

PAPER DETAILS

TITLE: Farkli Dolgu Duvar Malzemelerinin ve Planda Yerlesimlerinin Betonarme Bir Yapinin Davranisina Etkisi

AUTHORS: Sadrettin SANCIOGLU,Hasan Furkan SOYDOGAN,Hüsnü CAN

PAGES: 457-474

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/2100024>

Farklı Dolgu Duvar Malzemelerinin ve Planda Yerleşimlerinin Betonarme Bir Yapının Davranışına Etkisi

The Effect of Different Infill Wall Materials and Their Location in Plan on the Behaviour of a Reinforced Concrete Building

Sadrettin Sancioğlu¹ , Hasan Furkan Soydoğan² , Hüsnü Can¹ 

¹KTO Karatay Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, 42020 ve Konya, TÜRKİYE

²KTO Karatay Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Bölümü, 42020 ve Konya, TÜRKİYE

Başvuru/Received: 05/12/2021

Kabul / Accepted: 03/03/2022

Çevrimiçi Basım / Published Online: 31/07/2022

Son Versiyon/Final Version: 31/07/2022

Öz

Betonarme yapıların tasarım hesaplamalarında ve projelendirilmesinde her ne kadar dolgu duvarların etkisi ihmal edilse de dolgu duvarların yapının dayanımına ve rijitliğine etki ettiği bilinmektedir. Bu çalışmada boşluklu fabrika tuğlası ve gazbeton blok olmak üzere iki farklı dolgu duvar malzemesinin ve farklı duvar yerleşimlerinin betonarme çerçevesi taşıyıcı sisteme sahip x- yönünde altı açıklıklı y- yönünde üç açıklıklı on katlı simetrik bir yapıya etkisi araştırılmıştır. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018'e göre 16 adet model sonlu elemanlar yöntemi tabanlı çalışan SAP2000 programında incelenmiştir. Farklı malzemelere sahip dolgu duvarlar, özelliklerine göre tekli eşdeğer basınç çubuğu olarak programa tanımlanmıştır. Yapılan modeller üzerinde farklı dolgu duvar tiplerinin ve farklı dolgu duvar yerleşimlerinin betonarme çerçevesi bir yapının tepe noktası yatay ötelenmesine, görel kat ötelenmelerine, dayanımına, yatay ve düşey yükler altında yapı performans hedefine etkisi irdelenmiştir. Araştırma sonucunda dolgu duvar malzemesi tiplerinin ve dolgu duvar yerleşiminin yapının tepe noktası yatay ötelenmesini her iki yönde önemli miktarda azalttığı, yapının rijitliğini artırırken periyodunu düşürdüğü gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler

"Dolgu Duvar, Eşdeğer Basınç Çubuğu, Deprem Etkisi, TBDY-2018"

Abstract

It is known that infill walls affect the strength and rigidity of the structure, although their effect is neglected in the calculation and design of reinforced concrete structures. In this study, the effects of two different infill wall materials, namely vertically perforated brick and gas concrete block, and different wall locations on a ten-storey symmetrical structure with six spans in the x-direction and three spans in the y-direction with a reinforced concrete framed load-carrying system were investigated. According to Turkey Building Earthquake Code-2018, 16 models were examined in the SAP2000 program, which is based on the finite element method. Infill walls with different materials are defined in the program as a single equivalent pressure bar according to their properties. The effects of different infill wall types and different infill wall placements on the horizontal displacement of a reinforced concrete framed structure, relative storey drifts, strength, and the performance target of the building under horizontal and vertical loads were examined on the models made. As a result of the research, it was observed that infill wall material types and infill wall location significantly reduced the horizontal displacement of the structure in both directions, while increasing the rigidity of the structure and decreasing its period.

Key Words

"Infill Wall, Equivalent Strut Model, Earthquake Effect, TBEC-2018"

1. Giriş

Dolgu duvarların yapı dayanımını ve rijitliğini arttırması beklenir. Bundan dolayı emniyetli yönde kalacağı varsayımıyla dolgu duvarlar yapısal analizlerde göz önüne alınmazlar (Karabay, 1989). Betonarme yapılarda, dolgu duvarlar analizler de zati ağırlık olarak kesit hesaplarında dikkat edilse de yatay kuvvetlere karşı etkisi ihmal edilebilmektedir. Bu etki üzerinde analitik, numerik ve deneysel çalışmalar yapılmış ve çalışmalar sonucunda bu etki deprem yönetmeliklerine girmiştir. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018 (TBDY-2018) Bölüm 15'te bu etki tanımlanmıştır (TBDY-2018, 2018).

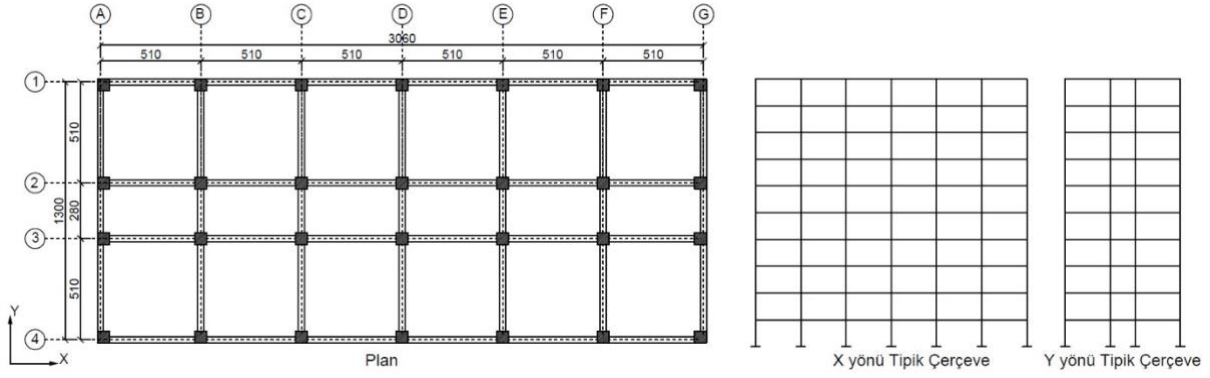
Dolgu duvarlarla ilgili daha önceki yapılan analitik çalışmalarda dolgu duvarları temsil etmesi için eşdeğer basınç çubuğu yaklaşımına dayalı modeller önerilmiştir (Madan ve diğerleri, 1997). Dolgu duvarların deprem performansına etki ettiği ve dünyada yürürlükte olan yönetmeliklerde bulunan hesaplarda dolgu duvarların etkisinin dahil edildiği bilinmektedir (Sucuoğlu, 2013). Dolgu duvarlarla ilgili deneysel çalışmalar yapılmış, dolgu duvarların yanal rijitliği arttırdığı, yanal ötelenmeleri ve görel kat ötelenmelerini azalttığı, eşdeğer basınç çubuğu yaklaşımının, dolgu duvarların modellenmesinde kullanılabileceği görülmüştür (Baran, 2012; Demirel, Yakut, Binici ve Canbay, 2015). Aykaç ve diğerleri, 2017'de yaptıkları deneysel çalışmada mevcut tuğla duvarların her iki yanına delikli levhalar yerleştirilerek tuğla duvarların dayanımını arttırmayı hedeflemişlerdir. Aksoylu ve Kara, 2020'de yaptıkları çalışmada çeşitli panel konfigürasyonları ile güçlendirilmiş dolgu duvarlı betonarme çerçevelerle ilgili çalışma yapmış, yanal yük taşıma kapasitesinin ve enerji yayma kapasitesinin arttığını gözlemlemişlerdir. Alhalil ve Güllü, 2021'de yaptıkları çalışmada dolgu duvarları eşdeğer diyagonal basınç elemanları kullanılarak temsil edilmiş ve yükseklik boyunca asimetrik olarak yerleştirilen güçlendirilmemiş yığma dolgu duvarların betonarme yapı sistem davranışı üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Dolgu duvarların yapısal sistemin kat yer değiştirmelerini azaltmada faydalı etkilere sahip olduğu gözlemlemişlerdir. Bu durum dolgu duvarların yapısal sistem yanal rijitliği üzerinde katkı sağlayıcı etkisinden kaynaklanmaktadır.

Dolgu duvarlarla ilgili yapılan numerik çalışmalarda sonlu elemanlar yöntemi tabanlı programlar kullanılmıştır (Crisafulli, Carr ve Park, 2000; Yakut, Binici, Demirel ve Özcebe, 2013). Bu çalışmalarda literatürde önerilen ancak deneysel olarak bulunamayan eşdeğer basınç çubuklarının yönleri bulunmuş ve eşdeğer basınç çubuklarının eğiminin kullanılacak dolgu malzemesinin kesit boyutuna, tipine ve düzenine bağlı olarak değiştiği gözlenmiştir (Guerrero ve diğerleri, 2014; Öztürkoglu, Uçar ve Yeşilce, 2015; Yiğit, Erdil ve Akkaya, 2019). Buna bağlı olarak eşdeğer basınç çubuğunu kesit boyutunun bir fonksiyon olarak türetilebileceği görülmüştür (Papia, Cavaleri ve Fossetti, 2003). Eşdeğer basınç çubuğu, yalnızca bir değil, birden fazla çubukla oluşturulduğunda yine dolgu duvarın davranışını temsil ettiği ve hatta birden fazla basınç çubuğuyla oluşturulan dolgu duvar modelinin, duvarın davranışını daha iyi tahmin ettiği gözlenmiştir (Durmazgezer, 2013; Kaushik, Rai ve Jain, 2008; Uysal, 2013). Dolgu duvarların dayanımı ve yanal rijitliği arttırdığı; yapının tepe noktası ötelenmesini ve görel kat ötelenmelerini azalttığı numerik çalışmalarla bulunmuştur (Çavdar, Köse ve Sunca, 2020; Kızıloğlu, 2006; Tekin, Alsancak ve Ay, 2007). İtme analizlerinde dolgu duvarların bina performans hedefinin sağlanmasında, yapıya gelen deprem etkisinin sönümlenmesinde ve yapıda mafsallı oluşumuna kayda değer miktarda etkisi olduğu da yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (Bayrak ve Bıkçe, 2019; Korkmaz ve Uçar, 2006). Ayrıca düzenli dolgu duvar yerleşiminin yapıda burulma açısından dayanım ve güvenliği büyük ölçüde arttırdığı gözlemlenmiştir (Sivri, Demir ve Kuyucular, 2006). Genel olarak yapılan çalışmalara bakıldığında zaman dolgu duvarların yatay kuvvetlere etkisinin olduğu ve bu etkinin yapısal analiz yapılırken dikkate alınmasının gerekliliği ortaya konulmuştur. TBDY-2018 Bölüm 15'te gösterilen eşdeğer basınç çubukları ile yapılan modelleme, dolgu duvarların yatay kuvvetlere etkisi için literatür tarafından onaylanan bir modelleme şeklidir.

Bu çalışmada 30,60x13 m taban alanına sahip, kat yüksekliği her katta eşit ve 3 m olan 10 katlı simetrik betonarme çerçeveli bir yapı incelenmiştir. Çalışmada boşluklu fabrika tuğlası ve gazbeton blok olmak üzere iki tip dolgu malzemesinin ve farklı dolgu duvar yerleşimlerinin yapının yatay yükler altındaki davranışına etkisi araştırılmıştır. TBDY-2018 yönetmeliği ve Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları (TS500) standardından alınan yükler ve kombinasyonlara uygun şekilde modellenen yapılarda, dolgu duvar malzemesinin ve dolgu duvar yerleşiminin, yapının yatay ve düşey yükler altında performans hedefine, kat ötelenmelerine, görel kat ötelenmelerine ve dayanımına etkisi irdelenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada, ZC yerel zemin sınıfına sahip, enlemi 41.075044° ve boylamı 32.660299° olan bir konumda konut olarak kullanılacağı varsayılan süneklilik düzeyi yüksek 10 katlı betonarme çerçeveli taşıyıcı sisteme sahip simetrik bir yapı incelenmiştir. Yapı, x- ekseninde her biri 5,1 m olan altı açıklıklı ve y- ekseninde üç açıklıklı (5,1-2,8-5,1 m) olmak üzere 30,60x13 m taban alanına sahip olacak şekilde her katın yüksekliği birbirine eşit ve 3 m olarak tasarlanmıştır. Çalışmada boşluklu fabrika tuğlası ve gazbeton blok olmak üzere iki farklı dolgu duvar tipinin yapısal davranışa etkisi incelenmiştir. İncelenen betonarme çerçeveli yapının görünüşleri Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Betonarme Çerçevesel Yapının Görünüşleri (Tüm ölçüler santimetre cinsindendir.)

2.1. Yük analizi ve yük kombinasyonları

Çalışmada incelenen yapıya etki eden sabit ve hareketli yükler Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri (TS 498) standardına uygun olarak alınmıştır (TS498, 1997). Kolonların ve kirişlerin öz ağırlıkları kullanılan kesitlere göre değişiklik göstereceğinden yük analizinde dahil edilmemiştir. Ancak kolonların ve kirişlerin öz ağırlıkları kullanılacak yapısal analiz programı olan SAP2000'de kesit özelliklerine göre dahil edilmiştir. Çatı kar yükü bölgesi TS 498 Ek 1'e göre belirtilen konum için "III" bölge seçilmiştir. Ölü yükler, hareketli yükler ve kar yükleri plan üzerinde alansal olarak yerçekimi doğrultusunda etkilmiştir. Rüzgâr yükleri için SAP2000 programında, TS 498 standardı seçilmiştir. Standarda göre rüzgâr hızı yüksekliğe bağlı değişkenlik gösterir (0-8 m için 28 m/s; 9-20 m için 36 m/s; 21-100 m için 42 m/s). Ancak bu çalışma için bu değişkenlik dikkate alınmamış ve en gayri müsaait durum düşünülerek program içerisinde rüzgâr hızı 42 m/s girilmiştir. Rüzgâr yükleri, program içerisinde kat döşemelerinde oluşturulan rijit diyaframlar üzerinden her iki eksen de etkilmiştir. Analizde kullanılan yükler Tablo 1'de özetlenmiştir.

Tablo 1. Düşey Yükler

Çatı Döşemesi (kN/m ²)	
G (ölü yük)	5
Q _r (çatı hareketli yük)	2
S (kar yükü)	0,75
Normal Kat Döşemesi (kN/m ²)	
G (ölü yük)	5
Q (hareketli yük)	3,5

Çalışmada yatay ve düşey deprem etkisi dikkate alınmıştır. Buna göre yatay deprem yükleri program içerisinde kat döşemelerinde oluşturulan rijit diyaframlar üzerinden her iki eksen de etkilmiştir. Deprem parametreleri, 41.075044°-32.660299° için AFAD-Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulamasından alınmıştır (TDTH, 2021). Alınan bilgiler deprem yer hareketi düzeyi-2 (DD-2) için Tablo 2'de ve DD-3 için Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 2. Deprem Parametreleri (DD-2)

Deprem Yer Hareketi Düzeyi		Yerel Zemin Sınıfı		
DD-2		ZC		
S _s	S ₁	PGA [g]	PGV [cm/sn]	
0,968	0,294	0,400	26,435	
T _A (sn)	T _B (sn)	T _L (sn)	S _{DS}	S _{D1}
0,076	0,380	6	1,162	0,441

Tablo 3. Deprem Parametreleri (DD-3)

Deprem Yer Hareketi Düzeyi		Yerel Zemin Sınıfı		
DD-3		ZC		
S _s	S ₁	PGA [g]	PGV [cm/sn]	
0,381	0,107	0,164	10,206	
T _A (sn)	T _B (sn)	T _L (sn)	S _{DS}	S _{D1}
0,065	0,324	6	0,495	0,161

Düşey deprem etkisi TBDY-2018 4.4.3.2'ye uygun olarak TBDY-2018 Denklem 4.10'da verilen formülle yaklaşık hesaplanmıştır (Denklem 1). Hesaplanan değer, ölü yük (G) içerisine katılmıştır (TBDY-2018, 2018).

$$E_d^{(Z)} \approx (2/3)S_{DS}G \quad (1)$$

Analizlerde kullanılacak kombinasyonlar TS500 ve TBDY-2018 Bölüm 4.4.4'e göre belirlenmiş ve aşağıda sırasıyla verilmiştir (TS500, 2000). Düşey deprem etkisi yukarıda yaklaşık olarak hesaplanıp ölü yük (G) içerisine dahil edilmiştir. Analizde kullanılacak deprem etkili kombinasyonlar, TBDY-2018 Denklem 4.11'e göre belirlenmiştir. Tüm yük kombinasyonlarında G, Q, S, rüzgâr (W) ve

deprem (E) yükleri kullanılmıştır. W yükleri hem x- hem de y- ekseninde dikkate alınırken, E yükleri ise x-, y- ve z- (düşey deprem) eksenlerinde dikkate alınmıştır.

- K1 : 1.4G+1.6Q
 K2 : G+Q+E_x
 K3 : G+Q+E_y
 K4 : 1.0G+1.3Q+1.3W_x
 K5 : 1.0G+1.3Q+1.3W_y
 K6 : 0.9G+1.3W_x
 K7 : 0.9G+1.3W_y
 K8 : 1.0G+1.0Q+0.2S+1.0E_x+0.3E_y+0.3E_z
 K9 : 1.0G+1.0Q+0.2S+0.3E_x+1.0E_y+0.3E_z

2.2. Dolgu duvarların özellikleri ve eşdeğer basınç çubuğunun boyutlandırılması

TBDY-2018'e EK15C'ye göre dolgu duvarın modellenmesinde eşdeğer basınç çubuğunun kalınlığı güçlendirilmiş dolgu duvarının kalınlığına eşittir. Basınç çubuğu genişliği a_d , TBDY – 2018 Denklem 15C.1'den hesaplanmıştır (Denklem 2).

$$a_d = 0,175(\lambda_d h_k)^{-0,4} r_d \quad (2)$$

Burada a_d çubuk genişliği (mm), h_k kolon boyu (mm), r_d dolgu duvarı köşegen uzunluğudur (mm). λ_d , TBDY – 2018 Denklem 15C.2'den hesaplanacaktır (Denklem 3).

$$\lambda_d = \left[\frac{E_d t_d \sin 2\theta}{4E_c I_k h_d} \right]^{\frac{1}{4}} \quad (3)$$

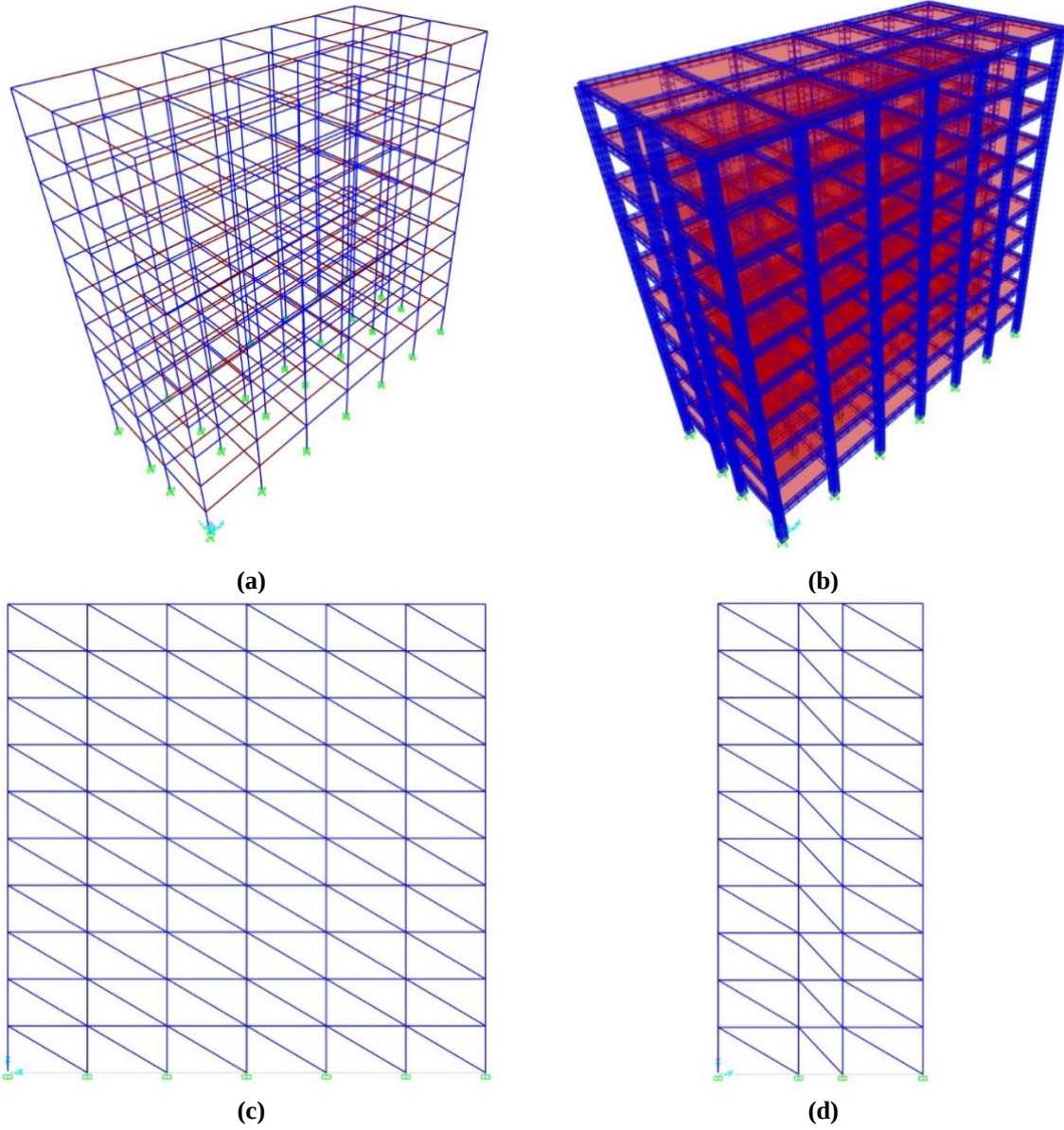
x- yönündeki tüm açıklıklar eşit olup yerleştirilecek dolgu duvarların tamamı aynı ölçüde olacaktır. Ancak y- yönündeki açıklıklar birbirleriyle eşit olmadığından farklı bir duvar tasarımına ihtiyaç duyulmaktadır. 5100 x 2400 mm ölçüleri için Duvar 1, 2200 x 2400 mm ölçüler için Duvar 2 hem boşluklu fabrika tuğlası için hem de gazbeton blok için ayrı hesaplanmıştır. Değerler yerine yazıldığından elde edilen sonuçlar Tablo 4'te özetlenmiştir.

Tablo 4. Basınç çubuğu genişliğinin bulunması

	Boşluklu Fabrika Tuğlası		Gazbeton Blok	
	Duvar 1 (x- yönü)	Duvar 2 (y- yönü)	Duvar 1 (x- yönü)	Duvar 2 (y- yönü)
h_k	3000 mm	3000 mm	3000 mm	3000 mm
h_d	2400 mm	2400 mm	2400 mm	2400 mm
I_k	$1,08 \times 10^{10} \text{ mm}^4$	$1,08 \times 10^{10} \text{ mm}^4$	$1,08 \times 10^{10} \text{ mm}^4$	$1,08 \times 10^{10} \text{ mm}^4$
E_c	32000 MPa	32000 MPa	32000 MPa	32000 MPa
E_d	2000 MPa	2000 MPa	1000 MPa	1000 MPa
t_d	135 mm	135 mm	135 mm	135 mm
θ	28°	47,5°	28°	47,5°
r_d	5100 mm	3256 mm	5100 mm	3256 mm
λ_d	0,000510	0,000533	0,000430	0,000450
a_d	753 mm	472 mm	806 mm	505 mm

2.3. Yapısal analiz

Çalışmada incelenecek yapının analizleri SAP2000 programında yapılmıştır (Şekil 2). Yapıdaki kolonlar, kirişler ve döşemelerin malzeme kalitesi beton için C30 ve çelik donatı için S420 olarak belirlenmiştir. Ölü, hareketli ve kar yükleri döşemelere tanımlanan alanlar üzerine alansal yük olarak atanmıştır. Hareketli yük kütle katılım katsayısı TBDY-2018'e göre (0,3) dikkate alınmıştır. Rüzgâr ve deprem yükleri ilgili yönetmelik ve standartlarda belirtilen değerlerin program içerisine girilmiştir. Yapının konut olarak kullanılacağı varsayılarak TBDY-2018 Tablo 3.1'de belirtilen bilgilere istinaden bina önem katsayısı, $I=1.0$ ve bina kullanım sınıfı, BKS=3 olarak tanımlanmıştır. Tasarım koşulu TS 500-2000 (R2018) seçilmiştir. Yapıda deprem etkileri tamamen moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler tarafından karşılanmaktadır. Bundan dolayı TBDY-2018 Tablo 4.1 A11'e göre taşıyıcı sistem davranış katsayısı $R=8$ ve dayanım fazlalığı katsayısı $D=3$ olarak belirlenmiştir (BYS ≥ 3). TBDY-2018 Tablo 3.2'ye göre deprem tasarım sınıfı, DTS=1 olarak tanımlanmıştır. TBDY-2018 Tablo 3.3'e göre DTS=1 ve $H_N=30$ için bina yükseklik sınıfı, BYS=4'tür. İncelenecek yapının bina performans hedefi TBDY-2018 Tablo 3.4(a)'ya göre BYS ≥ 2 , DD-2 ve DTS=1 için normal performans hedefi Kontrollü Hasar (KH) olarak belirlenmiştir.

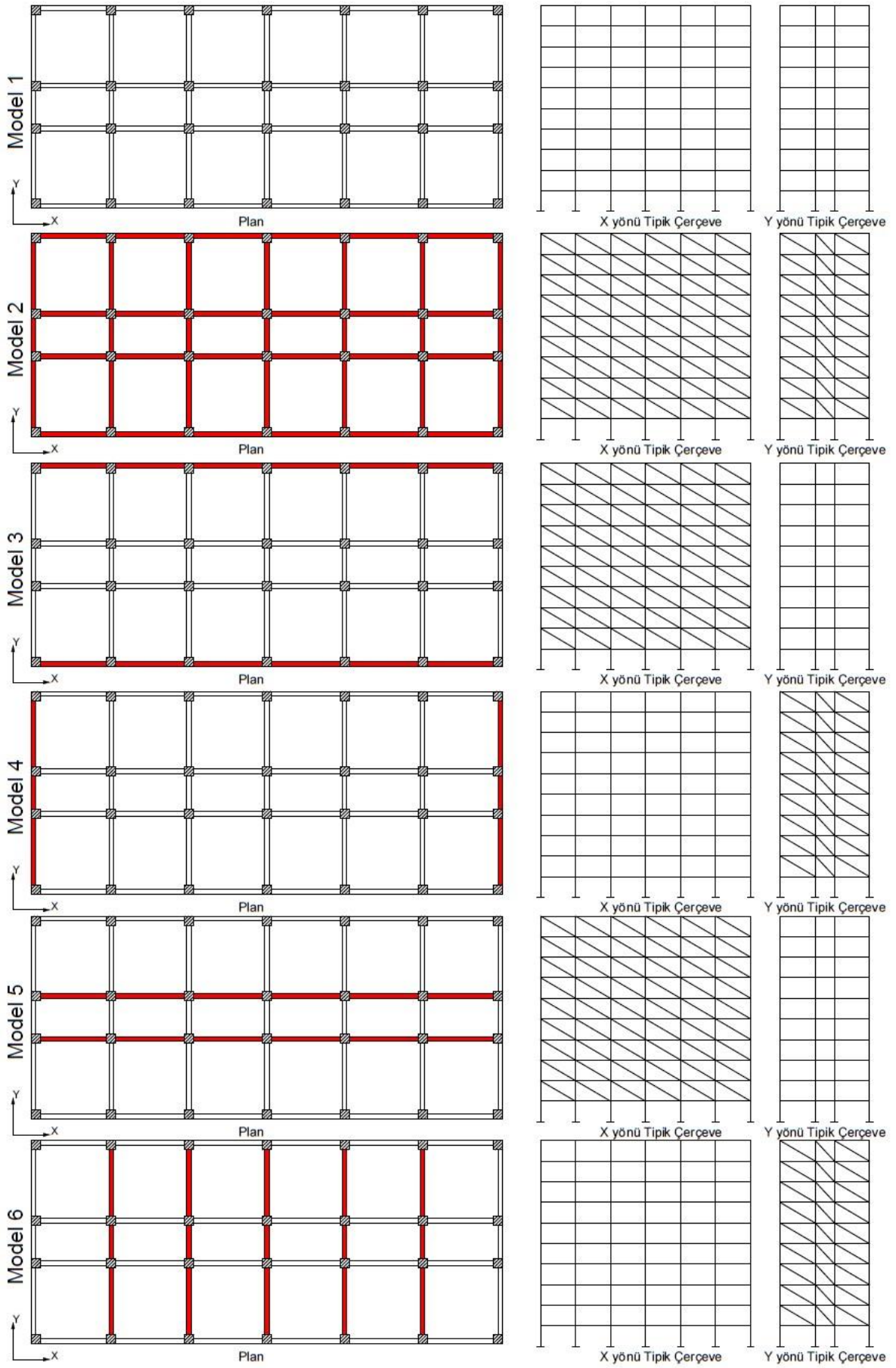


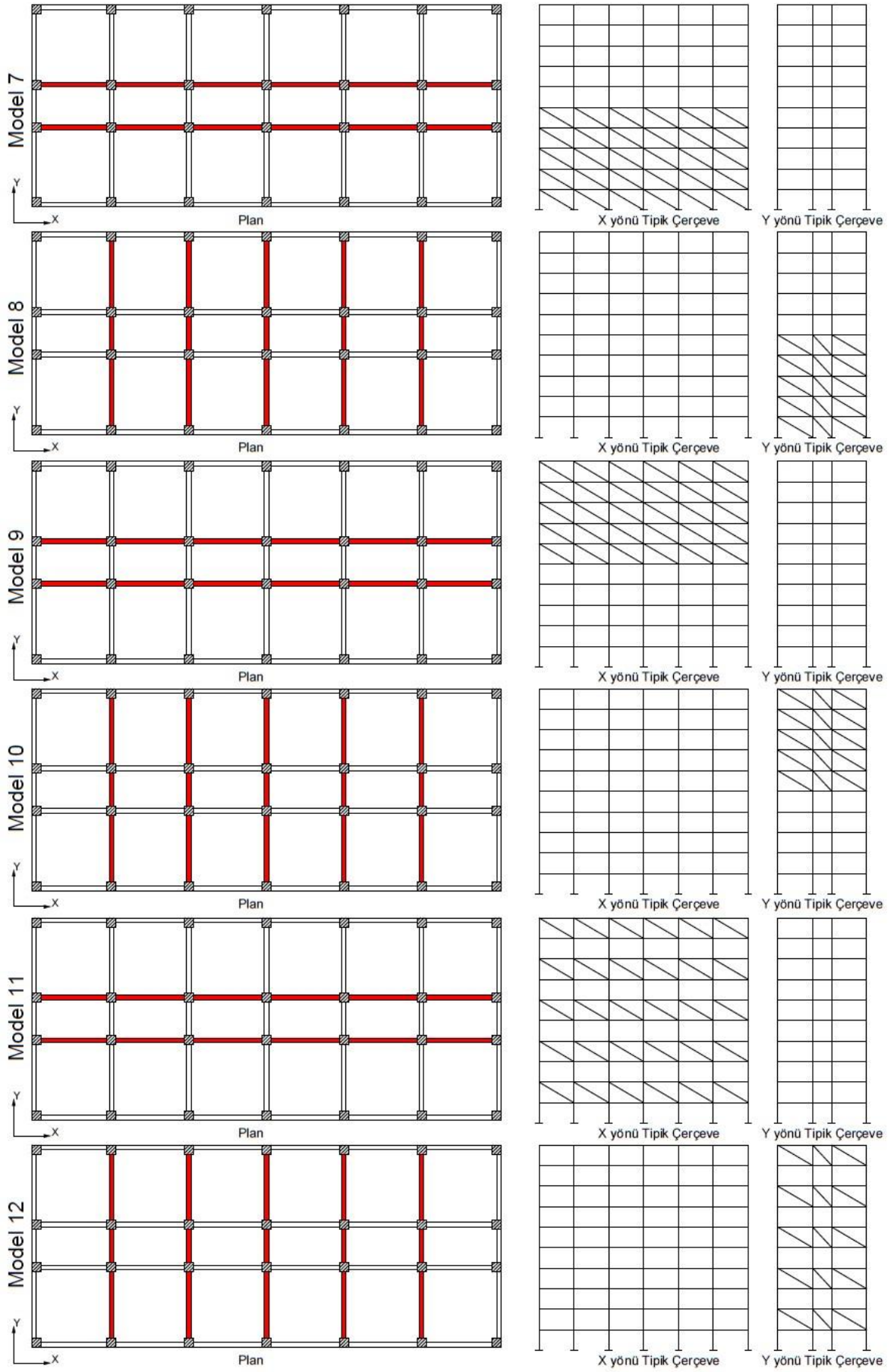
Şekil 2. Model Görünüşleri

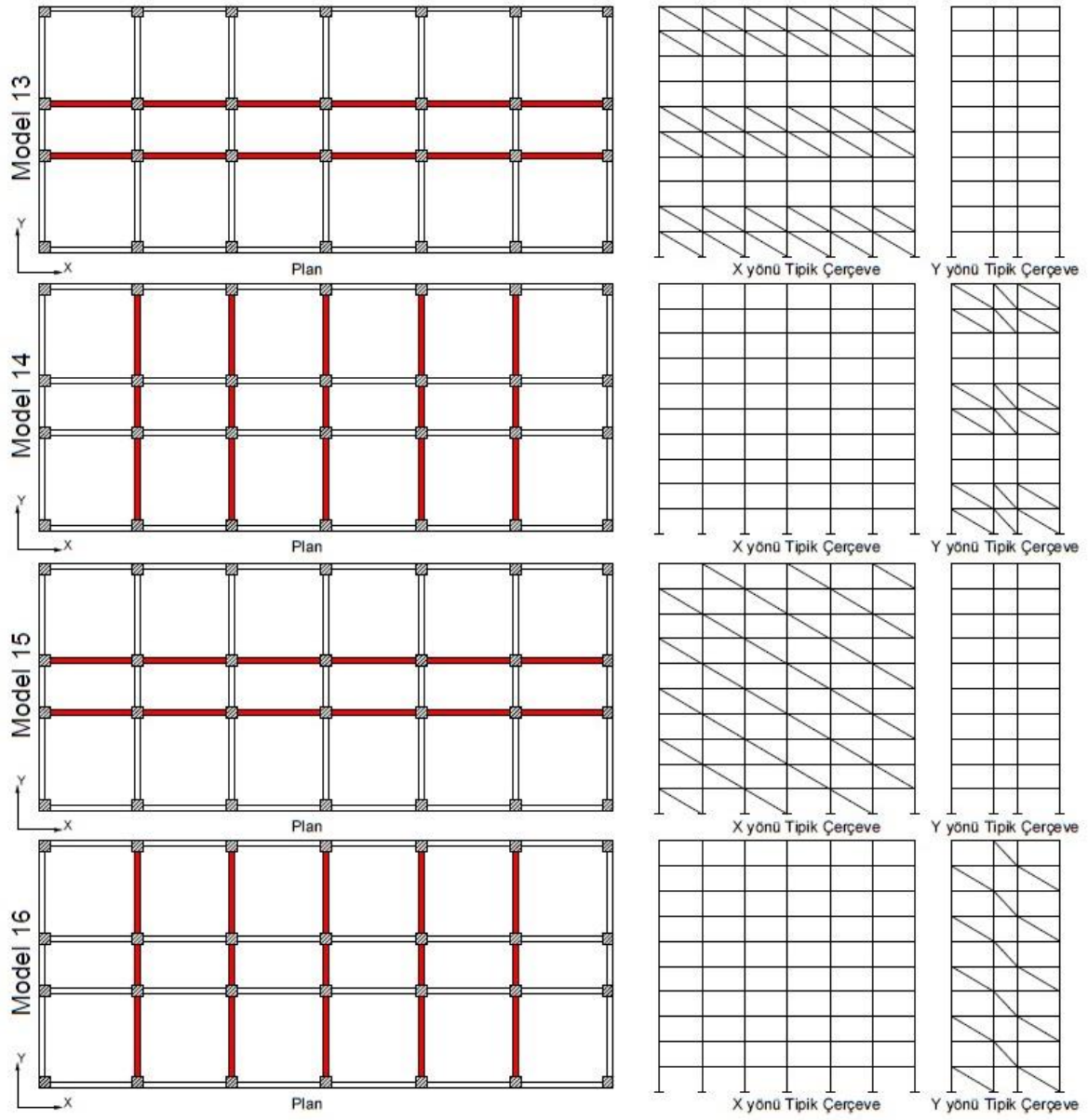
Çalışmada toplam 16 model incelenmiştir. İncelenen modellerin dolgu duvar düzenleri Tablo 5'te, kesit ve planları Şekil 3'te verilmiştir.

Tablo 5. Çalışmada incelenen modellerin dolgu duvar düzenleri

Model Adı	Dolgu Duvar Düzeni
Model 1	Dolgu duvarsız betonarme çerçevesi sistem
Model 2	Her iki yönde de dolgu duvarlı sistem
Model 3	Sadece x- yönündeki dış aksları dolgu duvarlı sistem
Model 4	Sadece y- yönündeki dış aksları dolgu duvarlı sistem
Model 5	Sadece x- yönündeki iç aksları dolgu duvarlı sistem
Model 6	Sadece y- yönündeki iç aksları dolgu duvarlı sistem
Model 7	Sadece x- yönündeki ilk 5 kat kattaki iç aksları dolgu duvarlı sistem
Model 8	Sadece y- yönündeki ilk 5 kattaki iç aksları dolgu duvarlı sistem
Model 9	Sadece x- yönündeki son 5 kattaki iç aksları dolgu duvarlı sistem
Model 10	Sadece y- yönündeki son 5 kattaki iç aksları dolgu duvarlı sistem
Model 11	x- yönünde bir kat boş bir kat dolu olmak üzere sadece iç aksları dolgu duvarlı sistem
Model 12	y- yönündeki bir kat boş bir kat dolu olmak üzere sadece iç aksları dolgu duvarlı sistem
Model 13	x- yönünde iki kat dolu iki kat boş olmak üzere sadece iç aksları dolgu duvarlı sistem
Model 14	y- yönünde iki kat dolu iki kat boş olmak üzere sadece iç aksları dolgu duvarlı sistem
Model 15	x- yönünde ve her katta dama taşı olmak üzere sadece iç aksları dolgu duvarlı sistem
Model 16	y- yönünde ve her katta dama taşı olmak üzere sadece iç aksları dolgu duvarlı sistem







Şekil 3. İncelenen Yapı Modelleri

Yapısal analizler sonucunda TBDY-2018 ve TS 500 yönetmelik ve standartlarına uygun şekilde kolonlar, kirişler ve döşemeler için minimum kesitler belirlenmiştir. Kesitler, yük analizleri ve yük kombinasyonları bölümünde açıklanan kombinasyonlardan en gayri müsait kombinasyona göre belirlenmiştir. Kesitler belirlenirken, her katta ve modellerde tüm kolonların, kirişlerin ve döşemelerin aynı ölçülerde olmasına dikkat edilmiştir. Yapıda kullanılan kesitler Tablo 6'da özetlenmiştir.

Tablo 6. Yapıda Kullanılan Kesitler

Kat	h (cm)	Kolon Kesiti (cm)	Kiriş Kesiti (cm)	Döşeme Yüksekliği (cm)
1	300	60x60	30x60	15
2	300	60x60	30x60	15
3	300	60x60	30x60	15
4	300	60x60	30x60	15
5	300	60x60	30x60	15
6	300	60x60	30x60	15
7	300	60x60	30x60	15
8	300	60x60	30x60	15
9	300	60x60	30x60	15
10	300	60x60	30x60	15

TBDY-2018'e göre etkin görelî kat ötelemeleri kontrol edilmiş ve belirtilen sınırlar içerisinde kalmıştır. TBDY-2018 Bölüm 4.9.1'e göre azaltılmış görelî kat ötelemeleri ve etkin görelî kat ötelemeleri her iki eksen için hesaplanmıştır. Hesaplanan etkin görelî kat ötelemeleri, λ , katsayısı ile çarpılarak kontrol edilmiştir. λ katsayısı DD-3 için hesaplanan elastik tasarım spektral ivmesinin DD-2 için hesaplanan elastik tasarım spektral ivmesine oranıdır. λ katsayısı her iki yön için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler TBDY-2018 Denklem 4.34b'ye göre kontrol edilmiştir. TBDY-2018 Denklem 4.34b Denklem 4'te verilmiştir.

$$\lambda \frac{\delta_i^{(x)}}{h_i} \leq 0,008\kappa \quad (4)$$

κ katsayısı TBDY-2018'de betonarme binalar için 1,0 olarak belirtilmiştir. Etkin görelî kat ötelemelerinin kontrolü x- ve y- yönü için boşluklu fabrika tuğlası ve gazbeton blok için sırasıyla Tablo 7, Tablo 8, Tablo 9 ve Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 7. Etkin Görelî Kat Ötelemelerinin Kontrolü (x- yönü) (Boşluklu Fabrika Tuğlası)

Kat	$\lambda \frac{\delta_i^{(x)}}{h_i}$								
	Model 1	Model 2	Model 3	Model 5	Model 7	Model 9	Model 11	Model 13	Model 15
1	0,0046	0,0027	0,0034	0,0033	0,0027	0,0047	0,0038	0,0027	0,0033
2	0,0061	0,0032	0,0042	0,0041	0,0031	0,0062	0,0039	0,0037	0,0042
3	0,0063	0,0032	0,0042	0,0042	0,0031	0,0064	0,0047	0,0053	0,0041
4	0,0061	0,0031	0,0041	0,0040	0,0031	0,0061	0,0038	0,0051	0,0041
5	0,0057	0,0029	0,0038	0,0038	0,0032	0,0051	0,0042	0,0034	0,0037
6	0,0052	0,0027	0,0035	0,0034	0,0043	0,0032	0,0033	0,0030	0,0035
7	0,0046	0,0024	0,0031	0,0031	0,0043	0,0025	0,0034	0,0037	0,0030
8	0,0038	0,0021	0,0026	0,0026	0,0037	0,0021	0,0025	0,0033	0,0026
9	0,0030	0,0017	0,0021	0,0021	0,0030	0,0017	0,0023	0,0020	0,0021
10	0,0022	0,0013	0,0016	0,0016	0,0021	0,0013	0,0015	0,0013	0,0016

Tablo 8. Etkin Görelî Kat Ötelemelerinin Kontrolü (y- yönü) (Boşluklu Fabrika Tuğlası)

Kat	$\lambda \frac{\delta_i^{(x)}}{h_i}$								
	Model 1	Model 2	Model 4	Model 6	Model 8	Model 10	Model 12	Model 14	Model 16
1	0,0062	0,0049	0,0057	0,0051	0,0048	0,0059	0,0058	0,0048	0,0052
2	0,0075	0,0054	0,0067	0,0057	0,0052	0,0071	0,0059	0,0057	0,0063
3	0,0077	0,0055	0,0068	0,0058	0,0053	0,0073	0,0066	0,0070	0,0060
4	0,0075	0,0054	0,0066	0,0057	0,0052	0,0071	0,0059	0,0069	0,0062
5	0,0072	0,0052	0,0064	0,0055	0,0053	0,0064	0,0062	0,0055	0,0057
6	0,0067	0,0050	0,0060	0,0052	0,0061	0,0049	0,0054	0,0051	0,0057
7	0,0062	0,0047	0,0055	0,0048	0,0060	0,0043	0,0054	0,0056	0,0050
8	0,0055	0,0043	0,0050	0,0044	0,0054	0,0039	0,0045	0,0051	0,0047
9	0,0047	0,0039	0,0044	0,0039	0,0047	0,0036	0,0042	0,0040	0,0040
10	0,0039	0,0034	0,0037	0,0034	0,0039	0,0032	0,0034	0,0033	0,0036

Tablo 9. Etkin Görelî Kat Ötelemelerinin Kontrolü (x- yönü) (Gazbeton Blok)

Kat	$\lambda \frac{\delta_i^{(x)}}{h_i}$								
	Model 1	Model 2	Model 3	Model 5	Model 7	Model 9	Model 11	Model 13	Model 15
1	0,0046	0,0033	0,0039	0,0038	0,0033	0,0047	0,0041	0,0034	0,0038
2	0,0062	0,0041	0,0049	0,0049	0,0040	0,0062	0,0048	0,0045	0,0049
3	0,0064	0,0041	0,0050	0,0049	0,0041	0,0064	0,0053	0,0056	0,0049
4	0,0062	0,0039	0,0048	0,0048	0,0040	0,0062	0,0047	0,0054	0,0048
5	0,0058	0,0037	0,0045	0,0045	0,0040	0,0058	0,0048	0,0042	0,0045
6	0,0053	0,0034	0,0041	0,0041	0,0046	0,0051	0,0040	0,0037	0,0041
7	0,0046	0,0030	0,0036	0,0036	0,0044	0,0044	0,0039	0,0040	0,0036
8	0,0039	0,0026	0,0031	0,0031	0,0038	0,0037	0,0030	0,0035	0,0031
9	0,0031	0,0021	0,0025	0,0024	0,0030	0,0029	0,0026	0,0023	0,0024
10	0,0022	0,0016	0,0018	0,0018	0,0022	0,0021	0,0018	0,0016	0,0018

Tablo 10. Etkin Görelî Kat Ötelemelerinin Kontrolü (y- yönü) (Gazbeton Blok)

Kat	$\lambda \frac{\delta_i^{(x)}}{h_i}$								
	Model 1	Model 2	Model 4	Model 6	Model 8	Model 10	Model 12	Model 14	Model 16
1	0,0062	0,0053	0,0059	0,0055	0,0053	0,0063	0,0059	0,0053	0,0056
2	0,0075	0,0060	0,0070	0,0063	0,0060	0,0075	0,0064	0,0063	0,0067
3	0,0077	0,0061	0,0071	0,0064	0,0061	0,0077	0,0070	0,0072	0,0066
4	0,0075	0,0060	0,0070	0,0063	0,0060	0,0074	0,0064	0,0071	0,0067
5	0,0072	0,0057	0,0067	0,0060	0,0060	0,0069	0,0065	0,0061	0,0062
6	0,0067	0,0054	0,0063	0,0057	0,0063	0,0057	0,0058	0,0057	0,0061
7	0,0062	0,0051	0,0058	0,0053	0,0061	0,0051	0,0057	0,0058	0,0054
8	0,0055	0,0046	0,0052	0,0048	0,0055	0,0046	0,0049	0,0052	0,0050
9	0,0047	0,0041	0,0045	0,0042	0,0047	0,0040	0,0044	0,0042	0,0043
10	0,0039	0,0035	0,0038	0,0036	0,0039	0,0035	0,0036	0,0035	0,0037

Bu çalışmada incelenen modeller TBDY-2018'de doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden statik itme analizine tabi tutularak yapının performans hedefinin tespiti yapılmıştır. Betonarme kolon ve kiriş kesitlerinin her iki uç kısmına plastik mafsal tanımlaması yapılmıştır. Analizde ikinci merteye etkileri ve hareketli yük katılım katsayısı dikkate alınmıştır. Ötelenme kontrollü analizde çoklu durum incelenmiştir. Statik itme analizinden taban kesme kuvveti ve tepe noktası yer değiştirme değerleri alınmıştır. TBDY-2018 Tablo 3.4. (a)'ya göre yapının DD-2 için normal performans hedefi kontrollü hasar (KH) olarak belirtilmiştir. Statik itme analizine göre tüm modeller her iki eksen de KH performans hedefini sağlamıştır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Yapısal analiz sonuçlarına göre boşluklu fabrika tuğlası kullanılan yapılar duvarsız yapı (model 1) ile tepe noktasında oluşan yatay ötelenmeler bakımından her iki yönde de karşılaştırıldığında; model 2'de tepe noktasında oluşan x- eksenindeki yatay ötelenme %47 azalırken y- ekseninde %25 azalmıştır. Model 3'te x- ekseninde %31, model 4'te y- ekseninde %8 azalma meydana gelmiştir. Model 5'te x- ekseninde %33 ve model 6'da y- ekseninde %20 azalma görülmüştür. Model 7 için x- ekseninde %31 azalma meydana gelirken, model 8 için y- ekseninde %16 oranında azalma meydana gelmiştir. Model 9'da %18 oranında azalma görülürken model 10'da %14 azalma görülmüştür. Model 11 ve model 12'de oluşan azalma oranları sırasıyla %29 ve %14'tür. Model 13'te x- eksenindeki yatay ötelenme %29 ve model 14'te y- eksenindeki yatay ötelenme %14 azalmıştır. Son olarak model 15'te tepe noktasında oluşan x- eksenindeki yatay ötelenme oranı %33 azalırken; model 16'da tepe noktasında oluşan y- eksenindeki yatay ötelenme, model 1'de tepe noktasında oluşan yatay ötelenme ile kıyaslandığında %16 oranında azaldığı görülmüştür. Boşluklu fabrika tuğlası kullanılan modellerde katlarda oluşan yatay ötelenmeler her iki eksen için sırasıyla Tablo 11 ve Tablo 12'de verilmiştir.

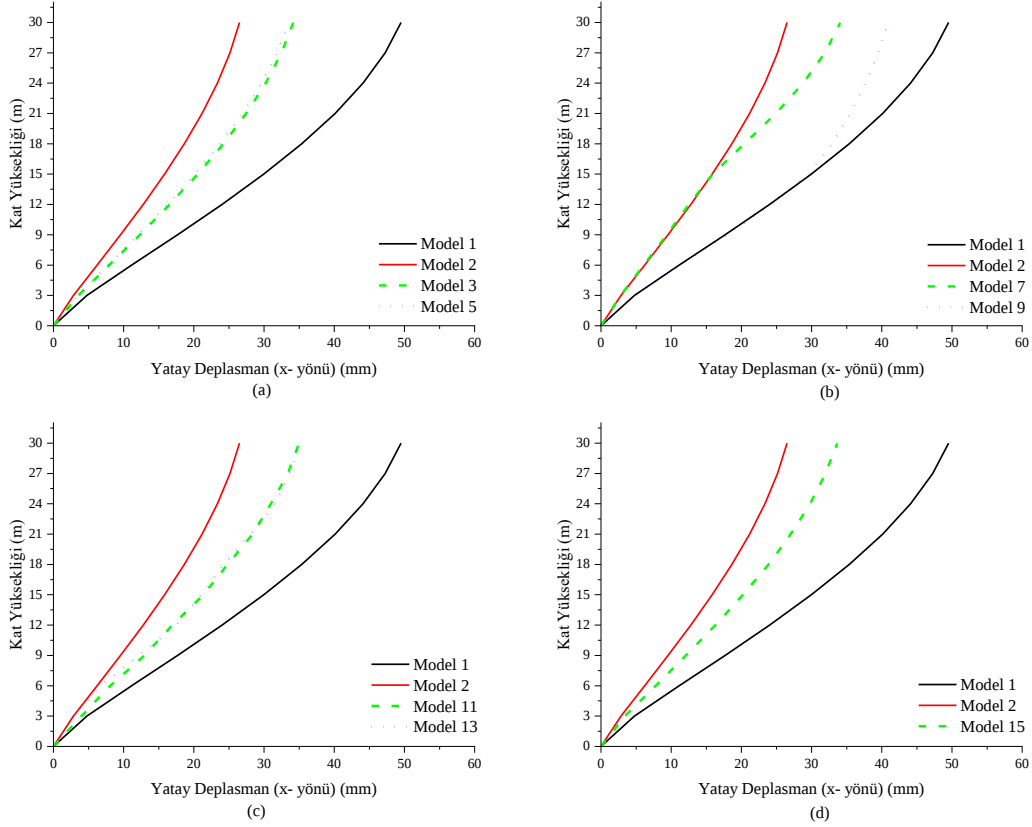
Tablo 11. Kat Ötelemeleri (m) (x- yönü)

Kat	Boşluklu Fabrika Tuğlası kullanılan modeller								
	Model 1	Model 2	Model 3	Model 5	Model 7	Model 9	Model 11	Model 13	Model 15
1	0,005	0,003	0,004	0,003	0,003	0,005	0,004	0,003	0,003
2	0,011	0,006	0,008	0,008	0,006	0,011	0,008	0,007	0,008
3	0,018	0,010	0,012	0,012	0,009	0,018	0,013	0,012	0,012
4	0,024	0,013	0,017	0,016	0,013	0,024	0,017	0,018	0,016
5	0,030	0,016	0,021	0,020	0,016	0,030	0,021	0,021	0,020
6	0,035	0,019	0,024	0,024	0,020	0,033	0,025	0,024	0,024
7	0,040	0,021	0,027	0,027	0,025	0,035	0,028	0,028	0,027
8	0,044	0,023	0,030	0,030	0,029	0,038	0,031	0,032	0,030
9	0,047	0,025	0,032	0,032	0,032	0,039	0,033	0,034	0,032
10	0,050	0,027	0,034	0,034	0,034	0,041	0,035	0,035	0,034

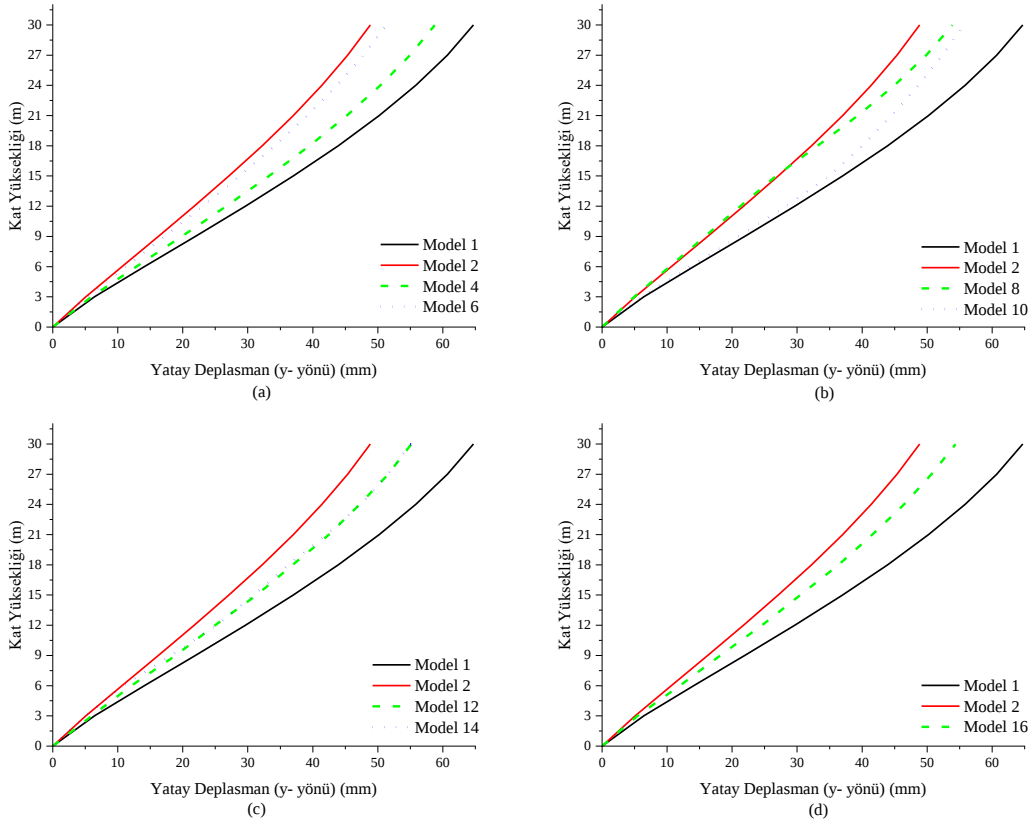
Tablo 12. Kat Ötelemeleri (m) (y- yönü)

Kat	Boşluklu Fabrika Tuğlası kullanılan modeller								
	Model 1	Model 2	Model 4	Model 6	Model 8	Model 10	Model 12	Model 14	Model 16
1	0,006	0,005	0,006	0,005	0,005	0,006	0,006	0,005	0,005
2	0,014	0,011	0,013	0,011	0,010	0,013	0,012	0,011	0,012
3	0,022	0,016	0,020	0,017	0,016	0,021	0,019	0,018	0,018
4	0,030	0,022	0,027	0,023	0,021	0,028	0,025	0,025	0,025
5	0,037	0,027	0,033	0,029	0,027	0,035	0,031	0,031	0,031
6	0,044	0,032	0,039	0,034	0,033	0,040	0,037	0,036	0,036
7	0,050	0,037	0,045	0,039	0,039	0,045	0,043	0,042	0,042
8	0,056	0,041	0,050	0,044	0,045	0,049	0,047	0,047	0,046
9	0,061	0,045	0,055	0,048	0,050	0,052	0,052	0,052	0,051
10	0,065	0,049	0,059	0,051	0,054	0,056	0,055	0,055	0,054

Tabloda verilen değerler grafiksel olarak incelendiğinde, model 1'in her kat için ve tepe noktası için x- ve y- yönünde daha fazla yatay ötelenme yaptığı görülürken, model 2'nin ise en az ötelenme yapan model olduğu görülmüştür. Diğer dolgu düzenlerindeki verilerin her zaman bu iki model arasında kaldığı görülmüştür. Model 3 ve model 5'in birbirleriyle benzer davranış gösterdiği görülürken model 4 ve model 6'nın birbirlerinden farklı davranış gösterdiği görülmüştür. Buna istinaden incelenen yapı için dolgu duvarların x- yönü için iç ya da dış akslarda olmasının yatay ötelenmeye etkisi olmadığını ancak y- yönü için gözle görülür etkisi olduğu gözlenmiştir. Model 7 ve model 8 incelendiğinde ilk beş katında model 2 ile benzer özellik gösterirken son beş katında model 1'e benzer davranış göstermiştir. Ancak tepe noktası ötelenmeleri değerlendirildiğinde model 7 ve model 8'in model 1'e göre daha az ötelenme yaptığı görülmüştür. Benzer şekilde, model 9 ve model 10 incelendiğinde ilk beş katında model 1'e benzer davranış gösterdiği ve son 5 katında model 2'ye benzer davranış gösterdiği görülmüştür. Ancak tepe noktası ötelenmeleri kıyaslandığında model 9 ve model 10'un model 1'e göre daha az ötelenme yaptığı ve model 2'ye göre daha fazla ötelenme yaptığı görülmüştür. x- yönünde model 11 ve model 13'ün, y- yönünde model 12 ve model 14'ün birbirine benzer davranış gösterdiği görülmüştür. Model 15 ve model 16'nın yaptığı yatay ötelenmeler grafiksel olarak incelendiğinde model 1 ile model 2 arasında kaldığı gözlenmiştir. Boşluklu fabrika tuğlası kullanılarak oluşturulan modellerin grafiksel verileri x- ve y- yönü için sırasıyla Şekil 4 ve Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 4. Boşluklu Fabrika Tuğlası Kullanılan Modeller (x- yönü)



Şekil 5. Boşluklu Fabrika Tuğlası Kullanılan Modeller (y- yönü)

Yapısal analiz sonuçlarına göre gazbeton blok kullanılan yapılar duvarsız yapı (model 1) ile tepe noktasında oluşan yatay ötelenmeler bakımından her iki yönde de karşılaştırıldığında; model 2’de tepe noktasında oluşan x- eksenindeki yatay ötelenme %35 azalırken y- ekseninde %18 azalmıştır. Model 3’te x- ekseninde %20, model 4’te y- ekseninde %6 azalma meydana gelmiştir. Model 5’te x- ekseninde %22 ve model 6’da y- ekseninde %14 azalma görülmüştür. Model 7 için x- ekseninde %22 azalma meydana gelirken, model 8 için y- ekseninde %12 oranında azalma meydana gelmiştir. Model 9’da %1 oranında azalma görülürken model 10’da %7 azalma görülmüştür. Model 11 ve model 12’de oluşan azalma oranları sırasıyla %19 ve %10’dur. Model 13’te x- eksenindeki yatay ötelenme %21 ve model 14’te y- eksenindeki yatay ötelenme %11 azalmıştır. Son olarak model 15’te tepe noktasında oluşan x- eksenindeki yatay ötelenme oranı %21 azalırken; model 16’da tepe noktasında oluşan y- eksenindeki yatay ötelenme, model 1’de tepe noktasında oluşan yatay ötelenme ile kıyaslandığında %11 oranında azaldığı görülmüştür. Gazbeton kullanılan modellerde katlarda oluşan yatay ötelenmeler her iki eksen için sırasıyla Tablo 13 ve Tablo 14’te verilmiştir.

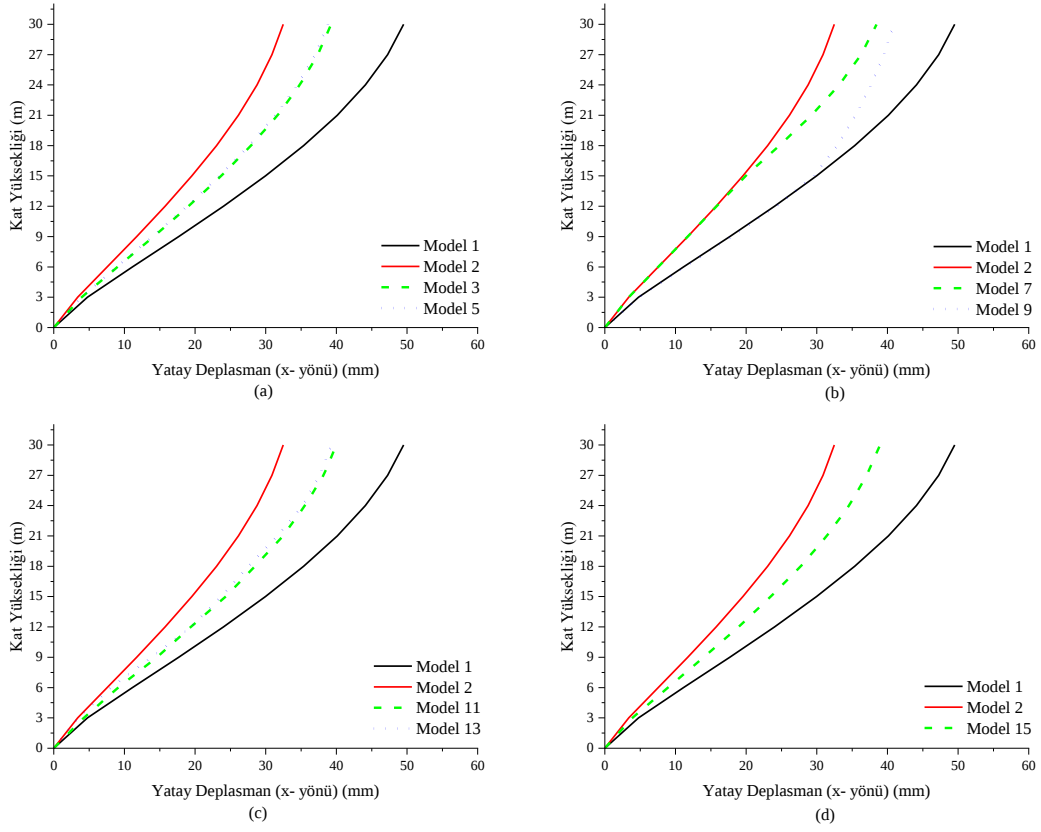
Tablo 13. Kat Ötelemeleri (m) (x- yönü)

Kat	Gazbeton kullanılan modeller								
	Model 1	Model 2	Model 3	Model 5	Model 7	Model 9	Model 11	Model 13	Model 15
1	0,005	0,003	0,004	0,004	0,003	0,005	0,004	0,003	0,004
2	0,011	0,008	0,009	0,009	0,008	0,011	0,009	0,008	0,009
3	0,018	0,012	0,014	0,014	0,012	0,018	0,015	0,014	0,014
4	0,024	0,016	0,019	0,019	0,016	0,024	0,019	0,019	0,019
5	0,030	0,020	0,024	0,023	0,020	0,030	0,024	0,024	0,024
6	0,035	0,023	0,028	0,028	0,025	0,035	0,028	0,028	0,028
7	0,040	0,026	0,032	0,031	0,029	0,040	0,032	0,032	0,031
8	0,044	0,029	0,035	0,034	0,033	0,044	0,036	0,035	0,035
9	0,047	0,031	0,037	0,037	0,036	0,047	0,038	0,038	0,037
10	0,050	0,032	0,039	0,039	0,038	0,049	0,040	0,039	0,039

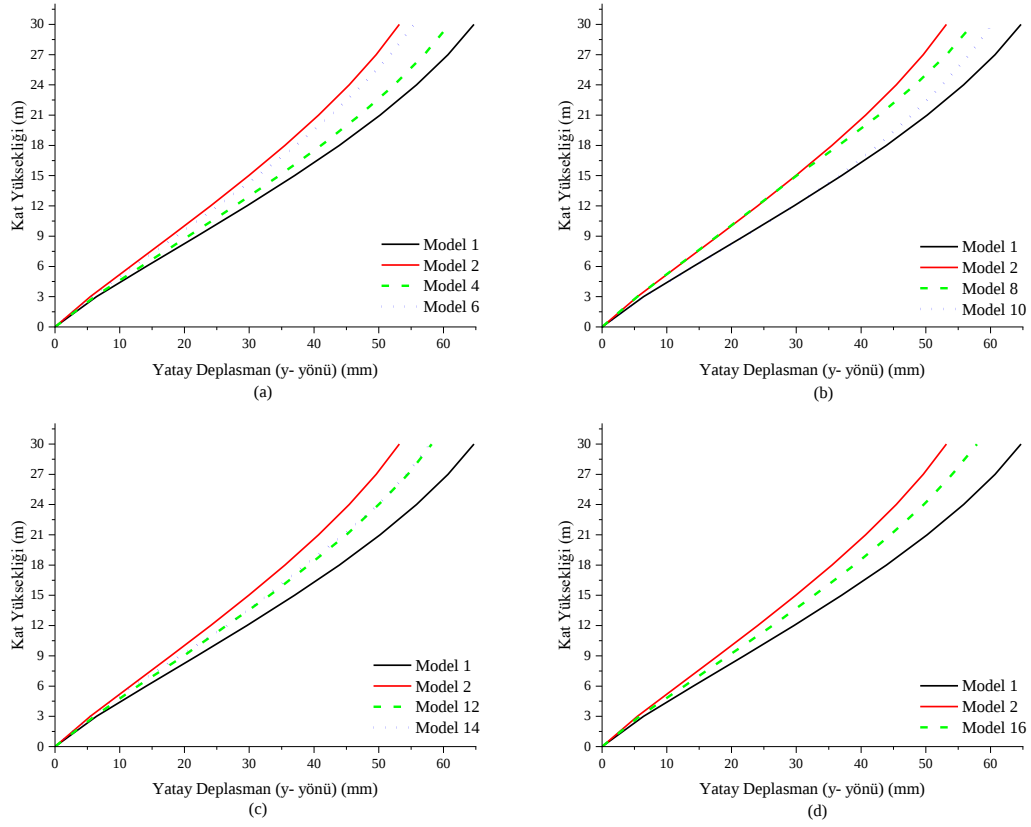
Tablo 14. Kat Ötelemeleri (m) (y- yönü)

Kat	Gazbeton kullanılan modeller								
	Model 1	Model 2	Model 4	Model 6	Model 8	Model 10	Model 12	Model 14	Model 16
1	0,006	0,005	0,006	0,006	0,005	0,006	0,006	0,005	0,006
2	0,014	0,012	0,013	0,012	0,012	0,014	0,013	0,012	0,013
3	0,022	0,018	0,021	0,019	0,018	0,022	0,020	0,019	0,019
4	0,030	0,024	0,028	0,025	0,024	0,030	0,026	0,027	0,026
5	0,037	0,030	0,035	0,031	0,030	0,037	0,033	0,033	0,033
6	0,044	0,036	0,041	0,037	0,037	0,043	0,039	0,039	0,039
7	0,050	0,041	0,047	0,043	0,043	0,048	0,045	0,045	0,045
8	0,056	0,045	0,052	0,048	0,048	0,053	0,050	0,050	0,050
9	0,061	0,050	0,057	0,052	0,053	0,057	0,055	0,054	0,054
10	0,065	0,053	0,061	0,055	0,057	0,060	0,058	0,058	0,058

Tabloda verilen değerler grafiksel olarak incelendiğinde, model 1'in her kat için ve tepe noktası için x- ve y- yönünde daha fazla yatay ötelenme yaptığı görülürken, model 2'nin ise en az ötelenme yapan model olduğu görülmüştür. Diğer dolgu düzenlerinin verilerinin her zaman bu iki model arasında kaldığı görülmüştür. Model 3 ve model 5'in birbirleriyle benzer davranış gösterdiği görülürken model 4 ve model 6'nın birbirlerinden farklı davranış gösterdiği görülmüştür. Boşluklu fabrika tuğlası kullanılan modellerde de görüldüğü üzere incelenen yapı için dolgu duvarların x- yönü için iç ya da dış akslarda olmasının yatay ötelenmeye etkisi olmadığını ancak y- yönü için gözle görülür etkisi olduğu gözlenmiştir. Model 7 ve model 8 incelendiğinde ilk beş katında model 2 ile benzer özellik gösterirken son beş katında model 1'e benzer davranış göstermiştir. Ancak tepe noktası ötelenmeleri değerlendirildiğinde model 7 ve model 8'in model 1'e göre daha az ötelenme yaptığı görülmüştür. Benzer şekilde, model 9 ve model 10 incelendiğinde ilk beş katında model 1'e benzer davranış gösterdiği ve son 5 katında model 2'ye benzer davranış gösterdiği görülmüştür. Ancak tepe noktası ötelenmeleri kıyaslandığında model 9 ve model 10'un model 1'e göre daha az ötelenme yaptığı ve model 2'ye göre daha fazla ötelenme yaptığı görülmüştür. x- yönünde model 11 ve model 13'ün, y- yönünde model 12 ve model 14'ün birbirine benzer davranış gösterdiği görülmüştür. Model 15 ve model 16'nın yaptığı yatay ötelenmeler grafiksel olarak incelendiğinde model 1 ile model 2 arasında kaldığı gözlenmiştir. Gazbeton blok kullanılarak oluşturulan modellerin grafiksel verileri x- yönü için Şekil 6'da ve y- yönü için Şekil 7'de verilmiştir.

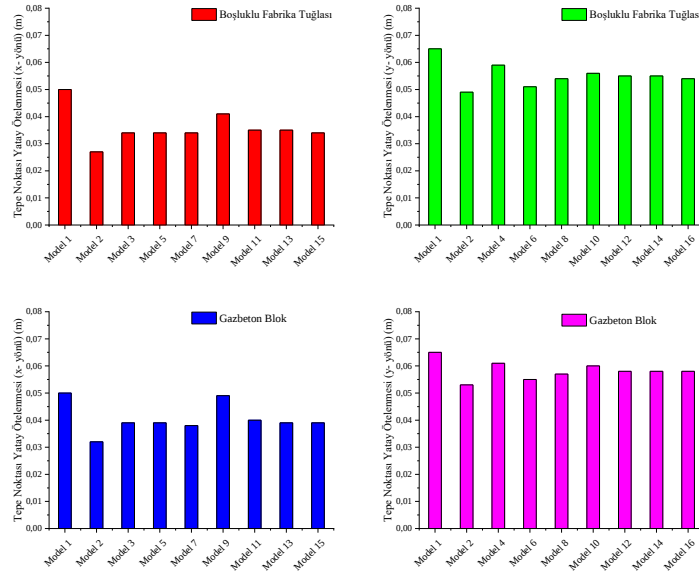


Şekil 6. Gazbeton Blok Kullanılan Modeller (x- yönü)



Şekil 7. Gazbeton Blok Kullanılan Modeller (y- yönü)

Dolgu duvar malzeme tipinin betonarme çerçeve yapının kat ötelenmesine etkisi Şekil 8'de incelenmiştir. Boşluklu fabrika tuğlasının kullanıldığı modeller, gazbeton blok kullanılarak oluşturulan modellere göre hem x- hem de y- doğrultusunda daha az tepe noktası yatay ötelenmesine sahiptir. Bu durumda, dolgu duvar malzemesi olarak boşluklu fabrika tuğlasının incelenen yapı için kullanılması önerilebilir.



Şekil 8. Malzeme Tipine Göre Modellerin Tepe Noktası Yatay Ötelenmesi

4. Sonuç

Bu çalışmada, boşluklu fabrika tuğlası ve gazbeton blok olmak üzere iki farklı dolgu duvar malzemesinin farklı yerleşim modellerinde betonarme çerçeveli bir yapıdaki yapısal davranışına etkisi araştırılmıştır. Yapılan tüm analizler duvarsız (Model 1) yapı referans alınarak karşılaştırılmıştır. Tüm analizler ve karşılaştırmalar x- ve y- yönleri için ayrı ayrı yapılmıştır. Yapılan karşılaştırmalar sonucunda;

- Farklı dolgu duvar malzemesinin (boşluklu fabrika tuğlası ve gazbeton blok) yapının tepe noktası yatay ötelenmesinde kayda değer miktarda etkisi olduğu görülmüştür.
- Dolgu duvar malzemeleri birbiriyle kıyaslandığında boşluklu fabrika tuğlası kullanılarak oluşturulan modellerin, gazbeton blok kullanılarak oluşturulan modellere göre her katta ve tepe noktasında daha az yatay ötelenme yaptığı görülmüştür.
- Tüm yerleşim modelleri, dolgusuz betonarme çerçeveli yapı ile oluşturulan modelle kıyaslandığında, dolgu duvarların yapıda oluşan yatay ötelenmeleri hem x- hem de y- yönünde önemli oranda azalttığı görülmüştür.
- Boşluklu fabrika tuğlası ve gazbeton blok kullanılarak oluşturulan yapı modelleri ile model 1 kıyaslandığında hem boşluklu fabrika tuğlası hem de gazbeton blok için ötelenmeler en fazla model 2’de azalmıştır. Boşluklu fabrika tuğlalı yapıda yatay ötelenmeler x- yönünde %47, y- yönünde %25 azalırken, gazbeton blok dolgu yapıda yatay ötelenmeler x- yönünde %35, y- yönünde %18 azalmıştır. Bundan dolayı en verimli sonuç model 2’den alınmıştır.
- Yapı modelinde x- ekseninde 6, y- ekseninde 3 açıklık vardır. Bundan dolayı dolgu duvar yerleşiminin y- eksenindeki etkisi, x- eksenine göre daha fazla olduğu gözlenmiştir.
- Betonarme çerçeveli yapılarda dolgu duvarlar yapının rijitliğini artırırken; periyodu ve kat ötelenmesini önemli ölçüde azalttığı gözlenmiştir.

Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre dolgu duvarların yerleşiminin ve dolgu duvar malzemesinin yapının yatay yük taşıma kapasitesine ve yatay ötelenmelerine etkisinin önemli miktarda fazla olduğu görülmüştür.

Bundan sonraki yapılacak çalışmalarda ve projelerde

- Dolgu duvarların yapı davranışına etkisinin özellikle yüksek binalarda göz önüne alınması
- Dolgu duvarların bulunduğu üzere çekme dayanımının olmaması ve kesme kuvvetleri altındaki gevrek davranışı, bu duvarların özel modelleme teknikleriyle hesaplara dahil edilmesi
- Dolgu duvarların simetrik olarak uygulanmaması durumunda oluşacak burulma momentine dikkat edilmesi
- Dolgu duvarların en az betonarme taşıyıcı sistemler kadar yatay yük alabildiği, kat ötelenmelerini ve kesme kuvveti değişiminde etkili olduğu bilinmektedir. Bundan dolayı sonraki çalışmalarda, dolgu duvarların taban kesme kuvvetine olan etkisinin araştırılması
- Ayrıca çalışmanın deneysel olarak araştırılarak analitik bulguları desteklemesi yazarlar tarafından önerilmektedir.

Referanslar

- Aksoylu, C., ve Kara, N. (2020). Strengthening of RC frames by using high strength diagonal precast panels. *Journal of Building Engineering*, 31, 101338.
- Alhalil, İ. ve Güllü, M. F. (2021). Investigating the Effect of Masonry Infill Walls on the 2D RC Structural Systems with Asymmetry along the Elevation. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 10(3), 1019-1039.
- Aykaç, B., Özbek, E., Babayani, R., Baran, M. ve Aykaç, S. (2017). Seismic Strengthening of Infill Walls with Perforated Steel Plates. *Engineering Structures*, 152, 168-179.
- Baran, M. (2012). Dolgu Duvarların Betonarme Çerçeveli Yapıların Davranışı Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 27(2), 275–284.
- Bayrak, O. F. ve Bıkçe, M. (2019). Dolgu Duvarların Yapısal Düzensizliklere ve Performansa Etkisinin Mevcut Bir Yapı Üzerinde İncelenmesi. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 241–254.

- Çavdar, Ö., Köse, G. ve Sunca, F. (2020). Betonarme Binaların Deprem Performanslarına Dolgu Duvarların Etkisinin İncelenmesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 25(1), 465–484. doi:10.17482/uumfd.658027
- Crisafulli, F. J., Carr, A. J. ve Park, R. (2000). Analytical modelling of infilled frame structures - A general review. *Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering*, 33(1), 30–47. doi:10.5459/bnzsee.33.1.30-47
- Demirel, İ. O., Yakut, A., Binici, B. ve Canbay, E. (2015). Betonarme Çerçevelerde Dolgu Duvar Etkisinin İncelenmesi Üzerine Deneysel Çalışma. 3. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı içinde . İzmir.
- Durmazgezer, E. (2013). *Dolgu duvarli betonarme çerçevelerin deprem etkileri altındaki davranışının incelenmesi*. Dokuz Eylül Üniversitesi.
- Guerrero, N., Martínez, M., Picón, R., Marante, M. E., Hild, F., Roux, S. ve Flórez-López, J. (2014). Experimental Analysis of Masonry Infilled Frames Using Digital Image Correlation. *Materials and Structures/Materiaux et Constructions*, 47(5), 873–884. doi:10.1617/s11527-013-0099-0
- Karabay, M. (1989). *Dolgu Duvarların Betonarme Çerçevelerin Davranışı ve Dayanımı Üzerindeki Etkileri*. Gazi Üniversitesi.
- Kaushik, H. B., Rai, D. C. ve Jain, S. K. (2008). A rational approach to analytical modeling of masonry infills in reinforced concrete frame buildings. *Proceedings of the 14th World Conference on Earthquake Engineering* içinde . Beijing, China. <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:A+RATIONAL+APPROACH+TO+ANALYTICAL+MODELING+OF+MASONRY+INFILLS+IN+REINFORCED+CONCRETE+FRAME+BUILDDINGS#0%5Cnhttp://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:A+rational+approach+to+an> adresinden erişildi.
- Kızıloğlu, M. Y. (2006). *Deprem Etkisi Altında Dolgu Duvarların Betonarme Çerçeve Yapılar Üzerindeki Etkisi*. Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Korkmaz, A. ve Uçar, T. (2006). Betonarme Binaların Deprem Davranışında Dolgu Duvar Etkisinin İncelenmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 8(1), 101–108.
- Madan, A., Reinhorn, A. M., Mander, J. B. ve Valles, R. E. (1997). Modeling of Masonry Infill Panels for Structural Analysis. *Journal of Structural Engineering*, 123(October), 1295–1302.
- Öztürkoğlu, O., Uçar, T. ve Yeşilce, Y. (2015). Betonarme Yapılarda Dolgu Duvar-Çerçeve Etkileşiminin İncelenmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 17(5), 109–121.
- Papia, M., Cavaleri, L. ve Fossetti, M. (2003). Infilled frames: Developments in the evaluation of the stiffening effect of infills. *Structural Engineering and Mechanics*, 16(6), 675–693. doi:10.12989/sem.2003.16.6.675
- 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.
- Sucuoğlu, H. (2013). Implications of masonry infill and partition damage in performance perception in residential buildings after a moderate earthquake. *Earthquake Spectra*, 29(2), 661–667. doi:10.1193/1.4000147
- TBDY-2018. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018 (2018). Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı.
- TDTH. (2021). Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması. *Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı*. 1 Eylül 2021 tarihinde <https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml> adresinden erişildi.
- Tekin, M., Alsancak, E. ve Ay, M. (2007). Betonarme Çerçevelerde Dolgu Duvar Etkisinin İncelenmesi. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 3(1), 95–104.
- TS498. Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri (1997). Türkiye.
- TS500. Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları (2000).
- Uysal, K. E. (2013). *Betonarme Binalarda Dolgu Duvarların Deprem Etkisi Altındaki Davranışının İncelenmesi*. Journal Tunas Bangsa. İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Yakut, A., Binici, B., Demirel, İ. O. ve Özcebe, G. (2013). Dolgu Duvarların Deprem Davranışına Etkisi. 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı içinde (ss. 1–10). Hatay.
- Yiğit, A., Erdil, B. ve Akkaya, İ. (2019). Dolgu Duvarların Betonarme Binaların Doğal Titreşim Periyotları Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi. *3rd International Symposium on Natural Hazards and Disaster Management* içinde . Van, Turkey.