

# ÇERÇEVE TİPİ BETONARME YAPILARDA DÖŞEME SÜREKSİZLİKLERİNİN KESİT TESİRLERİNE ETKİSİ

**Mehmet TERZİ, Hasan ELÇİ**

Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Balıkesir

Geliş Tarihi : 17.01.2006

## ÖZET

Yapı taşıyıcı sistemlerinin tasarımında, deprem kuvvetlerinin güvenli bir şekilde karşılanması temel unsurlardan biridir. Yapının simetri özelliği taşıması ve düzenli taşıyıcı sisteme sahip olması, depreme dayanıklı yapı tasarımı yaklaşımında en önemli ilkeyi oluşturur. Düzenli yapılar gerek uygulamada gerekse analiz ve boyutlamada daha pratik ve ekonomik olmalarının yanı sıra, hesap davranışı ile gerçek yapı davranışının biri birine yakın olmaları ile, iyi bir tasarım için tercih edilen ilk çözüm seçeneğidirler. Deprem davranışı açısından yapıların yatayda ve düşeyde süreksizlik göstermeleri, ani rijitlik değişimi ile kütle farklılıkları içermeleri kaçınılmazı gereken olumsuz hallerdir. Bu özellikleri taşıyan yapılar, taşıyıcı sistem bakımından düzensiz yapılar olarak kabul edilirler. Bu tür yapılar pratikte, düzenli yapılara nazaran daha hatalı uygulamaya sebep olabilecekleri gibi, boyutlamada da bazı kesit tesirlerinin büyümesi ile ekonomik olmaktan uzaklaşırlar. Düzenli yapıların deprem analizlerinde kullanılan doğrusal hesap yöntemlerinin, düzensiz yapılarda ne kadar sağlıklı sonuçlar vereceği tartışılır. Yapı sisteminin analizi, Deprem Yönetmeliği esaslarına göre düzenli çerçeveli bir yapıdaki döşeme boşluk oranlarının değişimine göre; Eşdeğer Deprem Yüğü ve Modların Birleştirilmesi Yöntemine göre SAP2000 Yapı Analizi Paket Programı ile yapılmıştır. Yapıda, döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığının kabul edildiği ve edilmediği durumlar da göz önüne alınarak elde edilen kesit tesirleri karşılaştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler :** Düzensiz yapılar, Rijit diyafram, Deprem yönetmeliği, Kesit tesirleri.

## THE INFLUENCES OF THE SLAB DISCONTINUITIES ON THE INTERNAL FORCES, AT FRAME TYPE REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

### ABSTRACT

To resist earthquake forces in a confidential manner is one of the fundamental requirements of the structural system design of buildings. The main principles of Earthquake-resistant design of buildings have the symmetric plan and regular configuration of the structural system. Regular buildings are easier in application, for designing, dimensioning of structural elements and much more economic for construction cost. Also, the results of the structural system analysis of regular buildings represent the behaviour of the real structure. For these reasons, regular buildings are preferred for the best building design and analysis. Vertical and horizontal discontinuities in building structures, instant stiffness changes and variation of mass distribution are negative states, display good seismic behaviour. The buildings having irregularities in plan and in elevation are accepted as non-regular buildings. In practise, non-regular buildings are not economic in construction cost, lead to stress concentrations hazardous to the structure and causing erroneous application. If the basic methods of structural analysis for regular buildings are applied to non-regular buildings the effects of irregularities must be considered. Analysis of the regular frame type structural systems according to The Turkish earthquake code is performed on a linear elastic model assuming different cavity ratios of the floor slab by using SAP2000 Structural Analysis Programme applying simplified modal response spectrum analysis methods. Numerical results of the internal forces of the elements of the structural system are obtained and compared for two different cases in one case the floor diaphragms are sufficiently rigid in their plane, in the other case unsufficiently rigid in their plane.

**Key Words :** Irregular structures, Rigid diaphragm, National earthquake code, Internal forces.

## 1. GİRİŞ

Döşemeler esas olarak düşey yükleri karşılar ve bunları kirişler aracılığıyla kolon ve perdelerle iletirler. Bunun yanında yatay yüklerin düşey taşıyıcı elemanlara dağıtılması da döşemeler tarafından yapılır. Bu durumda döşemeler düzlemleri içindeki yükler etkisi altında kalır ve yük aktarmaları diyafram davranışı ile olur (Celep ve Kumbasar, 2000). Genel olarak döşemeler düzlemi içinde rijit kabul edilir. Bu yüzden döşemelerin deprem anındaki görevleri, deprem yüklerini düşey taşıyıcılara güvenli bir şekilde aktarmaktır. Döşeme rijit ise, diğer bir deyişle rijit diyafram olarak çalışıyorsa, yatay yükler altında kendi düzlemi içinde deforme olmadan rijit bir kütle gibi öteleme hareketi yapacaktır. Döşeme esnek ise, yani esnek diyafram olarak çalışıyorsa, rijit ötelemenin yanında şekil değiştirme de yapacaktır (Karadoğan and Rutenberg, 1999).

Döşemenin kendi düzlemi içinde sonsuz rijit kabulünün geçerli olup olmaması konusunda dikkat edilmesi gerekenler (Atımtay, 2000):

- Deprem kuvvetleri, depremin geliş doğrultusu yönüne paralel mod'dan oluşmalıdır.
- Döşemenin plan geometrisi şekil değiştirmeden sabit kalmalıdır. Döşemeler rijit kütle hareketi yapmalıdır.

Çalışmanın amacı; taşıyıcı sistemi betonarme çerçevelerden oluşan bir yapıda yer alan döşemelerdeki boşluk oranlarının değişiminin ve bu boşlukların kat planlarındaki konumlarının kesit tesirlerini ne şekilde değiştireceğinin araştırılmasıdır. Döşemelerin rijit diyafram olarak çalıştıklarının kabul edildiği ve edilmediği durumlar karşılaştırılmıştır. Ayrıca hesap metodu seçiminin de etkisi araştırılmıştır. Döşeme boşluklarının tüm katlarda aynı hizada oldukları varsayılmıştır.

Döşeme süreksizliği için Deprem Yönetmeliğinde belirtilen 1/3 boşluk oranı sınır değeri, taşıyıcı sistemi çerçevelerden oluşan yapılar için ayrı ayrı incelenmiştir.

## 2. DEPREME GÖRE TASARIMDA HESAP YÖNTEMİNİN SEÇİLMESİ

Deprem Yönetmeliğinde belirtilen hükümler doğrultusunda hesaplamalar; Eşdeğer Deprem Yükü ve Mod Birleştirme Yöntemine göre SAP 2000 Yapı

Analizi Paket Programı ile yapılmıştır (Anon., 2000).

### 2. 1. Yapıların Rijit veya Esnek Döşeme Kabulüne Göre Statik Hesabı

Yapıların dinamik analizinde döşemeleri kendi düzlemleri içinde rijit almak genel bir kabuldür. Böylelikle yatay deprem kuvveti analizi için gerekli bilinmeyenler her kat düzlemi için iki ötelenme ve bir dönme bileşeni olmak üzere üçe indirgenir. Bu bir çok yapı için geçerli bir yöntemdir (Doudoumis and Athanatopoulou, 1998).

Ancak öyle durumlar vardır ki döşeme diyaframları rijit olarak kabul edilemez. Bu tür yapılara örnek olarak çok rijit düşey yük taşıyıcı elemanlara sahip asansör çekirdek perdeli binalar, planda düzensiz ve büyük boşluklu döşemeli binalar gösterilebilir.

Döşeme diyaframlarının esnekliği, binanın rijit kabul ile elde edilen dinamik özelliklerini birkaç şekilde değiştirebilir. Öncelikle rijit diyafram kabulü ile bulunan doğal titreşim periyotları, mod serbestlik derecelerini içeren daha detaylı bir model gerektirebilir (Ju and Lin, 1999).

Bu durum, yapıya etkiyen yatay yükün büyüklüğünü ve taşıyıcı elemanlardaki dağılımını etkileyecektir. Döşemenin düzlem içi esnekliği, uygulanan yatay yükün çerçeve ve perdeler arasında dağıtılmasını da etkileyecektir. Örneğin geleneksel rijit diyafram kabulü ile yapılan analizlerde, perde ve çerçevelerin toplam yatay yükü rijitlikleri oranında paylaştıkları varsayılır. Ancak esnek bir diyafram, yükü değişik bir biçimde dağıtabilir. Bu durum, bazı çerçevelerin beklenenden daha fazla yatay yük alması ile sonuçlanabilir. Diğer bir sakınca da, belirgin esnekliğinin gözlemlendiği diyaframlarda deformasyon sonucu ilave burulma momentleri oluşabilmesidir. Söz konusu yapının, plandaki boyutlarının büyük olması, kütle ve rijitlik dağılımlarının planda ve yükseklik boyunca düzensizlikler göstermesi durumunda bu etki daha belirgin hale gelmektedir.

### 2. 2. İncelenen Yapı Sistemlerinin Genel Özellikleri

Sayısal inceleme için, Şekil 1'de genel kat planı görülen, planda 15.0×18.0 m boyutlarında, 24.0 m yüksekliğinde 8 katlı betonarme yapı sistemi ele alınmış ve çeşitli döşeme boşluk oranlarına göre analiz edilmiştir. Yapının 1. Derece Deprem bölgesinde Z1 sınıfı zemin üzerinde yapıldığı kabul edilmiş, malzeme olarak C20 betonu ve S420 çeliği seçilmiştir. Yapı Önem Katsayısı I=1 ve Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R=8.0 olarak alınmıştır.

Betonarme ön hesaplar sonucunda döşeme kalınlığı 12 cm, kiriş boyutları 25/50 cm, kolon boyutları ise 50/50 cm olarak bulunmuş ve hesaplar bu ön boyutlar kullanılarak yapılmıştır.

### 3. SAYISAL UYGULAMALAR

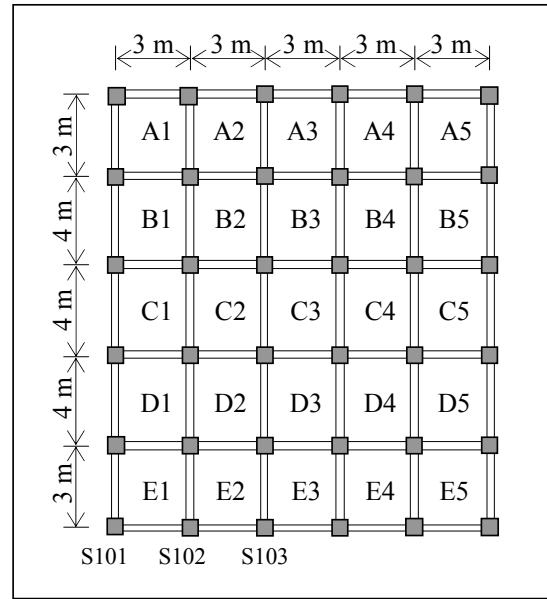
Bu bölümde, yukarıda açıklanan çözüm yöntemlerinin, dört farklı grup altında sayısal uygulamaları yapılacaktır.

1. Grup uygulamalarda, taşıyıcı sistemi düzenli çerçeve bir yapının, döşemelerin rijit diyafram çalıştığı kabul edilerek, Modların Süperpozisyonu Yöntemine göre dinamik analizi ve Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemine göre de statik analizi yapıp sonuçlar karşılaştırılmıştır. Döşeme süreksizlikleri planda sağ alt köşe civarında seçilmiştir.
2. Grup uygulamalarda ise, döşeme süreksizlikleri planda simetrik olarak seçilmiş, döşemelerin rijit diyafram olarak çalıştığı kabul edilerek, Eşdeğer Deprem Yükü ve Mod Birleştirme Yöntemlerine göre hesaplanıp sonuçlar karşılaştırılmıştır.
3. Grup uygulamalarda ise, döşeme süreksizlikleri planda yine simetrik olarak seçilmiş, 2. grup uygulamalardan daha farklı bir kombinasyon düşünülmüştür. Döşemelerin rijit diyafram olarak çalıştığı kabul edilerek, Eşdeğer Deprem Yükü ve Mod Birleştirme Yöntemlerine göre hesaplanıp sonuçlar karşılaştırılmıştır.
4. Grup uygulamalarda ise, döşeme süreksizlikleri planda simetrik olarak değil de rastgele yerleştirilerek değişik bir

uygulama şekli ele alınmıştır. Yine döşemelerin rijit diyafram olarak çalıştığı kabul edilerek, Eşdeğer Deprem Yükü ve Mod Birleştirme Yöntemlerine göre hesaplanıp sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Dört farklı grup altında çözümü yapılan sistemlerden zemin kattaki üç kolonun kesit tesirleri değerleri tablolaştırılmış ve grafiksel olarak da bazı değişimleri gösterilmiştir. Tablolaştırılan kesit tesirleri çözümün bir parçasıdır.

Şekil 1 ve Tablo 1’de uygulamaya esas olan yapıya ait bazı hesap değerleri verilmiştir.



Şekil 1. Çerçeve sistem kat planı ve döşeme numaraları.

Tablo 1. Uygulamalara Esas Olan Çerçeve Tipi Yapıya Ait Bazı Sayısal Değerler.

Yapı No	Kat Alanı (m <sup>2</sup> )	Süreksiz Olan Döşemeler	Boşluk Alanı (m <sup>2</sup> )	Boşluk Oranı	Yapı Ağırlığı (kN)	Taban Kesme Kuvveti (kN) (Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi)		Taban Kesme Kuvveti (kN) (Dinamik Analiz)	
						Vtx	Vty	Vtx	Vty
1	270	-	0	0	26004.53	1964.68	1994.55	1693.35	1651.36
2	270	E5	9	0.033	25241.97	1831.30	1793.44	1543.20	1490.67
3	270	E4+E5	18	0.067	24479.41	1793.12	1750.28	1496.84	1475.44
4	270	A1+E5	18	0.067	24479.41	1798.01	1767.41	1518.39	1439.17
5	270	E3+E4+E5	27	0.100	23716.85	1718.29	1664.92	1448.62	1369.54
6	270	A1+A2+E4+E5	36	0.133	23001.95	1727.45	1664.19	1458.33	1339.01
7	270	A1+A5+E1+E5	36	0.133	23001.95	1709.04	1696.39	1385.29	1328.65
8	270	D5+E3+E4+E5	39	0.144	22954.29	1663.04	1634.35	1402.38	1360.63
9	270	D4+D5+E3+E4+E5	51	0.189	22191.73	1604.46	1578.94	1350.18	1309.31
10	270	A1+A2+C1+C5+E4+E5	60	0.222	21476.83	1652.64	1593.58	1391.75	1280.34
11	270	A1+A5+C1+C5+E1+E5	60	0.222	21476.83	1612.91	1575.39	1323.92	1270.09
12	270	D3+D4+D5+E3+E4+E5	63	0.233	21429.17	1542.90	1525.76	1286.69	1283.77
13	270	C3+C4+C5+D3+D4+D5	72	0.267	21429.12	1584.68	1540.75	1326.96	1284.66
14	270	C5+D3+D4+D5+E3+E4+E5	75	0.278	20666.10	1477.63	1490.03	1213.89	1245.01
15	270	A1+A2+C1+C2+C4+C5+E4+E5	84	0.311	19951.71	1577.18	1488.40	1327.13	1198.85
16	270	A1+A5+C1+C2+C4+C5+E1+E5	84	0.311	19951.71	1535.29	1507.35	1281.29	1191.74
17	270	C4+C5+D3+D4+D5+E3+E4+E5	87	0.322	19904.05	1431.10	1433.09	1200.67	1194.13
18	270	A1+A5+B1+B5+C3+D1+D5+E1+E5	96	0.356	19542.50	1445.17	1517.48	1213.31	1274.75
19	270	C3+C4+C5+D3+D4+D5+E3+E4+E5	99	0.367	19250.50	1535.76	1510.06	1289.52	1259.70
20	270	B2+B3+B4+C2+C3+C4+D2+D3+D4	108	0.400	19141.40	1409.76	1386.79	1178.91	1136.92

### 3. 1. Hesap Kurallarının Açıklanması

#### 3. 1. 1. Genel

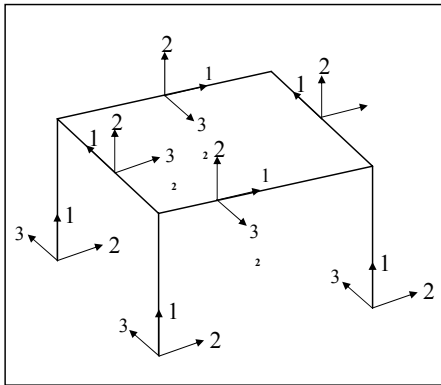
Sayısal uygulamalarda yer alan örneklerin deprem yükleri altında statik ve dinamik analizleri SAP2000 Yapı Analizi Paket Programı ile yapılmıştır. Önce yapının Mod Birleştirme Yöntemine göre dinamik analizi, daha sonra Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemine göre de statik analizi yapılmıştır.

Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelikte katların rijit diyafram olarak çalışması durumunda yatay yüklerin etkime noktası olarak katların kütle merkezinin alınacağı belirtilmektedir. İlave olarak; ek dışmerkezlik etkilerinin hesaba katılabilmesi için, yüklerin gerçek kütle merkezinin gözönüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyunun  $\pm\%5$ 'i kadar kaydırılması ile elde edilen kaydırılmış kütle merkezine etki ettirilmesi gerekmektedir (Anon., 1998).

Döşemenin plan geometrisi hiç şekil değiştirmeden sabit kalmalıdır. Döşemeler rijit kütle hareketi yapmalıdır.

#### 3. 1. 2. Bilgisayar Programında Kullanılan Koordinat Sistemleri

Sistem modelleri, Şekil 2'de verilen genel bir koordinat sistemine göre oluşturulmaktadır (Anonymous, 1995). Sistem modelini oluşturan her nesne (Düğüm noktası, çubuk, sonlu eleman...) kendi yerel eksenine sahiptir. Her nesne için farklı olmak üzere, 1, 2 ve 3 olarak tanımlanan bu eksenler kesit özelliklerinin, yüklerin ve iç kuvvetlerin tanımlanmasında kullanılır (Özmen ve ark., 2002).



Şekil 2. Üç boyutlu çerçeve ve düzlemler.

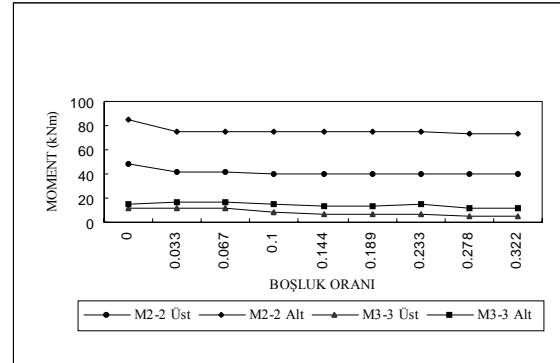
#### 3. 1. 3. 1. Grup Sayısal Uygulamalar

Döşeme boşluklarının kat planı içinde belirli bir bölgede yoğunlaştırılmış çeşitli boşluk oranlarına

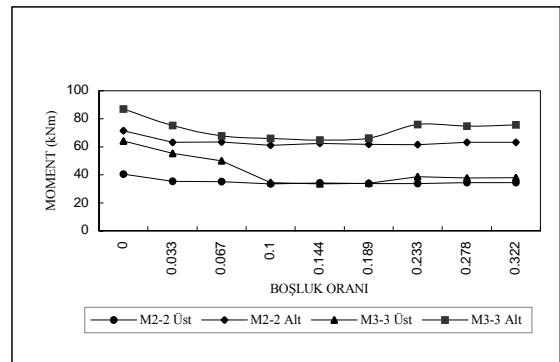
göre kesit tesirlerinin değişimi, döşemelerin rijit diyafram kabul edildiği durumlar dikkate alınarak irdelenmiştir.

1. Grup uygulamalarda döşeme boşluklarının kat planında belirli bir bölgede simetrik olmadan yoğunlaştırılması ile oluşturulan örneklerin Mod Birleştirme Yöntemi ve Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile çözümleri yapılmıştır. Bu çözümlerden elde edilen kesit tesirleri Tablo 2 ve Tablo 3'te incelendiğinde, boşluk oranı 0.189 değerine yaklaşırken taban kesme kuvvetleri ile birlikte kesit tesirlerinde de azalma gözlenmektedir. Boşluk oranı 0.189'dan büyük örneklerde taban kesme kuvvetlerinde azalma devam ederken kesit tesirlerindeki değişimin tam tersi olduğu görülmüştür. Şekil 3 ve Şekil 4'te ise çözüm yöntemlerine göre S102 kolonundaki moment değişimi grafiksel olarak verilmiştir.

1. Grup uygulamalarda ortaya çıkan sorunun döşeme boşluklarının kat planına simetrik yerleştirilmesi sonucunda ortadan kalktığı gözlenmiştir.



Şekil 3. Çerçeve sistem eşdeğer deprem yükü yöntemi (Y Yönü Dep.X+%5 Dış M.) S102 kolonu moment değişimi.



Şekil 4. Çerçeve sistem dinamik analiz (Y Yönü Dep.X+%5 Dış M.) S102 kolonu moment değişimi.

Tablo 2. 1. Grup Uygulama için Çerçeve Sistem Dinamik Analiz (Y Yönü Deprem X Yönü + % 5 Dışmerkezlik Durumu).

Süreksiz Olan Döşemeler	Boşluk Oranı	Taban Kesme Kuvveti		S 101				S 102				S103						
		$V_{ix}$ (kN)	$V_{iy}$ (kN)	N (kN)	$M_{2-2}$ (kNm)		$M_{3-3}$ (kNm)		N (kN)	$M_{2-2}$ (kNm)		$M_{3-3}$ (kNm)		N (kN)	$M_{2-2}$ (kNm)		$M_{3-3}$ (kNm)	
					Üst	Alt	Üst	Alt		Üst	Alt	Üst	Alt		Üst	Alt		
-	0.000	1693.35	1651.36	341.4	36.4	68.4	41.3	76.3	234.7	40.5	71.5	64.2	87.0	242.2	42.1	75.0	63.4	86.7
E5	0.033	1543.20	1490.67	321.7	31.2	58.8	35.6	65.9	214.2	35.4	63.3	55.4	75.2	223.3	37.5	67.0	54.7	74.9
E4+E5	0.067	1496.84	1475.44	316.9	31.6	59.8	32.1	59.5	216.2	35.3	63.4	49.9	67.9	222.8	37.1	66.6	49.4	67.7
E3+E4+E5	0.100	1448.62	1369.54	213.6	17.3	50.5	20.0	59.1	206.6	33.5	61.0	34.5	66.0	199.1	33.1	63.9	33.9	65.7
D5+ E3+E4+E5	0.144	1402.38	1360.63	211.3	18.0	52.6	19.0	58.0	210.8	34.3	62.4	33.5	64.8	200.6	33.3	64.2	33.0	64.6
D4+D5+ E3+E4+E5	0.189	1350.18	1309.31	213.3	17.7	51.9	19.2	59.3	209.3	33.9	61.8	34.0	66.3	199.4	33.0	63.9	33.5	66.1
D3+D4+D5+ E3+E4+E5	0.233	1286.69	1283.77	214.9	17.5	52.3	21.7	68.0	207.0	33.7	61.6	38.7	76.0	195.7	32.6	63.3	38.0	75.7
C5+D3+D4+ D5+E3+E4+ E5	0.278	1213.89	1245.01	213.3	18.4	54.9	20.8	66.8	211.6	34.6	63.3	37.7	74.7	198.9	32.7	63.5	37.0	74.5
C4+C5+ D3+D4+D5 E3+E4+E5	0.322	1200.67	1194.13	215.2	18.3	54.8	20.8	67.7	212.7	34.4	63.1	38.0	75.8	199.4	32.5	63.3	37.4	75.5

Tablo 3. 1. Grup Uygulama için Çerçeve Sistem Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi (Y Yönü Deprem X Yönü + % 5 Dışmerkezlik Durumu).

Süreksiz Olan Döşemeler	Boşluk Oranı	Taban Kesme Kuvveti		S 101				S 102				S103						
		$V_{ix}$ (kN)	$V_{iy}$ (kN)	N (kN)	$M_{2-2}$ (kNm)		$M_{3-3}$ (kNm)		N (kN)	$M_{2-2}$ (kNm)		$M_{3-3}$ (kNm)		N (kN)	$M_{2-2}$ (kNm)		$M_{3-3}$ (kNm)	
					Üst	Alt	Üst	Alt		Üst	Alt	Üst	Alt		Üst	Alt		
-	0.000	1964.68	1994.55	306.8	41.9	-79.7	-7.4	13.3	292.5	47.6	-85.7	-11.4	15.2	306.1	47.6	-85.7	-11.2	15.1
E5	0.033	1831.30	1793.44	285.1	36.5	-69.7	-7.9	14.4	266.9	42.0	-75.8	-12.3	16.4	281.5	44.7	-80.7	-12.1	16.3
E4+E5	0.067	1793.12	1750.28	286.3	36.4	-69.7	-7.5	13.9	268.1	41.7	-75.7	-11.8	16.0	281.6	44.3	-80.4	-11.6	15.9
E3+E4+E5	0.100	1718.29	1664.92	193.3	20.5	-61.5	-4.7	13.8	264.0	40.6	-74.6	-8.0	15.4	254.6	40.1	-78.0	-6.6	14.7
D5+ E3+E4+E5	0.144	1663.04	1634.35	188.8	20.7	-61.4	-3.9	11.7	263.0	40.5	-74.4	-6.8	13.1	251.8	39.5	-77.1	-5.4	12.4
D4+D5+ E3+E4+E5	0.189	1604.46	1578.94	191.1	20.6	-61.8	-4.0	12.2	263.4	40.4	-74.3	-7.0	13.7	251.5	39.5	-77.0	-5.6	13.0
D3+D4+D5+ E3+E4+E5	0.233	1542.90	1525.76	195.9	20.5	-61.6	-4.0	13.0	261.1	40.2	-74.2	-7.3	14.5	239.0	39.0	-76.8	-5.8	13.8
C5+D3+D4+ D5+E3+E4+E 5	0.278	1477.63	1490.03	188.8	20.6	-62.0	-3.1	10.3	259.8	40.0	-73.7	-5.7	11.5	237.1	38.3	-75.6	-4.3	10.8
C4+C5+ D3+D4+D5 E3+E4+E5	0.322	1431.10	1433.09	190.3	20.5	-61.9	-3.1	10.3	260.4	39.9	-73.6	-5.7	11.6	237.5	38.2	-75.4	-4.3	10.9

### 3. 1. 4. 2. Grup Sayısal Uygulamalar

Döşeme boşluklarının kat planında simetrik olarak yanyana yerleştirilmesi ile oluşan örneklerin boşluk oranı değişimine göre kesit tesirleri karşılaştırılmış

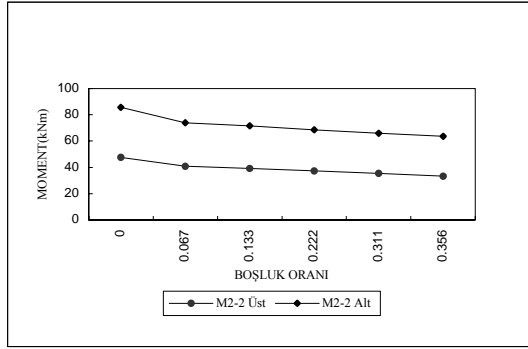
ve Tablo 4 ile Tablo 5'teki sonuçlar elde edilmiştir. S102 kolonundaki moment değişimi de grafiksel olarak Şekil 5 ve Şekil 6'da verilmiştir. Döşemelerin rijit diyafram olarak davrandığı kabul edilerek kesit tesirleri hesaplanmıştır.

Tablo 4. 2.Grup Uygulama için Çerçeve Sistem Dinamik Analiz (Y Yönü Deprem X Yönü + % 5 Dışmerkezlik Durumu).

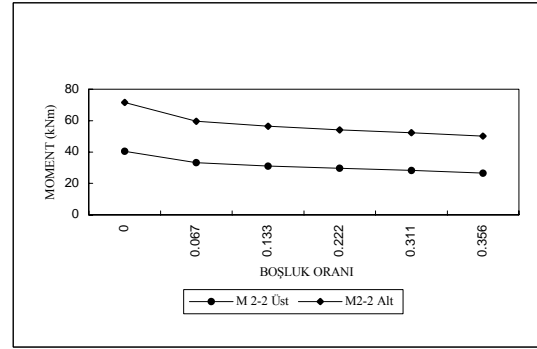
Süreksiz Olan Döşemeler	Boşluk Oranı	Taban Kesme Kuvveti		S 101				S 102				S103						
		$V_{ix}$ (kN)	$V_{iy}$ (kN)	N (kN)	$M_{2-2}$ (kNm)		$M_{3-3}$ (kNm)		N (kN)	$M_{2-2}$ (kNm)		$M_{3-3}$ (kNm)		N (kN)	$M_{2-2}$ (kNm)		$M_{3-3}$ (kNm)	
					Üst	Alt	Üst	Alt		Üst	Alt	Üst	Alt		Üst	Alt		
-	0.000	1693.35	1651.36	341.4	36.4	68.4	41.3	76.3	234.7	40.5	71.5	64.2	87.0	242.2	42.1	75.0	63.4	86.7
A1+E5	0.067	1518.39	1439.17	316.0	28.7	54.3	38.2	70.8	202.1	33.3	59.6	59.5	80.8	214.5	36.0	64.3	58.8	80.5
A1+A2+ E4+E5	0.133	1458.33	1339.01	309.0	26.4	50.8	37.3	69.1	195.8	31.1	56.5	58.1	78.9	207.5	34.1	61.8	57.4	78.6
A1+A2+C1+ C5+E4+E5	0.222	1391.72	1280.34	297.5	25.2	48.6	35.7	66.3	188.3	29.7	54.1	55.7	75.8	199.7	32.7	59.2	55.1	75.5
A1+A2+ C1+C2+C4+ C5+E4+E5	0.311	1327.13	1198.85	291.6	24.0	47.0	33.9	63.2	189.6	28.3	52.2	53.0	72.2	200.2	31.1	57.1	52.4	71.9
A1+A5+B1+ B5+C3+D1+ D5+E1+E5	0.356	1213.31	1274.75	174.3	14.9	43.7	20.5	66.1	165.1	26.6	50.2	37.5	74.1	186.8	30.6	55.4	37.3	74.0

Tablo 5. 2. Grup Uygulama için Çerçeve Sistem Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi (Y Yönü Deprem X Yönü + % 5 Dışmerkezlik Durumu).

Süreksiz Olan Döşemeler	Boşluk Oranı	Taban Kesme Kuvveti		S 101				S 102				S103						
		$V_{ix}$ (kN)	$V_{iy}$ (kN)	N (kN)	$M_{2-2}$ (kNm)		$M_{3-3}$ (kNm)		N (kN)	$M_{2-2}$ (kNm)		$M_{3-3}$ (kNm)		N (kN)	$M_{2-2}$ (kNm)		$M_{3-3}$ (kNm)	
					Üst	Alt	Üst	Alt		Üst	Alt	Üst	Alt		Üst	Alt		
-	0.000	1964.68	1994.55	306.8	41.0	-79.7	-7.4	13.3	292.5	47.6	-85.7	-11.4	15.2	306.1	47.6	-85.7	-11.2	15.1
A1+E5	0.067	1798.01	1767.41	283.2	35.2	-67.3	-8.9	16.0	261.2	40.9	-74.0	-13.8	18.2	277.3	44.0	-79.4	-13.5	18.3
A1+A2+E4+E5	0.133	1727.45	1664.19	282.8	33.1	-64.4	-9.6	17.5	257.7	39.1	-71.5	-14.9	20.0	272.0	42.4	-77.4	-14.5	19.8
A1+A2+C1+C5+E4+E5	0.222	1652.64	1593.58	272.4	31.7	-61.7	-9.3	16.9	247.9	37.4	-68.6	-14.4	19.3	261.8	40.6	-74.3	-14.0	19.2
A1+A2+C1+C2+C4+C5+E4+E5	0.311	1577.18	1488.40	271.0	30.0	-59.4	-8.8	16.1	248.0	35.4	-65.9	-16.7	18.4	261.1	38.5	-71.4	-13.3	18.2
A1+A5+B1+B5+C3+D1+D5+E1+E5	0.356	1445.17	1517.48	167.2	17.7	-52.4	-4.9	14.6	218.5	33.3	-63.6	-8.7	16.4	246.5	38.4	-69.8	-8.4	16.3



Şekil 5. Çerçeve sistem eşdeğer deprem yükü yöntemi (Y Yönü Dep.X + % 5 Dış M.) S102 kolonu moment değişimi



Şekil 6. Çerçeve sistem dinamik analiz (Y Yönü Dep.X + % 5 Dış M.) S102 kolonu moment değişimi

### 3. 1. 5. 3. Grup Sayısal Uygulamalar

Döşeme Boşluklarının kat planında simetrik olarak yerleştirilmesi ile, 2. Grup uygulamalardan daha farklı bir kombinasyon düşünülerek oluşan örneklerin boşluk oranı değişimine göre kesit tesirlerinin karşılaştırılmasına yer verilmiştir. 2. Grup ve 3. Grup sayısal uygulamalarda döşeme boşlukları kat planına simetrik olarak yerleştirilmesi ile oluşturulan örneklerin Mod Birleştirme Yöntemi

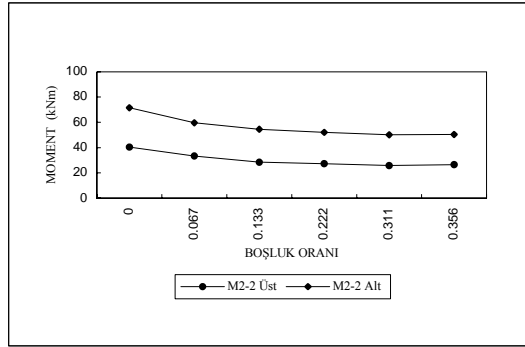
ve Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile çözümleri yapıldıktan sonra elde edilen sonuçlar Tablo 6 ve Tablo 7'de incelendiğinde taban kesme kuvvetleri azaldıkça kesit tesirlerinde de azalma görülmektedir. Kesit tesirleri ile taban kesme kuvvetlerinin değişimi arasında paralellik olduğu da görülmüştür. S102 kolundaki moment değişimi de grafiksel olarak Şekil 7 ve Şekil 8'de verilmiştir. Döşemelerin rijit diyafram olarak davrandıkları kabul edilmiştir.

Tablo 6. 3. Grup Sayısal Uygulama için Çerçeve Sistem Dinamik Analiz (Y Yönü Deprem X Yönü + % 5 Dışmerkezlik Durumu).

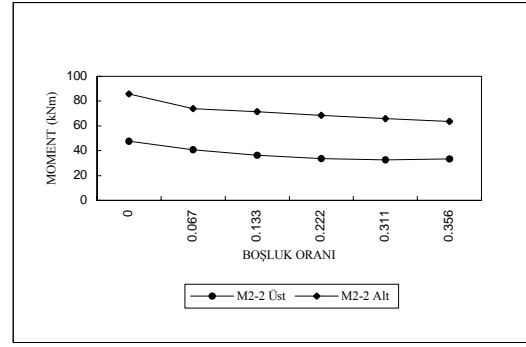
Süreksiz Olan Döşemeler	Boşluk Oranı	Taban Kesme Kuvveti		S 101				S 102				S103						
		$V_{ix}$ (kN)	$V_{iy}$ (kN)	N (kN)	$M_{2-2}$ (kNm)		$M_{3-3}$ (kNm)		N (kN)	$M_{2-2}$ (kNm)		$M_{3-3}$ (kNm)		N (kN)	$M_{2-2}$ (kNm)		$M_{3-3}$ (kNm)	
					Üst	Alt	Üst	Alt		Üst	Alt	Üst	Alt		Üst	Alt		
-	0.000	1964.68	1994.55	306.8	41.9	-79.7	-7.4	13.3	292.5	47.6	-85.7	-11.4	15.2	306.1	47.6	-85.7	-11.2	15.1
A1+E5	0.067	1798.01	1767.41	283.2	35.2	-67.3	-8.9	16.0	261.2	40.9	-74.0	-13.8	18.2	277.3	44.0	-79.4	-13.5	18.3
A1+A5+E1+E5	0.133	1709.04	1696.39	168.1	19.4	-56.9	-6.3	17.7	234.7	36.3	-69.5	-10.7	19.8	270.5	42.5	-77.2	-10.3	19.6
A1+A5+C1+C5+E1+E5	0.222	1612.91	1575.39	173.8	18.0	-52.9	-5.9	16.6	219.0	33.7	-64.7	-10.0	18.6	252.5	39.5	-71.9	-9.7	18.4
A1+A5+C1+C2+C4+C5+E1+E5	0.311	1535.28	1507.35	177.0	17.1	-52.0	-5.7	16.2	224.2	32.6	-63.6	-9.7	18.1	257.2	38.4	-70.7	-9.4	18.0
A1+A5+B1+B5+C3+D1+D5+E1+E5	0.356	1445.17	1517.48	167.2	17.7	-52.4	-4.9	14.6	218.5	33.3	-63.6	-8.7	16.4	246.5	38.4	-69.8	-8.4	16.3

Tablo 7. 3. Grup Sayısal Uygulama için Çerçeve Sistem Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi (Y Yönu Deprem X Yönu + % 5 Dışmerkezlik Durumu).

Süreksiz Olan Döşemeler	Boşluk Oranı	Taban Kesme Kuvveti		S 101				S 102				S103						
				M <sub>2-2</sub> (kNm)		M <sub>3-3</sub> (kNm)		M <sub>2-2</sub> (kNm)		M <sub>3-3</sub> (kNm)		M <sub>2-2</sub> (kNm)		M <sub>3-3</sub> (kNm)				
		N (kN)	Üst	Alt	Üst	Alt	N (kN)	Üst	Alt	Üst	Alt	N (kN)	Üst	Alt	Üst	Alt		
-	0.000	1693.35	1651.36	341.4	36.4	68.4	41.3	76.3	234.7	40.5	71.5	64.2	87.0	242.2	42.1	75.0	63.4	86.7
A1+E5	0.067	1518.39	1439.17	316.0	28.7	54.3	38.2	70.8	202.1	33.3	59.6	59.5	80.8	214.5	36.0	64.3	58.8	80.5
A1+A5+E1+E5	0.133	1385.29	1325.29	196.4	15.8	46.1	24.2	71.3	173.2	28.5	54.4	41.7	79.6	201.0	33.4	60.1	41.4	79.5
A1+A5+C1+C5+E1+E5	0.222	1323.92	1270.09	189.4	15.0	44.1	23.1	65.8	166.4	27.2	52.0	40.0	76.5	193.3	31.9	57.5	39.7	76.4
A1+A5+C1+C2+C4+C5+E1+E5	0.311	1281.29	1191.74	185.9	14.0	42.5	22.0	65.5	167.7	25.9	50.2	38.2	73.2	193.6	30.4	55.5	37.9	73.1
A1+A5+B1+B5+C3+D1+D5+E1+E5	0.356	1213.31	1274.75	174.3	14.9	43.7	20.5	66.1	165.1	26.6	50.3	37.5	74.1	186.8	30.6	55.4	37.3	74.0



Şekil 7. Çerçeve sistem dinamik analiz (Y Yönu Dep.X + % 5 Dış M.) S102 Kolonu Moment Değişimi



Şekil 8. Çerçeve sistem eşdeğer deprem yükü yöntemi (Y Yönu Dep.X+ % 5 Dış M.) S102 kolonu moment değişimi

### 3. 1. 6. 4. Grup Sayısal Uygulamalar

Döşeme boşluklarının kat planında simetrik olarak değil de rastgele yerleştirilerek değişik bir uygulama şekli ele alınmıştır. Boşluk oranı değişimine göre kesit tesirlerinin karşılaştırılmasına

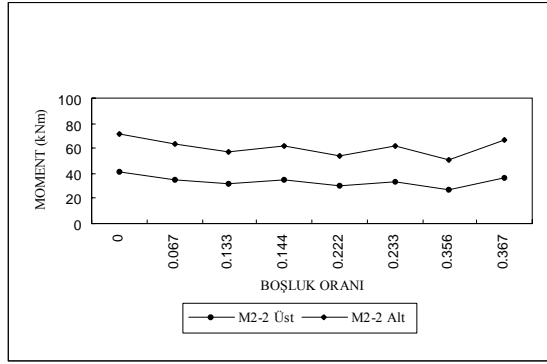
yer verilmiştir. Döşemelerin rijit diyafram kabul edildiği durumlar dikkate alınmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 8 ile Tablo 9’da verilmiştir. Çözüm yöntemlerine göre S102 kolonundaki moment değişimi de grafiksel olarak Şekil 9 ve Şekil 10’da verilmiştir.

Tablo 8. 4. Grup Uygulama için Çerçeve Sistem Dinamik Analiz (Y Yönu Deprem X Yönu + % 5 Dışmerkezlik Durumu).

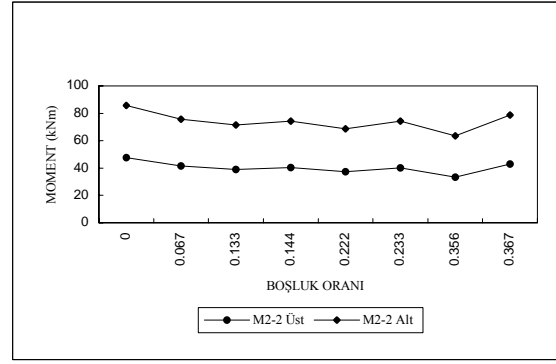
Süreksiz Olan Döşemeler	Boşluk Oranı	Taban Kesme Kuvveti		S 101				S 102				S103						
				M <sub>2-2</sub> (kNm)		M <sub>3-3</sub> (kNm)		M <sub>2-2</sub> (kNm)		M <sub>3-3</sub> (kNm)		M <sub>2-2</sub> (kNm)		M <sub>3-3</sub> (kNm)				
		N (kN)	Üst	Alt	Üst	Alt	N (kN)	Üst	Alt	Üst	Alt	N (kN)	Üst	Alt	Üst	Alt		
-	0.000	1693.35	1651.36	341.4	36.4	68.4	41.3	76.3	234.7	40.5	71.5	64.2	87.0	242.2	42.1	75.0	63.4	86.7
E4+E5	0.067	1496.84	1475.44	316.9	31.6	59.8	32.1	59.5	216.2	35.3	63.4	49.9	67.9	222.8	37.1	66.6	49.4	67.7
A1+A2+E4+E5	0.133	1458.33	1339.01	309.0	26.4	50.8	37.3	69.1	195.8	31.1	56.5	58.1	78.9	207.5	34.1	61.8	57.4	78.6
D5+E3+E4+E5	0.144	1402.38	1360.63	211.3	18.0	52.6	19.0	58.0	210.8	34.3	62.4	33.5	64.8	200.6	33.3	64.2	33.0	64.6
A1+A2+C1+C5+E4+E5	0.222	1391.72	1280.34	297.5	25.2	48.6	35.7	66.3	188.3	29.7	54.1	55.7	75.8	199.7	32.7	59.2	55.1	75.5
D3+D4+D5+E3+E4+E5	0.233	1286.69	1277.77	214.9	17.5	52.3	21.7	68.0	207.0	33.7	61.6	38.7	76.0	195.7	32.6	63.3	38.0	75.7
A1+A5+B1+B5+C3+D1+D5+E1+E5	0.356	1213.31	1274.75	174.3	14.9	43.7	20.5	66.1	165.1	26.6	50.2	37.5	74.1	186.8	30.6	55.4	37.3	74.0
C3+C4+C5+D3+D4+D5+E3+E4+E5	0.367	1199.52	1259.70	330.8	32.9	62.9	32.7	63.0	221.1	36.5	66.4	52.2	65.6	191.1	34.8	67.4	51.5	71.9

Tablo 9. 4. Grup Uygulama için Çerçeve Sistem Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi (Y Yönü Deprem X Yönü + % 5 Dışmerkezlik Durumu).

Süreksiz Olan Döşemeler	Boşluk Oranı	Taban Kesme Kuvveti		S 101				S 102				S103						
				N (kN)	M <sub>2-2</sub> (kNm)		M <sub>3-3</sub> (kNm)		N (kN)	M <sub>2-2</sub> (kNm)		M <sub>3-3</sub> (kNm)		N (kN)	M <sub>2-2</sub> (kNm)		M <sub>3-3</sub> (kNm)	
		V <sub>ix</sub> (kN)	V <sub>iy</sub> (kN)		Üst	Alt	Üst	Alt		Üst	Alt	Üst	Alt		Üst	Alt	Üst	Alt
-	0.000	1964.68	1994.55	306.8	41.9	-79.7	-7.4	13.3	292.5	47.6	-85.7	-11.4	15.2	306.1	47.6	-85.7	-11.2	15.1
E4+E5	0.067	1793.12	1750.28	286.3	36.4	-69.7	-7.5	13.9	268.1	41.7	-75.7	-11.8	16.0	281.6	44.3	-80.4	-11.6	15.9
A1+A2+E4+E5	0.133	1727.45	1664.19	282.8	33.1	-64.4	-9.6	17.5	257.7	39.1	-71.5	-14.9	20.0	272.0	42.4	-77.4	-14.5	19.8
D5+E3+E4+E5	0.144	1663.04	1634.35	188.8	20.7	-61.4	-3.9	11.7	263.0	40.5	-74.4	-6.8	13.1	251.8	39.5	-77.1	-5.4	12.4
A1+A2+C1+C5+E4+E5	0.222	1652.64	1593.58	272.4	31.7	-61.7	-9.3	16.9	247.9	37.4	-68.6	-14.4	19.3	261.8	40.6	-74.3	-14.0	19.2
D3+D4+D5+E3+E4+E5	0.233	1542.90	1525.76	195.9	20.5	-61.6	-4.0	13.0	261.1	40.2	-74.2	-7.3	14.5	239.0	39.0	-76.8	-5.8	13.8
A1+A5+B1+B5+C3+D1+D5+E1+E5	0.356	1445.17	1517.48	167.2	17.7	-52.4	-4.9	14.6	218.5	33.3	-63.6	-8.7	16.4	246.5	38.4	-69.8	-8.4	16.3
C3+C4+C5+D3+D4+D5+E3+E4+E5	0.367	1385.76	1350.06	298.6	38.1	-73.1	-5.8	11.6	274.6	42.9	-78.8	-9.4	13.3	236.2	41.1	-80.7	-7.7	12.5



Şekil 9. Çerçeve sistem dinamik analiz (Y Yönü Dep.X + % 5 Dış M.) S102 kolonu moment değişimi



Şekil 10. Çerçeve sistem eşdeğer deprem yükü yöntemi (Y Yönü Dep.X + % 5 Dış M.) S102 kolonu moment değişimi

4. Grup sayısal uygulamalarda boşluk oranı 0 ile 0.367 değerleri arasında değişen çeşitli örnekler döşeme boşluğunun kat planına simetrik olarak yerleştirilmesi ya da belirli bölgede yoğunlaştırılması gibi kriterler aranmaksızın karışık

seçilerek çözümleri yapılmıştır. Çözümlerden elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, taban kesme kuvvetleri azaldıkça kesit tesirlerindeki değişimin düzensizleştiği gözlenmiştir.

Tablo 10. Boşluk Oranı 0.400 Olması Durumunda Kesit Tesirlerindeki Değişim (Y Yönü Deprem X Yönü + % 5 Dışmerkezlik Durumu).

Süreksiz Olan Döşemeler	Hesap Şekli	Boşluk Oranı	Taban Kesme Kuvveti		S101				
			V <sub>ix</sub> (kN)	V <sub>iy</sub> (kN)	N (kN)	M <sub>2-2</sub> (kNm)		M <sub>3-3</sub> (kNm)	
						Üst	Alt	Üst	Alt
B2+B3+B4+C2+C3+C4+D2+D3+D4	Döşeme rijit diyafram (Dinamik Analiz)	0.400	1178.91	1136.92	314.90	27.0	52.5	33.4	63.5
B2+B3+B4+C2+C3+C4+D2+D3+D4	Döşeme rijit diyafram değil (Dinamik Analiz)	0.400	1178.91	1136.92	276.00	17.2	56.0	20.2	62.5
B2+B3+B4+C2+C3+C4+D2+D3+D4	Döşeme rijit diyafram (Eşdeğer Deprem Yükü Y.)	0.400	1409.76	1386.79	280.40	32.4	-63.9	-7.0	12.9
B2+B3+B4+C2+C3+C4+D2+D3+D4	Döşeme rijit diyafram değil (Eşdeğer Deprem Y.üğü Y.)	0.400	1409.76	1386.79	249.90	19.7	-66.2	-4.0	10.7

Tablo 10'da ise döşeme süreksizlikleri planda sağ alt köşe civarında ve boşluk oranı da 0.40 seçilerek döşemelerinde rijit diyafram olması ve olmaması

durumu için S101 kolonundaki kesit tesirleri değişimi verilmiştir. Boşluk oranı 0.367 den büyük olan yapılarda döşemelerin rijit kütle hareketi



yapmadığı görülmüştür. Döşemenin plan geometrisinin değiştiği gözlenmiştir.

#### 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Döşeme süreksizliği içeren yapılarda boşluk oranının büyüklüğü kadar taşıyıcı sistem seçiminin, döşeme boşluğunun kat planındaki yerinin ve kat planına yerleştirilme şeklinin de önemli olduğu ortaya çıkmaktadır.

Yapıdaki döşeme boşluk oranları aynı olmasına rağmen, boşluk yerlerinin kesit tesirlerini değiştirdiği görülmüştür.

Deprem Yönetmeliğinde belirtilen 1/3 boşluk oranı sınır değerinden daha büyük boşluk oranı değerine sahip (0.40) döşemelerin rijit diyafram olarak çalıştığı ve döşemelerin rijit diyafram olarak çalışmadığı kabullerine göre hesap yöntemleri karşılaştırıldığında; Eşdeğer Deprem Yüklü Yönteminin, Mod Birleştirme Yöntemine göre daha güvenli tarafta kaldığı görülmüştür. Döşemelerin rijit diyafram olarak çalışmadığının kabul edildiği durumda; yapıdaki düzensizlik belirgin olarak ortaya çıkmış, yapının deprem davranışını daha iyi temsil ettiği görülmüştür. Yine, döşemelerin rijit diyafram olarak çalışmadığının kabul edildiği durumda; yapının periyot değerleri artmış buna bağlı olarak da taban kesme kuvvetleri azalmıştır.

Yukarıdaki sonuçlar bir bütün olarak ele alındığında; döşeme boşluğu içeren yapılarda boşluk oranının büyüklüğü kadar taşıyıcı sistem seçiminin, döşeme boşluğunun kat planındaki yerinin ve kat planına yerleştirilme şeklinde önemli olduğu ortaya çıkmaktadır.

Döşeme süreksizliklerinin büyüklüğü ve kat içindeki yerlerinin yapı taşıyıcı elemanlarının kesit tesirlerini orantısız bir biçimde değiştirdiği görülmüştür.

Bu tür düzensiz yapıların çözümünde seçilecek hesap yöntemi önemlidir.

Bu tür düzensizliklerin bulunduğu yapılarda, burulma etkilerini azalttığı için, taşıyıcı sistemi perdeli veya perde+çerçeve olan yapılar tercih edilmelidir.

Plandaki döşeme süreksizlikleri katlar boyunca da değişik yerleştirilerek yapılacak çözümler bu çalışmanın devamı niteliğinde olacaktır.

Ayrıca A4 türü düzensizlik ile birlikte ele alınarak değişik kombinasyonlar düşünülerek çözümler yapılabilir.

#### 5. KAYNAKLAR

Anonim, 1998. ABYYHY. “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik”, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ocak 1998, 89 s. Ankara.

Anonymous, 2000. SAP 2000. “Structural Analysis Programs”, Computer and Structures Inc., Berkeley, California, 1995.

Atımtay, E. 2000. Çerçeve ve Perdeli Betonarme Sistemlerin Tasarımı Temel Kavramlar ve Hesap Yöntemleri, ODTÜ, Cilt I-II, 746 s, METU Press, Ankara.

Celep, Z., Kumbasar, N. 2000. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı 596 s. Beta Dağıtım, İstanbul.

Doudoumis, N. and Athanatopoulou, A. 1998. “Modelling the Floor Diaphragm Action of Multi-Story Building With 2-D Finite Element Models”, “Seismic Design Practice Into the Next Century” Research and Application, Booth, E., Editor, A.A Balkema, Rotterdam, 115.

Ju, S., Lin, M. 1999. “Comparison of Building Analysis Assuming Rigid or Flexible Floors” Eric M.Lui, Journal of Structures Engineering, January, 25.

Karadoğan, F., ve Rutenberg, A. 1999. “Irregular Structures, Asymmetric and Irregular Structures” İ.T.Ü. Yayınevi, İstanbul.

Özmen, G., Orakdöğen, E., Darılmaz, K. 2000, Örneklerle SAP 2000 172 s., Birsen Yayınevi, İstanbul.