

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/331940438>

Betornarme Bina Performansina Dolgu Duvarlarin Etkisi

Conference Paper · May 2015

CITATIONS
0

READS
47

3 authors:



Osman Akyürek

Nevşehir Hacı Bektaş Veli University

10 PUBLICATIONS 17 CITATIONS

SEE PROFILE



Hamide Tekeli

T.C. Süleyman Demirel University

46 PUBLICATIONS 106 CITATIONS

SEE PROFILE



Fuat Demir

T.C. Süleyman Demirel Üniversitesi

56 PUBLICATIONS 664 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



An Alternative Recommendation for Accidental Torsional Irregularity [View project](#)



Suleyman Demirel University [View project](#)

BETONARME BİNA PERFORMANSINA DOLGU DUVARLARIN ETKİSİ

THE EFFECTS OF INFILL WALL ON RC BUILDING PERFORMANCE

Osman AKYÜREK¹, Hamide TEKELİ², Fuat DEMİR³

ÖZET

Çalışma kapsamında, bina planındaki dolgu duvar yerleşimi farklılıklarının binanın davranışına ve deprem performansına olan etkisi incelenmiştir. Bu amaçla farklı açıklık ve kat sayısına sahip taşıyıcı sistemi simetrik olan konut türü betonarme binalar seçilmiştir. Dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız olarak tasarlanan bu binaların deprem performansı doğrusal elastik olmayan değerlendirme yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Dolgu duvar miktarı ve yerleşimi değişiminin binanın kapasite eğrisi, birinci kat kolonlarına ait hasar dağılımı, bina performans seviyesi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlardan özellikle dolgu duvar yerleşiminin simetrik olmaması durumunda dolgu duvarların dikkate alınarak değerlendirmelerin yapılmasının uygun olacağı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Dolgu duvar, performans seviyesi, betonarme bina

ABSTRACT

The effects of infill walls on behavior of buildings and seismic performance were examined in this study. The number of span and story in the selected model RC buildings were varied. The seismic performances of RC buildings with and without infill wall were determined by using nonlinear method. The effects of rate and replacement of infill wall on inter story drift, torsional irregularity coefficient, capacity curve, damage level of columns in the base floor, building performance level were investigated in the model buildings. The obtained results showed that dissymmetrical replacement of infill wall in the building should be taken into account in structural analysis.

Keywords: Infill wall, performance, reinforced concrete building

¹İnş. Yük. Müh, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, akyurekosman42@gmail.com

²Yrd. Doç. Dr., Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, hamidetekeli@gmail.com

³Prof. Dr., Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, fuatdemir@sdu.edu.tr

GİRİŞ

Yurdumuzda meydana gelen depremlerin büyük hasarlara neden olmasının en önemli sebeplerden biri, hangi yılda yapılmış olursa olsun binaların deprem etkileri yeterince dikkate alınmadan tasarlanmış olmalarıdır. Bu nedenle mevcut binalarımızın büyük çoğunluğu yeterli deprem performansına sahip değildir. Meydana gelmesi muhtemel bir depremde ortaya çıkabilecek deprem zararlarının en aza indirilebilmesi için, öncelikle güvenlik riski olan binaların belirlenmesi gerekir.

Ülkemizdeki deprem kayıplarının, gelişmiş ülkelere göre çok daha büyük boyutlarda olması, mevcut binaların deprem güvenliklerinin acilen belirlenmesini gündeme getirmiştir. Bu durum, "2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik" e (DBYBHY 2007) mevcut binaların değerlendirilmesi ile ilgili bir bölümün ilave edilmesine neden olmuştur. DBYBHY 2007, mevcut binaların değerlendirilmesinde, bu yönetmeliğin 7. bölümünde verilen esasların kullanılmasını zorunlu kılmaktadır.

Dolgu duvarlar betonarme yapı sistemlerinde genellikle yapıyı bölümlere ayırmak için kullanılsa da yapının yanal yük dayanımını, rijitliğini ve enerji dağıtma kapasitesini bir miktar artırdığı bilinmektedir (Altın vd., 1992; Celep ve Gençoğlu, 2003; İrtem vd., 2005; Kaltakçı ve Arslan, 2005; Karşlıoğlu, 2005; Özdoğu, 2006; Mulgund ve Kulkarni, 2011; Yakut vd., 2013). Bu olumlu etkilerin hesaplamalarda dikkate alınmaması güvenli tarafta kalındığını düşündürse de bazı durumlarda olumsuzluklara da neden olabilmektedir. Planda ve düşeydeki düzensiz dolgu duvar yerleşimi, yapıda ilave burulma, yumuşak kat ve kısa kolon davranışı gibi olumsuzlukların oluşmasına da neden olabilmektedir (Beklen, 2009; Güder, 2012). Beklen (2009) yaptığı çalışmada, taşıyıcı eleman olarak dikkate alınmayan dolgu duvarların binanın deprem davranışına olan olumlu ve olumsuz etkilerini incelemiştir. Bu amaçla, 5 ve 10 katlı bina modelleri, farklı kolon boyutları dikkate alınarak yanal yük altında çözümlenmiştir. Bu binalarda dolgu duvar malzemesi olarak tuğla ve gazbeton kullanılmıştır. Dolgu duvarlar eşdeğer basınç çubuğu ile modellenmiştir. Dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız çerçevelerin analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Ayrıca, düzlem çerçeve ve üç boyutlu çerçevede dolgu duvarın olumsuz etkileri olan kısa kolon, yumuşak kat ve burulma düzensizliği araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlarda, dolgu duvarların yapısal özelliklerinin doğru olarak belirlenerek yapı modellemelerine dahil edilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Güder (2012) tarafından yapılan çalışmada ise, DBYBHY 2007'nin kurallarına uygun olarak tasarlanan bir konut binasının analiz modeline diyagonal duvar elemanlarının eklenmesiyle yönetmelikte belirtilen "yumuşak kat düzensizliğinin" ne ölçüde değiştiği gösterilmiş ve yine yönetmelik kurallarına uygun olarak "doğrusal olmayan eşdeğer artımsal itme analizi" için dolgu duvarların etkisi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlardan dolgu duvarın modellemelerde dikkate alınmasıyla yumuşak kat düzensizliğinin ortaya çıktığı vurgulanmıştır.

Yapılan çalışma kapsamında, bina planındaki dolgu duvar yerleşimlerinin simetrik olması ve olmaması durumunun ve dolgu duvar miktarı değişiminin binanın davranışına ve deprem performansına olan etkisi incelenmiştir. Bu amaçla farklı kat sayısına sahip taşıyıcı sistemi simetrik olan konut türü betonarme binalar seçilmiştir. Farklı yerleşime sahip dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız olarak tasarlanan bu binaların deprem performansı doğrusal elastik olmayan değerlendirme yöntemi kullanılarak belirlenmiştir.

BİNA DEPREM PERFORMANS SEVİYESİNİN DOĞRUSAL ELASTİK OLMAYAN YÖNTEM İLE BELİRLENMESİ

Belirli bir deprem etkisi altında, bir binada oluşabilecek hasarların düzeyine ve dağılımına bağlı olarak belirlenen yapı güvenliği durumu performans olarak tanımlanmaktadır. Mevcut binaların deprem performansının belirlenebilmesi için DBYBHY 2007, doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan yöntemlerin kullanımını önermektedir. Doğrusal elastik yöntem kuvvet esaslı iken, doğrusal elastik olmayan yöntem şekil değiştirme esaslıdır. Bu nedenle, doğrusal elastik olmayan yöntemde, elemanın hasar seviyesine, beton ve donatının şekil değiştirme değerlerinin, DBYBHY 2007'de tanımlanan sınır şekil değiştirme değerleriyle karşılaştırılması ile karar verilir. Elemanın hasar seviyesinden kat performans seviyesi, kat performans seviyesinden de bina performans seviyesi belirlenmektedir.

Yönetmelikte doğrusal elastik olmayan davranışın idealleştirilmesinde yığılı plastik davranış modeli esas alınmıştır. Basit eğilme durumunda plastik mafsallı hipotezine karşı gelen bu modelde,

çubuk eleman olarak idealleştirilen kiriş, kolon ve perde türü taşıyıcı sistem elemanlarındaki iç kuvvetlerin plastik kapasitelerine eriştiği sonlu uzunluktaki bölgeler boyunca, plastik şekil değiştirmelerin düzgün yayılı biçimde olduğu varsayılmaktadır. Yapılan çözümlerinde DBYBHY 2007'nin öngördüğü şekilde plastik mafsallı boyu olarak adlandırılan eşdeğer plastik şekil değiştirme bölgesinin uzunluğu (L_p), çalışan doğrultudaki kesit boyutu (h)'nin yarısına eşit alınmıştır ($L_p = 0.5 h$). Yönetmelik, sargılı beton için Mander modelini önermektedir.

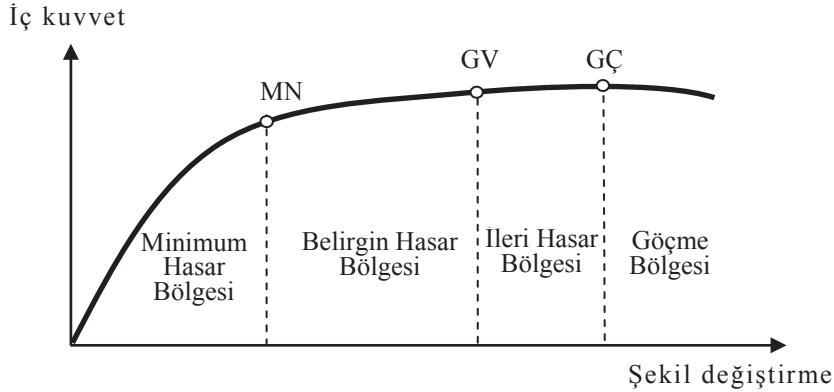
Doğrusal elastik olmayan çözümlerde yapılan itme analizi ile koordinatları “taban kesme kuvveti-tepe yerdeğiştirme” olan kapasite eğrisi elde edilir. Kapasite eğrisinin koordinatları “modal yerdeğiştirme – modal ivme” koordinatlarına dönüştürülerek modal kapasite eğrisi elde edilmelidir. Binanın performans seviyesini belirleyebilmek için, öncelikle binanın hedef yerdeğiştirme istemi hesaplanmalıdır. Eleman hasarına karar verebilmek için, binanın bu tepe yerdeğiştirme istemi seviyesindeki eleman kesitlerine ait belirlenen beton ve donatı şekildeğiştirme değerleri yönetmelikte verilen sınır değerlerle kıyaslanır. DBYBHY 2007’de, plastik şekildeğiştirmelerin hasar seviyesi için izin verilen üst sınırları Denklem (1), Denklem (2) ve Denklem (3)’teki gibi tanımlanmaktadır. Bu denklemlerde verilen değerler sırasıyla, beton basınç birim şekildeğiştirmesinin (birim kısalması) ve donatı çeliği birim şekildeğiştirmesinin (birim kısalması ve uzaması) üst sınırlarını temsil etmektedir. Burada MN minimum hasar sınırını, GV güvenlik hasar sınırını, GÇ göçme hasar sınırını, ρ_s kesitte mevcut olan, ρ_{sm} ise kesitte bulunması gereken enine donatının hacimsel oranını göstermektedir.

$$(\epsilon_{cu})_{MN} = 0.0035 ; (\epsilon_s)_{MN} = 0.01 \quad (1)$$

$$(\epsilon_{cg})_{GV} = 0.0035 + 0.01 (\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.0135 ; (\epsilon_s)_{GV} = 0.040 \quad (2)$$

$$(\epsilon_{cg})_{GC} = 0.004 + 0.014 (\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.018 ; (\epsilon_s)_{GC} = 0.060 \quad (3)$$

Hesaplanan şekildeğiştirmelerin, sınır değerler ile karşılaştırılması sonucunda, kesitlerin hangi hasar bölgelerinde olduğuna karar verilmektedir. Eleman hasarı, elemanın en fazla hasar gören kesitine göre belirlenir. Kritik kesitlerinin hasarı MN’ye ulaşmayan elemanlar için Minimum Hasar Bölgesi’nde, MN ile GV arasında kalan elemanlar için Belirgin Hasar Bölgesi’nde, GV ve GÇ arasında kalan elemanlar için İleri Hasar Bölgesi’nde, GÇ’yi aşan elemanlar için ise Göçme Bölgesi’nde yer alırlar (Şekil 1).

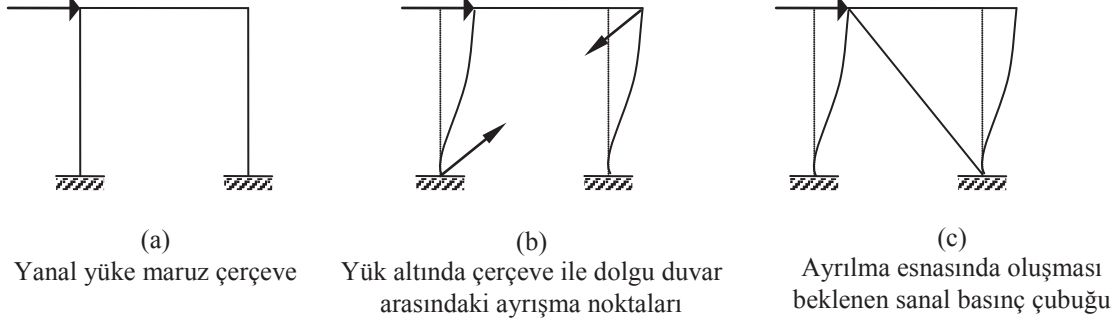


Şekil 1. Eleman hasarının belirlenmesi

Binanın performans seviyesi, tepe yerdeğiştirme istemi seviyesinde taşıyıcı elemanlarda tanımlanan hasar seviyelerine göre belirlenir. Binanın deprem güvenliğinin yeterli olup olmadığına çözümlerden elde edilen performans seviyesinin hedef bina performansı ile kıyaslanması ile karar verilir. Çalışmada konut türü binalar incelendiği için hedef performans olarak can güvenliği (CG) seviyesi dikkate alınmıştır.

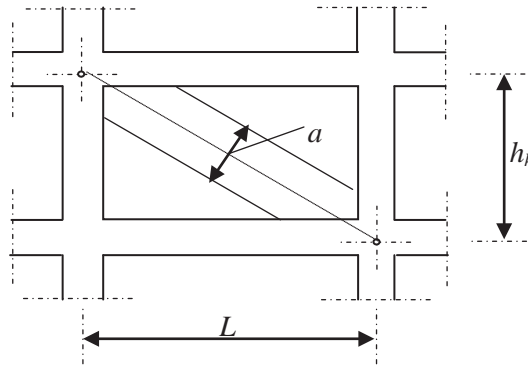
DOLGU DUVARLARIN MODELLENMESİ

Deprem yükü altında ötelenen çerçevenin bir yüzünde dolgu duvar ile çerçeve arasında ayrışma meydana gelirken, öbür yüzünde sanal bir basınç çubuğu meydana gelir (Şekil 2).



Şekil 2. Yatay yüke maruz çerçeve üzerindeki dolgu duvarın modellenmesi

Dolgu duvarların yapı davranışına katkısını dikkate almak için literatürde geliştirilmiş ve kabul görmüş farklı yöntemler mevcuttur. Bu metotlar arasında hesap kolaylığı açısından en çok tercih edilen yöntem, Polyakov (1956) tarafından geliştirilen dolgu duvarların diyagonal basınç çubuklarıyla modellenmesidir (Şekil 3).



Şekil 3. Dolgu duvarın eşdeğer basınç çubuğu olarak modellenmesi

Dolgu duvarların modellenmesinde kullanılacak eşdeğer basınç çubuğunun genişliği hesabı DBYBHY 2007'de Denklem (4) ve Denklem (5)'teki gibi önerilmiştir.

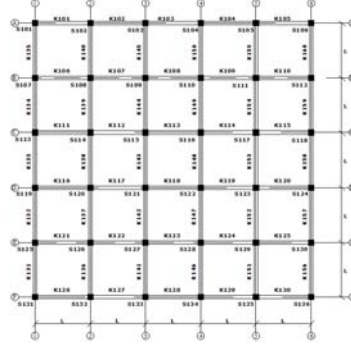
$$a_{duvar} = 0.175 \left(\frac{h_{duvar}}{r_{duvar}} \right)^{-0.4} r_{duvar} \quad (4)$$

$$\lambda_{duvar} = \left[\frac{E_{duvar} \theta t_{duvar} \sin^2 \theta}{4 E_c I_k h_{duvar}} \right]^{\frac{1}{4}} \quad (5)$$

Burada a_{duvar} , eşdeğer sanal basınç çubuğunun kalınlığını; h_k , çerçevenin yüksekliğini; L , çerçevenin genişliğini; E_c , betonun elastisite modülünü; E_{duvar} , duvarın elastisite modülünü; t_{duvar} , dolgu duvarın kalınlığını; θ , diyagonal çubuğunun açısını; r_{duvar} , dolgu duvarın köşegen uzunluğunu; h_{duvar} , dolgu duvarın yüksekliğini; I_k , kolonun atalet momentini ifade etmektedir.

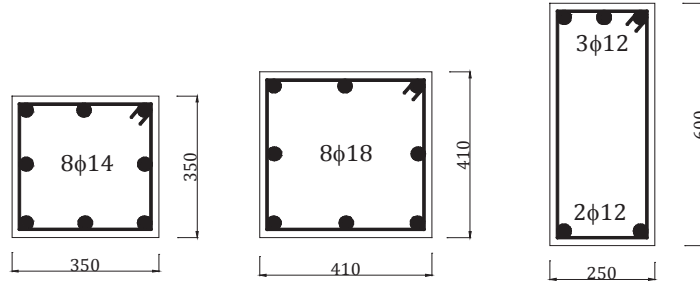
MODEL BİNALARIN TANITILMASI VE MODELLENMESİ

Çalışma kapsamında yapılan çözümlerlerde kullanılan model binaların açıklık sayıları 5×5, kat adetleri ise 3 ve 5 olarak seçilmiştir. Modellere ait kalıp planları Şekil 4’te verilmiştir. Bu model binanın açıklık mesafeleri 4 m ve kat yüksekliği 3 m olarak seçilmiştir. Her bir kat seviyesinde rijit diyafram etkisi dikkate alınmıştır.



Şekil 4. Seçilen model binaya ait kalıp planı

Model binaların beton sınıfı C20, donatı sınıfı S420, sargı donatısı Ø8/100 mm olarak dikkate alınmıştır. Üç katlı bina modeline ait kolon boyutları 350mm×350mm, beş katlı bina modeline ait kolon boyutları 410mm×410mm, tüm bina modellerine ait kiriş boyutları ise 250mm×600mm olarak seçilmiştir. Eleman boyutları tüm katlarda aynı olacak şekilde dikkate alınmıştır. Kolon elemanlara ait donatı oranı %1-1.2 arasında seçilmiştir. Kolon ve kiriş elemanlara ait donatı yerleşimlerinin detayları Şekil 5’te verilmiştir.

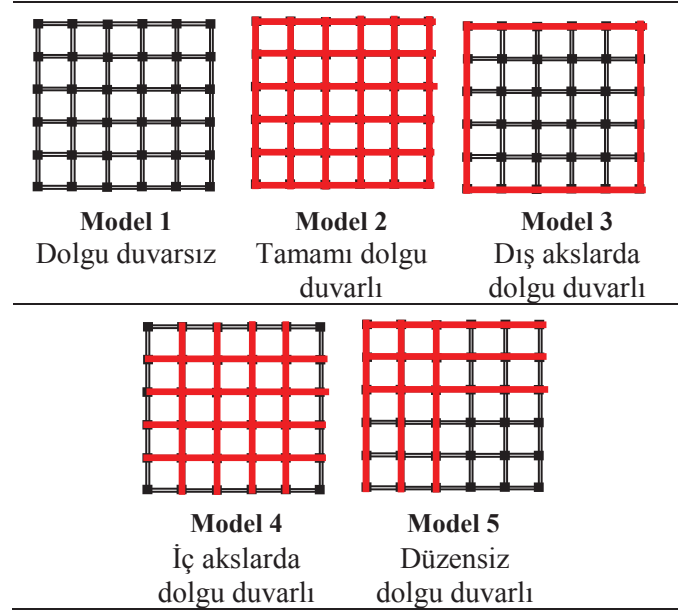


Şekil 5. Kolon ve kiriş elemanlara ait kesit özellikleri ve donatı yerleşimi

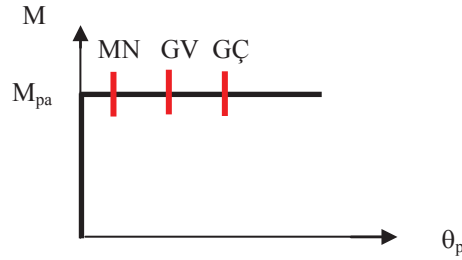
Model binalar öncelikle dolgu duvarsız olarak dikkate alınmıştır. Daha sonra planda dört farklı dolgu duvar yerleşimi öngörülmüştür. Oluşturulan modeller yardımıyla dolgu duvar miktarı ve yerleşimi değişiminin yapısal davranış ve performans üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Farklı dolgu duvar yerleşimlerine ait görünüm Şekil 6’da verilmiştir. Model binalar öncelikle dolgu duvarsız olarak dikkate alınmıştır (Model 1). Daha sonra planda dört farklı dolgu duvar yerleşimi öngörülmüştür. Model 2 tüm açıklıklarda, Model 3 sadece dış akslarda, Model 4 sadece iç akslarda dolgu duvarın tanımlandığı modellere karşılık gelmektedir. Model 2, Model 3 ve Model 4’te verilen dolgu duvar yerleşimleri simetriktir. Model 5’te ise simetrik olmayan düzensiz bir dolgu duvar yerleşimi öngörülmüştür. Model binalardan elde edilen sonuçlar ile hem dolgu duvar yerleşiminin hem de dolgu duvar miktarının davranışa ve incelenen parametrelere etkisi yorumlanabilmektedir.

Kesite ait plastik mafsalların tanımlanmasında, kesitin moment-dönme ilişkisinden yararlanılmıştır. Moment-dönme ilişkisi, moment-eğrilik ilişkisinden yararlanarak elde edilmiştir. Bunun için, 2007 DBYBHY’ de önerilen yığılı plastik davranış modeli kullanılmıştır. Yapılan çözümlerlerde Deprem Yönetmeliğinin öngördüğü şekilde plastik mafsallık boyu olarak adlandırılan plastik şekil değiştirme bölgesi’ nin uzunluğu (L_p), çalışan doğrultudaki kesit boyutu (h)’nin yarısına eşit alınmıştır ($L_p = 0.5 h$). Bunun yanında BESAM programında kesit hasar sınırları, 2007 DBYBHY’ de verildiği şekliyle dikkate alınmıştır.

Programda, şekil değiştirme sınırlarına karşılık gelen moment-dönme değerleri belirlenerek, elemanların hasar sınırları plastik mafsallarda tanımlanmıştır (Şekil 7). Çözümlenmelerde kolon elemanlara PM_2M_3 , kiriş elemanlara M_3 ve duvar elemanlara P mafsalı atanmıştır.



Şekil 6. Model bina için dolgu duvar yerleşimi



Şekil 7. Kesite ait moment-dönme ilişkisi üzerinde sınır değerlerin tanımlanması

Modellemede kullanılan dolgu duvarlara ait yapısal özellikler Tablo 1’de, mafsalları özellikleri ise Tablo 2’de verilmiştir.

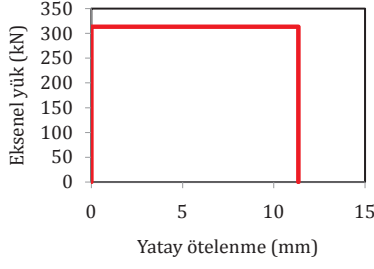
Tablo 1. Model binalarda kullanılan dolgu duvar özellikleri

Kat adedi	Kolon boyutu (cm)	Kiriş boyutu (cm)	H (mm)	L (mm)	H_{dolgu} (mm)	L_{dolgu} (mm)	r_{dolgu} (mm)
3	35/35	25/60	3000	4000	2700	3650	4540
5	41/41	25/60	3000	4000	2700	3590	4492

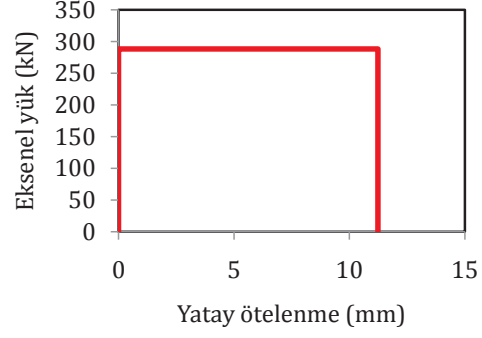
Tablo 2. Model binalarda kullanılan dolgu duvarın mafsalları özellikleri

Kat adedi	t_{duvar} (mm)	a_{duvar} (mm)	Eksenel yük kapasitesi (kN)	Şekil değiştirme (mm)
3	200	630	313.51	11.35
5	200	580	288.55	11.23

Model binalarda kullanılan dolgu duvar eksenel yük-yatay ötelenme ilişkileri Şekil 8’ de verildiği gibi dikkate alınmıştır.



(a) 3 katlı bina

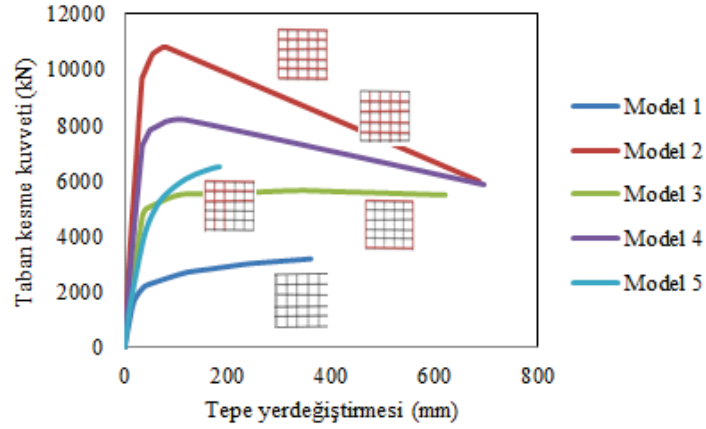


(b) 5 katlı bina

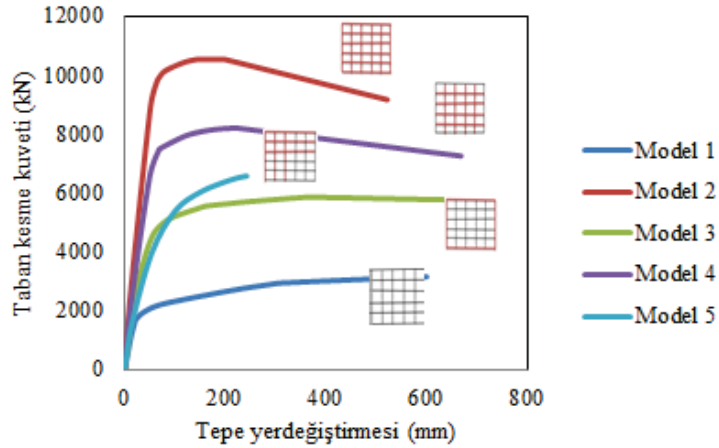
Şekil 8. Model binalarda tanımlanan dolgu duvar eksenel yük mafsalsının özellikleri

ARAŞTIRMA BULGULARI

Çalışma kapsamında seçilen model binaların performans değerlendirmesi “Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi İle İtme Analizi” yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Öncelikle binanın, kütlelerle uyumlu düşey yükler altında doğrusal olmayan statik analizi yapılmıştır. Bu analizin sonuçları, yatay yük ile uygulanan artımsal itme analizinin başlangıç koşulları olarak dikkate alınmıştır. Yapılan analizler sonucunda model binalara ait elde edilen kapasite eğrileri 3 katlı model binalar için Şekil 9’da, 5 katlı model binalar için ise Şekil 10’da karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



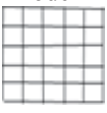

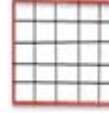
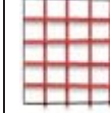
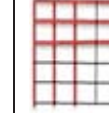
Şekil 9. Üç katlı model binalara ait kapasite eğrilerinin kıyaslanması



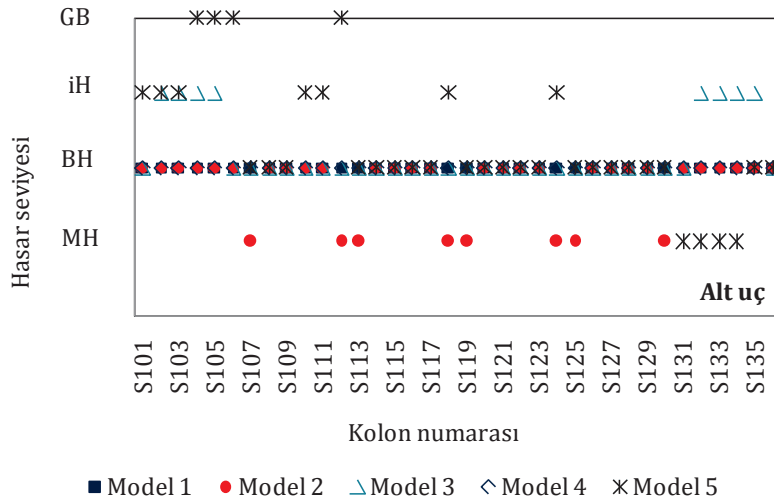
Şekil 10. Beş katlı model binalara ait kapasite eğrilerinin kıyaslanması

Elde edilen sonuçlardan, A_{duvar}/A_{kat} oranına bağlı olarak kesme kuvveti kapasitesindeki % olarak artış miktarları Tablo 3'te verilmiştir.

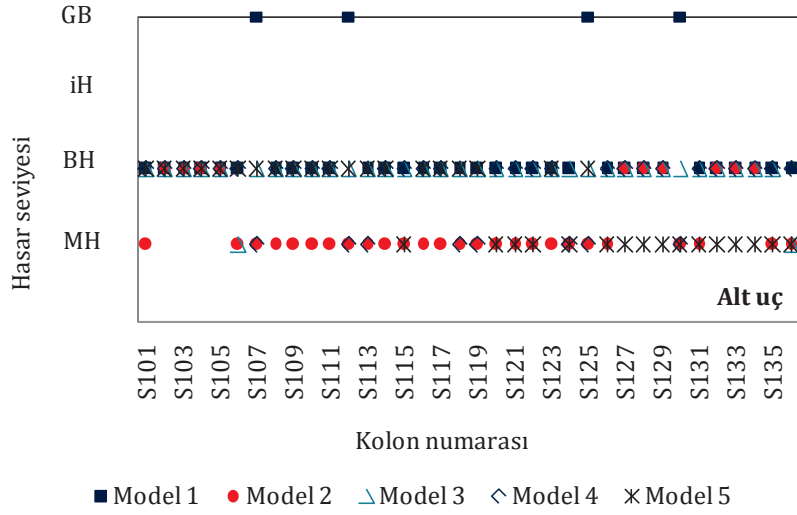
Tablo 3. Model binaların kesme kapasitesi değerlerinin kıyaslanması

	Kat adedi	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5
						
		Dolgu duvarsız	Tamamı dolgu duvarlı	Dış akslarda dolgu duvarlı	İç akslarda dolgu duvarlı	Düzensiz dolgu duvarlı
A_{duvar}/A_{kat}	3	0.00	0.12	0.04	0.08	0.06
V_{bina} (kN)		2700	10800	5550	8000	6000
Yüzde artış		-	300	106	196	122
A_{duvar}/A_{kat}	5	0.00	0.12	0.04	0.08	0.06
V_{bina} (kN)		2800	10500	5500	8100	6200
Yüzde artış		-	275	96	189	121

Yapılan tüm çözümlerde, kolon üst uç hasarının MH seviyesinde kaldığı görülmüştür. Kolon alt ucu hasarı ise dolgu duvarın durumuna bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Model binaların birinci kat kolonlarına ait hasar dağılımı 3 katlı bina için (kolon boyutları 35×35) Şekil 11'de, 5 katlı bina için (kolon boyutları 41×41) Şekil 12'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar genel olarak incelendiğinde sisteme dolgu duvar ilave edilmesi ile elemanlarda meydana gelen hasar seviyesinin azaldığı görülmüştür. Ancak simetrik olmayan yerleşime sahip Model 5 binasında kolon elemanlarda rijitlik değişimine bağlı olarak ortaya çıkan hasar seviyeleri bazı kolonlarda artarken bazı kolonlarda azalmaktadır.



Şekil 11. 3 katlı model binanın birinci kat kolonları alt ucuna ait hasar seviyeleri



Şekil 12. 5 katlı model binanın birinci kat kolonları alt ucuna ait hasar seviyeleri

Birinci kat kolon hasarlarının kat içerisinde % olarak dağılımı 3 katlı model bina için Tablo 4'te, 5 katlı model bina için Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 4. Üç katlı modelin birinci kat kolonlarına ait hasar dağılımları

	Model 1		Model 2		Model 3		Model 4		Model 5	
	Dolgu duvarsız		Tamamı dolgu duvarlı		Dış akslarda dolgu duvarlı		İç akslarda dolgu duvarlı		Düzensiz dolgu duvarlı	
	Adet	%	Adet	%	Adet	%	Adet	%	Adet	%
MH	0	0	3	19	0	0	0	0	0	0
BH	16	100	13	81	12	75	16	100	7	44
İH	0	0	0	0	4	25	0	0	5	31
GB	0	0	0	0	0	0	0	0	4	25
Toplam	16	100	16	100	16	100	16	100	16	100

Tablo 5. Beş katlı modelin birinci kat kolonlarına ait hasar dağılımları

	Model 1		Model 2		Model 3		Model 4		Model 5	
	Adet	%	Adet	%	Adet	%	Adet	%	Adet	%
	Dolgu duvarsız		Tamamı dolgu duvarlı		Dış akslarda dolgu duvarlı		İç akslarda dolgu duvarlı		Düzensiz dolgu duvarlı	
MH	0	0	12	75	1	6	3	19	1	6
BH	14	88	4	25	15	94	13	81	15	94
İH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GB	2	13	0	0	0	0	0	0	0	0
Toplam	16	100	16	100	16	100	16	100	16	100

Yapılan SAP 2000 çözümlerinden kesitlere ait elde edilen hasar seviyesi sonuçları DELOP programına aktarılarak, gerekli kontroller yapılmış ve binaya ait performans seviyesi belirlenmiştir. Model binalara ait elde edilen performans seviyesi sonuçları Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6. Model binaların performans seviyesi sonuçları

	A_{duvar}/A_{kat}	Performans seviyesi	
		3 katlı	5 katlı
Model 1	0	CG	GD
Model 2	0.120	CG	CG
Model 3	0.040	GÖ	CG
Model 4	0.080	CG	CG
Model 5	0.060	GD	CG

SONUÇ

Yapılan çalışmada taşıyıcı sistem modellemesinde dolgu duvarların dikkate alınmasının bina performansına olan etkisi incelenmiştir. Taşıyıcı sistemi düzenli betonarme binalara farklı dolgu duvar yerleşimleri yapılarak model binalar oluşturulmuştur. Oluşturulan tüm modellerin doğrusal elastik olmayan yöntem (Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi İle İtme Analizi) ile performans değerlendirmeleri yapılmıştır. Çözümlenmelerden elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

1. Dolgu duvarlı binaların kesme kuvveti kapasiteleri dolgu duvarsız binaya göre önemli derecede artış göstermiştir. Ancak dolgu duvar yerleşimi düzenli olmayan binada kararlı bir kapasite eğrisi elde edilememiş ve kapasite artışı daha düşük değerlerde kalmıştır.
2. Doğrusal elastik olmayan değerlendirme yöntemine göre belirlenen birinci kat kolon üst uç hasarının tüm modeller için MH seviyesinde kaldığı görülmüştür. Kolon alt ucu hasarı ise dolgu duvarın durumuna bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Elde edilen sonuçlar genel olarak incelendiğinde sisteme dolgu duvar ilave edilmesi ile elemanlarda meydana gelen hasar seviyesinin azaldığı görülmüştür. Ancak simetrik olmayan yerleşime sahip binadaki kolon elemanlarda rijitlik değişimine bağlı olarak ortaya çıkan hasar seviyeleri bazı kolonlarda artarken bazı kolonlarda azalmaktadır.
3. Üç katlı model binaların performans seviyesi sonuçları incelendiğinde, dolgu duvarsız çerçevenin CG performans seviyesini sağladığı gözlenmiştir. Planda simetrik yerleşimli dolgu duvarlara sahip binalarda performans seviyesi yine CG olarak karşımıza çıkmaktadır. Dolgu duvarların dikkate

alınmasının kolon elemanlarda ortaya çıkan hasar seviyesini azaltmasına rağmen, performans seviyesinde herhangi bir değişim görülmemiştir. Bunun nedeni kolon boyutlarının başlangıçta büyük seçilmesinden kaynaklanmaktadır. Ancak, düzensiz şekilde dolgu duvar yerleşimine sahip Model 5 binasının performans seviyesi GD olarak karşımıza çıkmaktadır. Planda düzensiz olarak yerleştirilen dolgu duvarların bulunduğu model binalarda rijitlik dağılımının değişmesiyle elemanlardaki kesme kuvveti dağılımı da değişmektedir. Bir taraftaki elemanlarda hasar seviyesi azalırken diğer tarafta artmaktadır. Performans seviyesinin GD çıkmasının nedeni bir ile dört adet arasında değişen elemanda GB hasar seviyesinin görülmesidir.

4. Beş katlı model binaların performans seviyesi sonuçları incelendiğinde ise, dolgu duvarsız çerçevenin GD performans seviyesini sağladığı gözlenmiştir. Dolgu duvar yerleşimi ile kolonlarda meydana gelen hasar seviyeleri azalarak binanın performans seviyesi CG olarak karşımıza çıkmaktadır. Düzensiz dolgu duvar yerleşiminin bulunduğu bina modelinde ise kolonlardaki hasarlar diğer dolgu duvarlı modellere göre artmasına rağmen performans seviyesi yine CG performans seviyesi sınırları içerisinde kalmıştır.

Sonuç olarak dolgu duvarlar yapının davranışını etkileyen elemanlardır. Özellikle taşıyıcı sistemi düzenli ancak dolgu duvar yerleşimi düzensiz olan binalarda kritik çözümü elde edebilmek için dolgu duvarların hesaplara dahil edilmesi önem arz etmektedir.

Teşekkür

Çalışmanın gerçekleşmesinde 111M119 numaralı proje ile maddi destek sağlayan TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Altın S, Ersoy U, Tankut T (1992) "Hysteretic response of reinforced concrete infilled frames", *Journal of Structural Engineering*, 118(8): 2133-2150.
- Beklen C (2009) Binalarda dolgu duvar etkisinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 126s., Adana.
- BESAM (2013) Betonarme Elemanlarda SArgı ve Modelleme Programı, Tübitak 111M119.
- DBYBHY (2007) Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- DELOP (2013) Doğrusal Elastik Olmayan Program, Tübitak 111M119.
- Demir F, Tekeli H, Güler K, Celep Z (2013) "Binaların deprem güvenliklerinin belirlenmesinde kullanılacak yeni bir yaklaşım", *Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Grubu*, 135s. Proje No: 111M119.
- Güder O (2012) Dolgu duvarların yapısal analizlerde göz önüne alınmasının düşey düzensizlik ve deprem performansına etkileri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 96s. İstanbul.
- İrtem E, Türker K, Hasgöl U (2005) "Dolgu duvarlarının betonarme bina davranışına etkisi", *İTÜ Mühendislik Dergisi*, 4(4):3-13.
- İrtem E, Türker K, Hasgöl U (2009) "Dolgu duvarlarının betonarme bina davranışına etkisi", *İTÜ Mühendislik Dergisi*, 8(6):133-145.
- Kaltakçı MY, Arslan MH (2005) "Taşıyıcı olmayan tuğla dolgu duvarların yapı davranış katsayısına olan etkisinin incelenmesi", *Kocaeli Deprem Sempozyumu*, 598-605.
- Karshoğlu Ö (2005) Çok katlı binalarda bulunan tuğla dolgu duvarların yapı davranışına etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Mulgund GV, Kulkarni AB (2011) "Seismic assesment of RC frame buildings with brick masonry infills", *International Journal Of Advanced Engineering Sciences And Technologies*, 2(2):140 – 147.
- Özdoğu OZ (2006) Deprem etkisi altındaki binaların davranışına dolgu duvarların etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Polyakov S (1956) Masonry in Framed Buildings, Gosudarstvennos Izdatel Stvo Literatry Po Stroitel Stvui Arkitektuze Moscow. Translated by Crains G.L.
- Yakut A, Binici B, Demirel Oİ, Özcebe G (2013) "Dolgu Duvarların Deprem Davranışına Etkisi", *Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, 25-27 Eylül– Mustafa Kemal Üniversitesi, Hatay.