

T.C.
AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BETONARME YAPI PROJE HESAPLARININ
STA4-CAD VE PROBİNA ORION
PAKET PROGRAMLARINA GÖRE İNCELENMESİ

Ayşegül LÜLE

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Yapı Eğitimi Anabilim Dalı
Danışman
Yrd.Doç.Dr. Ali ERGÜN

AFYONKARAHİSAR
2006

ÖZET

Ülkemizin büyük bir bölümü deprem riski altındadır. Meydana gelen her deprem sonrası önemli ölçüde can ve mal kaybı yaşanmaktadır. Bu nedenle betonarme yapıların yapı-deprem ilişkisinin ve yapı güvenliğinin iyi sağlanması gerekmektedir.

Bir betonarme yapının taşıyıcı sisteminin doğru tasarlanması kadar yapılan çözümünde doğru olması şarttır.

Bu çalışmada seçilmiş değişik projelerin inşaat mühendisliği alanında proje bürolarında kullanılan Sta4 Cad ve Probina Orion adlı paket programları ile çözümlemesi yapılmıştır. İncelenen projelerin aynı zamanda Sap 2000 programı ile sismik modellemesi de yapılmıştır. Seçilen örnekler çerçevesi, perdeli-çerçevesi sistemler olup kat sayıları 5 ve 9 olarak belirlenmiştir. Bütün örneklerde Deprem Bölgesi 1, analiz tipi Mod Birleştirme Yöntemi, Bina Önem Katsayısı 1, Kat Yüksekliği 2.80 m, döşemelerde 0,525 ton/ m² sabit yük, 0,200 ton/ m² hareketli yük, dış akslarda bulunan kirişlerde 0,9 ton/m, iç akslarda bulunan kirişlerde 0,7 ton/m olarak kiriş yükleri dikkate alınmıştır.

Her iki programda aynı değerler kullanılarak analiz yapılmış olup deprem hesap sonuçları, kat ağırlıkları, yapının doğal periyotları ve etkin kütle katılım oranları, deprem etkisinden dolayı katlarda meydana gelen x ve y yönü deprem yükleri, A1 ve B2 düzensizlik kontrolleri, seçilen herhangi bir döşeme, kiriş ve kolon elemanları için statik ve betonarme sonuçları, perdeli sistemlerde α_m değerleri, 1998 afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik esaslarına göre süneklik düzeyi yüksek sistemlerde yapılması gereken güçlü kolon kontrol sonuçları, kolon-kiriş birleşim bölgeleri kesme güvenliği kontrolü bütün örneklerde yapılmış ve son olarak beton, kalıp ve donatı metrajı çizelgeler şeklinde oluşturularak verilmiştir.

Her iki program kullanılarak yapılan proje hesap sonuçlarının karşılaştırılmasında bazı farklılıklar olduğu belirlendi. Bu farklılıkların programların kullandığı rijitlik katsayıları ve default değerlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Betonarme Yapı Projeleri, STA4-CAD, Probina Orion.

INVESTIGATION OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES PROJECTS ACCORDING TO STA4-CAD AND PROBINA ORION PROGRAMMES

Many parts of our country are under the risk of earthquake. The great loss of lives and economical losses happen after earthquakes in Turkey. Because of this reason, reinforced concrete structures need providing the structure-earthquake relation and the safety of structure. The analysis of projects is as important as the design of reinforced concrete structure system.

In this study, different reinforced concrete structure projects were analysed using STA4-CAD and Probina Orion programmes that have been used in the civil engineering design offices in Turkey. Furthermore, these projects were analysed using SAP2000 programme for seismic design too. The chosen projects are included reinforced concrete structures having 5 and 9 stories with only frame and frame+shear wall system. In all projects; the following conditions are considered: the first seismic zone, the mode superposition for seismic analysis method, the building importance factor is 1, the height of each story 2,80 m, 0,525 ton/m² dead load and 0,2 ton/m² live load on the floors, 0,9 ton/m uniform distributed load on the outside beams and 0,7 t/m uniform distributed load on the inside beams.

After the analysis were done using the same date in both STA4-CAD and Probina Orion programmes, the results of seismic design including the weight of stories, the natural vibration period of the buildings and the effective participating masses, the applied earthquake forces on the stories under the design earthquake loads in the both x and y earthquake directions, the control parameters of A1 and B2 irregularities, the results of static and reinforced concrete design for a chosen floor, beam and column, α_m values of the projects with shear walls, in according to TDY98 the result of the requirements for high ductility level that the requirement of having columns stronger than beams and the transverse reinforcement requirements and finally the amount of concrete, reinforcing bars and framework were given in the tables.

It was determined that there were some differences in comparison of the obtained projects analysis results using STA4-CAD and Probina Orion programmes. It has been thought that these differences have been proceed from the coefficients of rigidity and the default values that have been used in the programmes.

Keywords: The Project of Reinforced Concrete Structure, STA4-CAD, Probina Orion.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	v
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Amaç ve Kapsam.....	3
1.2. Yapılan Çalışmalar.....	4
2. BETONARME TAŞIYICI SİSTEMLER.....	6
2.1. Betonarme Yapılarda Uygulanan Bazı Taşıyıcı Sistemler.....	7
2.1.1. Çerçeve Sistemler.....	7
2.1.2. Perde Sistemler.....	8
2.1.3. Betonarme Taşıyıcı Sistem Düzenlenmesi Sırasında Dikkat Edilecek Hususlar.....	9
2.2. Taşıyıcı Sistem Elemanları.....	11
2.2.1. Döşemeler.....	11
2.2.2. Kirişler.....	11
2.2.3. Kolonlar.....	14
2.2.4. Perdeler.....	17
2.2.5. Temeller.....	17
3. PAKET PROGRAMLAR.....	19
3.1. Sta4-Cad.....	19
3.1.1. Eşdeğer Deprem Yöntemi.....	20
3.1.2. Dinamik Analiz (Mod Birleştirme).....	20
3.1.3. Sta4-Cad'de Binanın Modellenme Aşamaları.....	21
3.1.3.1. Aks Sisteminin Tanımlanması.....	21
3.1.3.2. Döşeme Elemanının Tanımlanması.....	22

3.1.3.3. Kiriş Elemanının Tanımlanması.....	22
3.1.3.4. Kolon Elemanının Tanımlanması.....	22
3.1.4. Bina Analizi.....	22
3.2. Probina Orion.....	23
3.2.1. Statik Analiz.....	24
3.2.2. Özdeğer (Eigenvalue) Analizi.....	24
3.2.3. Statik+Deprem Analizi.....	24
3.2.4. Dinamik Analiz (Mod Birleştirme).....	24
3.2.5. Probina'da Binanın Modellenme Aşamaları.....	26
3.2.5.1. Aks Sisteminin Tanımlanması.....	26
3.2.5.2. Döşeme Elemanının Tanımlanması.....	26
3.2.5.3. Kiriş Elemanının Tanımlanması.....	27
3.2.5.4. Kolon Elemanının Tanımlanması.....	27
3.2.6. Bina Analizi.....	27
4. SAYISAL ÖRNEKLER.....	28
4.1. Örnek 1.....	28
4.1.1. Bina Bilgileri.....	30
4.1.2. Analiz Sonuçları.....	31
4.1.2.1. Kat Kütle Ağırlıkları.....	31
4.1.2.2. Deprem Analiz Sonuçları.....	33
4.1.2.3. Betonarme Kesit Hesapları.....	41
4.1.2.4. TDY98 Göre Süneklik Düzeyi Yüksek Elemanlar İçin Kontrol Parametreleri.....	45
4.1.2.5. Metraj Sonuçları.....	48
4.2. Örnek 2.....	49
4.2.1. Bina Bilgileri.....	51
4.2.2. Analiz Sonuçları.....	53
4.2.2.1. Kat Kütle Ağırlıkları.....	53
4.2.2.2. Deprem Analiz Sonuçları.....	53
4.2.2.3. Betonarme Kesit Hesapları.....	58

4.2.2.4. TDY98 Göre Süneklik Düzeyi Yüksek Elemanlar İçin Kontrol Parametreleri.....	62
4.2.2.5. Metraj Sonuçları.....	66
4.3. Örnek 3.....	68
4.3.1. Bina Bilgileri.....	70
4.3.2. Analiz Sonuçları.....	72
4.3.2.1. Kat Kütle Ağırlıkları.....	72
4.3.2.2. Deprem Analiz Sonuçları.....	73
4.3.2.3. Betonarme Kesit Hesapları.....	78
4.3.2.4. TDY98 Göre Süneklik Düzeyi Yüksek Elemanlar İçin Kontrol Parametreleri.....	81
4.3.2.5. Metraj Sonuçları.....	84
4.4. Örnek 4.....	86
4.4.1. Bina Bilgileri.....	88
4.4.2. Analiz Sonuçları.....	89
4.4.2.1. Kat Kütle Ağırlıkları.....	89
4.4.2.2. Deprem Analiz Sonuçları.....	90
4.4.2.3. Betonarme Kesit Hesapları.....	96
4.4.2.4. TDY98 Göre Süneklik Düzeyi Yüksek Elemanlar İçin Kontrol Parametreleri.....	99
4.5. Örnek 5.....	103
4.5.1. Bina Bilgileri.....	105
4.5.2. Analiz Sonuçları.....	106
4.5.2.1. Kat Kütle Ağırlıkları.....	106
4.5.2.2. Deprem Analiz Sonuçları.....	107
4.5.2.3. Betonarme Kesit Hesapları.....	113
4.5.2.4. TDY98 Göre Süneklik Düzeyi Yüksek Elemanlar İçin Kontrol Parametreleri.....	117
4.5.2.5. Metraj Sonuçları.....	120
4.6. Örnek 6.....	122
4.6.1. Bina Bilgileri.....	124
4.6.2. Analiz Sonuçları.....	125

4.6.2.1. Kat Kütle Ağırlıkları.....	125
4.6.2.2. Deprem Analiz Sonuçları.....	126
4.6.2.3. Betonarme Kesit Hesapları.....	134
4.6.2.4. TDY98 Göre Süneklik Düzeyi Yüksek Elemanlar İçin Kontrol Parametreleri.....	137
5. SONUÇLAR.....	141
6. KAYNAKLAR.....	145
TEŞEKKÜR.....	147
ÖZGEÇMİŞ.....	148

SİMGELER ve KISALTMALAR

- a** : Kolonda veya perde uç bölgesinde etriye kollarının ve/veya çirozların arasındaki yatay uzaklık
- A_{s1}** : Kolon-kiriş düğüm noktasının bir tarafında, kirişin negatif momentin karşılamak için üste konulan çekme donatısının toplam alanı
- A_{s2}** : Kolon-kiriş düğüm noktasının A_{s1}'e göre öbür tarafında, kirişin pozitif momentini karşılamak için alta konulan çekme donatısının toplam alanı
- A(T)** : Spektral İvme Katsayısı
- A_w** : Kolon enkesiti etkin gövde alanı (depreme dik doğrultudaki kolon çıkıntılarının alanı hariç)
- b_j** : Gözönüne alınan deprem doğrultusunda, birleşim bölgesine saplanan kirişin düşey orta ekseninden itibaren kolon kenarlarına olan uzaklıklardan küçük olanının iki katı (Kiriş genişliği ile birleşimin derinliğinin toplamını aşamaz).
- b_w** : Kirişin gövde genişliği, perdenin gövde kalınlığı
- B_B** : Mod Birleştirme Yönteminde mod katkılarının birleştirilmesi ile bulunan herhangi bir büyüklük
- B_D** : B_B büyüklüğüne ait büyütülmüş değer
- D** : Dairesel kolonun göbek çapı (spiral donatı eksenleri arasındaki uzaklık)
- d** : Kirişin faydalı yüksekliği
- D_i** : Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminde burulma düzensizliği olan binalar için i'inci katta ± %5 ek dışmerkezliğe uygulanan büyütme katsayısı
- d_i** : Binanın i'inci katında deprem yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme
- f_{cd}** : Betonun tasarım basınç dayanımı
- f_{yk}** : Boyuna donatının karakteristik akma dayanımı
- F_i** : Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminde i'inci kata etkiyen eşdeğer deprem yükü
- g_i** : Binanın i'inci katındaki toplam sabit yük
- h** : Kolonun gözönüne alınan deprem doğrultusundaki enkesit boyutu
- h_k** : Kiriş yüksekliği

- H_i** : Binanın i'inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda i'inci katın zeminkat döşemesi üstünden itibaren ölçülen yüksekliği) [m]
- H_N** : Binanın temel üstünden itibaren ölçülen toplam yüksekliği (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda zemin kat döşemesi üstünden itibaren ölçülen toplam yükseklik) [m]
- h_i** : Binanın i'inci katının kat yüksekliği
- ℓ_n** : Kolonun kirişler arasında kalan serbest yüksekliği, kirişin kolon veya perde yüzleri arasında kalan serbest açıklığı
- I** : Bina Önem Katsayısı
- M_a** : Kolonun serbest yüksekliğinin alt ucunda, kolon kesme kuvvetinin hesabında esas alınan moment
- M_{ra}** : Kolonun veya perdenin serbest yüksekliğinin alt ucunda f_{cd} ve f_{yd} 'ye göre hesaplanan taşıma gücü momenti
- M_{ri}** : Kirişin sol ucu i'deki kolon veya perde yüzünde f_{cd} ve f_{yd} 'ye göre hesaplanan pozitif veya negatif taşıma gücü momenti
- M_{rj}** : Kirişin sağ ucu j'deki kolon veya perde yüzünde f_{cd} ve f_{yd} 'ye göre hesaplanan negatif veya pozitif taşıma gücü momenti
- M_{rü}** : Kolonun veya perdenin serbest yüksekliğinin üst ucunda f_{cd} ve f_{yd} 'ye göre hesaplanan taşıma gücü momenti
- M_ü** : Kolonun serbest yüksekliğinin üst ucunda, kolon kesme kuvvetini hesabında esas alınan moment
- M_r** : r'inci doğal titreşim moduna ait modal kütle
- M_{xr}** : Gözönüne alınan x deprem doğrultusunda binanın r'inci doğal titreşim modundaki etkin kütle
- M_{yr}** : Gözönüne alınan y deprem doğrultusunda binanın r'inci doğal titreşim modundaki etkin kütle
- N_d** : Yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan eksenel kuvvet
- N** : Hareketli Yük Katılım Katsayısı
- q_i** : Binanın i'inci katındaki toplam hareketli yük
- R** : Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı

- $R_a(T)$** : Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı
- $S(T)$** : Spektrum Katsayısı
- S** : Enine donatı aralığı, spiral donatı adımı
- T** : Bina doğal titreşim periyodu [s]
- T_1** : Binanın birinci doğal titreşim periyodu [s]
- T_{1A}** : Binanın amprik bağıntı ile hesaplanan birinci doğal titreşim periyodu [s]
- T_A, T_B** : Spektrum Karakteristik Periyotları [s]
- T_r, T_s** : Binanın r'inci ve s'inci doğal titreşim periyotları [s]
- V_i** : Gözönüne alınan deprem doğrultusunda binanın i'inci katına etki eden kat kesme kuvveti
- V_t** : Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminde gözönüne alınan deprem doğrultusunda binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yüğü (taban kesme kuvveti)
- V_{tB}** : Mod Birleştirme Yönteminde, gözönüne alınan deprem doğrultusunda modlara ait katkıların birleştirilmesi ile bulunan bina toplam deprem yüğü (taban kesme kuvveti)
- V_c** : Betonun kesme dayanımına katkısı
- V_d** : Yüğü katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan kesme kuvveti
- V_e** : Kolon ve kirişte enine donatı hesabına esas alınan kesme kuvveti
- V_{kol}** : Döğüm noktasının üstünde ve altında Bölüm 6'ya göre hesaplanan kolon kesme kuvvetlerinin küçük olanı
- V_r** : Kolon, kiriş veya perde kesitinin kesme dayanımı
- W** : Binanın, hareketli yüğü katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı
- w_i** : Binanın i'inci katının, hareketli yüğü katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı
- Y** : Mod Birleştirme Yönteminde hesaba katılan yeterli doğal titreşim modu sayısı
- α_M** : Süneklik düzeyi yüksek perdelerin tabanında elde edilen eğilme momentleri toplamının, binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam devrilme momentine oranı (Perde tabanındaki eğilme momentlerinin

hesabında, perdelere düzlemi içinde saplanan kirişlerin uçlarında depremden meydana gelen kesme kuvvetlerinin katkısı da gözönüne alınabilir.)

β : Mod Birleştirme Yöntemi ile hesaplanan büyüklüklerin alt sınırlarının belirlenmesi için kullanılan katsayı

Δ_i : Binanın i'inci katındaki görelî kat ötelemesi

$(\Delta_i)_{\max}$: Binanın i'inci katındaki maksimum görelî kat ötelemesi

$(\Delta_i)_{\text{ort}}$: Binanın i'inci katındaki ortalama görelî kat ötelemesi

ΔF_N : Binanın N'inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü

η_{bi} : i'inci katta tanımlanan Burulma Düzensizliği Katsayısı

η_{ki} : i'inci katta tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı

θ_i : i'inci katta tanımlanan İkinci Mertebe Gösterge Değeri

α_i : Herhangi bir i'inci katta hesaplanan V_{is} / V_{ik} oranı

\emptyset : Donatı çapı

$\rho_{\bar{u}}$: Kiriş mesnedinde üstteki çekme donatısı oranı

TS500 : Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları Yönetmeliği

TDY98: Türk Deprem Yönetmeliği

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Kiriş Detayı.....	12
2.2 Kolon Detayı.....	15
4.1 Örnek1'e ait Perspektif Görünüş.....	28
4.2 Örnek1'e ait Zemin Kat Kalıp Planı.....	29
4.3 Örnek2'e ait Perspektif Görünüş.....	49
4.4 Örnek2'e ait Zemin Kat Kalıp Planı.....	50
4.5 Örnek3'e ait Perspektif Görünüş.....	68
4.6 Örnek3'e ait Zemin Kat Kalıp Planı.....	69
4.7 Örnek4'e ait Perspektif Görünüş.....	86
4.8 Örnek4'e ait Zemin Kat Kalıp Planı.....	87
4.9 Örnek5'e ait Perspektif Görünüş.....	103
4.10 Örnek5'e ait Zemin Kat Kalıp Planı.....	104
4.11 Örnek6'ya ait Perspektif Görünüş.....	122
4.12 Örnek6'ya ait Zemin Kat Kalıp Planı	123

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Kirişler için Sınır Değerler.....	13
2.2 Kolonlar için Sınır Değerler.....	16
4.1 Örnek1'in Kat Ağırlıkları.....	31
4.2 Kolon Etki alanlarına Göre Bulunan Kat Ağırlıkları.....	32
4.3 Örnek1'e ait Yapının Doğal Periyot ve Etkin Kütle Katılım Oranları...	34
4.4 Örnek1'e ait Depremden Katlarda Meydana Gelen X Yönü Deprem Yükleri.....	36
4.5 Örnek1'e ait Depremden Katlarda Meydana Gelen Y Yönü Deprem Yükleri.....	36
4.6 STA4-CAD Programına Göre X Yönü (+%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri.....	38
4.7 Probina Orion Programına Göre X Yönü (+%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri.....	38
4.8 STA4-CAD Programına Göre X Yönü (-%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri.....	39
4.9 Probina Orion Programına Göre X Yönü (-%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri.....	39
4.10 STA4-CAD Programına Göre Y Yönü (+%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri.....	39
4.11 Probina Orion Programına Göre Y Yönü (+%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri.....	40
4.12 STA4-CAD Programına Göre Y Yönü (-%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri.....	40
4.13 Probina Orion Programına Göre Y Yönü (-%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri.....	40
4.14 Seçilen Döşemelerin Statik ve Betonarme Sonuçları.....	42
4.15 Seçilen Kirişin Statik ve Betonarme Sonuçları.....	43
4.16 Seçilen Kolonun Statik ve Betonarme Sonuçları.....	44
4.17 Güçlü Kolon Sonuçları.....	46
4.18 Kolon-Kiriş Birleşim Bölgesi Kesme Güvenliği Kontrolü.....	47

4.19	Örnek1'e ait Metraj Sonuçları.....	48
4.20	Örnek2'ye ait Kolon Boyutları.....	52
4.21	Örnek2'ye ait Kiriş Boyutları.....	52
4.22	Örnek2'nin Kat Ağırlıkları.....	53
4.23	Örnek2'ye ait Yapının Doğal Periyot ve Etkin Kütle Katılım Oranları.	54
4.24	Örnek2'ye ait Depremden Katlarda Meydana Gelen X Yönü Deprem Yükleri.....	55
4.25	Örnek2'ye ait Depremden Katlarda Meydana Gelen Y Yönü Deprem Yükleri.....	55
4.26	STA4-CAD Programına Göre X Yönü (+%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri.....	56
4.27	Probina Orion Programına Göre X Yönü (+%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri.....	56
4.28	STA4-CAD Programına Göre Y Yönü (+%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri.....	57
4.29	Probina Orion Programına Göre Y Yönü (+%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri.....	57
4.30	Seçilen Döşemelerin Statik ve Betonarme Sonuçları.....	58
4.31	Seçilen Kirişin Statik ve Betonarme Sonuçları.....	59
4.32	Seçilen Kolonun Statik ve Betonarme Sonuçları.....	61
4.33	Güçlü Kolon Sonuçları.....	63
4.34	Kolon-Kiriş Birleşim Bölgesi Kesme Güvenliği Kontrolü.....	64
4.35	Metraj Sonuçları.....	66
4.36	Örnek3'e ait Kolon Boyutları.....	71
4.37	Örnek3'e ait Kiriş Boyutları.....	71
4.38	Örnek3'ün Kat Ağırlıkları.....	72
4.39	Örnek3'e ait Yapının Doğal Periyot ve Etkin Kütle Katılım Oranları...	73
4.40	Örnek3'e ait Depremden Katlarda Meydana Gelen X Yönü Deprem Yükleri.....	74
4.41	Örnek3'e ait Depremden Katlarda Meydana Gelen Y Yönü Deprem Yükleri.....	75

4.42	Örnek3'e ait α_m 'in hesabı.....	75
4.43	STA4-CAD Programına Göre X Yönü (+%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri.....	76
4.44	Probina Orion Programına Göre X Yönü (+%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri.....	76
4.45	STA4-CAD Programına Göre Y Yönü (+%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri.....	77
4.46	Probina Orion Programına Göre Y Yönü (+%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri.....	77
4.47	Seçilen Döşemelerin Statik ve Betonarme Sonuçları.....	78
4.48	Seçilen Kirişin Statik ve Betonarme Sonuçları.....	79
4.49	Seçilen Kolonun Statik ve Betonarme Sonuçları.....	80
4.50	Güçlü Kolon Sonuçları.....	82
4.51	Kolon-Kiriş Birleşim Bölgesi Kesme Güvenliği Kontrolü.....	83
4.52	Örnek3'e ait Metraj Sonuçları.....	84
4.53	Örnek4'e ait Kolon Boyutları.....	89
4.54	Örnek4'ün Kat Ağırlıkları.....	90
4.55	Örnek4'e ait Yapının Doğal Periyot ve Etkin Kütle Katılım Oranları...	91
4.56	Örnek4'e ait Depremden Katlarda Meydana Gelen X Yönü Deprem Yükleri.....	92
4.57	Örnek4'e ait Depremden Katlarda Meydana Gelen Y Yönü Deprem Yükleri.....	92
4.58	Örnek4'e ait α_m 'in hesabı.....	93
4.59	STA4-CAD Programına Göre X Yönü (-%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri.....	94
4.60	Probina Orion Programına Göre X Yönü (-%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri.....	95
4.61	STA4-CAD Programına Göre Y Yönü (-%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri.....	95
4.62	Probina Orion Programına Göre Y Yönü (-%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri.....	95
4.63	Seçilen Döşemelerin Statik ve Betonarme Sonuçları.....	96

4.64	Seçilen Kirişin Statik ve Betonarme Sonuçları.....	97
4.65	Seçilen Kolonun Statik ve Betonarme Sonuçları.....	98
4.66	Güçlü Kolon Sonuçları.....	100
4.67	Kolon-Kiriş Birleşim Bölgesi Kesme Güvenliği Kontrolü.....	101
4.68	Örnek5'e ait Kolon Boyutları.....	106
4.69	Örnek5'e ait Kiriş Boyutları.....	106
4.70	Örnek5'in Kat Ağırlıkları.....	107
4.71	Örnek5'e ait Yapının Doğal Periyot ve Etkin Kütle Katılım Oranları...	108
4.72	Örnek5'e ait Depremden Katlarda Meydana Gelen X Yönü Deprem Yükleri.....	109
4.73	Örnek5'e ait Depremden Katlarda Meydana Gelen Y Yönü Deprem Yükleri.....	109
4.74	Örnek5'e ait α_m 'in hesabı.....	111
4.75	STA4-CAD Programına Göre X Yönü (+%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri.....	112
4.76	Probina Orion Programına Göre X Yönü (+%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri.....	112
4.77	STA4-CAD Programına Göre Y Yönü (+%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri.....	112
4.78	Probina Orion Programına Göre Y Yönü (+%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri.....	113
4.79	Seçilen Döşemelerin Statik ve Betonarme Sonuçları.....	114
4.80	Seçilen Kirişin Statik ve Betonarme Sonuçları.....	115
4.81	Seçilen Kolonun Statik ve Betonarme Sonuçları.....	116
4.82	Güçlü Kolon Sonuçları.....	118
4.83	Kolon-Kiriş Birleşim Bölgesi Kesme Güvenliği Kontrolü.....	119
4.84	Örnek5'e ait Metraj Sonuçları.....	120
4.85	Örnek6'ya ait Kolon Boyutları.....	125
4.86	Örnek6'ya ait Kiriş Boyutları.....	125
4.87	Örnek6'nın Kat Ağırlıkları.....	126
4.88	Örnek6'ya ait Yapının Doğal Periyot ve Etkin Kütle Katılım Oranları.	127

4.89	Örnek6'ya ait Depremden Katlarda Meydana Gelen X Yönü Deprem Yükleri.....	128
4.90	Örnek6'ya ait Depremden Katlarda Meydana Gelen Y Yönü Deprem Yükleri.....	129
4.91	Örnek6'ya ait α_m 'in hesabı.....	131
4.92	STA4-CAD Programına Göre X Yönü (+%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri.....	132
4.93	Probina Orion Programına Göre X Yönü (+%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri.....	132
4.94	STA4-CAD Programına Göre Y Yönü (+%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri.....	133
4.95	Probina Orion Programına Göre Y Yönü (+%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri.....	133
4.96	Seçilen Döşemelerin Statik ve Betonarme Sonuçları.....	134
4.97	Seçilen Kirişin Statik ve Betonarme Sonuçları.....	135
4.98	Seçilen Kolonun Statik ve Betonarme Sonuçları.....	136
4.99	Güçlü Kolon Sonuçları.....	138
4.100	Kolon-Kiriş Birleşim Bölgesi Kesme Güvenliği Kontrolü.....	139

1. GİRİŞ

Ülkemizin büyük bir bölümü deprem riski altındadır. Yaşanan her deprem sonrası önemli ölçüde can ve mal kaybı yaşanmaktadır. Bu nedenle betonarme yapıların yapı-deprem ilişkisinin ve yapı güvenliğinin iyi sağlanması gerekmektedir.

Bir betonarme yapının taşıyıcı sisteminin doğru tasarlanması kadar yapılan çözümünde doğru olması şarttır.

Bir mühendislik sisteminin analizi; sistemin analitik yöntemlerle matematiksel modelinin oluşturulması, denge denklemlerinin tanımlanması, denge denklemlerinin çözümlenmesi ve sonuçların değerlendirilip yorumlanması olmak üzere dört ana aşamada oluşmaktadır.

Analizlerin modern teknikler kullanılarak bilgisayar ortamında gerçekleştirilmesi durumunda ikinci ve üçüncü aşamalar oldukça mekanikleşmiş işlemler içerir. Bu nedenle de analizlerin gerçekleştirilmesinde pek fazla yük teşkil etmezler. Bu durumda doğal olarak analizi yapan mühendisin enerjisini daha çok ilk ve son aşamalar olarak modelleme ve sonuçların değerlendirilmesi yönünde kullanmaları gerekir.

Öyleyse doğru ve yeterli matematiksel model oluşturmanın temel koşulu kullanılacak analiz metodunun başarılı ve başarısız yönleri ile analizci tarafından tanınmasından geçmektedir.

Bilgisayarlı analiz tekniklerinin gelişmesi yani paket programlarının yaygınlaşması inşaat mühendisleri açısından büyük kolaylıklar sağlamıştır. Önceleri elle analiz yaparak proje üretmek çok fazla zaman kaybına ve hesaplamalarda oluşabilecek hataların çokluğuna ve büyük boyutlu matris problemlerinin elle analizinde içinden çıkılmaz bir hal almasına sebep olabilmekteydi. Bütün bu sebeplerden dolayı paket programlarının kullanımı hızla yaygınlaşmıştır. Projenin matematiksel modellemesinin ardından başta da belirttiğimiz gibi ikinci ve üçüncü aşama olan denklem sistemlerinin oluşturulması paket programlar ve bilgisayar aracılığıyla çok kısa bir sürede

analizi yapılmaktadır. Ayrıca entegre programlar sayesinde yapı sistemleri için çeşitli kontrol parametreleri TDY98'e göre düzensizlik kontrolleri, süneklilik düzeyleri yüksek yapı sistemleri için gerekli kontroller vb. işlemler otomatik olarak yapılabilmektedir. Son aşama olan veri sonuçlarının değerlendirilmesi işlemi sonuçları iyi bir şekilde yorumlayabilen mühendisler tarafından irdelenmelidir. Bu nedenle mühendislerimizin ve denetçilerimizin niteliklerinin ve bilgilerinin üst seviyeye çıkartılması gerekmektedir.

Bu son aşamada program kullanıcıları zamanlarının çoğunu bilgisayar çıktısından sonuç seçmek ve bunları kullanabilecekleri formda özetlemekle geçirirler. Doğal olarak binlerce rakamın arasından bir saat dahi çalıştıktan sonra kendilerinin de şaşırdukları kadar çok hata yapmaya başlarlar. Entegre bir programdan beklenebilecek en önemli noktalardan birisi de çıktı formunun "Bina Çıktı Raporlarına" benzemesi ve binanın kalıp ve kolon aplikasyon planlarındaki eleman etiketleri kullanılarak yazılmış olmasıdır (Probina Orion 2005).

Ayrıca Türkiye'de gerek hesaplarda ve gerekse çizimlerde dünya standartları yakalanamamıştır. Dünyada her çizimin özellikle ölçülendirilmesinden yazı boyutuna kadar bir standardı mevcuttur. Türkiye'de artık yavaş yavaş programlar aracılığıyla bir standarda gitme zorunluluğu oluşmaya başlamıştır.

Paket programların olumlu yanlarının yanı sıra birtakım olumsuz yanları da mevcuttur. Bunlardan bir tanesi analiz sonrası çıktı sonuçlarının dilendiği gibi değiştirilerek, gerçeğe ilgisi olmayan çıktıların alınabilmesidir. Mühendislik ahlakıyla bağdaşmayan bu durum sayesinde kontrol kurumları bile aldatılabilmektedir (Probina Orion 2005, STA4-CAD 2005).

Diğer bir olumsuz yönü ise, mühendisin çalışma hayatına bilgisayarın bu denli çabuk ve hızlı yerleşmesi bazı yanlış anlamaları da beraberinde getirmektedir. Mühendislik bilgisi olmayan ancak bilgisayar bilgisi fazla olan kişilerin proje üreticiliği yapabileceğini düşünen arkadaşlarımızın sayısı oldukça fazladır. Bu yüzden de mühendislik eğitimi olmayan kişiler proje üretmeye çalışmaktadırlar. Bu da mühendislik eğitimine olan ilgiyi azaltmaktadır.

Sonuç olarak, bina projelerinin yalnızca proje konusunda deneyimli “İnşaat Mühendisleri”nce yapılabileceğini ve en iyi tasarlanmış bir bilgisayar programının bile hiçbir zaman iyi bir mühendisin yerini dolduramayacağını unutmamak gerekir.

1.1 Amaç ve Kapsam

Bu çalışmada seçilmiş değişik projelerin inşaat mühendisliği alanında proje bürolarında kullanılan STA4-CAD ve Probina Orion adlı paket programları ile çözümlenmesi yapılacaktır. İncelenen projelerin aynı zamanda SAP2000 programı ile sismik modellemesi de yapılacaktır. Seçilen örnekler çerçevesi, perdeli-çerçevesi sistemler olup kat sayıları 5 ve 9 olarak belirlenmiştir. Bütün örneklerde Deprem Bölgesi 1, analiz tipi Mod Birleştirme Yöntemi, Bina Önem Katsayısı 1, Kat Yüksekliği 2,80 m, döşemelerde 0,525 ton/ m² sabit yük, 0,200 ton/ m² hareketli yük, kirişlerde ise dış akslarda bulunan kirişlerde 0,9 ton/m, iç akslarda bulunan kirişlerde 0,7 ton/m olarak kiriş yükleri dikkate alınmıştır.

Her iki programda aynı değerler kullanılarak analiz yapılmış olup deprem hesap sonuçları, kat kütleleri, periyot ve etkin kütle katılım oranları, deprem etkisinden dolayı katlarda meydana gelen x ve y yönü deprem yükleri, A1 ve B2 düzensizlik kontrolleri, seçilen herhangi bir döşeme, kiriş ve kolon elemanları için statik ve betonarme sonuçları, perdeli sistemlerde α_m değerleri, 1998 afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik esaslarına göre süneklik düzeyi yüksek sistemlerde yapılması gereken güçlü kolon kontrol sonuçları, kolon-kiriş birleşim bölgeleri besme güvenliği kontrolü bütün örneklerde yapılmış ve son olarak beton, kalıp ve donatı metrajı çizelgeler şeklinde oluşturularak verilmiştir.

SAP2000 programında ise veri girişleri yapılırken tabla genişlikleri, kat kütleleri, periyot değerleri STA4-CAD programından alınmış ve rijitlik bölgeleri 0,5 alınarak çözüm yapılmıştır.

1.2 Yapılan Çalışmalar

Özdemir, SAP90, STA4-CAD, Probina, Babalıoğlu Bilgisayar Programlarının Düşey Yüklere Göre Karşılaştırılması konulu yaptığı çalışmada, yalnız düşey yüklerin uygulandığı sekiz katlı, taşıyıcı sistemi perde ve çerçevelerden oluşan bir yapı çözmüştür. Sonuç olarak piyasada yaygın olarak kullanılan programların analiz sonuçlarında oldukça ciddi farklılıklar görüldüğü ortaya konulmuştur. Özdemir'e göre bu ve benzeri çalışmaların, başka değişkenler ve yapı türleri de baz alınarak devam ettirilmesi ve ilerletilmesi gerektiği belirtilmiştir (Özdemir 1999).

Duman, STA4-CAD Hazır Programının Yeni Türk Deprem Yönetmeliği (TDY98) Bakımından İrdelenmesi konulu yaptığı çalışmada, inşaat mühendisliği bina proje bürolarında kullanılan STA4-CAD bilgisayar programı ile yeni deprem yönetmeliği analiz hesapları bakımından irdelenmesi yapılmıştır. Önce çeşitli bina taşıyıcı sistemleri ANSYS5.3 programı ile çözülmüş ve SAP90 programı sonuçları kontrol edilmiştir. Sonuç olarak, perdelerin toplam taban momentleri, perde taban momentine, perdelerle bağlı kirişlerin deprem momentleri eklenerek gösterildiği, bu durumun dayandığı prensibin anlaşılamadığı görülmüştür. Ayrıca eşdeğer deprem yükü yöntemi ile analizi yapılan binanın 25 m'den yüksek olduğunda program tarafından TDY98'de belirtilen tepe yükünün hesaplara doğru olarak dahil edildiğine; veri girişinin hızlı olması ile veride istenen değişikliklerin kolayca işlenebildiği ve bu durumun büyük kolaylıklar sağladığı, TDY98'nin analiz bakımından istediklerini yerine getirdiği ve program sonuçlarının yakın olduğu görülmüştür (Duman 2000).

Baran, Probina Orion 2000 Hazır Programının Yeni Deprem Yönetmeliği Bakımından İrdelenmesi konulu yaptığı çalışmada, inşaat mühendisliği bina proje bürolarında kullanılan Probina Orion bilgisayar programı ile yeni deprem yönetmeliği analiz hesapları bakımından irdelenmesi yapılmıştır. Önce çeşitli bina taşıyıcı sistemleri ANSYS5.3 programı ile çözülmüş ve SAP2000 programı sonuçları ile kontrol edilmiştir. Sonuç olarak, mod birleştirme yönteminde kullanılan kütleli dönme atalet momenti, toplanmış kütle kabulü ile hesaplandığı

görüşmüştür. Mod birleştirme yöntemi uygulandığı zaman programda, mod vektörlerinin bileşenlerinde bazı işaret hataları olduğu, mod birleştirme yöntemi ile analiz yapılırken, serbest titreşim analizi sırasında TDY98'in öngördüğü, kütlelerin $\pm\%5$ kaydırılması eksenler üzerinde yapılmadığı ve bu durumda sonuçlarda bazı farklılıkların oluşmasına neden olduğu görülmüştür (Baran 2001).

Çavuş, Betonarme Yapı Sistem Analizlerinde Kullanılan İki Paket Programın Karşılaştırılması konulu yaptığı çalışmada, iki hazır paket program olan Probina ve SAP2000'in düşey yükler tesiri altında sekiz katlı bir binanın analiz sonuçlarının karşılaştırılmasını içermektedir. Bu karşılaştırmada örnek alınan bina taşıyıcı sistemi, perdeli-çerçeve (karma) olarak seçilmiştir. Karşılaştırma sonucunda iki programın sonuçları arasında büyük farklar olmadığı görülmüştür. Ayrıca her iki programın grafik editöre bağlı kullanım kolaylığı, sisteme veri girişinde ve sistem analiz sonucunda, her iki programın Autocad'le ilişkisi karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmada, grafik editörün fonksiyonelliği açısından SAP2000'in daha avantajlı olduğu ancak analiz sonuçlarının Autocad'e aktarılması açısından Probina'nın avantajlı olduğu görülmüştür (Çavuş 2002).

Taşcıoğlu, Planda Düzensizlik İçeren Yapısal Sistemlerin Analizinde Kullanılan Paket Programların İrdelenmesi konulu yaptığı çalışmada, STA4-CAD ve SAP2000 programlarında yapılan analizler sonucu kolonlarda zati yük, hareketli yük ve her iki doğrultudaki deprem yüklerinden dolayı oluşan normal kuvvet ve her iki yöndeki deprem momentleri incelenmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda SAP2000 ve STA4-CAD programları kullanılarak planda düzensizlikler içeren yapı sistemlerinin analizinden elde edilen sonuçların birbirine yakın düzeyde olduğu kabul edilmiştir (Taşcıoğlu 2002).

2. BETONARME TAŞIYICI SİSTEMLER

Betonarme bir yapının taşıyıcı sistemi, söz konusu yapının işlevine bağlı olarak, değişik türde olabilir. Örneğin, malzeme depolamak için düzenlenen bir silo ya da gazların uzaklaştırılması amacı ile yapılan bir baca, işlevleri gereği yüzeysel taşıyıcılarla oluşturulurken; konut, büro, fabrika vb. bina olarak adlandırılan yapıların taşıyıcı sistemleri çubuk sistemlerle düzenlenir.

Her taşıyıcı sistemden, kendi ağırlığı başta olmak üzere, etkiyen yükleri karşılayarak bunları mesnetlendiği zemine güvenli bir şekilde aktarması beklenir. Bir yapının güvenli olması yanında, sağlaması gereken koşullardan, ekonomik, kullanım amacına uygun, çevre ile uyumlu ve estetik olma koşulları da göz önünde tutulmalı, taşıyıcı sistemin bu koşulları önleyici olmamasına çalışılmalıdır.

Bina türünde yapıların taşıyıcı sistemleri üç grupta toplanabilir. Birinci grup düşey yüklerin doğrudan etkidiği, yatay veya yataya yakın plak ve kiriş gibi elemanların oluşturduğu kat döşemeleridir. İkinci grupta düşey veya düşeye yakın, perde, kolon gibi elemanlar sayılabilir. Üçüncü grupta yükleri zemine aktaran temeller yer alır.

Birinci grup içinde sayılan ve kat döşemelerini oluşturan elemanların yalnız düşey yükleri değil, özellikle depremden oluşan yatay yükleri de perde veya kolonlara aktarma durumunda oldukları unutulmamalıdır. Bu açıdan döşeme plağının kalınlığı, bir dökümlü (monolitik) oluşu ve düşey elemanlarla bağlantısı ile ilgili yapısal kurallar göz önünde tutulmalıdır.

İkinci grup olarak alınan perde ve kolonlar, kat döşemesi ile birlikte bir çerçeve sistemi oluştururlar. Kolonların ve perdelerin yükler altında davranışları oldukça farklıdır. Perdeler büyük atalet momentleri ile kolonlara göre daha rijit olduklarından yerdeğiştirmelerin sınırlandırılmasında daha etkili bir taşıyıcı sistem elemanıdır. Buna karşılık, etriyelerin sıklaştırılması ile beton yeterince kuşatılarak kolonlarda dönüşümlü yükler altında da elastik sınırın ötesinde büyük yerdeğiştirmelere ulaşılabilir. Bu ise, kolonların daha sünek bir taşıyıcı eleman

olarak üretilebileceği bu nedenle de depreme dayanım açısından daha elverişli olduğu anlamına gelir. Taşıyıcı sistemde dayanım ve sünekliğin yanında, bu özelliklerin sistemde yayılı olarak bulunması ve sistemin bütünlüğünün sağlanmış olması da önemlidir. Örneğin, birleşim bölgelerinin oluşturulmasında, donatının kenetlenmesinde, kiriş-perde birleşimlerinde uyulacak kurallar bu kapsamda sayılabilir.

Yukarıda sayılan bu özellikler, yüksekliği fazla olmayan binalarda daha sünek bir sistem olduklarından kolonlardan oluşan çerçevelerin tercih edilmesi gerektiğini, buna karşılık yatay yükten meydana gelen yerdeğiştirmelerin sınırlandırılması önemli bir sorun olan yüksek binalarda, sağladıkları rijitlik dolayısıyla perdelerin kullanılması gerektiğini gösterir (Celep ve Kumbasar 2005).

2.1 Betonarme Yapılarda Uygulanan Bazı Taşıyıcı Sistemler

2.1.1 Çerçeve Sistemler

Kolonların kiriş veya döşemenin, süneklik sağlayacak şekilde birdökümlü (monolitik) yapımı ile çerçeve adı verilen taşıyıcı sistem elde edilir. Çerçevelerin mukavemeti ve rijitliği, kiriş ve kolonların boyutlarıyla doğru, kat yükseklikleri ve kolon aralıklarıyla ters orantılıdır. Kat yükseklikleri ve kolon aralıkları büyüdükçe, taşıma kapasitesi düşer. Bu nedenle çerçeve sistemler, kat adedi çok fazla olmayan betonarme yapılar için uygun bir çözümdür.

Çerçevelerin deprem yüküne karşı koyabilmeleri, süneklik, dayanım ve rijitlikleri ile belirir. Projelendirmede donatı ve yerdeğiştirme hesapları dayanım ve rijitliğin yeterliliği konusunda mühendise yeterli bir fikir verirken, en önemli özelliklerden biri olan süneklik ancak uyulması gereken etriye ve donatı düzeni ile ilgili kurallarla sağlanabilir. Bu nedenle kolon ve kirişler için yönetmeliklerde verilen konstrüktif kurallara uyulması deprem bakımından hayati bir önem taşır (Celep ve Kumbasar 2005).

2.1.2 Perde Sistemler

Perdeler, yapıya, yatay kuvvetlere karşı, çerçeve sistemlere göre daha fazla yatay rijitlik kazandıran düşey düzlemsel diyaframlardır. Perdelerin ana görevi yapının yatay ötelenme rijitliğini arttırmak, katlar arası göreceli yatay ötelenmeleri sınırlamak ve tersinir deprem yükleri altında yapıya süneklik kazandırmaktır.

Perdeler tek başlarına düşünüldüğünde bir konsol kiriş oldukları halde, taşıyıcı sistem içinde bağ kirişleri veya bu işlevi yapan döşeme elemanı, varsa çerçeve kolonları ile etkileşimi nedeni ile moment diyagramları bir konsolunkinden farklıdır. Bu fark etkileşimi sağlayan elemanların önem derecesi ile değişir.

Perdelerin birbirine bağ kirişleri ile birleştirilmesi sonucu elde edilen yatay yük taşıyıcı elemanlara boşluklu perde dendiği bilinmektedir. Genellikle bir taşıyıcı sistem içindeki tüm perdelerdeki eğilme momentlerinin boşluklu perdelerin eğilme momentlerine benzer biçimde olduğu görülür.

Bir yapının taşıyıcı sisteminde perdelerin de bulunması durumunda gözden uzak tutulmaması gereken bir nokta perdelerin temelleridir. Eksenel kuvvetleri yanında taşıdıkları eğilme momenti oldukça büyük olan perdelerin taşıdıkları bu kesit zorlarını zemine güvenli bir biçimde aktaracak temeli düzenlemek kolay olmayabilir. Bu nedenle yapının taşıyıcı sistemi düzenlenirken perdelerinde yapı ağırlığının yeterli bir bölümünü taşımasının sağlanması gereklidir. Yapıda tekil veya sürekli temel genel olarak yeterli olsa da, bu nedenlerle perde temelini komşu kolonların temelleri ile birleştirerek yerel bir plak temel oluşturulması gerekebilir.

Perdelerin plandaki yerlerinin belirlenmesinde binanın fonksiyonu ve mimari nedenler etkili olur. Ancak perde konabilecek yerler arasında planda çevreye yakın olanların, simetriyi de sağlayacak biçimde seçilmesi, yapının burulma rijitliğini artırması bakımından uygundur. Taşıyıcı sistemin rijitliğini büyük ölçüde artıran perdelerin yalnız bir doğrultuda yerleştirilmesi, iki doğrultuda çok farklı açısız frekans ve yerdeğiştirme nedeniyle, dengesiz bir davranış ortaya çıkaracağından sakıncalıdır (Celep ve Kumbasar 2005).

2.1.3 Betonarme Taşıyıcı Sistem Düzenlenmesi Sırasında Dikkat Edilecek Hususlar

Hangi tür olursa olsun, bir betonarme taşıyıcı sistemin düzenlenmesi sırasında özellikle dikkat edilmesi gereken noktalar aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- 1- Her iki doğrultuda yatay yükleri karşılayacak çerçeveler meydana getirilmesi, yatay yüklerin güvenli biçimde taşınabilmesi için gereklidir. Taşıyıcı sistemin, yüklerin en kısa yoldan zemine aktaracak şekilde düzenlenmesi, böylece, örneğin, burulma gibi bazı ek etkilerin meydana gelmemesi için çaba harcanmalıdır.
- 2- Düşey taşıyıcı kolon ve perdelerle temellerine gerekli önemin verilmesi, özellikle temellerin zemin durumu göz önüne alınarak belirlenmesi, kolonların zemine kadar kesintisiz devam etmesi önemlidir. Yapılarda kütlesi büyük olan katların zemine yakın düzenlenmesi, toplam taban kesme kuvvetini azaltacağı gibi, deprem sırasında meydana gelecek atalet kuvvetlerin yapıyı daha az zorlaması da sağlanır. Deprem etkisi en fazla alt katlarda ortaya çıkacağı için, buradaki kolonların yapım ve düzenlemesine önem verilmeli, görünüş ve kullanım gerekleri ile ani rijitlik değişikliğine gidilmemelidir.
- 3- Depremde en çok zorlanan yerlerden olan kiriş-kolon birleşim bölgelerinde donatının yerleştirilmesine, kenetlenmesinin sağlanmasına ve kolon etriyelerinin devam ettirilmesine özen gösterilmelidir.
- 4- Betonun yeterince sünekliğe sahip olabilmesi ve öngörülen dayanımda olması gerekir.
- 5- Taşıyıcı sistemde rijitliğin ve bununla uyumlu taşıma kapasitesinin düzgün bir şekilde dağıtılmasının, deprem nedeni ile ortaya çıkan hasarların bazı bölgelerde yoğunlaşmadan tüm yapıda dağılmasını sağlayacağı gözden kaçırılmamalıdır.
- 6- Kolon ve perde kesitlerinin, taşıyıcı sistemin iki doğrultudaki rijitliğini birbirine yakınlaştıracak şekilde belirlenmesi, her iki doğrultudaki deprem zorlanmasının uyumlu olarak taşınmasını sağlayacaktır.

- 7- Taşıyıcı sistemin planda simetrik olarak düzenlenmesi depremde ortaya çıkacak etkilerin gereksiz yere artmasını önler. Perdelerin, planda dış kenarlara yakın yerleştirilmesi, yapının tüm plan kesitinin burulma rijitliğini artırarak, depremde doğacak kesit etkilerinin daha düşük düzeyde kalmasını sağlayacaktır.
- 8- Kolon ve kirişlerdeki birleşim noktalarına yakın bölgeler (sarılma bölgeleri) deprem etkisi altında fazla zorlanacağı için, etriyelerin sıklaştırılması ile betonda sarılmadan dolayı dayanımın ve güç tükenmesi şekil değiştirmesinin (sünekliğin) artması sağlanabilir. Böylece deprem etkilerinin neden olacağı hasar daha düşük bir düzeye indirilebilir.
- 9- Temel bağ kirişlerinin, temelleri bağlayıp birbirlerine göre yerdeğiştirmelerini önleyecek şekilde düzenlenmesi ve donatılarının kenetlenmesinin temel bloğu içinde yapılması gerekir.
- 10- Kirişsiz döşemeli yapılarda, döşeme ve kolonların oluşturduğu çerçeveler yatay yüklere karşı çoğunlukla yeterli rijitlik sağlayamadıkları için, deprem perdeleri ile yapının rijitleştirilmesi uygun olacaktır (Celep ve Kumbasar 2005).

2.2 TAŞIYICI SİSTEM ELEMANLARI

Betonarme taşıyıcı sistemleri düşey yüklerin doğrudan etkidiği, yatay ve yataya yakın plaklar ve kirişler, bu yatay elemanları ve ayrıca yapıya etkiyen yatay yükleri taşıyan kolonlar ve perdeler, daha sonra yapı yüklerini zemine aktaran temellerdir.

2.2.1 Döşemeler

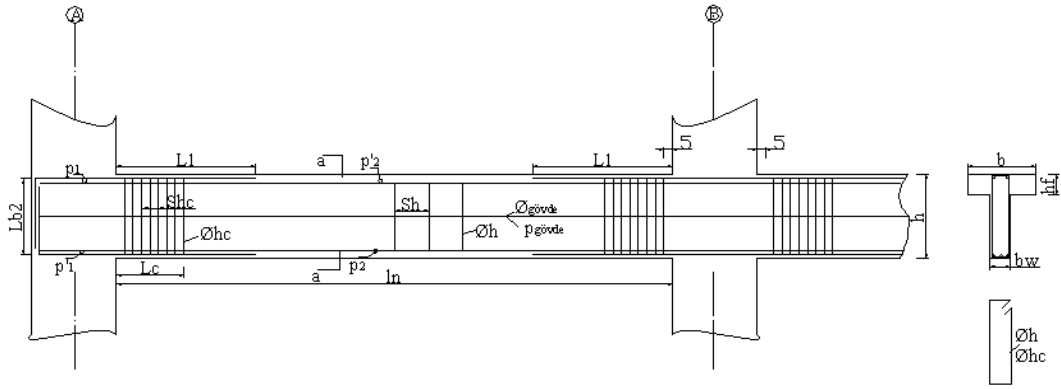
Döşemeler, iki boyutlu taşıyıcı elemanlar olup, taşıdıkları yükleri çevre duvarlarına veya kirişlere iletirler. Doğrudan kolonlara mesnetli döşemelerde yükler döşemeden kolonlara geçer. Genellikle, döşemeler çevrelerindeki kirişlere ve bazen de doğrudan taşıyıcı duvarlara mesnetlenen plaklar türünden taşıyıcı eleman olarak ortaya çıkar. Dikdörtgen elemanlardan meydana gelen bölümlerden oluştuğu gibi, daire gibi değişik geometriye de sahip olabilirler. Çevresinin tümünde kiriş veya taşıyıcı duvar bulunabileceği gibi, sadece bir bölümü bu elemanlara mesnetli olabilir. Kalınlıkları açıklığa ve yüke bağlı olarak belirir. Mesnet durumuna bağlı olarak yükünü bir veya iki doğrultuda ileten bu tür döşemeler “kirişli plak döşemeler” olarak isimlendirilir. Ana kirişlere mesnetli sık paralel kirişler sistemi diğer bir döşeme türünü meydana getirir. Sık paralel kirişler, dış olarak bilindiği için bu tür döşeme sistemleri “dışlı döşemeler” olarak isimlendirilir. Bu tür döşemelerde yük dışlar doğrultusunda mesnet kirişlerine iletilir. Kirişsiz döşemeler ise, kiriş olmaksızın doğrudan kolona mesnetli döşeme türünü oluştururlar (Celep ve Kumbasar 2005).

2.2.2 Kirişler

Kirişler, betonarme taşıyıcı sistemde düşey yüklerin karşılanmasında döşemelere mesnetlik yaparak, yüklerin kolonlar yoluyla temele aktarılmasını sağlarlar. Bunun yanında kolonları bağlayarak taşıyıcı sistemde çerçeve oluştururlar. Değişik kesitlere sahiptirler. Kirişlerde genel olarak eğilme momenti etkili olmakla beraber kesitlerinde normal kuvvet de bulunur. Tasarım aksenal kuvveti $N_d \leq 0,1A_c f_{ck}$ olan ve eğilme momenti taşıyan elemanlar kiriş olarak kabul edilir.

Kirişlerin eksenleri genellikle yatay olmakla beraber, özellikle endüstri yapılarında eğimli çatı kirişlerine de rastlanır. Bazı durumlarda dikdörtgen, üçgen, yamuk veya değişik kesitlere sahip olmakla beraber, genellikle döşeme ile beraber betonlandıklarından, tablalı kesit kirişler yoğun biçimde ortaya çıkar. Ancak, negatif moment bölgesinde dikdörtgen kesit olarak hesaplanabildikleri gibi, pozitif moment bölgesinde de basınç bölgesi çoğu zaman tabla bölgesinde kaldığı için dikdörtgen kesit biçiminde ele alınabilirler (Celep ve Kumbasar 2005).

Şekil 2.1’de kiriş detayı, çizelge 2.1’de ise TS 500 ve TDY98’e kirişler için sınır değerler verilmiştir.



Şekil 2.1 Kiriş Detayı

Çizelge 2.1 Kirişler için Sınır Değerler

Tanım	TS 500-2000	TDY-1998
min b_w	20 cm	25 cm
max b_w	kolon genişliği+h	kolon genişliği+h
min h	30 cm, $3h_f$	30 cm, $3h_f$
max h	-	$3,5 b_w, l_n/4$
min ρ_2	$0,8f_{ctd}/f_{yd}$	-
max ρ_2	$0,85\rho_b, 0,02$	$0,85\rho_b, 0,02$
min ρ_1	$0,8f_{ctd}/f_{yd}$	f_{ctd}/f_{yd}
max ρ_1	0,02	0,02
min ρ'_1	-	0,5 ρ_1
max ρ'_1	-	0,02
I_c	2h	2h
max S_{hc}	$h/4, 15$ cm	$h/4, 15$ cm, $8\Phi_{min}$
min S_{hc}	-	-
max S_h	0,5 h	0,5 h
min S_h	-	-
min Φ	12 mm	12 mm
max Φ	-	-
max N_d	$0,1 f_{ck}A_c$	$0,1 f_{ck}A_c$
max V_d	$0,22 f_{cd}A_c$	$0,22 f_{cd}A_c$
min $\rho_{gövde}$	0,001	-
min $\Phi_{gövde}$	10 mm	-
net beton örtüsü	2 cm (içte) 2,5 cm (dışta)	-
min beton sınıfı	-	C16*
min etriye kanca boyu	$6\Phi, 5$ cm	$10\Phi, 10$ cm(düz) $6\Phi, 8$ cm(nervürlü)
min çelik sınıfı	-	-
max çelik sınıfı	-	S420a, S420b
min çekme donatısı sayısı	-	$2\Phi 12$

* Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde TDY98 madde 7.2.5.1 (a) ve (b) gereği C20 ve ya daha yüksek dayanımlı beton kullanılması zorunludur.

2.2.3 Kolonlar

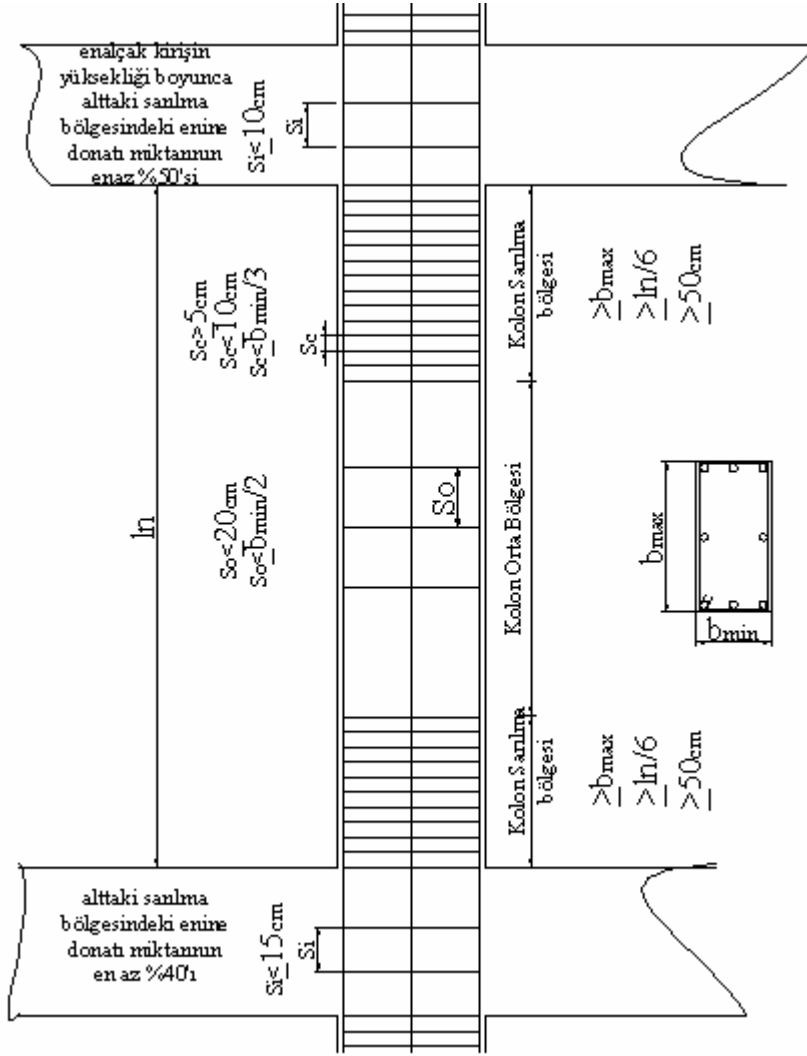
Kolonlar, kiriş ve bazen doğrudan döşemelere mesnetlik yaparak aldıkları yükleri temeller vasıtasıyla zemine iletirler. Kirişlerle beraber, yatay yük elemanlarının taşınmasında iyi bir taşıyıcı sistem olan çerçeveleri oluştururlar ve taşıyıcı sistemin ana elemanlarından sayılırlar. Bunlarda ortaya çıkacak bir hasar tüm taşıyıcı sistemi zayıflatır, onarılması güç durumlar ortaya çıkarır. Bu nedenle düzenlenmelerine ve boyutlamalarına özen gösterilmesi önemlidir (Celep ve Kumbasar 2005).

Betonarme kolon, yapısal sistemin, yani çerçevenin bir parçasıdır ve çerçeveye monolitik olarak bağlıdır. Bu nedenle, kolonlar düşey ve yatay yükler altında aksenal basınca ek olarak, eğilme momenti ve kesme kuvveti taşırlar, bazı durumlarda da burulma etkisine de maruzdurlar.

Betonarme bir kolonun yalnızca aksenal yük taşıması olanaksızdır. Bu nedenle, yönetmeliklerde kolonların aksenal yük taşıyor gibi boyutlandırılıp donatılmasına izin verilmez. TS 500 madde 6.3.10'e göre minimum dışmerkezlilik alınması gerekmektedir.

Betonarme yapılardaki kolonların kesit boyutları boylarına oranla küçük olduğundan, kolonlar genellikle narin elemanlardır. Kesitin küçülmesiyle kesitin eğilme rijitliği azalırken, yanal yerdeğiştirmeler, dolayısıyla ikinci mertebe etkiler de artar. Bazı durumlarda ikinci mertebe etkiler, mevcut eğilme momenti yanında önemli duruma geçer. İkinci mertebe etkilerin büyük olduğu kolonların dayanımında azalmalar meydana gelir. Bu nedenle narin betonarme kolonlarda oluşan ikinci mertebe momentleri çoğu kez ihmal edilemeyecek büyüklüklere erişeceğinden, bunlar hesapta mutlaka dikkate alınmalıdır.

Şekil 2.2'de kolon detayı, çizelge 2.2'de ise TS 500 ve TDY98'e göre kolonlar için sınır değerler verilmiştir.



Şekil 2.2 Kolon Detayı

Çizelge 2.2 Kolonlar için Sınır Değerler

Tanım	TS 500-2000	TDY-1998
Min kenar (b veya h)	25 cm	25 cm
min A_c	$1,1 N_d/f_{cd}$	$0,5 N_d/f_{ck}$, 750 cm ²
max I/kısa kenar	-	-
min I_c	-	uzun kenar, $I/6$, 50 cm
min I_a	-	I_b
min ρ	0,01	0,01
max ρ	0,04	0,04
max a_t	30 cm	$25 \Phi_h$
max a_o	-	-
max s_o	$12 \Phi_{min}$, 20 cm	kısa kenar/2, 20 cm
min s_o	-	-
max s_c	-	10 cm, kısa kenar/3
min s_c	-	5 cm
min Φ	14 mm	14 mm
max Φ	-	-
min Φ_h , min Φ_{hc}	$\Phi_{max}/3$	8 mm
max Φ_h , max Φ_{hc}	-	-
max uzun kenar/kısa kenar	7	-
min M_{xd}	$(15 \text{ mm} + 0,03 b)N_d$	-
min M_{yd}	$(15 \text{ mm} + 0,03 b)Nd$	-
max N_d	$0,9 f_{cd}A_c$	$0,5 f_{ck}A_c$
max V_d	-	$0,22 f_{cd}A_c$
min boyuna donatı sayısı	6 Φ 14, 4 Φ 16(dikdörtgen), 6 Φ 14 (daire)	6 Φ 14, 4 Φ 16(dikdörtgen), 6 Φ 14 (daire)
net beton örtüsü	2 cm (içte), 2,5 cm(dışta)	-
min beton sınıfı	C16	C16*
min çelik sınıfı	-	-
max çelik sınıfı	-	S420a, S420b

* Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde TDY98 madde 7.2.5.1 (a) ve (b) gereği C20 ve ya daha yüksek dayanımlı beton kullanılması zorunludur.

2.2.4 Perdeler

Perdeler yatay kuvvetlerin taşınmasında etkili olarak kullanılırlar. Bir taşıyıcı sistemde çerçeve sistemi ile beraber kullanılabilirdiği gibi, düşey taşıyıcıları sadece perdelerden oluşan sistemlerde vardır. Çerçeve ile beraber olduğu durumda da, perdelerin rijitlikleri fazla olduğu için, deprem veya rüzgardan oluşan yatay yüklerin tamamına yakın miktarını karşılarlar. Taşıyıcı sistemlerin yükseklikleri arttıkça yatay yüklerin karşılanmasında perdeler önemli bir eleman olarak ortaya çıkar. Yatay yükler altında kat yerdeğıştirmelerinin sınırlandırılması bakımından, bazı durumlarda perdelerin kullanılması zorunlu olur. Deprem bölgelerinde yapılan perdelerin hem yapının güvenliğini sağlayarak ve hem de yerdeğıştirmeleri sınırlandırarak yapısal olmayan elemanlarda hasarları önlemeleri bakımından etkili davrandıkları belirlenmiştir. Bu nedenle ve gelecekte daha yüksek yapıların yapılması eğilimi sebebiyle taşıyıcı sistemlerde perdelerin daha yoğun kullanılacağı tahmin edilebilir.

2.2.5 Temeller

Temeller, taşıyıcı sistemin yüklerini zemine aktaran kısımlardır. Yüklerin uygun şekilde zemine aktarılması sırasında, taşıyıcı sistemde ek etkiler meydana getirecek çökmelerin ve dönmelerin meydana gelmemesi önemlidir. Ayrıca farklı oturumların elden geldiği kadar önlenmesiyle taşıyıcı sistemin gereksiz yere zorlanmasının önüne geçilmiş olur. Bu koşulları sağlayan temel düzeninin belirlenmesinden sonra, betonarme temel elemanının iç kesit etkilerinin belirlenmesi ve bunların uygun donatı düzeni ile karşılanması gerekir (Celep ve Kumbasar 2005).

Temel oluşturulurken, zemin taşıma gücü ölçü alınarak güvenli bir zemin gerilmesinin aşılmamasına özen gösterilir. Temellerin tasarımında zeminin taşıma gücü tek kriter değildir. Temeller yapıya zararlı olabilecek oturmalara neden olmayacak bir biçimde düzenlenmeli ve boyutlandırılmalıdır. Zeminin taşıma gücü genelde üst yapıyı oluşturan malzemeninkinden daha düşük olduğundan,

temelin zeminle temas eden yüzeyi, yapının kolon, perde, duvar gibi taşıyıcı elemanlarına oranla daha büyük olmalıdır.

Zemin son derece karmaşık ve değişkenlik gösteren bir malzemedir. Bu nedenle temel tasarımını salt bir betonarme problemi olarak görmemeli, tasarıma geçilmeden önce arazide ve laboratuarda gerekli zemin etütleri yapılmalı, bunlar uzmanlar tarafından değerlendirilmeli ve öneriler oluşturulmalıdır (Ersoy 1995).

3. PAKET PROGRAMLAR

Ülkemizde ticari adları Probina Orion, STA4-CAD, İde Cad, Babalıoğlu, SAP2000 vs. olan bilgisayar paket programları piyasada yaygın olarak kullanılmaktadır. Paket programlarının yaygınlaşması inşaat mühendisleri açısından büyük kolaylıklar sağlamıştır. Bu çalışmada, örnek projelerin çözümlenmesinde STA4-CAD ve Probina Orion paket programları kullanılmıştır.

3.1 STA4-CAD

STA4-CAD programı, çok katlı betonarme yapıların 3 boyutlu analizini ve entegre olarak çizimlerini yapan entegre paket programdır. Yapının tümü için global stifnes matrisi bir defada kurulur ve bloklama tekniği ile deplasmanlar bulunur. Kat düzlemindeki plakların yatay düzlemde sonsuz rijitliğini dikkate alarak, kat düzlemindeki dx,dy,qz deplasmanları için her katta 3 bilinmeyen, eleman uçlarında dx, dy, qz deplasmanları için her noktada 3 bilinmeyen kullanarak, tüm yapının denge denklemleri kurulmaktadır. Kiriş ve kolon elemanlarında kayma deformasyonları ile burulma etkileri dikkate alınmaktadır. Statik analiz opsiyonları kısmında kolon-kiriş rijitlik bölgesinde, kolon-kiriş rijitlik bölgesini sonsuz rijit al, değişken kesit al, ve rijitlik bölgesini alma şeklinde seçilebilmektedir. Yapı+temel birlikte çözülebilmekte olup, temel stiffnes matrisleri winkler hipotezi ile kurulmaktadır. Döşeme yükleri; nonortogonal geometriyi ve değişik mesnet koşullarını dikkate alarak, yield-line teorisi ile kirişlere ve kolonlara dağıtılmaktadır. Equilibrium Method ile plak kırılma doğruları bulunmakta ve yük dağılımı gerçekleştirilmektedir. Döşeme yüklerinin kolonlara gelen kısımları koordinatları ile direkt kolonlara aktarılmaktadır. Kirişler; kolon dışında kalan kısımlardan yük almaktadır. Döşemelerden kirişlere gelen yükler, hem analiz sonuçlarının değerlendirilmesi bölümünde grafik ekrandan, hem de sonuçların yazıcıdan alınması sonrasında çıktı üzerinde, grafik çizim olarak izlenebilmektedir. Temeller; yapı ile birlikte çözülebildiği gibi, ayrı olarak da hesaplanabilmekte, zemin davranışını dikkate alan sonlu kiriş teorisi (Winkler Hipotezi) ile çözülmektedir.

STA4-CAD de çözüm için, Eşdeğer Deprem Yöntemi ve Dinamik Analiz (Mod Birleştirme) yöntemleri kullanılabilir.

3.1.1 Eşdeğer Deprem Yöntemi

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi, TDY98'in Tablo 3.1'de ki şartların sağlandığı durumlarda uygulanmaktadır. Bu yöntemde deprem yükleri, yapının kat hizalarında etkiyen yatay yükler şeklinde kabul edilmektedir. Yapının 1. mod doğal titreşim periyotları kullanılarak hesap yapılmaktadır.

3.1.2 Dinamik Analiz (Mod Birleştirme)

Mod süperpozisyonu ile taşıyıcı sistemin mod ve periyotları bulunmaktadır. Yapının periyotları bulunurken titreşim olmayan deplasman ve dönme doğrultusundaki stiffnessleri de dikkate alınmaktadır.

Program, çözümlenmelerini, yapıdaki en olumsuz yük kombinasyonlarını dikkate alan 16 adet yükleme tipi ile yapmaktadır. Bunlar; 7 adet düşey yük kombinasyonu (ölü, hareketli, damalı, bant kombinasyonları), 4 adet deprem veya dinamik analiz kombinasyonu (x ve y yönünde, yapı ağırlık merkezinin ± 0.05 dışmerkezlik etkisi dikkate alınarak) ve 1 adet zemin itkilerinin statik olarak yapı tarafından taşınması ile ilgili kombinasyonlardır.

STA4-CAD, TS 500, TS498 ve TDY98 uygun olarak çözüm yapmakta olup aşağıdaki kontrolleri yapmaktadır.

Dinamik etkin kütle oranları kontrolü yapılmakta ve gerekli uyarı verilmektedir. STA4-CAD programı mod birleştirme yöntemi'nde belirtilen her modun x ve y yönü etkin kütle oranlarını bulması gerekirken, hangi yönde mod ağırlıklı ise o yöndeki etkin kütle oranını dikkate almaktadır.

A1, B2 ve B3 yapı düzensizlikleri otomatik olarak kontrol edilmekte herhangi birine rastlandığında $\beta=1$ alınarak dinamik analizle çözüm yapılabileceği uyarısı verilmektedir.

Taşıyıcı sistem sınıfına göre seçilen taşıyıcı sistem davranış katsayısını uygunluğu program tarafından yapılmaktadır. İkinci Mertebe Etkileri ve Görelî Kat Ötelemeleri'nin kontrolü otomatik olarak yapılmakta, analiz sonrası deprem raporunda gerekli uyarılar verilmektedir

Yapıdaki her bir kolon-kiriş birleşim bölgesinde Kesme Güvenliğı Kontrolü ve Kolonların Kirişlerden daha güçlü olması koşulu kontrolü yapılmaktadır. Analiz sonrasında Kiriş, Kolon/Perde donatı hesabı program tarafından otomatik olarak yapılmaktadır.

3.1.3 STA4-CAD'de Binanın Modellenme Aşamaları

STA4-CAD programı bir piramit gibi genelden detaya inen yapıya sahiptir. Bu nedenle ikon karmaşası olmadan konuyla ilgili detaya kolayca ulaşılabilir. Yeni bir binaya başlamanın ilk adımı yapı genel bilgilerinin tanımlanmasıdır. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R), deprem bölgesi, zemin sınıfı, yapı önem katsayısı, zemin emniyet gerilmesi, zemin yatak katsayısı, hareketli yük katsayısı, malzeme sınıfı, analizde kullanılacak standart ve yönetmelikler, betonarme obsiyonlar, kat yüksekliğı, kat sayısı tanımlanır. Daha sonra tüm yapı elemanları için temel teşkil eden akslar tanımlanır.

3.1.3.1 Aks Sisteminin Tanımlanması

Eleman bilgilerinin girilebilmesi için öncelikle akslarının oluşturulması gerekir. Akslar yapının her katında ortak olarak kullanılabilir. Proje uygulamasının başında girilebildiğı gibi sonrada girilebilir ve düzeltme yapılabilir.

3.1.3.2 Döşeme Elemanının Tanımlanması

Plak no su o kata ait ilk boş döşeme otomatik olarak ekrana gelir. İstenilirse değiştirilebilir. Plak bilgisiyle ilgili D (plak kalınlığı), G (plak üzerindeki zati yük) ve Q (plak üzerindeki hareketli yük) değerleri girilirken yardımcı menüden mouse yardımıyla otomatik olarak plak yüksekliğini de ilave ederek işler. STA4-CAD programında eğik plak tanımlaması da yapılabilmektedir. Eğik plaklarda kat kotundan eğimli olduğu kota eğikliğinin sorgulanmasında; eğimli olduğu kattaki kirişe yükleri aktarır. Tek yönlü çalışır ve yandaki kirişlere yük aktarımı yapmaz.

3.1.3.3 Kiriş Elemanının Tanımlanması

Yatay taşıyıcı elemanlardan olan kiriş tanımlanırken kiriş menüsünde o kattaki boş ilk kiriş ismi verilir. Sonlu elemanlara bölünüyor ise kirişlere aynı isim verilebilir.

Kiriş yük bilgisinde boyutlara göre otomatik olarak öz ağırlığının üzerine duvar yükünü ilave ederek işler.

3.1.3.4 Kolon Elemanının Tanımlanması

Kolon bilgisi menüsünden kolon kesit boyutları, kolon dış merkezlikleri belirtilir ve ilgili aks kesişim noktasına kolon yerleştirilir.

STA4-CAD programı aynı indisli kolonların boyut düzenlemesini yapabilmektedir. Alt-üst boyutların büyüklüğünü ve küçüklüğünü otomatik olarak kontrol etmektedir.

3.1.4 Bina Analizi

Yapı modellemesi bittikten sonra bina analizi yapılabilir. Bina Analizi sonrası, kolon/perde donatı hesabı, kiriş donatı hesabı program tarafından otomatik olarak yapılabilmektedir (STA4-CAD 2005).

3.2 Probina Orion

Probina Orion, bina sistemlerinin 3-boyutlu analizi, kolon, perde, kiriş ve döşeme gibi yapı elemanlarının dizaynı ve donatı hesapları ile temel hesaplarının hazırlanması amacıyla geliştirilmiş entegre bir inşaat mühendisliği proje uygulama programıdır.

Yapısal analiz Rijitlik Matrisi Yöntemi ile 3- boyutlu olarak yapılmaktadır. Yapı, her kat seviyesinde, iki ortogonal doğrultuda yatay serbestlik ve düşey eksen etrafında dönme serbestliği esas alınarak oluşturulan 3 serbestlik derecesine sahiptir. Probina Orion da yapısal modelinde kullanılabilen Kat Serbestlik Derecesi opsiyonel olarak da verilebilmektedir.

Probina Orion ile oluşturulan yapısal modellerde “Kolon-Kiriş” veya “Perde-Kiriş” birleşimlerinde, elemanların boyutlarından kaynaklanan rijit bölgeler eleman etkili boylarının hesabında otomatik olarak gözönüne alınmaktadır.

Probina Orion bu bölgelerde %25 azaltma yapabilmeyi (betonarme) binalarda malzemenin çatlayacağı düşünülürse, bir emniyet payı olarak) sağlayabilmektedir. Ayrıca "%25 azalt" veya "azaltma" opsiyonunu seçerek analizler sırasında kullanılacak olan rijit bölgelerin boyutunu belirlenebilmektedir. Projede rijit bölgelerin tanımlanmış olması halinde, “%25 azalt” opsiyonu seçilmiş olsa dahi, donatı hesapları sırasında göz önüne alınacak eleman iç kuvvetleri, mesnet yüzlerine taşınmış değerlerdir.

Analizler sırasında rijit bölgelerin kullanılmasını istenmiyorsa, “yok” opsiyonu seçilebilmektedir. Bu durumda analizler sırasında herhangi bir rijit bölge kabulü yapılmayacak ve donatı hesapları sırasında mesnet yüzlerindeki iç kuvvetler yerine, aks kesişim noktalarında bulunan iç kuvvetler göz önüne alınmaktadır.

Probina Orion’da çözüm için Statik Analiz, Özdeğer Analiz, Statik+ Deprem Analizi, Dinamik Analiz (Mod Birleştirme) yöntemleri kullanılabilir.

3.2.1 Statik Analiz

Projelendirmekte olan yapının analizini sadece statik yükler altında gerçekleştirmek için “Statik Analiz” seçeneği kullanılabilir. Bu analiz tipi seçilirse elle hesaplanan yatay yükler yapıya etkitilebilir. Bu analiz yöntemiyle yapının analizini sadece düşey yükler altında yaptırmak da mümkün olabilmektedir.

3.2.2 Özdeğer (Eigenvalue) Analizi

Sadece yapı periyotları, mod şekilleri ve her mod için etkin kütle’lerin hesabı için “Özdeğer” (Eigenvalue) seçeneği kullanılabilir. Bu analiz tipi kullanıldığı zaman yapıya etki eden hiç bir yük dikkate alınmamakta ve sadece yapının doğal titreşim modları ve bu modlara karşılık gelen periyotları hesaplanmaktadır.

3.2.3 Statik+Deprem Analizi

Statik düşey yükler ve özdeğer analiz yapılarak elde edilen iki ortogonal doğrultu için 1. mod doğal titreşim periyotları kullanılarak “Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi”ne göre hesaplanan kat yükleri etkisi altında statik analiz yaptırmak için bu analiz tipi seçilmektedir.

3.2.4 Dinamik Analiz (Mod Birleştirme)

Probina Orion ile, bu analiz tipi’ni seçerek Statik düşey yükler ve “Mod Birleştirme Yöntemi”ni kullanarak Dinamik Analiz yapılabilmektedir..

Bu yöntemde maksimum iç kuvvetler ve yerdeğiştirmeler, binada yeterli sayıda doğal titreşim modunun her biri için hesaplanan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi ile elde edilmektedir.

Üçgen, dikdörtgen, yamuk ve geometrisi bozuk çokgen plak döşemelerden kirişlere yük aktarımı kırılma çizgileri ve sonlu elemanlar yöntemiyle yapılabilmektedir.

Kirişlere duvar ve döşemeden gelen yükler, elemanların özağırlıklarının katkısıyla bina yükü otomatik olarak hesaplanabilmektedir.

Probina Orion ile analizini yapacağınız binaya, şartnamelerde yer alan veya kullanıcının oluşturduğu her türde kombinasyonlardan oluşan yükleme yapılabilmektedir.. Yükleme “Asal Yük Hallerinin” (Yük Vektörleri) faktörler ile çarpılarak birleştirildiği kombinasyonlar vasıtasıyla yapılmaktadır.

Probina Orion ile çeşitli yük kombinasyonlarını biraraya getirdiğiniz “SLC” (Standart Yük Kombinasyonu) dosyaları oluşturabilmekte olup 1 adet sabit, 1 adet hareketli, 2 adet şaşırtmalı hareketli 4 adet deprem yüklemesi yapılabilmekte veya mevcut dosyalardan biri seçilebilmektedir.

Probina Orion, TS 500, TS498 ve TDY98 uygun olarak çözüm yapmakta olup aşağıdaki kontrolleri yapmaktadır.

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 kontrol edilmekte ve gerekli uyarılar yapılmaktadır. mod birleştirme yönteminde bu düzensizliklere rastlandığında deprem yönetmeliği gereği analiz sonuçları toplam statik deprem yüküne göre, x ve y yönü için artırım faktörleri otomatik olarak hesaplanmakta ve elde edilen bütün deplasman ve kesit tesirleri artırım faktörleri ile çarpılarak büyütülmektedir.

Taşıyıcı sistem sınıfına göre seçilen taşıyıcı sistem davranış katsayısını uygunluğu program tarafından yapılmaktadır.

İkinci mertebeye etkileri ve göreceli kat ötelemeleri'nin kontrolü otomatik olarak yapılmakta, bu kontrollerde gereken şartlar sağlanmıyorsa uyarılar yapılmaktadır.

Yapıdaki her bir kolon-kiriş birleşim bölgesinde kesme güvenliği kontrolü ve kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu kontrolü yapılmaktadır.

Analiz sonrasında kiriş, kolon/perde donatı hesabı program tarafından otomatik olarak yapılmaktadır.

3.2.5 Probina Orion'da Binanın Modellenme Aşamaları

Yeni bir binaya başlamanın ilk adımı yapı genel bilgilerinin tanımlanmasıdır. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R), deprem bölgesi, zemin sınıfı, yapı önem katsayısı, zemin emniyet gerilmesi, zemin yatak katsayısı, hareketli yük katsayısı, malzeme sınıfı, analizde kullanılacak standart ve yönetmelikler, betonarme opsiyonlar, kat yüksekliği, kat sayısı tanımlanır. Daha sonra tüm yapı elemanları için temel teşkil eden akslar tanımlanır. Bu nedenle aks sisteminin doğru olarak girilmesi gerekmektedir.

3.2.5.1 Aks Sisteminin Tanımlanması

Bina modelinin sağlıklı olabilmesi için birbirini kesen akslar x ve y koordinat sistemine göre 1 ve 2 yönlü olarak tanımlanmaktadır. Hesapların ve modellemenin doğru olabilmesi açısından aks sistemi oluşturulurken dikkat edilmesi gerekmektedir.

3.2.5.2 Döşeme Elemanının Tanımlanması

Probina Orion'da döşeme tanımlanırken döşemenin türü (Plak ya da Nervür) önceden belirlenir ve seçilen döşeme şekline uygun menüden işlem gerçekleştirilir.

Döşeme yüklerinden sabit yük değeri olarak, döşeme üzerindeki kaplama ve sıva benzeri malzemelerin oluşturduğu ilave alan yükü ve hareketli yükler, yükler sayfasından veri alanına girilmesi gerekir.

3.2.5.3 Kiriş Elemanının Tanımlanması

Yatay taşıyıcı elemanlardan olan kiriş tanımlanırken iki adet aks kesişim noktasına ihtiyaç vardır. Kiriş kesit genişliği (b), yerleşim aksına göre dışmerkezlilik (b2) ve kiriş kesit derinliği (h-alt ve h-üst) girildikten sonra iki aks arasında kiriş tanımlaması yapılır.

Kiriş ilk haliyle girildiğinde üzerinde duvar yükleri sıfır kabul edilir. Bunun düzenlemesi için “Kiriş duvar yükünü düzenle” menüsünden duvarın cinsi, kalınlığı, yüksekliği ve içindeki boşluklarının girilerek duvar yükleri tanımlanabilir.

3.2.5.4 Kolon Elemanının Tanımlanması

Aks kesişimleri tüm yapısal elemanlar için referans noktalarıdır. Aks sistemi tanımlandıktan sonra yapı sistemimizin düşey taşıyıcı elemanları olan kolonların tanımlamasına geçilmektedir. Kolon elemanlarının öndeğer boyutlarını seçerken mimari projeyi çok etkilemeyecek ancak statik açıdan da problem yaratmayacak şekilde kesitler seçilmelidir. Kolon yerleşimi yaparken kolon boyutları (b1,b2), kolon dışmerkezlilikleri (e1, e2) ve kolonların yerleşim doğrultularının belirlenmesi gerekmektedir.

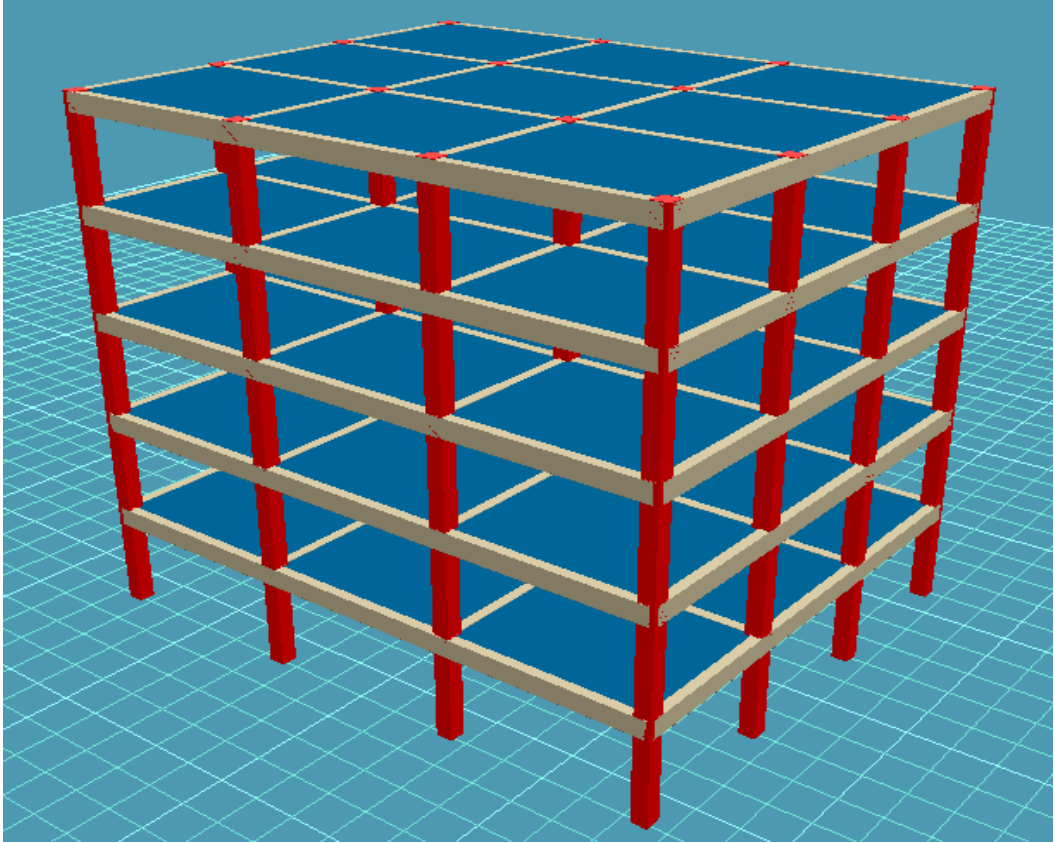
3.2.6 Bina Analizi

Yapı modellemesi bittikten sonra bina analizi menüsüne girilir. Kiriş yük hesabı (tüm katlar), grafik verileri derleme, analiz verileri derleme işleminden sonra bina analizi yapılır. Bina analizi sonrası, kolon/perde donatı hesabı, kiriş donatı hesabı program tarafından otomatik olarak yapılabilmektedir (Probina Orion 2005).

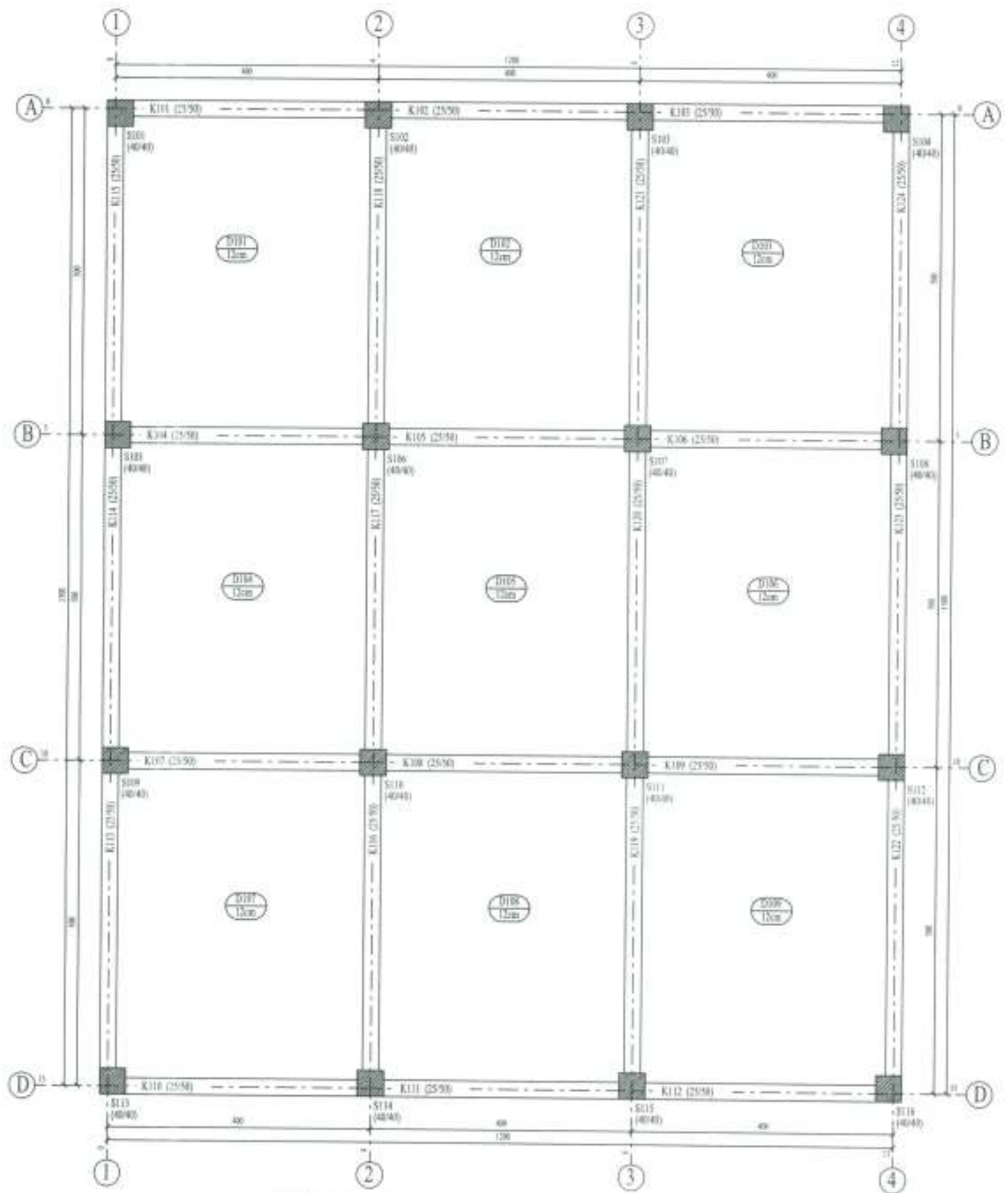
4. SAYISAL ÖRNEKLER

4.1 Örnek 1

1. örnek olarak basit ve düzenli taşıyıcı sisteme sahip, ortogonal akslar üzerinde simetrik betonarme çerçevelerden oluşmuş 5 katlı betonarme bir bina incelendi. Örnek 1'e ait perspektif görünüş şekil 4.1'de, zemin kat kalıp planı şekil 4.2 de verilmiştir.



Şekil 4.1 Örnek1'e ait perspektif görünüş



Şekil 4.2 Örnek 1'e ait Zemin Kat Kalıp Planı

4.1.1 Bina Bilgileri

Kat sayısı	: 5 Normal Kat,
Bina türü	: Konut,
Taşıyıcı sistem türü	: Betonarme çerçevesel sistem,
Taşıyıcı Sistem Davranış	
Katsayısı (R)	: 8
Deprem bölgesi	: 1. Bölge
Yerel Zemin Sınıfı	: Z3
Analiz tipi	: Dinamik analiz(Mod Birleştirme)
Bina Önem Katsayısı (I)	: 1,00
Yatay Yük Dışmerkezliği	: % 5
Beton ve Çelik Sınıfı	: BS20- BÇIII
Zemin Emniyet Gerilmesi	: 17 t/m ²
Zemin Yatak Katsayısı	: 1500 t/m ³
Kat Yüksekliği	: 2,80 m

Döşemeler 12 cm kalınlıklı olup 0,525 ton/ m² sabit yük, 0,200 ton/ m² hareketli yük, kirişlerde ise dış akslarda 0,9 ton/m, iç akslarda 0,7 ton/m olarak yükler dikkate alınmıştır.

Kiriş ve kolon boyutlarında herhangi bir kesit değişimi yapılmamış olup tüm katlarda kiriş kesitleri 25x50 cmxcm, kolon kesitleri 40x40 cmxcm olarak boyutlandırılmıştır.

Bina bilgileri, kat kalıp planı, eleman boyutları ve yükleri yukarıda yapılan tanımlama doğrultusunda her iki programa veri olarak girilmiş ve programın betonarme opsiyonlarının default değerleri kullanılarak analizler yapılmıştır. Her iki programda rijitlik bölgeleri değişken kesit olarak alınmıştır.

4.1.2 Analiz Sonuçları

4.1.2.1 Kat Kütle Ağırlıkları

Örnek 1 için yapılan analizler sonucu binaya ait kat ağırlıkları, kat ağırlığına etki eden zati yük ve hareketli yük değerleri çizelge 4.1 de verilmiştir. Burada; w_g , ton olarak kat ağırlığına etki eden zati yükü, w_q , ton olarak kat ağırlığına etki eden hareketli yükü, $w_k=(w_g+ nw_q)$, ton olarak kat ağırlığına etki eden toplam yükü, n , hareketli yük azaltma katsayısını ifade etmektedir.

Çizelge 4.1 Örnek 1'in Kat Ağırlıkları

Kat	H (m)	STA4			PROBİNA		
		w_g (ton)	w_q (ton)	w_k (ton)	w_g (ton)	w_q (ton)	w_k (ton)
5	14,00	198,64	36,03	209,447	194,80	37,460	206,038
4	11,20	198,64	36,03	209,447	194,80	37,460	206,038
3	8,40	198,64	36,03	209,447	194,80	37,460	206,038
2	5,60	198,64	36,03	209,447	194,80	37,460	206,038
1	2,80	198,64	36,03	209,447	194,80	37,460	206,038
			$\Sigma w_k=$	1047,24		$\Sigma w_k=$	1030,19

Bu örnekte yapının ağırlığını bulmak için kolon etki alanları oluşturulup bu alan içerisindeki yükler hesaplanarak yapının kat ağırlıkları yaklaşık olarak bulunmuş ve çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2 Kolon Etki Alanlarına Göre Bulunan Kat Ağırlıkları

Kat	Aks	Adet	Kolon	Döşeme		Kiriş	Duvar	Üst Kat		Kattan Gelen		Kolon	Toplam		
				$N_g(kN)$	$N_g(kN)$	$N_g(kN)$	$N_g(kN)$	$N_g(kN)$	$N_g(kN)$	$N_g(kN)$	$N_g(kN)$	$N_g(kN)$	$N_g(kN)$	$N_g(kN)$	
5	D	1	4	S513	2,33	0,89	1,23	2,32			23,52	3,54	1,12	28,00	3,54
		2	4	S514	4,66	1,78	1,82	2,98			37,85	7,11	1,12	42,33	7,11
	C	1	4	S509	4,66	1,78	1,82	2,98			37,85	7,11	1,12	42,33	7,11
		2	4	S510	9,34	3,56	2,56	3,18			60,32	14,23	1,12	64,80	14,23
4	D	1	4	S413	2,33	0,89	1,23	2,32	28,00	3,54	23,52	3,54	1,12	56,01	7,09
		2	4	S414	4,66	1,78	1,82	2,98	42,33	7,11	37,85	7,11	1,12	84,65	14,21
	C	1	4	S409	4,66	1,78	1,82	2,98	42,33	7,11	37,85	7,11	1,12	84,65	14,21
		2	4	S410	9,34	3,56	2,56	3,18	64,80	14,23	60,32	14,23	1,12	129,60	28,46
3	D	1	4	S313	2,33	0,89	1,23	2,32	56,01	7,09	23,52	3,54	1,12	84,01	10,63
		2	4	S314	4,66	1,78	1,82	2,98	84,65	14,21	37,85	7,11	1,12	126,98	21,32
	C	1	4	S309	4,66	1,78	1,82	2,98	84,65	14,21	37,85	7,11	1,12	126,98	21,32
		2	4	S310	9,34	3,56	2,56	3,18	129,60	28,46	60,32	14,23	1,12	194,40	42,70
2	D	1	4	S213	2,33	0,89	1,23	2,32	84,01	10,63	23,52	3,54	1,12	112,02	14,18
		2	4	S214	4,66	1,78	1,82	2,98	126,98	21,32	37,85	7,11	1,12	169,30	28,43
	C	1	4	S209	4,66	1,78	1,82	2,98	126,98	21,32	37,85	7,11	1,12	169,30	28,43
		2	4	S210	9,34	3,56	2,56	3,18	194,40	42,70	60,32	14,23	1,12	259,20	56,93
1	D	1	4	S113	2,33	0,89	1,23	2,32	112,02	14,18	23,52	3,54	1,12	140,02	17,72
		2	4	S114	4,66	1,78	1,82	2,98	169,30	28,43	37,85	7,11	1,12	211,63	35,54
	C	1	4	S109	4,66	1,78	1,82	2,98	169,30	28,43	37,85	7,11	1,12	211,63	35,54
		2	4	S110	9,34	3,56	2,56	3,18	259,20	56,93	60,32	14,23	1,12	324,00	71,16
TOPLAM													887,27	159,95	

Çizelge 4.1 ve çizelge 4.2 incelenmesi sonucu her iki programında yapı kat ağırlıklarının hesaplanmasında döşemelerin brüt alanı yanında, kiriş ve kolonların ağırlıkları ayrıca alınıp, döşeme brüt alanındaki katılımları çıkartılmadığından döşeme brüt alanı içerisinde kalan kiriş ve kolonların ağırlıkları iki kere hesaba alınmaktadır. Bundan dolayı yapının ağırlığı programlara göre gerçek değerinden farklılık göstermektedir.

Ayrıca analiz sonucu rijitlik ve kütle merkezleri de bulunmuştur. STA4-CAD programında orijin olarak kat kalıp planının sol üst noktası alınmakta olup bu örnekte rijitlik ve kütle merkezleri üst üste çakıştığına $x=6$ m, $y=7,5$ m olarak bulunmuştur. Probina Orion programı ise orijin olarak kat kalıp planının sol alt noktasını almakta olup rijitlik ve kütle merkezleri $x=6$ m, $y=7,5$ m olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.1'de görüldüğü üzere kat ağırlıklarında iki program arasında her katta yaklaşık olarak 3 ton fark görülmektedir.

4.1.2.2 Deprem Analiz Sonuçları

Binaya ait modal analiz sonuçları STA4-CAD ve Probina Orion paket programlarının yanı sıra SAP2000 programı da kullanılarak sonuçlar çizelge 4.3'de verilmiştir. SAP2000 programının veri girişinde, kat kütle değerleri ve kirişler için etkili tabla genişlikleri STA4-CAD programının analiz sonuçlarına göre alınmış olup kolon-kiriş birleşimi rijit bölge katsayısı olarak da 0,5 alınmıştır. Burada yön, başlangıçta seçilen serbestliğe göre titreşim yönü, T, saniye olarak yapının doğal periyodu, M_{xr} , yüzde olarak x yönünde kütle katılım oranı, M_{yr} , yüzde olarak y yönünde kütle katılım oranı, M_{br} , yüzde olarak burulma oranını ifade etmektedir.

Çizelge 4.3 Örnek 1'e ait Yapının Doğal Periyot ve Etkin Kütle Katılım Oranları

	STA4					PROBINA					SAP2000	
	Yön	T (sn)	M _{xr} (%)	M _{yr} (%)	M _{br} (%)	Yön	T (sn)	M _{xr} (%)	M _{yr} (%)	M _{br} (%)	Yön	T (sn)
Mod1	y	0,6010		84,31		y	0,6365	3,79	73,07	6,72	y	0,6104
Mod2	x	0,5807	84,49			x	0,5990	67,19	7,66	8,98	x	0,5976
Mod3	b	0,4582			84,67	b	0,5224	12,93	2,83	67,9	b	0,4536
Mod4	y	0,1941		10,19		y	0,2030	0,79	8,23	1,30	y	0,1978
Mod5	x	0,1884	10,24			x	0,1922	7,52	1,64	1,17	x	0,1946
Mod6	b	0,1486			9,97	b	0,1697	1,99	0,44	7,96	b	0,1477
	TOPLAM		94,73	94,50	94,64	TOPLAM		94,21	93,87	94,03		

STA4-CAD sadece ilgili yöndeki kütle katılımını verirken, Probina Orion ise ilgili yöndeki kütle katılımının yanında diğer yönlerinde katkısını vermektedir. Her iki program sonucuna göre ilk altı mod sonunda toplam kütle katılım oranları %90 oranını aşmaktadır.

Çizelge 4.3 incelendiğinde periyotların birbirine yakın değerler aldığı ancak TDY98 6.8.3'e göre hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı belirlenirken her bir mod için hesaplanan etkin kütle katılım oranlarında farklar olduğu görülmektedir.

Yerel zemin sınıfı Z3 olarak alınan bu örnekte, spektrum karakteristik periyotları TDY98 Tablo 6.4'den $T_A = 0,15$ s ve $T_B = 0,60$ s dir. Spektrum karakteristik periyodu binanın birinci doğal periyodu T ye göre incelenirse, $T > T_B$ koşuluna uygun olduğundan TDY98 denklem 6.2c ye göre spektrum katsayısı her iki program içinde $S(T) = 2,5(T_B/T)^{0,8}$ olarak analiz etmiştir. Analizde yapının birinci serbest titreşim periyodu, TDY98 denklem 6.3b' ye göre $T > T_A$ olduğundan $R_a(T) = R = 8$ alınmıştır.

Kat ağırlıkları ve modal analiz sonuçları altında yapının deprem hesabı her iki program tarafından yapılmış, modal analiz ve eşdeğer deprem yöntemine göre sonuçlar ile hesapta kullanılacak deprem yükü ve B büyütme katsayısı x yönü için çizelge 4.4’de, y yönü için çizelge 4.5’te verilmiştir. Burada toplam eşdeğer deprem yükü V_t ;

$$V_t = W_x A(T_1) / R_a \quad (4.1)$$

Mod birleştirme yöntemine göre modal analiz sonucu r’nci titreşim modunda binaya etkiyen tasarım deprem yükü V_{tr} ;

$$V_{tr} = W_r A(T_r) / R_a \quad (4.2)$$

dir. Modal analiz sonucu yeterli sayıda doğal titreşim modunun her biri için hesaplanan maksimum katkıların CQC ile istatistiksel olarak birleştirilmesi ile maksimum deprem yükü bulunur. Göz önüne alınan deprem doğrultusunda TDY98 6.8.4’ e göre birleştirilerek elde edilen bina toplam deprem yükü V_{tB} ’nin, Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi’nde TDY98 denklem 6.4’ten hesaplanan bina toplam deprem yükü V_t ’ye oranının β değerinden küçük olduğundan ($V_{tB} < \beta V_t$), Mod Birleştirme Yöntemi’ne göre bulunan tüm iç kuvvet ve yerdeğiştirme büyüklükleri TDY98 denklem 6.18’ e göre B katsayısıyla büyütülerek hesapta kullanılacak deprem yükleri belirlenmiştir. Burada,

$$B = (\beta V_t / V_{tB}) \quad (4.3)$$

olmak üzere büyütme katsayısı, $(V_t)_d$ tasarım deprem yükünü ifade etmektedir.

Çizelge 4.4 Örnek 1'e ait Depremden Katlarda Meydana Gelen x Yönü Deprem Yükleri

Kat	STA4				PROBINA			
	Modal Analiz (V _{iB})	Eşdeğer Dep. Yön. (V _i)	Tasarım Deprem Yüğü (V _i)d	B	Modal Analiz (V _{iB})	Eşdeğer Dep. Yön. (V _i)	Tasarım Deprem Yüğü (V _i)d	B
5	35,246	43,635	41,315	1,172	31.124	42.925	40.906	1,314
4	29,206	34,908	34,235		25.728	34.339	33.814	
3	23,124	26,181	27,105		20.345	25.755	26.739	
2	16,145	17,454	18,925		14.073	17.169	18.496	
1	7,954	8,727	9,324		6.711	8.585	8.820	
TOPLAM	111,675	130,904	130,904		97.981	128.774	128.774	
β	1				1			

Çizelge 4.5 Örnek 1'e ait Depremden Katlarda Meydana Gelen y Yönü Deprem Yükleri

Kat	STA4				PROBINA			
	Modal Analiz (V _{iB})	Eşdeğer Dep. Yön. (V _i)	Tasarım Deprem Yüğü (V _i)d	B	Modal Analiz (V _{iB})	Eşdeğer Dep. Yön. (V _i)	Tasarım Deprem Yüğü (V _i)d	B
5	35,181	43,577	41,329	1,175	31.866	41.045	39.480	1,239
4	29,152	34,861	34,247		26.075	32.836	32.305	
3	23,094	26,146	27,129		20.568	24.627	25.482	
2	16,061	17,431	18,868		14.186	16.418	17.576	
1	7,795	8,715	9,157		6.692	8.209	8.291	
TOPLAM	111,284	130,730	130,730		99.387	123.134	123.134	
β	1				1			

Çizelge 4.4 ve 4.5 incelenmesinden, analiz sonucu bulunan kütledeki ve yapının doğal periyotlarındaki değişimler 4.1 ve 4.2 nolu denklemleri etkilediğinden modal analiz ve eşdeğer deprem yöntemine göre modal ve eşdeğer deprem yüklerinde farklılıklar oluşturmaktadır ancak modal analiz sonuçlarının B katsayısıyla çarpıldığında deprem yüklerinin her iki programda birbirine yakın değerler olduğu gözlenmiştir.

Kat deprem yükleri kat hizalarında $\pm\%5$ ek dış merkezlik etkisi göz önüne alınarak kaydırılmış kat kütle merkezine etki ettirilmiştir. Bu dışmerkezlikten dolayı her katta meydana gelen maksimum ve minimum deplasman değerleri dikkate alınarak A1 Burulma düzensizliği ve B2 görelî kat ötelemeleri kontrolü yapılması gerekir. Program sonucu herhangi bir (i) katının max yerdeğiştirmesi $(d_i)_{max}$, minimum yerdeğiştirme $(d_i)_{min}$ olarak bulunduğunda, görelî kat ötelemeleri;

$$(\Delta_i)_{max} = (d_i)_{max} - (d_{i-1})_{max} \quad (4.4)$$

$$(\Delta_i)_{min} = (d_i)_{min} - (d_{i-1})_{min} \quad (4.5)$$

$$(\Delta_i)_{ort} = [(\Delta_i)_{max} + (\Delta_i)_{min}] / 2 \quad (4.6)$$

olarak hesaplanır. A1 burulma düzensizliğinin kontrolünde

$$\eta_{bi} = \frac{(\Delta_i)_{max}}{(\Delta_i)_{ort}} < 1,2 \quad (4.7)$$

bağıntısı kullanılır. Görelî kat ötelemelerinin kontrolünde;

$$\frac{(\Delta_i)_{max}}{h_i} \leq 0,0035 \quad \text{veya} \quad \frac{(\Delta_i)_{max}}{h_i} \leq \frac{0,02}{R} \quad (4.8)$$

bağıntısı ile ikinci mertebe etkilerinin kontrolü için ise,

$$\theta_i = \frac{(\Delta_i)_{ort} \sum_{j=1}^N w_j}{V_i \times h_i} \leq 0,12 \quad (4.9)$$

bağıntısı kullanılır.

Örnek1 yapı sistemi için her iki programın analiz sonucuna göre x ve y yönlerinde $\pm\%5$ dışmerkezlilik altında katlara gelen tasarım deprem yükü etkisinde katlara ait max, min ve ortalama görelî kat ötelemeleri, η_{bi} burulma düzensizlik katsayısı, η_{ki} rijitlik düzensizlik katsayısı, $\Delta x/h$ göre kat ötelemeleri ve θ_i ikinci mertebeye gösterge değeri çizelge 4.6-13’de verilmiştir.

Çizelge 4.6 STA4-CAD Programına Göre x Yönü (+%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri

KAT	$(\Delta x)_{max}$	$(\Delta x)_{min}$	$(\Delta x)_{ort}$	η_{bi}	η_{ki}	$\Delta x/h$	θ_i
5	0,0018245	0,0014724	0,0016485	1,11	0,00	0,00065	0,00298
4	0,0031145	0,0024925	0,0028035	1,11	1,70	0,00111	0,00555
3	0,0041432	0,0033035	0,0037234	1,11	1,33	0,00148	0,00814
2	0,0047204	0,0037565	0,0042384	1,11	1,14	0,00169	0,01043
1	0,0037685	0,0030044	0,0033865	1,11	0,80	0,00135	0,00968

Çizelge 4.7 Probina Orion Programına Göre x Yönü (+%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri

KAT	$(\Delta x)_{max}$	$(\Delta x)_{min}$	$(\Delta x)_{ort}$	η_{bi}	η_{ki}	$\Delta x/h$	θ_i
5	0,001908	0,000692	0,001300	1.468	0,00	0,000682	0,0031
4	0,003282	0,001194	0,002238	1.466	1,72	0,001172	0,0058
3	0,004405	0,001611	0,003008	1.465	1,34	0,001573	0,0086
2	0,005008	0,001852	0,003430	1.460	1,14	0,001789	0,0111
1	0,003735	0,001413	0,002574	1.451	0,75	0,001334	0,0097

Çizelge 4.8 STA4-CAD Programına Göre x Yönü (-%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri

KAT	$(\Delta_x)_{max}$	$(\Delta_x)_{min}$	$(\Delta_x)_{ort}$	η_{bi}	η_{ki}	$\Delta x/h$	θ_i
5	0,0018249	0,0014720	0,0016485	1,11	0,00	0,00065	0,00298
4	0,0031152	0,0024918	0,0028035	1,11	1,70	0,00111	0,00555
3	0,0041442	0,0033026	0,0037234	1,11	1,33	0,00148	0,00814
2	0,0047214	0,0037555	0,0042384	1,11	1,14	0,00169	0,01043
1	0,0037694	0,0030035	0,0033865	1,11	0,80	0,00135	0,00968

Çizelge 4.9 Probina Orion Programına Göre x Yönü (-%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri

KAT	$(\Delta_x)_{max}$	$(\Delta_x)_{min}$	$(\Delta_x)_{ort}$	η_{bi}	η_{ki}	$\Delta x/h$	θ_i
5	0,001908	0,000692	0,001300	1.468	0,00	0,000682	0,0031
4	0,003282	0,001194	0,002238	1.466	1,72	0,001172	0,0058
3	0,004405	0,001611	0,003008	1.465	1,34	0,001573	0,0086
2	0,005008	0,001852	0,003430	1.460	1,14	0,001789	0,0111
1	0,003735	0,001413	0,002574	1.451	0,75	0,001334	0,0097

Çizelge 4.10 STA4-CAD Programına Göre y Yönü (+%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri

KAT	$(\Delta_y)_{max}$	$(\Delta_y)_{min}$	$(\Delta_y)_{ort}$	η_{bi}	η_{ki}	$\Delta x/h$	θ_i
5	0,0018537	0,0016290	0,0017413	1,06	0,00	0,00066	0,00315
4	0,0032082	0,0028113	0,0030098	1,07	1,73	0,00115	0,00596
3	0,0042965	0,0037606	0,0040286	1,07	1,34	0,00153	0,00880
2	0,0048910	0,0042763	0,0045837	1,07	1,14	0,00175	0,01128
1	0,0037990	0,0033121	0,0035556	1,07	0,78	0,00136	0,01017

Çizelge 4.11 Probina Orion Programına Göre y Yönü (+%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri

KAT	$(\Delta y)_{max}$	$(\Delta y)_{min}$	$(\Delta y)_{ort}$	η_{bi}	η_{ki}	$\Delta x/h$	θ_i
5	0,001833	0,001167	0,001500	1.222	0,00	0,000655	0,0035
4	0,003170	0,00203	0,002600	1.219	1,73	0,001132	0,0066
3	0,004270	0,002744	0,003507	1.218	1,35	0,001525	0,0099
2	0,004840	0,003114	0,003977	1.217	1,13	0,001728	0,0126
1	0,003511	0,002241	0,002876	1.221	0,72	0,001254	0,0106

Çizelge 4.12 STA4-CAD Programına Göre y Yönü (-%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri

KAT	$(\Delta y)_{max}$	$(\Delta y)_{min}$	$(\Delta y)_{ort}$	η_{bi}	η_{ki}	$\Delta x/h$	θ_i
5	0,0018541	0,0016286	0,0017413	1,06	0,00	0,00066	0,00315
4	0,0032089	0,0028106	0,0030098	1,07	1,73	0,00115	0,00596
3	0,0042975	0,0037596	0,0040286	1,07	1,34	0,00153	0,00880
2	0,0048922	0,0042752	0,0045837	1,07	1,14	0,00175	0,01128
1	0,0037999	0,0033112	0,0035556	1,07	0,78	0,00136	0,01017

Çizelge 4.13 Probina Orion Programına Göre y Yönü (-%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri

KAT	$(\Delta y)_{max}$	$(\Delta y)_{min}$	$(\Delta y)_{ort}$	η_{bi}	η_{ki}	$\Delta x/h$	θ_i
5	0,001833	0,001167	0,001500	1.222	0,00	0,000655	0,0035
4	0,003170	0,00203	0,002600	1.219	1,73	0,001132	0,0066
3	0,004270	0,002744	0,003507	1.218	1,35	0,001525	0,0099
2	0,004840	0,003114	0,003977	1.217	1,13	0,001728	0,0126
1	0,003511	0,002241	0,002876	1.221	0,72	0,001254	0,0106

Her bir deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir i'ninci katındaki kolon ve perdelerde, hesaplanan görelî kat ötelemelerinin TDY98 denklem 6.20'ye sınırlandırılmış, ikinci mertbe etkileri TDY98 denklem 6.21'e göre sınır

değerleri her iki programda da sağladığı gözlemlenmiştir. Ancak A1 düzensizliğinin hesaplanmasında kullanılan denklem 4.7 ve B2 düzensizliğinin hesaplanmasında kullanılan;

$$\eta_{ki} = \frac{(\Delta_i)_{ort}}{(\Delta_{i+1})_{ort}} < 1,5 \quad (4.10)$$

bağıntılarında bulunan $(\Delta i)_{ort}$, $(\Delta i)_{max}$ ve $(\Delta i)_{min}$ değerlerine bağlıdır. Katların x ve y yönlerinde dışmerkezliğe bağlı olarak analiz sonrası bulunan $(\Delta i)_{max}$ değerleri STA4-CAD ve Probina Orion programlarında yaklaşık olarak benzer sonuçlar verirken $(\Delta i)_{min}$ değerinin belirlenmesinde Probina Orion, STA4-CAD göre oldukça küçük değerler vermektedir. $(\Delta i)_{min}$ değerinin küçülmesi $(\Delta i)_{ort}$ azaltmakta dolayısıyla η_{bi} katsayısının artmasına dolayısıyla STA4-CAD çıkmayan A1 türü düzensizliğin Probina Orion'da çıkmasına neden olmaktadır.

Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği olan B2 türü düzensizlik değerleri her iki programda da birbirine yakın değerler çıkmaktadır.

4.1.2.3 Betonarme Kesit Hesapları

Dış etkiler sonucu yapı elemanlarında oluşan elverişsiz kesit etkileri hesaplandıktan sonra programlar tarafından betonarme kesit hesapları yapılır. Kesit hesapları TS 500 ve TDY98 esas alınarak gerekli koşullar ve kontroller programda tanımlı opsiyonlar doğrultusunda gerçekleşir. Burada yapının tüm elemanları yerine rastgele olarak seçilen aynı yapı elemanlarının (döşeme, giriş ve kolon) statik ve betonarme sonuçları incelendi.

Çizelge 4.14'de yapının birinci katında bulunan STA4-CAD programında D105 ve D101, Probina Orion'da ise aynı döşemeler D105 ve D107 olarak adlandırılmış olup, bu döşemelerin hesapta dikkate alınan iç kuvvetleri ve betonarme kesit hesap sonucu bulunan donatılar verilmiştir.

Çizelge 4.14 Seçilen Döşemelerin Statik ve Betonarme Sonuçları

	KAT	ELEMAN	YÖN	Mesnet sol	Maçıklık	Mesnet sağ	seçilen donatı
STA4	1	D105	X	1,06	0,61	1,06	Φ8/36 düz+Φ8/36 pil+Φ8/33 sağ ila.
	1		Y	0,61	0,46	0,61	Φ8/36 düz+Φ8/36 pil
	1	D101	X	0,00	0,95	1,30	Φ8/36 düz+Φ8/36 pil+Φ8/33 sağ ila.
	1		Y	0,00	0,56	0,97	Φ8/36 düz+Φ8/36 pil+Φ8/33 sağ ila.
PROBİNA	1	D105	X	0,80	0,61	0,80	Φ8/36 düz+Φ8/36 pil.
	1		Y	0,56	0,42	0,56	Φ8/36 düz+Φ8/36 pil
	1	D107	X	0,00	0,82	1,08	Φ8/36 düz+Φ8/36 pil.+Φ8/40 üst ila.
	1		Y	0,00	0,62	0,83	Φ8/36 düz+Φ8/36 pil+Φ8/40 sağ ila.

Çizelgenin incelenmesinden görüleceği üzere döşeme hesabına esas olan iç kuvvet büyüklüğü momentlerde farklılıklar bulunmaktadır. Bu farklılık döşeme hesabında iç kuvvetlerin belirlenmesinde program tarafından farklı yöntemlerin kullanılmasından kaynaklanmaktadır. STA4-CAD programı döşemenin mesnetlenmesine ve boyutlarına bağlı olarak düzgün yayılı yükü q , iki doğrultuda q_x ve q_y olarak bileşenlere ayırıp 1 m genişlikli sürekli kiriş olarak çözümlenmektedir. Probina Orion programı ise default olarak TS 500 çizelge 11.1'de verilen moment katsayılarını kullanmaktadır.

STA4-CAD sürekli kiriş kabulü ile bulunan mesnet momenti kiriş eksenindeki momenttir ve mesnet yüzünde düzeltmeyi dikkate almamaktadır. Betonarme kesit hesabı seçilen donatılar iç kuvvetlerin küçük olmasından dolayı minimum değerlerde kalmıştır.

Çizelge 4.15 1. kat STA4-CAD göre K105, Probina Orion göre K108 nolu kirişe ait kesit özellikleri, iç kuvvetlerin bileşenleri ve hesap değerleri ile betonarme kesit hesabı sonucu gerekli olan donatı alanı A_s ve seçilen donatılar verilmiştir.

Çizelge 4.15 Seçilen Kirişin Statik ve Betonarme Sonuçları

ELEMEN		M_G tm	M_Q tm	M_{Deprem} tm	M_d tm	As cm ²	Seçilen Donatı	
STA4	K105 25/50 TablaB/Ht 69/12 L=400 L _{net} = 360	Msol	-2,89	-0,77	±12,36	-16,02 +8,7	9,56 5,58	3Φ12 montaj+2Φ12 düz+1Φ12 pil+2Φ18 sağ üst ilave+2Φ18 sağ alt ilave
		Maç	1,38	0,44	-	2,66	2,63	
		Msağ	-2,89	-0,85	±12,36	-16,10 +8,62	9,66 5,58	
		Vsol	3,33	0,79	-6,18			Φ8/20/10 etriye
		Vsağ	-3,33	-0,79	-6,18			
PROBİNA	K108 25/50 TablaB/Ht 75/12 L=400 L _{net} = 360	Msol	-2,19	-0,57	±12,12	-14,88 +9,36	10,90 6,47	2Φ12 montaj+2Φ14 düz+1Φ14 pil+2Φ18 sağ üst ilave+3Φ12 sağ alt ilave
		Maç	1,21	0,41	8,24	6,33	4,62	
		Msağ	-2,19	-0,57	±12,12	-14,88 +9,36	10,90 6,47	
		Vsol	-3,21	-0,79	6,74	10,74		Φ8/20/9 etriye
		Vsağ	-3,21	-0,79	5,12	10,74		

Çizelge 4.15 incelenmesinden; kirişlerin etkili tabla genişliğinin hesaplanmasından STA4-CAD, TS 500 madde 6.3.6 verilen bağıntıda l_p : (moment sıfır noktaları) mesafe olarak tüm kirişlerde kenar ve iç açıklığa bakılmaksızın $l_p = 0,6 l_{net}$ olmaktadır. Probina Orion ise kenar ve iç açıklık için tanımlanan katsayıları kullanmaktadır. Ayrıca Probina Orion default olarak deprem etkilerinden dolayı açıklıkta moment değeri almakta, eğer default ayarları değiştirilirse açıklık momenti belirlenmesinde sadece düşey yüklerin etkisi göz önüne alınarak deprem momenti oluşması engellenebilir. Genelde kirişlerin açıklığında deprem momenti çok küçük değerler almasına rağmen K108 kirişinde bu değerler oldukça büyük çıkmıştır. Kirişler için $0,9G \pm E$ yüklemesi özellikle mesnette + moment durumunda olumsuz sonuç verecektir. Probina Orion'da kirişlerde $0,9G \pm E$ yüklemesi yapılmamaktadır.

Çizelge 4.16'da 1. katta STA4-CAD'e göre S106, Probina Orion göre S110 kolonuna ait iç kuvvetler, hesapta dikkate alınan N_d , M_d değerleri, betonarme kesit hesabı sonucu gerekli donatı alanı ve seçilen donatılar verilmiştir.

Çizelge 4.16 Seçilen Kolonun Statik ve Betonarme Sonuçları

S106 KOLONU (iç kuvvetler)							
ELEMAN	N _z (ton)	M _x üst (tm)	M _x alt (tm)	M _y üst (tm)	M _y alt (tm)	T _x (ton)	T _y (ton)
G	87,70	-0,06	-0,03	0,03	0,02	-0,03	0,02
Q	19,27	0,27	-0,13	-0,51	0,25	-0,14	0,27
E	2,63	11,85	15,26	11,43	15,40	9,68	9,58
KOMBİNASYONLAR ve DONATI SEÇİMİ							
Kombinasyon	N _d (ton)	M ₁ (tm)	M ₂ (tm)	A _s		Seçilen Donatı	
(1,4G+1,6Q)x	149,908	-0,767	-4,048	14,392		2x4Φ14+2x2Φ14(gövde) A _s =18,48 cm ²	
(G+Q+E)x	107,288	-0,177	15,355	14,392			
(0,9G+E)x	76,346	-0,422	-14,171	12,243			
(1,4G+1,6Q)y	149,908	0,318	4,048	14,552			
(G+Q+E)y	107,221	-0,355	15,657	14,552			
(0,9G+E)y	76,360	0,423	-15,383	12,486			
ELEMAN	N _z (ton)	M _x üst (tm)	M _x alt (tm)	M _y üst (tm)	M _y alt (tm)		
G	-86,29	-0,02	-0,01	0,06	0,04	0,01	-0,04
Q	-20,04	-0,21	-0,13	0,40	0,25	0,15	-0,28
E	4,48	8,73	14,63	7,50	14,10	10,06	9,39
KOMBİNASYONLAR veDONATI SEÇİMİ							
Kombinasyon	N _d (ton)	M ₁ (tm)	M ₂ (tm)	A _s		Seçilen Donatı	
(1,4G+1,6Q)x	152,870	6,110	6,110	16,000		8Φ18 A _s =20,32 cm ²	
(G+Q+E)x	109,368	4,370	14,650	18,860			
(0,9G+E)x	-	-	-	-			
(1,4G+1,6Q)y	152,870	6,110	6,110	16,000			
(G+Q+E)y	108,741	4,370	14,650	17,320			
(0,9G+E)y	-	-	-	-			

Çizelge 4.16 kolon momentleri incelendiğinde moment değerlerinde farklar olduğu görülmüştür. Default değerlerine bakıldığında STA4-CAD kolon donatı hesabında çekme bölgesinde toplam %1 lik donatıyı 4 yüze eşit dağıtarak %0,25 olarak donatı yerleştirmektedir. Probina Orion ise brüt kesitte %1 olarak gövde donatısını gövde genişliğine bağlı olarak yerleştirmektedir.

STA4-CAD kolon uç iç kuvvetlerini kat düzeylerindeki değerlerini vermekte olup, kiriş alt yüzündeki değerlere taşımamakta Probina Orion ise uç iç kuvvetleri kiriş alt yüzündeki rijit bölge dışında değer vermektedir.

4.1.2.4 TDY98 göre Süneklik Düzeyi Yüksek Elemanlar için Kontrol Parametreleri

TDY98 madde 7.3.5 gereği sadece çerçevelerden veya perde ve çerçevelerin birleşiminden oluşan taşıyıcı sistemlerde, her bir kolon-kiriş düğüm noktasına birleşen kolonların taşıma gücü momentlerinin toplamı, o düğüm noktasına birleşen kirişlerin taşıma gücü momentleri toplamından en az %20 daha büyük olması gerekmektedir. Bu madde gereği STA4-CAD ve Probina Orion'da aynı olarak seçilmiş dört düğüm noktasında kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu incelenmiştir ve çizelge 4.17'de verilmiştir. Çizelge 4.17'de seçilmiş olan kolonlar STA4-CAD programında S101 ve S106, Probina Orion'da ise aynı kolonlar S113 ve S110 olarak adlandırılmıştır.

Çizelge 4.17 Güçlü Kolon Kontrolü

DÜĞÜM	KOLON		KİRİŞ		Açıklama	
	KOLON	Mrc	KİRİŞ	Mrb		
STA4	S101 X	S201(16,02)+S101(18,02)	34,04	K101(14,65)	17,59	√
	S101 Y	S201(15,79)+S101(15,79)	31,58	K115(12,84)	15,41	√
	S106 X	S206(16,67)+S106(15,8)	32,47	K104(17,79)+K105(12,84)	36,79	YETERSİZ
	S106 Y	S206(16,68)+S106(15,8)	32,48	K117(12,84)+K118(21,1)	40,73	YETERSİZ
PROBINA	S113X	S213(10,86)+S113(18,11)	28,97	K110(17,84)	21,41	√
	S113Y	S213(10,86)+S113(18,11)	28,97	K115(18,64)	22,37	√
	S110X	S210(15,77)+S110(15,96)	31,73	K107(17,21)+K108(10,53)	33,29	YETERSİZ
	S110Y	S210(15,77)+S110(15,96)	31,73	K117(18,43)+K118(10,10)	34,24	YETERSİZ

Çizelge 4.17 incelendiğinde STA4-CAD ve Probina Orion programlarında aynı kolonların x ve y yönünde güçlü kolon kontrolünü sağlamadığı görülmüştür.

TDY98 madde 7.5.2.2. gereği herhangi bir birleşim bölgesinde;

$$V_e = 1,25 f_{yk}(A_{s1}+A_{s2}) - V_{kol} \quad (4.11)$$

ile hesaplanan kesme kuvveti, göz önüne alınan deprem doğrultusunda hiçbir zaman aşağıda verilen sınırları aşmayacaktır. Bu sınırların aşılması durumunda, kolon ve/veya kiriş kesit boyutları büyütülerek deprem hesabı tekrarlanacaktır.

(a) Kuşatılmış birleşimlerde ;

$$V_e \leq 0,60 b_j h f_{cd} \quad (4.12)$$

(b) Kuşatılmamış birleşimlerde;

$$V_e \leq 0,45 b_j h f_{cd} \quad (4.13)$$

Güçlü kolon kontrolü için seçilen düğüm noktaları için kesme güvenliğinin kontrolü çizelge 4.18’de verilmiştir.

Çizelge 4.18 Kolon-Kiriş Birleşim Bölgesi Kesme Güvenliği Kontrolü

	KOLON NO	Vkol	Asu1	Asa1	Asu2	Asa2	bj	hc	Vmax	Ve	Açıklama
STA4	S101X	4,72	12,20	0,00	12,20	0,00	25	40	60	59,12	kuşatılmamış
	S101Y	4,93	12,20	0,00	12,20	0,00	25	40	60	58,91	kuşatılmamış
	S106X	8,98	10,70	7,40	10,70	7,40	40	40	96	86,04	kuşatılmamış
	S106Y	9,15	13,30	7,40	13,30	7,40	40	40	96	99,23	YETERSİZ
PROBİNA	S113X	8,34	14,22	0,00	10,83	0,00	25	40	60	66,38	YETERSİZ
	S113Y	7,74	10,30	0,00	11,90	0,00	25	40	60	54,77	kuşatılmamış
	S110X	10,18	8,89	7,10	8,89	7,10	40	40	96	85,98	kuşatılmamış
	S110Y	9,44	9,83	6,28	9,83	6,28	40	40	96	85,73	kuşatılmamış

Çizelge 4.18 incelendiğinde ele alınan birleşim bölgelerinden STA4-CAD programında S106 kolonunun y yönünde, Probina Orion programında ise S113 kolonunun x yönünde kolon kiriş birleşim bölgesi kesme güvenliği kontrolünü sağlamadığı görülmüştür.

4.1.2.5 Metraj Sonuçları

Programların analiz sonuçlarına göre oluşturulan metrajlar çizelge 4.19'da verilmiştir.

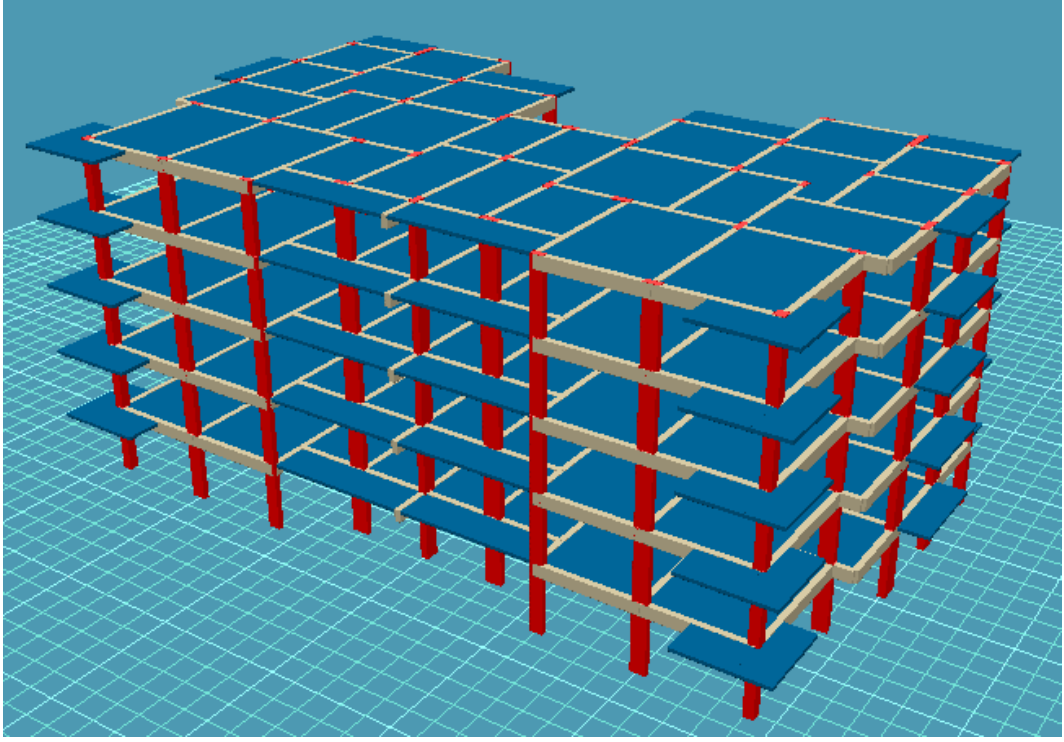
Çizelge 4.19 Örnek1'e ait Metraj Sonuçları

KAT	ELEMEN	STA4			PROBİNA		
		BETON	KALIP	DONATI	BETON	KALIP	DONATI
1	KOLON	7,17	65,68	1388,20	7,17	71,68	1633,50
	KİRİŞ	12,15	104,00	1778,00	12,15	104,00	1932,70
	DÖŞEME	19,24	160,31	1111,90	19,24	160,31	1100,80
2	KOLON	7,17	65,68	1373,10	7,17	71,68	1214,30
	KİRİŞ	12,15	104,00	1739,50	12,15	104,00	1910,30
	DÖŞEME	19,24	160,31	1111,90	19,24	160,31	1100,80
3	KOLON	7,17	65,68	1373,10	7,17	71,68	1069,00
	KİRİŞ	12,15	104,00	1520,80	12,15	104,00	1667,00
	DÖŞEME	19,24	160,31	1111,90	19,24	160,31	1100,80
4	KOLON	7,17	65,68	1373,10	7,17	71,68	1039,20
	KİRİŞ	12,15	104,00	1257,00	12,15	104,00	1317,80
	DÖŞEME	19,24	160,31	1111,90	19,24	160,31	1100,80
5	KOLON	7,17	65,68	1308,10	7,17	71,68	910,20
	KİRİŞ	12,15	104,00	1072,40	12,15	104,00	1115,20
	DÖŞEME	19,24	160,31	1111,90	19,24	160,31	1100,80
TOPLAM		192,80	1649,95	19742,80	192,78	1679,95	19313,20

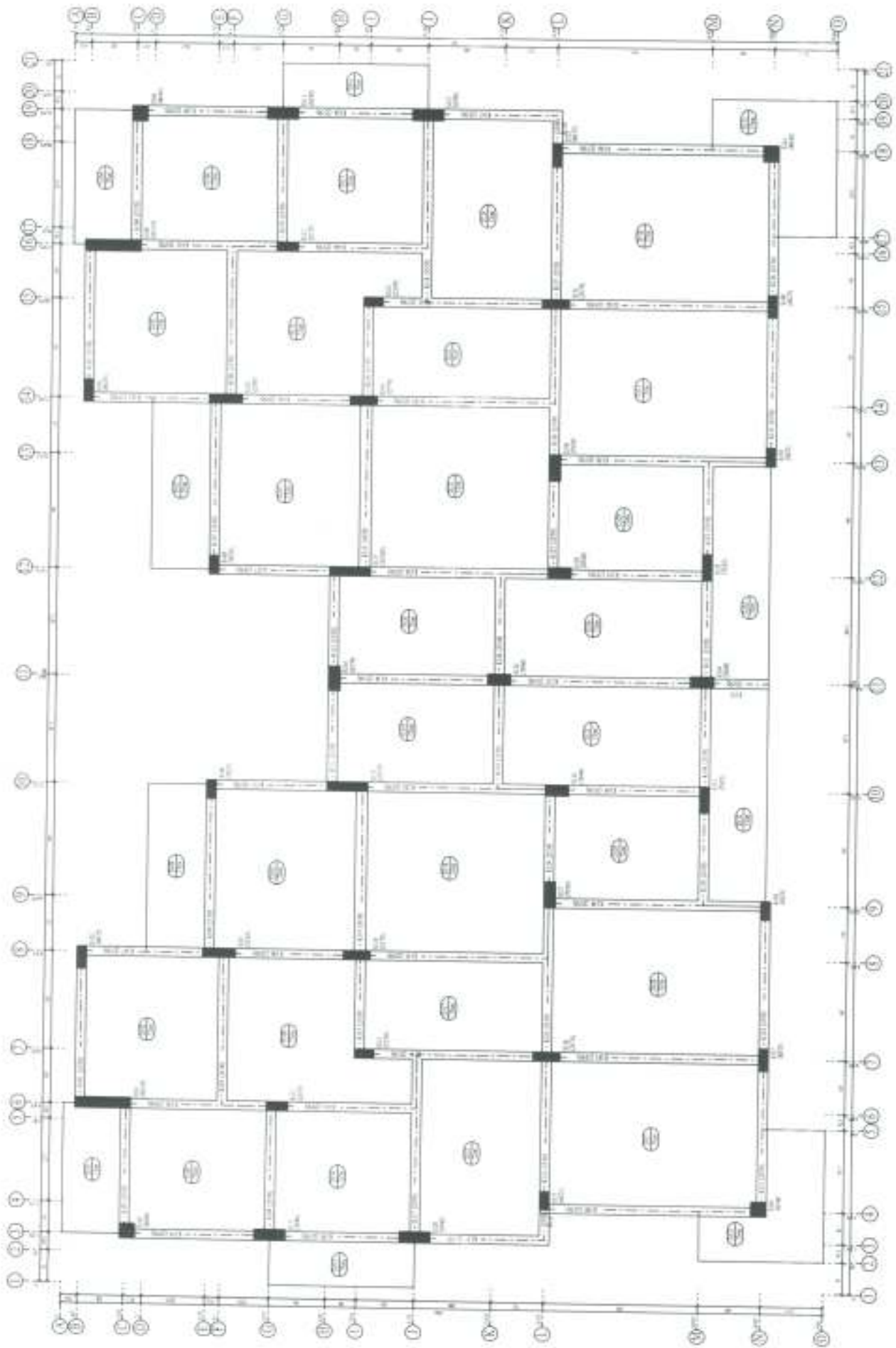
Çizelge 4.19 incelendiğinde kiriş donatı miktarının Probina Orion'da fazla olduğu görülmüştür. Buna karşılık kolon donatılarının STA4-CAD programında her katta yaklaşık birbirine yakın değer aldığı ancak Probina Orion'da katlarda azalma olduğu görülmektedir.

4.2 Örnek 2

Örnek 2 olarak sadece çerçevelerden oluşan, genelde konut uygulamalarında karşılaşılan, açık çerçeve özelliği gösteren 5 katlı y eksenine göre simetrik bir betonarme yapı incelendi. Örnek 2'ye ait perspektif görünüş şekil 4.3'de, zemin kat kalıp planı ise şekil 4.4'de verildi.



Şekil 4.3 Örnek2'ye ait perspektif görünüş



Sekil 4.4 Ornek 2 ye ait Zemin Kat Kaly Planı

4.2.1 Bina Bilgileri

Kat sayısı	: 5 Normal Kat,
Bina türü	: Konut,
Taşıyıcı sistem türü	: Betonarme çerçevesel sistem,
Taşıyıcı Sistem Davranış	
Katsayısı (R)	: 8
Deprem bölgesi	: 1. Bölge
Yerel Zemin Sınıfı	: Z3
Analiz tipi	: Dinamik analiz(Mod Birleştirme)
Bina Önem Katsayısı (I)	: 1,00
Yatay Yük Dışmerkezliği	: % 5
Beton ve Çelik Sınıfı	: BS25- BÇIII
Zemin Emniyet Gerilmesi	: 17 t/m ²
Zemin Yatak Katsayısı	: 1500 t/m ³
Kat Yüksekliği	: 2,80 m

Beş katlı olarak alınan yapıda, döşemelerde 0,525 ton/ m² sabit yük, 0,200 ton/ m² hareketli yük, kirişlerde ise dış aks kirişlerinde 0,9 ton/m, iç aks kirişlerinde 0,7 ton/m olarak yükler dikkate alınmıştır.

Kiriş ve kolon boyutlarında herhangi bir kesit değişimi yapılmamış, tüm katlarda kesitler aynı boyutta kullanılmış olup çizelge 4.20 kolon boyutlarını, çizelge 4.21 ise kiriş boyutlarını göstermektedir. Kiriş ve kolon kesitleri STA4-CAD programında kesit yetersiz eleman kalmayacak şekilde tasarlanmış, her iki programda da Mod Birleştirme Yöntemine göre analiz yapılmıştır.

Bina bilgileri, kat kalıp planı, eleman boyutları ve yükleri yukarıda yapılan tanımlama doğrultusunda her iki programa veri olarak girilmiş ve programın betonarme opsiyonlarının default değerleri kullanılarak analizler yapılmıştır. Her iki programda rijitlik bölgeleri değişken kesit olarak alınmıştır.

Sap2000 programında Örnek 2 modellenirken kolonların akslardan kaçıklığı rijit bölgeler tanımlamasında dikkate alınmıştır. Ayrıca açık çerçeve özelliği bulunan

akslarda kirişlerin sürekliliği bozulan noktalarda bulunan kolonlar, kendi akslarında tanımlanıp bu kolona birleşen kiriş uç noktaları constraint tanımlaması ile kolon serbestliğine bağlanmıştır.

Çizelge 4.20 Örnek 2'ye ait Kolon Boyutları

KAT NO	KOLON NO	BOYUT (XxY)
KAT 1 KAT 2 KAT 3 KAT 4 KAT 5	S101,S104	30 cm X 145 cm
	S102,S103,S125,S132,S137,S140	60 cm X 25 cm
	S105,S106,S136,S141	40 cm X 40 cm
	S107,S110	25 cm X 85 cm
	S108,S109,S138,S139	50 cm X 25 cm
	S111,S114,S120,S123	30 cm X 80 cm
	S112,S113	25 cm X 55 cm
	S115,S117	25 cm X 105 cm
	S116	65 cm X 30 cm
	S118,S119,S126,S131	25 cm X 70 cm
	S121, S122	25 cm X 50 cm
	S124,S128,S129,S134	30 cm X 60 cm
	S127,S130	70 cm X 30 cm
	S133,S135	70 cm X 25 cm

Çizelge 4.21 Örnek 2'ye ait kiriş boyutları

KAT NO	KİRİŞ NO	BOYUT (XxY)
KAT 1 KAT 2 KAT 3 KAT 4 KAT 5	K101-K113, K116-K169	25 cm X 50 cm
KAT 4 KAT 5	K114,K115	30 cm X 50 cm

4.2.2 Analiz Sonuçları

4.2.2.1 Kat Kütle Ağırlıkları

Örnek 2 için yapılan analizler sonucu binaya ait kat ağırlıkları, kat ağırlığına etki eden zati yük ve hareketli yük değerleri çizelge 4.22 de verilmiştir. Burada; w_g , ton olarak kat ağırlığına etki eden zati yük, w_q , ton olarak kat ağırlığına etki eden hareketli yük, $w_k=(w_g+ nw_q)$, ton olarak kat ağırlığına etki eden toplam yükü, n , hareketli yük azaltma katsayısını ifade etmektedir

Çizelge 4.22 Örnek 2'in Kat Ağırlıkları

Kat	H (m)	STA4			PROBİNA		
		w_g (ton)	w_q (ton)	w_k (ton)	w_g (ton)	w_q (ton)	w_k (ton)
5	14	544,49	112,85	578,34	519,90	117,90	555,27
4	11,2	544,49	112,85	578,34	519,90	117,90	555,27
3	8,4	544,49	112,85	578,34	519,90	117,90	555,27
2	5,6	544,49	112,85	578,34	519,90	117,90	555,27
1	2,8	544,49	112,85	578,34	519,90	117,90	555,27
			$\Sigma w_k=$	2891,700		$\Sigma w_k=$	2776,350

Çizelge 4.22 incelendiğinde kat ağırlıklarında iki program arasında her katta yaklaşık olarak 25 ton fark olduğu görülmektedir.

4.2.2.2 Deprem Analiz Sonuçları

Binaya ait modal analiz sonuçları STA4-CAD ve Probina Orion paket programlarının yanı sıra SAP2000 programı da kullanılarak sonuçlar çizelge 4.23'de verilmiştir. SAP2000 programının veri girişinde, kat kütle değerleri ve kirişler için etkili tabla genişlikleri STA4-CAD programının analiz sonuçlarına göre alınmış olup kolon-kiriş birleşimi rijit bölge katsayısı olarak da 0,5 alınmıştır. Burada yön; başlangıçta seçilen serbestliğe göre titreşim yönü, T,

saniye olarak yapının doğal periyodu, M_{xr} , yüzde olarak x yönünde kütle katılım oranı, M_{yr} , yüzde olarak y yönünde kütle katılım oranı, M_{br} , yüzde olarak burulma oranını ifade etmektedir.

Çizelge 4.23 Örnek 2'ye ait Yapının Doğal Periyot ve Etkin Kütle Katılım Oranları

	STA4					PROBİNA					SAP2000		
	Yön	T (sn)	M_{xr} (%)	M_{yr} (%)	M_{br} (%)	Yön	T (sn)	M_{xr} (%)	M_{yr} (%)	M_{br} (%)	Yön	T (sn)	
Mod1	x	0,5699	83,691			x	0,5964	74,076	1,951	6,363	x	0,5808	
Mod2	y	0,4790		80,553		y	0,5393	6,598	54,633	19,122	y	0,4866	
Mod3	b	0,4510			80,822	b	0,4698	2,067	23,475	54,685	b	0,4510	
Mod4	x	0,1828	10,444			x	0,1868	10,395	0,098	0,601	x	0,1869	
Mod5	y	0,1452		11,777		y	0,1617	0,425	7,963	3,606	y	0,1482	
Mod6	b	0,1374			11,582	b	0,1409	0,177	4,003	7,852	b	0,1384	
TOPLAM			94,135	92,330	92,404	TOPLAM			93,738	92,123	92,229		

Çizelge 4.23'de periyotların birbirinden farklı değerler aldığı görülmektedir. TDY98 6.8.3' e göre hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı belirlenirken her bir mod için hesaplanan etkin kütle katılım oranlarında farklar olduğu görülmektedir. Her iki programda 6 modda bina toplam külesinin %90 mertebesini aşmaktadır. Yapı süneklik düzeyi yüksek sistem olarak kabul edilmiş TDY98 Tablo 6.5'den Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, yapı çerçeve sistem olmasından dolayı $R=8$ olarak alınmıştır.

Örnek 2'de yapı sistemine ait x yönü deprem yükleri çizelge 4.24'de, y yönü deprem yükleri çizelge 4.25'de verilmiştir.

Çizelge 4.24 Örnek 2'ye ait Depremden Katlarda Meydana Gelen x Yönlü Deprem Yükleri

Kat	STA4				PROBİNA			
	Modal Analiz (V _{iB})	Eşdeğer Dep. Yön. (V _i)	Tasarım Deprem Yükü (V _i)d	B	Modal Analiz (V _{iB})	Eşdeğer Dep. Yön. (V _i)	Tasarım Deprem Yükü (V _i)d	B
5	97,823	120,489	115,679	1,183	93,233	115,680	113,512	1,218
4	80,174	96,391	94,808		74,837	92,544	91,115	
3	63,237	72,293	74,780		58,410	69,408	71,115	
2	43,630	48,195	51,594		39,900	46,272	48,579	
1	20,807	24,098	24,605		18,660	23,136	22,719	
TOPLAM	305,671	361,466	361,466		285,040	347,040	347,040	
β	1				1			

Çizelge 4.25 Örnek 2'ye ait Depremden Katlarda Meydana Gelen y Yönlü Deprem Yükleri

Kat	STA4				PROBİNA			
	Modal Analiz (V _{iB})	Eşdeğer Dep. Yön. (V _i)	Tasarım Deprem Yükü (V _i)d	B	Modal Analiz (V _{iB})	Eşdeğer Dep. Yön. (V _i)	Tasarım Deprem Yükü (V _i)d	B
5	100,686	120,489	123,115	1,223	81,745	115,680	119,057	1,456
4	77,869	96,391	95,215		62,825	92,544	91,501	
3	60,005	72,293	73,372		48,170	69,408	70,157	
2	39,478	48,195	48,272		31,530	46,272	45,921	
1	17,577	24,098	21,492		14,010	23,136	20,405	
TOPLAM	295,615	361,466	361,466		238,280	347,040	347,040	
β	1				1			

Örnek 2 yapı sistemi için her iki programın analiz sonucuna göre x ve y yönlerinde

$\pm\%5$ dışmerkezlilik altında katlara gelen tasarım deprem yükü etkisinde katlara ait max, min ve ortalama görelî kat ötelemeleri, η_{bi} burulma düzensizlik katsayısı, η_{ki} rijitlik düzensizlik katsayısı, $\Delta x/h$ göre kat ötelemeleri ve θ_i ikinci mertebe gösterge değeri çizelge 4.26-29'de verilmiştir.

Çizelge 4.26 STA4-CAD Programına göre x Yönü (+%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri

KAT	$(\Delta x)_{max}$	$(\Delta x)_{min}$	$(\Delta x)_{ort}$	η_{bi}	η_{ki}	$\Delta x/h$	θ_i
5	0,0017136	0,0016220	0,0016678	1,03	0,00	0,00061	0,00298
4	0,0028572	0,0027117	0,0027845	1,03	1,67	0,00102	0,00546
3	0,0037790	0,0035890	0,0036840	1,03	1,32	0,00135	0,00800
2	0,0042381	0,0040398	0,0041390	1,02	1,12	0,00151	0,01015
1	0,0031369	0,0030151	0,0030760	1,02	0,74	0,00112	0,00879

Çizelge 4.27 Probina Orion Programına göre x Yönü (+%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri

KAT	$(\Delta x)_{max}$	$(\Delta x)_{min}$	$(\Delta x)_{ort}$	η_{bi}	η_{ki}	$\Delta x/h$	θ_i
5	0,0019490	0,0011470	0,0015480	1,26	0,00	0,00070	0,00340
4	0,0030180	0,0018610	0,0024395	1,24	1,58	0,00108	0,00600
3	0,0038810	0,0024580	0,0031695	1,22	1,30	0,00139	0,00870
2	0,0042180	0,0027670	0,0034925	1,21	1,10	0,00151	0,01080
1	0,0028920	0,0020180	0,0024550	1,18	0,70	0,00103	0,00890

Çizelge 4.28 STA4-CAD Programına göre y Yönü (+%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri

KAT	$(\Delta y)_{max}$	$(\Delta y)_{min}$	$(\Delta y)_{ort}$	η_{bi}	η_{ki}	$\Delta y/h$	θ_i
5	0,0018613	0,0012738	0,0015676	1,19	0,00	0,00066	0,00263
4	0,0027443	0,0018661	0,0023052	1,19	1,47	0,00098	0,00436
3	0,0034347	0,0023276	0,0028812	1,19	1,25	0,00123	0,00612
2	0,0035202	0,0023777	0,0029490	1,19	1,02	0,00126	0,00717
1	0,0021315	0,0014328	0,0017822	1,20	0,60	0,00076	0,00509

Çizelge 4.29 Probina Orion Programına göre y Yönü (+%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri

KAT	$(\Delta y)_{max}$	$(\Delta y)_{min}$	$(\Delta y)_{ort}$	η_{bi}	η_{ki}	$\Delta y/h$	θ_i
5	0,0023220	0,0003110	0,0013165	1,76	0,00	0,00083	0,00320
4	0,0033640	0,0004520	0,0019080	1,76	1,45	0,00120	0,00530
3	0,0041680	0,0005610	0,0023645	1,76	1,24	0,00149	0,00730
2	0,0042400	0,0005660	0,0024030	1,76	1,02	0,00151	0,00850
1	0,0025290	0,0003240	0,0014265	1,77	0,59	0,00090	0,00600

Katların x ve y yönlerinde dışmerkezliğe bağlı olarak analiz sonrası bulunan $(\Delta i)_{max}$ değerleri STA4-CAD ve Probina Orion programlarında yaklaşık olarak benzer sonuçlar verirken $(\Delta i)_{min}$ değerinin belirlenmesinde Probina Orion, STA4-CAD göre oldukça küçük değerler vermektedir. $(\Delta i)_{min}$ değerinin küçülmesi $(\Delta i)_{ort}$ azaltmakta dolayısıyla η_{bi} katsayısının artmasına dolayısıyla STA4-CAD çıkmayan A1 türü düzensizliğin Probina Orion'da çıkmasına neden olmaktadır.

Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği olan B2 türü düzensizlik değerleri her iki programda da birbirine yakın değerler çıkmaktadır.

4.2.2.3 Betonarme Kesit Hesapları

Örnek 2'ye ait olan yapıda birinci katta bulunan, STA4-CAD ve Probina Orion programında D125 ve D128 olarak ifade edilen döşemelerin hesapta dikkate alınan iç kuvvetleri ve betonarme kesit hesap sonucu bulunan donatılar çizelge 4.30'da verilmiştir.

Çizelge 4.30 Seçilen Döşemelerin Statik ve Betonarme Sonuçları

	KAT	ELEMAN	YÖN	Mesnet sol	Maçıklık	Mesnet sağ	seçilen donatı
STA4	1	D125	X	-0,58	0,50	-0,75	Φ8/36 düz+Φ8/36 pil
	1		Y	-0,34	0,00	-1,79	Φ8/36 düz+Φ8/36 pil+Φ10/20 sağ ila.
	1	D128	X	-1,27	0,99	-1,08	Φ8/35 düz+Φ8/35 pil+Φ8/33 sağ ila.
	1		Y	-0,39	0,40	0,00	Φ8/36 düz+Φ8/36 pil
PROBINA	1	D125	X	-0,66	0,49	-0,66	Φ8/36 düz+Φ8/36 pil.
	1		Y	-0,29	0,22	-0,29	Φ8/36 düz+Φ8/36 pil
	1	D128	X	-1,06	0,80	-1,06	Φ8/36 düz+Φ8/36 pil.+Φ8/40 sol üst ila.
	1		Y	-0,74	0,56	0,00	Φ8/36 düz+Φ8/36 pil+Φ8/40 sol ila.

Çizelgenin incelenmesinden görüleceği üzere döşeme hesabına esas olan iç kuvvet büyüklüğü momentlerde farklılıklar bulunmaktadır. Bu farklılık bölüm 4.1.2.3 de belirtilen nedenlerden kaynaklanmaktadır.

Ayrıca D128 döşemesi TS 500 çizelge 11.1'e göre bir kenar süreksiz tipinde yer almaktadır. Probina Orion döşeme hesapları raporunda y yönü için sürekli kenarda mesnet momentleri vermiş, süreksiz kenarda sıfır olduğunu göstermemiştir.

D125 döşemesi y yönünde D134 balkon döşemesi ile birleşik olduğu için mesnet noktasında donatı göstermemekte, D134 döşeme donatısını D125 döşemesine uzatılarak bu donatıyı mesnet ilave donatısı olarak kullanmaktadır.

Çizelge 4.31 1. kat STA4-CAD ve Probinda Orion programlarında K143 nolu kirişe ait kesit özellikleri, iç kuvvetlerin bileşenleri ve hesap değerleri ile betonarme kesit hesabı sonucu gerekli olan donatı alanı A_s ve seçilen donatılar verilmiştir.

Çizelge 4.31 Seçilen Kirişin Statik ve Betonarme Sonuçları

ELEMEN		M_G (tm)	M_Q (tm)	M_{deprem} (tm)	M_d (tm)	A_s (cm ²)	Seçilen Donatı	
STA4	K143 25/50 TablaB/Ht 85/12 L= 555 L _{ni} =507,5	Msol	-7,924	-2,269	±10,48	-20,67 +0,287	11,451 5,725	3Φ12mon+2Φ18 sol üst ila.+1Φ16sağ üst ila.+2Φ12düz+ 2Φ12pil+1Φ22 sol alt ila.+1Φ14sağ alt ila.
		Maç	4,00	0,99	-	7,179	4,335	
		Msağ	-3,666	-1,005	±8,081	- 12,752 +3,41	7,522 3,761	
		Vsol	6,192	1,622	-3,344			Φ8/20/10 etriye
		Vsağ	-4,859	-1,242	-3,344			
PROBINA	K143 25/50 TablaB/Ht 95/12 L= 555 L _{ni} =507,5	Msol	-3,53	-0,99	±8,96	-13,48 +4,44	9,83 5,34	2Φ12mon+3Φ16 sol üst ila.+3Φ20sağ üst ila.+2Φ12 sol alt ila.+3Φ12 sağ alt ila.+2Φ14düz+ 1Φ14pil
		Maç	3,38	1,00	5,88	6,44	4,62	
		Msağ	5,63	1,59	±10,27	-3,05 +17,48	15,24 6,47	
		Vsol	-4,79	-1,27	3,79	9,84		Φ8/18/9 etriye
		Vsağ	-5,9	-1,6	2,6	11,28		

Çizelge 4.31'de M_d açıklık ve mesnet değerleri incelendiğinde STA4-CAD programında sol mesnet ve açıklık momentlerinin büyük değerler aldığı, Probinda Orion programında ise sağ mesnet değerinin büyük olduğu görülmüştür. Bu durum seçilen donatıları etkilediğinden her iki programda da farklı adet ve çapta donatı seçimi yapılmıştır. Ayrıca kiriş analiz sonuçları kısmında belirtilen sağ ve sol olarak ifade edilen mesnetler, kiriş açılımı detay çizimlerinde sol ve sağ olarak yer değiştirmektedir. Bundan dolayı kullanıcının sonuçlarda sağ ve sol ifadeler

yerine kat kalıp planına bakılarak kirişin mesnetlendiği kolonlar göz önüne alınarak sonuçların kontrol edilmesi uygun olacaktır.

Çizelge 4.32’de 1. katta STA4-CAD ve Probina Orion programlarında S126 kolonuna ait iç kuvvetler, hesapta dikkate alınan N_d , M_d değerleri, betonarme kesit hesabı sonucu gerekli donatı alanı ve seçilen donatılar verilmiştir.

Çizelge 4.32 Seçilen Kolonun Statik ve Betonarme Sonuçları

S126 KOLONU (iç kuvvetler)							
ELEMAN	N _z (ton)	M _x üst (tm)	M _x alt (tm)	M _y üst (tm)	M _y alt (tm)	T _x (ton)	T _y (ton)
G	106,56	-0,26	-0,13	-0,57	0,35	-0,14	-0,08
Q	24,42	-0,14	-0,10	-0,23	0,15	-0,11	0,10
E	12,02	7,08	7,33	8,54	22,68	5,15	11,15
KOMBİNASYONLAR veDONATI SEÇİMİ							
Kombinasyon	N _d (ton)	M ₁ (tm)	M ₂ (tm)	As	Seçilen Donatı		
(1,4G+1,6Q)x	183,607	-0,610	-4,131	13,125	2x4Φ14+2x2Φ14(gövde) A _s =18,48 cm ²		
(G+Q+E)x	131,211	1,406	7,245	13,125			
(0,9G+E)x	94,304	2,449	-7,312	13,125			
(1,4G+1,6Q)y	183,607	-0,367	-6,610	13,125			
(G+Q+E)y	140,091	-0,180	23,180	13,125			
(0,9G+E)y	83,890	-0,163	-22,362	13,125			
ELEMAN	N _z (ton)	M _x üst (tm)	M _x alt (tm)	M _y üst (tm)			
G	-108,75	0,36	0,23	-0,51	0,29	-0,26	0,10
Q	-27,37	0,26	0,18	-0,79	0,40	-0,19	-0,47
E	12,31	6,04	7,53	2,59	24,90	5,90	11,88
KOMBİNASYONLAR veDONATI SEÇİMİ							
Kombinasyon	N _d (ton)	M ₁ (tm)	M ₂ (tm)	As	Seçilen Donatı		
(1,4G+1,6Q)x	196,609	4,920	13,760	17,500	10Φ16 A _s =20,01 cm ²		
(G+Q+E)x	146,823	3,670	25,700	17,500			
(0,9G+E)x	-	-	-	-			
(1,4G+1,6Q)y	196,609	4,920	13,760	17,500			
(G+Q+E)y	146,823	3,670	25,700	17,500			
(0,9G+E)y	-	-	-	-			

Çizelge 4.32 kolon momentleri incelendiğinde moment değerlerinde farklar olduğu görülmüştür.

STA4-CAD kolon uç iç kuvvetlerini kat düzeylerindeki değerlerini vermekte olup, kiriş alt yüzündeki değerlere taşımamakta Probina Orion ise uç iç kuvvetleri kiriş alt yüzündeki rijit bölge dışında değer vermektedir.

4.2.2.4 TDY98 göre Süneklik Düzeyi Yüksek Elemanlar için Kontrol Parametreleri

TDY98 madde 7.3.5 gereği sadece çerçevelerden veya perde ve çerçevelerin birleşiminden oluşan taşıyıcı sistemlerde, her bir kolon-kiriş düğüm noktasına birleşen kolonların taşıma gücü momentlerinin toplamı, o düğüm noktasına birleşen kirişlerin taşıma gücü momentleri toplamından en az %20 daha büyük olması gerekmektedir. Bu madde gereği STA4-CAD ve Probina Orion'da aynı olarak seçilmiş dört düğüm noktasında kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu incelenmiştir ve çizelge 4.33'de verilmiştir.

Çizelge 4.33 Güçlü Kolon Kontrolü

DÜĞÜM	KOLON		KİRİŞ		Açıklama		
	KOLON	Mrc	KİRİŞ	Mrb			
STA4	S126X	S226(11,57)+S126(11,31)	22,88	K122(15,49)+K123(8,52)	28,84	YETERSİZ	1/ai koşulu
	S126Y	S226(36,42)+S126(35,55)	71,97	K143(22,77)+K144(12,36)	42,15	√	
	S101X	S201(26,45)+S101(33,63)	60,09	K101(13,13)+K103(18,78)	38,3	√	Nd<0,1Acfck koşulu
	S101Y	S201(153,48)+S101(183,67)	337,15	K142(20,15)	24,18	√	Nd<0,1Acfck koşulu
	S128X	S228(14,06)+S128(14,6)	28,66	K124(18,64)	22,39	√	
	S128Y	S228(28,87)+S128(30,21)	59,08	K149(18,17)+K150(8,85)	32,42	√	
	S136X	S236(18,54)+S136(18,94)	37,49	K133(22,94)	27,54	√	
	S136Y	S236(18,16)+S136(18,64)	36,8	K140(16,8)	20,16	√	
PROBINA	S126X	S226(13,48)+S126(12,19)	25,67	K122(14,93)+K123(8,53)	28,15	YETERSİZ	1/ai koşulu
	S126Y	S226(32,65)+S126(32,63)	65,28	K143(23,53)+K144(12,04)	42,68	√	
	S101X	S201(21,38)+S101(44,49)	65,87	K101(0)+K103(21,54)	25,85	√	Nd<0,1Acfck koşulu
	S101Y	S201(110,48)+S101(202,79)	313,27	K142(21,54)	25,85	√	Nd<0,1Acfck koşulu
	S128X	S228(11,60)+S128(11,73)	23,33	K124(23,23)	27,88	YETERSİZ	Nd<0,1Acfck koşulu
	S128Y	S228(24,66)+S128(24,92)	49,58	K149(18,07)+K150(10,43)	34,2	√	Nd<0,1Acfck koşulu
	S136X	S236(14,85)+S136(14,21)	29,06	K133(21,54)	25,85	√	
	S136Y	S236(14,85)+S136(14,21)	29,06	K140(18,00)	21,6	√	

Çizelge 4.33 incelendiğinde STA4-CAD programında S126 kolonunun x yönünde güçlü kolon kontrolünü sağlamadığı, Probina Orion programında ise S126 ve S128 kolonlarının x yönünde güçlü kolon koşulunu sağlamadığı görülmektedir. Ancak her iki programda da TDY98 denklem 7.3.5.4. (a) maddesi gereği düğüm noktasına birleşen kolonların her ikisinde de $N_d \leq 0,10A_{cfck}$ olması ve denklem

7.4. $\alpha_i \geq 0,70$ koşulları sağlandığından dolayı, kolonların taşıma gücü momentleri toplamının, o düğüm noktasına birleşen kirişlerin taşıma gücü momentleri toplamından en az %20 daha büyük olması koşulunun sağlanması zorunlu değildir. Bu nedenle güçlü kolon kontrolü her iki programda da sağlanmıştır.

Güçlü kolon kontrolü için seçilen düğüm noktaları için kesme güvenliğinin kontrolü çizelge 4.34’de verilmiştir.

Çizelge 4.34 Kolon-Kiriş Birleşim Bölgesi Kesme Güvenliği Kontrolü

	KOLON NO	Vkol	Asu1	Asa1	Asu2	Asa2	bj	hc	Vmax	Ve	Açıklama
STAA	S126X	5,10	8,8	3,8	8,8	4,6	50	25	93,8	65,5	kuşatılmamış
	S126Y	8,50	13,8	6,9	13,8	6,1	25	70	131,3	100,2	kuşatılmamış
	S101X	11,10	11,0	0,0	11,0	0,0	25	30	56,3	46,7	kuşatılmamış
	S101Y	16,70	11,9	0,0	11,9	0,0	25	145	271,9	45,9	kuşatılmamış
	S128X	5,90	10,9	0,0	10,9	0,0	25	30	56,3	51,3	kuşatılmamış
	S128Y	8,10	10,6	4,8	10,6	4,8	25	60	112,5	72,7	kuşatılmamış
	S136X	6,30	14,0	0,0	14,0	0,0	25	40	75,0	67,0	kuşatılmamış
	S136Y	2,70	9,7	0,0	9,7	0,0	25	40	75,0	48,1	kuşatılmamış
PROBINA	S126X	6,24	9,4	5,2	9,4	5,2	70	25	131,3	70,0	kuşatılmamış
	S126Y	11,97	15,2	6,5	15,2	7,4	25	70	131,3	107,0	kuşatılmamış
	S101X	13,51	12,9	9,7	13,7	8,6	25	30	56,3	109,4	YETERSİZ
	S101Y	30,26	13,7	8,6	0,0	0,0	25	145	271,9	41,7	kuşatılmamış
	S128X	6,99	14,8	13,9	0,0	0,0	25	30	56,3	70,9	YETERSİZ
	S128Y	9,86	11,4	6,5	11,4	6,5	25	60	112,5	83,8	kuşatılmamış
	S136X	8,26	13,7	8,6	0,0	0,0	25	40	75,0	63,7	kuşatılmamış
	S136Y	6,80	11,4	6,5	0,0	0,0	25	40	75,0	53,2	kuşatılmamış

Çizelge 4.34 incelendiğinde ele alınan birleşim bölgelerinde STA4-CAD programında kolon-kiriş birleşim bölgesi kesme güvenliği kontrolünü sağlamayan herhangi bir bölge bulunmazken, Probina Orion programında, S101 ve S128 kolonlarında x yönünde yetersiz olduğu görülmektedir. Ayrıca çizelgede S126 x yönünde b_j değerleri incelendiğinde göz önüne alınan deprem doğrultusunda, birleşim bölgesine saplanan kirişin düşey orta ekseninden itibaren kolon kenarlarına olan uzaklıklardan küçük olanının iki katı olması gerekmekte, kiriş genişliği ile birleşimin derinliğinin toplamını aşmamalıdır. Ancak Probina Orion, kiriş genişliği ile birleşimin derinliğinin toplamını aşmasına rağmen kiriş orta aksından kolon kenarına olan mesafeyi b_j değeri olarak almaktadır.

4.2.2.5 Metraj Sonuçları

Programların analiz sonuçlarına göre oluşturulan metrajlar çizelge 4.35’de verilmiştir.

Çizelge 4.35 Örnek 2’ye ait Metraj Sonuçları

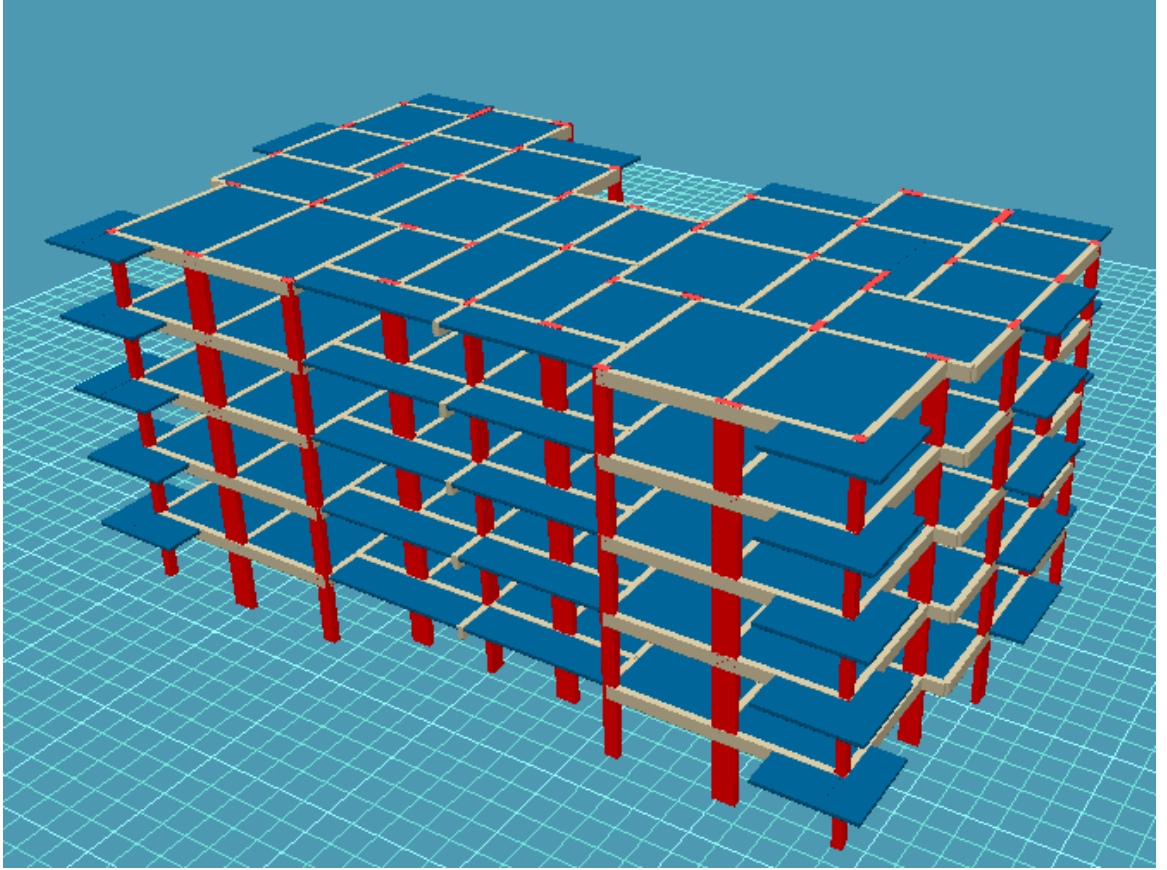
KAT	ELEMEN	STA4			PROBİNA		
		BETON	KALIP	DONATI	BETON	KALIP	DONATI
1	KOLON	21,64	206,51	3622,10	21,64	220,36	4897,70
	KİRİŞ	29,62	240,08	4382,30	29,69	241,12	5069,70
	DÖŞEME	55,05	437,25	3580,90	55,99	443,78	2935,10
2	KOLON	21,64	206,51	3191,80	21,64	220,36	3884,30
	KİRİŞ	29,62	240,08	4580,10	29,69	241,12	5387,10
	DÖŞEME	55,05	437,25	3580,90	55,99	443,78	2935,10
3	KOLON	21,64	206,51	3176,60	21,64	220,36	3783,30
	KİRİŞ	29,62	240,08	4120,20	29,69	241,12	4758,80
	DÖŞEME	55,05	437,25	3580,90	55,99	443,78	2935,10
4	KOLON	21,64	206,51	3191,80	21,64	220,36	3751,40
	KİRİŞ	29,62	240,08	3422,20	29,69	241,12	3845,10
	DÖŞEME	55,05	437,25	3580,90	55,99	443,78	2935,10
5	KOLON	21,64	206,51	3003,20	21,64	220,36	3241,10
	KİRİŞ	29,62	240,08	2972,80	29,69	241,12	3208,50
	DÖŞEME	55,05	437,25	3580,90	55,99	443,78	2935,10
TOPLAM		531,55	4419,20	53567,60	536,60	4526,30	56502,,50

Çizelge 4.35 STA4-CAD ve Probina Orion metraj sonuçları incelendiğinde beton, kalıp ve donatı miktarlarında Probina Orion’ın bir miktar fazla değer verdiği görülmektedir.

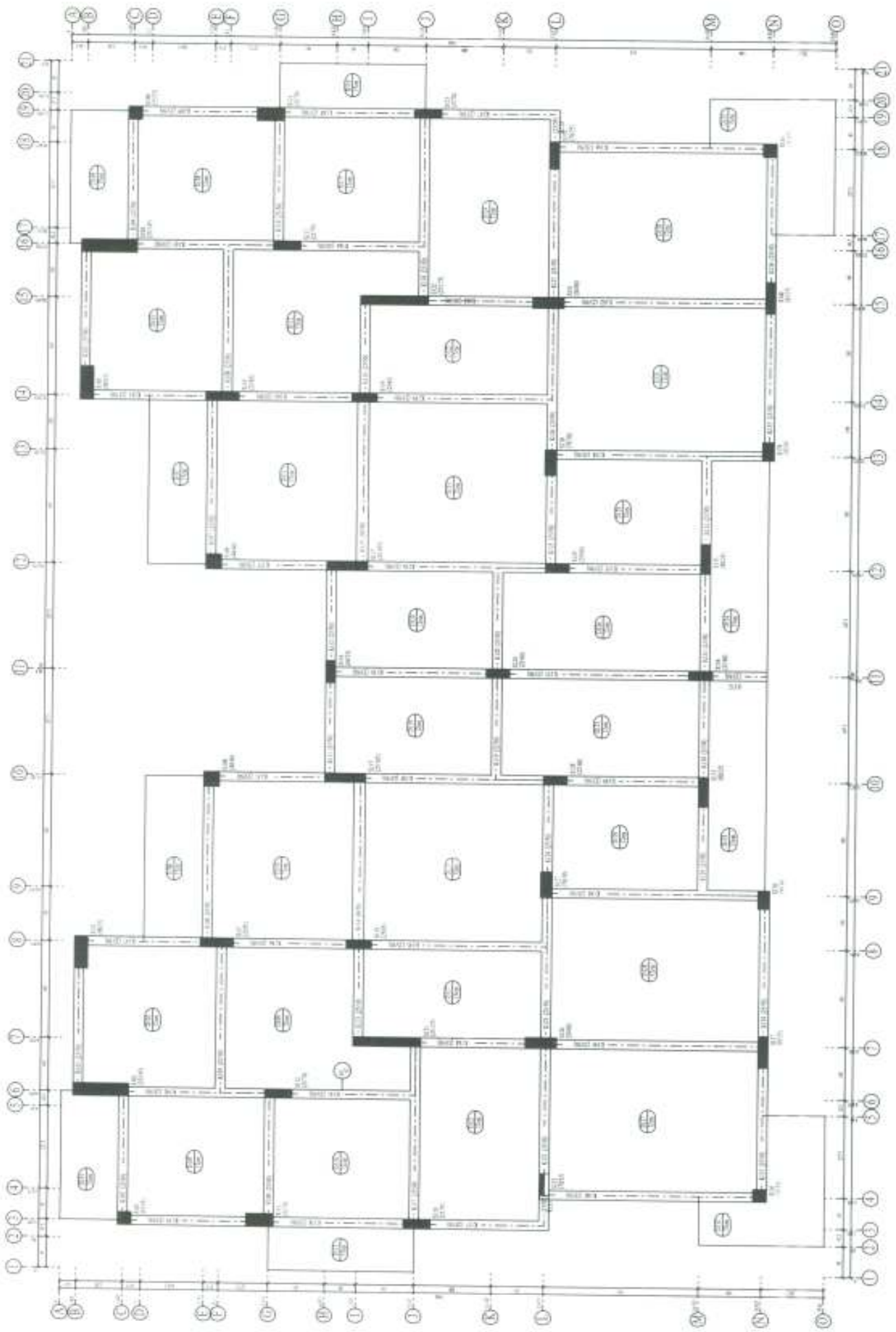
Örnek 2'nin betonarme sonuçları incelendiğinde STA4-CAD ve Probina Orion programında kesit yetersiz eleman bulunmamaktadır. Yine kuşatılmış kolon kontrolüne bakıldığında STA4-CAD programında yetersiz herhangi bir eleman bulunmazken Probina Orion programında 50 adet kolon-kiriş birleşim bölgesinde kesme güvenliği kontrolü sağlanmamaktadır. Ancak Probina Orion kolon-kiriş birleşim bölgesinde kesme güvenliği kontrolünü yaparken farklı noktalardan aynı kolona bağlanmış kirişleri sürekli kiriş olarak dikkate aldığından $A_{s1}+A_{s2}$ donatı alanı fazla değer almaktadır. Bu nedenle bazı birleşim noktalarında kontrol sağlamamış şeklinde uyarı verilmektedir.

4.3 Örnek 3

Örnek 3’de Örnek 2’de verilen 5 katlı y eksenine göre simetrik çerçevesi sisteme sadece y doğrultusu boyunca 2 adet perde konularak oluşturulan perde-çerçevesi betonarme bir yapı olarak incelendi. Örnek 3’e ait perspektif görünüş şekil 4.5’de, zemin kat kalıp planı ise şekil 4.6’de verildi.



Şekil 4.5 Örnek3’e ait perspektif görünüş



Sekolah 40 Ornek 3' e an Zensus Kai Kalip Plan

4.3.1 Bina Bilgileri

Kat sayısı	: 5 Normal Kat,
Bina türü	: Konut,
Taşıyıcı sistem türü	: Betonarme çerçeve ve perdeli sistem,
Taşıyıcı Sistem Davranış	
Katsayısı (R)	: 7
Deprem bölgesi	: 1. Bölge
Yerel Zemin Sınıfı	: Z3
Analiz tipi	: Dinamik analiz(Mod Birleştirme)
Bina Önem Katsayısı (I)	: 1,00
Yatay Yük Dışmerkezliği	: % 5
Beton ve Çelik Sınıfı	: BS25- BÇIII
Zemin Emniyet Gerilmesi	: 17 t/m ²
Zemin Yatak Katsayısı	: 1500 t/m ³
Kat Yüksekliği	: 2,80 m

Beş katlı olarak alınan yapıda, döşemelerde 0,525 ton/ m² sabit yük, 0,200 ton/ m² hareketli yük, kirişlerde ise dış aks kirişlerinde 0,9 ton/m, iç aks kirişlerinde 0,7 ton/m olarak yükler dikkate alınmıştır.

Kiriş ve kolon boyutlarında herhangi bir kesit değişimi yapılmamış, tüm katlarda kesitler aynı boyutta kullanılmış olup çizelge 4.35 kolon boyutlarını, çizelge 4.36 ise kiriş boyutlarını göstermektedir. Kiriş ve kolon kesitleri STA4-CAD programında kesit yetersiz eleman kalmayacak şekilde tasarlanmış, her iki programda da Mod Birleştirme Yöntemine göre analiz yapılmıştır.

Bina bilgileri, kat kalıp planı, eleman boyutları ve yükleri yukarıda yapılan tanımlama doğrultusunda her iki programa veri olarak girilmiş ve programın betonarme opsiyonlarının default değerleri kullanılarak analizler yapılmıştır. Her iki programda rijitlik bölgeleri değişken kesit olarak alınmıştır.

Çizelge 4.36 Örnek 3'e ait Kolon Boyutları

KAT NO	KOLON NO	BOYUT (XxY)
KAT 1 KAT 2 KAT 3 KAT 4 KAT 5	S101,S104	35 cm X 145 cm
	S102,S103	90 cm X 35 cm
	S105,S106,S136,S141	35 cm X 35 cm
	S107,S110	25 cm X 85 cm
	S108,S109	40 cm X 40 cm
	S111,S114	35 cm X 70 cm
	S112,S113,S120,S123	25 cm X 70 cm
	S115,S117	25 cm X 105 cm
	S116	60 cm X 25 cm
	S118,S119	25 cm X 65 cm
	S121, S122	25 cm X 175 cm
	S124,S128,S129,S134	25 cm X 60 cm
	S127,S130	70 cm X 30 cm
	S133,S135	80 cm X 25 cm
	S125,S132	70 cm X 25 cm
	S126,S131	30 cm X 80 cm
	S137,S140	85 cm X 25 cm
	S138,S139	50 cm X 30 cm

Çizelge 4.37 Örnek 3'e ait Kiriş Boyutları

KAT NO	KIRIŞ NO	BOYUT (XxY)
KAT 1 KAT 2 KAT 3 KAT 4 KAT 5	K101-K113, K116-K169	25 cm X 50 cm
	K114,K115	30 cm X 50 cm

4.3.2 Analiz Sonuçları

4.3.2.1 Kat Kütle Ağırlıkları

Örnek 3 için yapılan analizler sonucu binaya ait kat ağırlıkları, kat ağırlığına etki eden zati yük ve hareketli yük değerleri çizelge 4.38 de verilmiştir. Burada; w_g , ton olarak kat ağırlığına etki eden zati yük, w_q , ton olarak kat ağırlığına etki eden hareketli yük, $w_k=(w_g+ nw_q)$, ton olarak kat ağırlığına etki eden toplam yükü, n , hareketli yük azaltma katsayısını ifade etmektedir.

Çizelge 4.38 Örnek 3'ün Kat Ağırlıkları

Kat	H (m)	STA4			PROBİNA		
		W_g (ton)	W_q (ton)	W_k (ton)	W_g (ton)	W_q (ton)	W_k (ton)
5	14,00	552,20	112,87	586,06	525,40	117,60	560,68
4	11,20	552,20	112,87	586,064	525,40	117,60	560,68
3	8,40	552,20	112,87	586,064	525,40	117,60	560,68
2	5,60	552,70	112,90	586,576	525,40	117,60	560,68
1	2,80	552,70	112,90	586,576	525,40	117,60	560,68
			ΣW_k	2931,344		ΣW_k	2803,400

Çizelge 4.38'de görüldüğü üzere kat ağırlıklarında iki program arasında her katta yaklaşık olarak 25 ton fark görülmektedir.

4.3.2.2 Deprem Analiz Sonuçları

Binaya ait modal analiz sonuçları STA-CAD ve Probina Orion paket programlarının yanı sıra SAP2000 programı da kullanılarak sonuçlar çizelge 4.39’da verilmiştir. SAP2000 programının veri girişinde, kat kütle değerleri ve kirişler için etkili tabla genişlikleri STA4-CAD programının analiz sonuçlarına göre alınmış olup kolon-kiriş birleşimi rijit bölge katsayısı olarak da 0,5 alınmıştır. Burada yön, başlangıçta seçilen serbestliğe göre titreşim yönü, T, saniye olarak yapının doğal periyodu, M_{xr} , yüzde olarak x yönünde kütle katılım oranı, M_{yr} , yüzde olarak y yönünde kütle katılım oranı, M_{br} , yüzde olarak burulma oranını ifade etmektedir.

Çizelge 4.39 Örnek 3’e ait Yapının Doğal Periyot ve Etkin Kütle Katılım Oranları

	STA4					PROBİNA					SAP2000	
	Yön	T(sn)	M _{xr} %	M _{yr} %	M _{br} %	Yön	T(sn)	M _{xr} %	M _{yr} %	M _{br} %	Yön	T
Mod1	x	0,5412	81,213			x	0,5581	76,213	1,066	4,231	x	0,5568
Mod2	y	0,4441		78,760		y	0,5011	4,537	47,831	26,632	y	0,4472
Mod3	b	0,4245			77,849	b	0,4375	1,095	29,823	47,934	b	0,4259
Mod4	x	0,1702	10,799			x	0,1716	10,999	0,040	0,344	x	0,1762
Mod5	y	0,1306		12,570		y	0,1459	0,221	7,427	5,205	y	0,1332
Mod6	b	0,1258			12,266	b	0,1272	0,073	5,462	7,352	b	0,1278
	TOPLAM		92,012	91,330	90,115	TOPLAM		93,138	91,649	91,698		

Çizelge 4.39’da periyotların birbirine yakın değerler aldığı görülmektedir. Ancak TDY98 6.8.3’ e göre hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı belirlenirken her bir mod için hesaplanan etkin kütle katılım oranlarında farklar olduğu görülmektedir. Her iki programda 6 modda bina toplam kütlelerinin %90 mertebesini aşmaktadır. Yapı süneklik düzeyi yüksek sistem olarak kabul edilmiş TDY98 Tablo 6.5’den Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, yapıda perde

olmasından dolayı $R=7$ olarak alınmıştır. Yerel zemin sınıfı Z3 olarak alındığından, Spektrum, Karakteristik Periyotları TDY98 Tablo 6.4'den $T_A = 0,15$ s ve $T_B = 0,60$ s olarak ele alınmıştır. Binanın birinci doğal periyodu T , Spektrum Karakteristik Periyotlarına göre incelenirse, $T_A < T < T_B$ koşuluna uygun olduğundan TDY98 denklem 6.2b ye göre Spektrum Katsayısı her iki program içinde $S(T) = 2,5$ olarak alınmıştır. Yapının birinci serbest titreşim periyodu Yapı Davranış Katsayısı R ve T_A ' ya göre incelenirse TDY98 denklem 6.3b' ye göre $T > T_A$ olduğundan $R_a(T) = R = 7$ 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 denklem 6.1 kullanılarak bulunmuştur.

Örnek 3'de yapı sistemine ait x yönü deprem yükleri çizelge 4.40'da, y yönü deprem yükleri çizelge 4.41'de verilmiştir.

Çizelge 4.40 Örnek 3'e ait Depremden Katlarda Meydana Gelen x Yönü Deprem Yükleri

Kat	STA4				PROBİNA			
	Modal Analiz (V_B)	Eşdeğer Dep. Yön. (V_i)	Tasarım Deprem Yükü (V_i)d	B	Modal Analiz (V_B)	Eşdeğer Dep. Yön. (V_i)	Tasarım Deprem Yükü (V_i)d	B
5	113.178	139.563	137.387	1,214	107.450	133.629	133.345	1,241
4	90.782	111.651	110.200		84.880	106.903	105.336	
3	70.960	83.738	86.138		65.920	80.177	81.806	
2	48.024	55.874	58.297		44.410	53.451	55.112	
1	22.029	27.937	26.742		20.310	26.726	25.204	
TOPLAM	344.973	418.763	418.764		322.970	400.886	400.803	
β	1				1			

Çizelge 4.41 Örnek 3'e ait Depremden Katlarda Meydana Gelen y Yönlü Deprem Yükleri

Kat	STA4				PROBİNA			
	Modal Analiz (V _B)	Eşdeğer Dep. Yön. (V _i)	Tasarım Deprem Yükü (V _i) _d	B	Modal Analiz (V _B)	Eşdeğer Dep. Yön. (V _i)	Tasarım Deprem Yükü (V _i) _d	B
5	118.344	139.563	147.039	1,242	93.940	133.629	141.285	1,504
4	88.615	111.651	110.100		70.130	106.903	105.475	
3	67.225	83.738	83.524		52.930	80.177	79.606	
2	43.590	55.874	54.159		34.260	53.451	51.527	
1	19.269	27.937	23.941		15.200	26.726	22.860	
TOPLAM	337.043	418.763	418.763		266.460	400.886	400.753	
β	1				1			

Bina perdeli sistem olduğundan perdelerin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen eğilme momentleri ve binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam devrilme momentlerine göre α_m TDY98'e göre incelenmiş ve çizelge 4.42'de verilmiştir.

Çizelge 4.42 Örnek 3'e ait α_m 'in Hesabı

PERDE	STA4		PROBİNA	
	X	Y	X	Y
P21	97,15	239,58	-10,21	113,36
P22	97,01	289,84	-10,21	153,09
DEVİRİLME MOMENTİ	4282,56	4363,60	3278,52	2778,59
α_m	0,05	0,12	0,06	0,10

Çizelge 4.42 incelendiğinde Probina Orion ve STA4-CAD programlarında perde taban momentlerinin ve toplam devrilme moment değerlerinin farklı olduğu ancak α_m değerlerinin birbirine yakın değerler aldığı görülmektedir. TDY98 6.5.2.1.'de belirtilen şartlar ($\alpha_m \leq 0,75$), sağlandığından ilk başta seçilen $R=7$ değeri kullanılabilir.

Ayrıca STA4-CAD perde tabanındaki eğilme momentlerinin hesabında, perdeler düzlemi içinde saptanan kirişlerin uçlarında depremden meydana gelen kesme kuvvetlerinin katkısını da göz önüne alırken Probina Orion sadece perde momenti ve devrilme momentini kullanıyor. Yeniden hesap yapmak gerekmediğinden statik hesap sonucunda bulunan deplasmanlar kullanılarak düşeyde ve planda düzensizliklerin kontrolü yapılmış ve çizelge 4.43-46'da verilmiştir.

Çizelge 4.43 STA4-CAD Programına göre x Yönü (+%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri

KAT	$(\Delta_x)_{max}$	$(\Delta_x)_{min}$	$(\Delta_x)_{ort}$	η_{bi}	η_{ki}	$\Delta x/h$	θ_i
5	0,0019239	0,0018560	0,0018900	1,02	0,00	0,00069	0,00288
4	0,0030894	0,0029541	0,0030218	1,02	1,60	0,00110	0,00511
3	0,0040343	0,0038463	0,0039403	1,02	1,30	0,00144	0,00741
2	0,0043848	0,0041692	0,0042770	1,03	1,09	0,00157	0,00914
1	0,0029754	0,0028091	0,0028922	1,03	0,68	0,00106	0,00723

Çizelge 4.44 Probina Orion Programına göre x Yönü (+%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri

KAT	$(\Delta_x)_{max}$	$(\Delta_x)_{min}$	$(\Delta_x)_{ort}$	η_{bi}	η_{ki}	$\Delta x/h$	θ_i
5	0,0020960	0,0013040	0,0017000	1,23	0,00	0,00075	0,00320
4	0,0031180	0,0020640	0,0025910	1,20	1,52	0,00111	0,00550
3	0,0039390	0,0027020	0,0033210	1,19	1,28	0,00141	0,00780
2	0,0041640	0,0029720	0,0035680	1,17	1,07	0,00149	0,00950
1	0,0026850	0,0020250	0,0023550	1,14	0,66	0,00096	0,00740

Çizelge 4.45 STA4-CAD Programına göre y Yönü (+%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri

KAT	$(\Delta_y)_{max}$	$(\Delta_y)_{min}$	$(\Delta_y)_{ort}$	η_{bi}	η_{ki}	$\Delta y/h$	θ_i
5	0,0021592	0,0014016	0,0017804	1,21	0,00	0,00077	0,00253
4	0,0029592	0,0019229	0,0024410	1,21	1,37	0,00106	0,00397
3	0,0035455	0,0023034	0,0029245	1,21	1,20	0,00127	0,00539
2	0,0034534	0,0022455	0,0028494	1,21	0,97	0,00123	0,00604
1	0,0019501	0,0012707	0,0016104	1,21	0,57	0,00070	0,00403

Çizelge 4.46 Probina Orion Programına göre y Yönü (+%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri

KAT	$(\Delta_y)_{max}$	$(\Delta_y)_{min}$	$(\Delta_y)_{ort}$	η_{bi}	η_{ki}	$\Delta y/h$	θ_i
5	0,002602	0,00196	0,001399	1,860	0,00	0,000929	0,0030
4	0,003527	0,000268	0,001897	1,859	1,36	0,001260	0,0046
3	0,004191	0,000317	0,002254	1,860	1,19	0,001497	0,0062
2	0,004081	0,000303	0,002192	1,862	0,97	0,001457	0,0070
1	0,002303	0,000162	0,001233	1,868	0,56	0,000823	0,0046

Çizelge 4.43-46'da +%5 eksantrisite durumları x ve y yönü için dikkate alınmış ve max, min ve ortalama yerdeğiştirmeler çizelgelerde verilmiştir. Her bir deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir i'ninci katındaki kolon ve perdelerde, hesaplanan görelî kat ötelemelerinin TDY98 denklem 6.20'ye sınırlandırılmış, ikinci mertebe etkileri TDY98 denklem 6.21'e göre sınır değerleri her iki programda da sağladığı gözlemlenmiştir. Ancak A1 ve B2 düzensizlikleri incelenirken Probina Orion'da min yer değiştirmelerin STA4-CAD'e göre küçük değerler çıkmasından dolayı A1-Burulma Düzensizliği sınır değerleri Probina Orion'da yüksek değerler almaktadır.

Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği olan B2 türü düzensizlik değerleri her iki programda da birbirine yakın değerler çıkmakta her iki programda x yönünde 4.

katta limit değerler aşılmaktadır. TDY98 6.8.5.'e göre $\beta=1$ alınarak Mod Birleştirme Yöntemine göre analiz yapılmıştır.

4.3.2.3 Betonarme Kesit Hesapları

Örnek 3'e ait olan yapıda birinci katta bulunan, STA4-CAD ve Probina Orion programında D125 ve D128 olarak ifade edilen döşemelerin hesapta dikkate alınan iç kuvvetleri ve betonarme kesit hesap sonucu bulunan donatılar çizelge 4.47'de verilmiştir.

Çizelge 4.47 Seçilen Döşemelerin Statik ve Betonarme Sonuçları

	KAT	ELEMAN	YÖN	Mesnet sol	Maçıklık	Mesnet sağ	seçilen donatı
STA4	1	D125	X	0,58	0,50	0,75	$\Phi 8/36$ düz+ $\Phi 8/36$ pil+ $\Phi 8/33$ sağ ila.
	1		Y	0,34	0,00	1,79	$\Phi 8/36$ düz+ $\Phi 8/36$ pil+ $\Phi 10/20$ sağ ila.
	1	D128	X	1,27	0,99	1,08	$\Phi 8/35$ düz+ $\Phi 8/35$ pil+ $\Phi 8/33$ sağ ila.
	1		Y	0,39	0,40	0,00	$\Phi 8/36$ düz+ $\Phi 8/36$ pil
PROBINA	1	D125	X	0,66	0,49	0,66	$\Phi 8/36$ düz+ $\Phi 8/36$ pil.
	1		Y	0,29	0,22	0,29	$\Phi 8/36$ düz+ $\Phi 8/36$ pil
	1	D128	X	1,06	0,80	1,06	$\Phi 8/36$ düz+ $\Phi 8/36$ pil.+ $\Phi 8/40$ sol üst ila.
	1		Y	0,74	0,56	0,00	$\Phi 8/36$ düz+ $\Phi 8/36$ pil+ $\Phi 8/40$ sol ila.

Çizelgenin incelenmesinden görüleceği üzere döşeme hesabına esas olan iç kuvvet büyüklüğü momentlerde farklılıklar bulunmaktadır. Bölüm 4.2.2.3'de incelenen döşeme sistemi ile aynı sonuçlar alınmaktadır. Bunun nedeni ise yapının plandaki boyutları ve döşemenin üzerindeki yükler ve çevresindeki kirişlerde farklılık olmamasıdır.

Çizelge 4.48 1. kat STA4-CAD ve Probina Orion programlarında K143 nolu kirişe ait kesit özellikleri, iç kuvvetlerin bileşenleri ve hesap değerleri ile betonarme kesit hesabı sonucu gerekli olan donatı alanı A_s ve seçilen donatılar verilmiştir.

Çizelge 4.48 Seçilen Kirişin Statik ve Betonarme Sonuçları

ELEMEN		M_G (tm)	M_Q (tm)	M_{deprem} (tm)	M_d (tm)	A_s (cm ²)	Seçilen Donatı	
STA4	K143 25/50 TablaB/Ht 87/12 L= 555 L _{net} =515	Msol	-8,033	-2,211	±11,285	- 21,529 +1,041	11,68 5,84	3Φ12mon+3Φ18 sol üst ila.+2Φ14sağ üst ila.+2Φ12düz+2Φ12pil+3Φ16sol alt ila.+1Φ18sağ alt ila
		Maç	4,01	0,98		7,204	4,35	
		Msağ	-4,223	-1,199	±8,953	- 14,375 +3,531	8,66 4,33	
		Vsol	6,048	1,566	-3,566			Φ8/20/10 etriye
		Vsağ	-5,085	-1,300	-3,566			
PROBINA	K143 25/50 TablaB/Ht 97/12 L= 555 L _{net} =515	Msol	-4,02	-1,13	±8,98	-14,13 +3,83	9,83 5,34	2Φ12mon+3Φ16 sol üst ila.+5Φ18sağ üst ila.+2Φ14düz+1Φ14pil+2Φ12sol alt ila.+5Φ18sağ alt ila
		Maç	3,36	0,97	5,99	6,26	4,62	
		Msağ	-5,58	-1,58	±9,74	-16,88 +2,58	17,50 14,48	
		Vsol	-4,98	-1,31	3,64	-9,93		Φ8/16/9 etriye
		Vsağ	-5,78	-1,56	2,42	-10,96		

Çizelge 4.48 incelendiğinde M_d açıklık ve mesnet değerleri incelendiğinde STA4-CAD programında sol mesnet ve açıklık momentlerinin büyük değerler aldığı, Probina Orion programında ise sağ mesnet değerinin büyük olduğu görülmüştür. Bu durum seçilen donatıları etkilediğinden her iki programda da farklı adet ve çapta donatı seçimi yapılmıştır. Çizelge 4.49'da 1. katta STA4-CAD ve Probina Orion programlarında S126 kolonuna ait iç kuvvetler, hesapta dikkate alınan N_d , M_d değerleri, betonarme kesit hesabı sonucu gerekli donatı alanı ve seçilen donatılar verilmiştir.

Çizelge 4.49 Seçilen Kolonun Statik ve Betonarme Sonuçları

S126 KOLONU (iç kuvvetler)							
ELEMAN	Nz (ton)	Mxüst (tm)	Mxalt (tm)	Myüst (tm)	Myalt (tm)	Tx (ton)	Ty (ton)
G	99,94	-0,45	-0,22	-2,76	-0,19	-0,24	-1,05
Q	22,22	-0,29	-0,14	-1,23	-0,41	-0,15	-0,58
E	33,33	9,86	11,98	7,96	33,45	7,80	14,79
KOMBİNASYONLAR veDONATI SEÇİMİ							
Kombinasyon	Nd (ton)	M ₁ (tm)	M ₂ (tm)	As	Seçilen Donatı		
(1,4G+1,6Q)x	171,206	-5,171	-4,109	18,000	2x5Φ14+2x3Φ14(gövde) As=24,64 cm ²		
(G+Q+E)x	124,102	2,148	11,809	18,000			
(0,9G+E)x	89,948	2,650	-11,932	18,000			
(1,4G+1,6Q)y	171,206	-0,935	-6,677	18,000			
(G+Q+E)y	152,826	-0,063	33,632	18,000			
(0,9G+E)y	56,620	-0,305	-33,615	18,000			
ELEMAN	Nz (ton)	Mxüst (tm)	Mxalt (tm)	Myüst (tm)			
G	-100,43	0,57	0,36	-1,87	-0,12	-0,41	0,87
Q	-24,10	0,37	0,27	-0,79	-0,22	-0,28	0,44
E	56,18	7,74	11,91	1,98	37,47	8,54	16,80
KOMBİNASYONLAR veDONATI SEÇİMİ							
Kombinasyon	Nd (ton)	M ₁ (tm)	M ₂ (tm)	As	Seçilen Donatı		
(1,4G+1,6Q)x	179,160	5,370	14,330	24,000	12Φ16 As=24,12 cm ²		
(G+Q+E)x	176,301	5,290	37,590	24,000			
(0,9G+E)x	-	-	-	-			
(1,4G+1,6Q)y	179,160	5,370	14,330	24,000			
(G+Q+E)y	176,301	5,290	37,590	24,000			
(0,9G+E)y	-	-	-	-			

Çizelge 4.49 kolon momentleri incelendiğinde moment değerlerinde farklar olduğu görülmüştür.

STA4-CAD kolon uç iç kuvvetlerini kat düzeylerindeki değerlerini vermekte olup, kiriş alt yüzündeki değerlere taşımamakta Probina Orion ise uç iç kuvvetleri kiriş alt yüzündeki rijit bölge dışında değer vermektedir.

4.3.2.4 TDY98 göre Süneklik Düzeyi Yüksek Elemanlar için Kontrol Parametreleri

TDY98 madde 7.3.5 gereği sadece çerçevelerden veya perde ve çerçevelerin birleşiminden oluşan taşıyıcı sistemlerde, her bir kolon-kiriş düğüm noktasına birleşen kolonların taşıma gücü momentlerinin toplamı, o düğüm noktasına birleşen kirişlerin taşıma gücü momentleri toplamından en az %20 daha büyük olması gerekmektedir. Bu madde gereği STA4-CAD ve Probina Orion'da aynı olarak seçilmiş dört düğüm noktasında kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu incelenmiştir ve çizelge 4.50'de verilmiştir.

Çizelge 4.50 Güçlü Kolon Kontrolü

DÜĞÜM	KOLON		KİRİŞ		Açıklama		
	KOLON	Mrc	KİRİŞ	Mrb			
STA4	S126X	S226(18,02)+S126(19,05)	37,07	K122(19,35)+K123(14,46)	40,57	YETERSİZ	1/ai koşulu
	S126Y	S226(49,21)+S126(56,65)	105,86	K144(22,04)+K143(14,64)	44,02	√	
	S101X	S201(34,25)+S101(37,63)	71,88	K103(20,46)+K101(16,42)	44,26	√	Nd<0,1Acfck koşulu
	S101Y	S201(146,35)+S101(174,25)	320,6	K142(19,79)	23,75	√	Nd<0,1Acfck koşulu
	S128X	S228(11,01)+S126(9,58)	20,59	K124(13,70)	16,44	√	
	S128Y	S228(25,18)+S128(26,51)	51,69	K150(9,33)+K149(17,42)	32,1	√	
	S136X	S236(12,06)+S136(11,32)	23,38	K133(18,55)	22,26	√	
	S136Y	S236(11,67)+S136(12,05)	23,72	K140(13,89)	16,66	√	
PROBINA	S126X	S226(17,20)+S126(17,01)	34,21	K122(19,18)+K123(11,02)	36,24	YETERSİZ	
	S126Y	S226(41,95)+S126(46,17)	88,12	K144(27,29)+K143(21,58)	58,64	√	
	S101X	SP201(29,77)+SP101(53,79)	83,56	K103(20,22)+K101(0,00)	24,26	√	Nd<0,1Acfck koşulu
	S101Y	SP201(129,74)+SP101(233,74)	363,48	K142(20,22)	24,26	√	Nd<0,1Acfck koşulu
	S128X	S228(7,85)+S128(8,19)	16,04	K124(17,41)	20,89	YETERSİZ	Nd<0,1Acfck koşulu
	S128Y	S228(20,64)+S128(21,46)	42,1	K150(16,77)+K149(9,42)	31,43	√	Nd<0,1Acfck koşulu
	S136X	S236(12,13)+S136(10,06)	22,19	K133(20,20)	24,24	YETERSİZ	Nd<0,1Acfck koşulu
	S136Y	S236(12,13)+S136(10,06)	22,19	K140(14,97)	17,96	√	Nd<0,1Acfck koşulu

Çizelge 4.50 incelendiğinde STA4-CAD programında S126 kolonunun x yönünde güçlü kolon kontrolünü sağlamadığı, Probina Orion programında ise S126, S128, ve S136 kolonlarının x yönünde güçlü kolon koşulunu sağlamadığı görülmektedir. Ancak her iki programda da TDY98 denklem 7.3.5.4. (a) maddesi gereği düğüm noktasına birleşen kolonların her ikisinde de $N_d \leq 0,10A_{cfck}$ olması ve denklem

7.4. $\alpha_i \geq 0,70$ koşulları sağlandığından dolayı, kolonların taşıma gücü momentleri toplamının, o düğüm noktasına birleşen kirişlerin taşıma gücü momentleri toplamından en az %20 daha büyük olması koşulunun sağlanması zorunlu değildir. Bu nedenle güçlü kolon kontrolü her iki programda da sağlanmıştır.

Güçlü kolon kontrolü için seçilen düğüm noktaları için kesme güvenliğinin kontrolü çizelge 4.51’de verilmiştir.

Çizelge 4.51 Kolon-Kiriş Birleşim Bölgesi Kesme Güvenliği Kontrolü

KOLON NO	Vkol	Asu1	Asa1	Asu2	Asa2	bj	hc	Vmax	Ve	Açıklama	
STA4	S126X	7,65	11,40	7,40	11,40	8,20	55	30	123,75	94,96	kuşatılmamış
	S126Y	11,20	13,30	9,40	13,30	8,30	25	80	150,00	108,00	kuşatılmamış
	S101X	13,60	12,30	0,00	12,30	0,00	25	35	65,60	50,70	kuşatılmamış
	S101Y	18,00	11,70	0,00	11,70	0,00	25	145	271,90	43,40	kuşatılmamış
	S128X	3,70	7,70	0,00	7,70	0,00	25	25	46,90	36,80	kuşatılmamış
	S128Y	6,40	10,10	5,10	10,10	4,30	25	60	112,50	73,30	kuşatılmamış
	S136X	4,70	10,80	0,00	10,80	0,00	25	35	65,60	52,30	kuşatılmamış
	S136Y	1,70	7,80	0,00	7,80	0,00	25	35	65,60	39,40	kuşatılmamış
PROBINA	S126X	9,07	12,16	6,79	12,16	6,79	55	30	123,75	90,38	kuşatılmamış
	S126Y	17,88	17,66	15,88	17,66	14,99	25	80	150,00	157,76	YETERSİZ
	S101X	16,55	13,57	8,42	18,66	14,99	25	35	65,60	133,37	YETERSİZ
	S101Y	31,89	13,57	8,42	0,00	0,00	25	145	271,90	39,35	kuşatılmamış
	S128X	4,81	11,03	10,30	0,00	0,00	25	25	46,90	53,07	YETERSİZ
	S128Y	7,91	10,56	5,65	10,56	5,65	25	60	112,50	77,18	kuşatılmamış
	S136X	6,38	13,57	10,30	0,00	0,00	25	35	65,60	64,86	kuşatılmamış
	S136Y	4,88	9,42	4,52	0,00	0,00	25	35	65,60	44,59	kuşatılmamış

Çizelge 4.51 incelendiğinde ele alınan birleşim bölgelerinde STA4-CAD programında kolon-kiriş birleşim bölgesi kesme güvenliği kontrolünü sağlamayan herhangi bir bölge bulunmazken, Probina Orion programında S126 y yönü, S101 ve S128 x yönünde yetersiz olduğu görülmektedir.

4.3.2.5 Metraj Sonuçları

Programların analiz sonuçlarına göre oluşturulan metrajlar çizelge 4.52’de verilmiştir.

Çizelge 4.52 Örnek 3’e ait Metraj Sonuçları

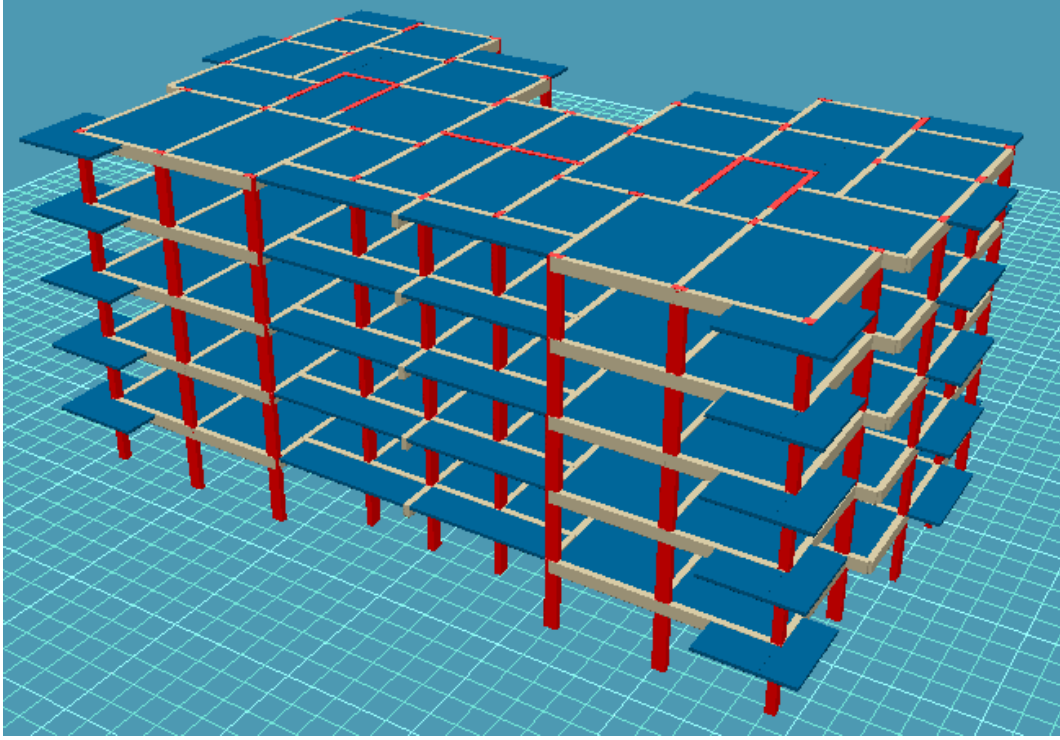
KAT	ELEMEN	STA4			PROBINA		
		BETON	KALIP	DONATI	BETON	KALIP	DONATI
1	KOLON	24,98	227,73	4325,20	24,98	242,20	5709,70
	KİRİŞ	29,34	238,05	4523,40	29,21	237,18	4889,50
	DÖŞEME	55,05	437,25	3582,50	55,99	443,78	2935,10
2	KOLON	24,98	227,73	3869,00	24,98	242,20	4367,60
	KİRİŞ	29,34	238,05	4956,90	29,21	237,18	4700,60
	DÖŞEME	55,02	436,97	3614,00	55,99	443,78	2935,10
3	KOLON	24,78	227,17	3706,40	24,98	242,20	4174,80
	KİRİŞ	29,35	238,15	4396,60	29,21	237,18	4449,50
	DÖŞEME	55,02	436,97	3625,20	55,99	443,78	2935,10
4	KOLON	24,78	227,17	3637,60	24,98	242,20	4293,80
	KİRİŞ	29,35	238,15	3716,10	29,21	237,18	3991,60
	DÖŞEME	55,02	436,97	3625,20	55,99	443,78	2935,10
5	KOLON	24,78	227,17	3380,40	24,98	242,20	3527,70
	KİRİŞ	29,34	238,02	3061,50	29,21	237,18	3262,50
	DÖŞEME	55,02	436,97	3625,20	55,99	443,78	2935,10
TOPLAM		546,15	4512,52	57645,20	550,89	4615,80	58042,80

Çizelge 4.52 STA4-CAD ve Probina Orion metraj sonuçları incelendiğinde beton, kalıp ve donatı miktarlarında Probina Orion'nın bir miktar fazla değer verdiği görülmektedir.

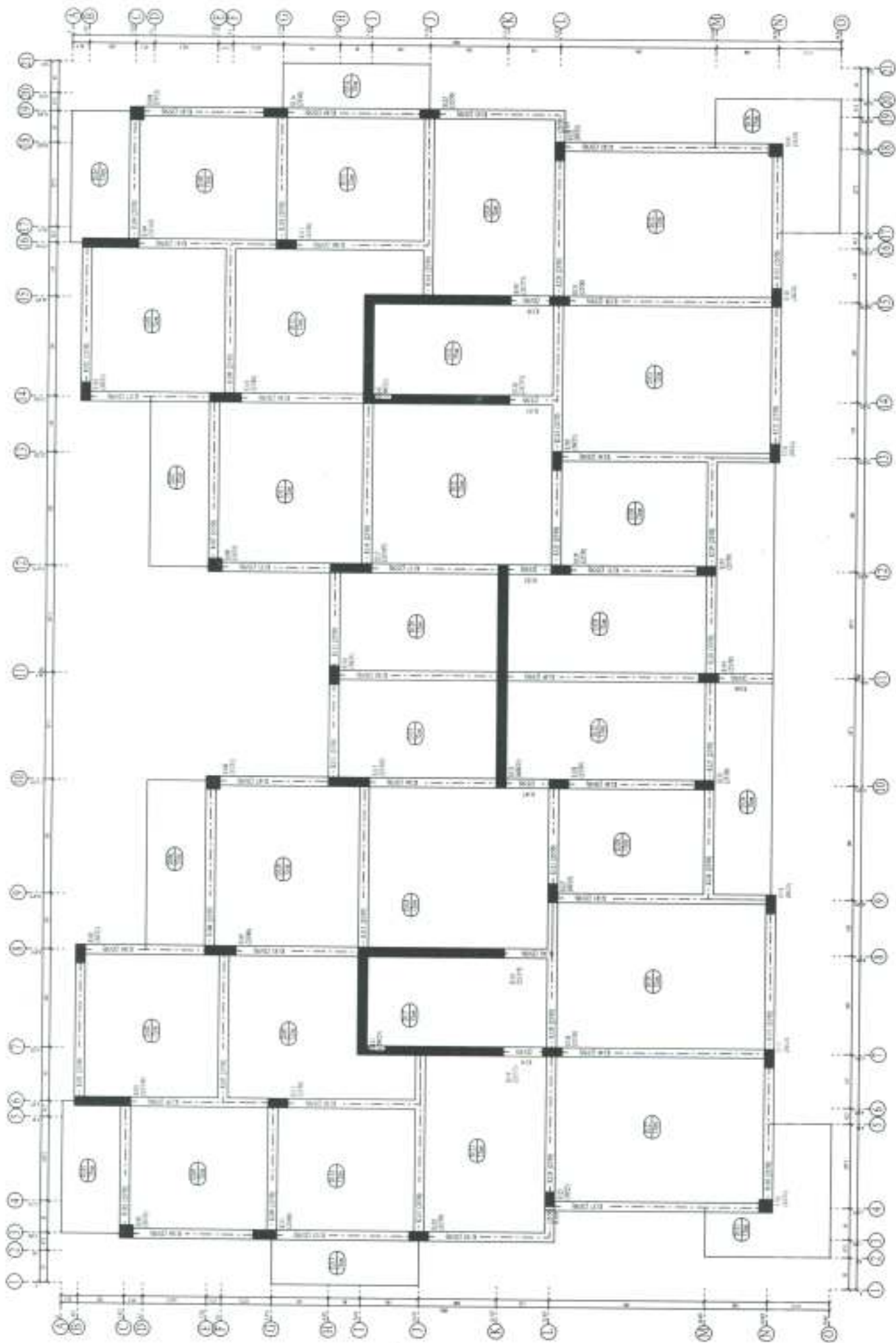
Örnek 3'ün betonarme sonuçları incelendiğinde STA4-CAD programında kesit yetersiz eleman bulunmazken Probina Orion programında iki ve üçüncü katta toplam altı adet kirişte kesit yetersiz gelmektedir. Yine kuşatılmış kolon kontrolüne bakıldığında STA4-CAD programında yetersiz herhangi bir eleman bulunmazken Probina Orion programında 41 adet kolon-kiriş birleşim bölgesinde kesme güvenliği kontrolü sağlanmamaktadır. Ancak Probina Orion kolon-kiriş birleşim bölgesinde kesme güvenliği kontrolünü yaparken, süreklilik göstermeyen kirişlerin aynı kolona bağlanması, sürekli kiriş olarak dikkate alındığından $A_{s1}+A_{s2}$ donatı alanı fazla değer almaktadır. Bu nedenle bazı birleşim noktalarında kontrol sağlamamış şeklinde uyarı verilmektedir.

4.4 Örnek 4

Örnek 4 olarak perde+çerçevelerden oluşan, y eksenine göre simetrik iki adet U şeklinde perde ve çekirdekte bu perdeleri dengeleyici x yönünde perde yerleştirilerek oluşturulan 5 katlı betonarme bir yapı incelenmiştir. Örnek 4'ye ait perspektif görünüş şekil 4.7'de, zemin kat kalıp planı ise şekil 4.8'de verildi.



Şekil 4.7 Örnek 4'e ait perspektif görünüş



Sekil 4.8 Örnek 4'e ait Zemin Kat Kalıp Planı

4.4.1 Bina Bilgileri

Kat sayısı	: 5 Normal Kat,
Bina türü	: Konut,
Taşıyıcı sistem türü	: Betonarme çerçeve ve perdeli sistem,
Taşıyıcı Sistem Davranış	
Katsayısı (R)	: 7
Deprem bölgesi	: 1. Bölge
Yerel Zemin Sınıfı	: Z3
Analiz tipi	: Dinamik analiz(Mod Birleştirme)
Bina Önem Katsayısı (I)	: 1,00
Yatay Yük Dışmerkezliği	: % 5
Beton ve Çelik Sınıfı	: BS25- BÇIII
Zemin Emniyet Gerilmesi	: 17 t/m ²
Zemin Yatak Katsayısı	: 1500 t/m ³
Kat Yüksekliği	: 2,80 m

Beş katlı olarak alınan yapıda, döşemelerde 0,525 ton/ m² sabit yük, 0,200 ton/ m² hareketli yük, kirişlerde ise dış aks kirişlerinde 0,9 ton/m, iç aks kirişlerinde 0,7 ton/m olarak yükler dikkate alınmıştır.

Kiriş ve kolon boyutlarında herhangi bir kesit değişimi yapılmamış, tüm katlarda kesitler aynı boyutta kullanılmış olup çizelge 4.53 kolon boyutları verilmiştir. Kiriş boyutları 25X50 cmxcm kullanılmıştır. Kiriş ve kolon kesitleri STA4-CAD programında kesit yetersiz eleman kalmayacak şekilde tasarlanmış, her iki programda da Mod Birleştirme Yöntemine göre analiz yapılmıştır.

Bina bilgileri, kat kalıp planı, eleman boyutları ve yükleri yukarıda yapılan tanımlama doğrultusunda her iki programa veri olarak girilmiş ve programın betonarme opsiyonlarının default değerleri kullanılarak analizler yapılmıştır. Her iki programda rijitlik bölgeleri değişken kesit olarak alınmıştır.

Çizelge 4.53 Örnek 4'e ait Kolon Boyutları

KAT NO	KOLON NO	BOYUT (XxY)
KAT 1 KAT 2 KAT 3 KAT 4 KAT 5	S101,S104	25 cm X 145 cm
	S102,S103,S116,S125,S127,S130,S132,S137,S138,S139,S140	50 cm X 25 cm
	S105,S106,S108,S109,S136,S141	35 cm X 35 cm
	S107,S110	25 cm X 80 cm
	S111,S114	25 cm X 60 cm
	S112,S113,S118,S123,S126,S128,S129,S131,S133,S134,S135	25 cm X 50 cm
	S115,S117	25 cm X 105 cm
	S119,S120,S124,S143	25 cm X 375 cm
	S121,S142	290 cm X 25 cm
	S122	600 cm X 25 cm

4.4.2 Analiz Sonuçları

4.4.2.1 Kat Kütle Ağırlıkları

Örnek 4 için yapılan analizler sonucu binaya ait kat ağırlıkları, kat ağırlığına etki eden zati yük ve hareketli yük değerleri çizelge 4.54'de verilmiştir. Burada; w_g , ton olarak kat ağırlığına etki eden zati yük, w_q , ton olarak kat ağırlığına etki eden hareketli yük, $w_k=(w_g+ nw_q)$, ton olarak kat ağırlığına etki eden toplam yükü, n , hareketli yük azaltma katsayısını ifade etmektedir.

Çizelge 4.54 Örnek 4'ün Kat Ağırlıkları

		STA4			PROBİNA		
Kat	H(m)	Wg (ton)	Wq (ton)	Wk (ton)	Wg (ton)	Wq (ton)	Wk (ton)
5	14,00	551,06	113,22	585,025	525,90	115,90	560,67
4	11,20	551,06	113,22	585,025	525,90	115,90	560,67
3	8,40	551,06	113,22	585,025	525,90	115,90	560,67
2	5,60	551,06	113,22	585,025	525,90	115,90	560,67
1	2,80	551,06	113,22	585,025	525,90	115,90	560,67
				ΣWk=	2925,125		
						ΣWk=	2803,350

Çizelge 4.54.'de görüldüğü üzere kat ağırlıklarında iki program arasında her katta yaklaşık olarak 25 ton fark görülmektedir.

4.4.2.2 Deprem Analiz Sonuçları

Binaya ait modal analiz sonuçları STA4-CAD ve Probina Orion paket programlarının yanı sıra SAP2000 programı da kullanılarak sonuçlar çizelge 4.55'de verilmiştir. SAP2000 programının veri girişinde, kat kütle değerleri ve kirişler için etkili tabla genişlikleri STA4-CAD programının analiz sonuçlarına göre alınmış olup kolon-kiriş birleşimi rijit bölge katsayısı olarak da 0,5 alınmıştır. Burada yön, başlangıçta seçilen serbestliğe göre titreşim yönü, T, saniye olarak yapının doğal periyodu, M_{xr} , yüzde olarak x yönünde kütle katılım oranı, M_{yr} , yüzde olarak y yönünde kütle katılım oranı, M_{br} , yüzde olarak burulma oranını ifade etmektedir.

Çizelge 4.55 Örnek 4'ye ait Yapının Doğal Periyot ve Etkin Kütle Katılım Oranları

	STA4					PROBİNA					SAP2000	
	Yön	T (sn)	M _{xr} (%)	M _{yr} (%)	M _{br} (%)	Yön	T (sn)	M _{xr} (%)	M _{yr} (%)	M _{br} (%)	Yön	T (sn)
Mod1	b	0,3848			45,326	b	0,4045	32,267	6,092	35,448	b	0,3631
Mod2	x	0,3736	45,063			x	0,3669	39,758	11,981	21,827	x	0,3541
Mod3	y	0,3488		72,290		y	0,3198	1,092	55,686	17,068	y	0,3342
Mod4	b	0,0943			13,777	b	0,102	4,526	1,890	11,653	b	0,0945
Mod5	x	0,0902	14,710			x	0,0905	14,612	1,846	2,813	x	0,0919
Mod6	y	0,0819		18,861		y	0,0799	0,351	14,584	3,365	y	0,0832
	TOPLAM		59,773	91,151	59,103	TOPLAM		92,606	92,079	92,174		

Çizelge 4.55’de periyotların birbirine yakın değerler aldığı görülmektedir. Ancak TDY98 6.8.3’ e göre hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı belirlenirken her bir mod için hesaplanan etkin kütle katılım oranlarında farklar olduğu görülmektedir. STA4-CAD programı 6 modda bina toplam kütlelerinin %90 mertebesini aşmamaktadır. Yapı süneklik düzeyi yüksek sistem olarak kabul edilmiş TDY98 Tablo 6.5’den Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, yapıda perde olmasından dolayı R= 7 olarak alınmıştır.

Örnek 4’de yapı sistemine ait x yönü deprem yükleri çizelge 4.56’de, y yönü deprem yükleri çizelge 4.57’de verilmiştir.

Çizelge 4.56 Örnek 4'ye ait Depremden Katlarda Meydana Gelen x Yönü Deprem Yükleri

Kat	STA4				PROBİNA			
	Modal Analiz (V _{iB})	Eşdeğer Dep. Yön. (V _i)	Tasarım Deprem Yükü (V _i)d	B	Modal Analiz (V _{iB})	Eşdeğer Dep. Yön. (V _i)	Tasarım Deprem Yükü (V _i)d	B
5	122,991	139,292	164,067	1,334	107,820	133,650	157,952	1,465
4	79,308	111,433	105,795		67,870	106,920	99,427	
3	55,287	83,575	73,752		47,520	80,187	69,615	
2	36,826	55,717	49,125		32,720	53,458	47,934	
1	18,843	27,858	25,136		17,760	26,730	26,018	
TOPLAM	313,255	417,875	417,875		273,690	400,945	400,945	
β	1				1			

Çizelge 4.57 Örnek 4'ya ait Depremden Katlarda Meydana Gelen y Yönü Deprem Yükleri

Kat	STA4				PROBİNA			
	Modal Analiz (V _{iB})	Eşdeğer Dep. Yön. (V _i)	Tasarım Deprem Yükü (V _i)d	B	Modal Analiz (V _{iB})	Eşdeğer Dep. Yön. (V _i)	Tasarım Deprem Yükü (V _i)d	B
5	126,412	139,292	166,040	1,313	104,040	133,650	156,668	1,506
4	79,550	111,433	104,488		66,390	106,920	99,973	
3	56,160	83,575	73,765		47,230	80,187	71,121	
2	37,033	55,717	48,642		31,780	53,458	47,856	
1	18,987	27,858	24,939		16,820	26,730	25,328	
TOPLAM	318,142	417,875	417,875		266,260	400,945	400,945	
β	1				1			

Çizelge 4.56 ve çizelge 4.57’de yapının x ve y yönü modal analiz, eşdeğer deprem yöntemi yükleri hesaplanmıştır. Göz önüne alınan deprem doğrultusunda TDY98 6.8.4’ e göre birleştirilerek elde edilen bina toplam deprem yükü V_{tB} ’nin, Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi’nde TDY98 denklem 6.4’ten hesaplanan bina toplam deprem yükü V_t ’ye oranının β değerinden küçük olduğundan ($V_{tB} < \beta V_t$), Mod Birleştirme Yöntemi’ne göre bulunan tüm iç kuvvet ve yerdeğiştirme büyüklükleri TDY98 denklem 6.18’ e göre B_D katsayısıyla büyütülerek hesapta kullanılacak deprem yükleri belirlenmiştir. $H_N < 25$ m olduğundan $\Delta F_N = 0$ alınmıştır. Modal Analiz, Eşdeğer Deprem Yükleri ve TDY98 denklem 6.18’ e göre artırılmış Deprem Yükleri incelendiğinde her iki programda farklar olduğu görülmüştür. Analiz sonuçları incelendiğinde STA4-CAD hesaplarda deprem yükünü kullanırken Probina Orion modal analiz sonuçlarını kullanmaktadır.

Bina perdeli sistem olduğundan perdelerin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen eğilme momentleri ve binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam devrilme momentlerine göre α_m TDY98’e göre incelenmiş ve çizelge 4.58’de verilmiştir.

Çizelge 4.58 Örnek 4’e ait α_m ’in Hesabı

PERDE	STA4		PROBINA	
	X	Y	X	Y
S119	36,12	494,91	-2,15	321,61
S120	30,90	761,90	-1,70	382,29
S121	426,03	30,03	225,59	0,00
S122	2130,59	168,43	1377,95	-4,18
S124	4,77	524,13	-1,70	309,81
S142	330,41	3,18	225,59	0,00
S143	36,12	703,21	-2,15	413,82
DEVİRİLME MOMENTİ	4446,84	4456,69	2896,24	2788,44
α_m	0,67	0,60	0,63	0,51

Çizelge 4.58 incelendiğinde Probina Orion ve STA4-CAD programlarında perde taban momentlerinin ve toplam devrilme moment değerleri ve α_m değerlerinde farklar olduğu görülmektedir. TDY98 6.5.2.1.'de belirtilen şartlar ($\alpha_m \leq 0,75$), sağlandığından ilk başta seçilen $R=7$ değeri kullanılabilir. Ayrıca her iki yönde $\alpha_m \geq 0,40$ olduğundan dolayı süneklik düzeyi bakımından karma sistemler olarak da analiz yapılabilir. Yeniden hesap yapmak gerekmediğinden statik hesap sonucunda bulunan deplasmanlar kullanılarak düşeyde ve planda düzensizliklerin kontrolü yapılmıştır.

Örnek 4 yapı sistemi için her iki programın analiz sonucuna göre x ve y yönlerinde -%5 dışmerkezlik altında katlara gelen tasarım deprem yükü etkisinde katlara ait max, min ve ortalama görelî kat ötelemeleri, η_{bi} burulma düzensizlik katsayısı, η_{ki} rijitlik düzensizlik katsayısı, $\Delta x/h$ göre kat ötelemeleri ve θ_i ikinci mertebe gösterge değeri çizelge 4.59-62'de verilmiştir.

Çizelge 4.59 STA4-CAD Programına göre x Yönü (-%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri

KAT	$(\Delta_x)_{max}$	$(\Delta_x)_{min}$	$(\Delta_x)_{ort}$	η_{bi}	η_{ki}	$\Delta x/h$	θ_i
5	0,0025024	0,0020164	0,0022594	1,11	0,00	0,00089	0,00288
4	0,0025909	0,0020774	0,0023342	1,11	1,03	0,00093	0,00361
3	0,0024512	0,0019524	0,0022018	1,11	0,94	0,00088	0,00402
2	0,0019710	0,0015697	0,0017704	1,11	0,80	0,00070	0,00377
1	0,0010031	0,0008190	0,0009111	1,10	0,51	0,00036	0,00228

Çizelge 4.60 Probina Orion Programına göre x Yönü (-%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri

KAT	$(\Delta_x)_{max}$	$(\Delta_x)_{min}$	$(\Delta_x)_{ort}$	η_{bi}	η_{ki}	$\Delta x/h$	θ_i
5	0,0019650	0,0009220	0,0014440	1,36	0,00	0,00070	0,00270
4	0,0020670	0,0009300	0,0014990	1,38	1,04	0,00074	0,00340
3	0,0019790	0,0008560	0,0014180	1,40	0,95	0,00071	0,00380
2	0,0016200	0,0006740	0,0011470	1,41	0,81	0,00058	0,00360
1	0,0008560	0,0003560	0,0006060	1,41	0,53	0,00031	0,00220

Çizelge 4.61 STA4-CAD Programına göre y Yönü (-%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri

KAT	$(\Delta_y)_{max}$	$(\Delta_y)_{min}$	$(\Delta_y)_{ort}$	η_{bi}	η_{ki}	$\Delta y/h$	θ_i
5	0,0024360	0,0014076	0,0019218	1,27	0,00	0,00087	0,00242
4	0,0025304	0,0014550	0,0019927	1,27	1,04	0,00090	0,00308
3	0,0024028	0,0013734	0,0018881	1,27	0,95	0,00086	0,00344
2	0,0019160	0,0010873	0,0015017	1,28	0,80	0,00068	0,00319
1	0,0009345	0,0005249	0,0007297	1,28	0,49	0,00033	0,00182

Çizelge 4.62 Probina Orion Programına göre y Yönü (-%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri

KAT	$(\Delta_y)_{max}$	$(\Delta_y)_{min}$	$(\Delta_y)_{ort}$	η_{bi}	η_{ki}	$\Delta y/h$	θ_i
5	0,0018810	0,0001320	0,0010070	1,868	0,00	0,00067	0,00200
4	0,0020300	0,0001300	0,0010080	1,883	1,07	0,00073	0,00260
3	0,0019890	0,0001130	0,0010510	1,895	0,98	0,00071	0,00290
2	0,0016620	0,0000790	0,0008700	1,909	0,83	0,00060	0,00280
1	0,0008760	0,0000330	0,0004550	1,927	0,52	0,00031	0,00170

Katların x ve y yönlerinde dışmerkezliğe bağlı olarak analiz sonrası bulunan $(\Delta_i)_{max}$ değerleri STA4-CAD ve Probina Orion programlarında yaklaşık olarak benzer sonuçlar verirken $(\Delta_i)_{min}$ değerinin belirlenmesinde Probina Orion, STA4-

CAD göre oldukça küçük değerler vermektedir. $(\Delta i)_{\min}$ değerinin küçülmesi $(\Delta i)_{\text{ort}}$ azaltmakta dolayısıyla η_{bi} katsayısının artmasına dolayısıyla STA4-CAD çıkmayan A1 türü düzensizliğin Probina Orion'da çıkmasına neden olmaktadır. Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği olan B2 türü düzensizlik değerleri her iki programda da birbirine yakın değerler çıkmaktadır. TDY98 6.8.5.'e göre $\beta=1$ alınarak Mod Birleştirme Yöntemine göre analiz yapılmıştır.

4.4.2.3 Betonarme Kesit Hesapları

Örnek 4'ye ait olan yapıda birinci katta bulunan, STA4-CAD ve Probina Orion programında D125 ve D128 olarak ifade edilen döşemelerin hesapta dikkate alınan iç kuvvetleri ve betonarme kesit hesap sonucu bulunan donatılar çizelge 4.63'da verilmiştir.

Çizelge 4.63 Seçilen Döşemelerin Statik ve Betonarme Sonuçları

	KAT	ELEMAN	YÖN	Mesnet sol	Maçıklık	Mesnet sağ	seçilen donatı
STA4	1	D125	X	0,58	0,50	0,75	$\Phi 8/36$ düz+ $\Phi 8/36$ pil
	1		Y	0,34	0,00	1,79	$\Phi 8/36$ düz+ $\Phi 8/36$ pil+ $\Phi 10/20$ sağ ila.
	1	D128	X	1,27	0,99	1,08	$\Phi 8/35$ düz+ $\Phi 8/35$ pil+ $\Phi 8/33$ sağ ila.
	1		Y	0,39	0,40	0,00	$\Phi 8/36$ düz+ $\Phi 8/36$ pil
PROBINA	1	D125	X	0,66	0,49	0,66	$\Phi 8/36$ düz+ $\Phi 8/36$ pil.
	1		Y	0,29	0,22	0,29	$\Phi 8/36$ düz+ $\Phi 8/36$ pil
	1	D128	X	1,06	0,80	1,06	$\Phi 8/36$ düz+ $\Phi 8/36$ pil.+ $\Phi 8/40$ sol üst ila.
	1		Y	0,74	0,56	0,00	$\Phi 8/36$ düz+ $\Phi 8/36$ pil+ $\Phi 8/40$ sol ila.

Çizelge 4.63 de seçilen donatılar incelendiğinde açıklık donatılarının aynı olduğu ancak mesnet ilave donatılarında farklar olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.64 1. kat STA4-CAD ve Probina Orion programlarında K143 nolu kirişe ait kesit özellikleri, iç kuvvetlerin bileşenleri ve hesap değerleri ile betonarme kesit hesabı sonucu gerekli olan donatı alanı A_s ve seçilen donatılar verilmiştir.

Çizelge 4.64 Seçilen Kirişin Statik ve Betonarme Sonuçları

ELEMEN		M_G (tm)	M_Q (tm)	M_{deprem} (tm)	M_{deprem} (tm)	A_s (cm ²)	Seçilen Donatı	
STA4	K140 25/50 TablaB/Ht 87/12 L= 555 L _{ni} =515	Msol	-6,576	-1,779	±3,984	12,339 4,371	6,478 3,239	2Φ12mon+1Φ18 sol üst ila.+1Φ12 sağ üst ila.+2Φ16düz+ 1Φ16pil
		Maç	4,65	1,13	-	8,341	5,047	
		Msağ	-3,499	-1,042	±3,361	-1,18 -7,902	4,344 2,172	
	Vsol	6,079	1,573	-1,329			Φ8/20/10 etriye	
	Vsağ	-5,054	-1,294	-1,329				
PROBINA	K140 25/50 TablaB/Ht 97/12 L= 555 L _{ni} =515	Msol	-3,34	-0,94	±2,83	-7,11 -1,45	4,93 3,08	2Φ12mon+1Φ12 sol üst ila.+3Φ12sağüst ila+1Φ12 sağ alt ila.+2Φ14düz+ 1Φ14pil
		Maç	3,74	1,07	1,97	6,95	4,62	
		Msağ	5,52	1,56	±2,5	+10,21 4,58	7,19 4,21	
	Vsol	-4,86	-1,28	1,03	-8,853		Φ8/23/9 etriye	
	Vsağ	-5,9	-1,59	0,69	10,796			

Çizelge 4.64 de M_d açıklık ve mesnet değerleri incelendiğinde STA4-CAD programında sol mesnet ve açıklık momentlerinin büyük değerler aldığı, Probina Orion programında ise sağ mesnet değerinin büyük olduğu görülmüştür. Bu durum seçilen donatıları etkilediğinden her iki programda da farklı adet ve çapta donatı seçimi yapılmıştır.

Çizelge 4.65'de 1. katta STA4-CAD ve Probina Orion programlarında S126 kolonuna ait iç kuvvetler, hesapta dikkate alınan N_d , M_d değerleri, betonarme kesit hesabı sonucu gerekli donatı alanı ve seçilen donatılar verilmiştir.

Çizelge 4.65 Seçilen Kolonun Statik ve Betonarme Sonuçları

S126 KOLONU (iç kuvvetler)								
STA4	ELEMAN	Nz (ton)	Mxüst (tm)	Mxalt (tm)	Myüst (tm)	Myalt (tm)	Tx (ton)	Ty (ton)
	G	71,17	-0,03	-0,01	-2,43	-1,04	-0,01	-1,24
	Q	15,81	-0,10	0,05	-0,72	-0,32	-0,05	-0,37
	E	10,31	1,41	1,51	2,12	4,00	1,04	2,20
	KOMBİNASYONLAR veDONATI SEÇİMİ							
	Kombinasyon	Nd (ton)	M ₁ (tm)	M ₂ (tm)	As	Seçilen Donatı		
	(1,4G+1,6Q)x	122,010	-4,517	-2,745	9,375	2x4Φ14+2x1Φ14(gövde) A _s =15,4 cm ²		
	(G+Q+E)x	85,945	-0,718	1,934	9,375			
	(0,9G+E)x	63,264	-1,225	-1,511	9,375			
	(1,4G+1,6Q)y	122,010	-0,050	-4,543	9,375			
(G+Q+E)y	74,844	0,001	-5,267	9,375				
(0,9G+E)y	53,747	-0,016	-4,968	9,375				
PROBİNA	ELEMAN	Nz (ton)	Mxüst (tm)	Mxalt (tm)	Myüst (tm)	Myalt (tm)	Tx (ton)	Ty (ton)
	G	-70,53	0,07	0,04	-1,91	-1,09	-0,05	1,30
	Q	-16,59	0,15	0,10	-0,55	-0,32	-0,11	0,37
	E	78,82	1,30	1,59	3,83	5,24	1,25	3,94
	KOMBİNASYONLAR veDONATI SEÇİMİ							
	Kombinasyon	Nd (ton)	M ₁ (tm)	M ₂ (tm)	As	Seçilen Donatı		
	(1,4G+1,6Q)x	125,276	3,130	6,260	12,500	KESİT YETERSİZ. DONATI SEÇİLEMİYOR.		
	(G+Q+E)x	165,014	4,130	8,250	15,240			
	(0,9G+E)x	-	-	-	-			
	(1,4G+1,6Q)y	125,276	3,130	6,260	12,500			
(G+Q+E)y	165,014	4,130	8,250	15,240				
(0,9G+E)y	-	-	-	-				

Çizelge 4.65 kolon momentleri incelendiğinde moment değerlerinde farklar olduğu görülmüştür.

STA4-CAD kolon uç iç kuvvetlerini kat düzeylerindeki değerlerini vermekte olup, kiriş alt yüzündeki değerlere taşımamakta Probina Orion ise uç iç kuvvetleri kiriş alt yüzündeki rijit bölge dışında değer vermektedir.

4.4.2.4 TDY98 göre Süneklik Düzeyi Yüksek Elemanlar için Kontrol Parametreleri

TDY98 madde 7.3.5 gereği sadece çerçevelerden veya perde ve çerçevelerin birleşiminden oluşan taşıyıcı sistemlerde, her bir kolon-kiriş düğüm noktasına birleşen kolonların taşıma gücü momentlerinin toplamı, o düğüm noktasına birleşen kirişlerin taşıma gücü momentleri toplamından en az %20 daha büyük olması gerekmektedir. Bu madde gereği STA4-CAD ve Probina Orion'da aynı olarak seçilmiş dört düğüm noktasında kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu incelenmiştir ve çizelge 4.66'da verilmiştir.

Çizelge 4.66 Güçlü Kolon Kontrolü

	DÜĞÜM	KOLON		KİRİŞ		Açıklama	
		KOLON	Mrc	KİRİŞ	Mrb		
STA4	S126X	S226(8,42)+S126(8,45)	16,86	K119(8,35)+K120(4,29)	15,18	√	
	S126Y	S226(19,52)+S126(20,24)	39,76	K140(7,47)+K141(12,25)	23,66	√	
	S101X	S201(19,22)+S101(20,26)	39,48	K101(4,29)+K103(8,35)	15,18	√	
	S101Y	S201(133,55)+S101(121,83)	255,39	K139(11,78)	14,14	√	
	S128X	S228(7,56)+S128(7,99)	15,55	K121(7,08)	8,51	√	
	S128Y	S228(16,39)+S128(17,26)	33,65	K146(6,35)+K147(7,91)	17,11	√	Nd<0,1Acfcck koşulu
	S136X	S236(11,94)+S136(11,91)	23,85	K130(8,35)	10,03	√	
	S136Y	S236(11,74)+S136(12,06)	23,8	K137(9,06)	10,88	√	
PROBINA	S126X	S226(4,94)+S126(0)	4,94	K119(7,36)+K120(5,73)	15,71	YETERSİZ	KESİT YETERSİZ
	S126Y	S226(10,65)+S126(0)	10,65	K140(11,60)+K141(9,13)	24,88	YETERSİZ	KESİT YETERSİZ
	S101X	S201(17,13)+S101(17,97)	35,1	K101(0)+K103(7,36)	8,83	√	Nd<0,1Acfcck koşulu
	S101Y	S201(102,73)+S101(107,81)	210,54	K139(9,17)	11	√	Nd<0,1Acfcck koşulu
	S128X	S228(5,72)+S128(6,05)	11,77	K121(7,36)	8,83	√	Nd<0,1Acfcck koşulu
	S128Y	S228(12,25)+S128(12,67)	24,92	K146(7,36)+K147(9,12)	19,78	√	Nd<0,1Acfcck koşulu
	S136X	S236(10,67)+S136(10,96)	21,63	K130(7,36)	8,83	√	
	S136Y	S236(10,67)+S136(10,96)	21,63	K137(9,17)	11	√	

Çizelge 4.66 incelendiğinde STA4-CAD programında güçlü kolon kontrolünde herhangi bir kesit yetersiz eleman bulunmazken, Probina Orion programında ise S126 kolonunda kesitin yetersiz olduğu bu nedenle güçlü kolon kontrolünü de sağlamadığı görülmektedir.

Güçlü kolon kontrolü için seçilen düğüm noktaları için kesme güvenliğinin kontrolü çizelge 4.67’de verilmiştir

Çizelge 4.67 Kolon-Kiriş Birleşim Bölgesi Kesme Güvenliği Kontrolü

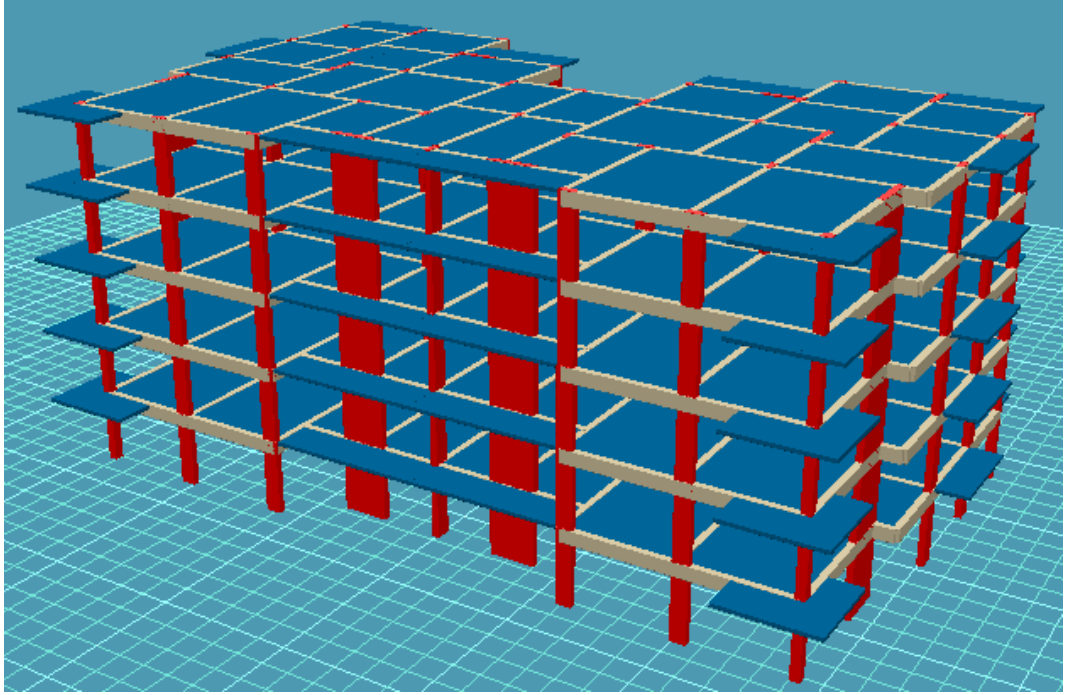
	KOLON NO	Vkol	Asu1	Asa1	Asu2	Asa2	bj	hc	Vmax	Ve	Açıklama
STA4	S126X	1,00	4,5	2,3	4,5	2,3	45	25	84,4	34,6	kuşatılmamış
	S126Y	1,50	6,8	2,3	6,8	4,0	25	50	93,8	55,4	kuşatılmamış
	S101X	1,90	4,5	0,0	4,5	0,0	25	25	46,9	21,8	kuşatılmamış
	S101Y	5,40	6,5	0,0	6,5	0,0	25	145	271,9	28,9	kuşatılmamış
	S128X	0,80	3,8	0,0	3,8	0,0	25	25	46,9	19,2	kuşatılmamış
	S128Y	2,00	4,3	2,3	4,3	3,4	25	50	93,8	38,2	kuşatılmamış
	S136X	1,10	4,5	0,0	4,5	0,0	25	35	65,6	22,6	kuşatılmamış
	S136Y	0,70	4,9	0,0	4,9	0,0	25	35	65,6	25,2	kuşatılmamış
PROBINA	S126X	1,32	4,5	3,4	4,5	3,4	45	25	84,4	40,2	kuşatılmamış
	S126Y	5,61	7,2	4,2	7,2	4,5	25	50	93,8	55,9	kuşatılmamış
	S101X	2,78	4,5	3,4	4,5	3,4	25	25	46,9	38,8	kuşatılmamış
	S101Y	9,76	5,7	3,4	0,0	0,0	25	145	271,9	19,9	kuşatılmamış
	S128X	1,26	4,5	3,4	0,0	0,0	25	25	46,9	22,5	kuşatılmamış
	S128Y	2,99	4,5	3,4	4,5	4,5	25	50	93,8	44,5	kuşatılmamış
	S136X	2,21	4,5	3,4	0,0	0,0	25	35	65,6	21,5	kuşatılmamış
	S136Y	2,81	5,7	3,4	0,0	0,0	25	35	65,6	26,9	kuşatılmamış

Çizelge 4.67 incelendiğinde ele alınan birleşim bölgelerinde STA4-CAD ve Probina Orion programlarında kolon-kiriş birleşim bölgesi kesme güvenliği kontrolünü sağlamayan herhangi bir bölge bulunmamaktadır.

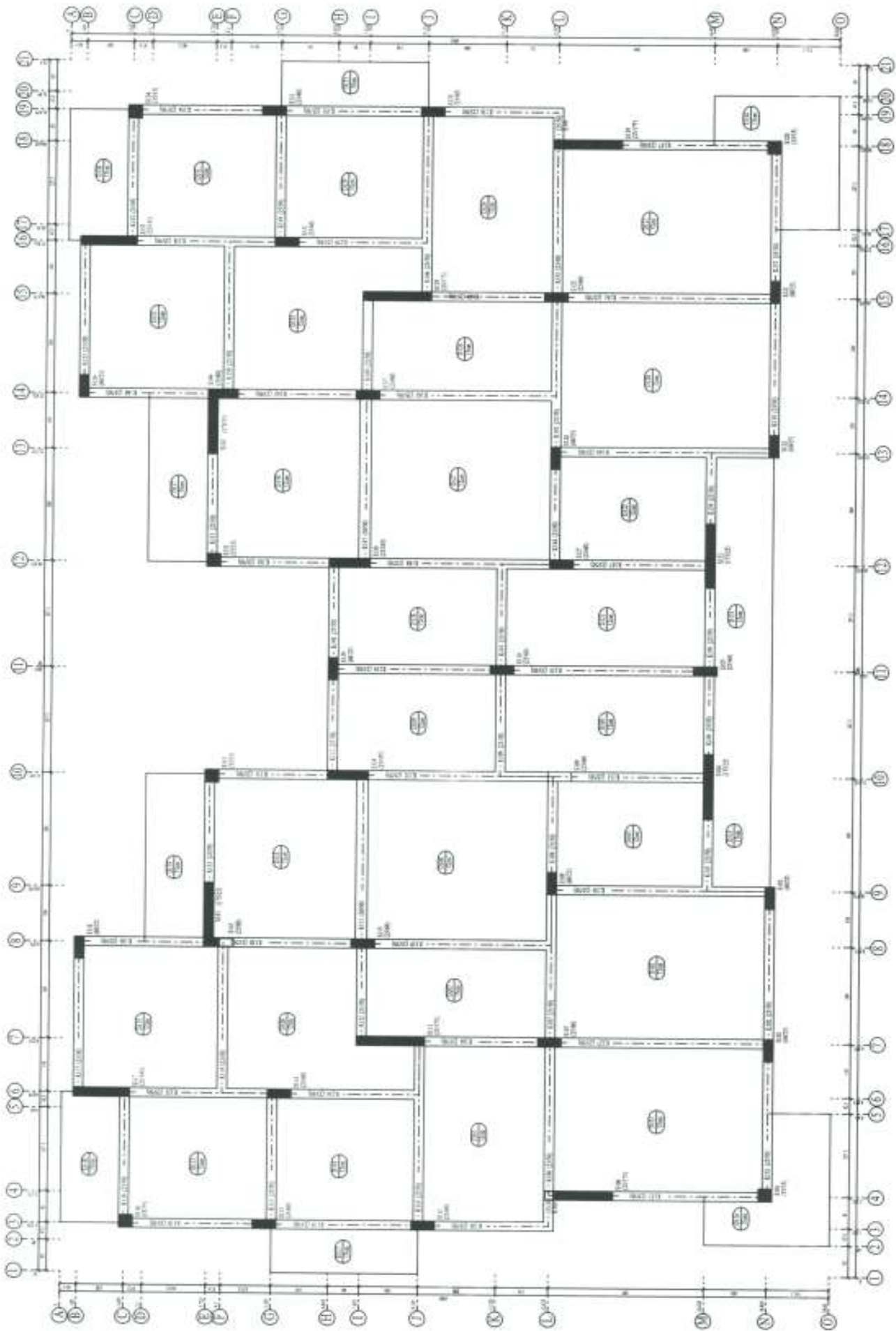
Programların analiz sonuçları oluşturulan metrajlar çizelge şeklinde verilmek istenmiş ancak STA4-CAD programında kesit yetersiz eleman bulunmazken, Probina Orion programında iki, üç ve dördüncü katta toplam altı adet kirişte kesit yetersiz gelmektedir. Ayrıca Probina Orion programında TDY98 madde 7.3.1.2. gereği S126 ve S131 $A_c \geq N_{dmax} / (0,50 f_{ck})$ koşulunu sağlamadığı için kolon kesitleri yetersiz gelmektedir. Sonuçta bu kolonlara donatı seçimi program tarafından yapılmamaktadır. Dolayısıyla bu durum metraj tablosuna eksik metraj olarak yansıtılacağından metraj karşılaştırma çizelgesi oluşturulamamıştır. Yine kuşatılmış kolon kontrolüne bakıldığında STA4-CAD programında yetersiz herhangi bir eleman bulunmazken, Probina Orion programında 3 adet kolon-kiriş birleşim bölgesinde kesme güvenliği kontrolü sağlanmamaktadır. Ancak Probina Orion kolon-kiriş birleşim bölgesinde kesme güvenliği kontrolünü yaparken farklı noktalardan aynı kolona bağlanmış kirişleri sürekli kiriş olarak dikkate aldığından $A_{s1} + A_{s2}$ donatı alanı fazla değer almaktadır. Bu nedenle bazı birleşim noktalarında kontrol sağlamamış şeklinde uyarı verilmektedir.

4.5 Örnek 5

Örnek 5 olarak kullanım amacı ve fonksiyonu Örnek 2 ile aynı olan perde+çerçevelerden oluşan, y eksenine göre simetrik her iki yönde rijitliği, kenarlara yerleştirilmiş perdelerle artırılmış 5 katlı betonarme bir yapı incelenmiştir. Örnek 5'e ait perspektif görünüş şekil 4.9'da, zemin kat kalıp planı ise şekil 4.10'da verildi.



Şekil 5.9 Örnek 5'e ait perspektif görünüş



Şekli 4.10 Örnek 5'e ait Zemin Kat Kalıp Planı

4.5.1 Bina Bilgileri

Kat sayısı	: 5 Normal Kat,
Bina türü	: Konut,
Taşıyıcı sistem türü	: Betonarme çerçevesel ve perdeli sistem,
Taşıyıcı Sistem Davranış	
Katsayısı (R)	: 7
Deprem bölgesi	: 1. Bölge
Yerel Zemin Sınıfı	: Z3
Analiz tipi	: Dinamik analiz(Mod Birleştirme)
Bina Önem Katsayısı (I)	: 1,00
Yatay Yük Dışmerkezliği	: % 5
Beton ve Çelik Sınıfı	: BS25- BÇIII
Zemin Emniyet Gerilmesi	: 17 t/m ²
Zemin Yatak Katsayısı	: 1500 t/m ³
Kat Yüksekliği	: 2,80 m

Beş katlı olarak alınan yapıda, döşemelerde 0,525 ton/ m² sabit yük, 0,200 ton/ m² hareketli yük, kirişlerde ise dış aks kirişlerinde 0,9 ton/m, iç aks kirişlerinde 0,7 ton/m olarak yükler dikkate alınmıştır.

Kiriş ve kolon boyutlarında herhangi bir kesit değişimi yapılmamış, tüm katlarda kesitler aynı boyutta kullanılmış olup çizelge 4.68 kolon boyutları verilmiştir. Kiriş boyutları 25X50 cmxcm kullanılmıştır. Kiriş ve kolon kesitleri STA4-CAD programında kesit yetersiz eleman kalmayacak şekilde tasarlanmış, her iki programda da Mod Birleştirme Yöntemine göre analiz yapılmıştır.

Bina bilgileri, kat kalıp planı, eleman boyutları ve yükleri yukarıda yapılan tanımlama doğrultusunda her iki programa veri olarak girilmiş ve programın betonarme opsiyonlarının default değerleri kullanılarak analizler yapılmıştır. Her iki programda rijitlik bölgeleri değişken kesit olarak alınmıştır.

Çizelge 4.68 Örnek 5'e ait Kolon Boyutları

KAT NO	KOLON NO	BOYUT (XxY)
KAT 1 KAT 2 KAT 3 KAT 4 KAT 5	S101,S115,S116,S120,S133,S134	35 cm X 35 cm
	S102,S103,S108,S118,S121,S122,S126,S136,S139	60 cm X 25 cm
	S104,S123,S141,S142	175 cm X 25 cm
	S105,S107,S109,S110,S111,S113,S114,S119,S125,S127,S128,S131,S132,S137	25 cm X 60 cm
	S106,S112,S124,S129	25 cm X 175 cm
	S117,S135	25 cm X 145 cm
	S130,S138	25 cm X 105 cm
	S143,S144	25 cm X 80 cm

Çizelge 4.69 Örnek 5'e ait Kiriş Boyutları

KAT NO	KIRIŞ NO	BOYUT (XxY)
KAT 1 KAT 2 KAT 3 KAT 4 KAT 5	K101-K110, K112-K146,K148-K169	25 cm X 50 cm
	K111,K147	30 cm X 50 cm

4.5.2 Analiz Sonuçları

4.5.2.1 Kat Kütle Ağırlıkları

Örnek 4 için yapılan analizler sonucu binaya ait kat ağırlıkları, kat ağırlığına etki eden zati yük ve hareketli yük değerleri çizelge 4.54'de verilmiştir. Burada; w_g , ton olarak kat ağırlığına etki eden zati yük, w_q , ton olarak kat ağırlığına etki eden hareketli yük, $w_k=(w_g+ nw_q)$, ton olarak kat ağırlığına etki eden toplam yükü, n , hareketli yük azaltma katsayısını ifade etmektedir.

Çizelge 4.70 Örnek 5'in Kat Ağırlıkları

Kat	H (m)	STA4			PROBİNA		
		W _g (ton)	W _q (ton)	W _k (ton)	W _g (ton)	W _q (ton)	W _k (ton)
5	14,00	551,72	113,06	585,64	519,90	116,70	554,91
4	11,20	551,72	113,06	585,64	519,90	116,70	554,91
3	8,40	551,72	113,06	585,64	519,90	116,70	554,91
2	5,60	551,72	113,06	585,64	519,90	116,70	554,91
1	2,80	551,72	113,06	585,64	519,90	116,70	554,91
			ΣW _k =	2928,215		ΣW _k =	2774,550

Çizelge 4.70'de görüldüğü üzere kat ağırlıklarında iki program arasında her katta yaklaşık olarak 30 ton fark görülmektedir.

4.5.2.2 Deprem Analiz Sonuçları

Binaya ait modal analiz sonuçları STA4-CAD ve Probina Orion paket programlarının yanı sıra SAP2000 programı da kullanılarak sonuçlar çizelge 4.55'de verilmiştir. SAP2000 programının veri girişinde, kat kütle değerleri ve kirişler için etkili tabla genişlikleri STA4-CAD programının analiz sonuçlarına göre alınmış olup kolon-kiriş birleşimi rijit bölge katsayısı olarak da 0,5 alınmıştır. Burada yön, başlangıçta seçilen serbestliğe göre titreşim yönü, T, saniye olarak yapının doğal periyodu, M_{xr}, yüzde olarak x yönünde kütle katılım oranı, M_{yr}, yüzde olarak y yönünde kütle katılım oranı, M_{br}, yüzde olarak burulma oranını ifade etmektedir.

Çizelge 4.71 Örnek 5'e ait Yapının Doğal Periyot ve Etkin Kütle Katılım Oranları

	STA4					PROBİNA					SAP2000	
	Yön	T (sn)	M _{xr} (%)	M _{yr} (%)	M _{br} (%)	Yön	T (sn)	M _{xr} (%)	M _{yr} (%)	M _{br} (%)	Yön	T (sn)
Mod1	x	0,5084	78,497			x	0,5235	60,171	7,276	10,823	x	0,5172
Mod2	y	0,4505		77,983		y	0,4901	14,737	55,389	7,795	y	0,4501
Mod3	b	0,4118			77,059	b	0,4230	3,866	15,112	58,393	b	0,4122
Mod4	x	0,1493	12,867			x	0,1518	11,717	0,445	1,129	x	0,1505
Mod5	y	0,1295		13,263		y	0,1394	0,994	10,686	1,917	y	0,1308
Mod6	b	0,1164			13,692	b	0,1191	0,397	2,436	11,089	b	0,1176
	TOPLAM		91,364	91,246	90,751	TOPLAM		91,882	91,344	91,146		

Çizelge 4.71'de periyotların birbirine yakın değerler aldığı görülmektedir. Ancak TDY98 6.8.3' e göre hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı belirlenirken her bir mod için hesaplanan etkin kütle katılım oranlarında farklar olduğu görülmektedir. Her iki programda 6 modda bina toplam kütlelerinin %90 mertebesini aşmaktadır. Yapı süneklik düzeyi yüksek sistem olarak kabul edilmiş TDY98 Tablo 6.5'den Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, yapıda perde olmasından dolayı R= 7 olarak alınmıştır.

Örnek 5'de yapı sistemine ait x yönü deprem yükleri çizelge 4.72'de, y yönü deprem yükleri çizelge 4.73'de verilmiştir.

Çizelge 4.72 Örnek 5'e ait Depremden Katlarda Meydana Gelen x Yönü Deprem Yükleri

Kat	STA4				PROBİNA			
	Modal Analiz (V _B)	Eşdeğer Dep. Yön. (V _i)	Tasarım Deprem Yükü (V _i)d	B	Modal Analiz (V _B)	Eşdeğer Dep. Yön. (V _i)	Tasarım Deprem Yükü (V _i)d	B
5	118,295	139,439	147,866	1,25	109,140	132,253	140,791	1,29
4	88,037	111,551	110,044		80,890	105,803	104,348	
3	66,532	83,663	83,163		61,020	79,352	78,716	
2	42,898	55,775	53,621		39,610	52,901	51,097	
1	18,898	27,888	23,622		17,750	26,451	22,896	
TOPLAM	334,660	418,316	418,316		308,410	396,760	397,848	
β	1				1			

Çizelge 4.73 Örnek 5'e ait Depremden Katlarda Meydana Gelen y Yönü Deprem Yükleri

Kat	STA4				PROBİNA			
	Modal Analiz (V _B)	Eşdeğer Dep. Yön. (V _i)	Tasarım Deprem Yükü (V _i)d	B	Modal Analiz (V _B)	Eşdeğer Dep. Yön. (V _i)	Tasarım Deprem Yükü (V _i)d	B
5	119,436	139,439	149,914	1,26	98,189	132,253	143,355	1,46
4	87,442	111,551	109,755		71,201	105,803	103,953	
3	65,625	83,663	82,371		53,260	79,352	77,759	
2	42,146	55,775	52,901		34,260	52,901	50,019	
1	18,623	27,888	23,375		15,360	26,451	22,426	
TOPLAM	333,272	418,316	418,316		272,270	396,760	397,512	
β	1				1			

Çizelge 4.72 ve çizelge 4.73’de yapının x ve y yönü modal analiz, eşdeğer deprem yöntemi yükleri hesaplanmıştır. Göz önüne alınan deprem doğrultusunda TDY98 6.8.4’ e göre birleştirilerek elde edilen bina toplam deprem yükü V_{TB} ’nin, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi’nde TDY98 denklem 6.4’ten hesaplanan bina toplam deprem yükü V_t ’ye oranının β değerinden küçük olduğundan ($V_{TB} < \beta V_t$), Mod Birleştirme Yöntemi’ne göre bulunan tüm iç kuvvet ve yerdeğiştirme büyüklükleri TDY98 denklem 6.18’ e göre B_D katsayısıyla büyütülerek hesapta kullanılacak deprem yükleri belirlenmiştir. $H_N < 25$ m olduğundan $\Delta F_N = 0$ alınmıştır. Modal Analiz, Eşdeğer Deprem Yükleri ve TDY 98 denklem 6.18’ e göre artırılmış Deprem Yükleri incelendiğinde her iki programda farklar olduğu görülmüştür. Analiz sonuçları incelendiğinde STA4-CAD hesaplarda deprem yükünü kullanırken Probina Orion modal analiz sonuçlarını kullanmaktadır.

Bina perdeli sistem olduğundan perdelerin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen eğilme momentleri ve binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam devrilme momentlerine göre α_m TDY98’e göre incelenmiş ve çizelge 4.74’de verilmiştir.

Çizelge 4.74 Örnek 5'e ait α_m 'in Hesabı

	STA4		PROBINA	
PERDE	X	Y	X	Y
S104	421,64	46,42	170,63	-5,82
S106	64,51	206,44	-5,39	164,72
S112	88,93	233,33	-6,64	147,92
S123	421,65	50,43	170,63	-5,04
S124	64,61	295,37	-5,39	97,95
S129	88,64	272,80	-6,64	96,88
S141	327,10	40,32	150,07	-1,63
S142	327,10	46,76	150,07	-1,24
DEVİRİLME MOMENTİ	4367,60	4381,67	3214,04	2854,35
α_m	0,41	0,27	0,19	0,17

Çizelge 4.74 incelendiğinde Probina Orion ve STA4-CAD programlarında perde taban momentlerinin ve toplam devrilme moment değerleri ve α_m değerlerinde çok büyük farklar olduğu görülmektedir. TDY98 6.5.2.1.'de belirtilen şartlar ($\alpha_m \leq 0,75$), sağlandığından ilk başta seçilen $R=7$ değeri kullanılabilir.

Ayrıca STA4-CAD perde tabanındaki eğilme momentlerinin hesabında, perdeler düzlemi içinde saplanan kirişlerin uçlarında depremden meydana gelen kesme kuvvetlerinin katkısını da göz önüne alırken Probina Orion sadece perde momenti ve devrilme momentini kullanıyor. Yeniden hesap yapmak gerekmediğinden statik hesap sonucunda bulunan deplasmanlar kullanılarak düşeyde ve planda düzensizliklerin kontrolü yapılmıştır.

Örnek 5 yapı sistemi için her iki programın analiz sonucuna göre x ve y yönlerinde +%5 dışmerkezlik altında katlara gelen tasarım deprem yükü etkisinde katlara ait max, min ve ortalama göreceli kat ötelemeleri, η_{bi} burulma düzensizlik

katsayısı, η_{ki} rijitlik düzensizlik katsayısı, $\Delta x/h$ göre kat ötelemeleri ve θ_i ikinci merteye gösterge değeri çizelge 4.75-78’de verilmiştir.

Çizelge 4.75 STA4-CAD Programına göre x Yönü (+%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri

KAT	$(\Delta x)_{max}$	$(\Delta x)_{min}$	$(\Delta x)_{ort}$	η_{bi}	η_{ki}	$\Delta x/h$	θ_i
5	0,0024706	0,0024545	0,0024626	1,00	0,00	0,00088	0,00348
4	0,0032796	0,0032006	0,0032401	1,01	1,32	0,00117	0,00526
3	0,0038851	0,0037520	0,0038186	1,02	1,18	0,00139	0,00702
2	0,0037613	0,0036092	0,0036853	1,02	0,97	0,00134	0,00781
1	0,0021263	0,0020312	0,0020788	1,02	0,56	0,00076	0,00520

Çizelge 4.76 Probina Orion Programına göre x Yönü (+%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri

KAT	$(\Delta x)_{max}$	$(\Delta x)_{min}$	$(\Delta x)_{ort}$	η_{bi}	η_{ki}	$\Delta x/h$	θ_i
5	0,002354	0,001289	0,001822	1,292	0,00	0,000841	0,0035
4	0,003048	0,001739	0,002394	1,274	1,31	0,001089	0,0053
3	0,003538	0,002083	0,002810	1,259	1,17	0,001264	0,0070
2	0,003398	0,002066	0,002732	1,244	0,97	0,001214	0,0079
1	0,001922	0,001219	0,001570	1,224	0,57	0,000686	0,0053

Çizelge 4.77 STA4-CAD Programına göre y Yönü (+%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri

KAT	$(\Delta y)_{max}$	$(\Delta y)_{min}$	$(\Delta y)_{ort}$	η_{bi}	η_{ki}	$\Delta y/h$	θ_i
5	0,0024527	0,0016095	0,0020311	1,21	0,00	0,00088	0,00283
4	0,0031615	0,0021111	0,0026363	1,20	1,30	0,00113	0,00425
3	0,0036462	0,0024615	0,0030539	1,19	1,16	0,00130	0,00560
2	0,0034323	0,0023421	0,0028872	1,19	0,95	0,00123	0,00612
1	0,0018578	0,0012853	0,0015716	1,18	0,54	0,00066	0,00393

Çizelge 4.78 Probina Orion Programına göre y Yönü (+%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri

KAT	$(\Delta y)_{\max}$	$(\Delta y)_{\min}$	$(\Delta y)_{\text{ort}}$	η_{bi}	η_{ki}	$\Delta y/h$	θ_i
5	0,0027210	0,0005080	0,0016140	1,69	0,00	0,00097	0,00330
4	0,0034590	0,0007010	0,0020800	1,66	1,29	0,00124	0,00490
3	0,0039370	0,0008440	0,0023910	1,65	1,15	0,00141	0,00640
2	0,0036850	0,0008280	0,0022570	1,63	0,94	0,00132	0,00700
1	0,0019840	0,0004690	0,0012260	1,62	0,54	0,00071	0,00450

Katların x ve y yönlerinde dışmerkezliğe bağlı olarak analiz sonrası bulunan $(\Delta i)_{\max}$ değerleri STA4-CAD ve Probina Orion programlarında yaklaşık olarak benzer sonuçlar verirken $(\Delta i)_{\min}$ değerinin belirlenmesinde Probina Orion, STA4-CAD göre oldukça küçük değerler vermektedir. $(\Delta i)_{\min}$ değerinin küçülmesi $(\Delta i)_{\text{ort}}$ azaltmakta dolayısıyla η_{bi} katsayısının artmasına dolayısıyla A1 türü düzensizliğin Probina Orion'da tüm katlarda çıkmasına neden olmaktadır. Ancak STA4-CAD programında da 4. ve 5. katlarda A1 burulma düzensizliği vermektedir.

Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği olan B2 türü düzensizlik değerleri her iki programda da birbirine yakın değerler çıkmaktadır. TDY98 6.8.5.'e göre $\beta=1$ alınarak Mod Birleştirme Yöntemine göre analiz yapılmıştır.

4.5.2.3 Betonarme Kesit Hesapları

Örnek 5'ye ait olan yapıda birinci katta bulunan, STA4-CAD ve Probina Orion programında D125 ve D128 olarak ifade edilen döşemelerin hesapta dikkate alınan iç kuvvetleri ve betonarme kesit hesap sonucu bulunan donatılar çizelge 4.79'da verilmiştir.

Çizelge 4.79 Seçilen Döşemelerin Statik ve Betonarme Sonuçları

	KAT	ELEMAN	YÖN	Mesnet sol	Maçıklık	Mesnet sağ	seçilen donatı
STA4	1	D125	X	0,58	0,50	0,75	Φ8/36 düz+Φ8/36 pil
	1		Y	0,34	0,00	1,79	Φ8/36 düz+Φ8/36 pil+Φ10/20 sağ ila.
	1	D128	X	1,27	0,99	1,08	Φ8/35 düz+Φ8/35 pil+Φ8/33 sağ ila.
	1		Y	0,39	0,40	0,00	Φ8/36 düz+Φ8/36 pil
PROBINA	1	D125	X	0,66	0,49	0,66	Φ8/36 düz+Φ8/36 pil.
	1		Y	0,29	0,22	0,29	Φ8/36 düz+Φ8/36 pil
	1	D128	X	1,06	0,80	1,06	Φ8/36 düz+Φ8/36 pil.+Φ8/40 sol üst ila.
	1		Y	0,74	0,56	0,00	Φ8/36 düz+Φ8/36 pil+Φ8/40 sol ila.

Çizelge 4.79 da seçilen donatılar incelendiğinde açıklık donatılarının aynı olduğu ancak mesnet ilave donatılarında farklar olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.80 1. kat STA4-CAD ve Probina Orion programlarında K127 nolu kirişe ait kesit özellikleri, iç kuvvetlerin bileşenleri ve hesap değerleri ile betonarme kesit hesabı sonucu gerekli olan donatı alanı A_s ve seçilen donatılar verilmiştir.

Çizelge 4.80 Seçilen Kirişin Statik ve Betonarme Sonuçları

ELEMEN		M_G (tm)	M_Q (tm)	M_{deprem} (tm)	M_{deprem} (tm)	As (cm ²)	Seçilen Donatı	
STA4	K127 25/50 TablaB/Ht 87/12 L= 555 L _{ni} =515	Msol	-7,174	-1,925	±8,146	- 17,245 - 0,953	9,463 4,732	3Φ12mon+1Φ16 sağ üst ila.+2Φ16düz+ 1Φ16pil
		Maç	4,25	1,02	-	7,662	4,630	
		Msağ	-4,001	-1,140	±6,894	- 12,035 +1,753	7,043 3,522	
	Vsol	6,042	1,564	-2,698			Φ8/20/10 etriye	
	Vsağ	-5,091	-1,303	-2,698				
PROBINA	K127 25/50 TablaB/Ht 97/12 L= 555 L _{ni} =515	Msol	-3,750	-1,050	±7,4	-12,2 +2,6	8,42 4,21	2Φ12mon+3Φ14 sol üst ila.+2Φ14düz+ 1Φ14pil+1Φ12 sol alt ila.+3Φ20 sağ üst ila.+4Φ16 sağ alt ila.
		Maç	3,560	1,040	4,970	6,640	4,620	
		Msağ	5,460	1,530	±7,82	+14,8 -0,83	14,36 11,12	
	Vsol	-4,950	-1,300	1,930	9,21		Φ8/20/9 etriye	
	Vsağ	-5,800	-1,560	1,320	10,62			

Çizelge 4.80'de M_d açıklık ve mesnet değerleri incelendiğinde STA4-CAD programında sol mesnet ve açıklık momentlerinin büyük değerler aldığı, Probina Orion programında ise sağ mesnet değerinin büyük olduğu görülmüştür. Bu durum seçilen donatıları etkilediğinden her iki programda da farklı adet ve çapta donatı seçimi yapılmıştır.

Çizelge 4.81'de 1. katta STA4-CAD ve Probina Orion programlarında S126 kolonuna ait iç kuvvetler, hesapta dikkate alınan N_d , M_d değerleri, betonarme kesit hesabı sonucu gerekli donatı alanı ve seçilen donatılar verilmiştir.

Çizelge 4.81 Seçilen Kolonun Statik ve Betonarme Sonuçları

S107 KOLONU (iç kuvvetler)								
STA4	ELEMAN	Nz (ton)	Mxüst (tm)	Mxalt (tm)	Myüst (tm)	Myalt (tm)	Tx (ton)	Ty (ton)
	G	88,48	-0,31	-0,15	-1,81	-0,47	-0,17	-0,81
	Q	20,41	-0,20	-0,10	-0,78	-0,31	-0,11	-0,39
	E	26,23	3,86	4,13	7,16	13,72	2,85	7,46
	KOMBİNASYONLAR veDONATI SEÇİMİ							
	Kombinasyon	Nd (ton)	M ₁ (tm)	M ₂ (tm)	As		Seçilen Donatı	
	(1,4G+1,6Q)x	152,712	-3,774	-3,436	11,250		2x3Φ14+2x2Φ14(gövde) A _s =15,4 cm ²	
	(G+Q+E)x	107,238	-1,271	-4,385	11,250			
	(0,9G+E)x	75,543	-1,644	3,905	11,250			
	(1,4G+1,6Q)y	152,712	-0,757	-5,039	11,250			
(G+Q+E)y	132,733	-0,079	13,446	11,250				
(0,9G+E)y	53,405	-0,146	-14,147	11,250				
PROBİNA	ELEMAN	Nz (ton)	Mxüst (tm)	Mxalt (tm)	Myüst (tm)	Myalt (tm)	Tx (ton)	Ty (ton)
	G	-95,42	0,33	0,21	-1,62	-0,56	-0,23	0,95
	Q	-23,86	0,26	0,17	-0,66	-0,28	-0,19	0,41
	E	43,63	3,33	4,29	5,17	15,60	3,31	9,02
	KOMBİNASYONLAR veDONATI SEÇİMİ							
	Kombinasyon	Nd (ton)	M ₁ (tm)	M ₂ (tm)	As		Seçilen Donatı	
	(1,4G+1,6Q)x	171,765	4,290	10,310	15,000		8Φ16 A _s =16,08 cm ²	
	(G+Q+E)x	160,769	4,020	16,290	15,000			
	(0,9G+E)x	-	-	-	-			
	(1,4G+1,6Q)y	171,765	4,290	10,310	15,000			
(G+Q+E)y	160,769	4,020	16,290	15,000				
(0,9G+E)y	-	-	-	-				

Çizelge 4.81 kolon momentleri incelendiğinde moment değerlerinde farklar olduğu görülmüştür.

STA4-CAD kolon uç iç kuvvetlerini kat düzeylerindeki değerlerini vermekte olup, kiriş alt yüzündeki değerlere taşımamakta Probina Orion ise uç iç kuvvetleri kiriş alt yüzündeki rijit bölge dışında değer vermektedir.

4.5.2.4 TDY98 göre Süneklik Düzeyi Yüksek Elemanlar için Kontrol Parametreleri

TDY98 madde 7.3.5 gereği sadece çerçevelerden veya perde ve çerçevelerin birleşiminden oluşan taşıyıcı sistemlerde, her bir kolon-kiriş düğüm noktasına birleşen kolonların taşıma gücü momentlerinin toplamı, o düğüm noktasına birleşen kirişlerin taşıma gücü momentleri toplamından en az %20 daha büyük olması gerekmektedir. Bu madde gereği STA4-CAD ve Probina Orion'da aynı olarak seçilmiş dört düğüm noktasında kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu incelenmiştir ve çizelge 4.82'de verilmiştir.

Çizelge 4.82 Güçlü Kolon Kontrolü

DÜĞÜM	KOLON		KİRİŞ		Açıklama		
	KOLON	Mrc	KİRİŞ	Mrb			
STA4	S101 X	S201(11,86)+S101(11,99)	23,85	K101(14,69)	17,64	√	
	S101 Y	S201(11,89)+S101(11,95)	23,84	K121(14,69)	17,63	√	
	S107 X	S207(10,22)+S107(10,1)	20,32	K106(12,46)+K107(9,44)	26,31	YETERSİZ	1/ai koşulu
	S107 Y	S207(24,26)+S107(23,83)	48,08	K126(18,03)+K127(13,89)	38,31	√	
	S109 X	S209(9,96)+S109(10,32)	20,28	K108(10,99)	13,22	√	
	S109 Y	S209(23,88)+S109(24,69)	48,57	K132(10,25)+K133(17,09)	32,8	√	
	S117 X	S217(18,82)+S117(24,71)	43,54	K116(12,87)+K117(7,91)	24,95	√	Nd<0,1Acfck koşulu
	S117 Y	S217(135,11)+S117(175,22)	310,33	K123(18,41)	22,09	√	
PROBINA	S101 X	S201(11,77)+S101(8,40)	20,17	K101(14,98)	17,97	√	Nd<0,1Acfck koşulu
	S101 Y	S201(11,77)+S101(8,40)	20,17	K121(17,54)	21,048	YETERSİZ	Nd<0,1Acfck koşulu
	S107 X	S207(10,13)+S107(8,64)	18,77	K106(11,54)+K107(6,92)	22,152	YETERSİZ	1/ai koşulu
	S107 Y	S207(22,71)+S107(20,33)	43,04	K126(16,56)+K127(22,54)	46,92	YETERSİZ	1/ai koşulu
	S109 X	S209(8,42)+S109(9,32)	17,74	K108(12,87)	15,44	√	
	S109 Y	S209(18,88)+S109(21,04)	39,92	K132(9,17)+K133(15,26)	29,316	√	
	S117 X	S217(15,42)+S117(24,74)	40,16	K116(12,83)+K117(0)	15,396	√	Nd<0,1Acfck koşulu
	S117 Y	S217(94,39)+S117(160,44)	254,83	K123(20,22)	24,264	√	Nd<0,1Acfck koşulu

Çizelge 4.82 incelendiğinde STA4-CAD programında S107 kolonunun x yönünde güçlü kolon kontrolünü sağlamadığı, Probina Orion programında ise S101, S107 kolonlarının y yönünde güçlü kolon koşulunu sağlamadığı, S107 kolonunun ise x yönünde sağlamadığı görülmektedir. Ancak her iki programda da TDY98 denklem 7.3.5.4. (a) maddesi gereği düğüm noktasına birleşen kolonların her ikisinde de $N_d \leq 0,10A_c f_{ck}$ olması ve denklem 7.4. $\alpha_i \geq 0,70$ koşulları sağlandığından

dolayı, kolonların taşıma gücü momentleri toplamının, o düğüm noktasına birleşen kirişlerin taşıma gücü momentleri toplamından en az %20 daha büyük olması koşulunun sağlanması zorunlu değildir. Bu nedenle güçlü kolon kontrolü her iki programda da sağlanmıştır.

Güçlü kolon kontrolü için seçilen düğüm noktaları için kesme güvenliğinin kontrolü çizelge 4.83’de verilmiştir.

Çizelge 4.83 Kolon-Kiriş Birleşim Bölgesi Kesme Güvenliği Kontrolü

	KOLON NO	Vkol	Asu1	Asa1	Asu2	Asa2	bj	hc	Vmax	Ve	Açıklama
STA4	S101 X	2,9	8,3	0,0	8,3	0,0	25	35	65,6	40,8	kuşatılmamış
	S101 Y	2,2	8,3	0,0	8,3	0,0	25	35	65,6	41,5	kuşatılmamış
	S107 X	2,8	6,9	3,4	6,9	5,2	50	25	93,8	60,7	kuşatılmamış
	S107 Y	5,9	10,5	7,2	10,5	7,8	25	60	112,5	90,3	kuşatılmamış
	S109 X	2,4	6,1	0,0	6,1	0,0	25	25	46,9	29,4	kuşatılmamış
	S109 Y	6,3	9,9	5,6	9,9	4,8	25	60	112,5	75,0	kuşatılmamış
	S117 X	4,9	7,2	0,0	7,2	0,0	25	25	46,9	32,9	kuşatılmamış
	S117 Y	15,1	10,7	0,0	10,7	0,0	25	145	271,9	41,4	kuşatılmamış
PROBİNA	S101 X	4,3	9,4	5,7	0,0	0,0	25	35	65,6	45,1	kuşatılmamış
	S101 Y	5,0	11,0	6,8	0,0	0,0	25	35	65,6	52,8	kuşatılmamış
	S107 X	3,6	7,2	3,4	7,2	4,2	55	25	103,1	56,3	kuşatılmamış
	S107 Y	10,2	14,4	10,3	14,4	11,1	25	60	112,5	123,5	YETERSİZ
	S109 X	3,2	8,0	5,7	0,0	0,0	25	25	46,9	38,8	kuşatılmamış
	S109 Y	7,6	9,6	5,7	9,6	5,7	25	60	112,5	72,6	kuşatılmamış
	S117 X	6,5	8,0	4,5	8,0	5,7	25	25	46,9	65,3	YETERSİZ
	S117 Y	24,8	12,8	8,4	0,0	0,0	25	145	271,9	42,4	kuşatılmamış

Çizelge 4.83 incelendiğinde ele alınan birleşim bölgelerinde STA4-CAD programında kolon-kiriş birleşim bölgesi kesme güvenliği kontrolünü sağlamayan herhangi bir bölge bulunmazken, Probina Orion programında S107 ve S117 yönünde yetersiz olduğu görülmektedir.

4.5.2.5 Metraj Sonuçları

Programların analiz sonuçlarına göre oluşturulan metrajlar çizelge 4.84’de verilmiştir.

Çizelge 4.84 Örnek 5’e ait Metraj Sonuçları

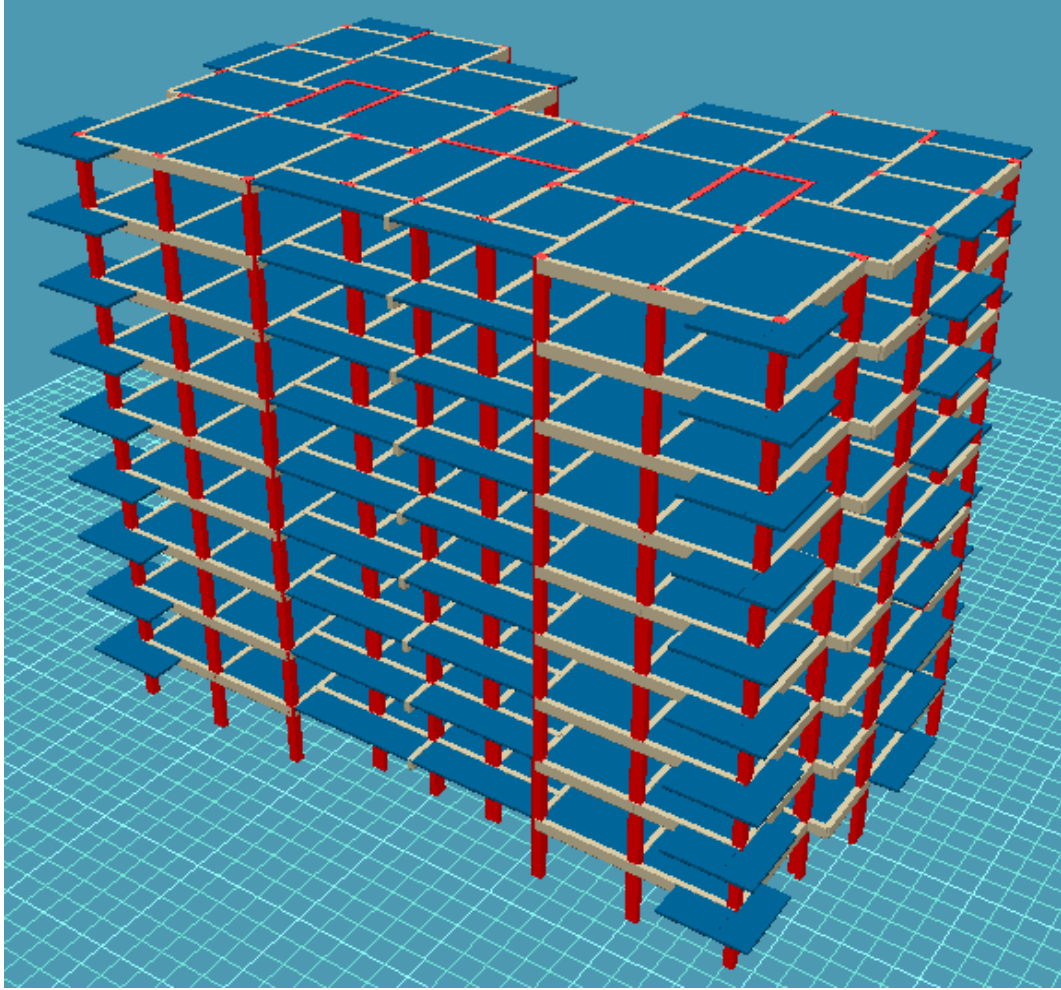
KAT	ELEMEN	STA4			PROBINA		
		BETON	KALIP	DONATI	BETON	KALIP	DONATI
1	KOLON	26,14	253,61	5226,60	26,14	267,96	5619,50
	KİRİŞ	28,70	233,32	3890,50	28,75	233,87	3992,40
	DÖŞEME	55,07	437,35	3623,40	55,99	443,78	2823,90
2	KOLON	26,14	253,61	5016,90	26,14	267,96	4160,80
	KİRİŞ	28,70	233,32	4467,80	28,75	233,87	4759,00
	DÖŞEME	55,07	437,35	3623,40	55,99	443,78	2823,90
3	KOLON	26,14	253,61	4708,80	26,14	267,96	3867,40
	KİRİŞ	28,70	233,32	4254,30	28,75	233,87	4489,80
	DÖŞEME	55,07	437,35	3623,40	55,99	443,78	2823,90
4	KOLON	26,14	253,61	4297,90	26,14	267,96	3701,60
	KİRİŞ	28,70	233,32	3787,40	28,75	233,87	3851,60
	DÖŞEME	55,07	437,35	3623,40	55,99	443,78	2823,90
5	KOLON	26,14	253,61	3810,70	26,14	267,96	3252,70
	KİRİŞ	28,70	233,32	3087,40	28,75	233,87	3177,00
	DÖŞEME	55,07	437,35	3623,40	55,99	443,78	2823,90
TOPLAM		549,55	4621,40	60665,30	554,39	4728,05	54991,30

Çizelge 4.84 STA4-CAD ve Probina Orion metraj sonuçları incelendiğinde beton ve kalıp miktarlarında Probina Orion'nın bir miktar fazla değer verdiği donatı metrajında ise STA4-CAD programının fazla değer verdiği görülmektedir.

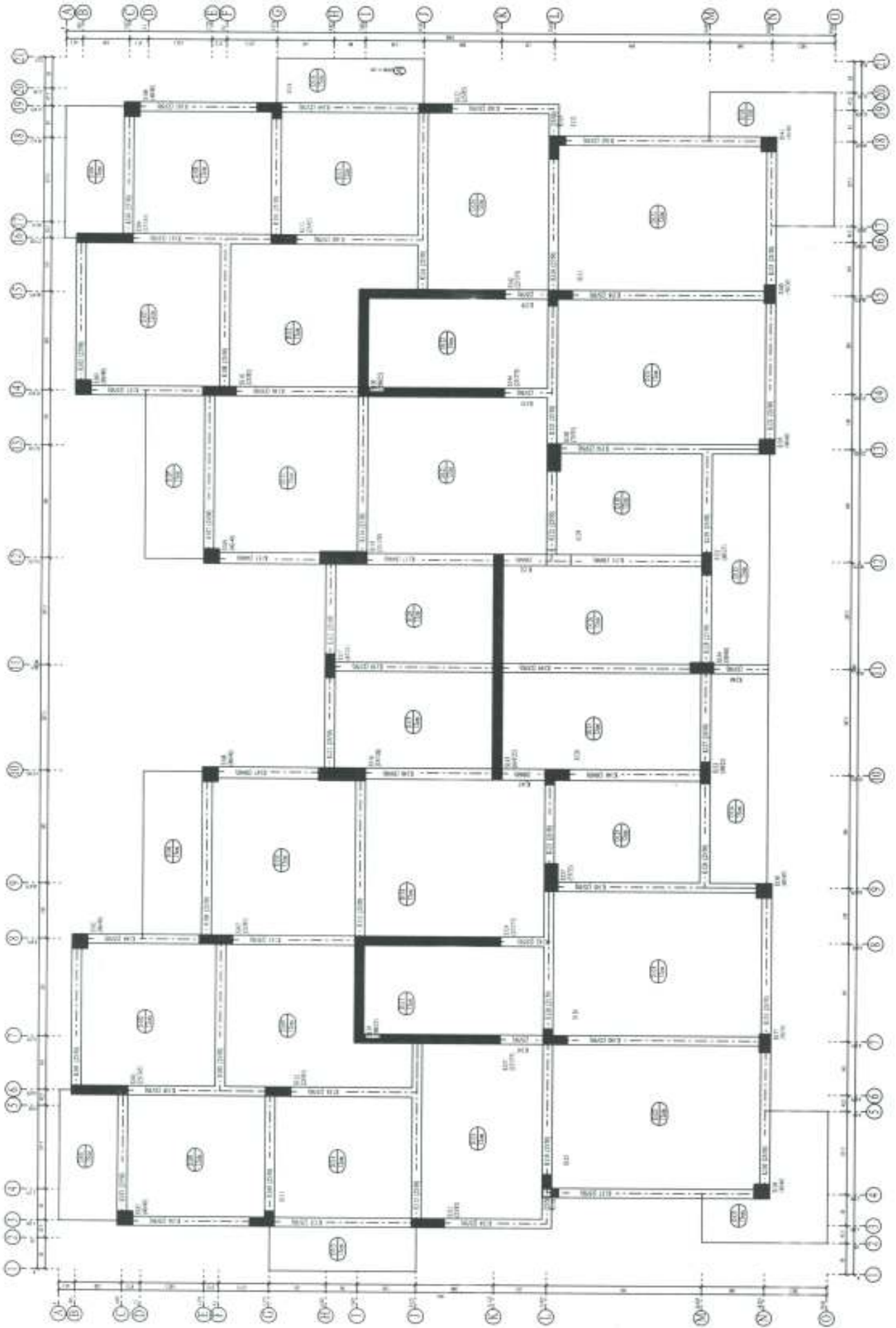
Örnek 5'nin betonarme sonuçları incelendiğinde STA4-CAD ve Probina Orion programında kesit yetersiz eleman bulunmamaktadır. Yine STA4-CAD programında 4 kolonda kuşatılmış kolon kontrolüne bakıldığında az farkla sağlamazken, Probina Orion programı ise 32 kolonda kuşatılmış kolon kontrolünü sağlamamaktadır. Ancak Probina Orion kolon-kiriş birleşim bölgesinde kesme güvenliği kontrolünü yaparken farklı noktalardan aynı kolona bağlanmış kirişleri sürekli kiriş olarak dikkate aldığından $A_{s1}+A_{s2}$ donatı alanı fazla değer almaktadır. Bu nedenle bazı birleşim noktalarında kontrol sağlamamış şeklinde uyarı verilmektedir.

4.6 Örnek 6

Örnek 6 olarak, Örnek 4’te 5 katlı olarak incelenen perde+çerçevelerden oluşan, y eksenine göre simetrik iki adet U şeklinde perde ve çekirdekte bu perdeleri dengeleyici x yönünde perde yerleştirilerek oluşturulan yapının 9 katlı betonarme şekli incelenmiştir. Örnek 6’ye ait perspektif görünüş Şekil 4.11’de, zemin kat kalıp planı ise şekil 4.12’de verildi.



Şekil 4.11 Örnek6’ya ait perspektif görünüş



Şekil 4.12 Örnek 6'ya ait Zemin Kat Kalıp Planı

4.6.1 Bina Bilgileri

Kat sayısı	: 9 Normal Kat,
Bina türü	: Konut,
Taşıyıcı sistem türü	: Betonarme çerçevesel ve perdeli sistem,
Taşıyıcı Sistem Davranış	
Katsayısı (R)	: 7
Deprem bölgesi	: 1. Bölge
Yerel Zemin Sınıfı	: Z3
Analiz tipi	: Dinamik analiz(Mod Birleştirme)
Bina Önem Katsayısı (I)	: 1,00
Yatay Yük Dışmerkezliği	: % 5
Beton ve Çelik Sınıfı	: BS25- BÇIII
Zemin Emniyet Gerilmesi	: 17 t/m ²
Zemin Yatak Katsayısı	: 1500 t/m ³
Kat Yüksekliği	: 2,80 m

Dokuz katlı olarak alınan yapıda, döşemelerde 0,525 ton/ m² sabit yük, 0,200 ton/ m² hareketli yük, kirişlerde ise dış aks kirişlerinde 0,9 ton/m, iç aks kirişlerinde 0,7 ton/m olarak yükler dikkate alınmıştır.

Kiriş ve kolon boyutlarında herhangi bir kesit değişimi yapılmamış, tüm katlarda kesitler aynı boyutta kullanılmış olup çizelge 4.85 kolon boyutları, çizelge 4.86 da kiriş boyutları verilmiştir. Kiriş ve kolon kesitleri STA4-CAD programında kesit yetersiz eleman kalmayacak şekilde tasarlanmış, her iki programda da Mod Birleştirme Yöntemine göre analiz yapılmıştır.

Bina bilgileri, kat kalıp planı, eleman boyutları ve yükleri yukarıda yapılan tanımlama doğrultusunda her iki programa veri olarak girilmiş ve programın betonarme opsiyonlarının default değerleri kullanılarak analizler yapılmıştır. Her iki programda rijitlik bölgeleri değişken kesit olarak alınmıştır.

Çizelge 4.85 Örnek 6'ya ait Kolon Boyutları

KAT NO	KOLON NO	BOYUT (XxY)
KAT 1 KAT 2 KAT 3 KAT 4 KAT 5 KAT 6 KAT 7 KAT 8 KAT 9	S101,S104	25 cm X 145 cm
	S102,S103,S105,S106,S108,S109,S136,S138,S139,S141	40 cm X 40 cm
	S107,S110,S121,S122	25 cm X 85 cm
	S112,S113	25 cm X 65 cm
	S116,S118	35 cm X 120 cm
	S117	65 cm X 25 cm
	S119,S120	290 cm X 25 cm
	S123,S124,S142,S144	25 cm X 375 cm
	S127,S130	75 cm X 35 cm
	S133,S135	60 cm X 25 cm
	S134	30 cm X 60 cm
	S137,S140	50 cm X 30 cm
	S143	610 cm X 25 cm

Çizelge 4.86 Örnek 6'ya ait Kiriş Boyutları

KAT NO	KIRIŞ NO	BOYUT (XxY)
KAT 1 KAT 2 KAT 3 KAT 4 KAT 5 KAT 6 KAT 7 KAT 8 KAT 9	K101-K116, K118-K145, K149-K150, K154-K166	25 cm X 50 cm
	K117,K146,K147,K148,K151,K152,K153,K167	30 cm X 60 cm

4.6.2 Analiz Sonuçları

4.6.2.1 Kat Kütle Ağırkları

Örnek 6 için yapılan analizler sonucu binaya ait kat ağırlıkları, kat ağırlığına etki eden zati yük ve hareketli yük değerleri çizelge 4.87'de verilmiştir. Burada; w_g , ton olarak kat ağırlığına etki eden zati yük, w_q , ton olarak kat ağırlığına etki eden hareketli yük, $w_k=(w_g+ nw_q)$, ton olarak kat ağırlığına etki eden toplam yükü, n , hareketli yük azaltma katsayısını ifade etmektedir.

Çizelge 4.87 Örnek 6'nın Kat Ağırlıkları

Kat	H (m)	STA4			PROBİNA			
		W _g (ton)	W _q (ton)	W _k (ton)	W _g (ton)	W _q (ton)	W _k (ton)	
9	25,2	565,58	112,68	599,383	543,40	115,90	578,17	
8	22,4	565,58	112,68	599,383	543,40	115,90	578,17	
7	19,6	565,58	112,68	599,383	543,40	115,90	578,17	
6	16,8	565,58	112,68	599,383	543,40	115,90	578,17	
5	14	565,58	112,68	599,383	543,40	115,90	578,17	
4	11,20	565,58	112,68	599,383	543,40	115,90	578,17	
3	8,40	565,58	112,68	599,383	543,40	115,90	578,17	
2	5,60	565,58	112,68	599,383	543,40	115,90	578,17	
1	2,80	565,58	112,68	599,383	543,40	115,90	578,17	
ΣWk=				5394,447	ΣWk=			5203,530

Çizelge 4.87'de görüldüğü üzere kat ağırlıklarında iki program arasında her katta yaklaşık olarak 20 ton fark görülmektedir.

4.6.2.2 Deprem Analiz Sonuçları

Binaya ait modal analiz sonuçları STA4-CAD ve Probina Orion paket programlarının yanı sıra SAP2000 programı da kullanılarak sonuçlar çizelge 4.87'de verilmiştir. SAP2000 programının veri girişinde, kat kütle değerleri ve kirişler için etkili tabla genişlikleri STA4-CAD programının analiz sonuçlarına göre alınmış olup kolon-kiriş birleşimi rijit bölge katsayısı olarak da 0,5 alınmıştır. Burada yön; başlangıçta seçilen serbestliğe göre titreşim yönü, T, saniye olarak yapının doğal periyodu, M_{xr}, yüzde olarak x yönünde kütle katılım oranı, M_{yr}, yüzde olarak y yönünde kütle katılım oranı, M_{br}, yüzde olarak burulma oranını ifade etmektedir.

Çizelge 4.88 Örnek 6'ya ait Yapının Doğal Periyot ve Etkin Kütle Katılım Oranları

	STA4					PROBİNA					SAP2000	
	Yön	T (sn)	M _{xr} (%)	M _{yr} (%)	M _{br} (%)	Yön	T (sn)	M _{xr} (%)	M _{yr} (%)	M _{br} (%)	Yön	T (sn)
Mod1	x	0,7448	71,750			x	0,8260	47,089	3,298	21,376	b	0,7017
Mod2	b	0,7312			73,460	b	0,7364	22,837	18,129	31,186	y	0,6710
Mod3	y	0,6885		72,323		y	0,6404	1,218	50,932	20,285	x	0,6684
Mod4	b	0,2036			13,522	b	0,2197	5,806	1,412	8,602	b	0,1973
Mod5	x	0,1957	15,582			x	0,1940	10,710	2,467	3,364	x	0,1861
Mod6	y	0,1839		14,894		y	0,1717	0,436	11,843	3,447	y	0,1804
	TOPLAM		87,332	87,217	86,982	TOPLAM		88,096	88,081	88,260		

Çizelge 4.88'de periyotların T_1 ve T_3 periyotlarında farklar olduğu diğer periyotların birbirine yakın değerler olduğu görülmektedir. TDY98 6.8.3' e göre hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı belirlenirken her bir mod için hesaplanan etkin kütle katılım oranlarında farklar olduğu görülmektedir. Her iki programda 6 modda bina toplam kütlelerinin %90 mertebesini aşmamaktadır. Yapı süneklik düzeyi yüksek sistem olarak kabul edilmiş TDY98 Tablo 6.5'den Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, yapıda perde olmasından dolayı $R=7$ olarak alınmıştır.

Örnek 6'da yapı sistemine ait x yönü deprem yükleri çizelge 4.89'de, y yönü deprem yükleri çizelge 4.90'de verilmiştir.

Çizelge 4.89 Örnek 6'ya ait Depremden Katlarda Meydana Gelen x Yönlü Deprem Yükleri

Kat	STA4				PROBİNA			
	Modal Analiz (V _{iB})	Eşdeğer Dep. Yön. (V _i)	Tasarım Deprem Yükü (V _i) _d	B	Modal Analiz (V _{iB})	Eşdeğer Dep. Yön. (V _i)	Tasarım Deprem Yükü (V _i) _d	B
9	118,165	156,690	157,255	1,331	104,740	142,075	143,812	1,373
8	88,888	109,239	118,293		76,490	96,636	105,023	
7	72,197	95,584	96,080		60,700	84,556	83,343	
6	59,823	81,929	79,613		49,840	72,477	68,432	
5	49,278	68,274	65,580		41,240	60,397	56,624	
4	39,490	54,619	52,554		33,600	48,318	46,134	
3	29,758	40,964	39,602		26,060	36,238	35,781	
2	19,815	27,310	26,370		18,100	24,159	24,852	
1	9,706	13,655	12,917		9,420	12,079	12,934	
TOPLAM	487,120	648,264	648,264		420,190	576,935	576,935	
β	1				1			

Çizelge 4.90 Örnek 6'ya ait Depremden Katlarda Meydana Gelen y Yönü Deprem Yükleri

Kat	STA4				PROBİNA			
	Modal Analiz (V_{IB})	Eşdeğer Dep. Yön. (V_t)	Tasarım Deprem Yükü (V_t)d	B	Modal Analiz (V_{IB})	Eşdeğer Dep. Yön. (V_t)	Tasarım Deprem Yükü (V_t)d	B
9	123,746	164,677	165,061	1,334	105,970	167,080	167,452	1,580
8	93,766	116,806	125,072		82,000	120,289	129,575	
7	78,201	102,205	104,310		67,810	105,253	107,152	
6	65,408	87,605	87,246		56,500	90,217	89,280	
5	53,702	73,004	71,631		46,320	75,181	73,194	
4	42,380	58,403	56,529		36,580	60,145	57,803	
3	31,056	43,802	41,425		27,040	45,108	42,728	
2	19,860	29,202	26,491		17,520	30,072	27,685	
1	9,402	14,601	12,541		8,550	15,036	13,511	
TOPLAM	517,521	690,305	690,305		448,290	708,381	708,381	
β	1				1			

Çizelge 4.89 ve çizelge 4.90'da yapının x ve y yönü modal analiz, eşdeğer deprem yöntemi yükleri hesaplanmıştır. Göz önüne alınan deprem doğrultusunda TDY98 6.8.4' e göre birleştirilerek elde edilen bina toplam deprem yükü V_{IB} 'nin, Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nde TDY98 denklem 6.4'ten hesaplanan bina toplam deprem yükü V_t 'ye oranının β değerinden küçük olduğundan ($V_{IB} < \beta V_t$), Mod Birleştirme Yöntemi'ne göre bulunan tüm iç kuvvet ve yerdeğiştirme büyüklükleri TDY98 denklem 6.18' e göre B_D katsayısıyla büyütülerek hesapta kullanılacak deprem yükleri belirlenmiştir. $H_N > 25$ m olduğundan TDY98 madde 6.7.2.2 gereği binanın N'inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü

ΔF_N 'in değeri, 6.7.4'e göre hesaplanan birinci doğal titreşim periyodu T_1 'e bağlı olarak, TDY98 denklem 6.8 ile belirlenmektedir.

$$\Delta F_N = 0,07 T_1 V_t \leq 0,2 V_t \quad (4.14)$$

Toplam eşdeğer deprem yükünün ΔF_N dışında geri kalan kısmı, N'inci kat dahil olmak üzere, bina katlarına denklem 6.9. ile dağıtılacaktır.

$$\Delta F_n = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N w_j H_j} \quad (4.15)$$

Modal Analiz, Eşdeğer Deprem Ykleri ve TDY98 denklem 6.18' e göre artırılmış Deprem Ykleri incelendiğinde her iki programda bir miktar farklar olduğu görülmüştür. Eşdeğer deprem yükündeki farklılık programlar tarafından alınan ve yapının 1. doğal periyotlarında farklı değer alınmasından kaynaklanmaktadır. Analiz sonuçları incelendiğinde STA4-CAD hesaplarda deprem yknn kullanırken Probina Orion modal analiz sonuçlarını kullanmaktadır.

Bina perdeli sistem olduğundan perdelerin tabanında deprem yklerinden meydana gelen eğilme momentleri ve binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam devrilme momentlerine göre α_m TDY98'e göre incelenmiş ve izelge 4.91'da verilmiştir.

Çizelge 4.91 Örnek 6'ya ait α_m 'in Hesabı

PERDE	STA4		PROBINA	
	X	Y	X	Y
S119	792,77	93,39	339,90	0,00
S120	792,99	121,97	339,90	0,00
S123	109,65	873,44	-3,30	555,81
S124	7,09	918,39	-2,59	540,19
S142	109,64	1246,42	-3,30	708,78
S143	3502,91	676,04	2442,60	-7,91
S144	7,09	1193,81	-2,59	659,91
DEVİRİLME MOMENTİ	11856,48	12638,71	7680,18	7929,57
α_m	0,45	0,41	0,41	0,31

Çizelge 4.91 incelendiğinde Probina Orion ve STA4-CAD programlarında perde taban momentlerinin ve toplam devrilme moment değerleri ve α_m değerlerinde farklar olduğu görülmektedir. TDY98 6.5.2.1.'de belirtilen şartlar ($\alpha_m \leq 0,75$), sağlandığından ilk başta seçilen $R=7$ değeri kullanılabilir. STA4-CAD her iki yönde $\alpha_m \geq 0,40$ olduğundan dolayı süneklik düzeyi bakımından karma sistemler olarak ta analiz yapılabilir. Probina Orion'da ise x yönünde $\alpha_m \geq 0,40$ sağlarken y yönünde $\alpha_m \geq 0,40$ değerini sağlayamamaktadır.

Sistem süneklik düzeyi yüksek olarak göz önüne alınacağından yeniden hesap yapmak gerekmemektedir. Statik hesap sonucunda bulunan deplasmanlar kullanılarak düşeyde ve planda düzensizliklerin kontrolü yapılmıştır.

Örnek 6 yapı sistemi için her iki programın analiz sonucuna göre x ve y yönlerinde +%5 dışmerkezlik altında katlara gelen tasarım deprem yükü etkisinde katlara ait max, min ve ortalama görelî kat ötelemeleri, η_{bi} burulma düzensizlik katsayısı, η_{ki} rijitlik düzensizlik katsayısı, $\Delta x/h$ göre kat ötelemeleri ve θ_i ikinci mertebe gösterge değeri çizelge 4.92-95'de verilmiştir.

Çizelge 4.92 STA4-CAD Programına göre x Yönü (+%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri

KAT	$(\Delta_x)_{\max}$	$(\Delta_x)_{\min}$	$(\Delta_x)_{\text{ort}}$	η_{bi}	η_{ki}	$\Delta x/h$	θ_i
9	0,0034974	0,0035098	0,0035036	1,00	0,00	0,00125	0,00477
8	0,0038217	0,0038033	0,0038125	1,00	1,09	0,00136	0,00592
7	0,0041012	0,0040573	0,0040793	1,01	1,07	0,00146	0,00705
6	0,0043002	0,0042307	0,0042655	1,01	1,05	0,00154	0,00809
5	0,0043453	0,0042530	0,0042992	1,01	1,01	0,00155	0,00890
4	0,0041693	0,0040593	0,0041143	1,01	0,96	0,00149	0,00928
3	0,0036968	0,0035770	0,0036369	1,02	0,88	0,00132	0,00895
2	0,0028317	0,0027128	0,0027723	1,02	0,76	0,00101	0,00747
1	0,0014041	0,0013119	0,0013580	1,03	0,49	0,00050	0,00404

Çizelge 4.93 Probina Orion Programına göre x Yönü (+%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri

KAT	$(\Delta_x)_{\max}$	$(\Delta_x)_{\min}$	$(\Delta_x)_{\text{ort}}$	η_{bi}	η_{ki}	$\Delta x/h$	θ_i
9	0,0033660	0,0015450	0,0024555	1,37	0,00	0,00120	0,00540
8	0,0036550	0,0016240	0,0026395	1,38	1,07	0,00131	0,00670
7	0,0038930	0,0016740	0,0027835	1,40	1,05	0,00139	0,00790
6	0,0040530	0,0016860	0,0028695	1,41	1,03	0,00145	0,00900
5	0,0040780	0,0016460	0,0028620	1,42	1,00	0,00146	0,00980
4	0,0038890	0,0015170	0,0027030	1,44	0,94	0,00139	0,01010
3	0,0034370	0,0012930	0,0023650	1,45	0,87	0,00123	0,00960
2	0,0026320	0,0009520	0,0017920	1,47	0,76	0,00094	0,00800
1	0,0013010	0,0004680	0,0008845	1,47	0,49	0,00046	0,00430

Çizelge 4.94 STA4-CAD Programına göre y Yönü (+%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri

KAT	$(\Delta_y)_{\max}$	$(\Delta_y)_{\min}$	$(\Delta_y)_{\text{ort}}$	η_{bi}	η_{ki}	$\Delta y/h$	θ_i
9	0,0036548	0,0023464	0,0030006	1,22	0,00	0,00131	0,00389
8	0,0040455	0,0025597	0,0033026	1,22	1,10	0,00144	0,00487
7	0,0044423	0,0027720	0,0036072	1,23	1,09	0,00159	0,00587
6	0,0047649	0,0029360	0,0038505	1,24	1,07	0,00170	0,00684
5	0,0049119	0,0029922	0,0039521	1,24	1,03	0,00175	0,00764
4	0,0047892	0,0028857	0,0038375	1,25	0,97	0,00171	0,00808
3	0,0042854	0,0025530	0,0034192	1,25	0,89	0,00153	0,00787
2	0,0032557	0,0019147	0,0025852	1,26	0,76	0,00116	0,00653
1	0,0015216	0,0008789	0,0012003	1,27	0,46	0,00054	0,00335

Çizelge 4.95 Probina Orion Programına göre y Yönü (+%5) Düzensizlik Kontrol Parametreleri

KAT	$(\Delta_y)_{\max}$	$(\Delta_y)_{\min}$	$(\Delta_y)_{\text{ort}}$	η_{bi}	η_{ki}	$\Delta y/h$	θ_i
9	0,0032190	0,0003240	0,0017715	1,82	0,00	0,00115	0,00350
8	0,0035780	0,0003460	0,0019620	1,82	1,11	0,00128	0,00430
7	0,0038800	0,0003430	0,0021115	1,84	1,08	0,00139	0,00510
6	0,0041380	0,0003580	0,0022480	1,84	1,06	0,00148	0,00600
5	0,0042270	0,0003460	0,0022865	1,85	1,02	0,00151	0,00660
4	0,0041060	0,0003220	0,0022140	1,85	0,97	0,00147	0,00700
3	0,0036910	0,0002750	0,0019830	1,86	0,90	0,00132	0,00680
2	0,0028710	0,0001960	0,0015335	1,87	0,77	0,00103	0,00580
1	0,0014230	0,0000850	0,0007540	1,89	0,49	0,00051	0,00310

Katların x ve y yönlerinde dışmerkezliğe bağlı olarak analiz sonrası bulunan $(\Delta_i)_{\max}$ değerleri STA4-CAD ve Probina Orion programlarında yaklaşık olarak benzer sonuçlar verirken $(\Delta_i)_{\min}$ değerinin belirlenmesinde Probina Orion, STA4-

CAD göre oldukça küçük değerler vermektedir. $(\Delta i)_{\min}$ değerinin küçülmesi $(\Delta i)_{\text{ort}}$ azaltmakta dolayısıyla η_{bi} katsayısının artmasına dolayısıyla STA4-CAD çıkmayan A1 türü düzensizliğin Probina Orion’da çıkmasına neden olmaktadır. Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği olan B2 türü düzensizlik değerleri her iki programda da birbirine yakın değerler çıkmaktadır. TDY98 6.8.5.’e göre $\beta=1$ alınarak Mod Birleştirme Yöntemine göre analiz yapılmıştır.

4.6.2.3 Betonarme Kesit Hesapları

Örnek 6’ya ait olan yapıda birinci katta bulunan, STA4-CAD ve Probina Orion programında D125 ve D128 olarak ifade edilen döşemelerin hesapta dikkate alınan iç kuvvetleri ve betonarme kesit hesap sonucu bulunan donatılar çizelge 4.96’da verilmiştir.

Çizelge 4.96 Seçilen Döşemelerin Statik ve Betonarme Sonuçları

	KAT	ELEMAN	YÖN	Mesnet sol	Maçıklık	Mesnet sağ	seçilen donatı
STA4	1	D125	X	0,58	0,50	0,75	$\Phi 8/36$ düz+ $\Phi 8/36$ pil
	1		Y	0,34	0,00	1,79	$\Phi 8/36$ düz+ $\Phi 8/36$ pil+ $\Phi 10/20$ sağ ila.
	1	D128	X	1,27	0,99	1,08	$\Phi 8/35$ düz+ $\Phi 8/35$ pil+ $\Phi 8/33$ sağ ila.
	1		Y	0,39	0,40	0,00	$\Phi 8/36$ düz+ $\Phi 8/36$ pil
PROBINA	1	D125	X	0,66	0,49	0,66	$\Phi 8/36$ düz+ $\Phi 8/36$ pil.
	1		Y	0,29	0,22	0,29	$\Phi 8/36$ düz+ $\Phi 8/36$ pil
	1	D128	X	1,06	0,80	1,06	$\Phi 8/36$ düz+ $\Phi 8/36$ pil.+ $\Phi 8/40$ sol üst ila.
	1		Y	0,74	0,56	0,00	$\Phi 8/36$ düz+ $\Phi 8/36$ pil+ $\Phi 8/40$ sol ila.

Çizelge 4.96’de seçilen donatılar incelendiğinde açıklık donatılarının aynı olduğu ancak mesnet ilave donatılarında farklar olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.97 1. kat STA4-CAD ve Probina Orion programlarında K140 nolu kirişe ait kesit özellikleri, iç kuvvetlerin bileşenleri ve hesap değerleri ile betonarme kesit hesabı sonucu gerekli olan donatı alanı A_s ve seçilen donatılar verilmiştir.

Çizelge 4.97 Seçilen Kirişin Statik ve Betonarme Sonuçları

ELEMEN		M_G (tm)	M_Q (tm)	M_{deprem} (tm)	M_{deprem} (tm)	A_s (cm ²)	Seçilen Donatı	
STA4	K140 25/50 TablaB/Ht 83/12 L= 555 L _{nr} =487,5	Msol	-7,049	-1,903	±8,991	17,94 -0,039	9,747 4,874	3Φ12mon+2Φ18 sol üst ila.+2Φ12düz+ 2Φ12pil+1Φ14 sağ üst ila+1Φ20 sol alt ila+1Φ14 sağ alt ila
		Maç	3,72	0,94	-	6,738	4,067	
		Msağ	-3,737	-1,064	±7,552	2,75 -12,35	7,105 3,553	
		Vsol	6,043	1,597	-3,09			Φ8/20/10 etriye
		Vsağ	-4,789	-1,222	-3,09			
PROBINA	K140 25/50 TablaB/Ht 93/12 L= 555 L _{nr} =487,5	Msol	-3,43	-0,97	±7,07	2,67 -11,46	8,01 4,52	2Φ12mon+1Φ12 sol üst ila.+3Φ12sağüst ila+1Φ12 sağ alt ila.+2Φ14düz+ 1Φ14pil
		Maç	3,15	0,91	4,79	5,87	3,39	
		Msağ	5,08	1,45	±7,14	13,65 -0,61	15,96 12,44	
		Vsol	-4,71	-1,25	2,91	8,87		Φ8/23/9 etriye
		Vsağ	-5,77	-1,59	1,84	10,62		

Çizelge 4.97’de M_d açıklık ve mesnet değerleri incelendiğinde STA4-CAD programında sol mesnet ve açıklık momentlerinin bir miktar büyük değerler aldığı, Probina Orion programında ise sağ mesnet değerinin bir miktar büyük olduğu görülmüştür. Bu durum seçilen donatıları etkilediğinden her iki programda da farklı adet ve çapta donatı seçimi yapılmıştır.

Çizelge 4.98’de 1. katta STA4-CAD ve Probina Orion programlarında S126 kolonuna ait iç kuvvetler, hesapta dikkate alınan N_d , M_d değerleri, betonarme kesit hesabı sonucu gerekli donatı alanı ve seçilen donatılar verilmiştir.

Çizelge 4.98 Seçilen Kolonun Statik ve Betonarme Sonuçları

S126 KOLONU (iç kuvvetler)									
ELEMAN	Nz (ton)	Mxüst (tm)	Mxalt (tm)	Myüst (tm)	Myalt (tm)	Tx (ton)	Ty (ton)		
G	121,83	0,36	0,08	-2,81	-0,95	0,16	-1,34		
Q	25,61	0,21	0,09	-0,88	-0,37	0,11	-0,45		
E	30,07	4,43	6,79	2,70	13,31	3,95	5,72		
KOMBİNASYONLAR veDONATI SEÇİMİ									
Kombinasyon	Nd (ton)	M ₁ (tm)	M ₂ (tm)	As		Seçilen Donatı			
(1,4G+1,6Q)x	196,410	-3,843	5,450	24,640		16Φ14 A _s =24,64 cm ²			
(G+Q+E)x	126,439	-4,811	6,961	24,640					
(0,9G+E)x	98,099	-4,813	6,861	24,640					
(1,4G+1,6Q)y	196,410	0,338	-6,629	24,640					
(G+Q+E)y	107,914	2,339	-14,625	24,640					
(0,9G+E)y	79,574	2,399	-14,164	24,640					
ELEMAN	Nz (ton)	Mxüst (tm)	Mxalt (tm)	Myüst (tm)	Myalt (tm)			Tx (ton)	Ty (ton)
G	-127,80	0,23	0,14	-2,62	-1,28			-0,16	1,70
Q	-28,17	0,27	0,18	-0,76	-0,38	-0,20	0,50		
E	220,27	3,17	6,35	5,83	16,08	4,14	9,51		
KOMBİNASYONLAR veDONATI SEÇİMİ									
Kombinasyon	Nd (ton)	M ₁ (tm)	M ₂ (tm)	As		Seçilen Donatı			
(1,4G+1,6Q)x	223,988	9,520	14,000	20,000		KESİT YETERSİZ. DONATI SEÇİLEMİYOR.			
(G+Q+E)x	372,789	15,840	23,300	65,080					
(0,9G+E)x									
(1,4G+1,6Q)y	223,988	9,520	14,000	20,000					
(G+Q+E)y	372,789	15,840	23,300	65,080					
(0,9G+E)y									

Çizelge 4.98 kolon momentleri incelendiğinde moment değerlerinde farklar olduğu görülmüştür.

STA4-CAD kolon uç iç kuvvetlerini kat düzeylerindeki değerlerini vermekte olup, kiriş alt yüzündeki değerlere taşımamakta Probina Orion ise uç iç kuvvetleri kiriş alt yüzündeki rijit bölge dışında değer vermektedir.

4.6.2.4 TDY98 göre Süneklik Düzeyi Yüksek Elemanlar için Kontrol Parametreleri

TDY98 madde 7.3.5 gereği sadece çerçevelerden veya perde ve çerçevelerin birleşiminden oluşan taşıyıcı sistemlerde, her bir kolon-kiriş düğüm noktasına birleşen kolonların taşıma gücü momentlerinin toplamı, o düğüm noktasına birleşen kirişlerin taşıma gücü momentleri toplamından en az %20 daha büyük olması gerekmektedir. Bu madde gereği STA4-CAD ve Probina Orion'da aynı olarak seçilmiş dört düğüm noktasında kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu incelenmiştir ve çizelge 4.99'de verilmiştir.

Çizelge 4.99 Güçlü Kolon Kontrolü

DÜĞÜM	KOLON		KİRİŞ		Açıklama		
	KOLON	Mrc	KİRİŞ	Mrb			
STA4	S126X	kontrol yapılmıyor.				Poligon Kolon	
	S126Y	kontrol yapılmıyor.				Poligon Kolon	
	S101X	S201(23,33)+S101(25,48)	48,81	K101(6,85)+K103(9,87)	19,47	√	
	S101Y	S201(157,5)+S101(145,9)	303,41	K139(17,42)	20,9	√	
	S128X	kontrol yapılmıyor.					Poligon Kolon
	S128Y	kontrol yapılmıyor.					Poligon Kolon
	S136X	S236(16,05)+S136(14,78)	30,82	K130(11,78)	14,15	√	
	S136Y	S236(16,84)+S136(15,82)	32,66	K137(14,94)	17,93	√	
PROBINA	S126X	S226(0,00)+S126(0,00)	0	K119(10,98)+K120(5,76)	20,09	YETERSİZ	KESİT YETERSİZ
	S126Y	S226(0,00)+S126(0,00)	0	K140(25,11)+K141(34,73)	71,01	YETERSİZ	KESİT YETERSİZ
	S101X	S201(17,13)+S101(17,66)	34,79	K101(0)+K103(9,17)	11	√	Nd<0,1Acfck koşulu
	S101Y	S201(102,73)+S101(106,01)	208,74	K139(14,97)	17,96	√	Nd<0,1Acfck koşulu
	S128X	S228(15,46)+S128(12,87)	28,33	K121(12,95)	15,54	√	Nd<0,1Acfck koşulu
	S128Y	S228(27,50)+S128(22,32)	49,82	K146(18,67)+K147(24,32)	51,59	√	Nd<0,1Acfck koşulu
	S136X	S236(13,72)+S136(0,00)	13,72	K130(10,98)	13,18	YETERSİZ	KESİT YETERSİZ
	S136Y	S236(13,72)+S136(0,00)	13,72	K137(12,83)	15,4	YETERSİZ	KESİT YETERSİZ

Çizelge 4.99 incelendiğinde STA4-CAD programında güçlü kolon kontrolünde herhangi bir kesit yetersiz eleman bulunmazken, Probina Orion programında ise S126 ve S136 kolonlarının kesitinin yetersiz olduğu bu nedenle güçlü kolon kontrolünü de sağlamadıkları görülmektedir. STA4-CAD programı L,T,U vs. şeklindeki poligon kolonlarda TDY98 maddelerinde açıklayıcı madde

olmamasından dolayı güçlü kolon kontrolü yapmamaktadır. Bu nedenle S126 ve S128 kolonları poligon kolon menüsüyle girişi yapıldığından güçlü kolon kontrolü yapılmamıştır.

Güçlü kolon kontrolü için seçilen düğüm noktaları için kesme güvenliğinin kontrolü çizelge 4.100'de verilmiştir.

Çizelge 4.100 Kolon-Kiriş Birleşim Bölgesi Kesme Güvenliği Kontrolü

	KOLON NO	Vkol	Asu1	Asa1	Asu2	Asa2	bj	hc	Vmax	Ve	Açıklama
STA4	S126X										kuşatılmamış
	S126Y										kuşatılmamış
	S101X	2,90	5,4	0,0	5,4	0,0	25	25	46,9	25,5	kuşatılmamış
	S101Y	8,40	10,1	0,0	10,1	0,0	25	145	271,9	44,6	kuşatılmamış
	S128X										kuşatılmamış
	S128Y										kuşatılmamış
	S136X	2,20	6,5	0,0	6,5	0,0	25	40	75,0	32,1	kuşatılmamış
	S136Y	1,50	8,5	0,0	8,5	0,0	25	40	75,0	43,0	kuşatılmamış
PROBINA	S126X	4,35	6,8	3,4	6,8	3,4	25		79,7	49,1	kuşatılmamış
	S126Y	11,69	16,0	12,4	16,0	13,6	25		117,2	143,4	YETERSİZ
	S101X	3,70	5,7	3,4	5,7	3,4	25		46,9	43,8	kuşatılmamış
	S101Y	14,23	9,4	4,5	0,0	0,0	25		271,9	35,3	kuşatılmamış
	S128X	3,96	8,0	6,8	0,0	0,0	25		79,7	38,1	kuşatılmamış
	S128Y	8,91	8,3	6,5	8,3	6,8	30		140,6	70,4	kuşatılmamış
	S136X	3,70	6,8	3,4	0,0	0,0	25		75,0	31,9	kuşatılmamış
	S136Y	4,30	8,0	4,5	0,0	0,0	25		75,0	37,8	kuşatılmamış

Çizelge 4.100 incelendiğinde ele alınan birleşim bölgelerinde STA4-CAD programında kolon-kiriş birleşim bölgesi kesme güvenliği kontrolünü sağlamayan herhangi bir bölge bulunmaktayken, Probina Orion programında S126 kolonunun y yönünde kolon-kiriş birleşim bölgesi kesme güvenliği kontrolünü sağlamadığı görülmektedir.

Programların analiz sonuçları oluşturulan metrajlar çizelge şeklinde verilmek istenmiş ancak betonarme sonuçları incelendiğinde STA4-CAD programında K547 ve K552 kirişlerinde kiriş kesme kontrolünden dolayı kesit yetersiz eleman bulunurken, Probina Orion programında toplam 43 kirişte kiriş kesme kontrolünden dolayı kesit yetersiz eleman bulunmaktadır. Ayrıca Probina Orion programında TDY98 madde 7.3.1.2. gereği S26 ve S31 kolonlarının 1.,2.,ve 3. katta, S34, S35, S36, S37 kolonlarında 1. katta, S09 kolonunda 1. ve 2. katta $A_c \geq N_{dmax} / (0,50 f_{ck})$ koşulunu sağlamadığı için kolon kesitleri yetersiz gelmektedir. Sonuçta bu kolonlara donatı seçimi program tarafından yapılmamaktadır. Ayrıca 64 kolonda daha Probina Orion donatı seçimi yapmamaktadır. Dolayısıyla bu durum metraj tablosuna eksik metraj olarak yansıtacağından metraj karşılaştırma çizelgesi oluşturulamamıştır.

5. SONUÇLAR

Probina Orion, STA4-CAD, SAP2000 programlarıyla çözülen örneklere ait sonuçlar karşılaştırıldığında ortaya çıkan değerlendirmeler aşağıdaki gibidir.

Her iki programda TDY98'e uyumlu olarak analiz ve kontrollerin yapıldığı, sonuçların anlaşılır bir şekilde kullanıcıya sunulduğu görülmektedir.

Her iki programda grafik editöre sahiptir. Bu kullanım kolaylığı ve hız bakımından önemli bir avantaj olarak görülmektedir. Probina Orion'nın grafik editörü Auto-Cad programının kullanımına çok benzemektedir.

Her iki programda, kalıp planları ve diğer paftalar *.dxf uzantılı dosyalar olarak Auto-Cad'e aktarılarak uyumlu çalışmaktadır.

Probina Orion analiz yaparken TDY98 6.8.4' e göre birleştirilerek elde edilen bina toplam deprem yükü V_{TB} 'nin, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde TDY 98 denklem 6.4'ten hesaplanan bina toplam deprem yükü V_t 'ye oranının β değerinden küçük olduğunda ($V_{TB} < \beta V_t$), Mod Birleştirme Yöntemi'ne göre bulunan tüm iç kuvvet ve yerdeğiştirme büyüklüklerini TDY 98 denklem 6.18' e göre B katsayısıyla büyüterek analiz sırasında gerekli uyarıyı vermektedir. STA4-CAD böyle bir uyarı vermemekte, analiz sonucuna otomatik olarak yansıtılmaktadır.

Her iki programda da çözülen örneklerde periyotlar ve kat ağırlıkları incelendiğinde Probina Orion programında kat ağırlıklarının STA4-CAD programına göre daha az çıktığı görülmüştür. Probina Orion programı sonuçlarına göre yapının doğal periyotları STA4-CAD programında bulunan değerlere göre bir miktar büyük çıkmakta bu da programda alınan kütledeki ve yapı elemanlarının rijitliklerinin belirlenmesindeki farklılıktan kaynaklandığı düşünülmektedir.

STA4-CAD perde tabanındaki eğilme momentlerinin hesabında, perdeler düzlemi içinde saplanan kirişlerin uçlarında depremden meydana gelen kesme

kuvvetlerinin katkısını da göz önüne alırken Probina Orion sadece perde momenti ve devrilme momentini kullanmaktadır.

STA4-CAD programı analiz sonucunda A1, B2 ve B3 türü düzensizliklerden herhangi biri çıktığı zaman $\beta=1$ alınarak Mod Birleştirme yöntemine geçiş yaptırmaktadır. Probina Orion ise seçilen analiz tipine göre gerekli uyarıyı vermektedir.

Her iki programda Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde binanın yüksekliği 25 m'den yüksek olduğunda TDY98'de belirtilen tepe yükünü hesaplara doğru bir şekilde aktarmaktadır.

A1 düzensizliği kontrolü yapılırken Probina Orion'nın min yerdeğiştirme değerlerinin STA4-CAD programına göre çok küçük değerler çıkması sonuçta A1 burulma düzensizliği değerlerinin daha büyük değerler almasına sebep olmaktadır. Ayrıca programın yazım şeklinde η_b (Eta-b) olarak ifade edilmesi gereken büyüklük Eta-C olarak ifade edilmektedir.

Seçilen örneklerde döşeme sonuçları çizelgeleri incelendiğinde, STA4-CAD programı döşemenin mesnetlenmesine ve boyutlarına bağlı olarak düzgün yayılı yükü q , iki doğrultuda q_x ve q_y olarak bileşenlere ayırıp 1 m genişlikli sürekli kiriş olarak çözümlenmektedir. Probina Orion programı ise default olarak TS 500 çizelge 11.1'de verilen moment katsayılarını kullanmaktadır.

Kiriş sonuçları çizelgeleri incelendiğinde, kirişlerin etkili tabla genişliğinin hesaplanmasından STA4-CAD, TS 500 madde 6.3.6 verilen bağıntıda l_p : (moment sıfır noktaları) mesafe olarak tüm kirişlerde kenar ve iç açıklığa bakılmaksızın $l_p = 0,6 l_{net}$ olmaktadır. Probina Orion ise kenar ve iç açıklık için tanımlanan katsayıları kullanmaktadır. Ayrıca Probina Orion default olarak deprem etkilerinden dolayı açıklıkta moment değeri almakta, eğer default ayarları değiştirilirse açıklık momenti belirlenmesinde sadece düşey yüklerin etkisi göz önüne alınarak deprem momenti oluşması engellenebilir. Ayrıca Probina Orion'da kirişlerde $0,9G \pm E$ yüklemesi yapılmamaktadır. Kirişler için $0,9G \pm E$ yüklemesi

özellikle mesnette + moment durumunda olumsuz sonuç vereceğinden program tarafından bu yüklemenin neden yapılmadığı anlaşılamamıştır.

Kiriş analiz sonuçları kısmında belirtilen sağ ve sol olarak ifade edilen mesnetler, kiriş açılımı detay çizimlerinde sol ve sağ olarak yerdeğiştirmektedir. Bundan dolayı kullanıcının sonuçlarda sağ ve sol ifadeler yerine kat kalıp planına bakılarak kirişin mesnetlendiği kolonlar göz önüne alınarak sonuçların kontrol edilmesi uygun olacaktır.

Kolon sonuçları çizelgeleri incelendiğinde moment değerlerinde farklar olduğu görülmüştür. STA4-CAD programı, kolon uç iç kuvvetlerini kat düzeyindeki değerlerini vermekte olup, kiriş alt yüzündeki değerlere taşımamakta Probing Orion ise uç iç kuvvetleri kiriş alt yüzündeki rijit bölge dışında değer vermektedir.

Çözülen örneklerde, Probing Orion ve STA4-CAD programlarında perde taban momentlerinin ve toplam devrilme moment değerlerinin farklı olduğu ancak α_m değerlerinin birbirine yakın değerler aldığı görülmektedir.

Her iki programda da TDY98 madde 7.3.5 de verilen kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu incelenmekte olup kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulunun bazı kolonlarda sağlanamaması durumunda TDY98 madde 7.3.6 uygulanmaktadır. Ancak STA4-CAD programı L,T,U vs. şeklindeki poligon kolonlarda TDY98 maddelerinde açıklayıcı madde olmamasından dolayı güçlü kolon kontrolü yapmamaktadır. Probing Orion programı ise L,T,U vs. şeklindeki poligon kolonlarda bu kontrolleri yapmaktadır.

Kolon-kiriş birleşim bölgesi kesme güvenliği kontrolleri her iki programda da yapılmaktadır. Çizelgeler incelendiğinde Probing Orion kolon-kiriş birleşim bölgesinde kesme güvenliği kontrolünü yaparken kirişlerin kaçıklığından dolayı farklı noktalardan aynı kolona bağlanmış kirişleri sürekli kiriş olarak dikkate almakta, dolayısı ile $A_{s1}+A_{s2}$ donatı alanı fazla değer vermektedir. Bu nedenle bazı birleşim noktalarının kontrolün sağlanmadığı şeklinde sonuçlanmaktadır. TDY98 madde 7.5.2.2 de verilen b_j değeri göz önüne alınan deprem

doğrultusunda, birleşim bölgesine sapanan kirişin düşey orta ekseninden itibaren kolon kenarlarına olan uzaklıklardan küçük olanının iki katı olması gerekmekte, kiriş genişliği ile birleşimin derinliğinin toplamını aşmamalıdır. Ancak Probina Orion, kiriş genişliği ile birleşimin derinliğinin toplamını aşmasına rağmen kiriş orta aksından kolon kenarına olan mesafeyi b_j değeri olarak almaktadır. Ayrıca STA4-CAD programı L,T,U vs. şeklindeki poligon kolonlarda TDY98 maddelerinde açıklayıcı madde olmamasından dolayı kolon kiriş birleşim bölgesi kesme güvenliği kontrolü yapmamaktadır. Probina Orion programı ise L,T,U vs. şeklindeki poligon kolonlarda ilgili yöndeki kolon kesitlerini dikkate alarak bu kontrolleri yapmaktadır.

Çözülen örneklerde metraj sonuçları karşılaştırıldığında Probina Orion programında kirişlerde açıklıkta deprem momentini dikkate almasından dolayı STA4-CAD programına göre kiriş donatı metrajının bir miktar fazla çıktığı görülmüştür. STA4-CAD programında ise döşeme donatılarının Probina Orion programına göre bir miktar fazla çıktığı görülmüştür. Bunun nedeninin, STA4-CAD programı döşemenin mesnetlenmesine ve boyutlarına bağlı olarak düzgün yayılı yükü q , iki doğrultuda q_x ve q_y olarak bileşenlere ayırıp 1 m genişlikli sürekli kiriş olarak çözümlenmektedir. Probina Orion programı ise default olarak TS 500 çizelge 11.1'de verilen moment katsayılarını kullandığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Kolon sonuçlarında çeşitli kombinasyonlarda bileşik eğilme durumuna göre farklı donatılar çıkmasında, default değerlerine bakıldığında STA4-CAD kolon donatı hesabında çekme bölgesinde toplam %1 lik donatıyı 4 yüze eşit dağıtarak %0,25 olarak donatı yerleştirmektedir, Probina Orion ise brüt kesitte %1 olarak gövde donatısını gövde genişliğine bağlı olarak yerleştirdiğinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Amasralı S., STA4-CAD Ver-11.0, 2004, “Structural Analysis For Computer Aided Design”, İstanbul.
- Atımtay E., 2000, “Çerçeve ve Perdeli Betonarme Sistemlerin Tasarımı Temel Kavramlar ve Hesap Yöntemleri Cilt2” Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- Baran T., 2001, “Probin Orion 2000 Hazır Programının Yeni Deprem Yönetmeliği Bakımından İrdelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Celep Z., Kumbasar N., 2005 “Betonarme Yapılar”, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- CSI, SAP2000, Ver 7.12, 2000, “Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures”, Computers and Structures, Inc., Berkeley, CA.
- Çavuş M., 2002, “ Betonarme Yapı Analizlerinde Kullanılan İki Paket Programın Karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Duman M., 2000, “ STA4-Cad Hazır Programının Yeni Deprem Yönetmeliği (TDY98) Bakımından İrdelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Ersoy U., 1995, “Betonarme 2 Döşeme ve Temeller Cilt2”, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- İMO Ankara Şubesi 2002, “İnşaat Mühendisliğinde Statik Proje Çözümlerinde Bilgisayar Uygulamaları”, Ankara.
- İMO Ankara Şubesi 2002, “Mühendislik ve Mühendislik Eğitimi”, Ankara.

Özdemir M.A, 1999, “Sap90, Sta4-Cad, Probina, Babaloğlu Bilgisayar Programlarının Düşey Yüklere Göre Karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.

Probina Orion Ver-13-c6v2005, “Bina Sistemleri 3-boyutlu Sonlu Elemanlar Analizi-Dizaynı-Çizimi”, Prota Yazılım Ltd. Şti., Ankara.

Taşcıoğlu A., 2002, “Planda Düzensizlik İçeren Yapısal Sistemlerin Analizinde Kullanılan Paket Programların İrdelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

TDY98, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, TC. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.

TS 498, 1987, Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS 500, 2000, Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın hazırlanması sırasında büyük bir sabır göstererek, yardımlarını ve ilgisini esirgemeyen, bilgi ve tecrübesinden faydalandığım değerli danışman hocam Sayın Yrd.Doç.Dr. Ali ERGÜN'e teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca bu çalışmamda programların elde edilmesinde destek veren STA4-CAD program yapımcısı Sayın Serdar AMASRALI'ya, Probina Orion program yapımcısı Sayın Joseph KUBİN'e ve çalışma arkadaşlarına, beni yalnız bırakmayan tüm dostlarıma ve bugüne gelene kadar her zaman maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

Saygılarımla...

Ayşegül LÜLE

ÖZGEÇMİŞ

1980 yılında Afyonkarahisar'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Afyonkarahisar'da tamamladı. 2002 yılında Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. 2002 yılı Ağustos ayında İnşaat Mühendisleri Odası Ankara Şubesi Afyonkarahisar Temsilciliği'nde Mesleki Denetim Görevlisi olarak atandı. Halen aynı görevi sürdürmektedir. Yabancı dili İngilizce'dir. Bekardır.