ANTAKYA'DAKİ YIĞMA BİNALARIN ÖZELLİKLERİNİN DEPREM PERFORMANSI AÇISINDAN ANALİTİK OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

İ.O. Demirel[1], V.H. Akansel[1], Ş. Bankir[2], M.C. Geneş[3], M.A. Erberik[4] ve A. Yakut[5]

[1] *Araştırma Görevlisi, İnşaat Müh. Bölümü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara*
[2] *Proje Asistanı, İnşaat Müh. Bölümü, Mustafa Kemal Üniversitesi, Hatay*
[3] *Doçent Doktor, İnşaat Müh. Bölümü, Zirve Üniversitesi, Gaziantep*
[4] *Doçent Doktor, İnşaat Müh. Bölümü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara*
[5] *Profesör, İnşaat Müh. Bölümü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara*
Email: odemirel@metu.edu.tr

ÖZET:

Bu çalışmada Antakya yöresinde bulunan değişik karakterdeki yığma binaların yürürlükteki Türk deprem yönetmeliğinde öngörülen tasarım depremi etkisi altında performans değerlendirmeleri yapılmıştır. Mevcut bir yığma binada yapılan ortam titreşim ölçümleriyle analitik model kalibre edildikten sonra binanın elastik ötesi modeli tabanında yığılı kesme mafsalları bulunan eşdeğer çerçevelerle oluşturularak statik itme analizleri yapılmıştır. Vaka binasından yola çıkılıp değişik duvar alanlarına sahip iki duvar yerleşim planı, iyi ve kötü malzeme, 3 farklı kat türetilerek binaların planda birbirine dik iki doğrultusu dikkate alınarak toplam 24 adet kapasite eğrisi elde edilmiştir. Yer değiştirme katsayıları yöntemi ile performans noktaları belirlendikten sonra elemanların yer değiştirme talepleriyle kapasitelerinin karşılaştırılması sonucunda bina performansları tahmin edilmiştir. Sonuçlar yığma binalarda kat sayısının, malzeme kalitesinin ve bir yönde toplam duvar alanının zemin kat alanına oranının bina performansında belirleyici olduğunu göstermektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Yığma bina, eşdeğer çerçeve modeli, itme analizi, performans değerlendirmesi.

1. GİRİŞ

Son dönemde inşaat malzemelerinde ve yapım tekniklerindeki gelişmelere ayak uydurmakta zorlanmalarına rağmen yığma yapılar yüzyıllardır doğanın olumsuz etkilerine karşı insanların başlarını sokacakları bir yaşam alanı sağlama görevine devam etmektedirler. Arazi değeri artan ve dikey olarak gelişen şehirlerin merkezlerinde kendilerine yer bulamasalar da şehirleri çevreleyen mahallelerde ve kırsal alanda yığma yapılar sıklıkla karşımıza çıkmaktadırlar. Sayılarının gittikçe azalmasıyla birlikte 2000 yılında yapılan bina sayımında [1] toplam bina stoğunun %51'ini yığma yapıların oluşturduğu bir gerçektir. Yığma yapılar düşey yüklerini taşıma konusundaki kabiliyetlerini malesef yer sarsıntılarının tetiklediği atalete karşı gösterememektedirler. Topraklarının büyük bölümü deprem bölgesinde yer alan ülkemizde kırsal alanda meydana gelen Kovancılar (2010), Dinar (1995) gibi depremlerde yığma binaların yetersiz performansı ortaya çıkmıştır. Gelecekte aynı senaryolarla karşılaşmamak için mühendislik bilimi bize öncelikle mevcut yığma yapı stoğuna sahip bölgelerin risk değerlendirmesinin yapılması gerektiğini söylemektedir.

Geçmişi diğer tüm yapı türlerinden çok daha eskiye dayanmasına rağmen özellikle deprem davranışını en zor anlayabildiğimiz yapı yığma yapıdır. Özellikle kırsal alanlardaki ve gecekondu bölgelerindeki yığma yapıların mühendis eli değmeden yapılıyor olması, deprem davranışlarını önemli ölçüde etkilemektedir. Yapımında kullanılan malzemelerin kolayca ölçülebilir bir standardının olmaması, tuğla ve harçtan oluşan duvar elemanlarının heterojen ve eş yönsüz olmasından kaynaklı davranışının tahmin edilmesinin oldukça güç oluşu ve

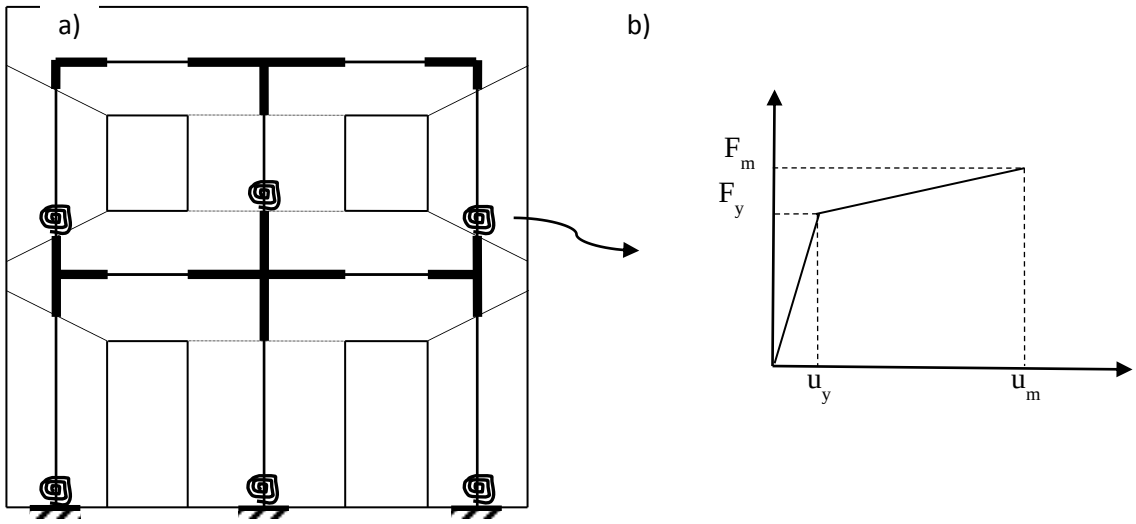
boşluklu duvar gibi analitik modellemeyi oldukça güçleştiren doğası yığma yapıların analizinde karşılaşılan temel zorluklardır. Her ne kadar yığma yapıların tasarımında basitleştirilmiş doğrusal yöntemler kullanılsa da, deprem performansının ölçülebilmesi için, genellikle betonarme ve çelik binalara uygulanan yer değiştirme esaslı yöntemlerin yığma yapılara da uygulanması gerekir.

1950'lere kadar büyük bir bölümü deprem yükleri ihmal edilerek sadece düşey altında tasarlanan yığma binalar için sonrasında depreme karşı tasarım kuralları geliştirilmiştir. Son yıllarda bir çok deprem yönetmeliği yığma yapılar için yer değiştirme esaslı yöntemlerin uygulanmasına izin vermiştir. Yer değiştirme esaslı yöntemlerle 2007'de tanışan ülkemizin inşaat mühendisliği pratiğinde ise yığma yapılar için duvarlarda oluşan yatay ve düşey gerilmelerin duvar dayanımlarıyla karşılaştırıldığı yük esaslı basit ve geleneksel yöntem önerilmektedir.

Bu çalışma Hatay' da bulunan ve hasarsız yerinde deney yöntemiyle titreşim periyodu belirlenen iki katlı bir yığma yapıdan yola çıkılarak; farklı duvar oranı, malzeme özelliği ve kat sayısına sahip tipik yığma binaların itme analizlerinin yapılmasını ve deprem performanslarının belirlenmesini amaçlamaktadır.

2. YIĞMA BİNALARIN MODELLENMESİ

Yığma binaların davranışı en gerçeğe yakın şekilde sonlu eleman yaklaşımı ile modellenebilir. Fakat binaların doğrusal olmayan analizleri için bu modeller; malzeme tanımındaki belirsizlikler ve modelin oluşturulup analiz edilmesi için harcanacak zaman bakımından oldukça külfetlidir. Doğrusal olmayan analize en uygun model, kullanım kolaylığı ve güvenilirlik birlikte düşünüldüğünde eşdeğer çerçeve modelidir. Bu teknikte yatay ve dikey yığma duvar parçaları eşdeğer kiriş elemanlarıyla modellenirken, bu elemanların birleştiği düğüm noktaları rijit veya yarı rijit olarak modellenmektedir (Şekil 1a). Duvarların yatay ve dikey yükler altında çatlaması ile oluşan dayanım ve rijitlik kaybı ise yığılı mafsallar yardımıyla temsil edilmektedir. Yığma duvarların yatay yükler altında davranışı kesme kuvveti tarafından tayin edildiği için duvar elemanlarının altına kesme kuvvetine bağlı tepe yer değiştirme eğrisini temsil eden mafsallar yerleştirilmiştir. Bu mafsallar duvar çatlama dayanımına (F_y) ulaştığında devreye girecek ve doğrusal olmayan yer değiştirmelerin (u_m-u_y) tamamı bu mafsallar tarafından gerçekleştirilecektir (Şekil 1b).

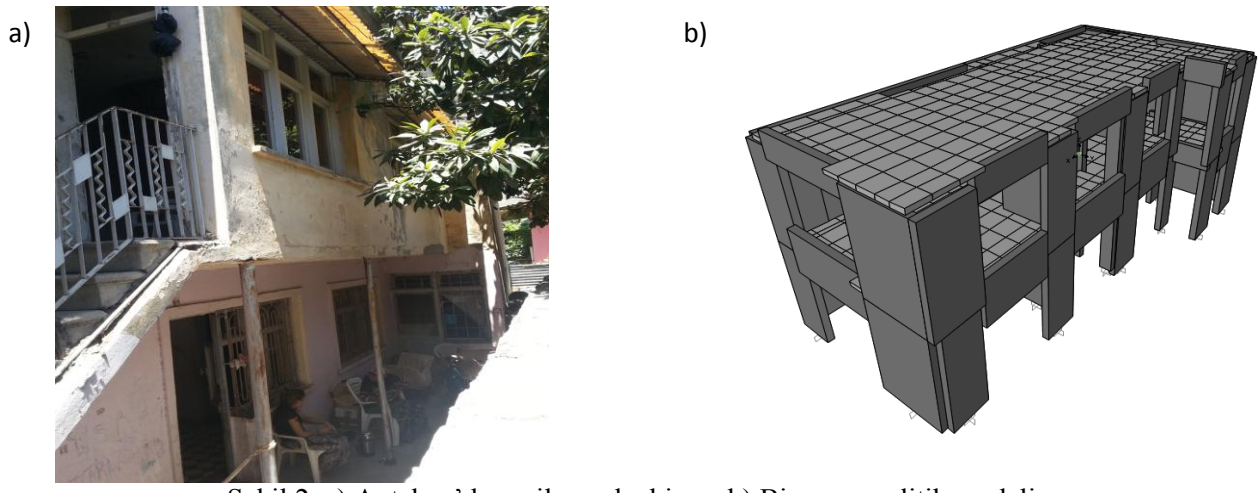


Şekil 1. a) Doğrusal olmayan eşdeğer çerçeve modeli b) Yığılı kesme mafsalı yatay yük-yer değiştirme eğrisi

Kesme mafsallarının çift doğrusallaştırılmış yük-yer değiştirme ilişkisi bulunduğu duvar üzerine gelen eksenel yük, duvarın narinliği, duvarın basma dayanımı gibi değişkenlere bağlı olarak Aldemir [2]'in önerdiği denklemlere göre belirlenmektedir. Kesme mafsallarının ve yığma yapılar için doğrusal olmayan çerçeve modelinin detayları için Demirel [3], Aldemir vd. [4], Demirel vd. [5]' a başvurulabilir.

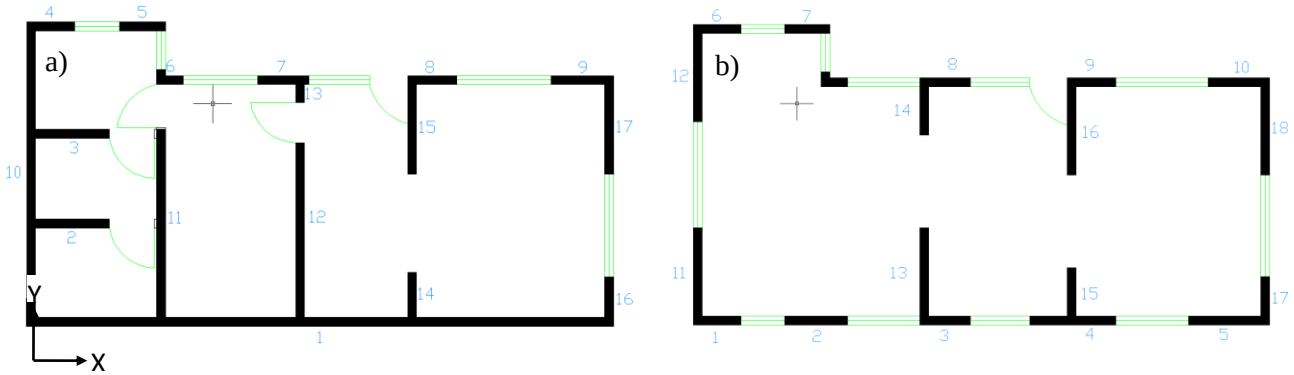
3. BİNA SEÇİMİ VE ANALİZLER

Hatay'ın Eski Antakya bölgesinde yoğunlaşan yığma bina stoğunu temsilen Mıntıka 4 Parsel 2578'de bulunan iki katlı yığma bina (Şekil 2a) vaka binası olarak seçilerek rölevesi çıkarılmış ve ortam titreşim ölçümleri yapılmıştır. Binanın analitik modeli bir önceki bölümde anlatıldığı şekilde SAP2000 programı [6] kullanılarak oluşturulmuştur (Şekil 2b). Analitik modelin hakim titreşim periyodu binanın saha ölçümlerine göre kalibre edilmiş ve binada kullanılan beton briketin elastik modülü 2380 MPa olarak hesaplanmıştır. Bundan sonra türetilen binalar için aynı malzeme sabiti kullanılmıştır.



Şekil 2. a) Antakya'da seçilen vaka binası b) Binanın analitik modeli

Vaka binasından yola çıkılarak farklı duvar alanı oranlarının ve geometrik düzensizliğin davranışa etkilerinin incelenebilmesi amacıyla bina planında değişiklikler yapılarak binanın duvar alanlarının düşürüldüğü ve geometrik düzensizliğinin giderildiği bir plan türetilmiştir (Şekil 3). Kat alanı iki plan için de 77m^2 dir. Vaka binasının (B1) X ve Y yönlerinde toplam duvar alanları 4.47m^2 (%5.80) ve 4.24m^2 (%5.50) iken türetilmiş planda (B2) aynı alanlar 2.60m^2 (%3.37) ve 2.68 m^2 (%3.48) dir.

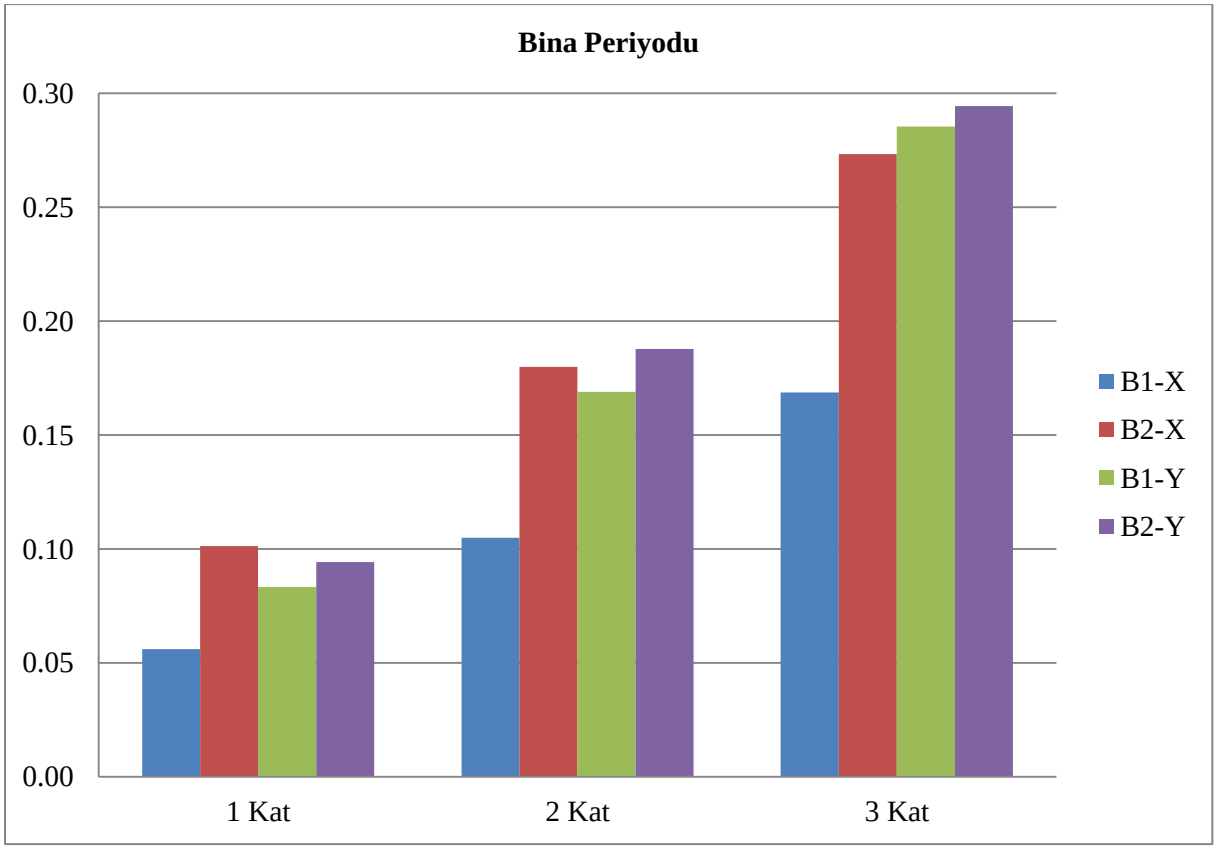


Şekil 3. Bina planları ve duvar numaraları a) Vaka binası (B1) b) Türetilen bina (B2)

Bir sonraki aşamada yörenin malzeme özellikleri ve yapım pratikleri göz önüne alınarak farklı değişkenlere sahip 12 adet bina türetilmiştir. Bu amaçla kullanılan ilk değişken yukarıda anlatıldığı gibi plan alanıdır. Farklı duvar alanı oranlarına sahip 2 plan kullanılmıştır. İkinci değişken malzeme kalitesidir. Malzeme kalitesi iyi ve kötü olan binalar için duvar basınç dayanımları sırasıyla 3MPa ve 6MPa olarak düşünülmüştür. Son olarak farklı plan ve malzeme kalitesine sahip binalar 1 katlı, 2 katlı ve 3 katlı olarak modellenmiştir.

3.1. Titreşim Analizi Sonuçları

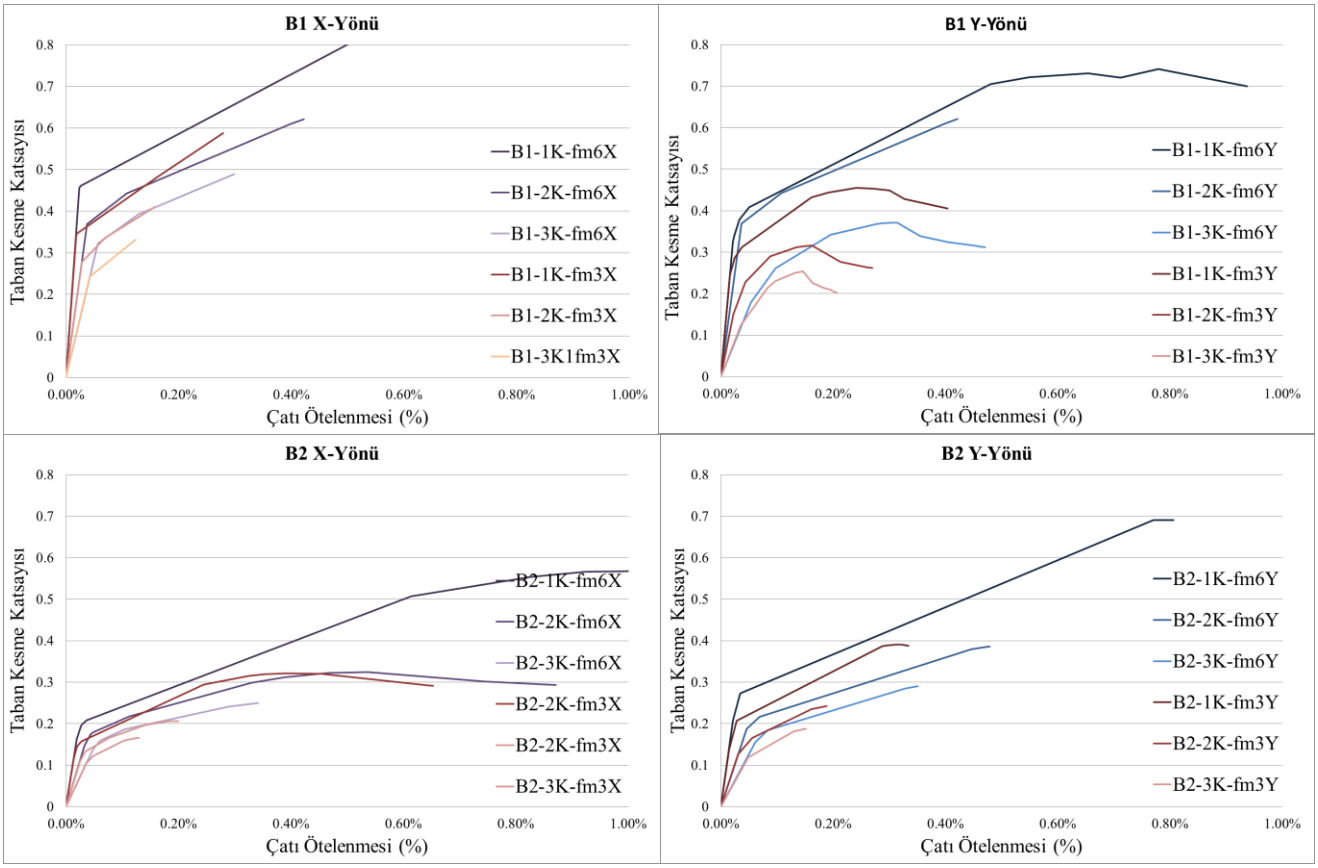
Titreşim analizi sonuçları Şekil 4'te verilmiştir. Şekilde titreşim periyodunun tek katlı yığma binalar için 0.06 saniye ile 0.10 saniye arasında değiştiği, duvar alan oranı arttıkça azaldığı ve kat sayısına bağlı olarak doğrusal olarak arttığı gözlenmektedir.



Şekil 4. Hakim bina periyotları

3.2. Statik İtme Analizi Sonuçları

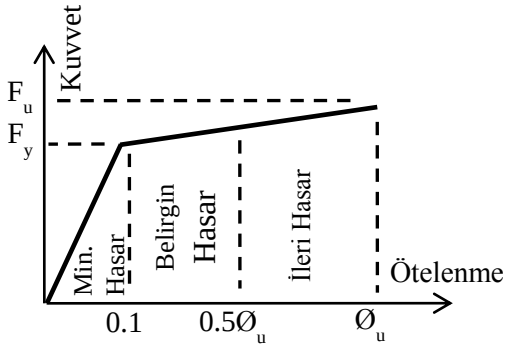
Tablo 2'de belirtildiği şekilde farklı özellikteki binalar modellendikten sonra statik itme analizleri gerçekleştirilmiştir. Statik itme analizlerinde yük dağılımı olarak sabit düşey yük kullanılmıştır. Analiz sonuçları Şekil 5'te verilmiştir. Grafiklerde taban kesme katsayısı taban kesme kuvvetinin bina ağırlığına bölümüyle bulunurken, çatı ötelenmesi çatı ağırlık merkezi yatay yer degiştirmesinin çatı yüksekliğine bölünmesiyle elde edilmiştir. Analiz sonuçları, kat sayısı, duvar alan oranı ve malzeme dayanımının binanın kesme dayanımı ve yer değiştirme kapasitesi üzerindeki etkilerini açıkça göstermektedir. Özellikle B1 binasında X yönünde bulunan uzun ve boşluksuz duvar neredeyse tüm binanın performansını tek başına belirlemektedir.



Şekil 5. Statik itme eğrileri

4. PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ

Bir binanın yer değiştirmeye bağlı yöntemlerle performans değerlendirmesini yapabilmek için elemanların yer değiştirme kapasiteleriyle tasarım depremi sonucu elemanlar üzerinde oluşan yer değiştirme taleplerini karşılaştırmak gerekmektedir. Bu karşılaştırma sonucunda eleman performansları belirlenir ve binanın deprem performansını tahmin etmek mümkün olur. Eleman performanslarının belirlenmesi amacıyla yapıyı oluşturan elemanların yük-yer değiştirme eğrisi üzerinde performans limitlerinin belirlenmesi gereklidir. Bu amaçla doğrusal olmayan davranışın temsil edildiği duvarlardaki yığılı kesme mafsallarının üzerinde performans limitleri Şekil 6'daki gibi tanımlanmıştır.



Şekil 6. Çift doğrusallaştırılmış duvar kapasite eğrilerinin performans durumları

Yığma yapılarda minimum hasardan belirgin hasara geçiş taşıyıcı duvar elmanlarının çatlamasıyla küçük ötelenme değerlerinde meydana gelmektedir. Genellikle gevrek davranış gösterdiği için bir yığma duvarın taşıma gücünü kaybetmesi için (Şekil 6, $\varnothing_u$ limiti) çok yüksek ötelenme değerlerine maruz kalması gerekmez. Ayrıca yatay ve düşey kuvvetler altında yığma duvarlarda yük taşıma kapasitesi hızlı bir şekilde azaldığı için berlirgin hasar ile ileri hasar arasındaki limit değeri taşıma kapasitesinin yarısı olarak kabul etmek ($0.5\varnothing_u$) mertebe olarak uygun bir varsayımdır.

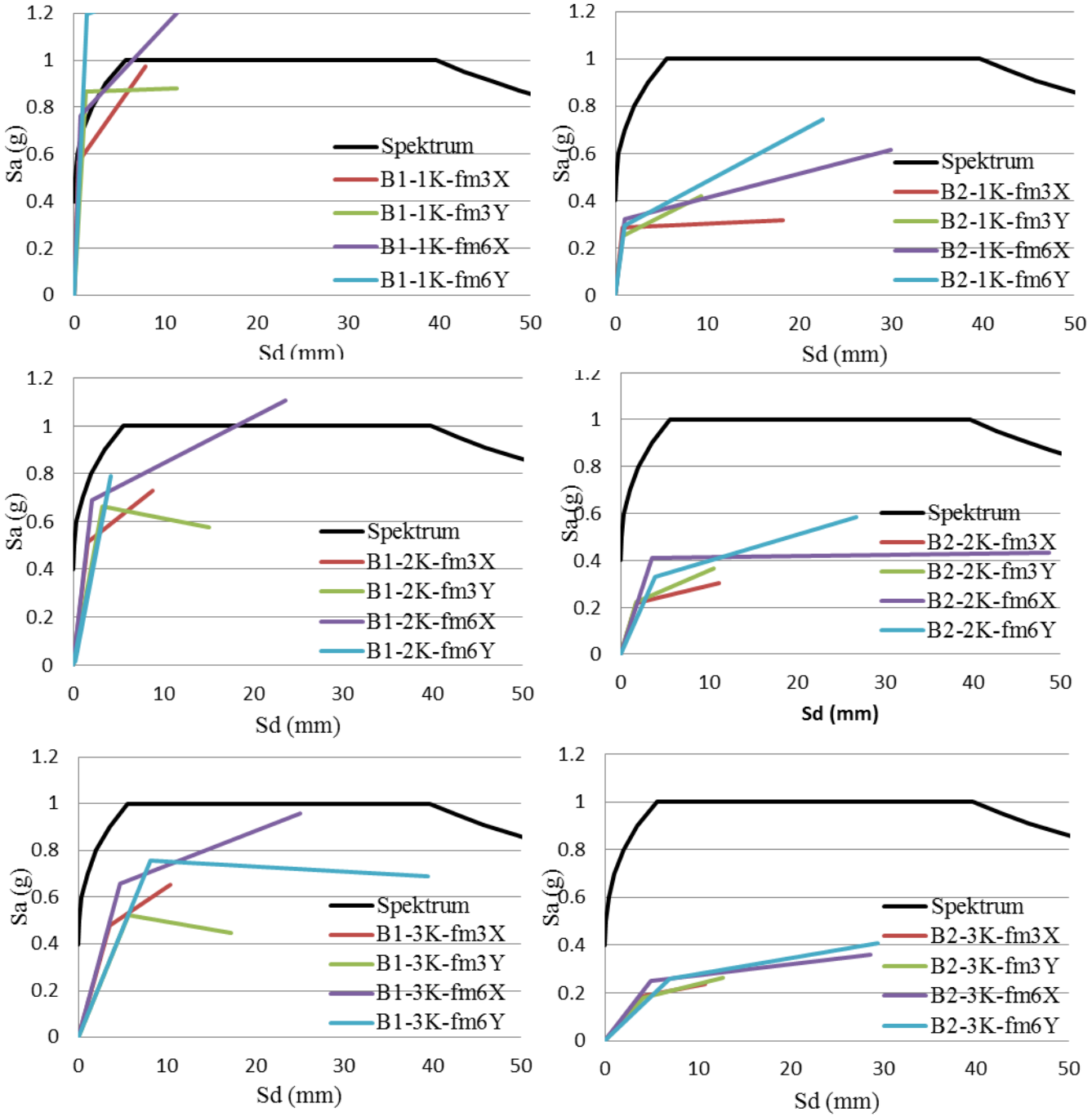
Eleman yer değiştirme taleplerinin hesaplanması için ise öncelikle binanın yer değiştirme talebinin (performans noktası) hesaplanması gerekir. Bu amaçla FEMA440' da [7] yer alan yer değiştirme katsayıları yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem elastik deprem talebinin bazı katsayılarla çarpılarak doğrusal olmayan talebin bulunmasına yöneliktir. Analiz sonucundan elde edilen kapasite eğrilerinden önce; eğriler altındaki alanların eşitliği prensibi ile eşdeğer tek dereceli sistem için ivme- yer değiştirme eğrileri oluşturulur ve elastik yer değiştirmeler hesaplanır. Elde edilen bu yer değiştirmeler FEMA 440' da belirtilen; çok dereceli sistem tepe noktası yer değiştirme katsayısı (c_o); tepe noktası maksimum yer değiştirme katsayısı (c_1); yapının hakim periyodu ile etki eden deprem spectrumunun etkileşimini göz önüne almak için kullanılan katsayı, (c_2) ve P-Δ etkilerinin dikkate alındığı katsayı (c_3) çarpılarak elastik ötesi yer değiştirmeler hesaplanmış olup, performans noktaları belirlenmiştir.

Binaların doğrusal yer değiştirme taleplerinin hesabı için bina kapasite eğrileri ve analiz edilen binaların konum ve zeminlerine uygun olarak mevcut Türk deprem yönetmeliğinde [8] birinci bölge ve Z2 zemin için tanımlanan deprem spektrumu dikkate alınmıştır. Şekil 7'de tepki spektrumu ve bina kapasite eğrileri (tek dereceli eşdeğer sistem için) ivme-yer değiştirme formatına çevrilmiş ve elde edilen grafikler birlikte verilmiştir.

İvme-yer değiştirme tepki spektrumlarından hesaplanan elastik talep FEMA 440'da önerilen katsayılarla çarpılarak doğrusal olmayan çatı yer değiştirmeleri bulunmuştur (Tablo 1).

Tablo 1. FEMA 440'a göre hesaplanan yer değiştirme katsayıları ve hesaplanan elastik ötesi yer değiştirmeler

Bina	Mod	Yön	c_m	c_0	R	R	a	c_1	c_1	c_2	c_2	c_3	c_3	δ (mm)	δ (mm)
					fm=3 MPa	fm=6 MPa		fm=3 MPa	fm=6 MPa	fm=3 MPa	fm=6 MPa	fm=3 MPa	fm=6 MPa	fm=3 MPa	fm=6 MPa
B1-K1	1.00	Y	0.46	1.00	0.81	0.57	90.00	0.95	0.88	1.00	1.01	1.00	1.00	0.95	0.70
	2.00	X	0.61	1.00	1.13	0.83	90.00	1.03	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	0.58	0.52
B1-K2	1.00	Y	0.46	1.20	1.46	1.24	90.00	1.13	1.07	1.01	1.00	1.00	1.00	6.41	6.70
	2.00	X	0.56	1.20	1.64	1.22	90.00	1.18	1.06	1.01	1.00	1.00	1.00	3.70	3.20
B1-K3	1.00	Y	0.45	1.30	1.92	1.32	90.00	1.23	1.08	1.02	1.00	1.00	1.00	17.82	15.16
	2.00	X	0.51	1.30	2.10	1.52	90.00	1.31	1.14	1.04	1.01	1.00	1.00	13.03	10.70
B2-K1	1.00	X	0.92	1.00	2.89	2.64	90.00	1.52	1.46	1.11	1.08	1.00	1.00	3.82	4.26
	2.00	Y	0.93	1.00	3.37	2.92	90.00	1.66	1.53	1.18	1.12	1.00	1.00	5.15	4.90
B2-K2	1.00	Y	0.66	1.20	4.53	3.05	90.00	1.98	1.48	1.39	1.11	1.00	1.00	26.87	23.14
	2.00	X	0.68	1.20	4.55	2.45	90.00	1.99	1.40	1.39	1.07	1.00	1.00	25.71	15.61
B2-K3	1.00	Y	0.71	1.30	5.52	3.84	90.00	1.55	1.29	1.28	1.09	1.00	1.00	58.47	49.33
	2.00	X	0.69	1.30	5.46	4.02	90.00	1.59	1.42	1.30	1.14	1.00	1.00	55.72	41.67



Şekil 7. İvme-yer değiştirme tepki spektrumları

Her bir binanın kapasite eğrileri üzerinde performans noktaları belirlendikten sonra binalar bu noktaya kadar itilerek duvarın yer değiştirme talepleri hesaplanmıştır. Duvar yer değiştirme talepleri Şekil 6' da verilen duvar kapasite eğrisi üzerindeki performans durumlarıyla karşılaştırıldıktan sonra her bir duvarın performans seviyesi tespit edilmiştir. Kritik olan 1.kat için performans seviyeleri Tablo 2' de verilmiştir.

Tablo 2. Duvar performans durumları (MH:Minimum hasar, BH: Belirgin hasar, İH: İleri Hasar)

		B1 Duvar Alanı Oranı = %5.80 (X) , %5.50 (Y)						**B2** Duvar Alanı Oranı = %3.37 (X) , %3.48 (Y)					
Duvar No	**Yön**	**K1-fm3**	**K1-fm6**	**K2-fm3**	**K2-fm6**	**K3-fm3**	**K3-fm6**	**K1-fm3**	**K1-fm6**	**K2-fm3**	**K2-fm6**	**K3-fm3**	**K3-fm6**
D101	**X**	MH	MH	MH	MH	İH	BH	BH	BH	İH	BH	İH	İH
D102	**X**	MH	MH	BH	MH	İH	BH	İH	BH	İH	İH	İH	İH
D103	**X**	MH	MH	BH	MH	İH	BH	İH	BH	İH	İH	İH	İH
D104	**X**	MH	MH	BH	BH	İH	BH	İH	BH	İH	İH	İH	İH
D105	**X**	MH	MH	BH	BH	İH	BH	BH	BH	İH	İH	İH	İH
D106	**X**	MH	MH	BH	BH	İH	BH	BH	BH	İH	BH	İH	İH
D107	**X**	MH	MH	İH	BH	İH	İH	BH	BH	İH	BH	İH	İH
D108	**X**	MH	MH	İH	BH	İH	İH	BH	BH	İH	İH	İH	İH
D109	**X**	MH	MH	BH	BH	İH	BH	BH	BH	İH	İH	İH	İH
D110	**X/Y***	MH	MH	MH	MH	MH	MH	BH	BH	İH	İH	İH	İH
D111	**Y**	MH	MH	MH	MH	İH	BH	İH	BH	İH	İH	İH	İH
D112	**Y**	MH	MH	İH	BH	İH	BH	İH	BH	İH	İH	İH	İH
D113	**Y**	MH	MH	BH	BH	İH	BH	İH	BH	İH	İH	İH	İH
D114	**Y**	MH	MH	İH	BH	İH	BH	İH	BH	İH	İH	İH	İH
D115	**Y**	MH	MH	İH	BH	İH	İH	İH	BH	İH	İH	İH	İH
D116	**Y**	MH	MH	İH	BH	İH	İH	İH	BH	İH	İH	İH	İH
D117	**Y**	MH	MH	İH	İH	İH	İH	BH	BH	İH	İH	İH	İH
D118	**Y**							İH	BH	İH	İH	İH	İH

*D110 Duvarı B1 planı için X, B2 planı için Y yönündedir.

Son olarak analiz edilen tüm binalar performans noktalarına kadar itilmiştir. Kapasite eğrisi üzerindeki bu noktada her bir duvar için hesaplanan duvar ötelenme talepleri Şekil 7'de yine her bir duvar için hesaplanan performans limitleri ile karşılaştırılarak eleman performansları belirlenmiştir. Eleman performansları üzerinden belirlenen bina performansları aşağıdaki gibidir (Tablo 3).

Tablo 3. Bina Performansları

Plan	Kat	Yön	fm3	fm6
B1	K1	X	Hemen Kullanım	Hemen Kullanım
		Y	Hemen Kullanım	Hemen Kullanım
	K2	X	Belirgin Hasar	Belirgin Hasar
		Y	Göçme	Belirgin Hasar
	K3	X	Göçme	İleri Hasar
		Y	Göçme	İleri Hasar
B2	K1	X	İleri Hasar	Belirgin Hasar
		Y	Göçme	Belirgin Hasar
	K2	X	Göçme	Göçme
		Y	Göçme	Göçme
	K3	X	Göçme	Göçme
		Y	Göçme	Göçme

5. ÖZET VE SONUÇ

Bu çalışmada Antakya bölgesinde bulunan yığma binaların yerel özellikleri dikkate alınarak deprem performansları analitik olarak değerlendirilmiştir. Hasarsız yerinde deney yöntemiyle titreşim periyodu belirlenen iki katlı bir yığma yapıdan yola çıkarak; farklı duvar oranı, malzeme özelliği ve kat sayısına sahip tipik yığma binaların itme analizleri yapılmış ve deprem performansları deplasman katsayıları yöntemi kullanılarak tahmin edilmiştir.

Yapılan hesaplamalar sonucunda 3 katlı yığma binaların performansının oldukça kritik olduğu gözlenmiş olup, planda eşit duvar oranlarına sahip bina için dahi (B2) göçme sınırının aşıldığı tespit edilmiştir. Tek katlı binalardan plan düzensizliği bulunan (B1) binanın hemen kullanıma uygun olduğu, duvar alanı azaltılarak türetilen binanın (B2) ise ileri hasar aldığı gözlenmiştir. Mevcut deprem yönetmeliğine öngörülen minimum duvar alan oranı, duvar kalınlığı 20cm olan iki plan için de % 4' tür. Tek katlı binalar içinde bu oranı sağlayan B1 binası hemen kullanıma uygunken, bu oranı sağlamayan B2 binası ileri hasar almıştır.

Sonuçlar göstermektedir ki; kat sayısı, duvar oranı ve malzeme dayanımı gibi parametrelerin yeterli mühendislik hizmeti görmemiş yığma binaların deprem performansı üzerindeki etkisi oldukça belirgindir. Kat sayısındaki artış, binaların deprem riskini de aynı oranda arttırmaktadır. Bu bağlamda mevcut deprem yönetmeliğinin yığma binalar için bulunduğu deprem bölgesine göre inşa edilebilecek maksimum kat sayısını sınırlaması (madde 5.2.2, 5.2.3) oldukça önemlidir. Bunun yanısıra, basit bir parametre olmasına karşın, duvar alanı oranı yığma binalarda dikkate alınması gereken bir parametre olarak karşımıza çıkmaktadır. Yine mevcut deprem yönetmeliğine atıfta bulunarak, benzer bir parametrenin (bir yöndeki toplam duvar uzunluğunun kat alanına oranı, madde 5.4.4) yığma bina tasarımında zaten kullanılmakta olduğunu belirtmek gerekir. Son olarak duvar basınç dayanımının da bina performansını oldukça etkilediği görülmektedir. Yapılan saha çalışmaları sonucu, bölgedeki yığma binaların önemli bir bölümünün düşük malzeme dayanımına sahip olduğunun ortaya çıktığı düşünülürse Antakya'daki yığma binaların deprem riskinin belirli bir seviyenin üstünde olduğunu tahmin etmek zor olmaz.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Deprem Araştırma Merkezi, Zirve Üniversitesi ve Mustafa Kemal Üniversitesi tarafından, BMBF-Almanya ve TÜBİTAK 110M748 (IntenC) ortak projesi kapsamında sağlanan destek ile gerçekleştirilmiştir.

KAYNAKLAR

[1]: Bina Sayımı, (2000). T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, Ankara

[2]: Aldemir, A. (2010). A Simple Seismic Performance Assessment Technique for Unreinforced Brick Masonry Structures, Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Müh. Bölümü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara (İngilizce).

[3]: Demirel,I.O. (2010). A Nonlinear Equivalent Frame Model For Displacement Based Analysis of Unreinforced Brick Masonry Buildings, Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Müh. Bölümü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara (İngilizce).

[4]: Aldemir A., Erberik, M.A., Demirel, İ.O., Sucuoğlu, H. (2013). Seismic Performance Assessment of Unreinforced Masonry Buildings with a Hybrid Modeling Approach. Earthquake Spectra 29(1): 33-57.

[5]: Demirel, İ.O., Erberik, M.A., Sucuoğlu, H. (2011). Tuğla Yığma Yapıların Performans Esaslı Değerlendirilmesi İçin Doğrusal Olmayan Çerçeve Modeli, 1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Ankara.

[6]: Sap2000 v14.1.0 (2009). Structural Analysis Program, Computers and Structures, University Avenue, Berkeley, California.

[7]: FEMA 440 (2005). Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures, Federal

[8]: Emergency Management Agency, Washington, D.C. (İngilizce).

[9]: Türk Deprem Yönetmeliği (2007). Deprem Bölgesinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik,

[10]: Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara