

Döşemelerdeki Boşluk Konumunun Kayma Gerilmesine Etkisinin İncelenmesi

Investigation of Effect of Slab Opening Location to the Shear Stress

Burak YÖN^a, Mehmet Emin ÖNCÜ^{b*} ve Zülfü Çınar ULUCAN^a

^a Firat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 23119, Elazığ

^b Dicle Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 21280, Diyarbakır

Geliş Tarihi/Received : 04.03.2009, Kabul Tarihi/Accepted : 23.09.2009

ÖZET

Bu çalışmada, betonarme binaların döşemelerinde oluşturulan boşlukların plandaki yerleşiminin yapıların davranışına etkisi incelenmiştir. Döşemelerdeki düzensizliğin incelenmesi için yapı planının değişik yerlerinde boşluk bulunan üç adet çok katlı düzensiz bina ve bir adet düzenli bina modeli tasarlanmıştır. Zaman Tanım Alanında Hesap yöntemi kullanılarak, bu bina modellerinin doğrusal dinamik analizleri yapılmıştır. Bu analizler için 13 Mart 1992 yılında meydana gelen Erzincan Depreminin ivme kayıtları kullanılmıştır. Seçilen binaların döşemelerinin esnek diyafram şeklinde davrandığı kabul edilmiştir. Çözümlerde SAP2000 Yapısal Analiz Programı kullanılmıştır. Seçilen binaların dinamik analizinden elde edilen boşluğa komşu döşemelerdeki kayma gerilmeleri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Buna göre bina döşemelerindeki boşluk yerinin yapıların davranışını değiştirdiği ve döşemelerde büyük kayma gerilmeleri oluşturduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler : Döşeme boşluğu, Zaman tanım alanında hesap yöntemi, Kayma gerilmesi.

ABSTRACT

In this study, it is investigated the effect of slab opening location in reinforced concrete building to the structural behavior. For investigation of slab irregularity, three multi storey irregular structures that have different slab opening locations in structure plans and one regular structure are designed. Linear dynamic analyses are performed for the structure models using Time History Analysis method. 13 March 1992 Erzincan Earthquake acceleration records are used for these analyses. It is assumed that slabs of selected structures are modeled as elastic diaphragm. SAP2000 Structural Analysis Program is used in the analyses. Values of slab that near space shear stress obtained from dynamic analyses of selected structures are comparatively evaluated. According to analyses results, it is determined that location of slab opening of structures reasonably both affects the behavior of structures and occurs great slab shear stress.

Keywords : Opening in floor, Time history analysis method, Shear stress.

1. GİRİŞ

Deprem etkisi, meydana getirdiği sonuçlar nedeniyle insanlar ve çevre üzerinde çok büyük yıkımlara neden olan doğal bir felakettir. Fakat depremlerde meydana gelen kayıpların ana sebebi insanlar tarafından inşa edilen yapıların istenen deprem davranışını sağlamamasıdır. Yapı sistemlerinin tasarımı yapılırken, yapıların deprem kuvvetlerini en azından can güvenliğini sağlayacak bir şekilde karşılaması hedef alınmaktadır. Bu güvenliği sağlamak için de yapının simetrik özellik taşıması ve düzenli bir taşıyıcı

sisteme sahip olması gerekmektedir. Düzenli yapılar; hem uygulamada, hem de boyutlamada, hesapların kısılmasını ve kuvvetlerin doğru bir şekilde hesaplanmasını sağlar. Bu sebeple düzenli yapı iyi bir tasarım için tercih edilen en pratik seçenektir.

Deprem kuvvetinin güvenli bir şekilde karşılanabilmesi açısından yapıların hem yatayda hem de düşeyde süreksizlik göstermemeleri, ani rijitlik değişimlerinin olmaması gerekir. Bu özellikleri içinde bulunduran yapılar, taşıyıcı sistem bakımından

* Yazışılan yazar/Corresponding author. E-posta adresi/E-mail address : oncume@dicle.edu.tr (M. E. Öncü)

düzensiz yapılar kapsamına girmektedir. Bu tür yapıların hesabında düzenli yapılara göre çeşitli ek kuvvetler oluşacak ve boyutlamada bazı kesit zorlarının büyümesine neden olacaktır. Böylelikle optimum bir tasarım sağlanamayacaktır.

Yapıların maruz kaldığı yatay kuvvetler düşey taşıyıcılara döşemeler tarafından iletilmektedir. Burada döşemelerin rijit diyafram olarak davrandığı varsayılmaktadır. Fakat döşemelerdeki büyük açıklıklar döşemenin rijitliğini bozarak bu varsayımı geçersiz hale getirir. Rijit davranış göstermeyen döşemelerde yatay yüklerin kolon ve perdelerle dağıtımında tahmin edilemeyen değişiklikler oluşturur. Bunun sonucunda yapının dinamik etkiler altında düzensiz deplasmanlar ve ilave kayma gerilmeleri meydana gelmektedir (Özmen ve Ünay, 2007).

Deprem kuvvetinin yapıda kütlelerin yoğun olarak bulunduğu döşemelerde meydana geldiği kabul edildiği için, bu yüklerin döşemelere mesnetlik yapan kiriş, kolon ve perde gibi elemanlara iletilmesi önemlidir. Döşemede boşlukların bulunması ve özellikle döşemenin doğrudan kolon veya perdeye mesnetlendiği kirişsiz döşemelerde bu mesnetlenme kenarlarında boşlukların bulunması, kuvvet iletimini zorlaştıracak ve gerilme yığılmalarına sebep olacaktır (Celep ve Kumbasar, 2004).

Bu sebeplerden dolayı yapı döşemelerinde boşluk bırakılmasından kaçınılması gerekmektedir. Bundan dolayı Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelik yapılarda bırakılan boşluklar ile ilgili şartlar getirmiştir (DBYBHY-2007).

Özsoy ve Kuyucular tarafından, kirişli boşluklu döşemeye sahip betonarme yapıların deprem yükü altındaki davranışları incelenmiştir. Bu çalışmada boşluk oranı modal analiz ile incelenmiş ve yönetmelikteki boşluk oranının aşılması gerektiği teyit edilmiştir (Özsoy ve Kuyucular, 2004).

Öztürk ve Çağlarım tarafından yapılan bir çalışmada, döşeme kalınlığının az olması, katlarda büyük döşeme boşluklarının bulunması ve bir kenarının diğerine oranı büyük olan yapılarda, kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı kabulünün gözden geçirilmesi gerektiği vurgulanmıştır (Öztürk ve Çağlarım, 2004).

Döşemelerin modellenmesinde rijit veya esnek diyafram kabulleri yapılmaktadır. Rijit diyafram kabulünde düzlem içinde sonsuz rijit olduğu yani şekil değiştirmedeği kabul edilmektedir. Rijit diyafram modelinde döşemedeki herhangi bir noktanın, birbirine dik iki yatay öteleme ve döşeme düzlemine dik eksen etrafında dönme olarak üç serbestlik derecesinin bulunduğu varsayılmaktadır. Döşeme üzerinde seçilen bir noktanın birbirine dik iki yatay

öteleme ve döşeme düzlemine dik eksen etrafında dönme deplasmanlarının bilinmesi durumunda, döşeme üzerindeki diğer düğüm noktalarının deplasmanları, seçilen noktaların deplasmanlarına bağlı olarak hesaplanabilmektedir (Ju ve Lin, 1999). Döşemenin rijit diyafram olarak kabul edilmesi hesaplamalarda bazı kolaylıklar getirmektedir. Bilinmeyen sayısı azaldığından hesaplama modelinin boyutu oldukça azalmakta, özellikle yapıların dinamik hesaplarının kısılmasına neden olmaktadır (Doudoum ve Athanatopoulou, 2001).

Cardona, basit beş katlı bir yapı üzerinde, lineer ve lineer olmayan çözüm yöntemleri yardımı ile süneklik talebini araştırmıştır. Çözümler, yapıda döşemelerin rijit diyafram olarak çalışıp çalışmaması durumuna göre yapılmıştır. Rijit davranış göstermeyen dış merkezliğe sahip yapılarda süneklik talebinin daha fazla olduğu sonucuna varmıştır. Cardona aynı zamanda rijit diyafram davranışına sahip, uzun periyotlu ve dış merkezliği olan sistemlerin süneklik talebinin simetrik sistemlere nazaran daha az olduğu sonucuna varmıştır (Cardona, 1977).

Rijit ve esnek diyafram kabullerinin A2 düzensizliğine sahip yapılarda uygulanması konusunda yapılan karşılaştırmada, bu düzensizliğe sahip yapılarda rijit diyafram kabulünün gerçekçi olmadığı belirlenmiştir (Ulucan ve Yön, 2008).

Planda düzensizliğe veya boşluğa sahip düzensiz yapıların döşemelerindeki gerilme dağılımları sonlu elemanlar kullanılarak yapılmaktadır (Kim ve Lee, 2005).

Bu çalışmada da planında boşluk bulunan düzensiz yapıların ve düzenli yapıların analizinde, döşemeler sonlu elemanlara bölünerek doğrusal dinamik analizi yapılmış ve boşluğa komşu döşemelerdeki kayma gerilmeleri bulunmuştur. Bu sayede planında boşluk bulunan yapılarda boşluk yerinin etkisi incelenmiştir.

2. YAPISAL DÜZENSİZLİKLER

DBYBHY-2007'de, planda düzensiz yapılar üç tür olarak;

- A1) Burulma düzensizliği,
- A2) Döşeme süreksizliği,
- A3) Planda çıkıntılar bulunması.

şeklinde sınıflandırılmıştır.

Plandaki bu düzensizlik durumları, taşıyıcı sistemin deprem yüklerini bir bütün olarak taşımasına engel olmaktadır. Bu durum da, taşıyıcı sistem elemanlarının aşırı miktarda zorlanmasından kaynaklanmaktadır (Celep ve Kumbasar, 2005).

DBYBHY-2007'de Döşeme Düzensizliği için üç durum Şekil 1'de ve bunlara ait uygulamalar ise Şekil 2'de verilmektedir. Herhangi bir kattaki döşemede;

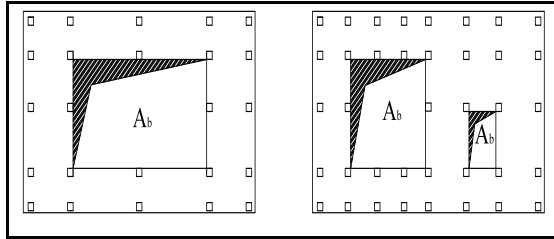
- Merdiven ve asansör boşlukları dâhil olmak üzere, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olması durumu,
- Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu,
- Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumudur.

$$A_b = A_{b1} + A_{b2}$$

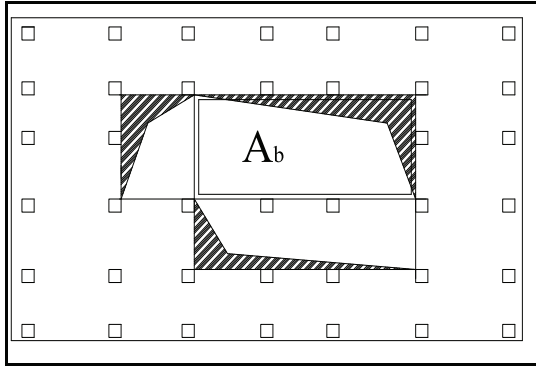
$$A_b / A > 1/3$$

Burada;

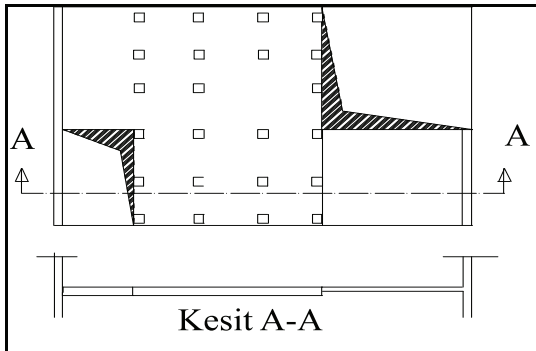
A_b : Boşluk alanları toplamı.
A: Brüt kat alanı.



(a)



(b)



(c)

Şekil 1. DBYBHY-2007 de verilen A2 döşeme süreksizlik durumları.



(a)



(b)



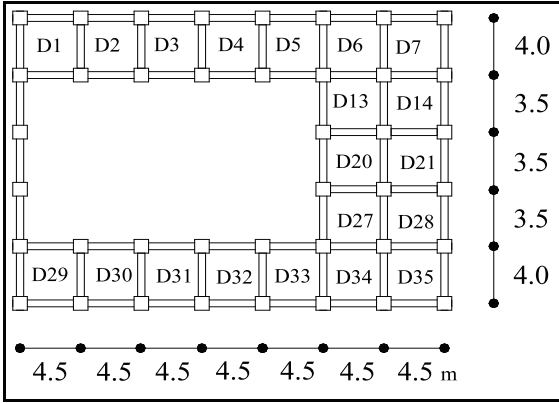
(c)

Şekil 2. Döşemelerdeki çeşitli boşluk uygulamaları.

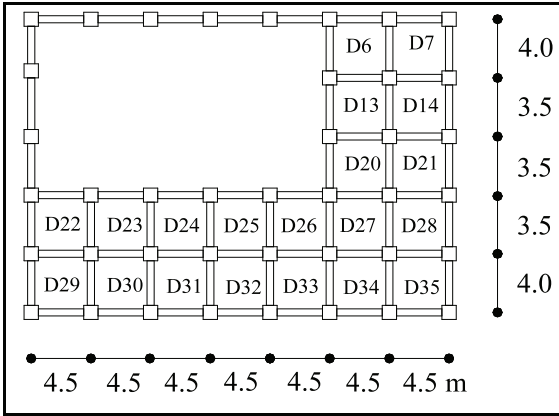
3. SAYISAL UYGULAMA

Çalışmada döşemede boşluk yerinin, döşemenin davranışına etkisi araştırılmış ve kayma gerilmelerindeki değişim incelenmiştir. Bu amaçla yapı planının çeşitli yerlerinde bina alanının %40'ı kadar döşeme boşlukları oluşturularak toplam 3 adet düzensiz bina ve 1 adet düzenli bina modeli tasarlanmıştır (Şekil 3-6). Tasarlanan bina modelleri x yönünde yedi, y yönünde beş açıklıklı olarak seçilmiştir. Sistemlerin zemin+7 kata sahip ve kat yüksekliklerinin tüm katlarda 3.5 m olduğu varsayılmıştır. Sistemlerin x yönündeki aks açıklıkları 4.5 m; y yönündeki aks açıklıkları, kenarda 4 m ve iç açıklıklarda 3.5 m olarak belirlenmiştir. Tasarlanan

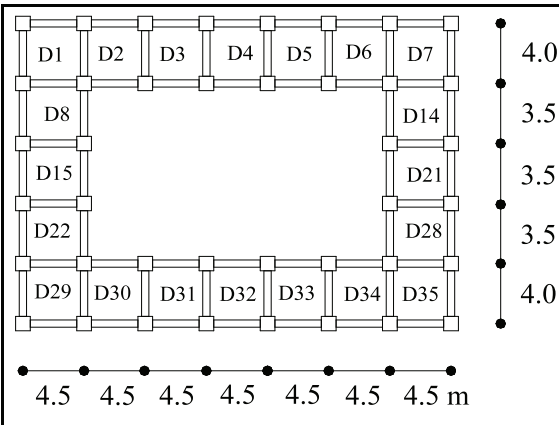
düzensiz 4 adet binanın dinamik analizleri yapılmıştır. Bunun için ülkemizde 13 Mart 1992 yılında meydana gelen Erzincan Depremi kayıtları dikkate alınmıştır.



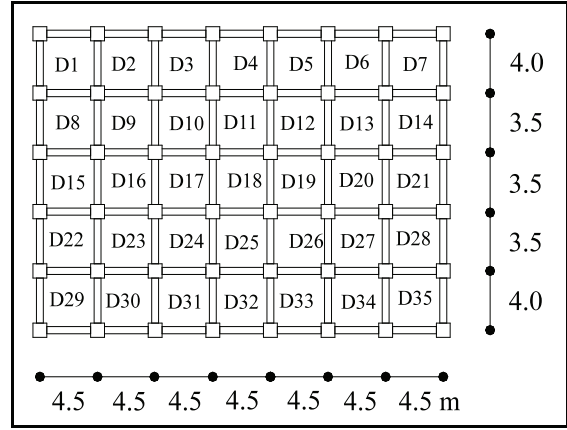
Şekil 3. A2-1 modeli.



Şekil 4. A2-2 modeli.



Şekil 5. A2-3 modeli.



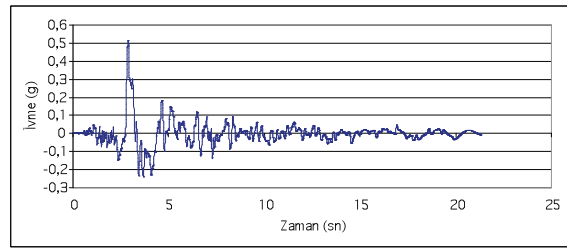
Şekil 6. Düzenli yapı modeli.

3. 1. Materyal ve Metot

Döşemelerde oluşturulan boşluk düzensizliklerinin yapı planındaki yerinin yapıların deprem davranışına etkisini incelemek amacıyla Şekil (3-6)'da verilen bina modellerinin zaman tanım alanında hesap yöntemiyle doğrusal dinamik analizleri yapılmıştır. Analizlerde bina döşemelerinin esnek diyafram şeklinde davranış gösterdiği kabul edilmiştir.

Tasarlanan bina modellerinde döşeme kalınlığı 12cm, kiriş boyutları 30x60 cm, kolon boyutları ilk dört katta 55x55 cm, diğer katlarda 45x45 cm olarak seçilmiştir. Malzeme olarak C25 beton ve S420 yapı çeliği kullanılmıştır. Bina modelleri $G=450 \text{ kg/m}^2$, $Q=500 \text{ kg/m}^2$ (hareketli yük-duvar yükü dâhil) düşey yük ile yüklenmiştir. Hareketli yük katılım katsayısı $n=0.3$ seçilmiştir.

Yapıların dinamik analizleri DBYBHY-2007'de zaman tanım alanında hesap yöntemleri kısmında verilen kaydedilmiş deprem ivmesi şartları sağlanarak yapılmıştır. Bunun için 13 Mart 1992 Erzincan depremi sırasında kaydedilen yer hareketinin yatay ivme bileşeni seçilmiştir. Bu ivme bileşeni Şekil 7'de sunulmuştur. Bu depreme ait yatay ivme kayıtları Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Deprem Araştırma Dairesinden alınmıştır.

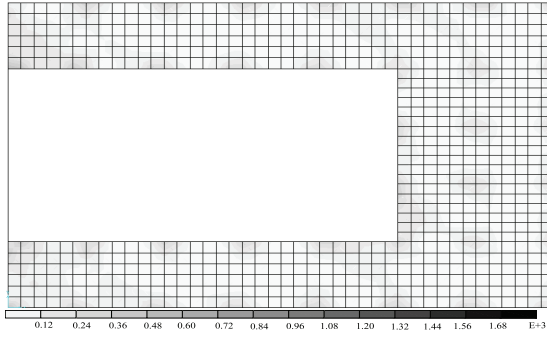


Şekil 7. Erzincan Depremi'nin yatay ivme bileşeni.

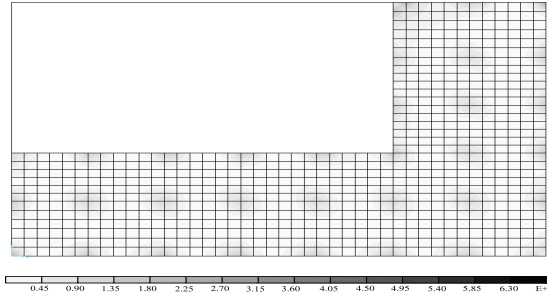
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada, A2 döşeme düzensizliğine sahip bina modellerinin, Erzincan Depremi kayıtları kullanılarak Zaman Tanım Alanında Hesap yöntemiyle doğrusal dinamik analizleri yapılmıştır.

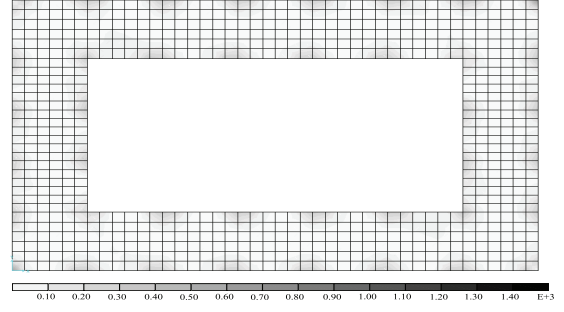
Yapılan analizlerden, Deprem Yönetmeliğinde A2 döşeme düzensizliği olarak tanımlanan binaların döşemelerinde bırakılan boşlukların, kayma gerilmelerinde büyük artışlar meydana getirdiği görülmektedir. Ayrıca döşemelerde bırakılan boşlukların yerlerinin farklılığı, kayma gerilmesi değerlerini etkilemektedir. Buna göre boşluğa komşu döşeme kenarında en büyük kayma gerilmesinin A2-2 modelinde meydana geldiği belirlenmiştir. Tüm düzensiz binalar arasında en az kayma gerilmesi ise A2-3 modelinde oluşmuştur. Aynı oranda boşluk alanına sahip olan, ancak boşluk yerleri farklı olan bu düzensiz binaların analiz sonuçlarına göre, kayma gerilmesi değerleri bakımından neredeyse 6 kat fark görülmektedir (Şekil 8-11).



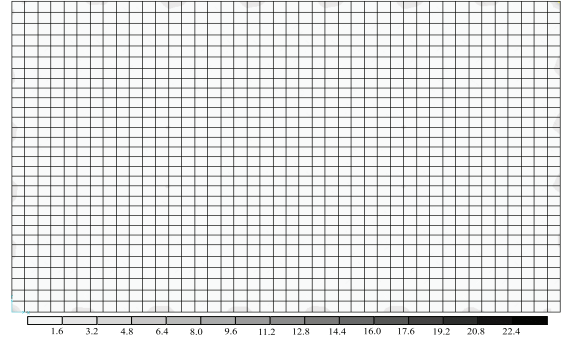
Şekil 8. A2-1 Düzensiz modelinde oluşan kayma gerilmeleri.



Şekil 9. A2-2 Düzensiz modelinde oluşan kayma gerilmeleri.



Şekil 10. A2-3 Düzensiz modelinde oluşan kayma gerilmeleri.



Şekil 11. Düzenli yapı modelinde oluşan kayma gerilmeleri.

A2-1 düzensiz modelinde oluşan kayma gerilmesi değerlerinin, A2-3 modelinde boşluğa komşu döşeme kenarlarındaki kayma gerilmesi değerlerine yakın olduğu Tablo 1-2'den görülmektedir.

Tablo 1. Yapı modellerinin döşemelerinde oluşan maksimum ve minimum kayma gerilmeleri.

Yapı Modelleri	Gerilme (kN/m ²)	
	Maksimum	Minimum
A2-1	1803.46	2.87
A2-2	6221.38	1.19
A2-3	1362.16	1.69
Düzenli	26.322	0.03

Tablo 2. Boşluğa komşu olan döşeme kenarlarındaki kayma gerilmeleri.

Gerilmeler (kN/m ²)					
A2-1		A2-2		A2-3	
D1	751.41	D6	2348.32	D2	597.53
D2	631.45	D13	2602.70	D3	418.73
D3	537.26	D20	1479.67	D4	149.54
D4	745.40	D22	1018.34	D5	552.76
D5	692.61	D23	1133.08	D6	839.45
D13	487.06	D24	1131.89	D8	319.78
D20	489.12	D25	1111.08	D14	814.59
D27	744.31	D26	1107.24	D15	422.41
D29	1122.75			D21	480.27
D30	660.12			D22	664.69
D31	666.02			D28	336.75
D32	664.58			D30	694.12
D33	704.05			D31	457.45
				D32	142.22
				D33	519.54
				D34	717.03

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, üçü aynı oranda döşeme boşluğuna sahip ve biri düzenli bina olmak üzere toplam 4 adet yapı tasarlanmıştır. Düzensiz binalarda sadece boşlukların yerleri değiştirilmiştir. Böylelikle binaların döşemelerinde bırakılan boşluk yerlerinin yapının davranışında ne oranda etkili olduğu incelenmiştir. Boşluğa komşu döşeme kenarında oluşan kayma gerilmelerinin hesabında Zaman Tanım Alanında hesap yöntemi kullanılarak binaların doğrusal dinamik analizleri yapılmıştır. Binaların döşemelerinin modellenmesinde esnek diyafram kabulü benimsenmiştir.

Yapılan çözümlerinde döşemede oluşturulan boşluk yerlerinin farklı olmasının, boşluğa komşu döşeme kenarlarındaki kayma gerilmesi değerlerini çok büyük oranda değiştirdiği görülmüştür. Özellikle A2-2 modelindeki gibi yapının bir köşesinde oluşturulan boşluğun A2-3 modelindeki gibi boşluk düzensizliği ortada olan duruma kıyasla kayma gerilmesi değerlerinde 6 kata varan oranda bir artışa neden olduğu belirlenmiştir. Bir kenarında boşluk bulunan A2-1 modelinin analizinden elde edilen maksimum kayma gerilmesi değerlerinin A2-3 modelindeki maksimum kayma gerilmesi

değerlerinden aşırı derecede büyük olmadığı görülmüştür. Fakat D4 ve D32 döşemelerinde bu oran 3-4 kata kadar çıkmıştır.

Sonuçlarda kayma gerilmesi değerlerinin büyük oranda değişiklik göstermesinin temel nedeni olarak, oluşturulan boşluğun yapının simetrisini bozmasından ve yapının aşırı derecede zorlanmasına sebep olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Yapılan çözümlerden elde edilen sonuçlara göre, binaların döşemelerinde oluşturulan boşlukların değişik düzende yerleştirilmesinin döşemelerde büyük gerilme yığılmasına sebep olduğu anlaşılmaktadır. Bu yüzden binalarda oluşturulacak olan boşluk alanlarının büyüklüğünün yanı sıra boşlukların yerleşim düzeninin de dikkate alınması gerekmektedir. Buna göre binaların köşe ve kenar kısımlarındaki boşlukların, orta kısımlardakine göre daha olumsuz sonuçlar doğuracağı unutulmamalıdır. Özellikle binaların köşesinde oluşturulan boşluk düzensizliğinin çok büyük gerilmeler meydana getirdiği belirlenmiştir. Bu yüzden boşlukların, binanın simetrisini bozmayacak şekilde düzenlenmesi ve köşe bölgelerinde boşluk oluşturulmasından kaçınılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik. Ankara.
- Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi (www.deprem.gov.tr).
- Celep, Z. ve Kumbasar, N. 2004. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı. s. 700. Beta Dağıtım, İstanbul.
- Cordona, N.R. 1977. Sobre La Respuesta Torsional De Edificios De Cortante, Master of Engineering Thesis, Faculty of Engineering, Mexico.
- Doudoum, S. and N., Athanatopoulou, A. 2001. Code Provisions and Analytical Modeling For The In-Plane Flexibility of Floor Diaphragms In Building Structures. Journal of Earthquake Engineering. 5 (4), 565-594.
- Ju, S.H. and Lin, M.C. 1999. Comparison of Building Analyses Assuming Rigid or Flexible Floors, Journal of Structures Engineering. 125 (1), 25-31.
- Kim, H.S. and Lee, D.G. 2005. Efficient Analysis of Flat Slab Structures Subjected to Lateral Loads. Engineering Structures. (27), 251-263.
- Özsoy, İ. 2003. Değişik Geometrilik Boşluklu Betonarme Kirişli Döşemeler İçin Deprem Tahkikleri, Y. Lis. Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Denizli.
- Özsoy, İ. ve Kuyucular, A. 2004. Kirişli döşemeli betonarme yapılarda döşeme boşluklarının kat deplasmanlarına etkisi. Türkiye İnşaat Mühendisliği On Yedinci Teknik Kongre ve Sergisi. Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Öztürk, T. ve Çağlarım, M. 2004. Betonarme Çok Katlı Yapılarda Döşeme Türünün Taşıyıcı Sisteme Etkileri. Altıncı Uluslararası İnşaat Mühendisliğinde Gelişmeler Konferansı, İstanbul.
- Özmen, C. and Ünay, A.İ. 2007. Commonly Encountered Seismic Design Faults due to the Architectural Design of Residential Buildings in Turkey. Building and Environment. (42), 1406-1416.
- SAP2000 V9.0.1. 2004. Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures, Computer and Structures Inc. Berkeley, California.
- Ulucan, Z. Ç., ve Yön, B. 2008. Rijit ve Esnek Diyafram Kabulüne Göre A2 Döşeme Süreksizlik Düzensizliğine Sahip Yapıların Lineer Olmayan Deprem Davranışı. F.Ü. Fen Bilimleri Dergisi. 20 (2), 315-323.