
			PB-2000 (SX+/SY+)		
10	3.5	0.00300	0.00217	0.00366	0.00305
			0.00217		
9	3.5	0.00542	0.00391	0.00655	0.00556
			0.00387		
8	3.5	0.00764	0.00543	0.00890	0.00785
			0.00541		
7	3.5	0.01041	0.00738	0.01164	0.01067
			0.00732		
6	3.5	0.01257	0.00883	0.01362	0.01291
			0.00879		
5	3.5	0.01527	0.01067	0.01610	0.01569
			0.01059		
4	3.5	0.01710	0.01192	0.01770	0.0176
			0.01186		
3	3.5	0.01923	0.01337	0.01959	0.01978
			0.01328		
2	3.5	0.01932	0.01339	0.01954	0.01979
			0.01331		
1	3.5	0.01276	0.00888	0.01290	0.01312
			0.00883		

PROBİNA programı ikinci mertebe etkileri kontrolünde deplasmanların büyütülmüş, kat kesme kuvvetlerinin ise büyütülmemiş değerlerini kullanarak kontrol yapmaktadır, Çizelge 6.46'daki sonuçlar elle düzeltilerek elde edilmiştir. TDY98 Denk 6.21'e göre her bir kat için bulunan ikinci mertebe etkileri $\theta_i < 0.12$ 'den küçük olmak zorundadır. Çizelge 6.46'da görüldüğü gibi ANSYS ve SAP-2000 program sonuçları yakın olup, TDY98'in istediği şartı sağlamaktadır. Bu örnekte farklı sonucu PROBİNA programı vermektedir, bunun sebebi bir önceki örnekte de söylendiği gibi PROBİNA programının kat deplasmanlarını belirlerken kullandığı

mod vektörlerinde oluşan hatadır. Buna rağmen PROBİNA bu kontrolde, diğer programlarla tutarlı olarak sınır değerleri aşmamıştır.

Çizelge 6.47. Örnek 6.4.'e ait S106 ve S113 kolonlarındaki kesme kuvveti değerleri (Deprem yönü y).

Kolon No	Vy(ton)			
	ANSYS	PB-2000 (SY+)	STA4-CAD	SAP-2000
		PB-2000 (SX+/SY+)		
S106	4.23	4.17	3.69	4.22
		6.27		
S113	1.85	2.50	2.76	2.23
		4.56		

Çizelge 6.48. Örnek 6.4.'e ait S106 ve S113 kolonlarındaki moment değerleri (Deprem yönü y).

Kolon No	My _{Alt} (ton m)			
	ANSYS	PB-2000 (SY+)	STA4-CAD	SAP-2000
		PB-2000 (SX+/SY+)		
S106	11.33	11.27	9.90	10.48
		13.86		
S113	4.93	6.65	7.38	5.95
		10.11		

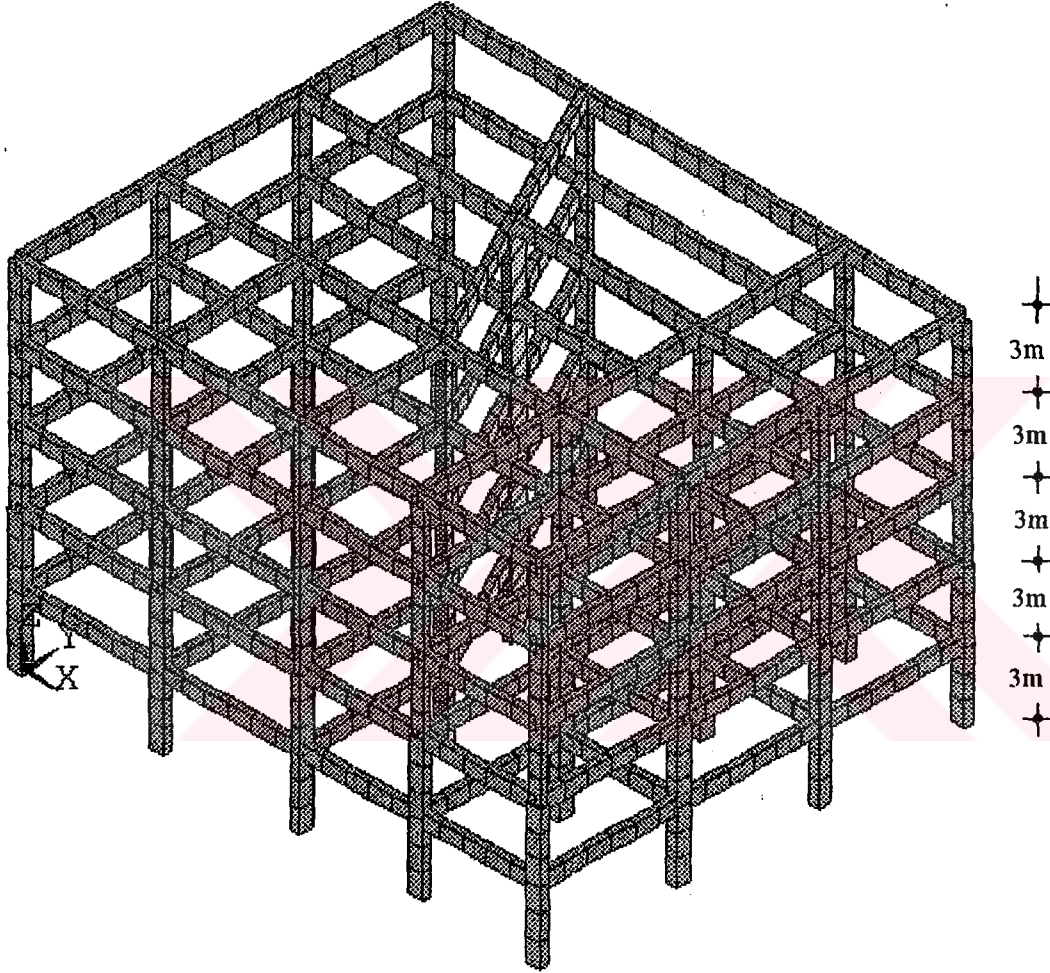
Çizelge 6.48'in Devamı, Örnek 6.4.'e ait S106 ve S113 kolonlarındaki moment değerleri
(Deprem yönü y).

Kolon No	My _{üst} (ton m)			
	ANSYS	PB-2000 (SY+)	STA4-CAD	SAP-2000
		PB-2000 (SX+/SY+)		
S106	3.46	3.33	3.10	3.16
		8.07		
S113	1.57	2.09	2.26	1.86
		5.86		

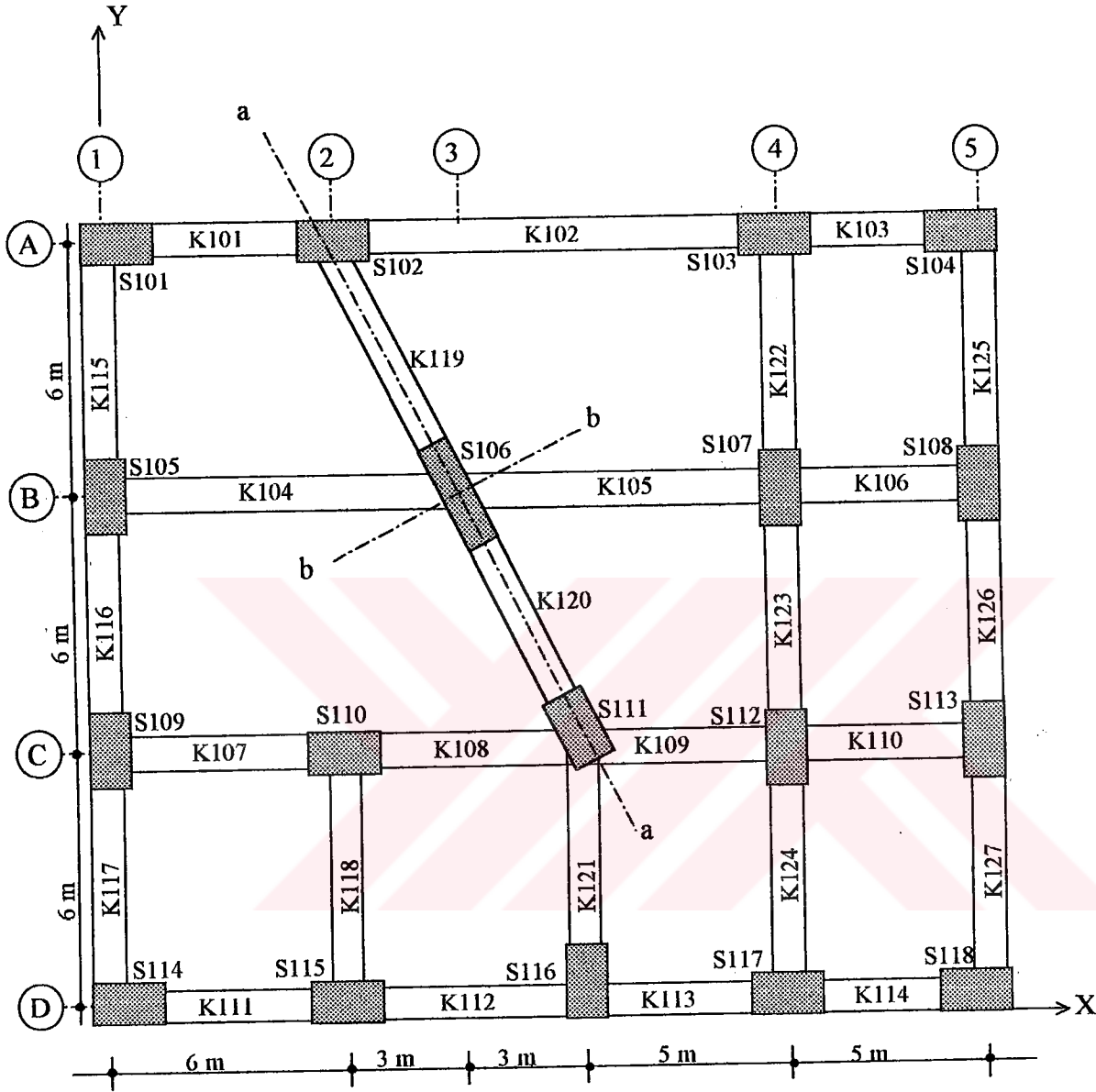
Çizelge 6.47 ve Çizelge 6.48 incelendiğinde SY+ kombinasyonunun sonuçlarının, SX+/SY+ kombinasyonu sonuçlarından, ANSYS ve SAP-2000 sonuçlarına daha yakın olduğu görülmektedir. Deplasmanlar bakımından farklı sonuç vermiş olsa da, PROBİNA programının kesit tesirlerinde daha yakın sonuçlar verdiği gözlenmektedir.

6.2.5. Örnek 6.5.

Daha önce Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile ele alınan ve Şekil 6.5.'de görülen, A4 düzensizliğine sahip bu örnek, Mod Birleştirme Yöntemi ile tekrar incelenmiştir. Çözümlerle ilgili veri dosyaları ekteki diskette verilmektedir.



Şekil 6.11. Örnek 6.5'e ait yapı.



Şekil 6.12. Örnek 6.5'e ait 1. kat kalıp planı.

Bu örnekte, a-a eksen Y eksenine ile 26.6 derecelik bir açı yapmaktadır.

Bina, Zemin ve Deprem Bilgileri

Kat sayısı : 5 Normal Kat,
 Bina türü : Konut,
 Taşıyıcı sistem türü : Yerinde dökme betonarme çerçeve sistem,
 Deprem bölgesi : 1'inci bölge,
 Yerel Zemin Sınıfı : Z2.

Kat Ağırlıkları : Tüm katlarda $w = 792$ ton.

Tablo 6.4. Örnek 6.5.'ün kolon boyutları.

KAT NO	KOLON NO	BOYUT (X×Y)
1 ve 2	S105, S107~S109, S111~S113, S116	400 mm × 600 mm
	S101~S104, S110, S114, S115, S117, S118	600 mm × 400 mm
	S106	1500 mm × 250 mm
3, 4 ve 5	S305, S307~S309, S311~S313, S316	300 mm × 500 mm
	S301~S304, S310, S314, S315, S317, S318	500 mm × 300 mm
	S306	1500 mm × 250 mm

Tablo 6.5. Örnek 6.5.'ün kiriş boyutları.

Kiriş No	Kiriş Boyutları
K109, K209, K309, K409, K509	300 mm × 650 mm
K113, K213, K313, K413, K513	300 mm × 700 mm
Diğer tüm kirişler	300 mm × 600 mm

ANSYS, SAP-2000, STA4-CAD, ve PB-2000 programı ile yapılan çözümlerde, yukarıda belirtilen dikdörtgen kesitli kirişler kullanılmıştır.

Çizelge 6.49. Örnek 6.5.'in çözümünde kullanılan kat ağırlıkları.

Kat No	$w_i(\text{ton}) = w_{gi}(\text{ton}) + w_{qi}(\text{ton})$			
	ANSYS	PB-2000	STA4	SAP-2000
5	792.0	791.86	792.226	792.0
4	792.0	791.86	792.226	792.0
3	792.0	791.86	792.226	792.0
2	792.0	791.86	792.154	792.0
1	792.0	791.86	792.154	792.0
$\sum w_i$	3960.0	3959.52	3960.986	3960.0

Çizelge 6.48.'de görüldüğü üzere, farklı programlarla yapılan çözümlerde, birbirine yakın kat ağırlıkları kullanılmıştır.

Çizelge 6.50. Örnek 6.5.'e ait kat kütle eylemsizlik momentlerinin hesabı.

Kat No	m_i				$m\theta_i (\text{mr}^2)$			
	ANSYS	PB-2000	STA4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000	STA4	SAP-2000
5	80.734	80.720	80.757	80.734	5436.09	6490.63	5437.37	5436.09
4	80.734	80.720	80.757	80.734	5436.09	6490.63	5437.37	5436.09
3	80.734	80.720	80.757	80.734	5436.09	6490.63	5437.37	5436.09
2	80.734	80.720	80.750	80.734	5436.09	6490.63	5436.87	5436.09
1	80.734	80.720	80.750	80.734	5436.09	6490.63	5436.87	5436.09
M_T	403.67	403.60	403.77	403.67				

A4 düzensizlik durumunun incelendiği daha önceki çalışmalarda kat kütleleri kütle merkezlerinde tanımlanmış ve TDY98'de belirtilen $\pm\%5$ eksantrisite

uygulamadan yapılan serbest titreşim analizi sonuçları irdelenmiştir. Bunun için PROBİNA ve SAP-2000 programlarında da $\pm 5\%$ eksantrisine verilmemiştir.

Çizelge 6.50. Örnek 6.5.'e ait titreşim periyotları.

MOD	1	2	3	4	5	6	7
ANSYS	1.154	1.022	0.819	0.380	0.325	0.272	0.222
PB-2000	1.105	0.966	0.896	0.354	0.304	0.299	0.196
STA4	0.997	0.985	0.780	0.337	0.324	0.264	0.203
SAP-2000	1.156	1.041	0.830	0.382	0.334	0.277	0.225

Çizelge 6.50. incelendiğinde, periyotların daha çok ANSYS ve SAP-2000 programlarında yakın çıktığı görülmektedir.

Çizelge 6.51. Örnek 6.5.'e ait etkin kütle oranları.

Mod	Kümülatif Oran (y yönü)			
	ANSYS	PB-2000	STA4	SAP-2000
1	0.3095	0.5516	0.7833	0.3829
2	0.7686	0.7484	0.7833	0.7674
3	0.7713	0.7832	0.7833	0.7811
4	0.8089	0.8713	0.9143	0.8292
5	0.9027	0.8818	0.9143	0.9078
6	0.9027	0.9111	0.9143	0.9100
7	0.9135	0.9233	0.9640	0.9243

Kümülatif oran değerlerinin incelenmesinden, ANSYS ve SAP-2000 için ilk 5 modun, PROBİNA 'da ise 7 modun katkısı alınmıştır. STA4-CAD için ilk 4 mod yeterli iken, program içinde 10 modun katkısı alınmıştır.

Analizi yapılan bina, süneklik düzeyi yüksek sistem kabul edilmiştir. Bina, sadece çerçevelerden oluştuğu ve birinci derece deprem bölgesinde bulunduğundan, TDY98 Tablo 6.5'e bakıldığında, Yapı Davranış Katsayısı R 'nin 8 alınacağı görülmektedir.

Yerel zemin sınıfı Z2 olduğundan, TDY98 Tablo 6.4'e bakıldığında Spektrum karakteristik periyotları $T_A=0.15s$ ve $T_B=0.40s$ olarak elde edilmektedir.

Binanın serbest titreşim periyotları yukarıda tespit edilen Spektrum karakteristik periyotları ışığında gerekli her bir mod incelenmiştir. Her bir mod için Spektrum Katsayıları TDY98 Denk 6.2'ye göre bulunmuştur.

Binanın serbest titreşim periyotları Yapı Davranış Katsayısı R ve T_A 'ya göre incelenirse TDY98 Denk 6.3b'ye uygun olduğu görülmektedir. Her mod için Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı $R_a(T_r)=8$ olduğu görülmektedir.

Bina, birinci deprem bölgesinde olduğundan TDY98 Tablo 6.2'ye göre Etkin Yer İvmesi $A_0=0.40$ ve bina konut olduğundan dolayı da TDY98 Tablo 6.3'e göre Bina Önem Katsayısı $I=1$ değerleri kullanılarak, her mod için Spektral İvme Katsayısı $A(T_r)$ TDY98 Denk 6.1 kullanılarak bulunmuştur.

Yukarıda elde edilen değerlerle, herhangi bir r 'inci titreşim modunda göz önüne alınacak ivme spektrumu ordinatı, TDY98 Denk 6.15 ile bulunmuştur.

Hesaba katılacak mod sayısına göre, yapının spektrum analizi yapılarak mod katkıları birleştirilmiştir. Mod katkılarının birleştirilmesi için dört programda "Tam Karesel Birleştirme(CQC)" yöntemi kullanılmaktadır. Bu örnekte sadece yatay yüke %30 kuralı uygulamak için PROBİNA yükleme kombinasyonlarında düşey yük katsayılarını sıfırla çarpılmalıdır.

Çizelge 6.52. S106 nolu kolonun, a-a eksen moment değerleri.

Deprem yönü	a-a Eksen (ton-m)							
	$M_{üst}$				M_{alt}			
	ANSYS	PB-2000	ST A 4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000	ST A 4	SAP-2000
X	5.749	18.68	6.650	8.68	101.72	140.11	65.859	95.74
Y	7.979	19.47	3.225	13.50	148.85	167.81	150.28	130.80

Çizelge 6.53. S106 nolu kolonun, b-b eksen moment değerleri.

Deprem yönü	b-b Eksen (ton-m)							
	$M_{üst}$				M_{alt}			
	ANSYS	PB-2000*	S T A 4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000*	S T A 4	SAP-2000
X	6.320	24.12	9.219	6.42	8.479	188.67	10.409	8.44
Y	3.941	15.13	1.947	3.96	5.555	121.8	4.264	5.88

Çizelge 6.54. S106 nolu kolonunun, düzeltilmiş a-a eksen moment değerleri.

%30 Kuralı	a-a Eksen (ton-m)							
	$M_{üst}$				M_{alt}			
	ANSYS	PB-2000	S T A 4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000	S T A 4	SAP-2000
$\pm M_x \pm 0.3 M_y$	8.143	24.521	7.617	12.73	146.37	190.31	110.94	134.98
$\pm 0.3 M_x \pm M_y$	9.704	25.074	5.220	16.104	179.37	209.83	170.04	159.52

Çizelge 6.55. S106 nolu kolonunun, düzeltilmiş b-b eksen moment değerleri.

%30 Kuralı	b-b Eksen (ton-m)							
	$M_{üst}$				M_{alt}			
	ANSYS	PB-2000*	S T A 4	SAP-2000	ANSYS	PB-2000*	S T A 4	SAP-2000
$\pm M_x \pm 0.3 M_y$	7.502	28.659	9.803	7.608	10.146	225.21	11.688	10.204
$\pm 0.3 M_x \pm M_y$	5.837	22.336	4.713	5.886	8.099	178.40	7.387	8.412

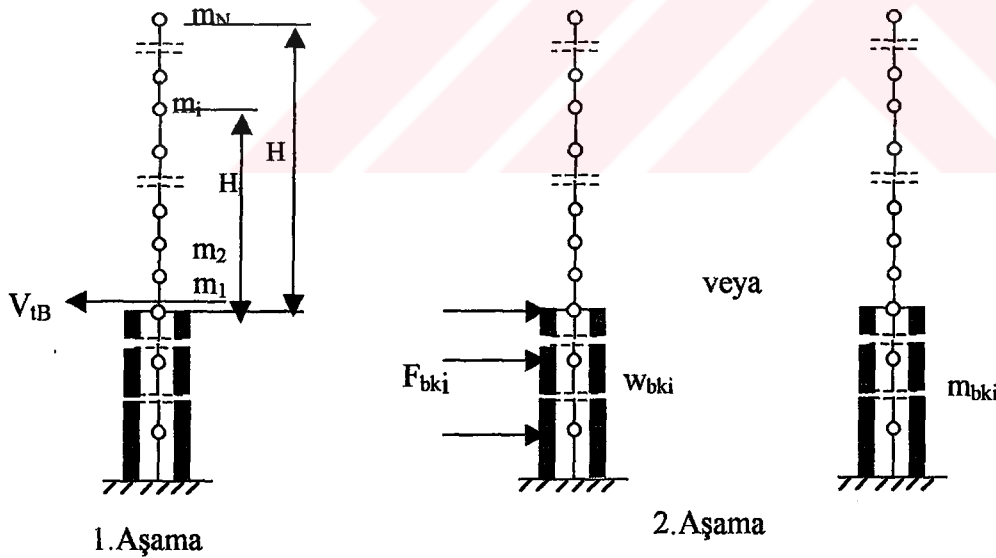
* PROBİNA programında model oluşturulurken, S106 kolonu a-a ve b-b aksları üzerine yerleştirilmiştir. Çizelgelerden görülebileceği gibi PROBİNA programından alınan a-a aksı üzerinde ki sonuçlar yakınsa, b-b aksı sonuçları oldukça farklıdır. PROBİNA programı çözümü çerçeveler halinde yaptığı için b-b aksı üzerine herhangi bir çerçeve oluşturamamakta ve S106 kolonunu B-B aksındaki çerçeveye dahil etmekte, dolayısıyla sonuçları da B-B aksı üzerinde vermektedir.

6.3. Bodrumunda Çepeçevre Rijit Perde Bulunan Yapılar

Bu durum için TDY98 üç aşamalı bir çözüm önermektedir.

1. Aşama: Bu aşamada serbest titreşim analizi (modal analiz) yapılırken, sadece üst yapıdaki katlara ait kütleler kat hizalarına yerleştirilecek ve analiz gerçekleştirilecektir. TDY Tablo 6.5'ten elde edilen R katsayısı bodrumdaki perdeler göz önüne alınmayacaktır. Daha sonra spektrum analizi yapılarak modlar uygun bir yöntemle birleştirilecektir.

2. Aşama: Sadece alt yapıya etkiyen yükler, üst yapıdan bağımsız olarak bodrum katlara ait kat ağırlıkları kullanılarak, $F_{bki} = A_0 I w_{bki} / 1.5$ formülüyle hesaplanacak, sadece bu yükler kullanılarak statik analiz yapılacak ve iç kuvvetler ve deplasmanlar bulunacaktır. Bu adımda uygulanabilecek diğer bir yöntem ise sadece alt yapının kütleleri hesaba katılarak spektrum analizi yapmak ve kesit tesirlerini bulmaktır. Bu durumda, bütün periyot değerleri için $S_{pa}(T_r)$ değerleri, $S_{pa}(T_r) = A_0 I_g / 1.5$ formülüyle bulunacaktır.



Şekil 6.13. Bodrum katlarında çepeçevre rijit perde bulunan yapılar için hesap adımları.

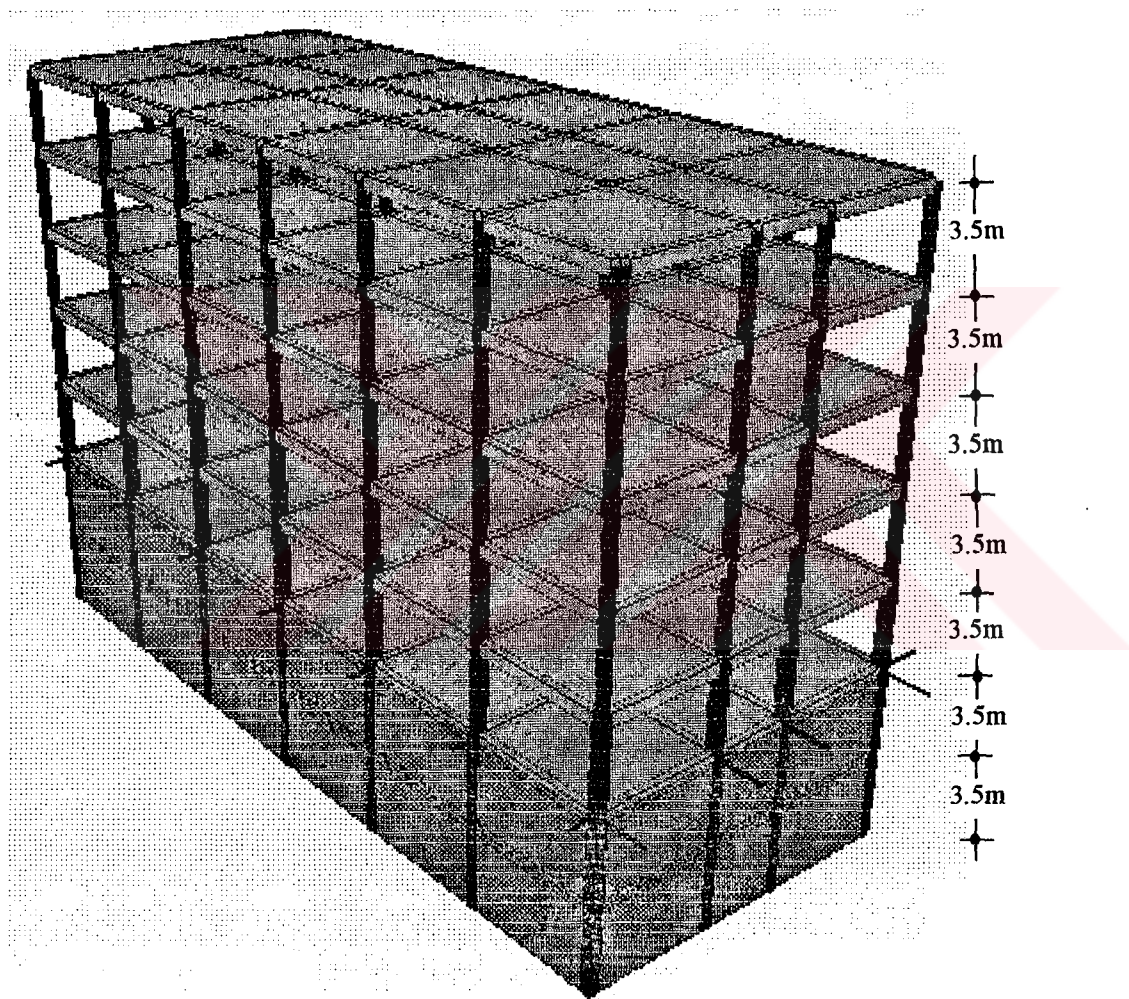
3. Aşama:Üst yapıya ait deplasman ve kesit tesirleri sadece 1.Aşamadan elde edilecek ve düzensizlik kontrolleri sadece bu katlarda yapılacaktır.

Alt yapıya (bodrum katlara) ait kesit tesirleri 1.Aşama ve 2.Aşamada elde edilen sonuçların karelerinin toplamının karekökü alınarak elde edilecektir.



6.3.1. Örnek 6.6.

Bu örnekte, Şekil 5.11.'de görölen, iki bodrum katı çepeçevre perde yapılarak bodrum rijitliğı arttırılmış, 2 Bodrum +5 Normal kata sahip olan ve daha önce Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile incelenmiş olan bina Mod Birleştirme Yöntemi ile çözülmüş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. İlgili veri dosyaları ekteki diskettedir.



Şekil 6.14. Örnek 6.6'ya ait yapı.

Bina, Zemin ve Deprem Bilgileri

Kat sayısı : 2 Bodrum + 5 Normal Kat,
 Bina Tipi : Konut,
 Taşıyıcı sistem türü : Normal katlar, yerinde dökme betonarme çerçeveli,
 bodrum katlar tamamen perdeli sistem,
 Deprem bölgesi : 1'inci bölge,
 Yerel Zemin Sınıfı : Z2.
 Bodrum perdelerinin genişliği 25 cm alınmıştır.

Çizelge 6.56. Örnek 6.6.'ya ait titreşim periyotları.

Mod	1	2	3	4	5
ANSYS	1.2167	1.1608	1.0037	0.4461	0.4301
PB-2000 (SY+)	1.1920	1.1218	1.0186	0.4357	0.4149
PB-2000 (SX+/SY+)	1.1980	1.1232	1.0140	0.4377	0.4153
STA4	1.1798	1.1717	1.0550	0.4378	0.4340
SAP-2000	1.1885	1.1549	0.9539	0.4406	0.4285

Çizelge 6.57. Örnek 6.6.'ya ait etkin kütle oranları.

Mod	Kümülatif Oran				
	ANSYS	PB-2000 (SY+)	PB-2000 (SX+/SY+)	STA4-CAD	SAP-2000
1	0.6519	0.4005	0.3507	0.7945	0.7033
2	0.6519	0.4005	0.4193	0.7945	0.7033
3	0.7933	0.5664	0.5664	0.7945	0.7871
4	0.9019	0.6386	0.6294	0.9182	0.9014
5	0.9019	0.6386	0.6404	0.9182	0.9115

Kümülatif oran değerlerinin incelenmesinden, ANSYS, STA4-CAD ve SAP-2000 için ilk 4 modun toplamının 0.90'ı geçtiği ve kümülatif oran değerlerinin yakın olduğu görülmektedir. PB-2000 için ise ilk 16 mod yeterli olabilmektedir. Hesaplarda ilk 20 modun katkısı alınmıştır.

Analizi yapılan bina, süneklik düzeyi yüksek sistem kabul edilmiştir. Sadece çerçevelerden oluştuğu ve birinci derece deprem bölgesinde bulunduğundan, TDY98 Tablo 6.5.'e bakıldığında, Yapı Davranış Katsayısı R 'nin 8 alınacağı görülmektedir.

Yerel zemin sınıfı Z2 olduğundan, TDY98 Tablo 6.4.'e bakıldığında Spektrum karakteristik periyotları $T_A=0.15s$ ve $T_B=0.40s$ olarak elde edilmektedir.

Binanın serbest titreşim periyotları yukarıda tespit edilen Spektrum karakteristik periyotları ışığında gerekli her bir mod incelenmiştir. Her bir mod için Spektrum Katsayıları TDY98 Denk 6.2'ye göre bulunmuştur.

Çizelge 6.58. Örnek 6.6.'ya ait periyot ve ivme spektrum ordinatı.

Mod	T_r				$S_{pa}(T_r)$			
	ANSYS	PB-2000 (SY+)	STA4	SAP- 2000	ANSYS	PB-2000 (SY+)	STA4	SAP- 2000
		PB-2000 (SX+/SY+)				PB-2000 (SX+/SY+)		
1	1.2167	1.1920 1.1980	1.1798	1.1885	0.5056	0.5100 0.5070	0.5162	0.5131
2	1.1608	1.1218 1.1232	1.1717	1.1549	0.5229	0.5430 0.5420	0.5190	0.5250
3	1.0037	1.0186 1.0140	1.0550	0.9539	0.5874	0.5910 0.5930	0.5644	0.6118
4	0.4461	0.4357 0.4377	0.4378	0.4406	1.1236	1.1560 1.1520	1.1408	1.1351
5	0.4301	0.4149 0.4153	0.4340	0.4285	1.1569	1.1970 1.1960	1.1488	1.1606

Bu örnekte, mod katkılarının birleştirilmesi için, üç programda “Tam Karesel Birleştirme (CQC)” yöntemi kullanılmıştır.

Çizelge 6.59. Örnek 6.6.'ya ait Taban Kesme Kuvvetleri.

Kesme Kuvveti	ANSYS	PB-2000 (SY+)	PB-2000 (SX+/SY+)	STA4-CAD	SAP-2000
V_{tb} (ton)	115.78	96.354	95.225	124.587	111.70
V_t (ton)	145.87	142.53	141.74	144.346	146.81

Çizelge 6.60. Örnek 6.6.'ya ait iç kuvvet ve deplasmanları büyültme katsayısı($\beta=1.00$).

$(\beta \times V_i / V_{IB})$				
ANSYS	PB-2000 (SY+)	PB-2000 (SX+/SY+)	STA4-CAD	SAP-2000
1.260	1.480	1.490	1.159	1.314

Çizelge 6.61. Örnek 6.6.'ya ait bodrum eşdeğer deprem yükleri.

Kat No	F_{BK} (ton)				
	ANSYS	PB-2000* (SY+)	PB-2000* (SX+/SY+)	STA4- CAD	SAP-2000
1	159.9	43.713	53.998	0.495	159.9
2	159.9	40.374	46.324	1.220	159.9

*PB-2000 programının burada hesapladığı değer eşdeğer kat deprem yükü değil, spektrum analizinden elde edilen y yönü kat kesme kuvvetleridir.

Çizelge 6.62. Örnek 6.6.'ya ait bazı kolonlara ait moment değerleri,

Kolon	M_{ALT} (ton-m)				
	ANSYS	PB-2000 (SY+)	PB-2000 (SX+/SY+)	STA4- CAD	SAP-2000
1.Kat 1D	7.283	7.980	7.840	7.96	6.938
2.Kat 3C	9.387	10.370	10.320	10.633	11.353

Çizelge 6.63. Örnek 6.6.'ya ait perde kesit tesirleri

Perde (Taban)	$M_{ALT}(\text{ton-m})$				
	ANSYS	PB-2000 (SY+)	PB-2000 (SX+/SY+)	STA4-CAD	SAP-2000
1C-1D	159.602	295.910	295.730	107.854	168.399
7B-7C	91.984	73.240	73.050	49.422	61.051

Çözümlerden anlaşılacağı gibi Probina programı dinamik analizle bodrumunda çepeçevre perde bulunan bu tip yapıların çözümünde üç aşamalı çözüm uygulamamaktadır. Elde edilen değerlere bakıldığında programın dinamik analiz sonuçları ile statik analiz sonuçları arasında önemli farklılıklar olduğu dikkati çekmektedir.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

PROBİNA Orion, ANSYS ve SAP-2000 programlarıyla çözülen örneklerle ait sonuçlar karşılaştırıldığında, PROBİNA Orion ile ilgili ortaya çıkan değerlendirmeler aşağıdaki gibidir.

Programın TDY98' e uyumlu olduğu, istenilen bütün kontrolleri yaptığı ve sonuçları da oldukça anlaşılır bir şekilde kullanıcıya sunduğu görülmektedir.

Program, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile analiz yaptığında yüksekliği 25 metreden daha az olan binalarda, TDY98 tarafından öngörülme de B2 düzensizliği kontrolü yapmakta ve uyarı vermektedir. Bu kontrolün Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile Çözümde, bina yüksekliği 25 metreden fazlaysa ele alınması gerekmektedir. Bu durum PB-2000 V11' de düzeltilmiştir.

Program, Mod Birleştirme Yöntemi ile analiz yaptığında statik yöntemle göre sonuçların büyütüldüğü belirtilmekte ancak, İkinci Mertebe Etkileri Kontrolünde deplasmanlar büyütülmüş gibi görünse de kat kesme kuvvetlerinin büyütülmemiş olduğu anlaşılmaktadır.

Mod Birleştirme Yöntemi uygulandığı zaman programda, mod vektörlerinin bileşenlerinde bazı işaret hataları olduğu göze çarpmaktadır. Buna bağlı olarak kat hizalarında hesaplanan maksimum ve minimum deplasmanlarda farklılıklar oluşmaktadır.

Programda, Mod Birleştirme Yönteminde kullanılan Kütlesel Dönme Atalet Momenti, Toplanmış Kütle kabulü ile hesaplanmaktadır. Bu kabulde kütleler, kolonların bulunduğu düğüm noktalarına yerleştirilmektedir. Özellikle kolon sayısının az olduğu durumlarda, Yayılı Kütle Kabulü ile Toplanmış Kütle Kabulü arasında farklılıklar oluşmaktadır. Bu durum, özellikle burulmayı idare eden modun farklı olmasına sebep olmaktadır.

Mod Birleştirme Yöntemi ile analiz yapılırken, Serbest Titreşim Analizi sırasında TDY98'in öngördüğü, kütlelerin $\pm 5\%$ kaydırılması eksenler üzerinde yapılmamaktadır. Bu durumda sonuçlarda bazı farklılıklar oluşmaktadır.

Perdeli Sistemlerde, Perde elemanı için oluşturulan modelin bazı örneklerde oldukça farklı sonuçlar verdiği, özellikle iki kenarında kolon bulunan perde

elemanlarının poligon kolon veya geniş kolon olarak uygulanmasının daha verimli olabileceği görülmüştür. Perdeler için mevcut Panel Elemanı yerine daha gelişmiş bir eleman kullanılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Perdesiz bina sonuçlarının, ANSYS ve SAP-2000 programları sonuçlarına büyük oranda uyum gösterdiği ve kesit tesirlerinin de aynı uyumla elde edildiği görülmektedir.

Mod Birleştirme Yöntemiyle yapılan çözümler de ise kat hizalarındaki deplasmanlar bir miktar farklı olsa da, program kesit tesirlerini daha yakın hesaplamaktadır.

Model kurulurken, aynı aks üzerinde iki eleman tanımlanamamakta (perde/kiriş) dolayısıyla karşılaştırmada kullanılan örneklere yakınlık sağlayabilmek için alternatif yollar aramak durumunda kalınmaktadır. Ayrıca çepeçevre bodrum perdesi örneğinde olduğu gibi, yan yana iki perde tanımlaması durumunda hata iletilişi alınmaktadır. Bu durum özel projelerde sorunlar çıkarabilmektedir.

Program çerçeveler halinde çözüm yaptığı için, eğer bir kolon herhangi bir yönde çerçeve dışında kalıyorsa, kolonun o yöne ait kesit tesirlerini bulmak mümkün olmamaktadır.

Program ile TDY98 arasında bazı notasyon farklılıkları göze çarpmaktadır. Örneğin A1 düzensizliği kontrolünde η_b (Eta-b) olarak anılması gereken büyüklük Eta-C olarak anılmaktadır.

STA4-CAD programında ise Mod Birleştirme Yöntemi ile analiz yaparken, yönetmeliğe aykırı olarak kütleleri kaydırmadan serbest titreşim analizi yapmaktadır.

Daha sonra mod katkılarından elde edilen her kata ait atalet kuvvetini, statik yük gibi kaydırılmış kütle merkezlerine etkiterек analizi sonuçlandırmaktadır.

KAYNAKLAR

- PROTA BİLGİSAYAR A.Ş., 1999. PROBİNA ORİON VER 9 Kullanma Kılavuzu. Prota Bilgisayar, Ankara, 215s.
- AYDINALEV, F., 2000. Çok Katlı Yapıların Yeni Deprem Yönetmeliğine Göre Analizi ve Yapı Düzensizliklerinin İrdelenmesi. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Y. Lisans Tezi, Adana,
- CELEP, Z., KUMBASAR, N., 1996. Yapı Dinamiği ve Deprem Mühendisliğine Giriş. Sema Matbaacılık, İstanbul, 422s.
- CELEP, Z., KUMBASAR, N., 1998. Betonarme Yapılar. Sema Matbaacılık, İstanbul, 888s.
- CLOUGH, R., PENZIEN, J., 1993, Dynamics of Structures. Mc.Graw-Hill Inc., Singapore, 738s.
- DÜNDAR, C., KIRAL, E., TANRIKULU, K., TOKGÖZ, S., 1998. Yeni Deprem Yönetmeliğine Göre Bina Analiz ve Tasarımı. İnşaat Mühendisleri Odası Adana Şubesi, Adana, 102s.
- GHALI, A., NEVILLE, A.M. 1978. Structural Analysis. Chapman and Hill, 2nd Editon.
- İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI İZMİR ŞUBESİ EĞİTİM MERKEZİ, 1998. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik. İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, İzmir, 85s.
- MACİT, F.K., 2000. Asal Eksenleri Deprem Doğrultularına Parel Olmayan Taşıyıcı Sistem Elemanlarına İlişkin Büyüklüklerin Düzeltilmesi. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Y. Lisans Tezi, Adana,
- ÖZDEMİR, E.K., 1999. Yeni TDY-98'in Ansys İle İrdelenmesi. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Y. Lisans Tezi, Adana,
- TEZCAN, S. 1970. Çubuk Sistemlerin Elektronik Hesap Makineleri İle Çözümü.
- KIRAL, E., ÖZDEMİR, E.K., YERLİ, H.Y., TEMEL, B., 2000. Yeni Deprem Yönetmeliğinin Analiz Bakımından Uygulamaları (Çözümlü Örnekler). İnşaat Mühendisleri Odası Adana Şubesi, Adana, 114s.

ÖZGEÇMİŞ

1977 yılında Yozgat'a bağlı Çandır ilçesinde doğdum. İlk ve orta öğrenimimi aynı ilçede, lise öğrenimimi ise Ankara'da tamamladım. 1994 yılında Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nü kazandım. Bir yıl İngilizce Hazırlık Eğitimi aldıktan sonra 1995'te İnşaat Mühendisliği Bölümünde öğrenimime başladım ve 1999 yılında mezun oldum. Aynı yıl Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nün yüksek lisans programını kazandım. Aralık 1999 tarihinde aynı bölümde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladım. Halen bu görevi sürdürmekteyim.

