

## Perde-çerçeveli betonarme yapılarda A2 türü düzensizliğin kesit tesirlerine etkisi

**Mehmet TERZİ\***, **Hasan ELÇİ**

*Balıkesir Üniversitesi, MMF İnşaat Mühendisliği Bölümü, Çağış kampüsü, Balıkesir, Türkiye*

### Özet

*Bir yapının teknik açıdan başarılı bir yapı olabilmesi, bu yapıya ait tasarımın yapıya uygun olmasına bağlıdır. 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. Ayrıca döşemelerin rijit diyafram olarak çalıştığı kabul edildiği ve edilmediği durumlar arasında farklar ortaya konulmaktadır. Bu çalışmada, Deprem Yönetmeliği esaslarına göre düzenli perde-çerçeveli bir yapıdaki döşeme boşluk oranlarının değişimine göre; Eşdeğer Deprem Yüğü ve Modların Birleştirilmesi Yöntemine göre SAP2000 Yapı Analizi Paket Programı ile sayısal çözümler yapılmıştır.*

**Anahtar Sözcükler:** *A2 türü düzensizlik, Rijit diyafram, Betonarme perde.*

## The effect A2 type of irregularity in the shear wall-framed reinforced concrete structures to affect cross-section

### Abstract

*A building to become succesful from a technical point of view, is connected with appropriateness of design to the relevant building. In Buildings containing floor discontinuities it is exposed that the choice of structural system, the place of opening floor on the story plan and shape of placement of opening floor on the story plan is, also, as important as the size of ratio opening floor. In addition, the differences between the states which are assumed slabs work rigid diaphragm and do not work rigid diaphragm are produced. In this study, numerical solutions have been produced using SAP2000 Structural Analysis Package Program for a shear wall-framed structure of a regular replacement of the floor space ratio based on the principles of the Earthquake Regulation; and according to Equivalent Static Load and Mode Superposition.*

**Keywords:** *A2 type irregularities, rigid diaphragm, reinforced concrete shear wall.*

\*Mehmet TERZİ, [mterzi@balikesir.edu.tr](mailto:mterzi@balikesir.edu.tr)

## 1. Giriş

Yapı tasarımında deprem kuvvetleri güvenli bir şekilde karşılanması en temel unsurlardan biridir. Yatay yüklerin düşey taşıyıcı elemanlara dağıtılması döşemeler tarafından yapılır. Bu durumda döşemeler düzlemleri içindeki yükler etkisi altında kalır ve yük aktarmaları diyafram davranışı ile olur [1]. 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.

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 zorlarının büyümesi ile ekonomik olmaktan uzaklaşırlar.

Döşemenin kendi düzlemi içinde sonsuz rijit kabulünün geçerli olup olmaması konusunda dikkat edilmesi gerekenler [2];

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 perde-çerçevelerden oluşan bir yapıda yer alan döşemelerdeki boşluk oranlarının değişiminin ve bu boşlukların kat planlarındaki konumlarının kesit tesirlerini ne şekilde değiştireceğinin araştırılmasıdır. Karşılaştırma döşemelerin rijit diyafram olarak çalıştıklarının kabul edildiği ve edilmediği durumlar dikkate alınarak yapılmıştır. Döşeme boşluklarının tüm katlarda aynı hizada oldukları varsayılmıştır.

## 2. Depreme göre tasarımda hesap yönteminin seçilmesi

Yapı sistemi, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik'te belirtilen hükümler doğrultusunda çözülmüştür [3]. 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 Yüğü Yöntemine göre de statik analizi yapılmıştır.

### 2.1. Yapıların rijit veya esnek döşeme kabulüne göre statik hesabi

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 birçok yapı için geçerli bir yöntemdir.

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. Bu durum, yapıya etkileyen 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.

### **3. Analiz yöntemleri**

Deprem etkisi altında bina ve bina türü yapıların, taşıyıcı sisteminde boyutlandırmaya esas olacak kesit tesirlerinin bulunmasında farklı üç yöntem vardır [3,4].

#### ***3.1. Eşdeğer deprem yükü yöntemi***

Bu yöntemde taşıyıcı sistemi kolon, kiriş ve perdelerden oluşan yapılara etkileyen deprem yükleri, yapının kat hizaları seviyesinde etkileyen yatay yükler olarak kabul edilir. Bu yatay yüklerin, binanın birbirine dik iki doğrultuda ayrı ayrı etkideği varsayılarak, taşıyıcı sistemi oluşturan elemanlarda kesit tesirleri bulunmaktadır.

##### ***3.1.1. Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulama sınırları***

Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nin uygulanabileceği binalar Tablo 1'de verilmiştir. Tablo 1 kapsamına girmeyen binaların deprem hesabında sözü edilen diğer iki yöntem kullanılmalıdır.

Tablo 1. Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar.

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

### 3.1.2. Yerdeğiştirme bileşenleri ve deprem yüklerinin etkime noktaları

Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminde, döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her katta iki yatay değiştirme ile düşey eksen etrafında dönme, bağımsız statik yer değiştirme bileşenleri olarak göz önüne alınacaktır. Her katta yönetmelikte belirtildiği şekilde belirlenen eşdeğer deprem yükleri kat kütle merkezine ve ayrıca ek dış merkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi amacı ile, kaydırılmış kütle merkezlerine tekil yatay yükler olarak uygulanacaktır. Kaydırılmış kütle merkezleri, gerçek kütle merkezinin göz önüne alınan deprem doğrultusuna kat boyunun  $\pm \% 5$ 'i ile belirlenen noktalardır.

A2 türü düzensizliğin bulunduğu ve döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalışmadığı binalarda, döşemelerin yatay düzlemde şekil değiştirmelerinin göz önüne alınmasını sağlayacak yeterlikte bağımsız statik yer değiştirme bileşeni hesapta göz önüne alınacaktır. Ek dışmerkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi için, her katta çeşitli noktalarda dağılı bulunan tekil kütlelerin her biri, deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun  $\pm \%5$ 'i kadar kaydırılacaktır.

### 3.1.3. Rijit diyafram modeli

Rijit diyafram kabulünde döşemenin kendi düzlemi içinde sonsuz rijit olduğu yani şekil değiştirmedeği kabul edilmektedir. Bu modelde döşemedeki herhangi bir noktanın, birbirine dik iki yatay öteleme ve döşeme düzlemine dik eksen etrafında dönme olarak üç serbestlik derecesinin bulunduğu varsayılır. Döşeme üzerinde seçilen bir noktanın deplasmanlarının bilinmesi durumunda, döşeme üzerindeki diğer düğüm noktalarının deplasmanları, seçilen noktanın deplasmanlarına bağlı olarak hesaplanabilmektedir [5]. Kolon, giriş ve rijit diyafram döşemelerinden oluşan yapılarda her katta;  $3 \times (\text{kattaki düğüm noktası sayısı}) + 3$  adet bilinmeyen deplasman bulunmaktadır. Bu durumda N katlı bir yapıda, bilinmeyen sayısı  $= N \times (3 \times \text{kattaki düğüm noktası sayısı} + 3)$  olacaktır. Girişler rijit diyafram içinde kaldığından, bu elemanlarda eksenel deformasyon meydana gelmemektedir.

Rijit diyafram modelinin hesaplarda getirdiği kolaylıklar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- a) Döşeme diyaframları dış yükler altında bir “rijit cisim” hareketi yapacağından, kat kütleleri, bu diyaframın kütle merkezinde tanımlanabilmektedir.
- b) Döşemelerin varlığının hesaba katılması sağlanmaktadır. Aksi takdirde döşemelerin üç boyutlu kabuk elemanı kullanılarak sonlu elemanlar yöntemi ile sisteme dahil edilmesi gerekmektedir.

Bilinmeyen sayısı azaldığından hesaplama modelinin boyutu oldukça azalır. Özellikle yapıların dinamik analizinde uygulanmalıdır [6].

### **3.1.4. Döşemeleri rijit diyafram olarak çalışmayan yapılar**

Kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde, deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktaramadığı durumlarda rijit diyafram modelinin kullanılması sakıncalı olup yanlış sonuçlar verebilmektedir. Bu durumda döşemenin düzlem içi davranışının göz önüne alınması gerekmektedir.

İzlenecek yol, döşemenin yeterli sayıda üç boyutlu kabuk elemanlara bölünerek oluşturulacak sonlu elemanlar modelinin statik veya dinamik analizinin yapılmasıdır. Modelde kat kütlelerinin döşeme düğüm noktalarına uygun bir tarzda dağıtılması gerekmektedir.

### **3.2. Mod birleştirme yöntemi**

Yapının davranışının, her bir serbest titreşim modunun deprem hareketine olan etkisinin ayrı ayrı bulunmasından sonra, uygun bir şekilde birleştirilmesi ile elde edilen bir çözüm yöntemidir.

#### **3.2.1. Gözönüne alınacak dinamik serbestlik dereceleri**

Döşemelerin rijit diyafram olarak çalıştığı yapılarda, kaydırılmış kütle merkezinin her birinde, birbirine dik doğrultularda iki yatay serbestlik derecesi ile düşey eksen etrafındaki dönme serbestlik derecesi göz önüne alınır. Kat kütleleri her katın kütle merkezinde ve ayrıca ek dışmerkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi amacıyla, kaydırılmış kütle merkezlerinde tanımlanacaktır. Kaydırılmış kütle merkezleri, gerçek kütle merkezinin göz önüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyunun + %5'i ve -%5'i kadar kaydırılması ile belirlenen noktalarlardır.

### **3.3. Zaman tanım alanında hesap yöntemi**

Çözümü zaman alıcı olan bu yöntemde, gerçek deprem kayıtları ve onu temsil edebilecek kayıtlar kullanılarak, yapının dinamik analizi yapılmaktadır. Yeni Deprem Yönetmeliği bu yöntemi, nükleer santraller gibi çok önemli yapıların tasarımında kullanılmasını önermektedir.

## **4. Sayısal uygulamalar**

Bu bölümde yapının, yukarıda açıklanan çözüm yöntemlerinden, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemine göre üç farklı grup altında sayısal uygulamaları yapılacaktır.

1. Grup uygulamalarda, taşıyıcı sistemi düzenli perde-çerçeve bir yapının, döşemelerin rijit diyafram olarak çalıştığı kabul edilerek, Eşdeğer Deprem Yüğü ve Mod Birleştirme

Yöntemlerine göre hesaplanıp sonuçları 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 Yüğü ve Mod Birleştirme Yöntemlerine göre hesaplanıp sonuçları karşılaştırılmıştır.

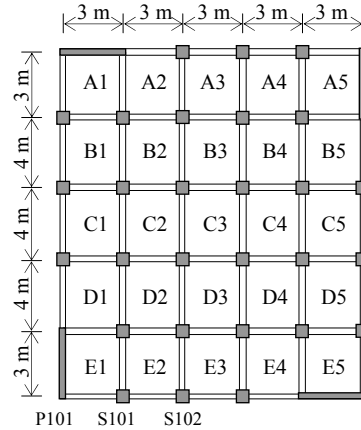
3. Grup uygulamalarda ise, döşeme süreksizlikleri planda simetrik olarak değil de rastgele yerleştirilerek değişik bir uygulama şekli ele alınmıştır. Yine döşemelerin rijit diyafram olarak çalıştığı kabul edilerek, Eşdeğer Deprem Yüğü ve Mod Birleştirme Yöntemlerine göre hesaplanıp sonuçları karşılaştırılmıştır.

Üç farklı grup altında çözümü yapılan sistemlerden zemin kattaki bir perdenin kesit tesirleri değerleri tablolaştırılmıştır. Verilen kesit tesirleri çözümün bir parçasıdır.

Tablo 2 ve Şekil 2’de uygulamaya esas olan yapıya ait bazı hesap değerleri verilmiştir.

#### 4.1. İncelenen yapı sistemlerinin genel özellikleri

Sayısal inceleme için, Şekil 1’de genel kat planı görülen, planda 15.00×18.00 m boyutlarında, 24.0 m yüksekliğinde 8 katlı betonarme perde-çerçeve 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  $R=7.0$  olarak alınmıştır. Betonarme ön hesaplar sonucunda döşeme kalınlığı 12 cm, kiriş boyutları 25/50 cm, kolon boyutları 50/50, perde boyutları ise 25/325 cm olarak bulunmuş ve hesaplar bu ön boyutlar kullanılarak yapılmıştır.



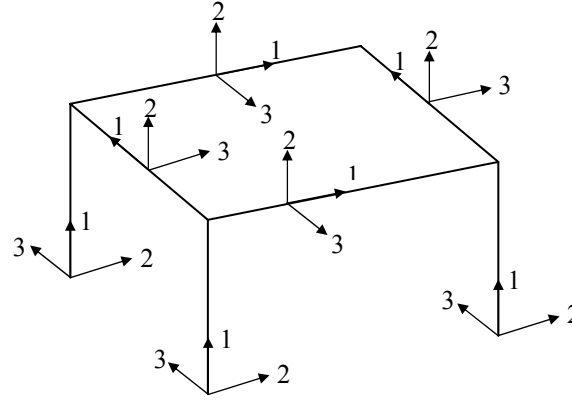
Şekil 1. Perde-çerçeve sistem kat planı ve döşeme numaraları.

##### 4.1.1. Bilgisayar programında kullanılan koordinat sistemleri

Sistem modelleri, genel bir koordinat sistemine göre oluşturulmaktadır. 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 [7,8]. Şekil 2’de elemanlar için tanımlanan eksenler verilmiştir.

Tablo 2. Uygulamalara esas olan perde-çerçeve yapıya ait bazı sayısal değerler.

Yapı No	Kat Alanı (m <sup>2</sup> )	Sürekli Olan Döşemeler	Boşluk Alanı (m <sup>2</sup> )	Boşluk Oranı	Yapı Ağırlığı (kN)	Taban Kesme Kuvveti (kN) (Eşdeğer Deprem Yüklü Yöntemi)		Taban Kesme Kuvveti (kN) (Dinamik Analiz)	
						V <sub>tx</sub>	V <sub>ty</sub>	V <sub>tx</sub>	V <sub>ty</sub>
1	270	-	0	0	2813.354	255.292	250.469	201.834	194.191
2	270	E5	9	0.033	2737.098	244.618	246.182	190.996	193.934
3	270	E4+E5	18	0.067	2660.842	239.321	240.388	185.402	189.080
4	270	A1+E5	18	0.067	2660.842	246.774	242.213	194.933	187.474
5	270	E3+E4+E5	27	0.100	2584.586	237.321	232.760	179.151	182.300
6	270	A1+A2+E4+E5	36	0.133	2513.096	237.811	231.923	186.919	179.339
7	270	A1+A5+E1+E5	36	0.133	2513.096	238.242	232.354	187.291	180.596
8	270	D5+E3+E4+E5	39	0.144	2508.330	227.613	229.046	175.005	179.232
9	270	D4+D5+E3+E4+E5	51	0.189	2432.074	220.971	222.361	170.235	173.843
10	270	A1+A2+C1+C5+E4+E5	60	0.222	2360.073	228.505	222.704	179.412	171.911
11	270	A1+A5+C1+C5+E1+E5	60	0.222	2360.584	228.909	223.379	179.810	173.073
12	270	D3+D4+D5+E3+E4+E5	63	0.233	2355.818	215.793	215.389	168.673	168.283
13	270	C3+C4+C5+D3+D4+D5	72	0.267	2355.811	221.177	214.446	173.057	166.581
14	270	C5+D3+D4+D5+E3+E4+E5	75	0.278	2279.562	208.808	210.762	162.694	163.609
15	270	A1+A2+C1+C2+C4+C5+E4+E5	84	0.311	2208.072	219.167	209.578	171.590	161.253
16	270	A1+A5+C1+C2+C4+C5+E1+E5	84	0.311	2208.072	219.545	210.335	171.966	162.514
17	270	C4+C5+D3+D4+D5+E3+E4+E5	87	0.322	2203.306	201.823	204.593	157.369	158.277
18	270	A1+A5+B1+B5+C3+D1+D5+E1+E5	96	0.356	2177.230	207.397	212.871	161.560	166.577
19	270	C3+C4+C5+D3+D4+D5+E3+E4+E5	99	0.367	2137.014	200.306	199.368	155.661	154.166
20	270	B2+B3+B4+C2+C3+C4+D2+D3+D4	108	0.400	2127.039	199.091	194.837	154.882	150.177



Şekil 2. Üç boyutlu çerçeve.

### 1. Grup Sayısal Uygulamalar

Döşeme boşluklarının kat planı içinde belirli bir bölgede yoğunlaştırılmış çeşitli boşluk oranlarına göre kesit tesirlerinin değişimi, döşemelerin rijit diyafraim 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 Yüklü Yöntemi ile çözümleri yapılmıştır. Bu çözümler sonucunda elde edilen kesit tesirleri incelendiğinde, boşluk oranı 0.189 değerine yaklaşırken taban kesme kuvvetleri ile birlikte kesit tesirlerinde de azalma gözlenmektedir. Boşluk oranı 0.189'ten büyük örneklerde taban kesme kuvvetlerinde azalma devam ederken kesit tesirlerindeki değişimin tam tersi olduğu görülmüştür. 1. Grup uygulamalarda ortaya çıkan sorunun döşeme boşluklarının kat planına simetrik yerleştirilmesi sonucunda ortadan kalktığı gözlenmiştir.

Tablo 3. 1. Grup uygulama için perde-çerçevesel sistem dinamik analiz  
(Y yönü deprem X yönü + %5 dışmerkezlilik durumu).

Süreksiz Olan Döşemeler	Boşluk Oranı	Taban Kesme Kuvveti		P101				
		$V_{ix}$ (t)	$V_{iy}$ (t)	N (ton)	$M_{2,2}$ (tm)		$M_{3,3}$ (tm)	
					Üst	Alt	Üst	Alt
-	0.000	201.834	194.191	52.25	1.69	9.80	233.94	431.50
E5	0.033	190.996	193.934	40.36	1.46	8.84	255.38	445.46
E4+E5	0.067	185.402	189.080	25.96	1.81	9.27	246.00	427.53
E3+E4+E5	0.100	179.151	182.300	23.06	1.86	9.10	229.96	401.38
D5+E3+E4+E5	0.144	175.005	179.232	21.72	1.79	8.80	229.19	395.07
D4+D5+E3+E4+E5	0.189	170.235	173.843	22.12	1.82	8.66	232.27	394.39
D3+D4+D5+E3+E4+E5	0.233	168.673	168.283	23.70	1.86	8.53	250.77	416.83
C5+D3+D4+D5+E3+E4+E5	0.278	162.694	163.609	24.09	1.78	8.20	254.70	414.01
C4+C5+D3+D4+D5+E3+E4+E5	0.322	157.369	158.277	24.48	1.81	8.04	254.86	413.33

Tablo 4. 1. Grup uygulama için perde-çerçevesel sistem eşdeğer deprem yükü yöntemi  
(Y yönü deprem X yönü + %5 dışmerkezlilik durumu).

Süreksiz Olan Döşemeler	Boşluk Oranı	Taban Kesme Kuvveti		P101				
		$V_{ix}$ (t)	$V_{iy}$ (t)	N (ton)	$M_{2,2}$ (tm)		$M_{3,3}$ (tm)	
					Üst	Alt	Üst	Alt
-	0.000	255.29	250.46	31.59	2.13	12.77	48.23	78.14
E5	0.033	244.61	246.18	34.05	1.96	11.97	19.30	30.68
E4+E5	0.067	239.32	240.38	11.48	2.31	12.11	41.51	66.02
E3+E4+E5	0.100	237.32	232.76	6.68	2.37	11.86	39.68	63.77
D5+E3+E4+E5	0.144	227.61	229.04	7.00	2.32	11.57	33.37	53.74
D4+D5+E3+E4+E5	0.189	220.97	222.36	6.89	2.36	11.39	34.21	53.20
D3+D4+D5+E3+E4+E5	0.233	215.79	215.38	6.40	2.41	11.24	38.13	56.87
C5+D3+D4+D5+E3+E4+E5	0.278	208.80	210.76	7.00	2.33	10.88	28.91	43.43
C4+C5+D3+D4+D5+E3+E4+E5	0.322	201.82	204.59	6.81	2.42	9.96	28.14	39.89

## 2. Grup Sayısal Uygulamalar

Döşeme boşluklarının kat planında simetrik olarak yerleştirilmesi ile oluşan örneklerin boşluk oranı değişimine göre kesit tesirleri karşılaştırılmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. Döşemelerin rijit diyafram olarak davrandığı kabul edilerek kesit tesirleri hesaplanmıştır.

Tablo 5. 2. Grup uygulama için perde-çerçevesel sistem dinamik analiz  
(Y yönü deprem X yönü + %5 dışmerkezlilik durumu).

Süreksiz Olan Döşemeler	Boşluk Oranı	Taban Kesme Kuvveti		P101				
		$V_{ix}$ (t)	$V_{iy}$ (t)	N (ton)	$M_{2,2}$ (tm)		$M_{3,3}$ (tm)	
					Üst	Alt	Üst	Alt
-	0	201.834	194.191	52.25	1.69	9.80	233.94	431.50
A1+E5	0.067	194.933	187.474	50.02	1.64	9.48	226.65	417.38
A1+A2+E4+E5	0.133	186.919	179.339	41.86	1.78	9.07	219.82	403.34
A1+A2+C1+C5+E4+E5	0.222	179.412	171.911	40.50	1.72	8.71	212.72	389.26
A1+A2+C1+C2+C4+C5+E4+E5	0.311	171.590	161.253	39.34	1.74	8.32	204.75	373.69
A1+A5+B1+B5+C3+D1+D5+E1+E5	0.356	161.560	166.577	34.57	1.51	8.38	246.90	416.19



Tablo 6. 2. Grup uygulama için perde-çerçeve sistem eşdeğer deprem yükü yöntemi  
(Y yönü deprem X yönü + %5 dışmerkezlilik durumu).

Süreksiz Olan Döşemeler	Boşluk Oranı	Taban Kesme Kuvveti		P101				
		V <sub>ix</sub> (t)	V <sub>iy</sub> (t)	N (ton)	M <sub>2,2</sub> (tm)		M <sub>3,3</sub> (tm)	
					Üst	Alt	Üst	Alt
-	0	255.292	250.469	31.59	2.13	12.77	48.23	78.14
A1+E5	0.067	246.774	242.774	29.20	2.16	11.51	45.28	71.69
A1+A2+E4+E5	0.133	237.811	231.923	17.66	2.26	11.85	41.18	69.40
A1+A2+C1+C5+E4+E5	0.222	228.505	222.704	15.65	2.07	9.67	35.62	57.91
A1+A2+C1+C2+C4+C5+E4+E5	0.311	219.578	209.578	17.11	2.30	10.20	36.89	60.20
A1+A5+B1+B5+C3+D1+D5+E1+E5	0.356	207.397	212.871	27.25	1.90	10.97	47.59	73.34

### 3. 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 alınarak irdelenmiştir. Döşeme boşluk oranları değişimi ile kesit tesirlerindeki değişim orantılı olmadığı görülmektedir.

Tablo 7. 3. Grup uygulama için perde-çerçeve sistem dinamik analiz  
(Y yönü deprem X yönü + %5 dışmerkezlilik durumu).

Süreksiz Olan Döşemeler	Boşluk Oranı	Taban Kesme Kuvveti		P101				
		V <sub>ix</sub> (t)	V <sub>iy</sub> (t)	N (ton)	M <sub>2,2</sub> (tm)		M <sub>3,3</sub> (tm)	
					Üst	Alt	Üst	Alt
-	0	201.834	194.191	52.25	1.69	9.80	233.94	431.50
E4+E5	0.067	194.933	187.474	25.96	1.81	9.27	246.00	427.53
A1+A2+E4+E5	0.133	186.919	179.339	41.86	1.78	9.07	219.82	403.34
D5+E3+E4+E5	0.144	175.005	179.232	21.72	1.79	8.80	229.19	395.07
A1+A2+C1+C5+E4+E5	0.222	179.412	171.911	40.50	1.72	8.71	212.72	389.26
D3+D4+D5+E3+E4+E5	0.233	168.673	168.283	23.70	1.86	8.53	250.77	416.83
A1+A5+B1+B5+C3+D1+D5+E1+E5	0.356	161.560	166.577	34.57	1.51	8.38	246.9	416.19
C3+C4+C5+D3+D4+D5+E3+E4+E5	0.367	155.661	154.166	35.67	1.81	7.88	195.99	339.48

Tablo 8. 3. Grup uygulama için perde-çerçeve sistem eşdeğer deprem yükü yöntemi  
(Y yönü deprem X yönü + %5 dışmerkezlilik durumu).

Süreksiz Olan Döşemeler	Boşluk Oranı	Taban Kesme Kuvveti		P101				
		V <sub>ix</sub> (t)	V <sub>iy</sub> (t)	N (ton)	M <sub>2,2</sub> (tm)		M <sub>3,3</sub> (tm)	
					Üst	Alt	Üst	Alt
-	0	255.292	250.469	34.14	3.64	6.84	4.13	7.63
E4+E5	0.067	239.321	240.388	31.69	3.16	5.98	3.21	5.95
A1+A2+E4+E5	0.133	237.811	231.923	30.90	2.64	5.08	3.73	6.91
D5+E3+E4+E5	0.144	227.613	229.613	21.13	1.80	5.26	1.90	5.80
A1+A2+C1+C5+E4+E5	0.222	228.505	222.704	29.75	2.52	4.86	3.57	6.63
D3+D4+D5+E3+E4+E5	0.233	215.793	215.389	21.49	1.75	5.23	2.17	6.80
A1+A5+B1+B5+C3+D1+D5+E1+E5	0.356	207.397	212.871	17.43	1.49	4.37	2.05	6.61
C3+C4+C5+D3+D4+D5+E3+E4+E5	0.367	200.306	199.368	33.08	3.29	6.29	3.27	6.30

3. 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 9. Boşluk oranı 0.400 olması durumunda kesit tesirlerindeki değişim (Y yönü deprem X yönü + %5 dışmerkezlilik durumu).

Sürekli Olan Döşemeler	Hesap Şekli	Boşluk Oranı	Taban Kesme Kuvveti		P101				
			$V_{ix}$ (t)	$V_{iy}$ (t)	N (ton)	$M_{2-2}$ (tm)		$M_{3-3}$ (tm)	
						Üst	Alt	Üst	Alt
B2+B3+B4+C2+C3+C4+D2+D3+D4	Döşeme rijit diyafram (Dinamik Analiz)	0.400	154.882	150.177	51.34	1.75	8.24	219.47	381.20
B2+B3+B4+C2+C3+C4+D2+D3+D4	Döşeme rijit diyafram değil (Dinamik Analiz)	0.400	154.882	150.177	39.85	2.33	8.17	256.52	406.66
B2+B3+B4+C2+C3+C4+D2+D3+D4	Döşeme rijit diyafram (Eşdeğer Deprem Yüğü Y.)	0.400	199.091	194.837	31.02	-2.24	-10.88	38.26	61.27
B2+B3+B4+C2+C3+C4+D2+D3+D4	Döşeme rijit diyafram değil (Eşdeğer Deprem Y.ükü Y.)	0.400	199.091	194.837	28.59	3.08	10.91	-36.11	-53.59

Tablo 9’da ise döşeme süreksizlikleri planda sağ alt köşe civarında ve boşluk oranı da 0.40 seçilerek döşemelerinde rijit diyafram olması ve olmaması durumu için P101 perdesindeki kesit tesirleri değişimi verilmiştir.

## 5. Sonuçlar ve öneriler

Bu çalışmada A2 türü düzensizliği içeren yapılarda boşluk oranının büyüklüğü kadar taşıyıcı sistem seçiminin, döşeme boşluğunun kat planındaki yerinin ve kat planına yerleştirilme şeklinin de önemli olduğu ortaya çıkmıştır. 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 döşemelerin rijit diyafram olarak çalıştığı ve rijit diyafram olarak çalışmadığı kabullerine göre hesap yöntemleri karşılaştırıldığında; Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin, Mod Birleştirme Yöntemine göre daha güvenli tarafta kaldığı görülmüştür. Döşemelerin rijit diyafram olarak çalışmadığının kabul edildiği durumda; yapıdaki düzensizlik belirgin olarak ortaya çıkmış ve bu kabulün 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.

Boşluk oranı 0.367 den büyük olan yapılarda döşemelerin rijit kütle hareketi yapmadığı görülmüştür. Döşemenin plan geometrisinin değiştiği gözlenmiştir. Bu durum kesit tesirleri değişiminde de gözlenmektedir.

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 düzensizliklerin bulunduğu yapılarda, burulma etkilerini azalttığı için, taşıyıcı sistemi perdeli veya perde+çerçevesel 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 için çözümler yapılabilir.

## 6. Kaynaklar

- [1]. Celep, Z. ve N. Kumbasar, **Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı**, Sema Matbaacılık, İstanbul, (2004).
- [2]. Atımtay, E., **Çerçeve ve Perdeli Betonarme Sistemlerin Tasarımı Temel Kavramlar ve Hesap Yöntemleri**, ODTÜ, Cilt I-II, 746 s, METU Press, Ankara, (2000).
- [3]. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, (2007).
- [4]. TS 500, Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, (2000).
- [5]. Ju, S., Lin, M., Comparison of Building Analysis Assuming Rigid or Flexible Floors, Eric M.Lui, Journal of Structures Engineering, January, 25, (1999).
- [6]. Doudoumis, N. ve Athanatopoulou, A., 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., (1998).
- [7]. Karadoğan, F., and A. Rutenberg, **Irregular Structures, Asymmetric and Irregular Structures**, İ.T.Ü. Yayınevi, İstanbul, (1999).
- [8]. Özmen, G., Orakdöğen, E., ve K., Darılmaz, **Örneklerle SAP 2000** ,172 s., Birsen Yayınevi, İstanbul, (2000).
- [9]. Aşıkkutlu, M., Betonarme Yapılarda A2 Türü Düzensizliklerin Kesit Tesirlerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir, (2003).
- [10]. Gür, Y., Planda Düzensiz Yapıların Deprem Davranışının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, (1998).
- [11]. International Building Code, **Structural Engineers Association of California, USA**, (2000).
- [12]. Atabey, M., Planda düzensiz yapılarda kat döşemelerinin deprem etkileri altındaki davranışı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, (1999).

[13]. Yulu, T., Yeni Deprem Yönetmeliğinde (TDY98) A2 Ve A3 Düzensizliğinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, (2003).

[14]. Güllü, E., Yapıların Deprem Yönetmeliğine Göre Hesabında Perde Yerleşiminin Etkisi ve A2 Düzensizlik Durumunun İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, (2004).