

Dolgu Duvarların Modellenme Yaklaşımlarının Betonarme Çerçeve Davranışına Etkisi

Sibel SAĞLIYAN

Fırat Üniversitesi Teknik Bilimler MYO, 23119, Elazığ
ssagliyan@firat.edu.tr

(Geliş/Received: 27.02.2018; Kabul/Accepted: 11.07.2018)

Özet

Betonarme taşıyıcı sisteme sahip yapılar tasarlanırken dolgu duvarların etkisi çoğunlukla hesaba katılmamaktadır. Literatürde yapılan çalışmalarda dolgu duvarların betonarme binaların davranışı üzerinde önemli etkilere neden olduğu vurgulanmıştır. Yatay yüklerin etkisi altında betonarme düzlem çerçeve üzerinde dolgu duvarların etkisini incelemek amacıyla dolgu duvarlar eşdeğer sanal basınç çubuğu ile modellenmiştir. Elde edilen taban kesme ve kolon kesme kuvvetleri, görelî kat ötelenmesi ve periyotlar yapılan değerlendirmelerde temel kriterler olarak ele alınmıştır. Bu amaçla 5, 9 ve 12 katlı, Z1 ve Z3 zemin sınıflarında dolgu duvarlı düzlem çerçeveler tasarlanmıştır. Düzlem çerçevelerdeki dolgu duvarlar iki farklı yaklaşımla eşdeğer basınç çubuğu olarak modellenerek dolgu duvarların etkisi irdelenmiştir. Dolgu duvarların eşdeğer basınç çubuğu ile modellemede DBYBHY-2007 ve Hendry tarafında önerilen yaklaşımlar kullanılmıştır. Çalışma sonucunda dolgu duvarların yapının rijitliğini değiştirdiği dolayısıyla periyot, görelî kat ötelenmesi ve kolonlara gelen kesme kuvvetini azalttığı, taban kesme kuvvetini ise arttırdığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Dolgu duvar, Eşdeğer basınç çubuğu, Görelî kat ötelenme oranı, Taban kesme kuvveti, Kolon kesme kuvveti, Zemin sınıfı

Effect of Modeling Approaches of Infill Walls on Reinforced Concrete Frame Behavior

Abstract

The effect of infill walls is mostly not taken into account when designing constructions with reinforced concrete system. It has been emphasized that infill walls in reinforced concrete buildings have significant effects on the behavior of reinforced concrete buildings in the literature. In order to investigate the effect of walls on reinforced concrete frame under the influence of horizontal loads, infill walls were modeled with equivalent virtual compression strut. Basis shear and column shear forces, interstory drift and periods are considered as basic criteria in evaluations. For this purpose, plane frames were designed in 5, 9 and 12 floors in Z1 and Z3 local site classes. Infall walls in plane frames were modeled as pressure strut equivalent with two different approaches and the effect of infall walls is investigated. Approaches suggested by FEMA-306 and Hendry were used in modeling with equivalent pressure strut of infall walls. As a result of this study, it was determined that the infall walls changed the stiffness of the structure, thus reducing the shear force applied to the column, interstory drift and natural periods and increasing the shear force.

Key Words: Infall wall, Equivalent compression strut, Interstory drift rate, Base shear force, Column shear force, Local site class

1. Giriş

Betonarme taşıyıcı sisteme sahip binalarda bölme duvar olarak tuğla dolgunun kullanılması ülkemizde çok yaygındır. Betonarme yapıların davranışlarını belirlemek için yapılan analiz ve tasarımlarında çerçeveler arasında yer alan dolgu duvarlar birçok bilinmeyeninin olması nedeniyle

hesaba katılmayıp etkisi çoğunlukla göz ardı edilmektedir. Ülkemizde ve diğer bazı ülkelerde yürürlükte olan mevcut deprem yönetmeliklerinin hemen hemen hepsinde dolgu duvar panellerinin, yapının taşıyıcı sistemi üzerindeki etkileri ihmal edilmiş ve dayanım ve rijitliğe olan katkıları yedek kapasite olarak dikkate alınmıştır. İlk bakışta korunumlu bir

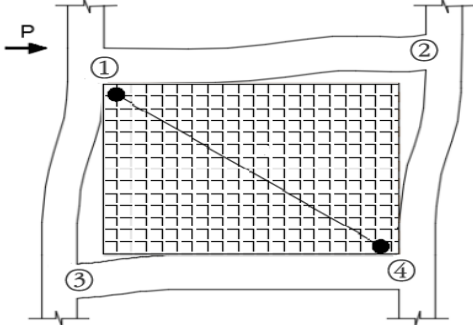
yaklaşım olarak görünse de makul değildir. Deprem sırasında bu rijitlik artışı yapının taban kesme kuvveti istemini yükseltebilmekte ve yapıya daha büyük deprem kuvvetlerinin etkimesine neden olabilmektedir. Dolgu duvarlarda oluşan hasarlar, deprem enerjisinin sönümlenmesi anlamına gelir ki bu da dolgu duvarların analitik modellerde hesaba katılmasını gerektirir. Yapılan literatür çalışmasında dolgu duvarların betonarme binaların deprem davranışına etkisinin ortaya konduğu çokça çalışma olduğu görülmüştür. Taşlıgedik ve diğ. [1]'nin dolgu duvarların betonarme binaların deprem performansı üzerindeki etkisini incelendikleri çalışmada, taşıyıcı sistemde göz ardı edilen dolgu duvarların önemli etkilere neden olduğunu vurgulamışlardır. Yakut ve diğ. [2] dolgu duvarların betonarme binaların dayanım ve rijitliğine etkisini, incelenen doğrultudaki toplam dolgu duvar alanının bina toplam kat alanına oranına bağlı olarak incelemişlerdir. Dolgu duvarların betonarme binaların dayanım ve rijitliğini dolgu duvar alanı oranına bağlı olarak önemli ölçüde değiştirdiğini belirtmişlerdir. Calvi ve diğ. [3] yaptıkları çalışmada yer sarsıntısının başlarında dolgu panellerin çatlayıp çerçeveden ayrıldığı için davranışa etkilerinin ihmal edilmesi gerektiği görüşünün çürütüldüğünü ve birçok vakada enerjinin büyük bölümünün dolgu duvarlarda sönümlenip kiriş ve kolonlarda sönümlenmenin düşük kaldığını belirlemişlerdir. Zarnic ve Tomazevic [4] çalışmalarında, ya dolgu duvarlar ikinci derece yapı elemanı olarak kabul edilmeli ve yeterli miktarda derzler ile sistemden ayrılmalı ya da yapının önemli parçaları olarak inşa edilerek, hesap aşamasında dolgu duvarlar ile çerçeveler arasındaki etkileşimi dikkate alacak yaklaşımlarla göz önüne alınması gerektiğini ifade etmişlerdir. 2011 yılında meydana gelen Van-Edremit depremi sonucunda yayınlanan raporda boşluklu tuğla ile yapılan dolgu duvarlı yapılarda katlar arası ötelenme oranının yaklaşık %0.5 - %0.7 seviyelerini aşması durumunda bölme duvarlar ezildiği ve/veya düzlemi dışına devrildiği, bunun sonucu olarak yapısal sistemde gözlemlenen hasarların arttığı belirtilmiştir [5]. Dolgu duvarların yapı taşıyıcı sisteme dahil edilmesinde eşdeğer sanal çubuk ile modellenmesi üzerinde yapılan çok sayıda çalışma mevcuttur. Bu çalışmalarda dolgu

duvarların eşdeğer sanal basınç çubukları ile modellenmesinde farklı yaklaşımlar ortaya konmuştur [6,7,8]. Dolgu duvarların eşdeğer sanal basınç çubuğu ile modellenmesindeki bu farklı yaklaşımları Tar [9] dolgu duvarlı düzlem ve üç boyutlu çevrelerden oluşan yapı modellerinde ele alarak, yapı modellerinin periyot ve görelî kat ötelenmelerini doğrusal elastik yöntemle incelemiştir. Aynı çalışmada bu yapıların doğrusal olmayan davranışları da statik itme analizi ile incelenmiş ve kapasite eğrileri verilmiştir. Boşluklu tuğla duvarların eşdeğer basınç çubuğu ile modellendiği analitik çözümlerinin sonuçları deneysel sonuçlarla karşılaştırılan bir başka çalışmada hata payının düşük olduğu bildirilmiştir[10].

Yapılan literatür çalışmaları ışığında, bu çalışmada düzlem çerçevelerde dolgu duvarlar iki farklı yaklaşımla eşdeğer sanal basınç çubuğu ile modellenerek elde edilen modellerin katsayıları ve zemin sınıfı değiştirilerek periyot, kat yerdeğiştirme, görelî kat ötelenmesi, kolon kesme ve taban kesme kuvvetinin değişimi incelenmiştir.

1.1. Eşdeğer basınç çubuğu (EBC) ile modelleme

Bu modellemede, betonarme çerçeve içindeki dolgu duvarın kat hizalarına tesir eden yatay kuvvetler altında, kuvvetin tesir ettiği düğüm noktası ile diyagonaldeki düğüm noktası arasında bir basınç çubuğu gibi davrandığı varsayılmaktadır. Yatay yük etkisi altında kalan çerçeve Şekil 1'deki gibi deforme olacağından dolgu duvarın çerçeve ile olan bağlantısı 2 ve 3 numaralı köşelerde kesilecektir. Duvar üzerindeki yük aktarımı temas halinde bulunan 1 ve 4 numaralı noktalar arasında gerçekleşecektir. Modellemede eşdeğer basınç çubuğunun kalınlığı ve elastisite modülü dolgu duvarın kalınlığı ve elastisite modülü ile aynı alınmaktadır. Bu çalışmada dolgu duvarların modellenmesinde kullanılacak eşdeğer sanal basınç çubuğunun genişliğinin hesabında iki ayrı yaklaşım göz önüne alınacaktır.



Şekil 1. Yatay yük etkisi altında deforme olmuş bir çerçeve ve eşdeğer basınç çubuğu

a) Birinci yaklaşımda dolgu duvarın genişliğinin belirlenmesinde FEMA [11] ve Türk Deprem Yönetmeliği-2007 [12]'de verilen denklem (1)-(2) kullanılacaktır.

$$a_{duvar} = 0,175(\lambda_{duvar} h_k)^{-0,4} r_{duvar} \quad (1)$$

$$\lambda_{duvar} = \left[\frac{E_{duvar} t_{duvar} \sin 2\theta}{4E_c I_k h_{duvar}} \right]^{\frac{1}{4}} \quad (2)$$

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

b) İkinci yaklaşımda ise kirişlerin, kolonların ve dolgu duvarın göreceli rijitliklerine göre belirlenen α_h ve α_L (4,5) [13] kullanılarak eşitlik (6) kullanılacaktır [9].

$$\alpha_h = \frac{\pi^4}{2} \sqrt{\frac{4E_c I_k h}{E_{duvar} t_{duvar} \sin 2\theta}} \quad (4)$$

$$\alpha_L = \pi^4 \sqrt{\frac{4E_c I_b h}{E_{duvar} t_{duvar} \sin 2\theta}} \quad (5)$$

$$\frac{w}{2} = \frac{1}{2} \sqrt{\alpha_h^2 + \alpha_L^2} \quad (6)$$

Eşdeğer sanal basınç çubuğunun genişliğini veren eşitliklerde, E_{duvar} ve E_c dolgu duvar ve çerçeve malzemesinin elastisite modülünü, t_{duvar} , h_{duvar} , r_{duvar} , sırasıyla dolgu duvarın kalınlığını, yüksekliğini, köşegen uzunluğunu, θ eşdeğer basınç çubuğunun yatayla yaptığı açığı, λ_{duvar} eşdeğer basınç çubuğu katsayısını, a_{duvar} ($=w/2$) ise eşdeğer basınç çubuğunun genişliğini ifade etmektedir. Yine h_k giriş orta eksenleri arasında kalan kolon yüksekliğini, I_k ise kolonun atalet momentini ifade etmektedir.

2. Sayısal Uygulama

Dolgu duvarların taşıyıcı sisteme dahil edilmesinin yapısal davranışa etkisini incelemek amacıyla yapılan bu çalışmada, dolgu duvarların eşdeğer sanal basınç çubuğu ile modellenmesinde iki farklı yaklaşım kullanılmıştır. Modelleme yöntemlerinin etkisini incelemek amacıyla 3 açıklıklı 5, 9 ve 12 katlı düzlem çerçeveler göz önüne alınmıştır. Düzlem çerçevelerin isimlendirilmesi, dolgu duvarların sadece dış yük olarak kabul edildiği model çerçeveler Z1 ve Z3 zemin sınıflarında katsayısına göre Ç 5-Z1, Ç 5-Z3, Ç 9-Z1, Ç 9-Z3, Ç 12-Z1, Ç 12-Z3 biçiminde isimlendirilmiştir. Benzer şekilde dolgu duvarların FEMA (BÇ1) ve Hendry'e (BÇ2) göre düzenlenmiş eşdeğer sanal basınç çubukları ile modellendiği çerçeveler ise BÇ1 5-Z1, BÇ1 5-Z3, BÇ2 5-Z1, BÇ2 5-Z3, BÇ1 9-Z1, BÇ1 9-Z3, BÇ2 9-Z1, BÇ2 9-Z3, BÇ1 12-Z1, BÇ1 12-Z3, BÇ2 12-Z1, BÇ2 12-Z3 olarak isimlendirilmiştir.

Model düzlem çerçeveler Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik [12] ve TS500 [14] koşullarını sağlayacak şekilde boyutlandırılmıştır. Ele alınan bu çerçevelerde giriş kesitleri 30x60 cm, kolon kesitlerinin ise 5 katlı çerçevede 50x50 cm, 9 katlı çerçevede 60x60 cm son dört katta 50x50 cm, 12 katlı çerçevede ise her dört katta değiştirilmek suretiyle 65x65 cm, 55x55 cm ve 45x45 cm olarak belirlenmiştir. Bu düzlem çerçevelerin bir konut yapısının kenar aksından çıkartıldığı kabul edilmiş ve düşey yükler üç boyutlu yapı üzerinden hesaplanarak çerçevelere paylaştırılmıştır. Çerçevelerin modal kütleleri ölü yükler ile hareketli yüklerin %30'unun toplamından hesaplanmıştır. Çerçevelerin analizleri doğrusal elastik deprem hesabı Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi [12] kullanılarak yapılmıştır. Beton sınıfı C25 olarak kabul edilmiştir. Düzlem çerçevelerin eşdeğer deprem yükü yöntemi ile analizleri SAP 2000[15] yapısal analiz programı ile yapılmıştır. Boyutlandırılmada kullanılan parametreler Tablo 1'de verilmiştir.

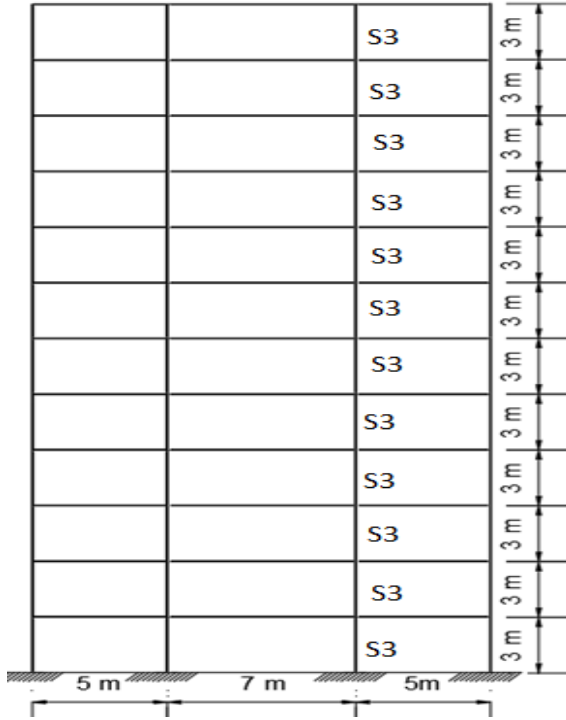
Tablo 1. Boyutlandırılma ve analiz esnasında alınan bazı parametreler

Deprem Bölgesi	1	
Etkin yer ivmesi katsayısı (A_0)	0.4	
Bina önem katsayısı	1	
Yerel zemin sınıfları ve Spektrum karakteristik periyotları	1	$T_A=0.10$ $T_B=0.30$
	3	$T_A=0.15$ $T_B=0.60$
Taşıyıcı sistem davranış katsayısı	8	
Hareketli yük katılım katsayısı (n)	0.30	

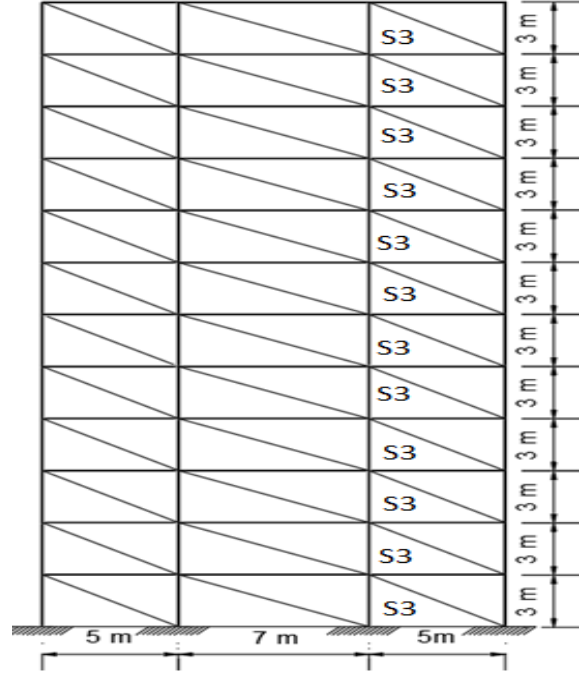
Kalınlıkları $t_{duvar}=19$ cm olan tuğla dolgu duvarların tüm açıklıklarda herhangi bir boşluk içermediği kabul edilerek göz önüne alınmıştır. Dolgu duvar elastisite modülü 1000 MPa olarak kabul edilmiştir. Eşdeğer sanal basınç çubuklarına ait parametreler Tablo 2’de, çalışmada ele alınan düzlem çerçeve modeller ise Şekil 2- 7’de verilmiştir.

Tablo 2. Eşdeğer basınç çubuklarına ait parametreler

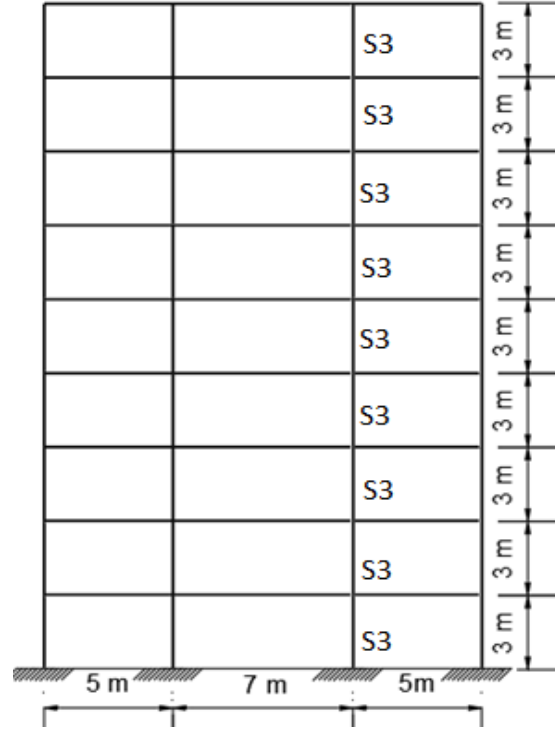
Açıklık (m)	h_{duvar} (cm)	L_{duvar} (cm)	t_{duvar} (cm)	r_{duvar} (cm)	β_{duvar} (cm) = $w/2$	
5	240	450	20	510	72	305
7	240	650	20	693	100	327



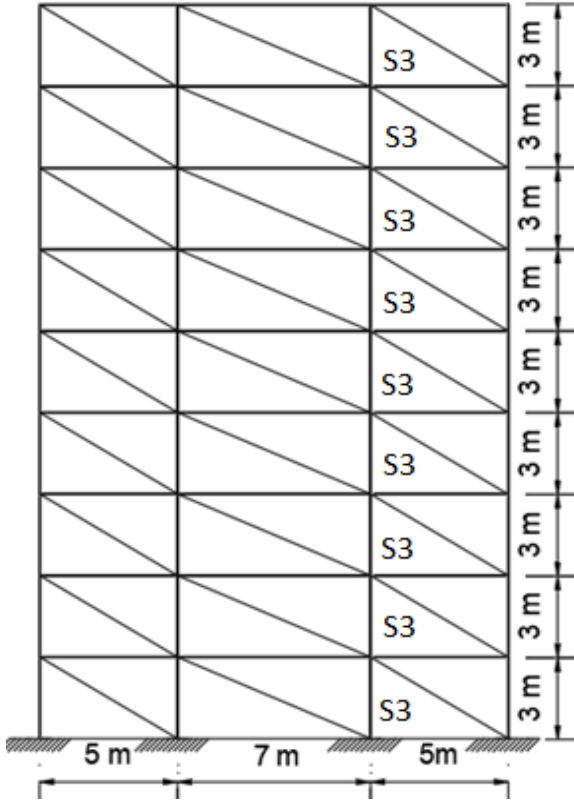
Şekil 2. Model Ç 12



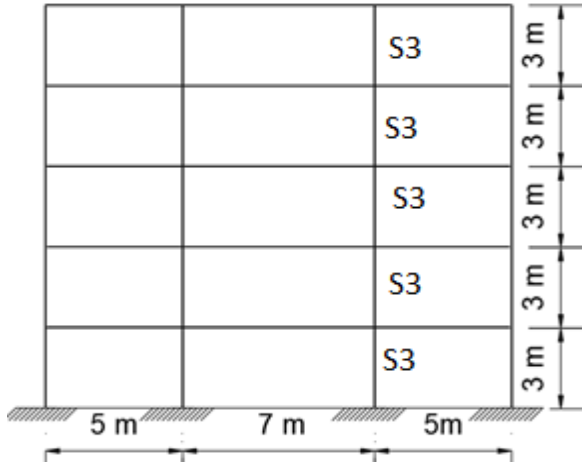
Şekil 3. Model BÇ1 12 ve Model BÇ2 12



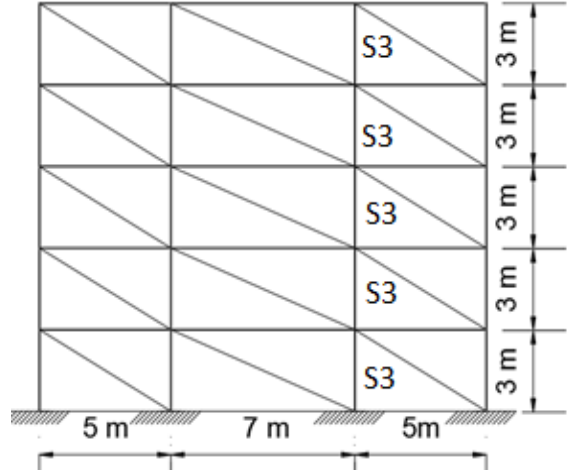
Şekil 4. Model Ç 9



Şekil 5. Model BÇ1 9 ve Model BÇ2 9



Şekil 6. Model Ç 5

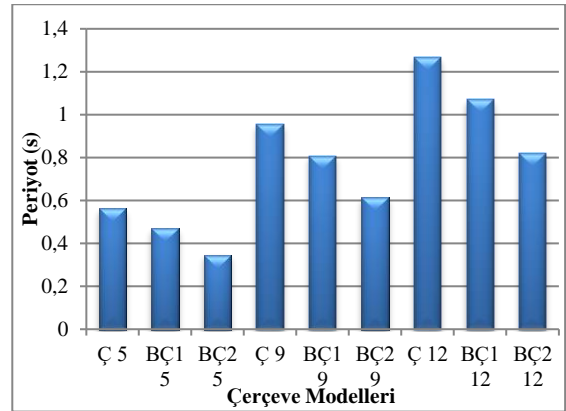


Şekil 7. Model BÇ1 5 ve Model BÇ2 5

3. Bulgular ve Tartışma

Düzlem çerçevelerde dolgu duvarların modellenmeye dahil edilmesi durumunda iki farklı yaklaşımla modellenen dolgu duvarların yapısal davranışa etkisi Z1 ve Z3 zemin sınıflarında incelenmiş ve elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- Model düzlem çerçevelerin modal analizinden doğal titreşim moduna ait periyot değerleri Şekil 8'de verilmiştir. Model çerçevelerin periyot değerlerinin kat sayısına bağlı olarak arttığı belirlenmiştir.



Şekil 8. Model çerçevelerin 1. doğal titreşim periyotları

BÇ1 ve BÇ2 modellerine ait çerçevelerin 1. doğal periyotlarının, Ç modelinin 1. doğal periyotuna göre değişimleri Tablo 3'de

verilmiştir. BÇ1 modelinde elde edilen 1. doğal periyot Ç modelindeki periyota göre yaklaşık % 16, BÇ2 modelinin ise %35 daha küçük olduğu belirlenmiştir. Kat sayısı artışının dolgu duvarlı modellere göre değişim yüzdesinde fazla bir değişikliği neden olmadığı belirlenmiştir.

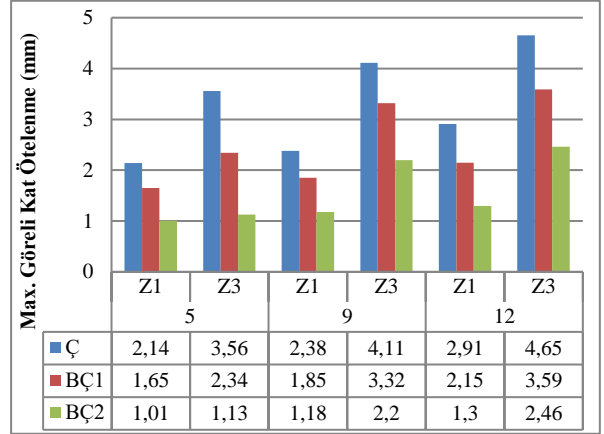
Tablo 3. Model çerçevelerin 1.doğal titreşim periyodu ve dolgu duvarlı modellere göre periyot azalma yüzdeleri

Modeller	Periyot (s)	Değişim(%)
Ç 5	0.564	
BÇ1 5	0.469	16.84
BÇ2 5	0.346	38.65
Ç 9	0.954	
BÇ1 9	0.808	15.30
BÇ2 9	0.614	35.54
Ç 12	1.267	
BÇ1 12	1.072	15.39
BÇ2 12	0.821	35.20

- Model düzlem çerçevelerin düşey yükler ve deprem yükleri etkisi altında hesaplanan kat yatay yer değiştirmelerinden elde edilen maksimum tepe yer değiştirmeleri Tablo 4’de, maksimum görelî kat ötelenme değerleri ise Şekil 9’da verilmiştir. Her iki zemin sınıfında, dolgu duvarların taşıyıcı sisteme dahil edilmesi durumunda yapı daha rijit davrandığı için max. tepe yer değiştirme ve görelî kat ötelenme değerlerinin azaldığı belirlenmiştir.

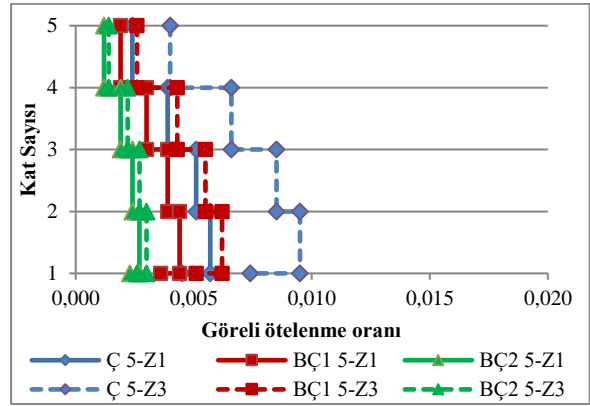
Tablo 4. Model düzlem çerçevelerde tepe yerdeğiştirme azalma oranları

Kat Sayısı	Model Düzlem Çerçeveler	Z1		Z3	
		Max. Tepe Yer değiştirme (mm)	Max. Tepe Yer değiştirme Yüzdesi	Max. Tepe Yer değiştirme	Max. Tepe Yer değiştirme Yüzdesi
5	Ç	8.12	0	13.53	0
	BÇ1	6.27	22.8	8.91	34.1
	BÇ2	3.96	51.2	4.46	67.0
9	Ç	16.27	0	28.95	0
	BÇ1	12.9	20.7	23.18	19.9
	BÇ2	8.44	48.1	15.73	45.7
12	Ç	27.19	0	43.51	0
	BÇ1	20.17	25.8	33.61	22.8
	BÇ2	12.71	53.2	23.97	44.9

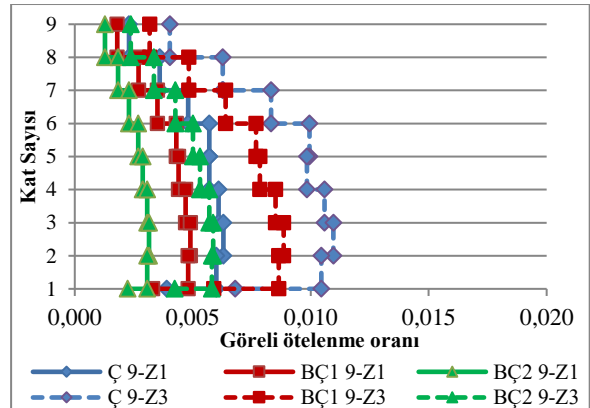


Şekil 9. Model düzlem çerçevelerde kat sayısına ve zemin sınıfına göre max. görelî kat ötelenme değerleri

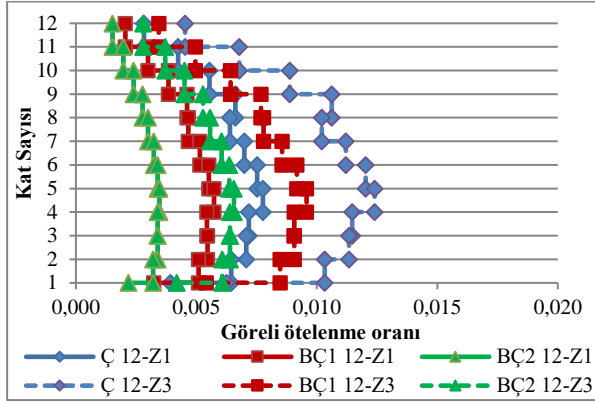
Model düzlem çerçevelerde kat seviyesinde elde edilen görelî ötelenme oranları Şekil 11-13’de gösterilmiştir.



Şekil 11. Katlı model çerçevelerde görelî kat ötelenme oranları



Şekil 12. Katlı model çerçevelerde görelî kat ötelenme oranları



Şekil 13. Katlı model çerçevelerde görelî kat ötelenme oranları

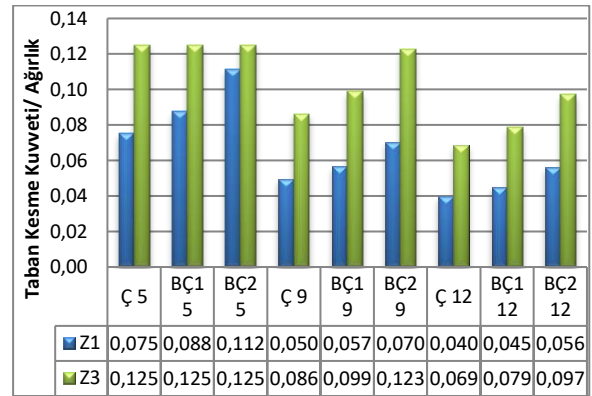
Görelî kat öteleme oranları Ç modellerinde büyük iken sırasıyla BÇ1 ve BÇ2 modellerinde bu oranın azaldığı belirlenmiştir. Z1 zemin sınıfında görelî kat ötelenme oranları küçükken Z3 zemin sınıfında ise daha büyüktür. Z1 zemin sınıfında 5 ve 9 katlı çerçevelerde dolgu duvarların dikkate alınmadığı model çerçevede literatürde [5] 0,005-0,007 olarak ifade edilen hasar sınırı aşılmıştır. 12 katlı çerçevelerde ise BÇ2 modeller hariç diğer tüm modellerde bu hasar sınırı aşılmıştır. Z3 zemin sınıfında ise sadece 5 katlı çerçevelerde BÇ2 model çerçevelerde hasar sınırı aşılmamış, 9 ve 12 katlı tüm model çerçevelerde bu hasar sınırı aşılmıştır. Ayrıca tüm model çerçevelerde DBYBHY [12]'de verilen görelî kat ötelenme oranı sınırı olan 0,02 değerinin aşılmadığı belirlenmiştir.

Model çerçevelerde elde edilen maksimum görelî kat ötelenme oranları ise Tablo 5'de verilmiştir. Zemin sınıfı değişimi ve katsayısı artışının görelî kat ötelenme oranlarını arttırdığı görülmüştür. Dolgu duvarlı modellerin dolgu duvarsız modeller oranları incelendiğinde ise 5 katlı yapı da Z3 zemin sınıfındaki değerlerin Z1 zemin sınıfına göre biraz daha büyük, fakat 9 ve 12 katlı yapılarda ise daha küçük olduğu belirlenmiştir.

Tablo 5. Model düzlem çerçevelerde max.görelî kat ötelenme oranları ve dolgu duvarsız modele göre yüzde değişimi

Kat Sayısı	Model Düzlem Çerçeveler	Z1		Z3	
		Max.Görelî Kat Öte. Oran	Max.Görelî Kat Öte. Yüzdesi	Max.Görelî Kat Öte. Oran	Max.Görelî Kat Öte. Yüzdesi
5	Ç	0,0057	0	0,0095	0
	BÇ1	0,0044	22.8	0,0062	34.7
	BÇ2	0,0027	52.6	0,0030	68.4
9	Ç	0,0063	0	0,0110	0
	BÇ1	0,0049	22.2	0,0089	19.1
	BÇ2	0,0031	50.8	0,0059	46.4
12	Ç	0,0078	0	0,0124	0
	BÇ1	0,0057	26.9	0,0096	22.6
	BÇ2	0,0035	55.1	0,0066	46.8

- Z1 ve Z3 zemin sınıfında model düzlem çerçevelerde elde edilen taban kesme kuvveti ve taban kesme kuvvetinin çerçeve ağırlığına oranı Şekil 14'de verilmiştir. Ayrıca dolgu duvarlı modellerin taban kesme kuvvetinin dolgu duvarsız modellerin taban kesme kuvvetine oranı Tablo 6'da belirtilmiştir.



Şekil 14. Model Çerçevelerin Taban Kesme Kuvveti/Ağırlık Oranlarının Karşılaştırılması

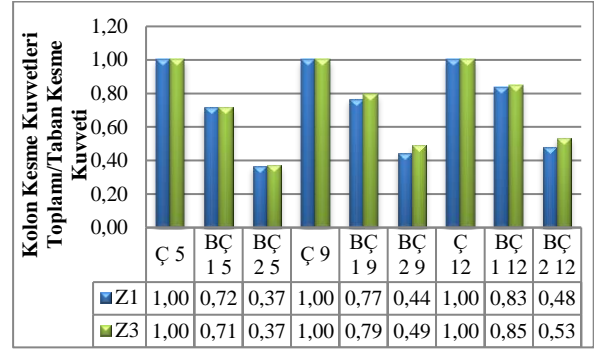
Tablo 6. Model Çerçevelerde Taban Kesme Kuvveti ve Dolgu Duvarsız modellere göre % Değişimleri

Modeller	Taban Kesme Kuvveti (kN)	Taban Kesme kuvveti/Ağırlık	Değişim (%)
Ç 5-Z1	267	0,075	
BÇ1 5-Z1	310	0,088	16,10
BÇ2 5-Z1	395	0,112	47,94
Ç 9-Z1	333	0,050	
BÇ1 9-Z1	381	0,057	14,41
BÇ2 9-Z1	474	0,070	42,34
Ç 12-Z1	354	0,040	
BÇ1 12-Z1	404	0,045	14,12
BÇ2 12-Z1	501	0,056	41,52
Ç 5-Z3	443	0,125	
BÇ1 5-Z3	443	0,125	0
BÇ2 5-Z3	443	0,125	0
Ç 9-Z3	580	0,086	
BÇ1 9-Z3	665	0,099	14,66
BÇ2 9-Z3	825	0,123	42,24
Ç 12-Z3	616	0,069	
BÇ1 12-Z3	705	0,079	14,45
BÇ2 12-Z3	872	0,097	41,56

Z1 ve Z3 zemin sınıflarında model çerçevelerde taban kesme kuvvetleri incelendiğinde dolgu duvarların sisteme dahil edilmesi durumunda taban kesme kuvvetinin arttığı, dolayısıyla model çerçevelerde elde edilen taban kesme kuvvetinin çerçevelerin ağırlığına oranlarının da arttığı görülmüştür. Fakat 5, 9 ve 12 katlı dolgu duvarlı model çerçevelerin taban kesme kuvvetinin dolgu duvarsız çerçevelerde elde edilen taban kesme kuvvetine oranlarının her iki zemin sınıfında da yaklaşık aynı olduğu belirlenmiştir.

Ayrıca Z3 zemin sınıfında 5 katlı modellerde taban kesme kuvvetleri eşit çıkmıştır. Bunun nedeni bu model çerçevelerin birinci doğal titreşim periyot değerlerinin spektrum karakteristik periyotları arasında kalmasıdır.

- Model düzlem çerçevelerin kolonlarında oluşan kesme kuvvetleri toplamı taban kesme kuvvetine oranları her iki zemin sınıfında incelenmiştir ve Şekil 18’de gösterilmiştir.



Şekil 18. Kolon kesme kuvvetleri toplamının taban kesme kuvvetine oranı

Dolgu duvarların taşıyıcı sisteme dahil edilmediği model çerçevelerde bu oran 1 iken dolgu duvarların taşıyıcı sisteme dahil edilmesi ile oluşturulan modellerde ise bu oranın 1’den küçük olduğu görülmüştür. Bu da bize dolgu duvarların taşıyıcı sisteme dahil edilmesinin kolonlarda oluşan kesme kuvvetinin azaldığı göstermektedir. Çerçevenin kat sayısının artışı bu oranın biraz artmasına yani kolonlara etki eden kesme kuvvetinin artmasına neden olduğunu göstermiştir. Zemin sınıfının değişiminde bu oranlar incelendiğinde 5 katlı çerçevelerde değişiklik olmadığı 9 ve 12 katlı çerçevelerde ise bu oranın biraz daha büyük olduğu belirlenmiştir.

4. Sonuçlar

Dolgu duvarların modellenmesinde farklı yaklaşımlar kullanılarak hazırlanan modellerin farklı zemin sınıflarına ait analiz sonuçlarından; birinci moda ait doğal titreşim periyotları, kat yatay yerdeğiştirmeleri, görel kat ötelemeleri, görel kat ötelenme oranları, taban ve kolon kesme kuvvetleri elde edilmiş ve karşılaştırılması yapılmıştır. Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

- ✓ Model çerçevelerin her iki zemin sınıfında periyot değerlerinin kat sayısına bağlı olarak arttığı fakat kat sayısının, dolgu duvarsız modellere göre değişim yüzdesinde bir değişikliğe neden olmadığı belirlenmiştir.

- ✓ Tüm model çerçevelerde her iki zemin sınıfında elde edilen max. yerdeğiştirme ve görelî kat ötelenme değerlerinin dolgu duvarların taşıyıcı sisteme dahil edilmesi durumunda azaldığı, katsayısının artışında ise bu değerlerin arttığı belirlenmiştir. Dolgu duvarların taşıyıcı sisteme dahil edilmesi durumunda yapı daha rijit davrandığı için max. tepe yer değıştirme ve görelî kat ötelenme değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Fakat dolgu duvarlı çerçevelerin dolgu duvarsız çerçevelere göre değışim yüzdesinde ise fazla bir değışiklik belirlenmemiştir. Tüm model çerçevelerde DBYBHY [12]'de verilen taşıyıcı elemanlarda görelî kat ötelenme oran sınırı olarak verilen 0,02 değerinin aşılmadığı fakat literatürde [5] 0,005-0,007 olarak tuğla dolgu duvarlar için verilen hasar sınırı dolgu duvarların taşıyıcı sisteme dahil edilmediğı ve Z3 zemin sınıfındaki çoğıu modelle aşıldığı görölmüştür.
- ✓ Taban kesme kuvvetinin Z3 zemin sınıfında, Z1 zemin sınıfında elde edilen değerlerden daha büyük olduğı görölmüştür. 5, 9 ve 12 katlı dolgu duvarlı model çerçevelerin taban kesme kuvvetinin dolgu duvarsız model çerçevelerin taban kesme kuvvetine oranlarının yaklaşık aynı olduğı belirlenmiştir. Ayrıca Z3 zemin sınıfında 5 katlı dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız modellerde taban kesme kuvvetleri eşit çıkması bu model çerçevelerin birinci doğıal titreşim periyot değerlerinin spektrum karakteristik periyotları arasında kalmasıdır. Düzlem çerçevelerde dolgu duvarların sisteme dahil edilmesi durumunda taban kesme kuvveti arttığı için taban kesme kuvvetinin düzlem çerçevelerin ağırlığına oranları da artmıştır.
- ✓ Model düzlem çerçevelerde kolonlarda oluşan kesme kuvvetleri toplamının taban kesme kuvvetine oranının kat sayısının artışıyla biraz arttığı belirlenmiştir. Ayrıca 9 ve 12 katlı çerçevelerde oluşan kolon kesme

kuvvetleri toplamının Z3 zemin sınıfında, Z1 zemin sınıfına göre biraz daha büyük olduğı belirlenmiştir.

Özetle bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre inceleme konusu kolon-kiriş çerçeve tipi betonarme yapılarda dolgu duvarların analitik modelde dikkate alınması durumunda gerek binanın modal analiz sonuçlarında gerekse de taban ve kolon kesme kuvvet dağılımında ve kat yer değıştirmelerinde önemli farklılıklar oluşturduğı görölmüştür. Bu nedenle tasarımcılar dolgu duvarları sadece düşey yük olarak almışsa, dolgu duvar ile çerçeve arasında etkileşimin olmaması için gerekli tedbirleri almalıdır. Aksi halde düzlem çerçeveler ele alınarak yapılan bu çalışmadan elde edilen sonuçlar ışığında dolgu duvarların yapı parametrelerinde meydana getirdiğı değışiklikler dikkate alınmalıdır.

5. Kaynaklar

1. Tasligedik, A.S., Pampanin, S., and Palermo, A. (2011). Damage Mitigation Strategies of 'Non-Structural' Infill Walls: Concept and Numerical-Experimental Validation Program. Proceedings of the Ninth Pacific Conference on Earthquake Engineering Building an Earthquake-Resilient Society, Aucland, New Zealand, pp.120-127.
2. Yakut, A., Binici, B., Demirel, İ.O., ve Özcebe, G., (2013). Dolgu Duvarların Deprem Davranışına Etkisi, 2. Türkiye Deprem Mühendisliğı ve Sismoloji Konferansı, Hatay,1-10s.
3. Calvi, G.M., Bolognini, D. and Penna, A. (2004). Seismic Performance of Masonry-Infilled RC Frames – Benefits of Slight Reinforcements. Proceedings of SISMICA 2004, 60 Congresso Nacional de Sismologiae Engenharia Sismica, Portugal.
4. Zarnic, R., and Tomazevic, M., (1984). The Behaviour of Masonry Infilled Reinforced Concrete Frames Subjected to Cyclic Lateral Loding, References for Data Base of Confined Masonry Walls Proceeding of 8th WCEE, California, pp. 863-870.
5. METU EERC, (2012). November 2011 Van Earthquake Report. METU, Ankara, Turkey, 50s.
6. El-Dakhkhni, W.W., Elgaaly, M., and Hamid A.A. (2003). Three-Strut Model for Concrete Masonry-Infilled Steel Frames, Journal Of Structural Engineering, **129**: 177-185.

7. Asteris, P.G., Antoniou, S.T., Sophianopoulos, D.S., and Chrysostomou, C.Z. (2011). Mathematical Macromodeling of Infilled Frames, State of the Art. Journal of Structural Engineering. 137: 1508-1517.
8. Hendry, A. (1981). Structural Brickwork, Macmillan, London. 209 p.
9. Tar, İ.Ö. (2010). Dolgu Duvarların Modellenmesinde Kullanılan Eşdeğer Basınç Çubuğu Yöntemlerinin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 85s.
10. Baran, M. (2012). Dolgu Duvarların Betonarme Çerçevesi Yapıların Davranışı Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi. Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 27: 275-284.
11. FEMA 306, (1998). Evaluation of Earthquake Damaged Concrete and Masonry Wall Buildings, Federal Emergency Management Agency, Washington D.C.
12. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY) (2007). T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara-Türkiye.
13. Smith, B.S. (1966). Behaviour of Square Infilled Frames. J. Struct. Eng., ASCE, **92**: 381-403.
14. TS 500 (2000). Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Madde 11- Betonarme Döşeme Sistemleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
15. SAP 2000 V15 (2015), Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures, Computer and Structures Inc. Berkeley, California.