BETONARME BİR YAPIDA DUVARSIZ VE DUVARLI HALLERİN DİNAMİK TESTLERİ

M. Bikçe[1], M.C. Geneş[1], S. Kaçın[1] ve A. Zubaroğlu[2]

[1] *Yardımcı Doçent Doktor, İnşaat Müh. Bölümü, Mustafa Kemal Üniversitesi, İskenderun-Hatay*
[2] *Yüksek Lisans Öğrencisi, İnşaat Müh. Bölümü, Mustafa Kemal Üniversitesi, İskenderun-Hatay*
Email: muratbikce@yahoo.com

ÖZET:

Ülkemizde betonarme yapılarla beraber taşıyıcı olmayan dolgu duvar uygulaması son derece yaygındır. Son yıllarda yaşanan depremlerde dolgu duvarlarda görülen hasarlar, taşıyıcı olarak tasarlanmamış olsalar bile dolgu duvarların çerçevenin yatay yük taşıma kapasitesine olumlu yönde etki ettiğini göstermektedir. Bu çalışmada, asmolen döşemeli, betonarme deprem perde ve çerçeve sistemlerinden oluşmuş 6 katlı bir binanın duvarlı ve duvarsız halleri zorlanmış titreşim deneyi ile test edilmiştir. Zorlanmış titreşim deneyleri bina inşasının iki aşamasında gerçekleştirilmiştir. Deneyler; önce yapının tamamen duvarsız iken, daha sonra iç duvarlar tuğla ve dış duvarlar bims dolgu elemanları ile örülmüş halde gerçekleşmiştir. Hareketli yüklerin bulunmadığı yapıda, duvarların yapının dinamik özelliklere etkisi, ortam ve zorlanmış titreşim testleri ile deneysel olarak, ETABS yapı analizi programı ile de analitik olarak araştırılmıştır. Bu çalışmada; duvarların, yapının birinci doğal titreşim periyotlarında %25-35'e varan oranlarda azalmalara neden olduğu görülmüştür.

ANAHTAR KELİMELER : doldu duvar, ortam titreşim, zorlanmış titreşim, dinamik analiz

1. GİRİŞ

Günümüzde kullanılan yapı analiz programlarında, dolgu duvarların binaya olan etkisi, sadece düşey yük olarak göz önünde bulundurulmaktadır. Oysa geleneksel halde kullanılan dolgu duvarların, binaya etkisi sadece düşey yük olarak değil, yapısal olarak da etki ettiği bilinen bir gerçektir. Geçmişte yaşanan depremlerde görülmüştür ki; zemin katı işyeri ve üst katları konut olarak kullanılan birçok betonarme binada, zemin katta dolgu duvarların olmaması, yumuşak kat oluşumuna ve önemli hasarların meydana gelmesine neden olmuştur.

Dolgu duvarlarla ilgili birçok deneysel ve analitik araştırma 50 yıldan fazla süredir yapılmaktadır. Bu ilerlemelerin birçoğu rijitlik kavramı üzerinde odaklanmıştır. Dolgu çerçevenin karışık doğasını anlamak için ilk katkı 1956'da Polyakov tarafından ortaya koyulmuştur. Dolgu duvarlı çerçeve yapıların rijitliği ve yanal mukavemetini önceden tahmin edebilmek için, günümüzde hala temel oluşturan, pratik bir metot olan eşdeğer sanal basınç çubukları kurulmuştur (Stafford Smith, 1967). Hendry (1990), etkili sanal basınç çubuğu genişliği ve dikey ve yatay temas uzunlukları arasında bir bağıntı elde etmiştir. Al-Chaar (2002) sistemin eşdeğer basınç sanal basınç çubukları ile çerçeveye çapraz olarak kenetlenme davranışında bulunduğunu, çerçeveden dolguya doğru olan gerilmelerin homojen kesme duvarından ziyade çapraz kenetlenme sisteminin çok tipik bir dağıtımı ile dolgu-çerçeve ara yüzeyindeki basınç bölgesinde aktarıldığını ileri sürmektedir. Yapılan araştırmalar çoğunlukla kapı ve pencere boşluğu olmayan dolgu duvarların incelenmesi üzerine odaklanmıştır. Fakat kapı ve pencere boşlukları bulunan dolgu duvarlı çerçevenin rijitliğinin de olduğu, boşluksuz kabul edilen dolgu duvarlı çerçeveden daha az rijit olduğu gözlenmektedir (Asteris, 2003).

Türk Deprem Yönetmeliğine göre dolgu duvarların yapıya etkisi sadece ölü yükmüş gibi değerlendirilmektedir. Son yıllarda yapılan araştırmalar, çoğu yönetmelikte taşıyıcılıkları ihmal edilen dolgu duvarların sistemin yatay yük taşıma kapasitesine önemli derecede katkıda bulunduğunu göstermiştir. Duvarlı ve duvarsız sistemlerin sonuçları kıyaslandığında, taşıyıcı eleman sayısı az sistemlerde duvarların katkısı artan dış merkezlik oranı ile orantılı olarak daha belirgin hale gelmekte ve sistemin süneklik gereksinimi parametresi üzerinde ciddi etkiler göstermektedir. Duvar rijitlikleri sisteme ötelenme açısından katkı yapmakla birlikte düzensiz dağılımları burulma davranışında kayda değer farklılaşmalar ortaya çıkarmaktadır (Güney ve Boduroğlu 2006)

Bir deprem oluşmadan önce, binaların dinamik tepki ile ilgili doğal frekansları ve mod şekilleri gibi parametreleri belirlemek önemlidir. Gerçek yapının orantılı olarak küçültülmüş deney modelleri; laboratuarda yapılan yapısal ve yapısal olmayan bileşenler ile diğer dinamik parametreler arasındaki üç boyutlu etkileşim, inşaat kalitesi gibi detaylar bakımından gerçek yapıyı tam olarak yansıtamayabilir. Mevcut yapıların tam ölçekli olarak dinamik testi sismik değerlendirme için en uygun olanıdır. Bu test için gerekli sismik etkiler güçlü bir deprem, sert bir rüzgar, patlamalardan oluşan doğal yollarla gerçekleşebileceği gibi titreşim oluşturan sismik cihazlar aracılığıyla da gerçekleşmektedir. Deterministik ve spektral analiz yöntemlere göre avantajlı olan ve sinüs adım testleri olarak da adlandırılan titreşim testleri, binanın dinamik özelliklerini belirlemek için uzun süredir kullanılmaktadır.

Türkiye'de, zorlanmış titreşim testleri, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi, tarafından Türk Deprem Şartnamesindeki çeşitli yapıların dinamik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla başlatılmıştır (Çelebi ve ark, 1977). Mart 1992 deki M = 6.8 büyüklüğündeki Erzincan Depreminden sonra hasarlı bir okul binasında, güçlendirme öncesinde ve sonrasında zorlanmış titreşim testleri yapılmıştır (Kadakal ve ark, 1992). SERAMAR (Seismic Risk Assessment and Mitigation in the Antakya-Maras Region) adındaki Türk-Alman ortak projesi kapsamında Antakya'daki 18 betonarme yapıda zorlanmış titreşim testi uygulanarak bölgedeki yapıların dinamik özelliklerini içeren bir veritabanı oluşturulmuştur (Geneş ve ark 2011). Deprem sırasında yapıların tepkilerini eşzamanlı olarak kaydetmek için birçok ülkede bina izleme sistemleri kurulmuştur (Trifunac ve ark 2001, Abrahamczyk ve ark 2008).

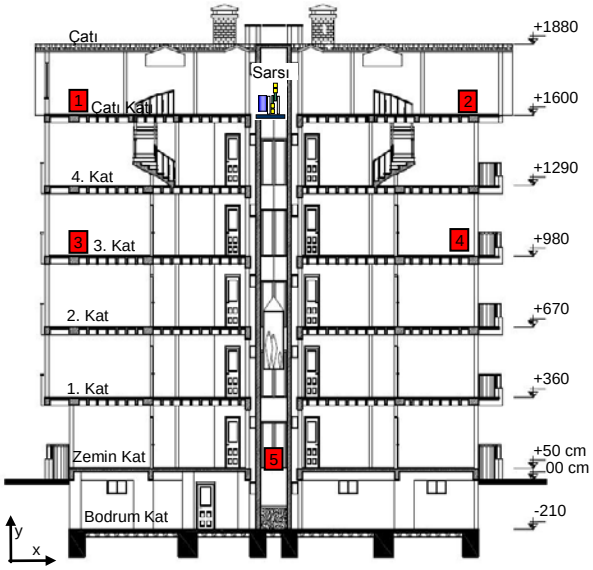
Bu çalışmada, birinci derece deprem bölgesinde yer alan İskenderun'da genel yapı stokuna benzer özellikte inşa edilen bir konut seçilmiştir. Boşluklarında polistren blok malzemelerin kullanıldığı asmolen döşeme sisteminden oluşmuş altı katlı yapıda, dolgu duvarın dinamik özelliklere etkisini incelemek amacıyla, duvarsız (Şekil 1) ve duvarlı (Şekil 2) haller için ortam, zorlanmış titreşim testi ve analitik model üzerinde dinamik analizler yapılmıştır. İç dolgu duvarlarda içi boş kil tuğlalar ve dış dolgu duvarlarda ise hafif agregadan oluşmuş boşluklu bims briket kullanılmıştır. Duvarların sıvaları yapıldıktan sonra duvarlı hal için testler yapılmıştır. Binanın inşası sırasında, malzeme, işçilik ve yapım hatalarını en aza indirmek için yazarlar tüm yapım aşamalarını kontrol altında tutmuştur. Yığma dolgu duvarlara sahip Betonarme ve Çelik Yapıların dinamik etkilerinin değerlendirildiği bazı laboratuar çalışmaları (Lee ve Woo 2002, Pujol ve Fick 2010, Dawe ve Seah 1989) olmasına rağmen, çerçeve içlerinde hafif malzemeden oluşmuş bims briket ve boşluklu tuğlanın kullanıldığı gerçek mevcut bir yapıdaki dinamik etkileri üzerine bir çalışmaya rastlanmamıştır.

2. YAPI İLE İLGİLİ BİLGİLER

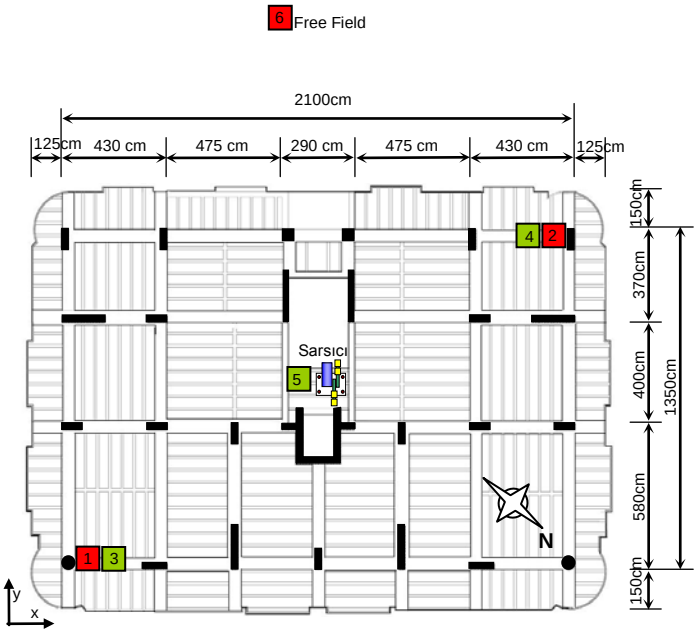
Doğu Akdeniz'de yer alan İskenderun, Türk Deprem Bölgeleri haritasına göre 1. derece deprem bölgesinde yer almaktadır. Bu çalışmada, İskenderun'un güneyinde bulunan ve konut olarak kullanılmak üzere inşa edilen ve bodrum + 5 kat olmak üzere toplam 6 katlı bir betonarme yapı seçilmiştir (Şekil 1, 2). Ayrıca, binada 2.8 m yüksekliğinde bir çatı bulunmaktadır (Şekil 3). Binanın plandaki boyutları 23.50x16.5m ve temelden itibaren yüksekliği 20.70m, zemin kattan itibaren yüksekliği 18.30m'dir (Şekil 3, 4). Bodrumdan yukarıya doğru kat yükseklikleri sırasıyla; 2.6, 5x3.1m ve 2.8m dir. Yapısal sistem, kısa yönde dört perde, uzun yönde iki perde ve asansör etrafında perdeden oluşmaktadır. Şekil 4'te görüldüğü gibi sistem y-eksenine simetriktir.

Şekil 1. Dolgu duvarsız betonarme bina

Şekil 2. Dolgu duvarlı betonarme bina



Şekil 3. Seçilen yapının kesiti



Şekil 4. Seçilen yapının planı

Binanın konumu denizden 3.5 km uzaklıkta ve 81m yüksekliktedir. Kent merkezindeki binalarda yer altı su seviyesi 1.5m iken, yapının olduğu yerde yeraltı su seviyesi, yaz ve kış aylarında 10-15m arasında değişmektedir. Yapılan zemin etütlerine göre zemin emniyet gerilmesi 2.28 kg/cm^2 ve zemin sınıfı 2007 Deprem Yönetmeliğine göre Z2'dir

Seçilen betonarme yapıda, dış cephelere bakan çerçeve içine dolgu duvar malzemesi olarak bims briket, iç duvarlarda ise boşluklu tuğla kullanılmıştır. Asmolen döşeme boşluklarında kullanılan Polistren malzemenin

yoğunluğu 10 kg/m^3 ve sıkıştırma gücü 500 N/cm^2 dir. Beton dayanımı tasarım sırasında C25 olarak hesaplanmış olmasına rağmen, inşaat sırasında sıcak hava koşulları ve işçilik hatalarının etkisi de dikkate alınarak uygulamada C30 beton sınıfı kullanılmıştır. Betonun kalite kontrolü amacıyla, hem beton santralinde hem de şantiyede küp beton numuneler alınmış ve analitik modelde uygulamadaki bu değerler kullanılmıştır. Yapıda S420 sınıf nervürlü çelik kullanılmış ve bunlar da ayrıca test edilmiştir.

3. DİNAMİK TESTLER

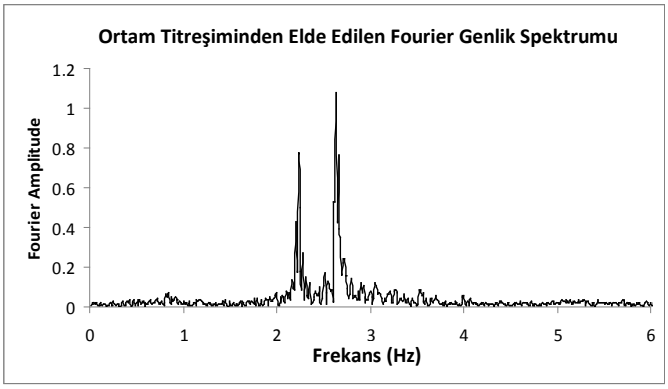
Dolgu duvarların, seçilen binanın dinamik özellikleri üzerine etkisini belirlemek amacıyla hem ortam titreşim hem de zorlanmış titreşim testi uygulanmıştır.

3.1. Ortam Titreşim Testi

Yaşadığımız dünyada ortam gürültüsü olarak da adlandırılan ve doğal olarak yapıya da etki eden çeşitli titreşimler oluşur. İnsanlar tarafından hissedilmeyen ve çok küçük genlikleri olan zemin ortam titreşimleri yapılarının (köprüler, binalar, barajlar) dinamik özellikleri hakkında bilgi elde etmek için kullanılır. Ortam titreşimlerinden oluşan düşük frekans (1 Hz'in altında) gürültü kaynakları, okyanus dalgaları ve yerel atmosferik koşullar gibi doğal olaylar (rüzgar vb.), yüksek frekans (1 Hz üstünde) gürültü kaynaklarını ise özellikle insan faaliyetleri oluşturur (trafik, endüstriyel çalışma vs.). Ortam titreşim kayıtlarının spektral analizi ile yapının baskın frekansları belirlenir. Ortam titreşimlerinde düşük genlikleri ölçmek için çok hassas aletler gereklidir.

Ortam titreşim testi, karmaşık ve pahalı ekipman gerektiren zorlanmış titreşim testinin aksine, göreli kolaylığı ve uygun fiyatlı araçlar ile yapılabilmektedir. Test esnasında yapıda normal günlük yaşam devam edebilir. Yapılan çalışmalar ile ortam titreşim test prosedürleri geçerliliğini göstermiş ve yapıların dinamik özelliklerin belirlemesinde pratik bir yol haline gelmiştir. Bu çalışmada ortam titreşim testleri iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Bu testin ilk aşaması tüm çerçevelerin inşası tamamlandıktan sonra yani dolgu duvarsız halde yapılmıştır (Şekil 1). Bu testin ikinci aşaması ise, dolgu duvarlar yerleştirilip sıvaları tamamlandıktan sonra tekrarlanmıştır (Şekil 2). Testte, sekiz kanallı veri toplama sistemi ve üç eksenli altı adet Syscom marka hız ölçer sensörleri ve ekipmanları kullanılmıştır (Şekil 5). Kaydedici olarak 50, 100, 200 500 ve 800 veri/sn olmasına rağmen, testte 100 veri/sn kullanılmıştır.

Şekil 5. Veri toplama sistemi ve ekipmanları



Şekil 6. Fourier Genlik spektrumu

Şekil 4 te görüldüğü gibi, yapıda her iki yönde (DB ve KG) baskın yanal titreşim periyotlarını ve burulmalarını en iyi şekilde belirleyecek şekilde hız ölçer sensörleri yerleştirilmiştir. Şekil 3 ve 4'te görüldüğü gibi iki sensör en üst katta ters köşelerde, iki sensör aynı yönlerde üçüncü kata, bir sensör binanın zemin seviyesinde orta

noktaya ve son sensör de yapı-zemin etkileşimini araştırmak amacıyla bina dışında serbest alana konulmuştur. Testlerde tüm sensörler, senkronize olarak çalışmaktadır . Her yön için yaklaşık 30 dakika süreyle kayıt alınmış ve gürültü için filtre uygulanmıştır. Veri işleme için, Zürih'teki Ziegler Danışmanlık tarafından Syscom için geliştirilen View 2002 yazılımı ve MatLab'te hazırlanan programlar kullanılmıştır. Test evresinde elde edilen tipik bir Fourier Genliği şekil 6'da görülmektedir.

3.2. Zorlanmış Titreşim Testi

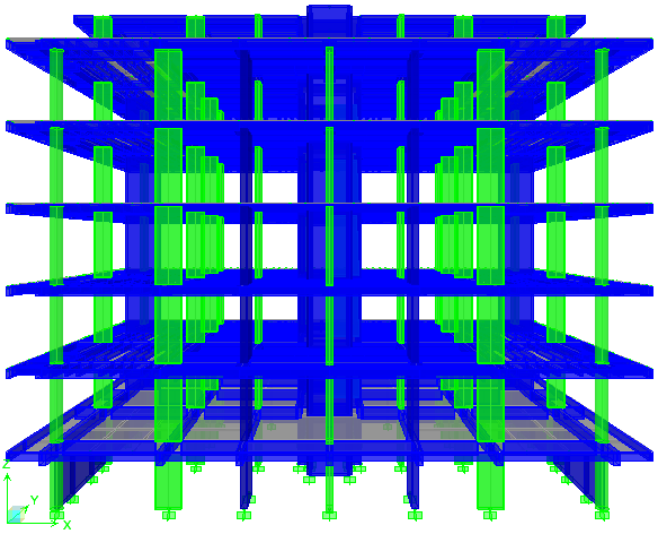
Büyük ölçekteki yapılarda, gerekli genliklere ulaşmayı sağlayan sarsma cihazı kullanılmaktadır. Bu çalışmada kullanılan ve Seismotec GmbH ve BMH Ferra Automation GmbH tarafından üretilen cihaz sinüzoidal bir güç üretme kapasitesine sahiptir ve 0.5 ila 15 Hz aralığında çalışmaktadır (şekil 7). Şekil 5'teki ortam titreşim testinde kullanılan veri toplama sistemi aynı şekilde zorlanmış titreşim testi için kullanılmaktadır.

Şekil 7. Sarma cihazı © Seismotec GmbH ve BMH Ferra Automation GmbH

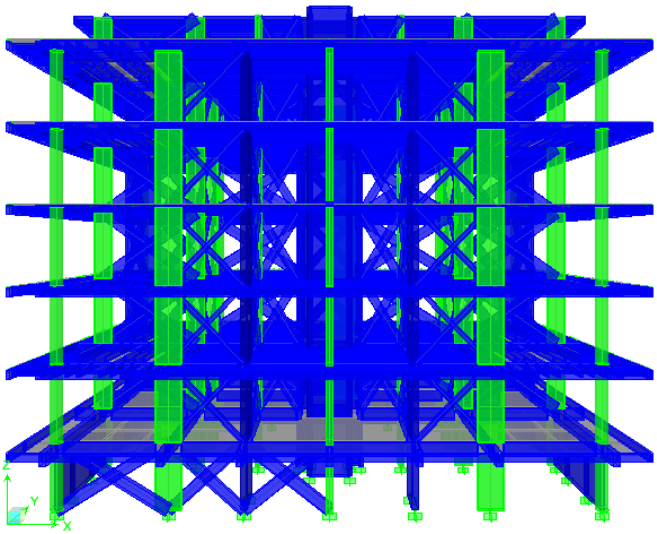
Bu çalışmada**,** zorlanmış titreşim çalışmaları iki aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşama dolgu duvarsız (Şekil 1), ikinci aşama ise dolgu duvarların sıvaları yapılmış halde iken (Şekil 2) gerçekleştirilmiştir. Elektrik, mekanik ve diğer ortam gürültülerden kurtulmak için deneyler Pazar günü yapılmıştır. En üst düzeyde büyük genliklerin elde edilmesini sağlamak için binanın en üst katından kuvvet uygulanmıştır. Deney sırasında, doğal frekans bölgelerinde frekans aralıkları sıklaştırılarak daha hassas ölçümlerin elde edilmesi sağlanmıştır. Kayıtlar titreşimlerin kararlı duruma ulaştığında alınmıştır. Veri işlenmesi için Seismosignal (SeismoSoft 2002) ve bu iş için hazırlanan MatLab yazılımları kullanılarak yapılmıştır.

4. YAPININ MODELLENMESİ VE ANALİZİ

Modellemede iki taşıyıcı düşey eleman (kolon ve perde) ve taşıyıcı yatay eleman (kiriş) arasında kalan duvarlar, yani çerçeve ile sınırlandırılmış duvarlar "dolgu duvarlar" olarak adlandırılır. Yapılan çalışmanın teorik olarak da kontrol edilmesi için yapının duvarsız ve duvarlı halleri ETABS (Habibullah 1986) programında gerçeğine uygun olarak modellenmiş ve analiz edilmiştir (Şekil 8, 9). Programda zemin ankastre olarak dikkate alınmış ve her kat için rijit diyafram uygulanmıştır. Bina yapım aşamasında olduğu için canlı yükler ihmal edilmiştir. Yapıda kullanılan dolgu duvar olarak göz önünde bulundurulacak malzeme özellikleri Tablo 1'de sıralanmış ve bu şekilde modele yansıtılmıştır. Dolgu duvarların bina yatay rijitliğine etkisi, eşdeğer sanal basınç çubukları ile modellenmiştir.



Şekil 8. Yapının Dolgu Duvarsız ETABS Modeli

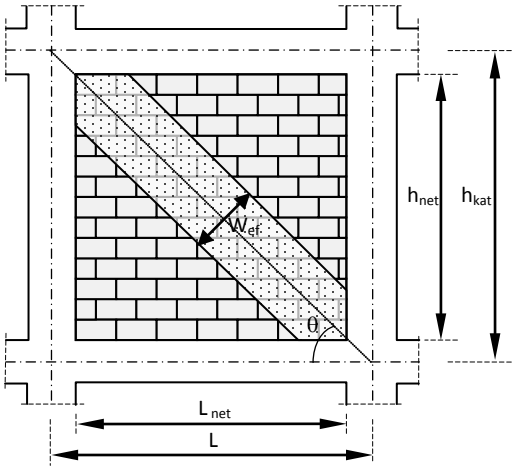


Şekil 9. Yapının Dolgu Duvarlı ETABS Modeli

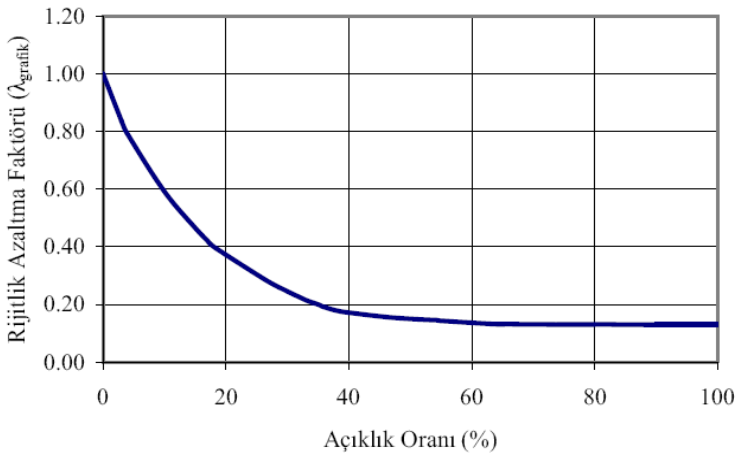
Tablo 1. Dolgu Duvar Malzemelerinin özellikleri

	En*Boy* Yükseklik (cm)	Birim Ağırlık (kg)	1 m² adet	Harç (cm)	Sıva (cm)	Birim Hacim Ağırlığı (g/cm³)	Elastisite Modülü MPa
Bims	19*39*18.5	6.7	12	2	4	0,522	7500
Tuğla	13.5*19*19	2.7	25	2	3	0,641	6000
Tuğla	8.5*19*19	2.1	25	2	3	0,641	6000

Bu çalışmada, dolgu duvar özelliklerini eşdeğer sanal çapraz çubukla idealleştiren bir makro modelleme kullanılmıştır. Betonarme olmayan dolgu duvarın çatlamadan önceki, düzlemindeki elastik rijitliği, eşdeğer sanal basınç çubuğunun genişliği, FEMA 306'da önerilen ve Mainstone (1971) ve Mainstone ve Weeks (1970)'in çalışmalarından elde edilen ve (1) eşitliğinde verilen, şekil 10'da gösterildiği gibi W_{ef} ile tanımlanmıştır. Kalınlığı ve elastisite modülü dolgu duvarın kalınlığı ve elastisite modülü ile aynı kabul edilmiştir.



Şekil 10. Dolgu duvar basınç bölgesi



Şekil 11. Açıklık oranı ile rijitlik azaltma faktörü arasındaki ilişki

$$W_{ef} = 0.175*(\lambda*h_{net})^{-0.4}*(h_{net}^{2}+L_{net}^{2})^{1/2} \quad (1)$$

$$\lambda=[(Em*t*Sin2\theta)/(4*Es*Ic*hnet)]1/4 \quad (2)$$

$$\theta=\tan^{-1}(h_{net}/L_{net}) \quad (3)$$

Burada; t ; Dolgu duvar kalınlığını, W_{ef} ; Efektif duvar genişliğini, E_m ; Dolgu duvar elastisite modülünü, E_s; Çerçevenin elastisite modülünü, h_{net}; Net duvar yüksekliğini, L_{net}; Net açıklığı, θ; Dolgu duvar basınç çubuğunun yatayla yaptığı açıyı; I_c; Kolonların eylemsizlik momentini göstermektedir. Projedeki kapı ve pencere boşluklarının basınç çubuğu rijitliğine azaltma yönündeki etkisi, Asteris (2003)'ün şekil 10'daki eğri kullanılarak aşağıdaki denklemdeki şekliyle dikkate alınmıştır.

$$W_{ef} = 0.175*\lambda_{grafik}*(\lambda*h_{net})^{-0.4}*(h_{net}^{2}+L_{net}^{2})^{1/2} \quad (4)$$

5. TEST VE ANALİZ SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Duvarların yapının dinamik özelliklere etkisi, ortam ve zorlanmış titreşim testleri ile deneysel olarak, ETABS yapı analizi programından da analitik olarak doğal titreşim periyotları Tablo 2 de sunulmuştur.

Tablo 2. Ortam ve Zorlanmış titreşim testleri ve yapı analizi programından elde edilen modlar

Bina	Mod	Mode Tipi	Ortam Testi	Zorlanmış Titreşim Testi	Analitik Çözüm	Fark	
			(a)	(b) *	(c)	(a-c)/c %	(b-c)/c %
Duvarsız	1	Burulma (B)	0.448 B	0.445 B	0.5404 B	17.1	17.7
	2	GD-KB (X)	0.383 X	0.379 X (5.6)	0.3915 X	2.2	3.2
	3	KD-GB (Y)	0.379 Y	0.379 Y (5.0)	0.3457 Y	9.6	9.6
Duvarlı	1	GD-KB (X)	0.281 X	0.284 X (6.0)	0.4036 X	30.4	29.6
	2	Burulma (B)	0.276 B	0.276 B	0.3606 Y	23.5	23.5
	3	KD-GB (Y)	0.224 Y	0.223 Y (5.6)	0.3525 B	36.5	36.7

*Parantez içinde verilen değerler sönüm oranlarıdır,

Üç doğrultu için kütlenin modlara yüzde olarak toplam etkisi 98.2 ve 98.4 arasındadır. Analiz ve test sonuçları incelendiğinde; dolgu duvarlı hallerin dolgu duvarsız duruma göre yapısal modlarda analitik olarak %25, deneysel olarak %35 oranlarında iyileşme sağladığı gözlenmektedir. Deneysel çalışmada hareketli yük olmadığından analitik çözümde de hareketli yük dikkate alınmamıştır.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, birinci derece deprem bölgesinde yer alan İskenderun'daki tam ölçekli asmolen döşemeli bir binanın duvarsız ve duvarlı hallerinin ortam ve zorlanmış titreşim testleri yapılarak her iki durum için ilk üç modları, belirlenmiştir. Daha sonra aynı yapının bilgisayarda üçboyutlu modeli oluşturularak önce duvarsız hali, daha sonra da duvarlı hali için dinamik analizleri yapılmıştır. Dolgu duvarlarda boşluklar dikkate alınmış ve basınç çubukları ile etkisi modele yansıtılmıştır. Deney ve analiz sonuçlarına göre doğal titreşim periyodlarında %25-35 oranlarında iyileşme sağladığı gözlenmektedir.

Deneysel ve teorik çalışmalar göstermiştir ki; duvarların kütlesinden dolayı deprem kuvvetleri artmasına rağmen, dolgu duvarlar yatay kuvvetlerin bir kısmını taşıma kapasitelerine ulaşıncaya kadar taşıyarak yapının

enerji yutma kapasitesi arttırmaktadır. Dolgu duvarların; planda simetrik dağılmaması burulmaya, düşeyde süreksizliği yumuşak kat oluşumuna ve bant pencere uygulamaları da kısa kolon oluşumuna sebep olacağından depremde hesap edilmeyen ilave tesirlerin oluşmasına neden olacaktır. Buna göre; dolgu duvarlar yatay rijitliğe katkı sağlayarak sisteme olumlu etki sağlayabileceği gibi, yapıda uygun yerleştirilmediği takdirde sistemin dinamik özelliklerine olumsuz etkiler de gösterebilmektedir.

KAYNAKLAR

Polyakov S.V. (1956). On the interaction between masonry filler walls and enclosing frame when loaded in the plane of the wall. *Translations in Earthquake Engineering Research Institute*, Moscow.

Stafford S.B. (1966). Behavior of square infilled frames. *Journal of Structural Division. ASCE* **92:1**, 381-403.

Stafford S.B. (1967). Methods for predicting the lateral stiffness and strength of multi-storey infilled frames. *Building Science* **2**, 247-257.

Hendry A.W. (1990). Structural masonry, MacMillan Education, London, U.K.

Al Chaar, G., Issa, M. ve Sweeney, S. (2002). Behavior of masonry - infilled nonductile reinforced concrete Frames. *Journal of Structural Engineering, ASCE* **128:8,** 1055-1063.

Asteris P.G. (2003). Lateral stiffness of brick masonry infılled plane frames. *Journal of Structural Engineering, ASCE* **129:8,** 1071-1079.

Güney, D.ve Boduroğlu, M.H. (2006). Deprem etkisi altındaki simetrik ve asimetrik yapıların lineer olmayan tepkilerine dolgu duvarlarının katkısı. İtü Mühendislik Dergisi **5:3,** 165-174.

Çelebi, M., Erdik, M., Yüzügüllü, O., Gülkan, P., Gürpinar, A., Yücemen, S. ve Bayülke, N. (1977). Vibration of a ten storey reinforced concrete structure. METU/EERC Report No. 77:1, Ankara, TR.

Kadakal, U., Durukal, E. ve Beyen, K. (1992). Forced vibration tests (pre- and post-strengthening) of a school building in Erzincan. Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute, Istanbul, TR.

Geneş, M.C., Gülkan, P., Bikçe, M. ve Kaçın, S. (2011). Damage and seismic response prognosis for RC frame structures on the basis of hybrid approach combining instrumental and numerical data. Tubitak-IntenC Project Report, Project: 107M445. Hatay, TR.

Trifunac, M.D. ve Todorovska, M.I. (2001). Apparent periods of building. I: Fourier *Analysis. J. Struct. Eng. ASCE*, **127:5**, 517-526.

Abrahamczyk, L., Schwarz, J., Lang, D.H., Leipold, M., Golbs, Ch., Genes, M.C., Bikçe, M., Kaçın, S. ve Gülkan, P. (2008). Building monitoring for seismic risk assessment (I): Instrumentation of RC frame structures as a part of the SERAMAR project. *14th World Conference on Earthquake Engineering (WCEE)*, Beijing, China.

Lee, H.S. ve Woo, S.W. (2002). Effect of masonry infills on seismic performance of a 3-storey R/C frame with non-seismic detailing. *Earthq Eng Struct Dyn* **31:2**, 353-378.

Pujol, S. ve Fick, D. (2010). The test of a full-scale three-story RC structure with masonry infill walls. *Engineering Structures*, **32**, 3112-3121.

Dawe, J.L. ve Seah, C.K. (1989). Behavior of masonry infilled steel frames. *Canadian Journal of Civil Engineering*, **16**, 865–876.

View2002, (2002). Frequency analysis program. Syscom Instruments SA., Zurich, CH.

SeismoSoft. (2002). Earthquake engineering software solutions. SeismoSoft Ltd., Messina, IT.

Habibullah, A. (1986). ETABS-Extended three dimensional analysis of building systems. Computers and Structures Inc. Berkeley, CA.

FEMA-356. (2000). Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings, SAC Joint Venture, Sacramento, California, USA.

Mainstone, R.J. ve Weeks, G.A. (1970). The influence of bounding frame on the racking stiffness and strength of brick walls, *2nd International BrickMasonry Conference*, Watford, England, 165-171.

Mainstone, R.J. (1971). On the stiffness and strength of infilled frames, *Proceedings of the Institute of Civil Engineers*, **IV,** London, England, 57-90.