

## Farklı Yapısal Malzeme Özelliklerinin Yığma Yapı Davranışına Etkisi

Kasım Armağan Korkmaz<sup>1,\*</sup>, Asuman Işıl Çarhoğlu<sup>2</sup>, Ahmet Vefa Orhon<sup>3</sup>, Ayhan Nuhoğlu<sup>4</sup>

<sup>1</sup>*Istanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ayazağa, İstanbul*

<sup>2</sup>*Süleyman Demirel Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Çünür, Isparta*

<sup>3</sup>*Dokuz Eylül Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Tınzatepe, İzmir*

<sup>4</sup>*Ege Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bornova, İzmir*

### Özet

Yığma yapıların inşası ve kullanımı farklı yapı malzemeleri ve yapım teknikleri ile yıllardır süregelenmektedir. Günümüzde de yoğunluklu bir kullanımı olan yığma yapıların davranışlarının gerçekçi bir şekilde belirlenmesi oldukça önemlidir. En önemli parametrelerden olan yapısal malzeme özelliklerinin, yapı davranışına olan etkisinin incelenmesi gereklidir. Bu çalışmada farklı tipte malzemeler kullanılarak tasarlanmış yığma yapılar ele alınmıştır. Oluşturulan modellerde yapısal malzemenin tuğla, taş, pomza ve gaz beton olması durumları dikkate alınarak modellerin yapısal davranışları incelenmiştir. Analizlerde zaman tanım alanı yöntemi uygulanarak, farklı malzeme durumlarına göre, yirmi farklı deprem ivme kaydı kullanılmıştır. Analizlerden elde edilen sonuçlar farklı malzemeler için karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yığma yapılar, sonlu elemanlar yöntemi, zaman tanım alanında dinamik analiz, farklı yapısal malzeme özellikleri, tuğla, taş, pomza, gaz beton

## Effects of Different Structural Material Properties on Masonry Building Structural Behavior

### Abstract

Masonry buildings have been constructed and used for years with various structural materials. It is essential to define the structural behavior of masonry buildings precisely which are constructed and used widely. Effects of structural materials on structural behavior of masonry buildings should be investigated. In the present study, masonry buildings with different structural materials are studied in detailed. Structural models have been developed with various structural materials such as brick, stone, pumice, and aerated concrete. In the analyses, time history analyses have been carried out considering various structural materials with 20 different ground motion data. As a result, structural behavior of masonry buildings with different material properties, is compared and evaluated according to analysis results in detail.

**Keywords:** Masonry buildings, finite element methods, time history analysis, different material properties, brick, stone, pumice, aerated concrete

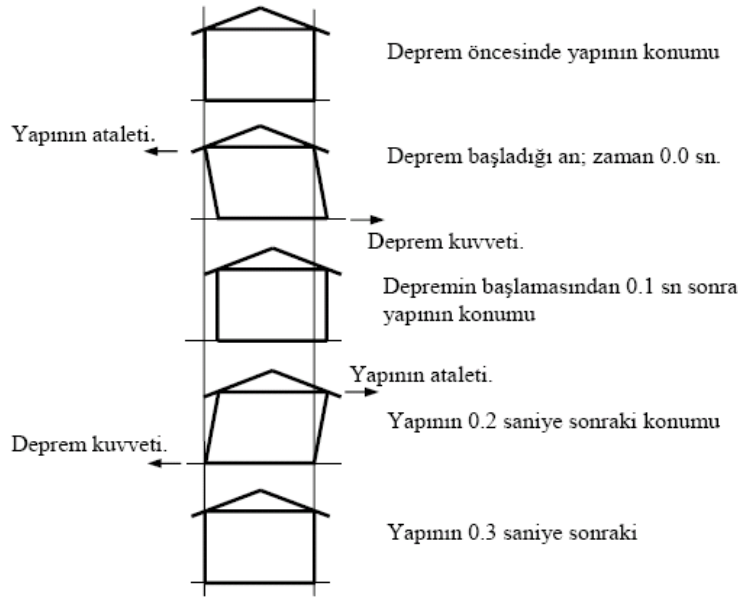
---

\* e-mail: armagankorkmaz@gmail.com

## 1. Giriş

Son yıllarda Türkiye’de meydana gelen depremler nedeniyle oluşan can ve mal kayıpları depreme dayanıklı yapı tanımının önemini gündeme getirmiştir [1]. Ancak, Türkiye’de deprem mühendisliği uygulamaları çoğunlukla betonarme yapılar üzerine yoğunlaşmaktadır. Türkiye’deki mevcut yapı stokunda betonarme yapıların yanında yığma yapılar da önemli bir yer tutmaktadır. Mevcut yığma yapıların da deprem güvenliklerinin belirlenmesi ve yapısal davranışlarının gerçekçi bir şekilde tanımlanması can ve mal kayıplarının azalmasını sağlayacaktır. Bu nedenle yığma yapıların yapısal davranışıyla ilgili çalışmalar önem kazanmıştır.

Türkiye’de özellikle kırsal bölgelerde yapıların büyük bir kısmı halen yığma yapı olarak inşa edilmektedir. Ekonomik oluşu nedeniyle, yığma yapı kullanımı tercih edilmektedir. Deprem kuşağında olan Türkiye’de bu yapıların depreme dayanıklı inşası, deprem etkisindeki davranışlarının belirlenerek, dayanımlarının artırılması gereklidir [2]. Şekil 3’de yığma yapıların deprem altındaki davranışları Bayülke tarafından benzeşim yoluyla gösterilmiştir [3].



Şekil 1. Yapıların depremdeki davranışları [3]

Yığma yapıların olası bir deprem sonrası hasar seviyesini belirlerken, yapının onarılıp onarılamayacağını veya güçlendirme gerekip gerekmeyeceğini karara bağlarken, yapıda oluşan hasar ile depremin büyüklüğü arasındaki ilişki önemli bir parametre olarak karşımıza çıkmaktadır. Duvarları taşıyıcı olan yığma yapıların deprem hasarı düzeyleri aşağıda verildiği şekilde tanımlanabilir. Yığma yapılarda A ve B düzeyindeki hasarlar VI-VII şiddetindeki depremlerde C ve D düzeyindeki hasarlar VIII-IX şiddetinde ve E düzeyindeki hasar IX’ dan büyük şiddetlerde beklenen hasar düzeyleridir [4].

**A.** Hasarsız ya da az hasarlı yapı: Yapıda hiç çatlak olmamıştır ya da sıva çatlakları vardır.

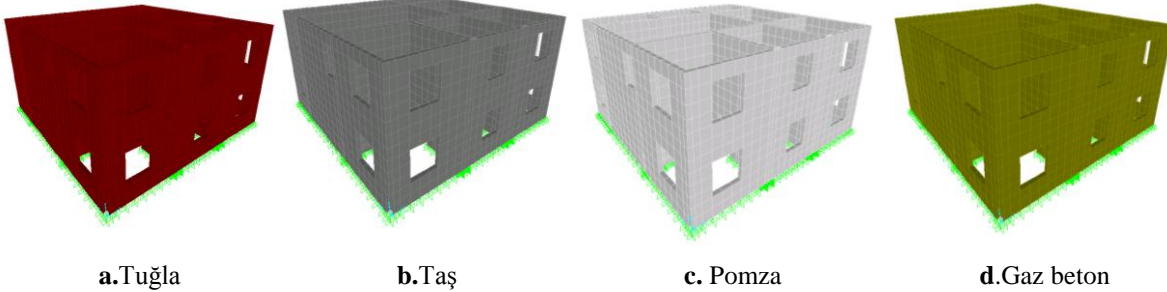
**B.** Az hasarlı yapı: Yapıya 45°’lik kesme çatlakları oluşmuştur.

- C. Orta hasarlı yığma yapılar: Duvarlarda 45°'lik kesme çatlakları mevcuttur. Bununla birlikte duvarda oluşan kesme gerilmesinde en büyük değere göre (% 30–40) azalma olmuştur.
- D. Ağır hasarlı yığma yapı: Yapılarda çatlak aralıkları 25 mm'yi geçer ve köşelerde duvarlar ayrılarak, kesme kuvvetlerinin oluşturduğu çatlakların etkisi zayıflar ve parçalanmış duvarların düşey yükleri de taşıyamaz duruma gelerek duvarlarda düşey yüklerden dolayı şişmeler ve duvarlarda yıkılmalar meydana gelir.
- E. Yıkılmış yığma yapı: Taşıyıcı duvarının büyük bir kısmı yıkılarak döşemeleri birbiri üstüne yığılır, bu hasarlı yapı artık onarılamaz haldedir.

Benedetti vd., çalışmalarında 2 katlı, ½ ölçekli yığma yapı modellerini ele alarak deney yapmışlar ve yatay bağların yapının göçmesini önlediği sonucuna varmışlardır [5]. Başyigit vd., Darbe tablası deneyini uygulayarak büyük ölçekli yapı modellerinde dinamik yatay yükler uygulamışlardır. Isparta yöresinde bulunan bimsbloklar ile bir yapı modeli oluşturmuşlar ve darbe tablası deneyi uygulamışlardır. Sonuçları düşey delik oranı ve harç dayanımı farklı olan tuğlalar ile karşılaştırmışlardır [6].

## 2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada yıllardır kullanılan tuğla ve taş malzemeden yapılan yığma yapılar ile son yıllarda kullanımı artan pomza ve gaz beton malzemeden yapılan yığma yapıların depreme davranışları incelenecektir. Yığma yapı modelleri SAP 2000 sonlu elemanlar programıyla üç boyutlu olarak modellenmiştir. Şekil 2'de yığma yapı malzeme türleri görülmektedir.



Şekil 2. Yığma yapı malzeme türleri

Malzeme bilimi dayanıklı ve ekonomik malzeme üretimini amaçlamaktadır. Depreme dayanıklı yapıların yapılmasında yapısal malzemeler oldukça önemli rol oynamaktadır. Hafif malzemeler bina yükünü büyük miktarda azaltmaktadır [7]. Gözenekli ve hafif doğal kayalar, inşaat sektöründe hafif yapı elemanları elde etmek amacıyla kullanılmaktadır. Ayrıca hafif, gözenekli malzemeler ısı ve ses yalıtımı açısından da faydalı olduğu gibi ucuz ve fazla işçilik gerekeceğinden tercih edilen yapısal malzemelerdir. İnşaat malzemelerinin seçiminde malzemenin mekanik özellikleri, ısı ve ses yalıtımı, ekonomiklik, sağlamlık, işçilik ve dayanım oldukça önemlidir [8-10].

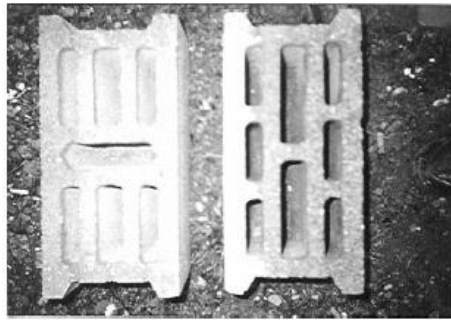
Tuğla malzeme hem yük taşıyan yığma duvar hem de bölme duvar malzemesi olarak kullanılmaktadır. Yığma yapılarda kullanılan tuğlalar, toprak esaslı malzemelerin fırınlarda pişirilmesiyle elde edilmektedir. Tuğlalar, dolu veya boşluk oranı az olan şekillerde üretilmektedir. Duvarların kesiştiği

köşelerde tuğlalar birbirlerine geçmeli olarak yapılırlar. Tuğla yığma yapılar, sünek davranışı zayıf yapılardır. Dolayısıyla, bu malzemeden oluşan duvarlar gevrek yapı elemanlarıdır [11]

Taşlar, doğal, kristal içyapılı ve inorganik yapı malzemeleridir. Doğal taşlar çok eskiden beri taşıyıcı duvarların yapımında yapı malzemesi olarak kullanılmaktadır. Ancak çok ağır olmaları, işleme ve kullanma olanaklarının zorluğu gibi nedenlerle günümüzde kullanımı sınırlıdır. Bazalt, granit, andazit, kumtaşı, kireçtaşı, tüfler kayağan taşı, diabaz ve kumtaşları doğal taşlardır. Türkiye doğal yapı taşlarının miktar ve çeşitliliği bakımından oldukça zengindir. Bazalt, granit, andazit, kumtaşı, kireçtaşı, tüfler, kayağan taşı, diabaz ve kumtaşları doğal taşlardır Kireç taşları kimyasal bileşimlerinde az % 90 CaCO<sub>3</sub> (kalsiyum karbonat) içeren kayalardır. Kireçtaşları kesme taş ve ya moloz taş olarak kullanılmaktadır. Taş duvarlı yığma yapılara Türkiye’de en çok Doğu Anadolu Bölgesinde rastlanmaktadır [10].

Anadolu’da hafif yalıtımlı yapı malzemelerini antik çağlarda keşfedilmiştir. Ege ve Akdeniz’deki birçok depremler meydana gelmesine rağmen günümüze kadar gelen tarihi yapılarda kullanılan Horasan harcı, pomza ve kireç karışımından imal edilen hafif çimento olduğu bilinmektedir [10].

Pomza, volkanik olaylar sonucunda meydana gelmektedir. Süngerimsi, fiziksel ve kimyasal etkenlere karşı dayanıklı, bol gözenekli camsı bir kayadır. Gözenekler arası genelde boşluklu olduğundan permabilitesi düşük, ısı ve ses yalıtımı oldukça yüksektir [11]. Pomzanın en önemli özelliği gözenekli ve camsı olmasıdır. Hafif olmasından dolayı beton briket ve blokların yapımında gözenekli olduğu için inşaatlarda ısı ve ses izolasyonlarında kullanılmaktadır [5]. Türkiye’de Orta Anadolu, Doğu Anadolu ve Batı Anadolu’da çok yaygın pomza yatakları bulunmaktadır [6]. Türkiye’de ve dünyada inşaat sanayisinde oldukça fazla kullanılmaktadır. Türkiye’de üretilen pomzanın % 90’ yurt içindeki inşaat yapımında kullanılmaktadır. Pomzanın ısı geçirgenlik katsayısı normal betondan 6 kat daha fazla izolasyon sağlamaktadır. Bu nedenle, büyük ısı ve enerji tasarrufu sağlamaktadır. Bimsblok pomza agregasından üretilmekte olup duvar yapımında kullanılmaktadır. Şekil 3’ de bimsblok görülmektedir [7-9]. Şekil 3’de görülen Pomzalı bimsbloklar pomza agregasından üretilmektedir. Hafif agregalı malzemeler ekonomik olduğu için tercih edilmektedir [12].



**Şekil 3.** Pomzadan oluşan bimsbloklar

Gaz betonun inşaatlarda kullanımı son yıllarda artmıştır. Gaz beton kullanımıyla binalarda yalıtım sorununun çözülmesi ve bina ağırlığının azaltılması hedeflenmektedir. Gözenekli bir yapıya sahip olan gaz beton bu gözenekli yapısından dolayı ısı yalıtım özelliği, hafifliği, yanmaz olması, bunun yanında kolay işlenebilmesi ve hassas boyutlarda üretilmesi açısından üstün özelliklere sahiptir. Gaz beton malzemesi ile örülen duvarlarda düzgün yüzeyler elde edilerek sıva ve işçilik giderlerinde oldukça büyük tasarruf

sağlanmaktadır. Bununla birlikte gaz beton blokların kullanımı inşaat hızını da artırmakta ve daha küçük kesitlerle daha ekonomik sonuçlar elde edilerek beton, kalıp ve donatı giderlerinde önemli miktarda azalma olmaktadır. Gaz beton malzemesi hafif olduğundan, yapıya etki eden kalıcı ve yatay yüklerde önemli azalmalar meydana gelmektedir [5]. Gaz beton ile yığma yapılar inşasında amaç, depreme dayanıklı yapılar meydana getirmektir. Yapılan araştırmalarda, gaz beton ile inşa edilen yığma yapılarda, meydana gelen depremlerde yatay kuvvetlere karşı rijitlik ve dayanımın korunduğu görülmüştür [13]. Pomza, perlit, gazbeton gibi hafif malzemeler kullanılarak inşa edilen yapıların ısıtma ve soğutma giderleri de azalmaktadır. İsveç ve Norveç gibi soğuk ülkeler de hafif beton ithal ederek enerji tasarrufu yapmaktadır. Hafif yapı malzemelerinin kullanımıyla, binaların ısı giderlerinin % 50'ye kadar azaltılması mümkündür. Bunun yanında hafif beton malzemeleri kullanılarak binaların ağırlıklarının % 70'lere kadar azaltmak mümkündür. Tablo 1'de çalışma kapsamında kullanılan malzeme özellikleri verilmiştir.

**Tablo 1.** Analizlerde kullanılan malzeme özellikleri

Malzeme Türü	Elastisite Modülü (MPa)	Elastisitemodülü Alt-Üst Değerler (MPa)	Poisson oranı	Birim hacim ağırlığı kN/m <sup>3</sup>	Birim hacim ağırlığı Alt-Üst Değerler kN/m <sup>3</sup>
Tuğla	3000	3000-5000	0.2	20	20-22
Taşduvar (Kireçtaşı)	26000	3000-27000	0.2	25	25-26
Pomza	22000	6500-27000	0.2	16	14-17
Gazbeton	25000	17500-27500	0.2	6	4-8

Analizlerde, zaman tanım alanı yöntemi kullanılarak yapılara yirmi adet ivme kaydı uygulanarak yer değiştirme değerleri elde edilmiştir. Tablo 2'de analizlerde kullanılan depremlerin özellikleri bulunmaktadır. Analizlerde kullanılmak üzere, en büyük depremin büyüklüğü 7.4 en küçük depremin büyüklüğü 4.9 olarak seçilmiştir.

Zaman tanım alanı yönteminde, yapıya uygulanan deprem etkisi altında çözüm adım adım gerçekleşir. Seçilen depremin ve yapının davranışı için yapılan kabullerin geçerliliği oranında sonuçlar güvenilirdir. Bu yöntem yapının davranış boyutlarına bağlı olduğu için projelendirmenin ilk aşamasında kullanılabilir bir yöntem değildir [14].

Zaman tanım alanında dinamik analiz yöntemi en yaygın kullanılan yöntemlerden biridir. Bir sistemin dinamik davranışını belirlemek için sistemin hareket denkleminin bilinmesi gereklidir.

$$[M]\{\ddot{x}\} + [c]\{\dot{x}\} + [k]\{x\} = [P(t)] \quad (1)$$

Doğrusal davranışta  $[P(t)]$  zamana bağlı kuvvetler,  $\{\ddot{x}\}$ : ivme,  $\{\dot{x}\}$ : hız,  $\{x\}$ : yer değiştirmeler,  $[M]$ ,  $[c]$ ,  $[k]$  sırasıyla kütle, sönüm, rijitlik matrisleridir.

Sayısal yöntemlerde zaman adımı küçüldükçe sonuçlar hassaslaşır. Ancak bu adım küçüklüğü belli bir sınırı geçmemelidir. Genelde yaklaşık olarak periyot değerleri belirlenir ve bu periyot değerinin onda birinden küçük zaman adımları kabul edildiği takdirde güvenilir sonuçlar elde edilmektedir. Çok serbestlik dereceli

sistemlerin hesabı sırasında serbestlik derecesi artırılarak yüksek modların hesaba katıldığı durumlarda bu modlardaki periyotlar doğal olarak küçülecektir. Buna bağlı olarak zaman adımı da küçülecektir [15].

### 3. Bulgular

Gaz beton, pomza, tuğla ve taş kullanılarak yapılan analizler sonucunda yer değiştirme değerleri elde edilmiştir. Elde edilen yer değiştirme değerleri Tablo 3’de görülmektedir.

Şekil 4 ve şekil 5’deki grafikte x ve y yönündeki yer değiştirme değerleri bulunmaktadır. Şekil 4 ve şekil 5’deki grafikler incelendiğinde en büyük yer değiştirme değerinin elastisite modülü en küçük olan tuğla malzemede meydana geldiği en küçük yer değiştirmenin ise taş malzeme durumunda olduğu görülmektedir. Şekil 6 ve şekil 7’de en küçük elastisite modülüne ve en büyük yer değiştirmeye sahip tuğla malzeme durumu için yer değiştirme ve odak derinliği arasındaki ilişkiyi gösteren grafik bulunmaktadır.

Şekil 6 ve 7’de en büyük yer değiştirmeye sahip olan tuğla malzemenin yer değiştirme odak derinliği arasındaki ilişki bulunmaktadır. Odak derinliği arttıkça yer değiştirme değerleri azalmaktadır. Analizlerde kullanılan 20 depremin büyüklükleri farklı olmasından dolayı aynı büyüklüğe sahip Kobe ve Erzincan depremlerinde odak derinliği arttıkça hasarın azaldığı görülmektedir.

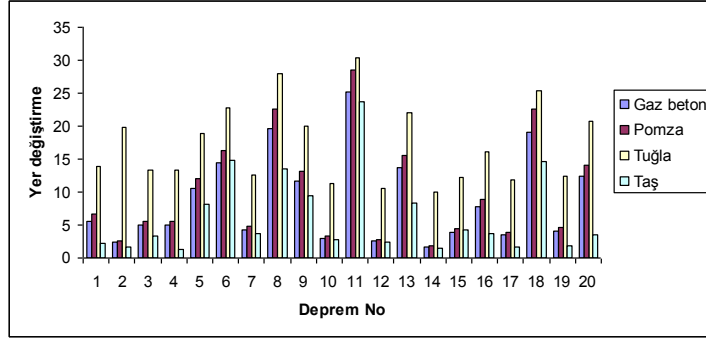
**Tablo 2.** Analizlerde kullanılan depremlerin özellikleri

No	Deprem	Tarih	Moment Büyüklük	Kayıt	Yer Hızı	Yer ivmesi	Odak Uzaklığı (km)
			(M <sub>w</sub> )		(cm/s)	(g)	
1	<u>Anza</u> <u>Horse Canyon</u>	25.02.1980	4.9	AZF315	2.6	0.066	12.1
2	<u>Morgan Hill</u>	24.04.1984	6.2	G01320	2.9	0.098	16.2
3	<u>Landers</u>	28.06.1992	7.3	29P000	3.7	0.08	42.2
4	<u>Parkfield</u>	28.06.1966	5.6	C12320	6.8	0.0633	14.7
5	<u>Morgan Hill</u>	24.04.1984	6.2	G06090	36.7	0.292	11.8
6	<u>Coyote Lake</u>	06.08.1979	5.8	G06230	49.2	0.4339	3.1
7	<u>N. Palm Springs</u>	08.07.1986	6	FVR045	41.2	0.129	13
8	<u>Northridge</u>	17.01.1994	6.7	TPF000	17.6	0.364	37.9
9	<u>Whittier Narrows</u>	10.01.1987	6	ALH180	22	0.333	13.2
10	<u>Kocaeli</u>	17.08.1999	7.4	BLK-UP	2.2	0.007	183.4
11	<u>Victoria, Mexica</u>	09.06.1980	6.1	CPE045	31.6	0.62	34.8
12	<u>Coyote Lake</u>	06.08.1979	5.8	SJ3337	7.6	0.124	17.2

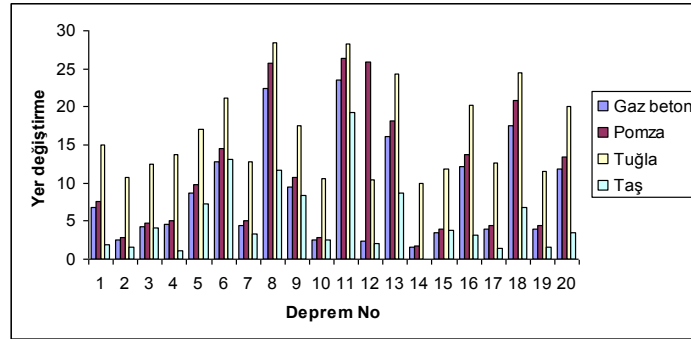
13	<u>Imperial Valley</u>	15.10.1979	7	CPEDWN	6.8	0.116	8.3
14	<u>Hollister</u>	28.11.1974	5.2	SG3295	9.3	0.339	14.9
15	<u>Kern County</u>	21.07.1952	7.4	SBA132	15.5	0.127	87
16	<u>Kobe</u>	16.01.1995	6.9	FUK-UP	1.7	0.01	157.2
17	<u>Anza</u> <u>Horse Canyon</u>	25.02.1980	4.9	RDA045	6.7	0.097	19.6
18	<u>Cape Mendocino</u>	25.04.1992	7.1	CPM-UP	63	0.754	8.5
19	<u>Düzce</u>	12.11.1999	7.1	1060-E	5.3	0.053	30.2
20	<u>Erzincan</u>		6.9	ERZ-UP	18.3	0.248	20

Tablo 3. Analizler sonucu elde edilen yer değiştirme değerleri

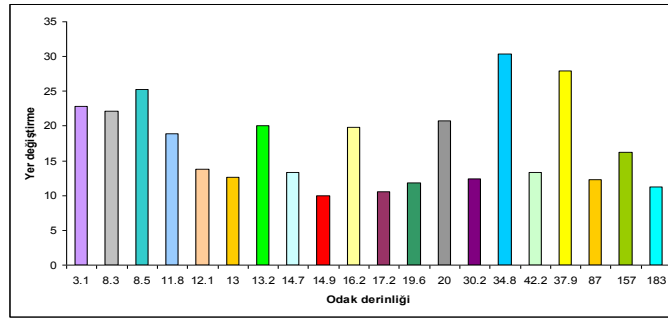
DepremNo	Gaz beton		Pomza		Tuğla		Taş	
	X(cm)	Y(cm)	X(cm)	Y(cm)	X(cm)	Y(cm)	X(cm)	Y(cm)
1	5.514	6.744	6.744	7.620	13.844	15.074	2.163	1.906
2	2.374	2.483	2.682	2.805	19.775	10.813	1.723	1.546
3	4.971	4.186	5.617	4.730	13.301	12.516	3.306	4.135
4	4.958	4.522	5.602	5.109	13.288	13.752	1.207	1.054
5	10.582	8.682	11.958	9.810	18.915	17.012	8.171	7.288
6	14.478	12.831	16.360	14.499	22.808	21.161	14.782	13.175
7	4.272	4.436	4.827	5.012	12.602	12.766	3.657	3.256
8	19.626	22.403	22.567	25.705	27.956	28.403	13.449	11.633
9	11.692	9.518	13.212	10.755	20.022	17.518	9.404	8.417
10	2.909	2.518	3.287	2.845	11.239	10.628	2.855	2.544
11	25.263	23.550	28.457	26.392	30.362	28.265	23.655	19.300
12	2.510	2.293	2.836	25.911	10.510	10.369	2.359	2.098
13	13.794	16.032	15.587	18.116	22	24.362	8.377	8.725
14	1.672	1.544	1.889	1.744	9.942	9.874	1.503	1.34
15	3.901	3.494	4.408	3.948	12.231	11.824	4.235	3.775
16	7.865	12.138	8.887	13.716	16.195	20.286	3.617	3.162
17	3.464	3.904	3.914	4.411	11.794	12.655	1.607	1.433
18	18.985	17.454	22.583	20.853	25.315	24.548	14.539	6.779
19	4.083	3.952	4.613	4.465	12.413	11.524	1.802	1.609
20	12.414	11.868	14.028	13.411	20.744	20.022	3.533	3.429



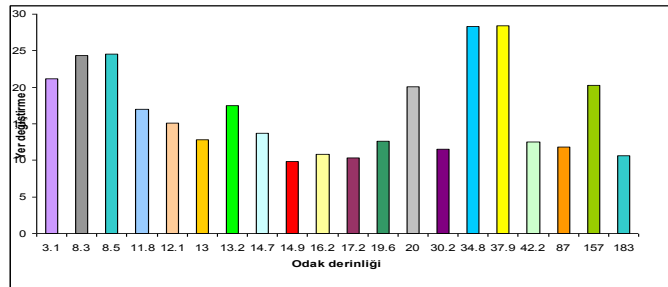
Şekil 4. X yönü yer değiştirme değerleri



Şekil 5. Y yönü yer değiştirme değerleri



Şekil 6. Tuğla malzemenin X yönü yer değiştirme odak derinliği grafiği



Şekil 7. Tuğla malzemenin Y yönü yer değiştirme odak derinliği grafiği



#### 4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada bir yığma yapıda gaz beton, pomza, tuğla ve taş malzemeleri kullanılarak dört farklı malzeme durumu için zaman tanım alanında analiz yöntemi kullanılarak yirmi deprem ivme kaydı uygulanmış ve elde edilen yer değiştirme ve gerilme değerleri karşılaştırılarak yapının deprem etkisi altındaki güvenilirlikleri belirlenmiştir.

Farklı depremler uygulanarak gerçekleşen analiz sonuçları incelendiğinde elastisite modülü en küçük olan tuğlanın yer değiştirme değeri en büyük, elastisite modülü en büyük olan taş malzeme durumu için ise yer değiştirme değerinin en küçük elde edildiği görülmüştür. Yer değiştirmesi en büyük olan tuğlayı pomza, gaz beton ve taş izlemektedir. Elastisite modülü arttıkça yer değiştirme değerinin küçüldüğü görülmektedir.

Uygulanan depremler içinde en büyük moment büyüklüğü 7.4 olan Kocaeli ve Anza depremlerinde tüm malzeme durumları için yer değiştirmelerin küçük elde edildiği görülmüştür. En büyük yer değiştirme, büyüklüğü 6,1 olan Victoria Mexica depreminde elde edilmiştir. Büyük olan depremde küçük yer değiştirme elde edilmesinin nedeni odak derinlikleri incelendiğinde görülmektedir. Kocaeli depreminin odak derinliği 183.4km iken Victoria, Mexico depreminin 34.8km'dir. Bu durum büyüklüğü fazla olan bir depremin odak derinliği fazla ise depremde elde edilen hasarın daha az olduğunu göstermektedir. Buna karşılık büyüklük daha küçük fakat odak derinliği az ise güvenilirlik azalacaktır.

6.7 büyüklüğünde olan Northridge depreminde de aynı durum görülmektedir. 6.9 büyüklüğündeki Kobe depremine göre odak derinliği daha az olmakta büyüklüklerinin yakın olmasına rağmen odak derinliğinden dolayı Northridge depreminde daha büyük yer değiştirmeler elde edildiği görülmektedir.

Kobe ve Erzincan depremlerinin büyüklükleri aynı olup Kobe depreminin odak derinliği Erzincan depreminin odak derinliğinin 7.86 kat fazla olması nedeniyle Kobe depreminde elde edilen yer değiştirme değerlerinin Erzincan depreminden elde edilen değerden daha küçük olması odak derinliği arttıkça yer değiştirme değerinin azaldığını göstermektedir.

#### 5. Kaynaklar

- [1] Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 85s. 1997, Ankara.
- [2] Bayülke, N., 'Yığma Yapılar. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı', 1992, 184s. Ankara.
- [3] Bayülke, N., 'Depremler ve Depreme Dayanıklı Yapılar. İmar ve İskân Bakanlığı Deprem Araştırma Enstitüsü Başkanlığı', 1978, 148s. Ankara.
- [4] İnangu, A., Kırbaş, H., 'Anadolu Levhası Üzerinde Kütahya'nın Deprem Tehlikesi'. S.D.Ü. X. Mühendislik Sempozyumu, Bildiriler Kitabı I, 1999, 279-293, Isparta.
- [5] Benedetti, D., Carydis, P., Pezzoli, P., 'Shaking Table Tests on 24 Simple Masonry Buildings'. Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 1998, (27), 67-90.
- [6] Başyigit C., Gençer Ö., Terzi S., 'Bimsblok ile yapılan yığma yapının deprem davranışının araştırılması' 2001, İMO Antalya bülteni.

- [7] Doğan H.,Şener F., ‘Hafif yapı malzemeleri (pomza-perlit-gazbeton) kullanımının yaygınlaştırılmasına yönelik sonuç ve öneriler’.
- [8] Bayülke, N., ‘Depreme Dayanıklı Betonarme ve Yığma Yapı Tasarımı’. İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Yayın No:27, 1998, 245s. İzmir.
- [9] Karaman S., ‘Tarımsal yapılarda kullanılan hafif inşaat malzemeleri’. HR.Ü.Z.F.Dergisi, ,11(1/2), 2007, 63-69.
- [10] Köktürk, U., Endüstriyel Hammaddeler, Dokuz Eylül Üniversitesi Yayını, 1997, Yayın No:205.
- [11] Bayülke, N., Hürata, A., Doğan, A., ‘Düşey Delikli Taşıyıcı Tuğladan Yapılmış Yığma Yapıların Sarsma Tablası Deneyleri’ Raporu. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı, 1989, 76s. Ankara.
- [12] Gündüz L., Sarıışık A., Tozaçan B., Davraz M., Uğur ., Çankıran O., Pomza Teknolojisi cilt 1.
- [13] Sesigür H., Büyüктаşkın H.,A., Çılı F., ‘Gazbeton duvar ve döşeme elemanları ile inşa edilen az katlı konut binalarının deprem güvenliği’. Kocaeli deprem sempozyumu, 2005.
- [14] Celep, Z., Kumbasar, N., Betonarme Yapılar, Sema Matbaacılık, İstanbul, 1996, 669-679.
- [15] Çağlar, N., ‘*Yapay Sinir Ağları İle Binaların Dinamik Analizi*’. Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kasım 2001.