

## YIĞMA YAPILARIN YAPISAL DAVRANIŞININ İNCELENMESİ

<sup>1</sup>Zeki AY, <sup>1</sup>A. Işıl ÇARHOĞLU, <sup>2\*</sup>K. Armağan KORKMAZ  
<sup>3</sup>Ayhan NUHOĞLU, <sup>4</sup>A. Vefa ORHON

<sup>1</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Çünür, Isparta - TÜRKİYE

<sup>2</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Tınaztepe, İzmir - TÜRKİYE

<sup>3</sup>Ege Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği, Bornova, İzmir - TÜRKİYE

<sup>4</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Tınaztepe, İzmir - TÜRKİYE

### ÖZET

Türkiye’de yığma yapı tarihi oldukça eskiye gitmektedir. Yapım teknolojisi açısından betonarme yapıma göre daha az gelişim göstermiş olmasına rağmen yeni yapı malzemeleriyle farklı bir boyut kazanmıştır. Bu çalışmada, yığma yapılar ele alınarak ülkemizde yaygın olarak inşaa edilen bir yığma yapı tipi incelenmiştir. Deprem kuşağında olan ülkemizde yığma yapıların deprem davranışlarının incelenmesi de oldukça önemlidir. Çalışma kapsamında ele alınan örnek bir yığma yapının, sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak dinamik analizi yapılmıştır. Yığma yapı modellenirken katı (solid) modelleme kullanılmıştır. Elde edilen analiz sonuçlarıyla yığma yapıların deprem davranışları değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yığma yapılar, sonlu elemanlar yöntemi, dinamik analiz

## INVESTIGATION OF STRUCTURAL BEHAVIOR OF MASONRY BUILDINGS

### ABSTRACT

Masonry buildings history goes long years back in Turkey. Although, construction technology of masonry structures hasn’t changed considerably considering the reinforced concrete buildings, with new structural materials, construction technology has new phase. In the present study, masonry buildings in Turkey are evaluated and a sample masonry building analytically investigated. Earthquake behaviors of masonry buildings are very important for Turkey as a earthquake prone country. In the study, for a sample masonry building, dynamic analysis is realized with Finite Element Methodology (FEM). With the results of the study, earthquake behavior of existing masonry buildings is evaluated.

**Key Words:** Masonry buildings, finite element methods, dynamic analysis

### 1.GİRİŞ

Yığma yapıların tarihi insanların yerleşik hayata geçmesine kadar uzanmaktadır. Ülkemizde de az katlı yapıların inşasında yığma yapılar tercih edilmektedir. Özellikle Türkiye’nin kırsal kesiminde çok sayıda yığma yapı mevcuttur. Bu

\*Sorumlu Yazar: armagan.korkmaz@deu.edu.tr

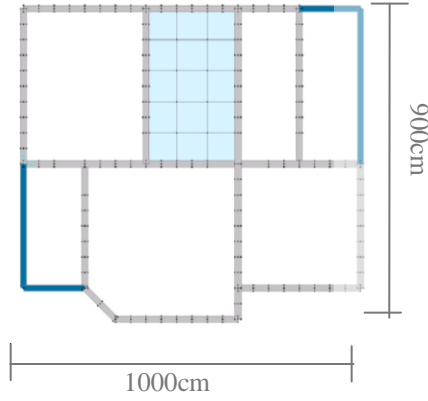
bölgeler çoğunlukla da deprem etkisindedir. Bu yapıların büyük bir çoğunluğu ise deprem güvenliğini sağlamamaktadır. Bu yapılar mühendislik hizmeti görmemiş, deprem etkileri dikkate alınmadan tasarlanmışlardır. Bu kesimlerdeki yığma yapılar depremleri ağır hasar olmadan atlatan yapılar olduğu görülmüştür. Bu nedenle bu tür yapıların güvenliği sağlanmalıdır. Diğer deprem yönetmeliklerinde olduğu gibi yığma 2007 deprem yönetmeliğinde de yığma yapılarla ilgili tasarım kurallarına açıkça yer verilmiştir. Yığma yapıların tasarımında Kargir Duvarlar Hesap ve Yapım Kuralları Standardı 1978 yılında yürürlüğe girmiş ve yığma yapıların tasarımında hesaptan çok bu kurallar göz önüne alınmıştır. Bu kurallar deneysel ve teorik çalışmalar ve geçmişte meydana gelen depremlerin etkilerinden meydana gelmiştir. Yığma yapılarda duvarlar taşıyıcı özelliğe sahiptir.

Kat seviyesinde taşıyıcı duvarlar üzerinde hatıllar bulunmaktadır bu hatıllar duvarları birbirine bağlar ve betonarme döşeme için mesnet görevi yapar. Yığma yapı tasarımında dikkat edilecek en önemli nokta basit simetrik ve düzenli olmasıdır. Uzun yıllar, tuğla malzeme yığma duvar ve bölme duvar malzemesi olarak kullanılmıştır. Son yıllarda inşaat teknolojisinin gelişmesiyle gaz beton duvara ilgi yoğunlaşmıştır. Gaz beton malzeme gözenekli bir malzeme olması nedeniyle, ısı yalıtım özelliği etkilidir, bununla birlikte gaz betonun hafif, yanmaz, kolay işlenebilmesi ve dolayısıyla inşaat hızını artırması avantajlarındanır. Aktif deprem kuşağı üzerinde bulunan ülkemizde birçok yıkıcı deprem meydana gelmektedir. Meydana gelen depremlerin yapılarda ağır hasarlar oluşturmasını engellemek için depreme dayanıklı yapılar yapmak gereklidir. Yığma yapılar da betonarme ve çelik yapılar kadar deprem riski altındadır. Türkiye’de yığma yapıların sayısı oldukça fazladır. Yığma yapılar düşey yüklere karşı dayanıklı olmasına rağmen dinamik ve yatay yüklere karşı dayanımları oldukça azdır. Yığma yapılar rüzgar ve deprem gibi yatay yüklere maruz kalabilirler. Yığma yapılarda yatay yükler altında kesme kuvveti ve moment oluşmaktadır. Bunun sonucunda yığma yapıda momentten dolayı oluşan aksel kuvvetler ve kesme kuvvetleri gerilmeler meydana getirecektir. Yapıların depreme dayanıklı olarak tasarlanması atalet kuvvetlerine dayanıklı yapı yapmak olarak ifade edilebilir. Yapıları depreme dayanıklı olarak tasarlamak için deprem esnasında oluşan kuvvetlerin bilinmesi ve bu kuvvetler altındaki yapıların davranışının çok iyi irdelenmesi gerekmektedir [1,2,3,4].

Kanıt ve Işık (2007), yığma yapıların gerçek mekanik davranışlarının sayısal analiz yöntemleriyle ortaya konulmasının güçlüğünü göz önüne alarak üç ayrı modeli deneysel ve sayısal analizler uygulamışlardır. Sayısal analizi Flac3d ve Udec programı ile gerçekleştirmişlerdir. Blokların, harcın mekanik davranışı deneylerle belirlemişlerse de bloklarda ve bunların birleşim yerlerinde meydana gelen yığma yapı sisteminin deformasyon modeli ve dayanım parametreleri bilinmediğinden bu parametreleri belirlemek için Flac3d modellerini kemerler üzerinde yapılan deney sonuçlarını kullanarak incelemişlerdir. Buna göre yığma yapı sisteminin ortalama deformasyon modülü ve çekme dayanımını belirlemişlerdir [5].

## 2. YIĞMA YAPI MODELİ

Çalışma kapsamında, yığma yapıları incelemek üzere bir yığma yapı modeli kullanılmıştır. İncelenen yapı duvar elemanları gaz beton olan 2 katlı örnek mevcut bir yığma yapıdır. Binanın 2. kat tavan sistemi ahşaptır. Binanın oturma alanı 90 m<sup>2</sup> ve yapının zemin üst kotundan yüksekliği su basman perde yüksekliği dahil 8 m dir. Şekil 1’de resmi verilen yapının plan görünümü Şekil 2’de verilmiştir. 900cm\*1000cm boyutlarına olup 1.kat 2m kat 3m ve çatı katı 3m’dir.



Şekil 1. İncelenen örnek yapı

Şekil 2. İncelenen örnek yapının plan görünümü

Tablo 1. Yığma yapı analizlerinde kullanılan malzeme özellikleri

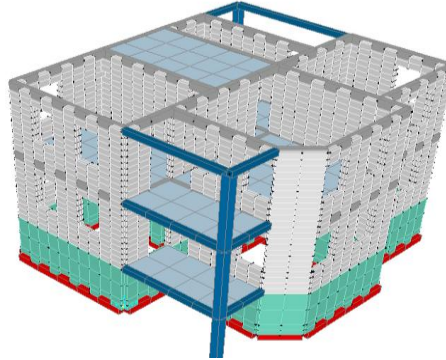
Malz.	Birim Hacim Ağırlığı (kg/cm <sup>3</sup> )	E. Modülü (E) (kg/cm <sup>2</sup> )	Poisson Oranı (v)	Kayma Modülü (G) (kg/cm <sup>2</sup> )	Basınç Day. (f'c) (kg/cm <sup>2</sup> )
Beton	2.403.10 <sup>-3</sup>	253105	0.2	105460	281.2
Dolgu A	2.4.10 <sup>-3</sup>	280000	0.2	116666	200
Dolgu B	1.8.10 <sup>-3</sup>	210000	0.2	87500	50

## 3. MODEL YAPININ SONLU ELEMANLAR ANALİZİ

Sonlu elemanlar yöntemi; kısmi diferansiyel denklemlerle ifade edilen problemleri çözmek için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem, doğrusal ve doğrusal olmayan problemleri çözmek için kullanılmaktadır. Bu yöntemde cisim sonlu boyutta çok sayıda elemana ayrılmaktadır [6,7]. Sonlu eleman yaklaşımında problemin genel bir denkleminin yazımı ve denklemin çözümü yerine önce ortam sonlu elemanlara ayrılır ve her eleman için problemin bütünü göz önüne alınarak denklemler çıkartılır. Mevcut sınır şartları dikkate alınarak elemanlar birleştirilir ve ortamın

tamamı için matris şeklinde denklemler elde edilir. Elde edilen denklem takımları veya takımı çözümlenerek bilinmeyenler hesaplanır [8]. Yapının davranış sisteminin serbestlik dereceleri bilinmeyenler olarak kabul edildikten sonra bir denklemler silsilesi ile ifade edilmesi mümkündür. Modeldeki doğruluk ve kesinlik, alınan elemanların davranışlarının kabulüne ve ağdaki eleman sayısına bağlıdır. Genel olarak, eleman sayısı arttıkça bilinmeyenlerin sayısında da bir artış olur ve neticede sonuçların doğruluk ve kesinliği de artar [8].

Yapının modellenmesi SAP 2000 programı ile yapılmıştır [9]. Yapının sonlu elemanlar modeli Şekil 3’de gösterilmiştir. Perde ve duvar elemanları katı olarak; döşemeleri, plak eleman olarak; duvar üstü hatılları ve perde hatılı, çerçeve eleman olarak modellenmiştir. Yapı, zemine doğrudan sonlu eleman tekniğine uygun bir şekilde mesnetleşmiştir. Zemin en alt noktasında sabit mesnetlerle, kenarlarında ise düşey yönde kayıcı mesnetlerle mesnetlenmiştir. Katlarda hareketli yük ve çatı yükü  $200 \text{ kg/m}^2$  alınmıştır. Ayrıca çatı modellenmesi yapılmamıştır. Çalışmada alınan yükler şu şekildedir: *Yapı öz ağırlığı*: Sistemi oluşturan elemanların malzemelerinin birim hacim ağırlığından hareketle program tarafından doğrudan alınır. *Çatı Yüğü*: İkinci kat duvarlarına etkilenen bu yükün değeri  $200 \text{ kg/m}^2$  dir. *Hareketli Yük*: Tüm döşeme sistemine gelen yükün değeri  $200 \text{ kg/m}^2$  dir.



Şekil 3. Yığma yapı üç boyutlu sonlu eleman modeli

#### 4. SEÇİLEN ÖRNEK YAPININ DEPREM ETKİSİ ALTINDAKİ DAVRANIŞI

Bu çalışmada dört farklı deprem bölgesi, dört farklı zemin sınıfı ve üç farklı süneklik düzeyi ele alınarak yığma yapının dinamik etkiler altındaki davranışı mod birleştirme yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. Tablo 2’de Zemin Sınıfı ve Süneklik Düzey Değerleri verilmiştir. SAP 2000 programında yığma yapı üç boyutlu olarak farklı deprem bölgesi, farklı zemin sınıfı ve farklı süneklik düzeylerine göre modellenmiş mod birleştirme yöntemi kullanılarak en büyük yer değiştirme ve gerilmeler elde edilmiştir [9]. Yapılarda büyük deprem ivmeleri sağlam zeminlerde kısa periyotlu yapılara, yumuşak zeminlerde uzun periyotlu yapılara geldiği için yığma yapıların deprem etkisi altındaki dinamik analizi

yapılırken tüm zemin sınıflarının yapı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Yığma yapılarda deprem etkisiyle meydana gelen yatay yükler duvarlar tarafından taşınmaktadır. Mod Birleştirme yöntemi uygulanırken Amerikan Şartnamesi kullanılmıştır [10]. Yığma yapılarda periyot, kat yüksekliği ve dolu duvar oranlarına bağlıdır. Yığma yapının ilk dört moda ait periyot değerleri Tablo 3’de verilmiştir.

**Tablo 2.** Zemin Sınıfı ve Süneklik Düzey Değerleri

Deprem Bölgesi	Zemin Sınıfı	Süneklik Düzeyi
1	1	1.5
2	2	2
3	3	2.5
4	4	

**Tablo 3.** Örnek Yapının Hesaplanan Periyotlar

Mod No	Periyot (sn)
1	0.075
2	0.064
3	0.035
4	0.046

Analiz sonucunda farklı deprem bölgesi, farklı zemin sınıfı ve farklı süneklik düzeyleri göz önüne alınarak yapılan yığma yapı modeli için maksimum yatay ve düşey yer değiştirmeler elde edilmiştir. Yığma yapı için elde edilen maksimum yer değiştirme grafikleri sırası ile Şekil 4 ile 9 arasında verilmiştir.

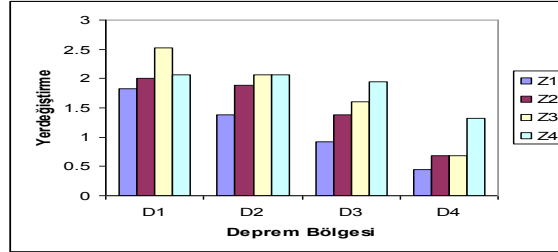
## 5.BULGULAR

Çalışma kapsamında ele alınan örnek yapı farklı deprem bölgesi farklı zemin sınıfı ve farklı süneklik düzeylerinde ele alınarak analizler gerçekleştirilmiştir. Deprem bölgesi olan ülkemizdeki yığma yapıların dinamik analizleri bu anlamda oldukça büyük önem taşımaktadır. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen analizler sonucunda maksimum yer değiştirme değerleri elde edilmiş ve şekil 4 ile Şekil 9 arasında verilmiştir. Bu şekillerden görülmektedir ki, x yönündeki yer değiştirmeler y yönündeki yer değiştirmelerden daha büyük ve R=1.5 D2 ve Z4 de en büyük yer değiştirme x yönünde 2.06158cm R=2,0’de D1 ve Z2’de 1.718466cm, R=2.5’de D1 Z3’de 1.512598cm olarak elde edilmiştir. Grafiklerde verilen yer değiştirme değerleri cm’dir. Şekil 10 ile Şekil 12 arasında  $S_{11}$ ,  $S_{13}$ ,  $S_{22}$  gerilmelerinin gösterimi verilmiştir. Bu grafiklerde,  $S_{11}$ : Yüzeyin normali eksen numarası 1, gerilmenin yönü 1 eksenini doğrultusunda olan gerilmedir.  $S_{13}$ : Yüzeyin normali eksen numarası 1, gerilmenin yönü 3 eksenini doğrultusunda olan gerilmedir.  $S_{22}$ : Yüzeyin normali eksen numarası 2, gerilmenin yönü 2 eksenini doğrultusunda olan gerilmedir. Yapılan analiz sonucunda elde edilen kayma

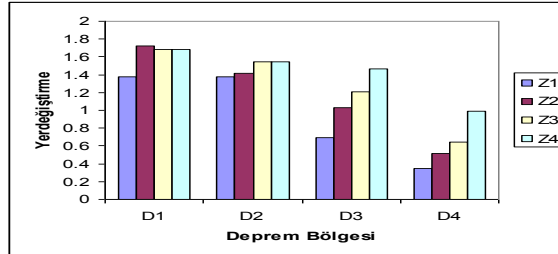
gerilmeleri ve eksenel gerilme değerlerini gösteren grafikler şekil 13 ile Şekil 18 arasında verilmiştir. Şekil 13 ile Şekil 18 arasında R=1.5 için, Şekil 19 ile Şekil 24 arasında R=2.0 için, Şekil 24 ile Şekil 30 arasında R=2.5 için, gerilmelerinin duvar ve perde elemanlar için değerleri verilmiştir.

## 6.SONUÇLAR

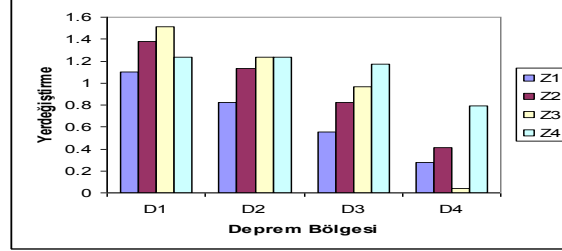
Çalışma kapsamında yapılan analizlerde farklı zemin sınıfı, farklı deprem bölgesi ve farklı süneklik düzeyleri için maksimum gerilme ve yer değiştirme değerleri elde edilmiştir. Zemin sınıfı Z<sub>1</sub>'den Z<sub>4</sub>'e gittikçe analiz sonuçlarından duvar ve perde için maksimum gerilme değerlerinin arttığı görülmektedir. Deprem bölgesi bakımından maksimum gerilme değerleri incelendiğinde deprem bölgesi 1'den deprem bölgesi 4'e doğru gerilme değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Süneklik artıkça gerilme değerleri azalmaktadır. Üç süneklik düzeyine bakıldığında deprem bölgesi 1 iken zemin sınıfı 2, 3 ve 4 için elde edilen S22 S33 S13 S12 gerilmelerinin aynı değeri almaktadır. Deprem bölgesinin 2., 3., 4. ve zemin sınıfının Z1, Z2, Z3 ve Z4 olduğu durumlarda duvarlardaki gerilme değerleri, perdedeki gerilme değerlerinden daha büyük çıkmıştır. R 1.5, 2.0, 2.5 iken maksimum gerilme X yönünde sırasıyla 0.05255 t/cm<sup>2</sup>, 0.06237 t/cm<sup>2</sup>, 0.06237 t/cm<sup>2</sup> olarak elde edilmektedir. Deprem bölgesi 1'den 4'e doğru gittikçe yer değiştirme değerleri azalmaktadır. Zemin sınıfı 1'den 4'e doğru gittikçe yer değiştirmeler artmaktadır. Sünekliğin 1.5 ve 2.5 olduğu durumda 2.derece deprem bölgesinde Z3 ve Z4 zemin sınıfında yer değiştirmeleri aynı sünekliğin 2 olduğu durumda 1. ve 2. derece deprem bölgesinde Z3 ve Z4 zemin sınıflarında yer değiştirmeler aynı değerde elde edilmiştir. X yönünde elde edilen yer değiştirme değerleri y yönünde elde edilen yer değiştirme değerlerinden daha büyüktür.



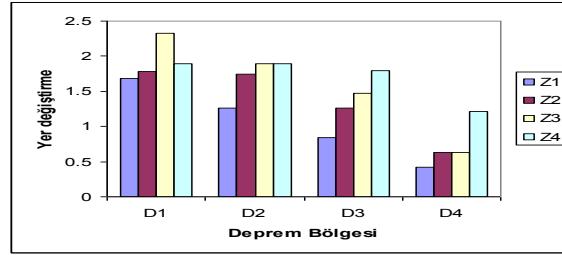
Şekil 4. R=1.5 için X yönü yer değiştirmesi(cm)



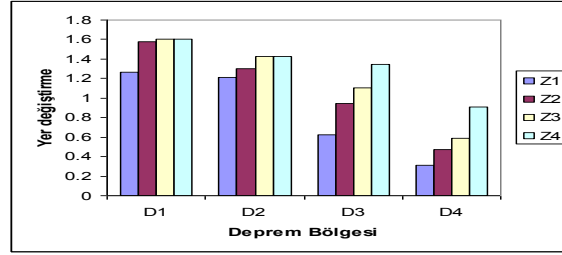
Şekil 5. R=2 için X yönü yer değiştirmesi(cm)



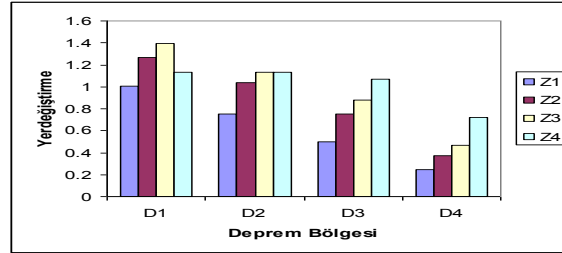
Şekil 6. R=2.5 için X yönü yer değiştirmesi(cm)



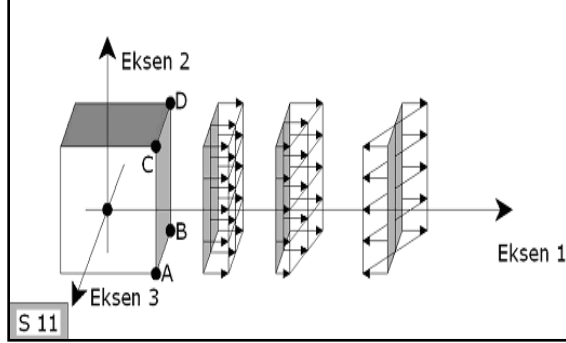
Şekil 7. R=1.5 için Y yönü yer değiştirmesi(cm)



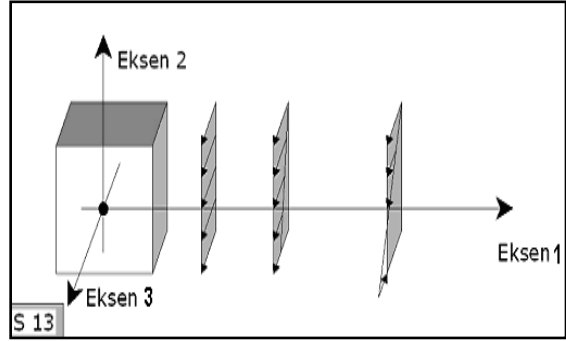
Şekil 8. R=2 için Y yönü yer değiştirmesi(cm)



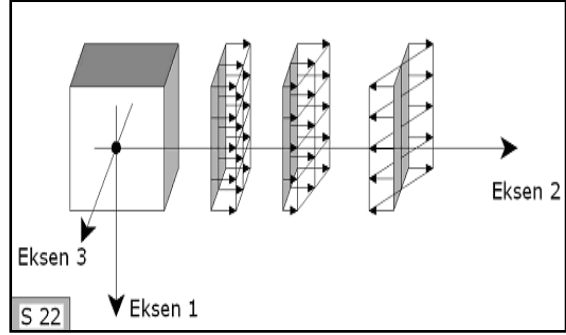
Şekil 9. R=2,5 için Y yönü yer değiştirmesi(cm)



Şekil 10. Katı elemanda  $S_{11}$  Gerilmeleri

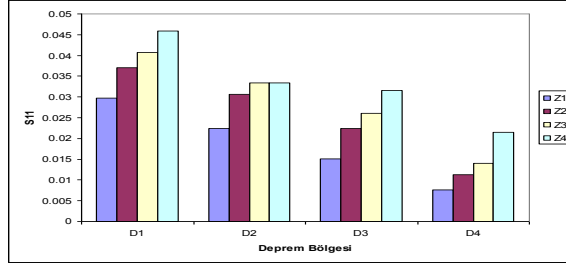


Şekil 11. Katı Elemanda  $S_{13}$  Gerilmeleri

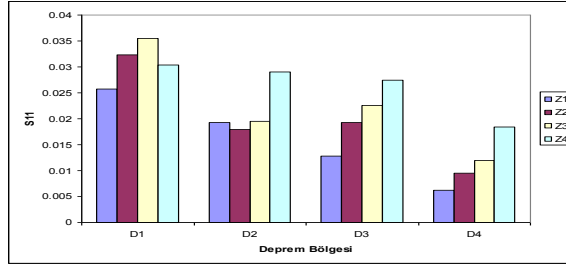


Şekil 12. Katı Elemanda  $S_{22}$  Gerilmeleri

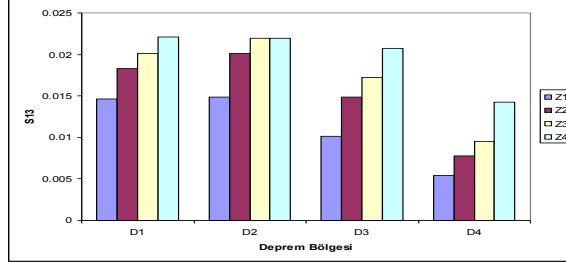




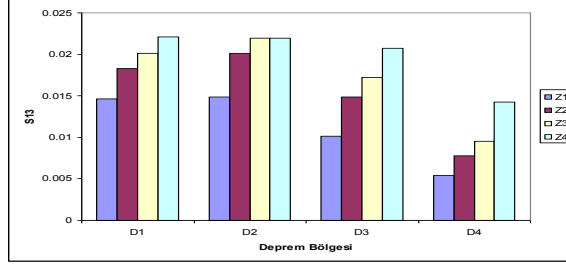
Şekil 13. R=1,5 için  $S_{11}$  duvar gerilmeleri ( $t/cm^2$ )



Şekil 14. R=1,5 için  $S_{11}$  perde gerilmeleri ( $t/cm^2$ )

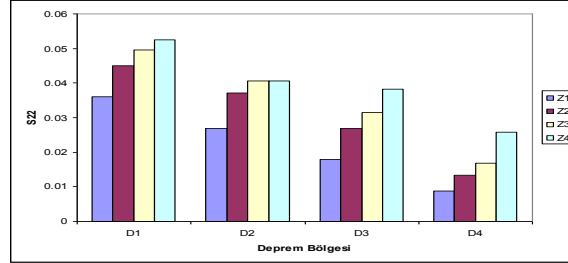


Şekil 15. R=1,5 için  $S_{13}$  duvar gerilmeleri ( $t/cm^2$ )

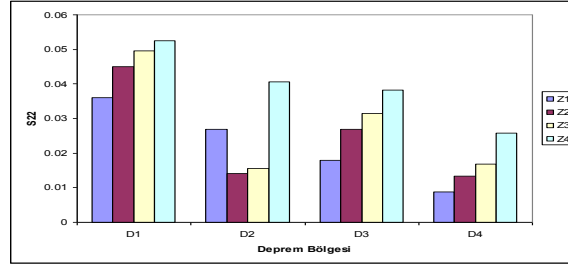


Şekil 16. R=1,5 için  $S_{13}$  perde gerilmeleri ( $t/cm^2$ )

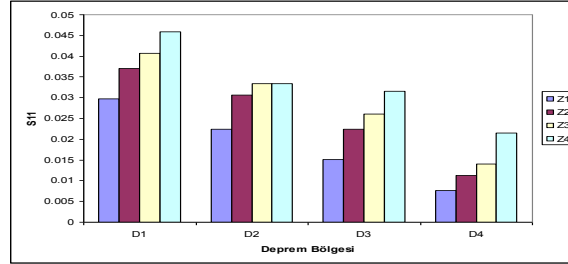
*Yığma Yapıların Yapısal Davranışının İncelenmesi*



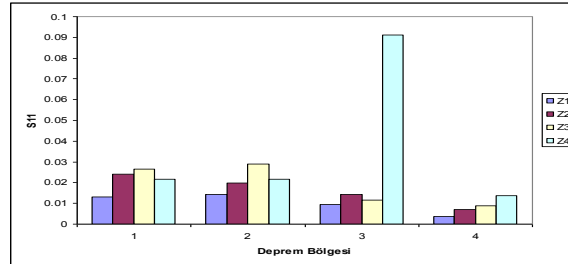
**Şekil 17.** R=1,5 için  $S_{22}$  duvar gerilmeleri (t/cm<sup>2</sup>)



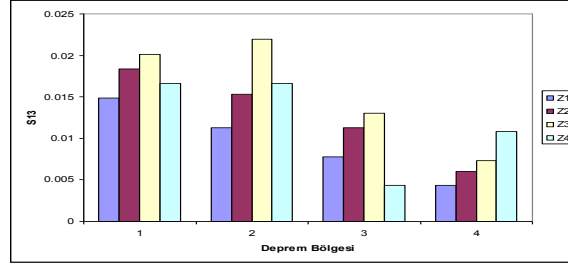
**Şekil 18.** R=1,5 için  $S_{22}$  perde gerilmeleri (t/cm<sup>2</sup>)



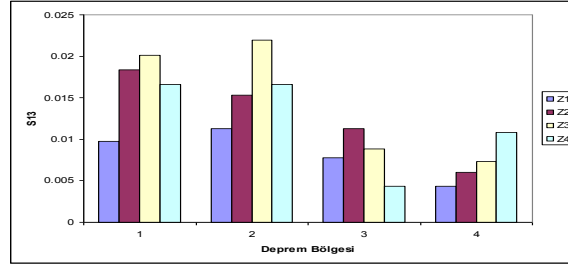
**Şekil 19.** R=2 için  $S_{11}$  duvar gerilmeleri (t/cm<sup>2</sup>)



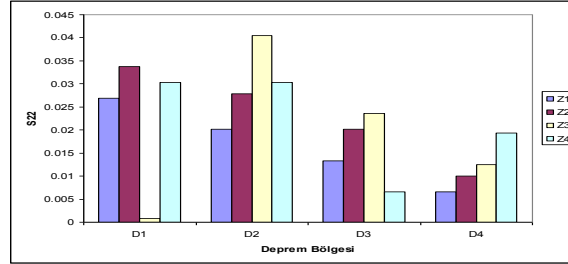
**Şekil 20.** R=2 için  $S_{11}$  i perde gerilmeleri (t/cm<sup>2</sup>)



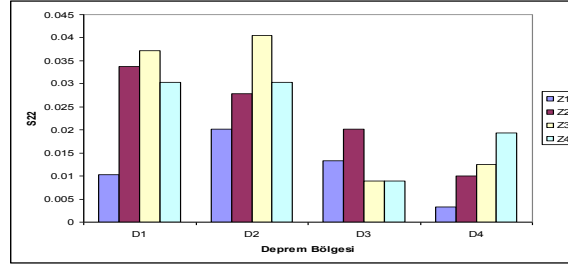
Şekil 21. R=2 için  $S_{13}$  duvar gerilmeleri ( $t/cm^2$ )



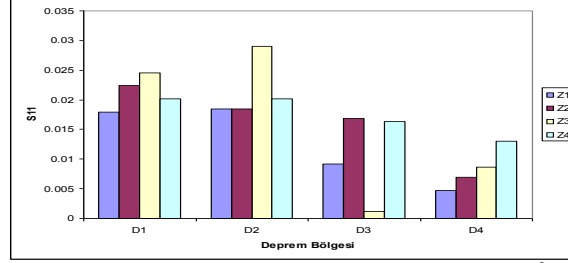
Şekil 22. R=2 için  $S_{13}$  perde gerilmeleri ( $t/cm^2$ )



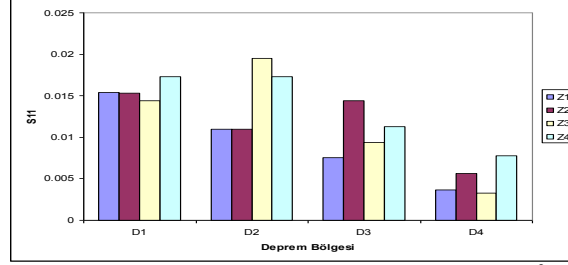
Şekil 23. R=2 için  $S_{22}$  duvar gerilmeleri ( $t/cm^2$ )



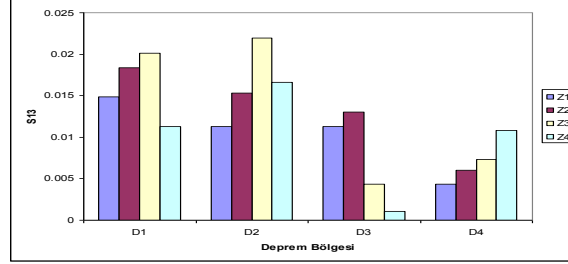
Şekil 24. R=2 için  $S_{22}$  perde gerilmeleri ( $t/cm^2$ )



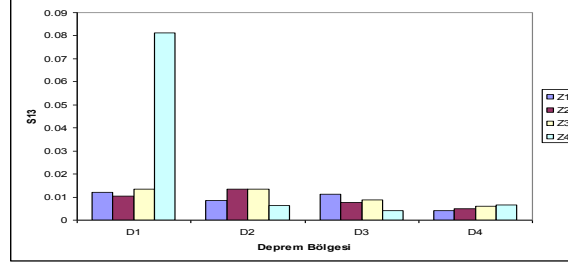
Şekil 25. R=2.5 için S<sub>11</sub> duvar gerilmeleri (t/cm<sup>2</sup>)



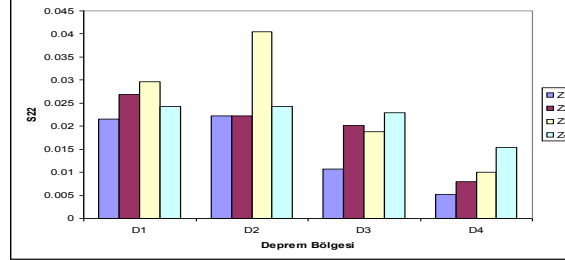
Şekil 26. R=2.5 için S<sub>11</sub> perde gerilmeleri (t/cm<sup>2</sup>)



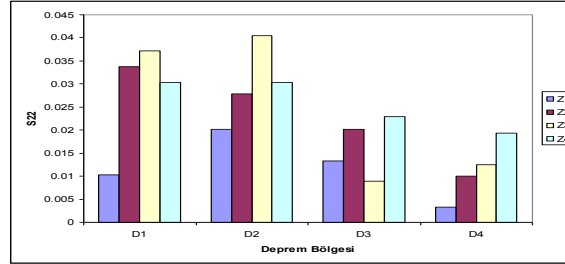
Şekil 27. R=2.5 için S<sub>13</sub> duvar gerilmeleri (t/cm<sup>2</sup>)



Şekil 28. R=2.5 için S<sub>13</sub> perde gerilmeleri (t/cm<sup>2</sup>)



Şekil 29. R=2.5 için S<sub>22</sub> duvar gerilmeleri (t/cm<sup>2</sup>)



Şekil 30. R=2.5 için S<sub>22</sub> perde gerilmeleri (t/cm<sup>2</sup>)

## KAYNAKLAR

- [1] Babayev Z., Murat İ., (1985), Gaz Beton Bloklarla Örülmüş Duvarların Mekanik Davranışı, Erciyes Üniversitesi, Yozgat Mühendislik Mimarlık Fakültesi.
- [2] Özmen T., Taş yığma duvarlar üzerine yapılan deney çalışmaları, Deprem Araştırma Bülteni, Yıl:12,Sayı:49, s.68-82.
- [3] Dowrick D.J., (1992), *Earthquake Resistant Design*, John Willey&Sons, pp.142-150, p.361-370.
- [4] Mertol A., Mertol C., (2002), Deprem Mühendisliği Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Kozan Ofset, s.232-253.
- [5] Kanıt R., Işık N.S., (2007), Tuğla Kemerlerin Deneysel Davranışı ve Bilgisayar Modeli Analizleri, Gazi Üniversitesi Mühendislik. Mimarlık Fakültesi, 22(1), s.13-20.
- [6] Zienkiewicz C., Taylor L., (1988). *The finite element method*, Publisher, Mcgraw-Hill, England, V.22.
- [7] Cook R., Malkus D., Plesha M., (1989). *Concepts and applications of finite element analysis* Publisher, John Wiley& Sons ,Canada, 3pp.
- [8] Bathe K., (1967). *The finite element method* Publisher, Journal of the University of Cape Town Engineering Society, 57-61 pp.
- [9] Wilson E., Habibullah A., (1998), Sap 2000 Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures Basic Analysis Reference Manual, Computers and Structures, Berkeley.
- [10] UBC, (1997) "Uniform Building Code", International Conference of Building Officials, Whittier, CA, ABD.