

## YI MA T P YAPILARIN DEPREM ETKİSİ ALTINDA ALETSEL VERİLERİN HESAPLAMALARA GÖRE DEĞERLENDİRİLMESİ

S.S. Yücel<sup>1</sup>, M. Bıkçe<sup>2</sup>, M.C. Gene<sup>3</sup>, S. Bankir<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Y.L. Öğrencisi, İnşaat Müh. Fakültesi, Skenderun Teknik Üniversitesi, Hatay

<sup>2</sup> Doç. Dr., İnşaat Müh. Fakültesi, Skenderun Teknik Üniversitesi, Hatay

<sup>3</sup> Doç. Dr., İnşaat Müh. Bölümü, Zirve Üniversitesi, Gaziantep

<sup>4</sup> İnşaat Yüksek Müh., Hatay Büyükşehir Belediyesi, Hatay

Email: sinemaykut20@hotmail.com

### ÖZET:

Bu çalışmada, Antakya'daki yığma yapı stokunun sınıflarından biri olan Harman Tuşlu Yığma tipi binaların hasar potansiyeli belirlenip, olası depremlerdeki hasar görülebilirliği hakkında önemli sonuçlara varılması amaçlanmıştır. İncelenen yapılar Antakya il merkezi ve yakın bölgedeki genel yığma tipi yapı stokunu temsil edecek şekilde seçilmiştir. Binalara yerleştirilen sismik cihazlar ile ortam titreşimleri alınarak elde edilen yapı davranış parametreleri belirlenmiş, bu parametreler, analiz programlarıyla oluşturulan modellerin kalibrasyonunda kullanılmış ve teorik modellerin gerçeğe ne kadar yansıtması konusunda fikir edinilmiştir. Yapıların performans analizleri yapılarak, tasarım depremi için yapı stokunun hasar durumları ve performans seviyeleri belirlenmiştir.

**ANAHTAR KELİMELER :** Yığma yapı, deprem davranışı, hasar görülebilirlik

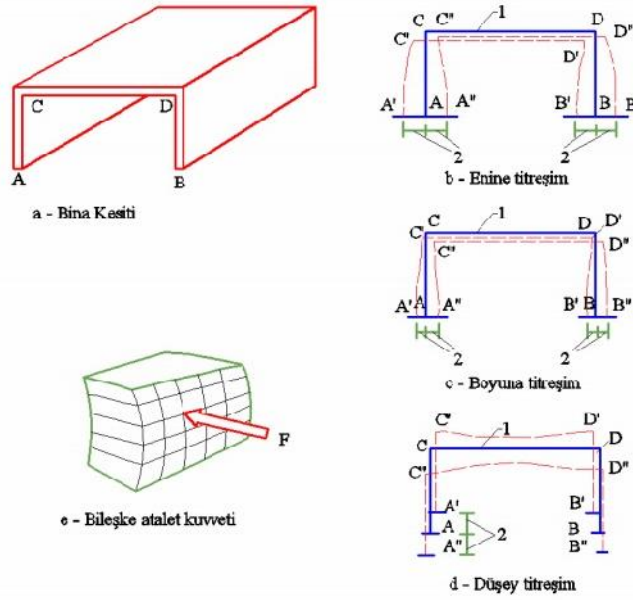
### 1. DEPREM ve YI MA YAPI

Türkiye'de genellikle her iki yılda bir, can ve mal kaybına neden olan depremler meydana gelmektedir. Bu depremlerin büyüklükleri diğer ülkelerde meydana gelen depremlerin büyüklüklerine göre küçük olsa da, daha fazla yapının hasar görmesine ve can kaybına neden olabilmektedir. Depremde bu kadar hasarın oluşmasında yapı, yapıda kullanılan malzeme ve zemin özellikleri gibi birçok faktör etki etmektedir. Bunlardan herhangi birini yok saymak hasarları yorumlamak için yeterli olmamaktadır.

Yapılar, taşıyıcı sistemine, kullanılan malzemeye ve detaylandırma gibi birçok parametreye bağlı olarak depremde farklı davranışlar sergilemektedir. Bu nedenlerden dolayı bir yığma yapının göstereceği deprem davranışı, betonarme bir yapının göstereceği deprem davranışından daha farklı olacaktır.

Kırsal kesimlerde tercih edilmesi ve uygulaması kolay olan yığma yapıların diğer yapılara oranla avantajları ve dezavantajları mevcuttur. Yığma yapıların en büyük dezavantajı oldukça ağır, hantal ve gevrek malzemeden inşaa edilmiş olmalarıdır.

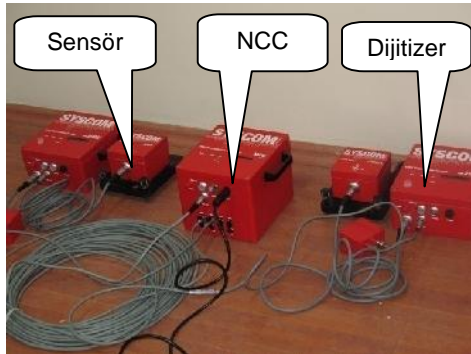
Deprem sırasında yapıya etkiyen deprem yüklerine karşı yapı kendi ağırlığına tepki kuvveti göstermektedir. Bu ise yapının atalet kuvvetidir. Yapı ağırlığı ne kadar fazla olursa deprem esnasında oluşacak titreşime karşı yapının dayanımı (atalet kuvveti) da o kadar fazla olmaktadır. Bu da yapı elemanlarının eksenel yükte görüldüğü gibi çok büyük iç tesirlere maruz kalması demektir [2].



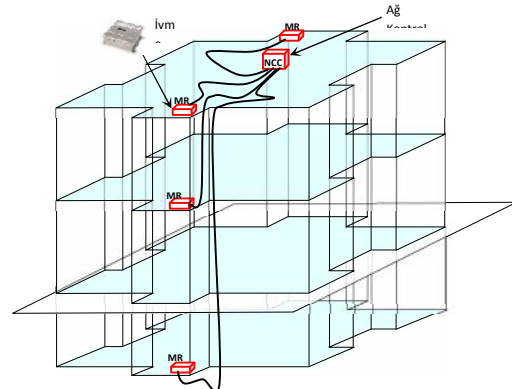
ekil 1. Y1 m yapıların deprem kuvvetleri altındaki genel davranış [2]

## 2. ORTAM TITREŞİM KAYITLARI

Bu çalışmada, y1 m binalarda bulunan ortam titreşimleri ekil 2’de görülen üç kanallı hızölçer sistemi ile kaydedilmiştir. Hızölçer sistemi 6 adet 3 kanallı sensör, titreşimlerin sayısallaştırılması ve depolanması için Dijitalizer ve bütün sensörlerin kontrolünün tek bir merkezden sağlanması için Ana Kontrol Merkezi (NCC) denen bir üniteden oluşmaktadır. Sensör sistemi ( ekil 2) ve binaya kurulum şekli ( ekil 3) verilmektedir. Bu sistem NCC üzerinden bir dizüstü bilgisayara bağlanmakta ve bilgisayar ile NCC arasındaki iletişimi sağlayan bir program ile sensörlerin ayarları, kayıtların alınacağı andaki senkronizasyonu ve elde edilen kayıtların bilgisayara aktarılması yapılabilmektedir. Sensörlerin her biri tek başına bir bilgisayara da bağlanabilmektedir. Böylece, herhangi bir noktadaki mevcut titreşimlerin kaydı için tüm sistemin kurulmasına gerek kalmadan sadece 3 kanallı bir sistem kurulması ile mümkün olmaktadır.



ekil 2. Hızölçer sensör sistemi ve ana kontrol merkezi



ekil 3. Örnek binaya ait sensör yerleşim planı

### 3. YI MA B NALARDA KULLANILAN ANALİZ PROGRAMLARI

#### 3.1. Mas Analiz Programı

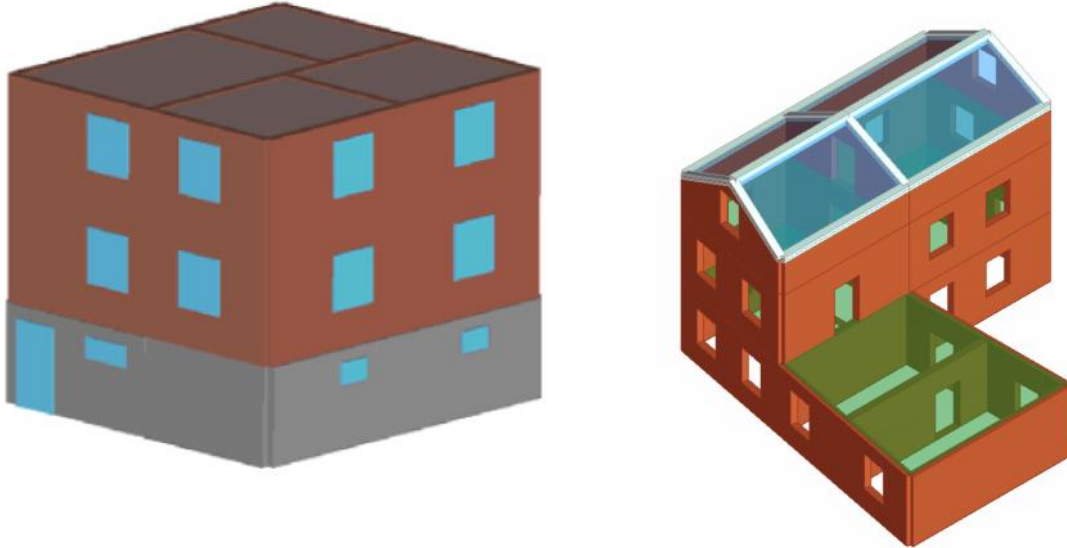
Bu çalışmada, y1 ma binalar için geliştirilmiş olan MAS programıyla [4];

- lineer statik analiz
- serbest titreşim analiz
- deprem spektrumu analiz
- do rusal zamana bağımlı analiz
- do rusal olmayan zamana bağımlı analiz

yapılabilmektedir. Programda, do rusal olmayan analiz, sadece depremin zamana bağımlı analizinde kullanılabilir. Y1 ma yapıların deprem kuvvetleri altında do rusal olmayan malzeme davranış dikkate alınarak modelleri oluşturulmuş ve davranışları incelenmiştir. Spektrum analizi çalışmalarında elde edilen veriler ile ona uygun deprem analiz edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda yapının titreşim periyotlarına, frekanslarına, mod şekillerine, sönüm oranlarına ve yapıda oluşan hasar oranlarına ulaşılabilmektedir.

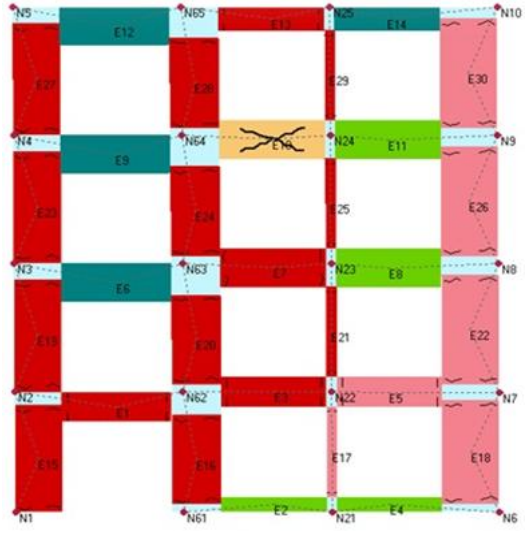
#### 3.2. 3Muri Analiz Programı

3MURI programı, y1 ma yapıların do rusal ve do rusal olmayan analizlerini yaparak yapıda oluşan hasar seviyelerini, duvar elemanlarındaki hasar yerlerini ve yapının performans eğrisini sonuç olarak verebilmektedir. Bu programın tercih edilmesinin sebebi yapıların modelleme süresini kısaltması ve daha çok yapının analizinin yapılmasına imkân sağlamasıdır. Bu program yapının 3 boyutlu görünümünü ve analiz sonucu elde edilen hasar türlerini de açıkça çıkarmaktadır ( ekil 4- ekil 5). Çalışma kapsamında analiz edilen bina sayısının artması, seçilmiş olan harman tuşlu y1 ma tipi binaların hasar potansiyelinin belirlenmesinde gerçeğe daha yakın sonuçların elde edilmesini sağlamıştır.



ekil 4. 3MURI programında modellenen bir binanın 3 boyutlu görünümü

Yeşil: Hasarsız duvar	
Açık sarı: Kesme hasarı	
Koyu sarı: Kesme kırılması	
Pembe: Moment hasarı	
Kırmızı: Moment kırılması	
Mor: Basınç kırılması	
Mavi: Çekme kırılması	
Turkuaz: Elastik bölgede oluşan kırılma	



ekil 5. 3MURI analiz sonuçlarında renklere karşılık gelen hasar türü

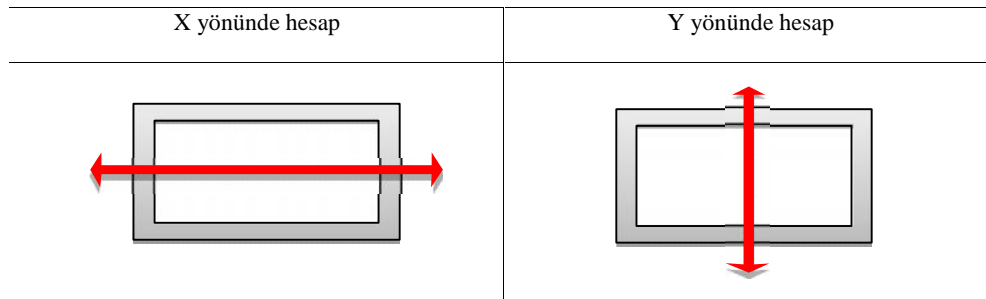
MAS programı ile yapılan lineer statik analizler sonucunda elde edilen periyot değerleri 3MURI programıyla yapılan depremlere yakın çıkmaktadır. Ancak doğrusal olmayan analizlerde MAS programı düzensiz binaların analizini yapamamaktadır. Antakya bölgesinde düzenli yapıya bina bulmak zor olduğundan doğrusal olmayan analizlerin tamamı 3MURI programıyla yapılmıştır.

Bu hesap yöntemleri yapıya deprem anında davranışını ve depreme dayalı tasarımına yönelik olarak kullanılmaktadır.

#### 4. YI MA YAPILARIN ANALİZİ

##### 4.1. Mıntıka 2 Parsel 811 Binası

Antakya bölgesinde harman tarlası yapıya binalardan Mıntıka 2 Parsel 811’de bulunan yapının analizi ele alınmıştır. Depremin ürettiği titreşimlerden dolayı binaya etkiyen yükler deprem yükleridir. Performans değerlendirilmesinin yapılabilmesi için deprem yükleri binaya her iki doğrultuda ve her iki yönde ayrı ayrı etki ettirilmiştir. Bu nedenle toplamda 4 doğrultuda analiz yapılması gerekmektedir (ekil 6).



ekil 6. Analiz yapılan hesap doğrultuları

MAS ve 3MURI programında incelenen binanın yapısal özellikleri (Tablo 1), sismik özellikleri (Tablo 2) sıralanmıştır.

Tablo 1. Modellenen binanın yapısal özellikleri

Duvar Malzeme Yoğunluğu (t/m <sup>3</sup> )	R/C döşeme kalınlığı (cm)	Kat Sayısı	Bina yüksekliği (m)	Kat alanı (m <sup>2</sup> )	Kat ağırlığı (ton)	Çatı Alanı	Simetriklik	
Mıntıka 2 Parsel 811	1.75	15	Z+3	12	249.87	233.01	0	Yok

Tablo 2. Modellenen binanın sismik özellikleri

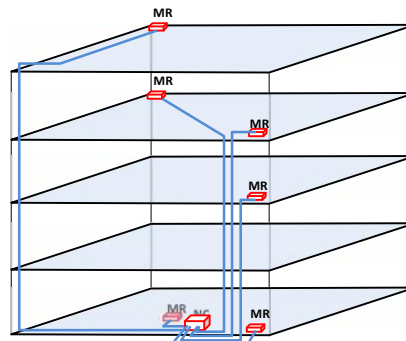
Sismik Özellikler	Değeri
Deprem Bölgesi	1. Bölge
Hareketli yük katılım katsayısı	0.20
Bina önem katsayısı	1.0
Zemin Sınıfı	Z4 (TDY) ~ C (EC8)

Çalışmadaki binaların döşeme tipi, hatlı üzerine oturan kirişsiz döşemelerdir.

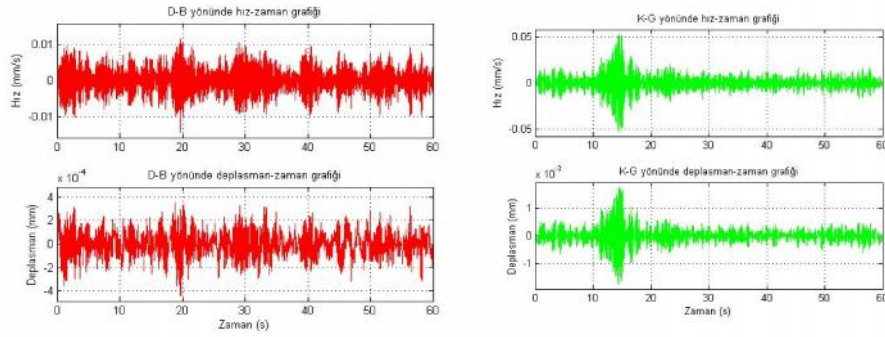
Mıntıka 2 Parsel 811 binası 3MUR programıyla analiz edilen binalardan biridir (ekil 7). Binaya +X yönündeki deprem kuvveti etki ettirilmiştir.



ekil 7. Mıntıka 2 Parsel 811’ de bulunan bina

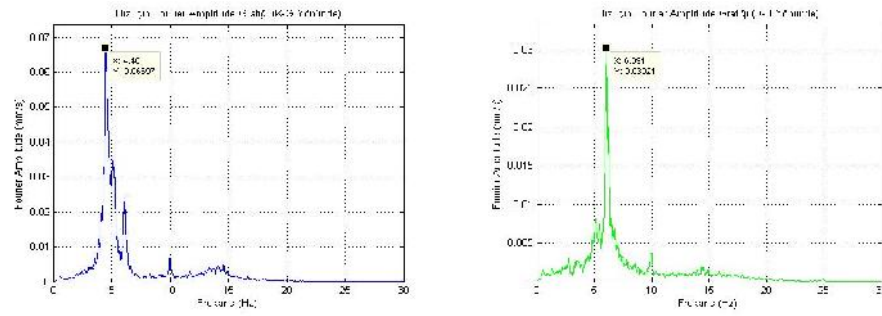


ekil 8. Mıntıka 2 Parsel 811’ de binaya yerleştirilen hızölçer sisteminin şeması



ekil 9. MR1 Hız ölçer sensörünün Do u-Batı ve Kuzey-Güney yönlerindeki hız ve deplasman kayıtları

NCC ve 6 adet sensör, bina kayıtların alınmasına uygun bir şekilde yerleştirilmiştir ( ekil 8). Her katta sensörlerin analizi yapılmış olup ortalama deplasman değerleri alınmıştır. Do u-Batı ve Kuzey-Güney yönlerindeki zamana bağlı hız ve deplasman grafikleri oluşturulmuştur ( ekil 9).



ekil 10. MR1 Hız ölçer sensörünün Do u-Batı ve Kuzey-Güney yönlerindeki hız Fourier Amplitude Spektrumu

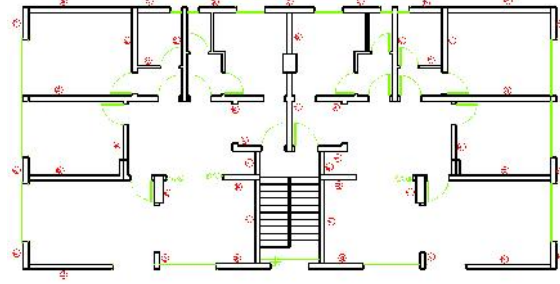
Hız için Fourier Amplitude Spektrum grafiğinde yapının birden çok frekans verileri olduğu görülmüştür ( ekil 10). Bu frekanslarla ters orantılı olarak yapının aynı sayıda periyodları bulunmaktadır. Yapıların birden fazla titreşim periyodları mevcuttur. Ancak yapıda davranışa en büyük hakim titreşim periyodu etkilediğinden (grafikte ilk maksimum frekansa geldiğinde) çalınmalarda ilk periyodun dikkate alınması yeterli olmaktadır.

Tablo 3. Serbest titreşim kayıtlarına ve analitik modele göre hakim titreşim periyotları

	Test Ortalama		Analitik Çözüm		Açıklama
	w (Hz)	T (s)	w (Hz)	T (s)	
1. Hakim Periyot	3.50	0.29			Burulma
2. Hakim Periyot	4.50	0.22	4.57	0.22	K-G yönünde
3. Hakim Periyot	6.19	0.16	5.44	0.18	D-B yönünde

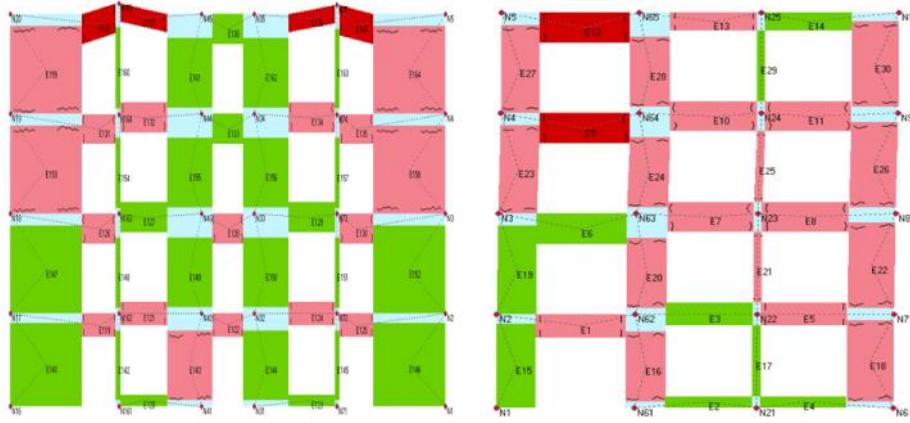
Bununla birlikte maksimum değer aldığı noktadan sonraki yüksek iki periyod da değerlendirilmelidir (Tablo 3.)





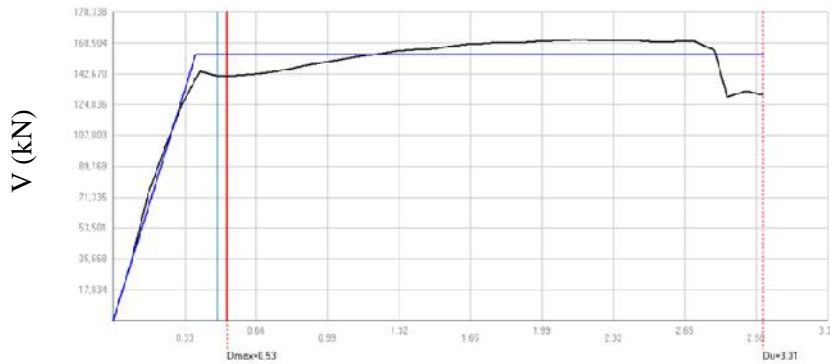
ekil 11. Mıntıka 2 Parsel 811 binası planında duvarların numaralandırılması

Planda görüldüğü gibi yığılma bina duvarları numaralandırılmıştır ( ekil 11).



ekil 12. Mıntıka 2 Parsel 811 binası 1 no' lu duvarın +X yönü performans ve göçme noktasındaki hasar seviyeleri ve kırılma türleri

Analizi yapılan Mıntıka 2 Parsel 811 binasında +x yönündeki performans ve göçme noktasında bazı duvarlarda hasar olmamakla beraber moment kırılması, moment hasarı ve çekme kırılması görülmüştür ( ekil 12).



d (cm)

ekil 13. Mıntıka 2 P 811 binası +X yönü kapasite e risi

Kapasite e risinden yapının deprem yükleri altındaki davranışları izlenebilir. Yapının artan kesme kuvvetleri altında doğrusal olmayan davranışını göstermektedir (ekil 13).

Tablo 4. Mıntika 2 P 811 binası duvarlarında oluşan hasar oranları

Duvar No	Hasar (%)	Duvar No	Hasar (%)	Duvar No	Hasar (%)
1	8.24	9	25.00	17	0.00
2	0.08	10	0.00	18	25.00
3	8.24	11	25.00	19	25.00
4	0.00	12	20.94	20	25.00
5	14.16	13	0.00	21	0.00
6	22.24	14	0.00	22	25.00
7	20.94	15	0.00	23	0.00
8	0.00	16	0.00		

Deprem yükleri altında yapılan analiz sonucunda her duvarda farklı hasar oranları meydana gelmektedir (Tablo 4). Böylece yapının zayıf elemanları ve bunların yeri, varsa kısmi veya toptan göçme durumları belirlenebilmektedir.

Çalışmada kullanılan olan yapı binalar, Antakya bölgesindeki konut tipi yapıların genel karakteristiklerini temsil edebilmektedir. MAS ve 3MURI analiz programları ile yapılan hesaplamalar sonucunda binalardaki hâkim periyodlar genel olarak burulma tipinde mod ekli vermektedir. Bu durumun 3MURI’de Statik tme analizine yansıtılabilmesi amacıyla yatay deprem yüklemeleri, binaların kütle merkezine etki ettirilmemiştir. Antakya bölgesinde belirlenmi olan yapı tipi yapıların karakteristik özellikleri Deneysel Titre im Kayıtlarından elde edilen verilerden binalara ait hasar görebilirliği Dinamik Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemlerinden, Türk Deprem Yönetmeliği [5] ve Eurode8 [3] ilkelerinden faydalanılarak tespit edilmeye çalışılmıştır.

## 5. SONUÇ

Çalışmalar kapsamında incelenen binada, kat sayısı, duvar oranı, duvardaki boşluk oranı binalarda salınımları arttırmakla beraber binaların deprem riskini de aynı oranda arttırmaktadır. Çünkü depremin sismik olarak yüklenmesi yapıda yatay deplasmanlar meydana getirmiştir. Bu şekilde oluşan dinamik öteleme ile zemin kattan çatı katına artan ivmelenmeler sonucunda bu tip binalarda moment kırılması ve hasar daha fazla olmuştur. Analiz sonucunda hasar yüzdelerinde görüldüğü gibi yapı elemanlarının birbirini tutma gücü yoktur. Böylece salınımların artması ile beraber çatlaklar genişler, duvarlar parçalanıp, katlar birbiri üzerine çöküp bina göçme seviyesine geçmeye başlamıştır. Yapı malzemesinde meydana gelen hasarlar ve buna bağlı malzeme parametreleri yapının kapasitesini belirlemiştir.

Analiz sonuçlarının gerçek sonuçlara yakınlığı amaçlandı için analizdeki kontrol parametrelerinin yapı özelliklerine bağlı olması gerekmektedir. Elde edilen parametreler sonucunda bu uyumluluk sağlanmıştır. [1] Çalışmalardan elde edilen sismik veriler ile birlikte tamamlayıcı çalışmaların da yardımıyla bina duvarlarında hasar yüzdeleri (Tablo 5) belirlenebilir.

Yapılan çalışma ve analiz sonucu, bölgedeki yapı malzemesinin dayanımına ve zemine sahip olduğu için Antakya’daki yapı binalar depremde ileri risk sınıfında olacaktır kanaatine varılmıştır.

## KAYNAKLAR

- [1]: Bankir . (2014). Yı ma Tipi Yapıların Performanslarının Ortam Titre im Etkisi Altında Aletsel ve Hesaplamalara Göre De erlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, n aat Müh. Bölümü, Mustafa Kemal Üniversitesi, Hatay.
- [2]: Çö ürücü M.T., Kamanlı M. (2007). Yı ma Yapıların Dinamik ve Mühendislik Davranışının Düzlem Dışı Kuvvetler Altında Deneysel Olarak ncelenmesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Teknik-Online Dergi Cilt 6, Sayı:2, 84-85.



**3. Türkiye Deprem Mühendisli i ve Sismoloji Konferansı**  
**14-16 Ekim 2015 – DEÜ – ZM R**



- [3]: Eurode8 (EC8), 10-11 Feb. (2011). Seismic Design of Buildings, Lisbon, Portugal.
- [4]: Mengi Y., Hugh D. McNiven, Tanrıkulu A.K. (1992). Models for Nonlinear Earthquake Analysis of Brick Masonry Buildings, MAS\_Report, Report No. UCB/ EERC- 92/03
- [5]: Türk Deprem Yönetmeli i (2007). Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelik.