DÜMF Mühendislik Dergisi
web: http://dergipark.gov.tr/dumf

Araştırma Makalesi / Research Article

Betonarme Yapılarda Farklı Kat Sayıları için Dolgu Duvarların Deprem Davranışına Etkisi

Tuba DEMİR*
Fırat Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Elazığ,
t.demir@firat.edu.tr ORCID: 0000-0003-2092-1029, Tel: (424) 237 00 00 (4262)

Erkut SAYIN
Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Elazığ
esayin@firat.edu.tr ORCID: 0000-0003-0266-759X

Geliş: 19.07.2018, Revizyon: 20.11.2018, Kabul Tarihi: 13.02.2019

Öz

Bu çalışmada, dolgu duvarların betonarme binalara olan katkısı değerlendirilmiştir. Bu amaçla 3, 5 ve 7 katlı betonarme binalar modellenmiştir. Bu modeller kendi içinde üç farklı şekilde yeniden tasarlanmıştır. Birinci model tüm katlarının, tamamen dolgu duvarsız olduğu çerçeve modelidir. İkinci model ilk katında dolgu duvarların olmadığı, diğer katlarında ise dolgu duvarların olduğu çerçeve modelidir. Üçüncü model ise tüm katlarında dolgu duvarların olduğu modeldir. Dolgu duvarlı olarak tasarlanan modellerdeki duvarlar, eşdeğer basınç çubuğu şeklinde modellenmiştir. Tüm modeller için doğrusal elastik hesap yöntemi kullanılarak analizler yapılmıştır. Analiz sonucunda yapıların göreli kat ötelemeleri, yer değiştirme değerleri belirlenmiş ve tüm modeller için ayrı ayrı kıyaslama yapılarak grafikler çizilmiştir. Ayrıca bu modellerinin etki/kapasite oranları belirlenmiş ve hasar bölgeleri tespit edilmiştir. Dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız yapılarda kat sayısı değişiminin, yapıya olan etkisi belirlenmiştir. Kat sayısının artmasıyla yer değiştirme ve göreli kat öteleme değerlerinin de arttığı gözlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre dolgu duvarların sistemin rijitliğine ve dayanımına olumlu katkı sağladığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: *Betonarme binalar; dolgu duvarlar; eşdeğer basınç çubuğu*

***Yazışmaların yapılacağı yazar

DOI: 10.24012/dumf.446126

Giriş

Yapı sistemlerinin iç kısımlarının kullanım şeklini belirlemek için düşey düzlemde çeşitli şekillerde dolgu duvarlar kullanılmaktadır. Betonarme yapıların iç kısımlarında ve dış bölümlerinde kullanılan dolgu duvarlar, yapının dış ortamla bağlantısını kesen yapı elemanları olup, farklı mekânların da oluşturulmasına olanak sağlamaktadır. Ülkemizde yapılan projelerde çoğunlukla dolgu duvarların yapı davranışına olan etkisi göz ardı edilir. Dolgu duvarların bu etkisinin ihmal edilmesinin nedeni; bu duvarların katkısını analiz eden ve çözümleyen modellerin oluşturulmasının karmaşık ve zor olması, öte yandan bu elemanların, yapının enerji yutma kapasitesine ve dayanımına olan katkısının bilinmesine rağmen, çözümleme için emniyetli tarafta kalınmak istenmesidir.

Yapı sistemlerinin deprem anındaki davranışlarını incelemek ve bu davranışlara karşı alınacak önlemler hakkında çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Dolgu duvar ile ilgili yapılan bu çalışmalara ilk katkı, 1956'da Polyakov tarafından ortaya koyulmuştur. Sonraki dönemlerde ise Mallick ve diğerleri (1967) dolgu duvarlı çerçevelerin yatay rijitliğini belirlemek amacıyla sonlu elemanlar metodunu kullanmışlardır. Sonlu elemanlar yöntemiyle, yapmış oldukları deneysel ve analitik çalışmalar arasında iyi bir uyum elde etmişlerdir. Ersoy ve diğerleri (1971) dolgu duvara sahip çerçevelerin davranışını ve dayanımını incelemek amacıyla, farklı yükler altında dokuz adet betonarme dolgulu çerçeveyi modellemişlerdir. Yapmış oldukları deneylerde bu çerçevelerin yapının yük taşıma kapasitesine ve rijitliğine olan etkisini araştırmışlardır. Ayrıca çerçeve açıklığının çerçeve yüksekliğine oranı, dolgu kalınlığı, dolgu ile çerçeve arasında aderansın mevcut olup olmaması, çerçeveye etkiyen yatay yükün düşey yüke oranı gibi değişkenleri de incelemişlerdir. Dhanasekar ve Page (1986) çalışmalarında tuğla dolgu duvar özelliklerinin dolgu duvarlı çerçeve davranışına etkilerini sonlu elemanlar metodunu kullanarak incelemişlerdir. Modelde dolgu duvarın lineer olmayan deformasyon özelliklerinin ve harç bağlantılarının dolgu duvar davranışına etkilerini göz önüne almışlardır. Dolgu duvarlı çerçevenin deneysel davranışının sonlu elemanlar modeli ile başarılı olarak temsil edilebildiğini tespit etmişlerdir. Govindan ve diğerleri (1986) yedi katlı dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız çerçeve modelleyip, bu iki yapı sisteminin davranışlarını karşılaştırmışlardır. Saneijad ve diğerleri (1995) çalışmalarında yatay yüklere maruz kalan yapılarda, dolgu duvarların gerçek dayanım ve rijitliğe etkisinin önemli olduğunu belirtmişlerdir. Negro ve diğerleri (1997) dolgu duvarın yapı sistemine olan etkisini belirlemek için dört katlı bir yapı modelleyip, bu model üzerinde çeşitli testler yapmışlardır. Bu yapıyı dolgu duvarsız çerçeve, dolgu duvarlı çerçeve ve ilk kat yüksekliği arttırılmış olan model şeklinde tasarlayıp, her bir modele testler uygulamıştır. Dolgu duvarın varlığı ve dağılım düzeni, yapının davranışını ve yer değiştirmesini farklı etkilemiştir.

İrtem ve diğerleri (2004), betonarme binaların performansına dolgu duvarın katkısını belirlemek için çeşitli çalışmalar yapmışlardır. Bunun için DBYYHY 2007 (Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik)'ye uygun bina tasarlayıp, bu yapıyı dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız modelleyerek analizler yapmışlardır. Dolgu duvarı fiktif çubuklarla tanımlamışlardır. Ayrıca, dolgu duvarların basınç kırılması davranışı gösterdiğini kabul ederek, yapı sistemini iki ucu mafsallı çubuk elemanlarla temsil etmişlerdir. Korkmaz ve diğerleri (2006), çerçeve ve dolgu duvarların bulunduğu betonarme yapıların deprem davranışındaki değişikliklerini araştırmışlardır. Çalışma kapsamında 10 katlı dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız bir çerçeve yapı sisteminin olduğu ve dolgu duvarların yapının tüm katlarında bulunduğu modellerin, analizlerini yaparak, deprem davranışına olan etkilerini incelemişlerdir. Sivri ve diğerleri (2006) deprem etkisi altındaki dolgu duvarların, yapı davranışına olan katkısını belirlemek için eşdeğer diyagonal eleman kullanmışlardır. Yapmış oldukları analizlerde Düzce ve Erzincan deprem kayıtlarını yer hareketi olarak dikkate almışlardır. Dolgu duvarların, yapının dinamik

davranışını etkilediğini göstermişlerdir. Celep ve diğerleri (2009), beş katlı yapı modelleyerek, taşıyıcı sistemde dolgu duvarların, binanın yatay yük davranışına olan etkisi üzerine çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışma sonucunda, dolgu duvarların kat kesme kuvvetinin büyük bir kısmını karşıladığını gözlemlemişlerdir.
Taşlıgedik ve diğerleri (2011), dolgu duvarların betonarme binaların deprem performansı üzerindeki etkisini inceledikleri çalışmalarında, taşıyıcı sistemde göz ardı edilen dolgu duvarların önemli etkilere neden olduğunu vurgulamışlardır. Tekeli ve diğerleri (2015) yapmış oldukları çalışmalarında bina açıklık sayısı 5, kat adetleri 3 ve 5 olan modeller tasarlamışlardır. Bu binaları önce dolgu duvarsız olarak incelemişlerdir. Daha sonra oluşturdukları bu modelleri kullanarak, dolgu duvarları bu yapının farklı farklı yerlerine yerleştirmişlerdir ve dolgu duvar yerleşiminin ve miktarının, binanın davranışına olan etkisini değerlendirmişlerdir.

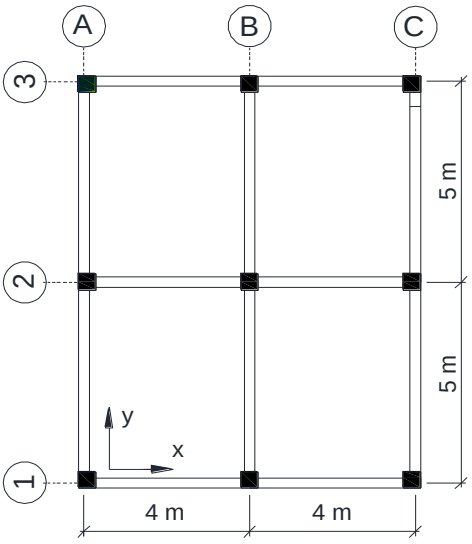
Amaç ve Kapsam

Dolgu duvarların bina davranışına olan etkisi kabul görse de, deprem yönetmelikleri bu durumu hesaplamalarda ihmal edip, genellikle duvarların yerleşimi ile ilgili kısıtlamalar getirmektedir. Bu çalışmada, dolgu duvarların betonarme çerçeve davranışını, hangi açılardan etkilediğini saptamak amacıyla, dolgu duvarsız çerçeve, ilk katı dolgu duvarsız çerçeve ve dolgu duvarlı çerçeveden oluşan üç farklı yapı sistemi modellenmiştir. Öncelikle, yapının kolon ve kiriş elemanlarına ait donatılar hesaplanıp, bulunan değerler manuel olarak programa girilmiştir. Daha sonra kat sayıları üç, beş ve yedi katlı olacak şekilde düzenleme yapılmıştır. Modellenen yapılarda, performans değerlendirilmesi yapmak için kat sayıları farklı olan her model için ayrı ayrı analizler yapılmıştır. Ayrıca duvarların katlardaki bulunma durumlarına ve yerine göre yeniden analizler yapılarak, bu dolgu duvarların yapıya olan katkısı araştırılmıştır. Bununla birlikte dolgu duvarların olumsuz etkisi olan yumuşak kat etkisi de belirlenmiştir.

Dolgu duvarların yapı taşıyıcı sisteme dahil edilmesinde eşdeğer basınç çubuğu ile modellenmesi üzerinde yapılan çok sayıda çalışma mevcuttur. Bu çalışmada dolgu duvarlar, Mainstone ve Stafford-Smith tarafından önerilen yaklaşımlar dikkate alınarak, eşdeğer basınç çubuğu şeklinde tanımlanmıştır. Bu modelleme yaklaşımında, betonarme çerçeve içindeki dolgu duvarların, kat hizalarına tesir eden yatay kuvvetler altında, kuvvetin tesir ettiği düğüm noktası ile diyagonaldeki düğüm noktası arasında bir basınç çubuğu gibi davrandığı varsayılmaktadır. Daha önce yapılmış deneyler ve sonlu elemanlar yöntemiyle gerçekleştirilen teorik çalışmalarda, yük aktarımının, eşdeğer basınç çubuğu ile yeterli bir şekilde temsil edilebildiği gözlemlenmiştir. Çerçeve modellerinin etki/kapasite oranları belirlenmiş ve yönetmelikteki sınır değerler dikkate alınarak, bulunan bu değerlere karşılık gelen hasar bölgeleri tespit edilmiştir. Daha sonra bu üç yapı modeli üzerinde doğrusal elastik hesap yöntemiyle analizler yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.
Bu değerlendirmeler sonucunda, dolgu duvarların, yapıdaki mevcut durumuna göre yer değiştirme, göreli kat ötelemesi gibi özelliklerinin farklı değerler aldığı tespit edilmiştir. Ayrıca kat sayısının artmasının da yapıya olan etkisi gösterilmiştir.

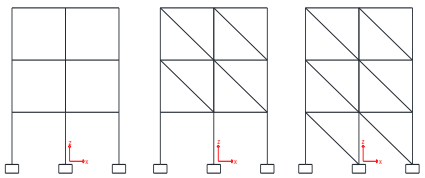
Binaların Modellenmesi

Performans değerlendirmesi yapmak amacıyla, üç, beş ve yedi katlı betonarme çerçeve binalar Şekil 1'de gösterildiği gibi modellenmiştir. Modellenen binaların kat yükseklikleri 3 m açıklıkları ise x yönünde 4 m, y yönünde ise 5 m olarak dikkate alınmıştır.

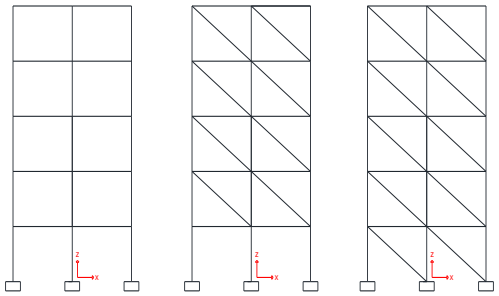


Şekil 1.Kat planı

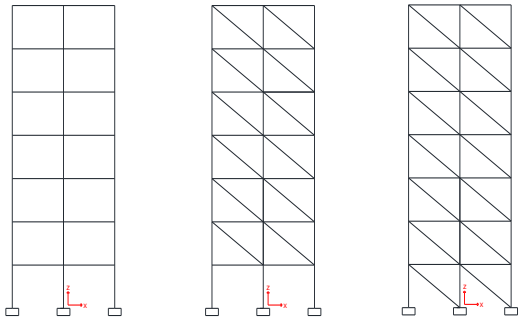
Modellemede binalar üç farklı şekilde düzenlenmiştir. Birinci tip model, dolgu duvarsız çerçeveden oluşan yapı sistemidir. İkinci tip model, ilk katı dolgu duvarsız, diğer katları dolgu duvarlı olarak modellenmiştir. Üçüncü tip model, ise tüm katlarında dolgu duvarların olduğu yapı sistemidir. Bu bina modelleri Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4'de verilmiştir. Binalar, SAP2000 sonlu eleman programı ile modellenmiştir. Çalışmada, betonarme düzlem çerçeve binaların beton sınıfı C25, çelik sınıfı ise S420 olarak seçilmiştir. Modellenen binaların 2.˚ deprem bölgesinde (A_o= 0.30), bina önem katsayısının I = 1 ve Z2 zemin sınıfında (T_A = 0.15 sn ve T_B = 0.40 sn) olduğu kabul edilmiştir. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı R ise 8 olarak dikkate alınmıştır.



Şekil 2.Üç katlı betonarme çerçeve modelleri

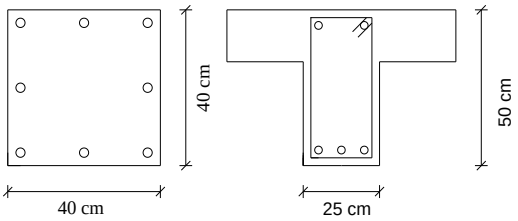


Şekil 3.Beş katlı betonarme çerçeve modelleri



Şekil 4.Yedi katlı betonarme çerçeve modelleri

Kolon boyutları 40x40 cm, kiriş boyutları ise 25x50 cm dir (Şekil 5). Ayrıca kolonların boyutlandırılmasında etriye aralıkları değeri, yönetmelikteki esaslar dikkate alınarak, kolon orta bölgesi ve sarılma bölgesi için ayrı ayrı hesaplanıp, programa girilmiştir.



Şekil 5.Kolon ve kiriş kesitleri

Modellenen tüm yapılar için doğrusal elastik hesap yöntemiyle analizler yapılmıştır. Analiz sonuçlarından alınan değerler doğrultusunda kolon ve kirişlerin çatlamış kesite ait eğilme rijitlikleri, moment kapasiteleri hesaplanmış ve bu moment kapasite değerleri kullanılarak etki/kapasite(r) oranları belirlenmiştir. DBYYHY'deki (2007), etki/kapasite oranları sınır değerleri dikkate alınarak, dolgu duvarlı ve

dolgu duvarsız modellerin hasar sınırları karşılaştırılması yapılmıştır. Tablo 1 ve Tablo 2'de üç katlı modele ait hasar sınırları karşılaştırılması verilmiştir.

Tablo 1. Kolonlar için hasar bölgelerinin karşılaştırılması

	Dolgu Duvarsız Çerçeveye ait Hasar Sınırı		Dolgu Duvarlı Çerçeveye ait Hasar Sınırı	
Kolonlar	**r**	**Hasar sınırı**	**r**	**Hasar sınırı**
SA11	2.25	MN	3.104	GV
SB11	2.75	MN	1.645	MN
SC11	2.25	MN	3.268	GV
SA21	2.08	MN	2.671	MN
SB21	2.37	MN	1.371	MN
SC21	2.08	MN	2.813	MN
SA31	2.05	MN	2.542	MN
SB31	2.75	MN	1.645	MN
SC31	2.25	MN	3.268	GV
SA12	1.25	MN	5.884	GV
SB12	2.41	MN	1.264	MN
SC12	1.25	MN	4.396	MN
SA22	1.21	MN	5.349	GV
SB22	2.18	MN	0.748	MN
SC22	1.21	MN	4.325	GV
SA32	1.25	MN	5.884	GV
SB32	2.41	MN	1.264	MN
SC32	1.25	MN	4.396	GV
SA13	10.17	GÇ	0.467	MN
SB13	1.45	MN	0.928	MN
SC13	10.17	GÇ	0.538	MN
SA23	6.99	GV	0.427	MN
SB23	1.18	MN	0.851	MN
SC23	6.99	GV	0.525	MN
SA33	10.17	GÇ	0.467	MN
SB33	1.45	MN	0.928	MN
SC33	10.17	GÇ	0.538	MN

Kolonlar için hasar bölgelerinin karşılaştırılmasında, dolgu duvarsız çerçeve modelinde kolonların % 77.8'i minimum hasar bölgesinde, % 7.4'ü belirgin hasar bölgesinde, %14.8'i ileri hasar bölgesinde kalmıştır. Dolgu duvarlı modelde ise kolonların % 77.8'i minimum hasar bölgesi, % 22.2'si belirgin hasar bölgesinde kalmıştır

Tablo 2. Kirişler için hasar bölgelerinin karşılaştırılması

	Dolgu Duvarsız Çerçeveye ait Hasar sınırı		Dolgu Duvarlı Çerçeveye ait Hasar sınırı	
Kirişler	**r**	**Hasar sınırı**	**r**	**Hasar sınırı**
KX11 sol uç	6.563	GÇ	1.807	MN
KX11 sağ uç	2.180	MN	2.462	MN
KX12 sol uç	5.279	GÇ	0.722	MN
KX12 sağ uç	1.835	MN	1.006	MN
KX13 sol uç	2.578	MN	0.389	MN
KX13 sağ uç	0.823	MN	0.513	MN
KX21 sol uç	7.392	GÇ	1.826	MN
KX21 sağ uç	2.089	MN	2.464	MN
KX22 sol uç	5.958	GÇ	0.777	MN
KX22 sağ uç	1.757	MN	0.99	MN
KX23 sol uç	2.883	MN	0.363	MN
KX23 sağ uç	0.79	MN	0.642	MN
KX31 sol uç	6.563	GÇ	1.807	MN

KX31 sağ uç	2.180	MN	2.462	MN
KX32 sol uç	5.279	GÇ	0.722	MN
KX32 sağ uç	1.836	MN	1.006	MN
KX33 sol uç	2.578	MN	0.389	MN
KX33 sağ uç	0.823	MN	0.513	MN

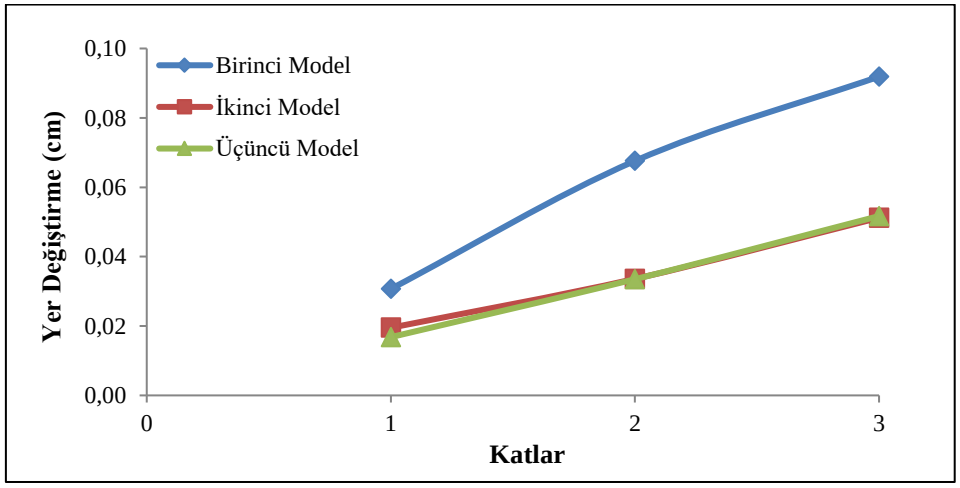
Kirişler için hasar bölgelerinin karşılaştırılmasında, her iki modelin hasar sınırlarında farklılıklar görülmüştür. Dolgu duvarsız çerçeve modelinde kirişlerin % 66.7'si minimum hasar bölgesinde, % 33.3'ü belirgin hasar bölgesinde kalmıştır. Dolgu duvarlı modelde ise kirişlerin tamamı minimum hasar bölgesinde kalmıştır.

Bina Modellerinin Yer Değiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması

Üç katlı dolgu duvarsız, ilk katı dolgu duvarsız ve dolgu duvarlı çerçevelere ait yer değiştirme değerleri Tablo 3'de, bu değerlerin grafiksel karşılaştırılması ise Şekil 6'da verilmiştir.

Tablo 3. Üç katlı betonarme çerçeve modellerine ait yer değiştirme değerleri

Katlar	Birinci model (cm)	İkinci model (cm)	Üçüncü model (cm)
1.kat	0.031	0.020	0.017
2.kat	0.068	0.034	0.034
3.kat	0.092	0.051	0.052

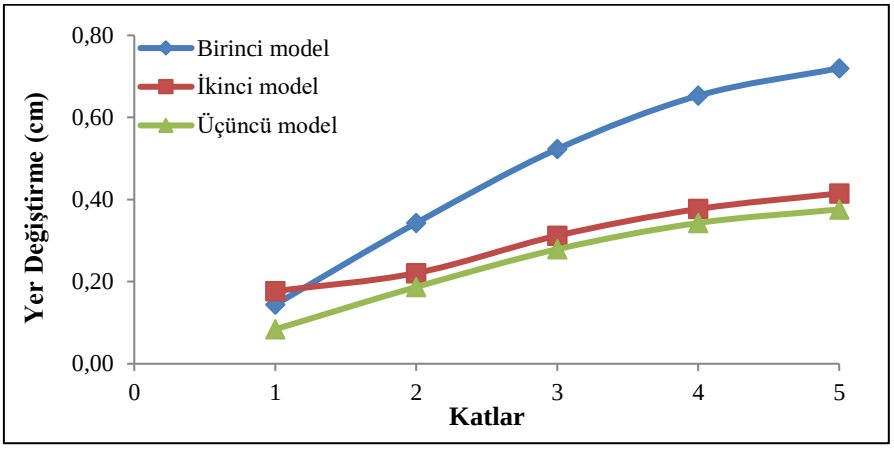


Şekil 6. Üç katlı betonarme çerçeve modellerinin yer değiştirme değerlerinin karşılaştırılması

Beş katlı dolgu duvarsız, ilk katı dolgu duvarsız ve dolgu duvarlı çerçevelere ait yer değiştirme değerleri Tablo 4'de, bu değerlerin grafiksel karşılaştırılması ise Şekil 7'de verilmiştir.

Tablo 4. Beş katlı betonarme çerçeve modellerine ait yer değiştirme değerleri

Katlar	Birinci model (cm)	İkinci model (cm)	Üçüncü model (cm)
1.kat	0.144	0.177	0.084
2.kat	0.343	0.221	0.187
3.kat	0.523	0.312	0.279
4.kat	0.653	0.377	0.343
5.kat	0.720	0.415	0.376

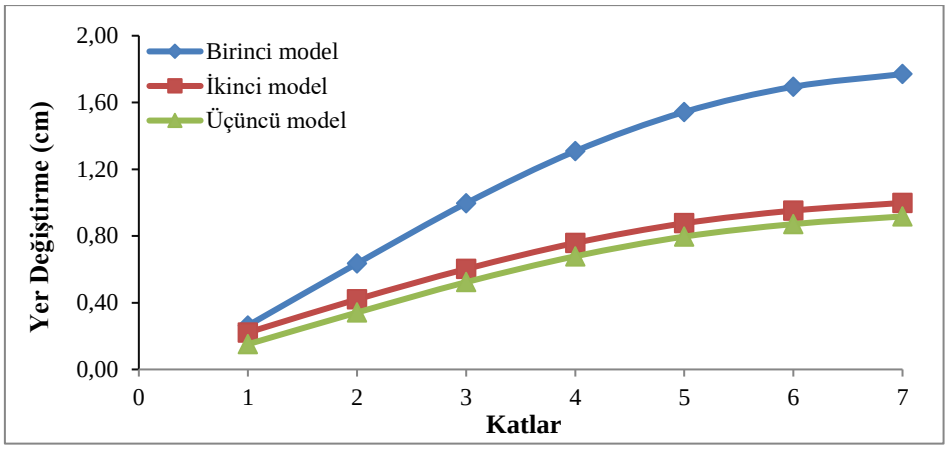


Şekil 7. Beş katlı betonarme çerçeve modellerinin yer değiştirme değerlerinin karşılaştırılması

Yedi katlı dolgu duvarsız, ilk katı dolgu duvarsız ve dolgu duvarlı çerçevelere ait yer değiştirme değerleri Tablo 5'de, bu değerlerin grafiksel karşılaştırılması ise Şekil 8'de verilmiştir.

Tablo 5. Yedi katlı betonarme çerçeve modellerine ait yer değiştirme değerleri

Katlar	Birinci model (cm)	İkinci model (cm)	Üçüncü model (cm)
1.kat	0.263	0.221	0.151
2.kat	0.635	0.420	0.341
3.kat	0.996	0.602	0.523
4.kat	1.308	0.758	0.678
5.kat	1.543	0.876	0.796
6.kat	1.694	0.952	0.871
7.kat	1.770	0.998	0.917



Şekil 8. Yedi katlı betonarme çerçeve modellerinin yer değiştirme değerlerinin karşılaştırılması

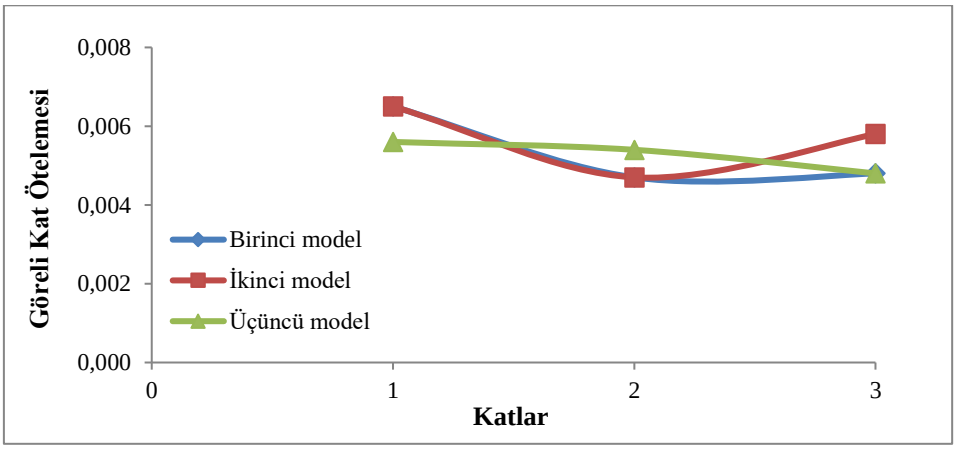
Yer değiştirme ile ilgili yukarıda yapılan analizler sonucunda, dolgu duvarlı çerçevedeki yer değiştirme değeri, dolgu duvarsız çerçeveye göre daha az olmuştur. İlk katı dolgu duvarsız olan modelin yer değiştirme değeri ise dolgu duvarlı modelin yer değiştirme değerinden daha büyük değerde elde edilmiştir.

Bina Modellerinin Göreli Kat Öteleme Oranlarının Karşılaştırılması

Üç katlı, beş katlı ve yedi katlı dolgu duvarlı, dolgu duvarsız ve ilk katı dolgu duvarsız çerçevelere ait göreli kat ötelemesi oranları Tablo 6, Tablo 7, Tablo 8'de, bu değerlerin grafiksel karşılaştırılması ise Şekil 9, Şekil 10, Şekil 11'de verilmiştir.

Tablo 6. Üç katlı betonarme çerçeve modellerine ait göreli kat ötelemesi oranları

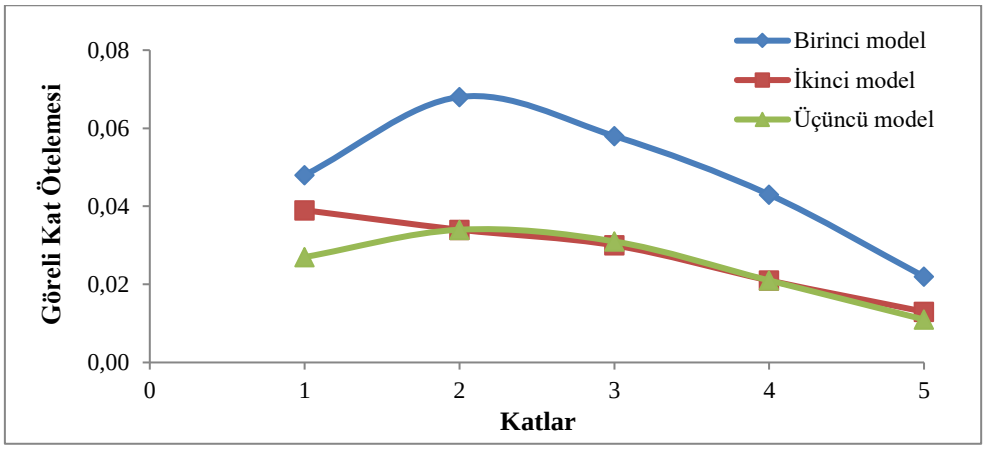
Katlar	1	2	3
Birinci model	0.0065	0.0047	0.0048
İkinci model	0.0065	0.0047	0.0058
Üçüncü model	0.0056	0.0054	0.0048



Şekil 9. Üç katlı betonarme çerçeve modellerinin göreli kat ötelemesi oranlarının karşılaştırılması

Tablo 7. Beş katlı betonarme çerçeve modellerine ait göreli kat ötelemesi oranları

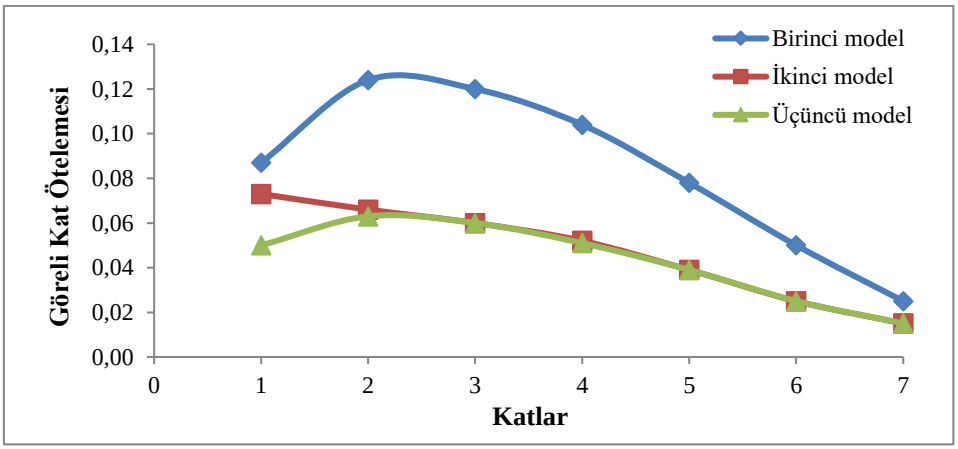
Katlar	1	2	3	4	5
Birinci model	0.048	0.068	0.058	0.043	0.022
İkinci model	0.039	0.034	0.030	0.021	0.013
Üçüncü model	0.027	0.034	0.031	0.021	0.011



Şekil 10. Beş katlı betonarme çerçeve modellerinin göreli kat ötelemesi oranlarının karşılaştırılması

Tablo 8. Yedi katlı betonarme çerçeve modellerine ait göreli kat ötelemesi oranları

Katlar	1	2	3	4	5	6	7
Birinci model	0.087	0.124	0.120	0.104	0.078	0.050	0.025
İkinci model	0.073	0.066	0.060	0.052	0.039	0.025	0.015
Üçüncü model	0.050	0.063	0.060	0.051	0.039	0.025	0.015



Şekil 11. Yedi katlı betonarme çerçeve modellerinin göreli kat ötelemesi oranlarının karşılaştırılması

Göreli kat ötelemeleri karşılaştırıldığında en büyük değerin dolgu duvarsız modellerde meydana geldiği bu değeri ilk katı dolgu duvarsız modelin ve dolgu duvarlı modelin izlediği görülmüştür.

Sonuçlar ve Tartışma

Bu çalışmada, farklı kat sayısına sahip betonarme yapılarda dolgu duvarların, yapının rijitliğine olan katkısı araştırılmıştır. Dolgu duvarlar eşdeğer basınç çubuğu yöntemi ile modellenmiştir. Farklı kat sayısına sahip tüm katları dolgu duvarlardan oluşan, ilk katı dolgu duvarsız diğer katları dolgu duvarlı olan ve tüm yapının tamamen dolgu duvarsız olduğu modeller hazırlanmıştır. Bu modeller üzerinde yapılan analizler ve hesaplamalar sonucunda aşağıdaki veriler elde edilmiştir.

- Dolgu duvarlı çerçevedeki yer değiştirme değeri, dolgu duvarsız çerçeveye göre daha az olmuştur.
- İlk katı dolgu duvarsız olan modelin yer değiştirme değeri ise dolgu duvarlı modelin yer değiştirme değerinden daha büyük değerde, dolgu duvarsız modelin yer değiştirme değerinden ise daha küçük değerde elde edilmiştir.
- Dolgu duvarlı çerçeve daha rijit davranış göstermiştir.
- Analizleri yapılan tüm modellerin göreli kat öteleme değerleri de karşılaştırılmıştır. En büyük kat öteleme değeri dolgu duvarsız çerçeve modelinde görülmüştür. Bu modeli sırasıyla ilk katı dolgu duvarsız çerçeve modeli ve dolgu duvarlı çerçeve modeli takip etmiştir.
- Birinci katın öteleme değerleri kıyaslandığında, ilk katı dolgu duvarsız çerçeve modelinin kat öteleme değeri, dolgu duvarlı çerçeve modelinin kat öteleme değerinden daha büyük çıkmıştır. Dolgu duvarsız çerçeve modelinin öteleme değeri ise ilk katı dolgu duvarsız modelin kat ötelemesi değerinden daha fazla olmuştur.
- Dolgu duvarların sisteme katılmasıyla, yapı sisteminde daha az yer değiştirme olduğu gözlenmiştir.
- Kolonlar için yapılan hasar bölgelerinin karşılaştırılmasında, dolgu duvarsız ve dolgu duvarlı çerçeve modellerinde kolonların % 77.8'i minimum hasar bölgesinde kalmıştır. Diğer hasar bölgelerini karşılaştırdığımızda, dolgu duvarsız modelde kolonların % 7.4'ü belirgin hasar bölgesinde, %14.8'i ise ileri hasar bölgesinde kalırken, dolgu duvarlı modelde ise kolonların % 22.2'si belirgin hasar bölgesinde kalmıştır.
- Kirişler için yapılan hasar bölgelerinin karşılaştırılmasında dolgu duvarsız çerçeve modelinde kirişlerin % 66.7'si minimum hasar bölgesinde, % 33.3'ü ise belirgin hasar bölgesinde kalmıştır. Dolgu duvarlı modelde ise kirişlerin tamamı minimum hasar bölgesinde kalmıştır.

Elde edilen analizler sonucunda dolgu duvarların, yapı parametrelerinde meydana getirdiği değişiklikler elde edilmiştir. Dolgu duvarların etkisi sistem çözümlemesinde dikkate alınmasa da yapı sisteminin yatay rijitliğini arttırmasından dolayı tercih edilmelidir. Yapı sistemleri projelendirilirken, dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız olarak ayrı ayrı hesaplamalar ve analizler yapılmalıdır. Her iki durum için en elverişsiz koşullar altında eleman boyutlandırılması ve donatı seçimi yapılmalıdır.

Kaynaklar

Celep, Z., (2009). "Betonarme yapılar", Beta dağıtım, 5. baskı, İstanbul.

Celep, Z., (2014). "Betonarme taşıyıcı sistemlerde doğrusal olmayan davranış ve çözümleme", Beta dağıtım, İstanbul.

Celep, Z. ve Kumbasar, N., (2004). "Deprem mühendisliğine giriş ve depreme dayanıklı yapı tasarımı", Beta Dağıtım, İstanbul.

Chopra, A. K., (2001). Dynamics of Structures: Theory and applications to earthquake engineering, Englewood Cliffs, NJ.

DBYYHY (2007). "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik. Ankara".

Dhanasekar, M., and Page, A.W., (1986). The Influence of Brick Masonary Infill Properties on the Behavior of Inılled Frames. Proc. Instn. Civ. Engrs, Part 2, pp. 593-605.

Ersoy, U., ve Uzsoy, S., (1971). The Behaviour and Strength of İnfilled Frames, Report No. MAG-205, TÜBİTAK, Ankara, Turkey.

Govindan, P., Lakshmıpaty, M., Santhakumar, A. R., (1986). "Ductility of infilled frames", A.C.I. Journal, pp. 567-576.

İrtem E., Türker K. ve Hasgül U., (2004). "Türk deprem yönetmeliğinin performans hedeflerinin lineer olmayan statik analiz yöntemleri ile değerlendirilmesi", *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi,* 4 (4), 3-13.

İlki, A. ve Celep, Z., (2011). Betonarme Yapıların Deprem Güvenliği, ODTÜ, Ankara.

Korkmaz, A., Uçar T. ve İrtem E., (2006). "Yumuşak kat düzensizliğinin ve dolgu duvarların betonarme binaların deprem davranışına etkileri", IMO Teknik Kongre, Antalya.

Mallick, D.V. and Severn, R.T., (1967). The Behaviour of infilled Frames under static loading. Institution of Civil Engineering, Vol 38 pp 639-956.

Negro, P., Colombo, A., (1997). "Irregularities induced by nonstructural masonry panels in framed buildings", Engineering Structures, 17(7), 576-585.

Özcebe, G., Yakut, A., Binici, B. ve Demirel, İ.O., **(**2013). Dolgu Duvarların Deprem Davranışına Etkisi*, 2. Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı,* Hatay.

Polyakov, S. V., (1956). "Masonry in Framed Buildings; An Investigation into the Strength and Stiffness of Masonry Infilling (English Translation)", Moscow, 1957.

Saneinejad, A., and Hobbs, B.,(1995). Inelastic Design of Infilled Frames. Journal of Structural Engineering 121: 4, 634-650.

SAP 2000 v15, "Structural analysis program, Computers and Structures, Berkeley, California"

Sivri, M., Demir, F. ve Kuyucular, A., (2006). "Dolgu duvarlarının çerçeve yapının deprem davranışına ve göçme mekanizmasına etkisi", *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10 (1), 109-115.

Stafford-Smith, B.,(1962). "Lateral Stiffness of Infilled Frames," Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 88.

Taşligedik, 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.

Tekeli, H., Demir, F. ve Akyürek, O., (2015). "Betonarme bina performansa dolgu duvarların etkisi*", 8. ulusal deprem mühendisliği konferansı* 11-15 Mayıs, İstanbul (s.275-285).

TS500 (2000), "Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları", TSE, Ankara.

Zarnic, R., and Tomasevic, M., (1995). "Modelling of response of masonry infilled frame, 10th European Conference on Earthquake Engineering, Rotterdam".

Effect of infill walls on earthquake behavior of reinforced concrete structures with different floors

Extended abstract

In this study, it is evaluated the contribution of infill walls to reinforced concrete buildings. For this purpose, three-storey, five-storey and seven-story reinforced concrete buildings are modeled. These buildings has two spans on both directions; 4 m in the x direction and 5 m in the y direction. C25 concrete class and S420 reinforcing steel class was selected. It is assumed that the buildings are located on second degree earthquake zone. The building importance factor and local site class is considered as I = 1.0 and Z2, respectively. The structural system behavior factor R was taken as 8.

These models are redesigned in three different type in itself. The first model is a bare frame model. The second model is the frame model which is absence of infill walls on the first floor and have infill walls on other floors. The third model is the frame model having infill walls on all floors. Also, the column and beam dimensions were selected as 40x40 cm and 25x50 cm, respectively. The values of the stirrup spacing were calculated separately for the mid zone and the confinement zone of the columns. In the models, the infill walls are designed as equivalent compression strut.

Linear analysis method is used for analyses of the models. As a result of the analysis, interstory drifts, displacement values are determined and graphics are drawn for all models according to obtained values.

When the analysis results were examined, it was seen that displacement values of the third model was less than the first model. In addition to this, the displacement value of the second model was smaller than the displacement value of the first model, and it was larger than the displacement value of the third model.

Also, interstory drift ratios were compared. According to the obtained results, maximum interstory drift ratios were acquired for the first model. The results of the interstory drift ratios of the second and third model are close to each other for three and five-storey buildings.

In addition, demand/capacity ratios of these models were calculated and damage zones were determined. And the effect of the change in the number of floors on the structure with infill wall and without infill wall was determined too. With the increase in the number of floors, the displacement and interstory drifts values increased in direct proportion.

As a result of this study, the effect of infill walls in reinforced concrete structures were investigated in terms of displacement and interstory drifts. And the analysis results demonstrated that the infill walls reduce the displacement and interstory drifts values. Also, infill walls contributed positively to the rigidity and strength of the models.

Keywords: *reinforced concrete building, infill walls, equivalent compression strut*