TUĞLA YIĞMA YAPILARIN PERFORMANS ESASLI DEĞERLENDİRİLMESİ İÇİN DOĞRUSAL OLMAYAN ÇERÇEVE MODELİ

Demirel, I.O.[1], Erberik, M.A.[2] ve Sucuoğlu, H.[3]
[1] *Araştırma Görevlisi, İnşaat Müh. Bölümü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara*
[2] *Doçent, İnşaat Müh. Bölümü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara*
[3] *Profesör, İnşaat Müh. Bölümü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara*
Email: odemirel@metu.edu.tr

ÖZET:

Kâgir yığma binaların performansa bağlı olarak değerlendirilebilmesi için mevcut doğrusal olmayan yaklaşımlar içinde uygulanabilirliği en kolay olan eşdeğer çerçeve modelidir. Bu çalışmada yığma duvar elemanlarının doğrusal olmayan çift doğrusallaştırılmış yatay yük-yer değiştirme eğrileri sonlu elemanlar metodu kullanılarak çıkartılan denklemler yardımıyla yığılı plastik mafsallar şeklinde tanımlanarak, yığma binaların doğrusal olmayan eşdeğer çerçeve modeli oluşturulmuştur. Her bir duvar elemanının alt ucunda tanımlanan mafsallar, yığma duvarların doğrusal olmayan tepkilerinde belirleyici olan kesme kuvvetine bağlı plastik davranış gösterebilmektedir. Önerilen eşdeğer yığma bina modelinin güvenilirliği; Pavia Üniversitesi'nde gerçek boyutlu ve iki katlı bir yığma bina üzerinde gerçekleştirilen döngüsel itme deneyinin statik itme analizi ve Bergamo'da bulunan İsmes Laboratuvarı'nda yarı ölçekli ve iki katlı bir yığma bina üzerinde gerçekleştirilen dinamik sarsma tablası deneyinin doğrusal olmayan zaman tanım alanında hesabıyla karşılaştırılmıştır. Deneysel ve sayısal sonuçlar arasında tatmin edici bir uyum gözlemlenmiştir. Çalışmanın son aşamasında, 1995 Afyon Dinar depreminde hasar gören tuğla yığma bir binanın statik itme ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analizleri, önerilen metotla oluşturulan üç boyutlu bilgisayar modeli kullanılıp yapılarak binanın performans esaslı değerlendirilmesi yapılmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: Tuğla Yığma Yapılar, Eşdeğer Çerçeve Modeli, Doğrusal Olmayan Dinamik Analiz, Statik İtme Analizi, Performans Esaslı Değerlendirme

1. GİRİŞ

Yapım tekniklerinde ve inşaat malzemelerindeki gelişmenin doğal sonucu olarak yığma yapılar ve yapı malzemeleri üzerinde yapılan araştırmalar eski popülerliğini yitirmiş, dolayısıyla araştırma ve geliştirme faaliyetleri çelik ve betonarme üzerine yoğunlaşmıştır. Ne var ki yüzyıllar boyu binaların yapısal ve mimari özelliklerini belirleyen yığma yapım tekniğinin kullanımı hala güncel ve yaygındır. Birim ağırlığının taşıma gücüne oranının yüksek oluşu ve gevrek malzemeden yapılmasından dolayı geleneksel olarak depreme karşı dayanıksız olduğu düşünülen yığma yapılar; düşük yapım teknolojisi ve maliyeti, iklim şartlarına, yangına ve zamana karşı dayanımı, ulaşılabilirliği, yüksek ısı yalıtımı, doğaya uyumu ve sağlıklı mekânlar oluşturması nedenleriyle hala tercih edilebilmektedir. Deprem kuşağında olan ülkemizde mevcut bina stokunun %51'ini yığma binalar oluşturmaktadır (DİE, 2000). En son Mart 2010'da Elazığ - Kovancılar merkezli 6 büyüklüğündeki depremde kerpiç ve taş yığma binaların ağır hasar alması (Akkar v.d., 2010) ve 42 insanımızın yaşamını yitirmesi, çok daha yıkıcı depremler beklenen ülkemizde yığma binaların yapım standartlarının geliştirilmesi ve mevcut binaların güçlendirilmesi gibi bir insani sorumluluğu bilim insanlarının üzerine yüklemektedir.

Mevcut binaların değerlendirilmesi ve depreme karşı tasarımı konularında son yıllarda geliştirilen performans esaslı yaklaşımlar oldukça önem kazanmıştır. Deplasman esaslı bu yöntemler, yapı elemanlarının doğrusal olmayan yük-yer değiştirme eğrilerinin tanımlanarak doğrusal olmayan yapı modelinin

oluşturulmasını gerektirmektedir. Her ne kadar yığma yapıların gevrek olduğu ve doğrusal olmayan davranış göstermedikleri gibi yaygın bir inanış olsa da, yapılan deneyler sonucunda belirli göçme durumlarında yığma duvar elemanlarının çatlayarak kayda değer ötelenme kapasitelerine ulaşabildiği açığa çıkmıştır (FEMA 307, 1999).

Yığma yapılara performans esaslı hesap yöntemlerinin uygulanabilmesi önündeki en büyük engel, yapının doğrusal olmayan modelinin oluşturulmasında karşılaşılan güçlüktür. Sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak oluşturulan gelişmiş modeller duvar parçalarını modellemeye uygun olsa da binaların modellenmesi için oldukça zahmetlidir. Doğrusal olmayan analize en uygun model, kullanım kolaylığı ve güvenilirlik birlikte düşünüldüğünde eşdeğer çerçeve modelidir. Magenes ve Fontana (1998), eşdeğer çerçeve modelinin artımsal yatay yükler altında bina dayanımının, göçme mekanizmasının ve genel olarak nihai durumda yer değiştirme değerlerinin belirlenmesinde etkili olduğunu söylemektedir.

Bu bildiride tuğla yığma binaların doğrusal olmayan eşdeğer çerçeve yöntemiyle modellenmesi ve performans esaslı değerlendirilmesi anlatılacaktır. Geliştirilen model doğrusal olmayan statik itme ve doğrusal olmayan dinamik analizler için uygundur. Modelin güvenilirliği deneysel verilerle karşılaştırılacak, sonrasında model 1995 Afyon Dinar depreminde hasar görmüş yığma tuğla vaka binasının incelemesinde kullanılacaktır.

2. ANALİTİK MODEL

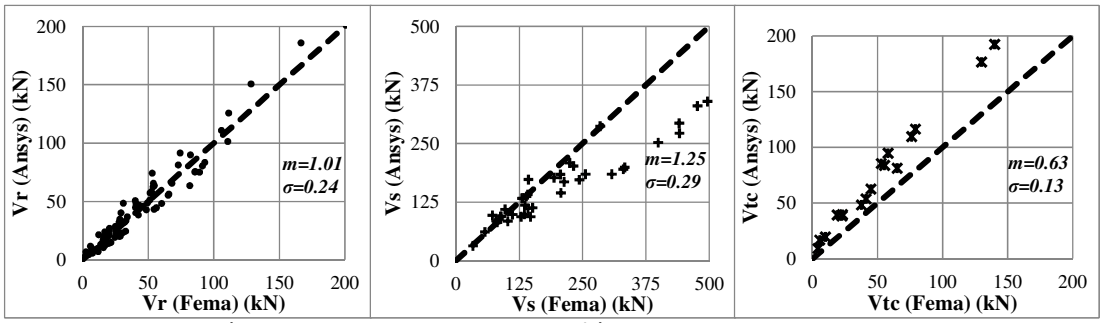
Yığma binaların doğrusal olmayan modelinin oluşturulması için öncelikle her bir duvar parçasının doğrusal olmayan kapasite eğrisi belirlenmelidir. İlk bölümde kullanılacak doğrusal olmayan duvar modeli ve bu modelin FEMA 356(2000) dökümanında tanımlanan duvar dayanımları ve nihai yer değiştirmeleri ile karşılaştırılıp doğrulanması anlatılmaktadır. İkinci bölümde pencere ve kapı boşluklarının oluşturduğu boşluklu cepheler eşdeğer çubuk elemanlarla idealize edilip doğrusal çerçeve modeli geliştirilmiştir. İlk bölümde tanımlanan duvar modelinin ikinci bölümde tanımlanan çubuk elemanlarla idealize edilen doğrusal çerçeveye yığılı plastik mafsallar şeklinde atanması sonucu doğrusal olmayan analitik model oluşturulmuştur.

2.1 Doğrusal Olmayan Duvar Modeli

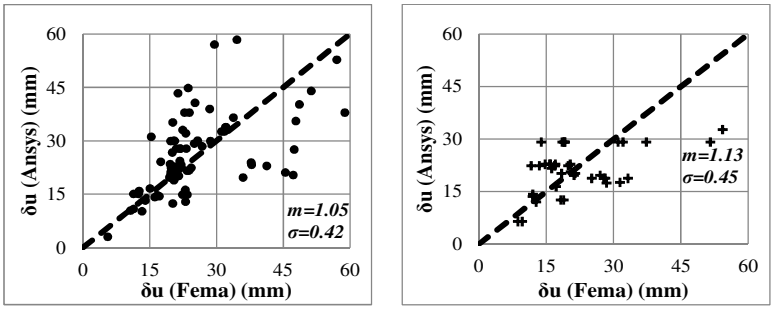
Tuğla yığma duvarlar için önceki bir çalışmada sonlu elemanlar yöntemi kullanarak doğrusal olmayan yatay yük-yer değiştirme eğrileri elde edilmiştir (Aldemir, 2010). Değişik narinlikte, basınç dayanımında ve eksenel yük altında olan duvarlar için geliştirilmiş olan bu eğriler için daha sonra çift doğrusallaştırmış ve regresyon analizlerinden faydalanarak basit formüller türetilmiştir. Bu formüller tek boyutlu çubuk elemanlar olarak tanımlanan duvar parçaları için doğrusal olmayan davranışın tanımlanmasında kullanılmaktadır. Fakat öncelikle formüllerin doğrulanması amacıyla incelenen örnek binalara ait toplamda 152 adet duvarın hem Aldemir (2010) tarafından önerilen formüllerle, hem de FEMA 356 (2000) dokümanında önerilen formüllerle dayanımları ve yer değiştirme kapasiteleri hesaplanıp karşılaştırılmıştır (Şekil 1 ve Şekil 2).

FEMA 356'da yığma duvarların yatay yük taşıma kapasiteleri farklı göçme biçimlerine göre belirlenmiştir. Hesaplanan eğilme, ötelenme, kayma ve uç ezilmesi göçme kapasitelerinden en küçüğünün genel davranışa hâkim olacağı düşünülmüştür. Eğilme ve ötelenme göçme biçimleri deplasman esaslı göçme biçimi olarak nitelendirilmiş ve bu biçimlere ait nihai eleman ötelenme değerleri verilmiştir.

Şekil 1 ve Şekil 2'deki karşılaştırmalar Aldemir'in önerdiği formüllerin FEMA 356 dökümanında önerilen formüllerle uyum içerisinde olduğunu göstermektedir. Bu şekillerde m ortalama değeri, σ ise standart sapmayı temsil etmektedir. Uç ezilmesi göçme biçiminde uyumun yetersiz olmasının nedeni sonlu elemanlar analizlerinde basınç altında göçme durumunun yok sayılmasıdır. Yer değiştirme değerlerindeki saçılmanın nedeni ise FEMA 356 dökümanında göçme durumuna bağlı olarak sabit değerler verilmesine karşın Aldemir'in önerdiği formüllerde narinlik, basınç dayanımı ve eksenel yük seviyesindeki değişikliklerin sonuçta etkili olmasıdır.



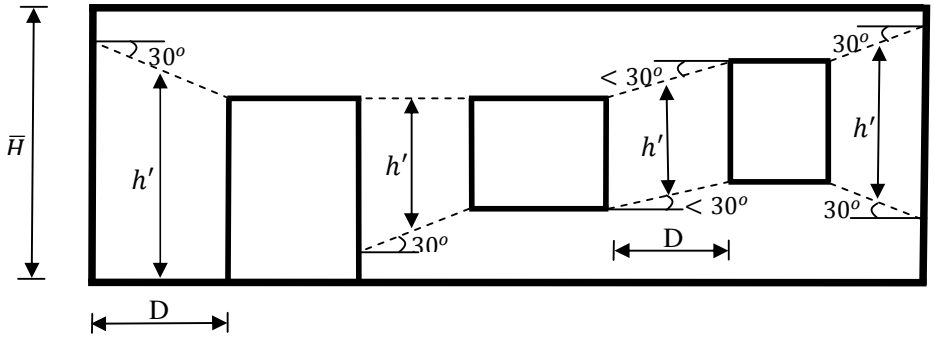
Şekil1 - Duvar dayanımlarının farklı göçme biçimlerine göre karşılaştırılması
a) Eğilme (Vr) b)Ötelenme (Vs) c) Uç ezilmesi (Vtc)



Şekil2- Duvar nihai yer değiştirmelerinin (δu) farklı göçme biçimlerine göre karşılaştırılması
a) Eğilme b)Ötelenme

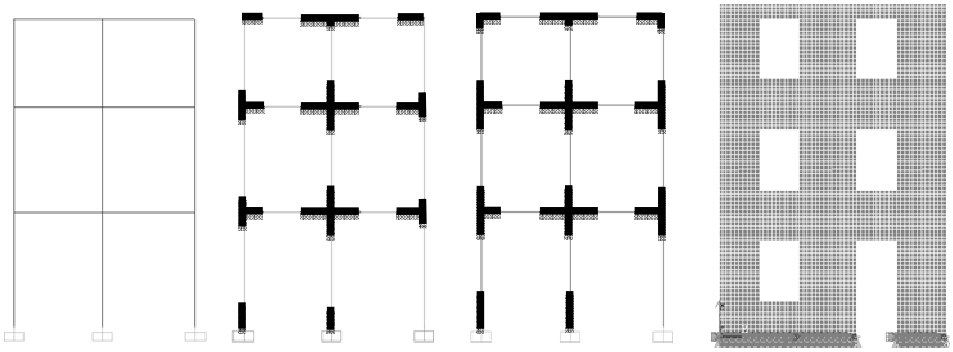
2.2 Doğrusal Olmayan Eşdeğer Çerçeve Modeli

Yığma binaların eşdeğer çerçeve modeli SAP2000 (2009) analiz programı kullanılarak oluşturulmuştur. Her bir duvar parçası çubuk eleman olarak tanımlanırken duvar elemanının enkesitine bağlı alan, atalet momenti, kesme alanı gibi mekanik özellikleri korunmaktadır. Fakat yatay ve dikey elemanların birleşim bölgelerindeki rijitliğe bağlı olarak çubuk elemanlarının bükülme direncine katılan etkin boylarının belirlenmesi gereklidir. Literatürde yatay elemanların rijitliği genellikle temiz açıklıklar kullanılarak hesaplanırken (tam uç rijitliği) dikey elemanlar için kullanılan iki farklı yöntem vardır. Bu yöntemlerden ilki duvar elemanlarının sadece temiz açıklıklarının bükülme direncine katıldığını varsayarken, Dolce (1989) tarafından önerilen diğer yöntem temiz açıklıkla beraber birleşim bölgelerinin bir kısmının da bükülme direncine katıldığını varsaymaktadır (Şekil 3). Belirlenen uç rijitlikleri boyunca çubuk elemanlar bükülmeye karşı sonsuz rijit tanımlanmaktadır.



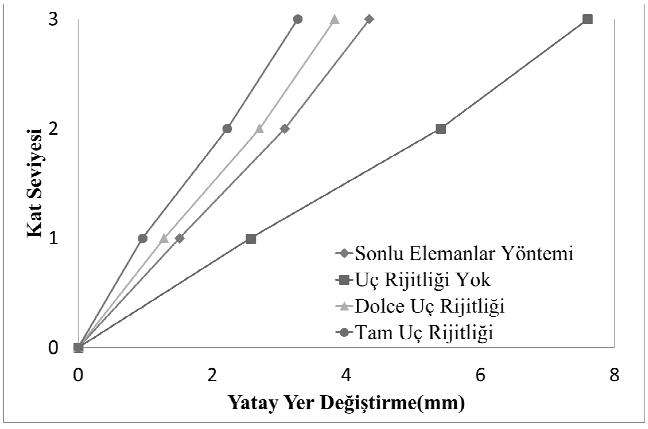
Şekil 3 - Dolce (1989) tarafından önerilen etkin yükseklik (h') saptaması

Boşluklu cephelerin yatay elastik direngenliğinin hangi yöntemle daha iyi yakalandığını belirlemek için üç katlı yığma bina cephesinin ölü yükler ve deprem etkisini idealize eden ters üçgen şeklinde kat seviyelerinden yüklenen yatay yükler altında karşılaştırmalı elastik analizleri yapılmıştır. Modelleme ve analizle ilgili detaylar Demirel (2010)'da bulunabilir.



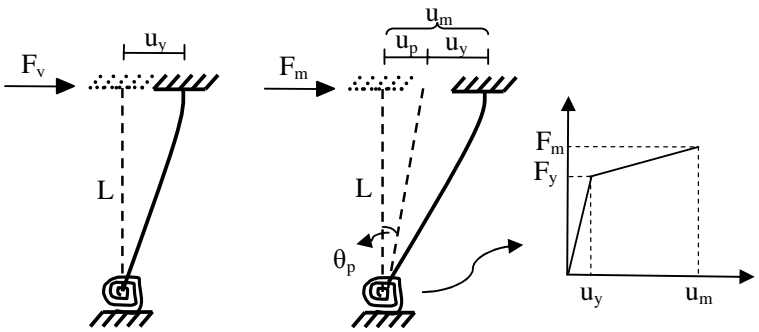
Şekil 4 – Eşdeğer çerçeve modelleri
a)Uç rijitliği yok b)Dolce uç rijitliği c)Tam uç rijitliği d) Sonlu elemanlar modeli

Gerçekleştirilen lineer analizler sonucunda, taban duvarlarına düşen kesme ve basma kuvvetleri ile kat yer değiştirmeleri karşılaştırıldığında sonlu elemanlar modeline en yakın değerlere Dolce'nin önerdiği uç rijitlikleriyle oluşturulan eşdeğer çerçeve modeliyle ulaşılmaktadır. Şekil 5'te görüldüğü üzere uç rijitlikleri kullanılmadığında yapı olduğundan çok daha esnek, tam rijitlik kullanıldığında ise olduğundan daha direngen davranmaktadır.



Şekil 5 – Eşdeğer çerçeve modelleri ve sonlu elemanlar modeline ait kat yer değiştirmeleri

Dolce'nin önerdiği yöntemle rijit uç bölgeleri tanımlanan eşdeğer çerçeve modelleri yığma yapıların elastik davranışını başarıyla yansıtmaktadır. Oluşturulan bu modele doğrusal olmayan davranış özelliği katabilmek için bir önceki bölümde tanımlanan doğrusal olmayan duvar modeli, dikey çubuk elemanlara yığılı mafsal şeklinde uygulanmıştır. Yığma duvarların yatay yükler altında davranışı kesme kuvveti tarafından tayin edildiği için duvar elemanlarının altına kesme kuvvetine bağlı tepe yer değiştirme eğrisini idealize eden mafsallar yerleştirilmiştir. Bu mafsallar duvar çatlama dayanımına ulaştığında (F_y) devreye girecek ve doğrusal olmayan yer değiştirmelerin (u_p) tamamı bu mafsallar tarafından gerçekleştirilecektir (Şekil 6). Unutulmamalıdır ki bu yığılı mafsallar kesitin akmasından ya da çatlamasından dolayı oluşan mafsallar değildir. Sadece duvarın genel davranışının idealize edilebilmesi için kullanılmaktadırlar.



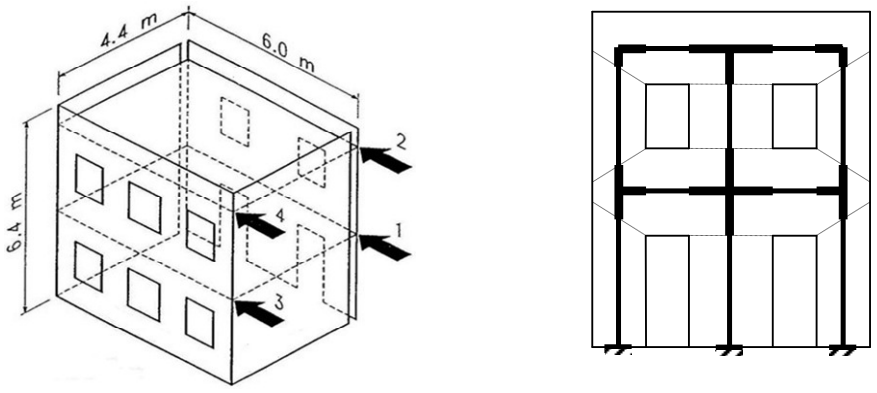
Şekil 6 - Yığma duvarların yığılı kesme mafsallarıyla modellenmesi

3. ANALİTİK MODEL DOĞRULAMA

Yığma binaların doğrusal olmayan analizi için önerilen eşdeğer çerçeve modelinin doğrulanması için Pavia Üniversitesi'nde gerçekleştirilen döngüsel itme deneyi ve İsmes Laboratuvarlarında gerçekleştirilen dinamik sarsma tablası deneyi kullanılacaktır. Bu bölümde gerçekleştirilen modelleme ve analizlerle ilgili detaylar Demirel (2010)'da yer almaktadır.

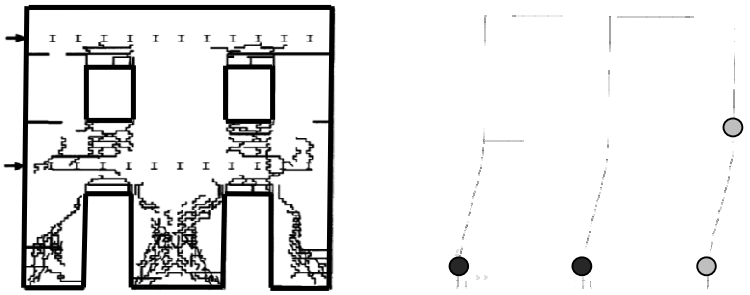
3.1 Döngüsel İtme Deneyi – Pavia Üniversitesi

Bu deneyde gerçek boyutlu ve iki katlı deney numunesine (Şekil 7a), kat seviyelerinden artan büyüklükte döngüsel yer değiştirme şablonu uygulanmıştır. Kapının bulunduğu boşluklu duvarının, yapının geri kalan bölgesiyle bağlantısı yapılmadığı için bu duvarın iki boyutlu modeli oluşturularak analiz edilmiştir (Şekil 7b).



Şekil 7 – Pavia Üniversitesinde test edilen deney numunesi (a) ve kapı duvarının analitik modeli (b)

Öncelikle her bir duvar parçasının yatay yük – tepe yer değiştirme eğrisinin çıkarılması için duvarların etkin yüksekliğinden yararlanarak duvar narinlikleri hesaplanmıştır. Sonra eksenel yük seviyelerinin belirlenmesi amacıyla ölü yükler altında yapının analizi yapılmıştır. Malzeme dayanımı ve eleman boyutları deney raporunda belirtildiği şekilde hesaba katılmıştır (Magenesv.d., 1995). Bölüm 2.1'de tanımlanan doğrusal olmayan duvar modeli için gereken tüm parametreler hesaplandıktan sonra duvar alt uçlarına kesme mafsalları tanımlanmıştır. Model üzerinde gerçekleştirilen doğrusal olmayan statik itme analizi sonucunda taban kesme kuvveti %12,8 hata ile, nihai tepe ötelenmesi ise %3 hata ile tahmin edilebilmiştir. Statik itme analizinin son adımında kesme mafsallarının dağılımıyla, deney raporundan alınan yapının nihai çatlak dağılımı karşılaştırıldığında (Şekil 8), önerilen modelin nihai durumdaki çatlak dağılımını başarıyla taklit ettiği görülmektedir.

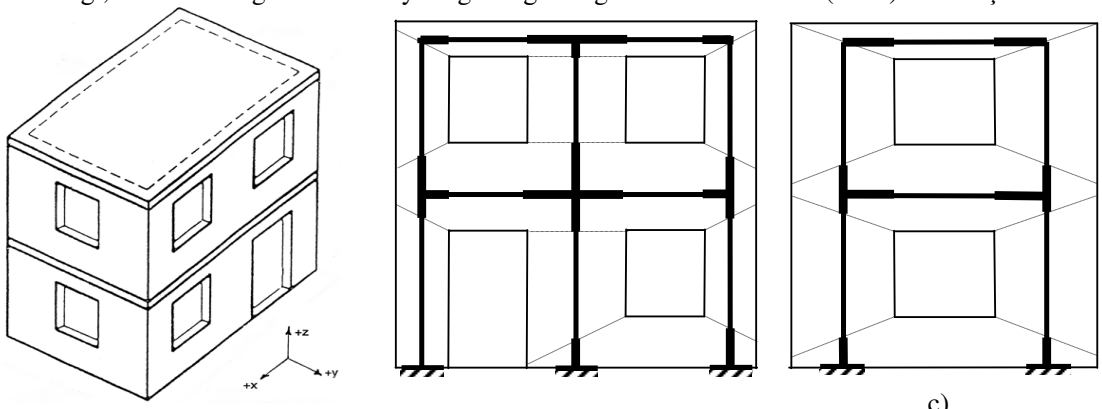


a) b)

Şekil 8 – a) Deney Numunesindeki nihai çatlak dağılımı (Magenesv.d. ,1995) b) Analitik modelin nihai mafsal durumu (koyu gri – göçme, açık gri – çatlama)

3.2 Dinamik Sarsma tablası Deneyi – İsmes Laboratuvarları

Bu deneyde ½ oranında ölçeklendirilmiş iki katlı deney numunesi (Şekil 9a) sarsma tablası üzerinde test edilmiştir. Irpina depreminde Calitri'de ölçülen sinyaller yapıya birbirine dik doğrultularda ve sinyallerin ölçeklendirilmesiyle oluşturulan, artımsal beş set (P7-P8-P9-P10-P11) halinde birlikte verilmiştir. Deney düzeneği, malzeme bilgileri ve deneyle ilgili diğer bilgilere Benedetti v.d. (1996)'dan ulaşılabilir.



a) b) c)

Şekil 9 – a) İsmes Laboratuvarlarında test edilen deney numunesi, b) x-doğrultusunda uzanan bina cephesi analitik modeli, c) y-doğrultusunda uzanan bina cephesi analitik modeli

Deney raporunda ilk uyarı sinyalleri (P7) boyunca en yüksek zemin ivmesi 0.055g olarak ölçülmüş, bina bu sarsılma setinde hasar almadan doğrusal davranış göstermiştir. Üçüncü uyarı sinyalleri (P9) boyunca zemin ivmesi 0.179g'ye kadar yükselmiş, bina çatlamış ve taban kesme katsayısı 0.19 olarak ölçülmüştür. Son ve en şiddetli uyarı sinyalleri (P11), zemin ivmesinin 0.326g'ye yükseldiği, yapının ağır hasar aldığı nihai durumdur. Yapı X-doğrultusunda %0.33 nihai çatı ötelenmesine ulaşmıştır. Numunenin X-doğrultusundaki tüm davranışı boyunca nihai taban kesme katsayısı 0.22 olarak ölçülmüştür.

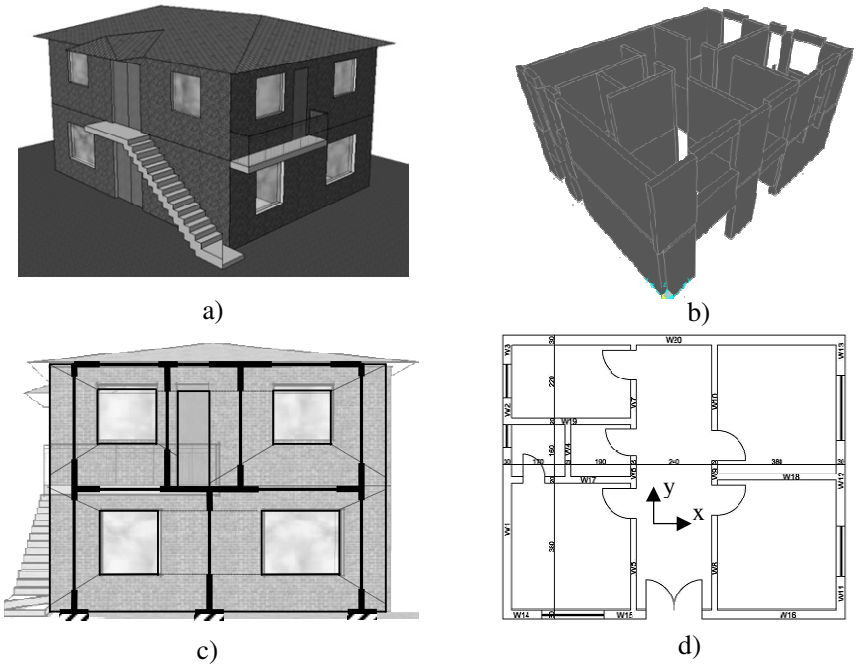
Deney numunesinin doğrusal olmayan dinamik analizi için Dolce'nin önerdiği uç rijitlikleriyle 3 boyutlu analitik model oluşturulmuş (Şekil 9b ve 9c), Aldemir'in önerdiği kapasite eğrileri dikey duvar elemanlarına kesme mafsalları olarak atanmıştır. Döngüsel davranışın tanımlanmasında Takeda modeli (Takeda v.d., 1970) kullanılmıştır. İki doğrultudaki temel titreşim modlarına ait sönümlenme değerleri deney raporundan alınarak analizlerde Rayleigh sönümlenme katsayıları olarak tanımlanmıştır. Deney ile analitik modelin sonuçlarının karşılaştırılması Tablo 1'de verilmiştir. Daha detaylı karşılaştırma için Demirel (2010)'a bakılabilir.

Tablo 1 - İsmes laboratuvarlarında test edilen numuneye ait deney ve analitik model sonuçları

		Zemin Doruk İvmesi (g)	**En Yüksek Tepki İvmesi / En Yüksek Zemin İvmesi**					
			Deney		**Analitik Model**		**Hata (%)**	
X-yönü	**TEST**		**1.kat**	**2.kat**	**1. kat**	**2.kat**	**1. kat**	**2.kat**
	P7	0.055	1.770	2.756	1.417	2.012	20.0 %	27.0 %
	P8	0.098	1.496	2.246	0.949	1.651	36.3 %	26.5 %
	P9	0.179	1.342	1.867	1.159	1.216	13.6 %	34.9 %
	P10	0.250	1.102	1.728	0.797	0.938	27.6 %	45.7 %
	P11	0.326	1.008	1.458	0.741	0.827	26.6 %	43.3 %
Y-yönü	**TEST**		**1. kat**	**2.kat**	**1. kat**	**2.kat**	**1. kat**	**2.kat**
	P7	0.065	1.097	1.305	0.950	1.414	13.4 %	-8.4 %
	P8	0.098	1.135	1.392	1.043	1.556	8.1 %	-11.8 %
	P9	0.155	1.276	1.598	1.380	1.460	-8.2 %	8.6 %
	P10	0.217	1.341	1.650	1.071	1.308	20.1 %	20.8 %
	P11	0.275	1.050	1.467	0.933	1.129	11.1 %	23.0 %

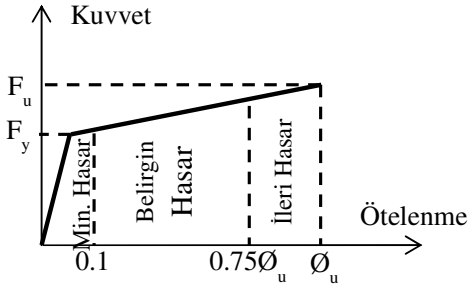
4. ANALİTİK MODEL UYGULAMASI

Önerilen analitik model 1995 yılında Dinar depreminde hasar gören tuğla yığma bir binaya uygulanmıştır (Şekil 10). Bina değerlendirme raporuna göre bina orta derecede hasar almıştır (Özcebe, 1996). Binanın tüm duvar parçalarının kapasite eğrileri önerilen doğrusal olmayan duvar modeline göre tanımlanmıştır. X doğrultusunda ortalama nihai deplasman kapasitesi, birinci kat kolonları için %0.67, ikinci kat kolonları için %0.77 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 10 – a) Vaka binası, b) Üç boyutlu bilgisayar modeli, c) Bina ön cephe modeli, d) Bina planı

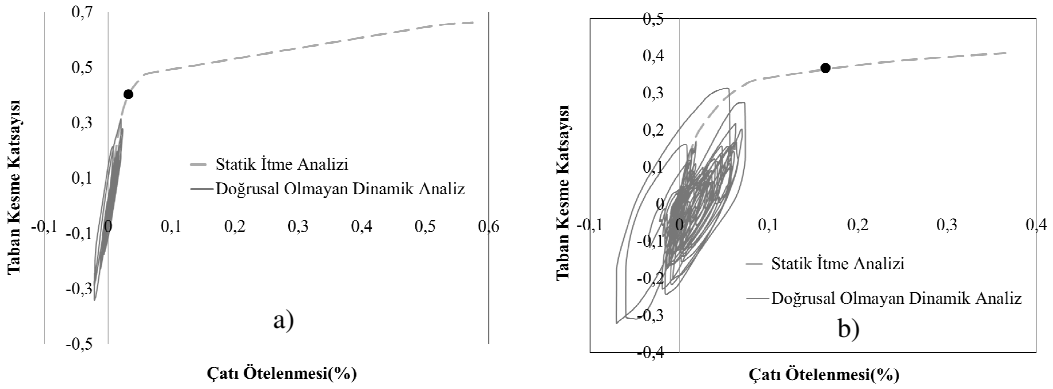
Binanın doğrusal olmayan statik itme analizi yapıldıktan sonra kapasite spektrumu çıkartılarak Türk Deprem Yönetmeliği'nde (2007) tanımlanan doğrusal olmayan spektral yer değiştirmenin belirlenmesi yöntemiyle performans noktası bulunmuştur. Sonrasında performans noktasına kadar ötelenen binadaki her bir duvar elemanının doğrusal olmayan yer değiştirmesi hesaplanarak eleman kapasite eğrisinde tanımlanan aşağıdaki performans durumlarıyla karşılaştırılmıştır (Şekil 11).



Şekil 11 – Çift Doğrusallaştırılmış Duvar Kapasite Eğrilerinin Performans Durumları

X doğrultusunda birinci kat kolonlarının %70'i minimum hasar %30'u belirgin hasar bölgesinde kalırken ikinci kat kolonlarının %50'si minimum hasar, %50'si belirgin hasar bölgesinde kalmıştır. Y doğrultusunda ise kolonların biri dışında tamamı belirgin hasar bölgesinde kalmıştır. Sonuç olarak yapı zayıf doğrultuda göçme sınırı performans seviyesini sağlamaktadır.

Binanın kolonlarındaki kesme mafsallarına Takeda modeline göre döngüsel davranış atandıktan sonra zaman tanım aralığında doğrusal olmayan analiz gerçekleştirilmiştir. Dinamik analiz sonucunda bulunan en yüksek bina deplasman talebi TEC2007'ye göre bulunan talebe yakındır (Şekil 12).



Şekil 12 – Vaka binasına ait doğrusal olmayan statik ve dinamik analiz sonuçları (siyah noktalar yönetmeliğe göre bulunan performans noktasını göstermektedir) a)x-yönü b) y-yönü

5. SONUÇ

Tuğla yığma binaların performans esaslı analizlerinin yapılabilmesi için önerilen doğrusal olmayan eşdeğer çerçeve modeli hem döngüsel itme deneyi sonuçlarıyla hem de dinamik sarsma tablası deneyi sonuçlarıyla karşılaştırıldığında tatmin edici bir uyum gözlenmiştir. 1995 Dinar depreminde hasar gören bir binaya uygulanan model yapının uğradığı deprem hasar seviyesini başarıyla taklit edebilmiştir.

Önerilen model eş yönlü ve homojen malzeme modeline dayandığı için ihtiyaç duyduğu malzeme parametreleri bakımından kullanıcı dostudur. Uygulama kolaylığı ve deney sonuçlarıyla desteklenen güvenilirliği birlikte düşünüldüğünde, önerilen doğrusal olmayan eşdeğer çerçeve modeli,yığma yapılara deplasman esaslı hesap yöntemlerinin tatbik edilmesi için uygundur.

KAYNAKLAR

1) Akkar, S., Aldemir, A., Askan, A., Bakır, S., Canbay, E., Demirel, İ.O., Erberik, M.A., Gülerce, Z., Gülkan, P., Kalkan, E., Prakash, S., Sandıkkaya, M.A., Sevilgen, V., Ugurhan, B., Yenier, E., (2011), "8 March 2010 Elazıg-Kovancılar (Turkey) Earthquake: Observations on Ground Motions and Building Damage," Seismological Research Letters, Vol 82, No. 1, pp.42-58 (İngilizce).
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) Türk Deprem Yönetmeliği (2007), Deprem Bölgesinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara
4) Benedetti D. ve Pezzoli P., (1996), "Shaking table tests on masonry buildings. Results and comments, ISMES" Politecnico di Milano, Report(İngilizce).
5) Bina Sayımı, (2000), T.c. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, Ankara
6) 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).
7) Dolce, M. (1989) "Schematizzazione e modellazione per azioninel piano dellepareti (Models for in-plane loading of masonry walls)", Corsosulconsolidamentodegli edifice in muratura in zonasismica, OrdinedelgiIngegneri, Potenza, Italy (İtalyanca).
8) FEMA 307, (1999), "Evaluation of Earthquake Damaged Concrete and Masonry Wall Buildings-Technical Resources," Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C (İngilizce).

9) FEMA-356, (2000), "Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings," Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C. (İngilizce).
10) Magenes, G., Calvi, G.M., Kingsley, G.R., (1995), "Seismic Testing of a Full-Scale, Two-Story Masonry Building: Test Procedure and Measured Experimental Response," Experimental and Numerical Investigation on a Brick Masonry Building Prototype, Report 3.0, University of Pavia(İngilizce).
11) Magenes, G., Fontana, A.D., (1998), "Simplified Non-linear Seismic Analysis of Masonry Buildings," Proceeding of British Masonry Society, No.8, pp. 190-195.
12) ODTÜ Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi, (1996), "1 Ekim 1995 Dinar Depremi Sonrası Hasar Gören Yığma Yapıların Tamir ve Güçlendirmesi Projesi," Orta Doğu Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara.
13) SAP2000 (2009), Structural Analysis Program Version 14.1.0, Computers and Structures, Uni. of Berkeley, California
14) Takeda, T., Sozen, M.A., Nielsen, N.N., (1970), "Reinforced Concrete Response to Simulated Earthquakes, " Journal of the Structural Engineering Division, Asce, Vol 96, No. 12, pp.2257-2573(İngilizce).