

BETONARME BİNALARIN DEPREM PERFORMANSLARINA DOLGU DUVARLARIN ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Özlem ÇAVDAR *^{iD}
Gülfem Çisem KÖSE SUNCA **^{iD}
Fezayil SUNCA ***^{iD}

Alınma: 11.12.2019; düzeltme: 03.01.2020; kabul: 17.02.2020

Öz: Bu çalışmada, kat içinde farklı oran ve düzende yerleştirilen dolgu duvarların betonarme binaların sismik davranışlarına olan etkileri araştırılmıştır. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018)'ne uygun olarak tasarımı gerçekleştirilen binaların performansları zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemiyle tespit edilmiştir. Analizler için 11 adet deprem kaydı, yakın ve uzak fay etkileri, depremlerin büyüklüğü, zemin cinsi ve Ülkemizin faylanma mekanizması gibi parametreler dikkate alınarak seçilmiştir. Seçilen ivme kayıtları, basit ölçeklendirme yöntemi kullanılarak TBDY-2018'de verilen yatay elastik tasarım spektrumuyla uyumlu olacak şekilde ölçeklendirilmiştir. Analizlerde 5 farklı oranda dolgu duvar dikkate alınmıştır. Bu dolgu duvarlar diyagonal (eşdeğer) basınç çubuğu olarak analizlerde dikkate alınmıştır. Binanın sonlu eleman modelinde SAP2000, kesit analizlerinde ise RESPONSE2000 programı kullanılmıştır. Analizler sonucunda, her bir dolgu duvar oranı için binalardan elde edilen mod şekilleri, titreşim periyot değerleri, görelî kat ötelemesi oranları ve bina performans seviyeleri karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Betonarme Bina, TBDY-2018, Dolgu Duvar, Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz, Deprem Performansı

Investigating Effects of Infill Walls on Earthquake Performances of Reinforced Concrete Buildings

Abstract: In this study, the effects of infill walls, which are placed in different ratios and configurations, on the seismic behaviors of reinforced concrete buildings are investigated. The performance levels of the buildings which are designed according to Turkish Building Earthquake Code (TBEC-2018) are determined by using nonlinear time history analysis. For the nonlinear analysis, 11 ground motion records are selected by considering several parameters such as near and far fault effects, the magnitude of earthquakes, soil type and faulting mechanism. The selected ground motion records are scaled by using simple scaling method accordance with the horizontal elastic design spectrum which is defined in TBEC-2018. In the analyses, 5 different infill wall ratios and configurations are taken into consideration and the infill walls are modeled as equivalent compression strut. The SAP2000 program and RESPONSE2000 program are used for the finite element models of the structures and cross-section analysis, respectively. As a result of the analysis, mode shapes, natural period values, interstory drift ratios and building performance levels obtained for the different infill walls ratios are presented comparatively.

* Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 29100, Gümüşhane.

** Trabzon Büyükşehir Belediyesi, Etüd ve Projeler Dairesi Başkanlığı, 61000, Trabzon.

*** Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 58140, Sivas.

İletişim Yazarı: Özlem Çavdar (ozlemcavdar@gumushane.edu.tr)

Keywords: Reinforced Concrete Building; TBEC-2018; Infill Wall; Nonlinear Time History Analysis, Earthquake Performance

1. GİRİŞ

Günümüzde binaların tasarım ve analizlerinde, yapısal olmayan eleman olarak tanımlanan dolgu duvarların bina davranışına etkileri genellikle ihmal edilmektedir. Bununla birlikte, dolgu duvarlar binalardaki mod şekli, sönüm ve titreşim periyodu gibi dinamik karakteristikleri etkileyen özelliklere sahiptir. Ayrıca dolgu duvarların yatay rijitliğe katkısının hesaplarda dikkate alınmaması durumu güvenli tarafta kalındığı düşüncesini doğursa da dolgu duvarların kat içerisindeki dağılımı ve oranı; burulma düzensizliği, kısa kolon, zayıf kat düzensizliği ve yumuşak kat düzensizliği gibi bazı olumsuzluklara neden olabilmektedir (Köse ve diğ., 2007). Bu sebeple, gerçek yapısal davranışı elde edebilmek için dolgu duvarlar, binaların tasarım ve analiz aşamasında göz önüne alınmalıdır.

Geçmiş yıllarda dolgu duvarların yapısal davranışa ve performans etkileri birçok yönden deneysel ve analitik yöntemler kullanılarak araştırılmıştır. Murty ve Jain (2000), gerçekleştirdikleri deneysel çalışmalar ile dolgu duvarların yanal rijitliğe ve enerji yutma kapasitesine ciddi katkılarının olduğunu ortaya koymuşlardır. El-Dakhkhni ve diğ. (2003), dolgu duvarların analitik çalışmalarda temsil edilebilmesi için üç eşdeğer diyagonal basınç çubuğu kullanarak yeni bir duvar modeli sunmuştur. Hashemi ve Mosalam (2006), gerçekleştirdikleri sarsma masası deneyleri sonucunda dolgu duvarların deney numunelerinin kapasitesini ve sünekliğini önemli ölçüde etkilediğini ve binaların tasarım ve analizlerinde dolgu duvarların göz önünde bulundurulması gerektiğini ortaya koymuşlardır. Asteris ve diğ. (2011), literatürde dolgu duvarların modellenmesinde yaygın olarak kullanılan eşdeğer basınç çubuklarına, dolgu duvarlarda bulunan boşlukların yansıtılabilmesi için azaltma parametresi sunmuşlardır. Bu amaçla çeşitli deneysel çalışmalardan elde ettikleri verilere göre güncelledikleri analitik modelleri kullanmışlardır. Wakchaure ve Ped (2012), yüksek binaların yapısal davranışına dolgu duvar etkilerini araştırmışlardır. Dolgu duvarları, eşdeğer basınç çubuğu olarak hesaplarda göz önüne almışlardır. Zaman tanım alanında gerçekleştirdikleri doğrusal analizler sonucunda, dolgu duvarların yerdeğiştirme ve titreşim periyot değerini azaltırken, taban kesme kuvvetini artırdığı tespit etmişlerdir. Hermanns ve diğ. (2013), 2011 Lorca depremi sonrası gerçekleştirdikleri çalışmalar ile binalarda kullanılan dolgu duvar yerleşiminin yapısal düzensizliklere neden olabileceğini ortaya koymuşlardır. Koçak (2013), 1992 Erzincan depreminde hasar görmüş bir betonarme binada, dolgu duvarlar nedeniyle oluşan kısa kolon hasarlarını araştırmıştır. Meral (2014), dolgu duvarların mevcut binaların yapısal davranışına katkılarını zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemiyle araştırmıştır. Bu amaçla ülkemizdeki geçmiş yönetmelikleri kullanarak düşük ve orta yükseklikte binalar tasarlamıştır. Ning ve diğ. (2017), binalarda kullanılan dolgu duvarların taşıyıcı sistem elemanlarının performansına olan etkilerini araştırmak amacıyla gerçekleştirdikleri analitik çalışmalar neticesinde, dolgu duvarlarının binaların göçme mekanizmalarını ve plastik mafsal konumlarını etkilediğini tespit etmişlerdir. Qian ve Li (2017), dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız çerçeveler üzerinden gerçekleştirdikleri deneysel çalışmalarda, dolgu duvarın çerçevelerin göçme mekanizmalarına ve yük-yerdeğiştirme eğrilerine olan etkilerini araştırmışlardır. Özkaya (2018), dolgu duvarların binalarda yumuşak kat düzensizliği üzerine etkisini araştırmıştır. Analizler sonucunda, dolgu duvarların tasarım ve analizlerde göz ardı edilmesinin olumsuz sonuçlara neden olabileceğini ve yumuşak kat düzensizliğinde etkili olduklarını ifade etmiştir. Zhou ve diğ.

(2018), dolgu duvarın oluşturduğu kısa kolon etkilerini deneysel olarak incelemişlerdir. Deneyler sırasında dolgu duvarsız ve dolgu duvarlı üç farklı numune kullanmışlardır. Deneyler sonucunda, binaların performansının ve göçme modlarının duvar yüksekliğine, duvarın çerçeveye bağlanma türüne, kolon ve duvarın kesme kapasitelerinin oranına bağlı olduğunu ifade etmişlerdir.

Dolgu duvarların sonlu eleman modellerine doğru olarak yansıtılması için literatürde birçok deneysel ve analitik çalışma bulunmaktadır. Dolgu duvarların modellenmesi üzerine ilk çalışmalar 1950'li yıllarda başlamıştır. Polyakov (1956), dolgu duvarları diyagonal basınç çubukları ile temsil etmiştir. Eşdeğer diyagonal basınç çubuğu yönteminde, dolgu duvar ile taşıyıcı sistem arasındaki yük aktarımının dolgu duvar köşegeni boyunca devam eden bir hat boyunca gerçekleşmesi sebebiyle dolgu duvar bu hat üzerinden geçen bir çubuk ile modellenmektedir. Eşdeğer diyagonal basınç çubukları hesap kolaylığı ve dolgu duvarları gerçekçi olarak temsil etmesi sebebiyle günümüzde de birçok çalışma ve yönetmeliklerde yaygın olarak kullanılmaktadır (Madan ve diğ., 1997; Dolsek ve Fajfar, 2008; Kaushik ve diğ., 2008; Kose, 2009; Uva ve diğ., 2012; Liu ve diğ., 2014; Rathod ve Dyavaval, 2014; Ozturkoglu ve diğ., 2017; Liberatore ve diğ., 2018; Uçar ve Öztürkoğlu 2018; Börekçi, 2019; Li ve diğ., 2019). Literatürde yaygın olarak kullanılan bir diğer yöntem ise sonlu elemanlar yöntemi ile dolgu duvarların modellenmesidir. Bu yöntemde, dolgu duvarların kalınlığının diğer iki boyutuna oranla daha küçük olması nedeniyle kabuk eleman olarak hesap modellerinde dikkate alınabilir. Bu yöntemde, dolgu duvarlar sonlu eleman olarak adlandırılan parçalara bölünür.

Bu çalışmada, dolgu duvarların betonarme binaların performanslarına olan etkilerini ortaya koymak amacıyla farklı oran ve düzende dolgu duvarlar dikkate alınarak zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışmada dikkate alınan betonarme binanın tasarımı Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018)'e göre gerçekleştirilmiştir. Doğrusal olmayan analizlerde, 5 farklı oran ve düzende dolgu duvarlı bina modelleri seçilmiştir. Bu analizlerde, TBDY-2018 esaslarına göre elde edilmiş ve ölçeklendirilmiş ivme kayıtları kullanılmıştır. Binanın sonlu eleman modeli ve analizleri için Structural Analysis Program (SAP2000, 2015), kesit analizleri ve moment eğrilik ilişkileri için RESPONSE2000 programı kullanılmıştır.

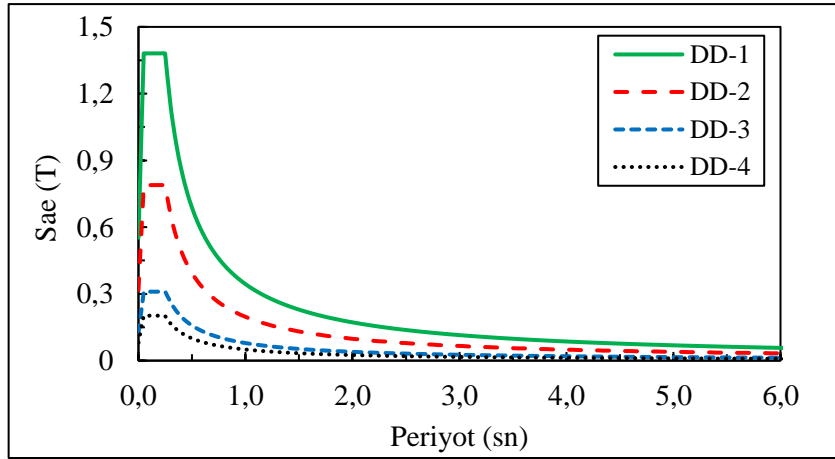
2. SAYISAL UYGULAMA

2.1. İncelenen Binanın Tasarımı

Seçilen konut binasının tasarımı TBDY-2018 ve Türk Standardı 500 (TS 500, 2000)' e göre gerçekleştirilmiştir. Bina her iki doğrultuda da simetrik olup 4.5 m'lik 5 açıklıktan oluşmaktadır. Kat yüksekliği tüm katlarda aynı olup 3m'dir. Toplam 5 kattan oluşan binanın zemin üzerinden toplam yüksekliği 15 m'dir. Konut amacıyla kullanılacak binanın taşıyıcı sisteminin süneklik düzeyi yüksek moment aktaran betonarme çerçevelerden oluşturulması öngörülmüştür. Binanın tasarımında, doğrusal hesap yöntemlerinden eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılmıştır. Analizlerde, beton sınıfı C30/37, donatı çeliği sınıfı B420C olarak dikkate alınmıştır. Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yükler yönetmeliğinden (TS498, 1987) döşemelerde sabit yük $g = 2\text{kN/m}^2$, hareketli yükler çatı katıda dahil olmak üzere $q = 2\text{kN/m}^2$ alınmıştır. Ayrıca, dolgu duvar yükü 6kN/m olarak dikkate alınmış ve ilgili kirişlere aktarılmıştır. Uygulama amacıyla tasarımı ve değerlendirmesi yapılacak binanın İstanbul ili, Eyüp İlçesinde ve ZB zemin sınıfında bulunduğu düşünülmüştür. Bu bilgiler ışığında, TBDY-2018'de verilen deprem yer hareketi düzeyleri (DD) için elde edilen yatay elastik spektrum eğrileri Şekil 1'de verilmiştir.

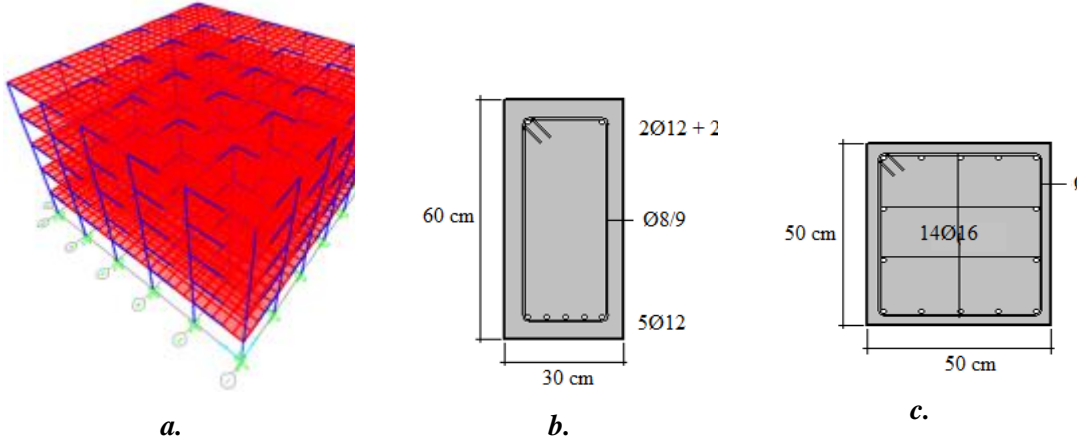
Binanın sonlu eleman modeli üç boyutlu olarak SAP2000 programında oluşturulmuş olup incelenen bina her iki doğrultuda da simetrik olması sebebiyle tek doğrultudaki deprem etkileri göz önüne alınmıştır. Analizlerde sönüm oranı %5 olarak dikkate alınmıştır. Kolonlar ve kirişler çubuk eleman olarak modellenmiştir. Döşemeler ise düzlem içi ve dışı yerdeğiştirmelere ilişkin serbestlik derecelerini dikkate alacak şekilde kabuk elemanlar yardımıyla modellenmiştir. Döşemelerde ani rijitlik azalması ve yük aktarımını etkileyecek yerel boşlukların bulunmaması sebebiyle rijit diyafram olarak hesaba katılmıştır. Ayrıca bina taşıyıcı sistem elemanlarına ait etkin eğilme rijitlikleri TBDY-2018'de verilen değerler esas alınarak SAP2000 programına atanmıştır. İncelenen binanın 3 boyutlu sonlu eleman modeli Şekil 2'de verilmiştir. Analizler neticesinde döşeme kalınlığı 15cm olarak belirlenmiş olup diğer taşıyıcı sistem elemanları için belirlenen kesit ve donatı detayları Şekil 2 ile sunulmuştur.

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile tasarımı yapılmış konut binasının zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi ile performansı değerlendirilmiştir. Binanın doğrusal olmayan analizleri için SAP2000 programı, taşıyıcı sistem elemanlarının kesit analizleri ve moment-eğrilik ilişkilerinin elde edilmesi için RESPONSE2000 programı kullanılmıştır. Taşıyıcı sistem elemanları sonlu eleman modellerinde çubuk eleman olarak tanımlanmıştır. Beton ve donatı malzeme modelleri, TBDY-2018 EK5A ile verilen esaslar kullanılarak tanımlanmıştır. Bu malzeme modellerine ait gerilme-şekildeğiştirme grafikleri Şekil 3'de sunulmuştur. Şekil 3'de f_c sargılı betonda beton basınç gerilmesini, f_{cc} sargılı beton dayanımını, f_{co} sargısız betonun basınç dayanımını, ϵ_c beton basınç birim şekildeğiştirmesini, ϵ_{cu} sargılı betonun maksimum basınç birim şekildeğiştirmesini ifade etmektedir. Ayrıca f_s , f_{su} , f_{sy} , ϵ_{sy} ve ϵ_{su} sırasıyla donatı çeliğinin gerilmesini, kopma dayanımını, akma dayanımını, akma birim şekildeğiştirmesini ve kopma birim şekildeğiştirmesini ifade etmektedir.



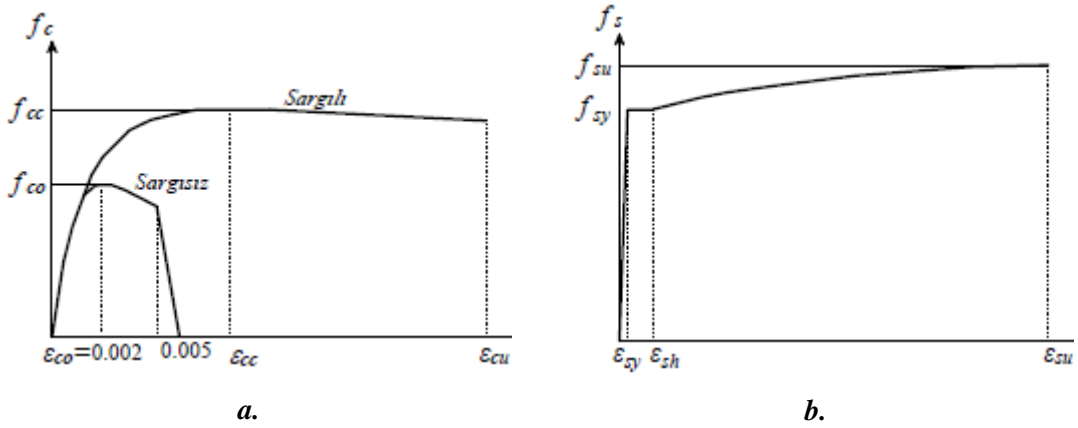
Şekil 1:

Farklı deprem yer hareketi düzeyleri için yatay elastik tasarım ivme spektrumları



Şekil 2:

İncelenen binanın sonlu eleman modeli ve taşıyıcı sistem elemanlarına ait kesit detayları
a. 3D sonlu eleman modeli, **b.** Kiriş Kesiti, **c.** Kolon Kesiti



Şekil 3:

Betonun ve donatı çeliğinin gerilme-şekildeğiştirme ilişkisi
a. Beton **b.** Donatı Çeliği

Uygulama amacıyla seçilen binanın performans değerlendirmesinde yığılı plastik davranış modeli kullanılmıştır. Bu davranış modelinde plastik şekildeğiştirmelerin, yapı taşıyıcı sistem elemanlarında meydana gelen iç kuvvetlerin plastik kapasitelerine ulaşması sonucu oluşan sonlu uzunluktaki bölgelerde düzgün yayılı biçimde olduğu varsayılır. Bu davranış modeli çubuk sonlu eleman olarak modellenen kolon ve kirişlerde kullanılabilir. Ayrıca TBDY-2018 4.5.3.8’de verilen koşulları sağlayan betonarme perdeler eşdeğer çubuk sonlu eleman olarak modellenebilmekte ve bu perdelerde de yığılı plastik davranış modeli kullanılabilir. Zaman tanım alanında hesap yönteminde, plastik mafsallar kolon ve kirişlerin en çok zorlanan uç bölgelerine atanmıştır. Kolonlar hem eğilme hem de aksel kuvvete maruz kalmaları nedeniyle her iki uca plastik mafsallı olarak P-M2-M3 mafsalları atanmıştır. Kirişlerde ise aksel yük düzeylerinin düşük olması ve eğilmeye çalışmaları nedeniyle iki uca plastik mafsallı olarak M3 mafsalları atanmıştır.

2.2. Dolgu Duvar Özelliklerinin Belirlenmesi ve Modellenmesi

Dolgu duvarlar modellenirken, malzemenin elastisite modülü ve basınç dayanımı için literatürde birçok değer önerilmektedir. Bu çalışmada dolgu duvarların elastisite modülü ve basınç dayanımı için Kaltakçı ve diğ. tarafından 2003 yılında gerçekleştirilen deneysel çalışmalar sonucunda belirlenen değerler kullanılmıştır. Burada tuğla elemandan oluşan dolgu duvar elastisite modülü (E_d) 5750 MPa, basınç dayanımı (f_m) ise 1.85 MPa olarak hesaplarda dikkate alınmıştır. Dolgu duvarlar diyagonal (eşdeğer) basınç çubuğu ile modellenmiştir. Bu çubukların kalınlığı seçilen duvar kalınlığı olarak dikkate alınırken çubukların genişliği TBDY-2018 tarafından önerilen Denklem 1-3'deki bağıntılar ile hesaplanmaktadır.

$$a_d = 0.175(\lambda_d h_k)^{-0.4} r_d \quad (1)$$

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

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{h_d}{L_d} \right) \quad (3)$$

Burada a_d çubuk genişliğini, h_k kolon boyunu, r_d dolgu duvarı köşegen uzunluğunu, E_d ve E_c dolgu duvarın ve çevresindeki betonun elastisite modülünü, t_d dolgu duvar kalınlığını, h_d dolgu duvar yüksekliğini, θ dolgu duvar diyagonal açısını, I_k kolonun atalet momentini temsil etmektedir. Gerçekleştirilen hesaplar neticesinde diyagonal basınç çubuğunun kalınlığı 0.60m olarak belirlenmiştir. Diyagonal basınç çubuğunun kalınlığı belirlenirken dikkate alınan hesap parametreleri Tablo 1 ile sunulmuştur.

Tablo 1. Diyagonal basınç çubuğunun kalınlığı belirlenirken dikkate alınan veriler

E_d	t_d	E_c	I_k	h_d	L_d	$\sin 2\theta$	h_k	r_d
MPa	m	MPa	m ⁴	m	m		m	m
5750,00	0,20	32000,00	0,0052	2,40	4,50	0,83	3,00	5,10

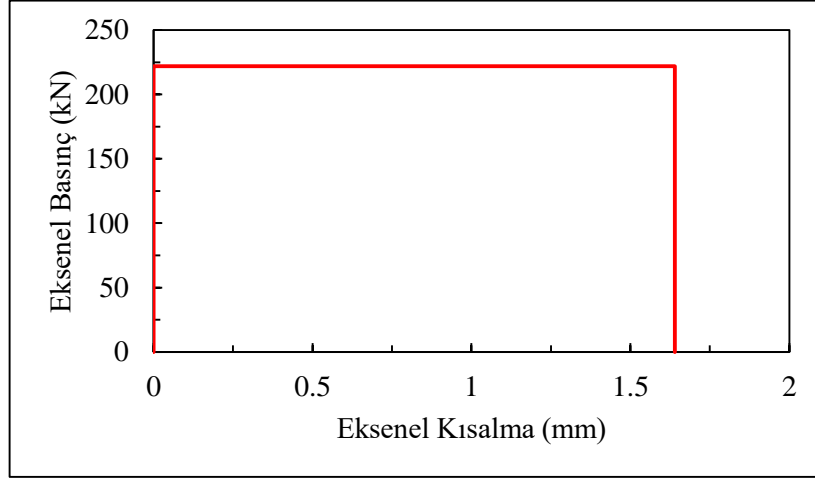
Analizlerde bu çubuğun sadece aksel kuvvete çalışması için dolgu duvarın iki ucu mafsallı olarak dikkate alınmıştır, Öte yandan yatay yüklerin etkidiği yöne göre eşdeğer basınç çubuğunun yönü değiştirilmesi gerekmektedir, Depremlerin etki süreleri boyunca yön değiştirmeleri nedeniyle bu çalışmada her açıklık için çapraz iki adet diyagonal basınç çubuğu kullanılmıştır, Ayrıca eşdeğer basınç çubuklarının aksel yük taşıma kapasiteleri hesaplanarak çubukların ortasına aksel yük mafsallı tanımlanmıştır, Dolgu duvara ait aksel yük mafsallı için Akyürek (2014) tarafından önerilen model kullanılmıştır, Bu modelde çubuğun belirli bir aksel kısılmaya ulaşması durumunda yük taşıyamaz olduğu kabul edilmiştir (Şekil 4), Aksel yük mafsallı özellikleri Denklem 4 ile hesaplanmaktadır, Burada A dolgu duvar kesit alanını, N aksel yük kapasitesini, Δ ise kısılma kapasitesini temsil etmektedir, Depremlerin tersinir etkisi nedeniyle eşdeğer basınç çubuklarında sadece aksel basınç oluşmaz, Deprem yüklerinin tersinir etkisini dikkate almak için aksel yük mafsallı duvarın basınç dayanımının %10 kapasitesi

kadar çekme yük kapasitesi tanımlanmıştır, Analizlerde 5 farklı duvar konumu dikkate alınmış olup bu duvarlara ait konum ve oranlar Şekil 5’de verilmiştir,

$$N = f_m A$$

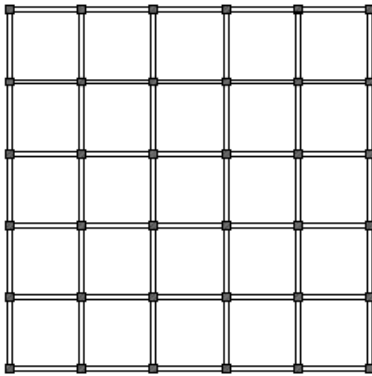
$$\Delta = (NL) / (E_{me} A)$$

(4)

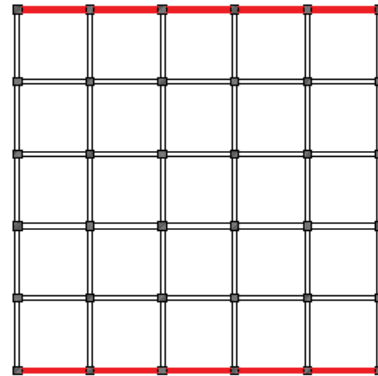


Şekil 4:

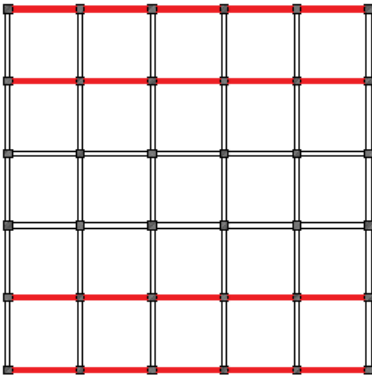
Dolgu duvar eksenel yük mafsalı için belirlenen özellikleri



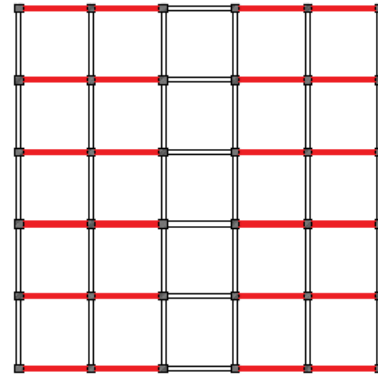
a,



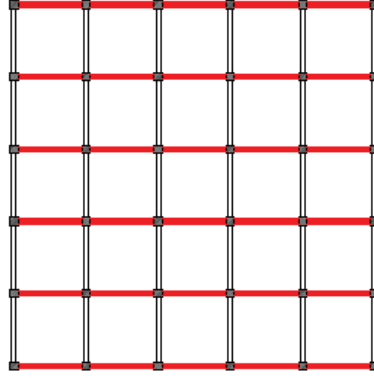
b,



c,



d,



e,

Şekil 5:

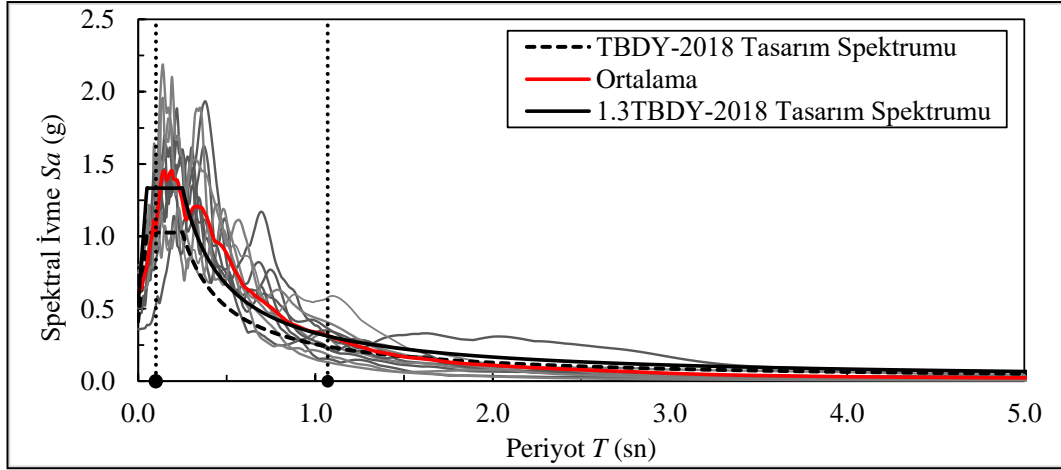
*Analizlerde dikkate alınan dolgu duvar oran ve düzenleri
a, Model-1 b, Model-2 c, Model-3 d, Model-4 e, Model-5*

2.3. Deprem Kayıtlarının Seçilmesi ve Ölçeklendirilmesi

TBDY-2018'e göre zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerde en az 11 deprem kaydının kullanılması gerekmektedir. Bu sebeple incelenen bina modeli için 11 adet ivme kaydı seçilmiş ve ölçeklendirilmiştir. Ölçeklendirilen bu ivme kayıtlarının birbirine dik iki yatay doğrultudaki deprem etkisi, TBDY-2018 esaslarına uygun olarak aynı anda bina modellerinde göz önüne alınmıştır. Düşey deprem yükleri ise özel bir hesap yapılmayarak sabit yükler ve kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısına bağlı olarak hesaplarda dikkate alınmıştır. Analizlerde kullanılacak olan deprem kayıtları, TBDY-2018'de verilen esaslar dikkate alınarak Pasifik Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi (Pacific Earthquake Engineering Research Center <http://peer.berkeley.edu/smcat>) (PEER), kuvvetli yer hareketi veri bankasından seçilmiştir. Deprem kayıtları seçilirken yakın fay etkilerini ortadan kaldırmak için fay kırılma mesafesi 10-30 km arasında seçilmiştir (Çavdar, 2013). Ülkemizin genel faylanma yapısı doğrultu atımlı olması sebebiyle ivme kayıtlarında bu özellik göz önünde bulundurulmuştur. Deprem büyüklükleri 5,0-7,6 olarak göz önüne alınmıştır. Geçmiş yıllarda gerçekleştirilen çalışmalarda, ivme kayıtlarının ölçeklendirilmesinde kullanılacak ölçek katsayıları için bir takım sınırlamalar getirilmiştir. Doğrusal elastik analizler için ölçek katsayısının 4'ü aşmaması gerektiğini, doğrusal elastik olmayan analizlerde ise ölçek katsayısının 0,5 ile 2 arasında sınırlandırılması tavsiye edilmiştir (Krinitzsky ve Chang, 1977; Vanmarcke, 1979; Fahjan, 2008). TBDY-2018'de ZB zemin sınıfı için kayma dalgası hızı (V_{s30}) 760-1500 m/sn olarak önerilmiştir. Ancak ölçeklendirme sırasında, ölçek katsayıları açısından uygun ivme kayıtlarının bulunamaması sebebiyle kayma dalgası hızı için 360-1500 m/sn aralığı dikkate alınmıştır. Bu hususlar dikkate alınarak seçilen ivme kayıtlarına ait özellikler Tablo 2'de verilmiştir. Ölçeklendirme de basit ölçeklendirme yöntemi kullanılmış olup DD-2 deprem düzeyi için elde edilen yatay elastik tasarım spektrumuna göre ölçeklendirme yapılmıştır. Ölçeklendirilen ivme kayıtlarına ait tepki spektrumları Şekil 6'da ve ölçek katsayıları Tablo 2'de verilmiştir. Şekil 6'da verilen 1,3 TBDY-2018 Tasarım Spektrumu, çalışma kapsamında basit ölçeklendirme yönteminin kullanılması sebebiyle hesaplarda dikkate alınan yatay elastik tasarım spektrumunun 1,3 katını ifade etmektedir.

Tablo 2. Seçilen ivme kayıtlarının özellikleri ve ölçek katsayısı

No	RSN	Deprem	Yıl	Büyüklik (M_w)	Mekanizma	R_{rup} (km)	Ölçek Fak,
1	33	Parkfield	1966	6,19	Doğrultu Atımlı	15,96	1,42
2	221	Livermore-02	1980	5,42		11,4	1,88
3	239	Mammoth Lakes-03	1980	5,91		18,13	1,54
4	248	Mammoth Lakes-06	1980	5,94		12,39	1,46
5	250	Mammoth Lakes-06	1980	5,94		16,03	0,72
6	265	Victoria Mexico	1980	6,33		14,37	0,84
7	548	Chalfant Valley-02	1986	6,19		21,92	1,74
8	1633	Manjil İran	1990	7,37		12,55	0,65
9	6876	Joshua Tree, CA	1992	6,1		29,4	1,9
10	6878	Joshua Tree, CA	1992	6,1		21,97	2,14
11	6915	Darfield	2010	7,0		24,47	0,75

**Şekil 6:**

Ölçeklendirilen ivme kayıtlarına ait tepki spektrumları

3. BULGULAR ve İRDELEMELER

Çalışmanın bu bölümünde farklı dolgu duvar oran ve konumlarının betonarme binaların davranışlarına olan etkilerinin belirlemek amacıyla TBDY-2018'e göre tasarımı yapılan konut binasının modal analizi ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz ile elde edilen bulgular ve tartışmalar verilmiştir. Gerçekleştirilen modal analizler sonucunda dolgu duvarların, binaların mod şekillerine ve titreşim periyotlarına etkileri incelenmiştir. Ayrıca dolgu duvar konum ve oranlarının binanın sismik davranışına olan etkilerini belirlemek amacıyla görel kat ötelemesi oranları hesaplanmış ve dolgu duvarların binaların deprem performansına olan etkileri incelemek için TBDY-2018'e göre binanın performans seviyeleri seçilen dolgu duvar düzenleri için belirlenmiştir.

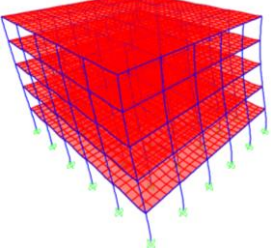
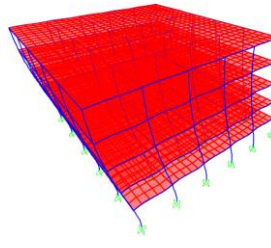
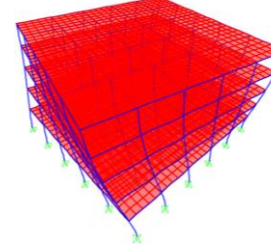
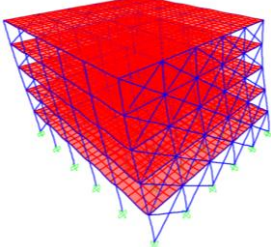
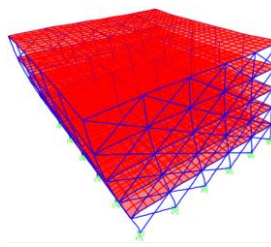
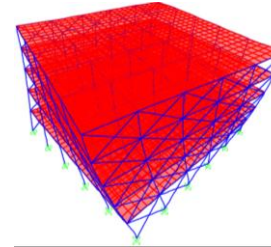
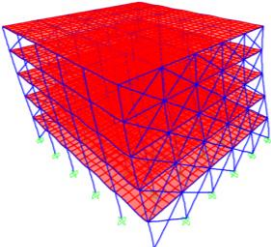
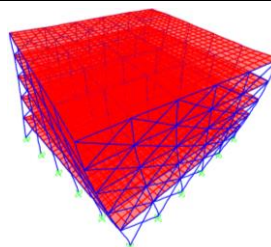
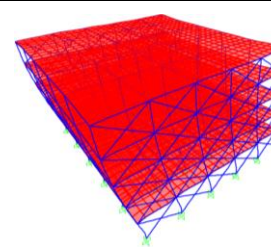
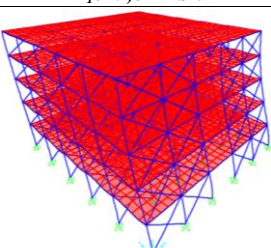
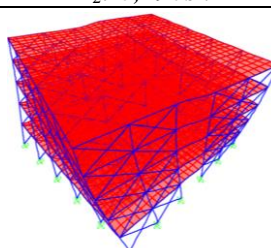
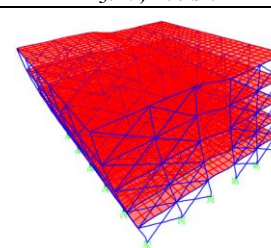
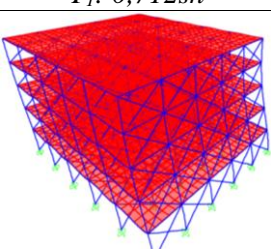
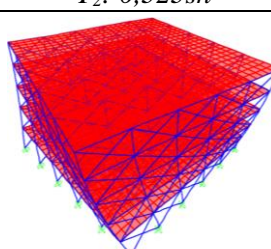
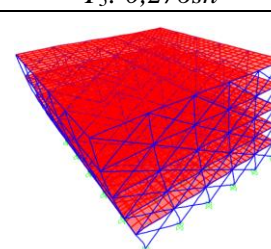
Dikkate alınan 5 farklı dolgu duvar düzeni için gerçekleştirilen modal analizler sonucunda elde edilen mod şekilleri ve titreşim periyotları Tablo 3 ile verilmiştir. İncelenen binanın simetrik olması nedeniyle dolgu duvarlar sadece x-doğrultusuna yerleştirilmiştir. Bu sebeple dikkate alınan bütün duvar konumları için yapıda oluşan mod şekilleri incelendiğinde ilk mod şekillerinin

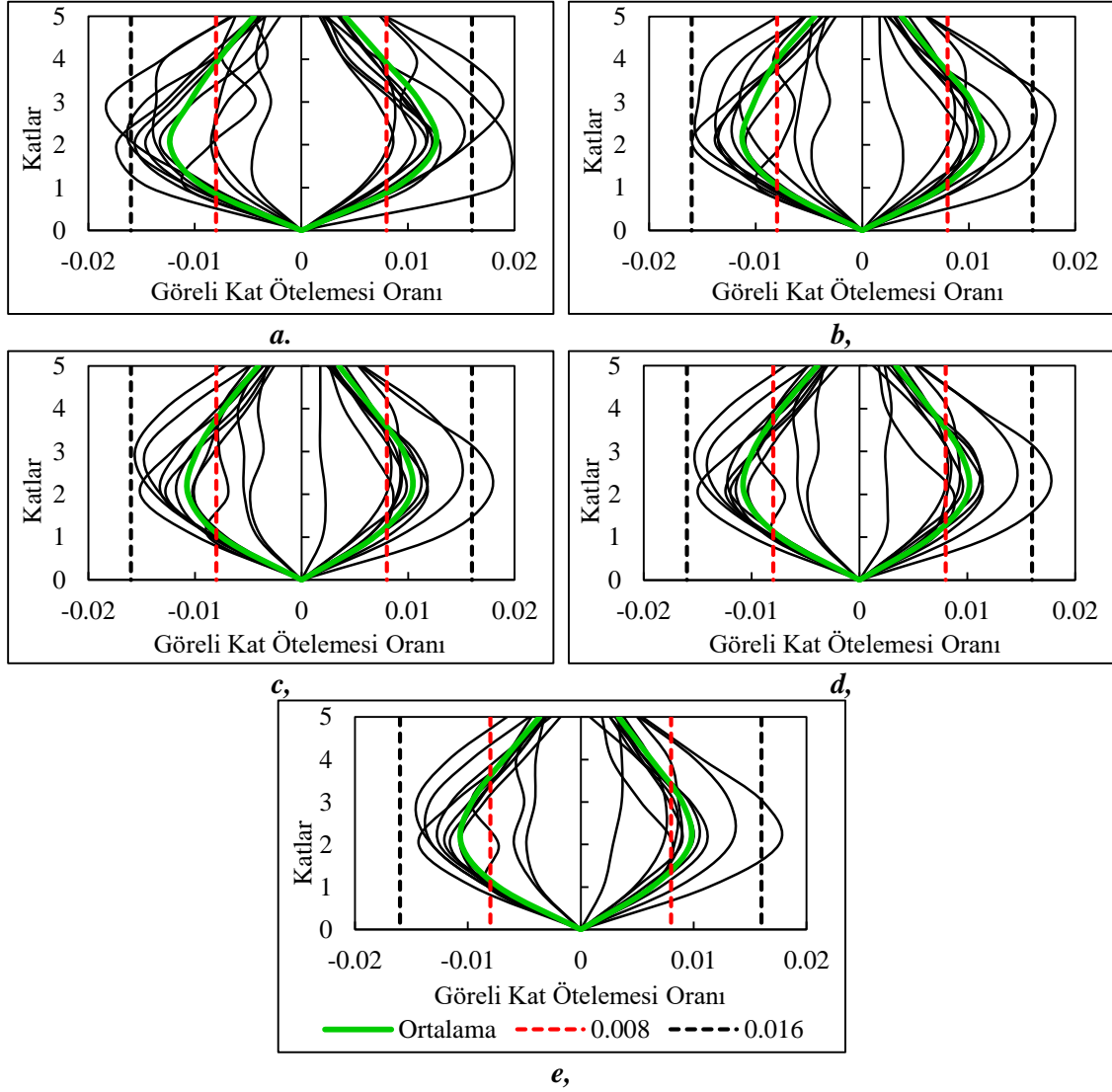
y-doğrultusunda oluştuğu ve yanal mod olduğu görülmektedir, Model-1 (duvarsız) ve Model-2’de ikinci mod şeklinin x-doğrultusunda yanal mod, üçüncü mod şeklinin ise burulma modu olduğu tespit edilmiştir, Ancak Model-3, Model-4 ve Model-5’de, Model-1 ve Model-2’nin aksine ikinci mod şekli burulma modu, üçüncü mod şekli ise x-doğrultusunda yanal mod olarak elde edilmiştir, Tasarlanan binada duvarların yerleştirildiği x-doğrultusundaki hakim periyot değerleri incelendiğinde ise, yapıda en büyük periyot değerinin 0,712sn olarak dolgu duvarın bulunmadığı Model-1 için elde edilirken, en küçük periyot değerinin 0,241sn olarak tüm akslarda dolgu duvarların bulunduğu Model-5’de elde edilmiştir, Ayrıca incelenen doğrultuda dolgu duvar oranının artması ile periyot değerlerinde ciddi azalmalar olduğu tespit edilmiştir, Bu durum, dolgu duvar oranının artması ile yapılarda büyük bir rijitlik artışı olduğunu göstermektedir,

5 farklı dolgu duvar düzeni dikkate alınarak gerçekleştirilen doğrusal olmayan analizler sonucunda seçilen betonarme binalar için görel kat ötelemesi oranları elde edilmiştir ve Şekil 7 ile sunulmuştur, Şekil 8’de ise her bir dolgu duvar oranı için elde edilen ortalama görel kat ötelemesi oranları karşılaştırmalı olarak verilmiştir, Tasarımı gerçekleştirilen binanın her iki doğrultuda da simetrik olması nedeniyle görel kat ötelemesi oranları sadece x-doğrultusu için incelenmiştir, Ayrıca elde edilen bu görel kat ötelemesi oranları TBDY-2018’de verilen sınır değerler ile karşılaştırılmıştır, Şekil 7 ve 8’den görüleceği üzere dikkate alınan tüm modellerde görel kat ötelemesi oranları, dolgu duvarlar ve çerçeve elemanlarının tamamen bitişik olması durumu için TBDY-2018’de verilen 0,008 sınırını aşmaktadır, Öte yandan görel kat ötelemesi oranları dolgu duvarlar ve çerçeve elemanlarının birbirinden esnek bağlantılarla ayrıldığı durum için TBDY-2018’de verilen 0,016 sınırının ise altında kalmaktadır, Ayrıca binadaki dolgu duvarların görel kat ötelemesi oranlarını önemli ölçüde etkilediği ve dolgu duvar oranının artmasıyla görel kat ötelemesi oranlarında ciddi azalmalar meydana geldiği tespit edilmiştir,

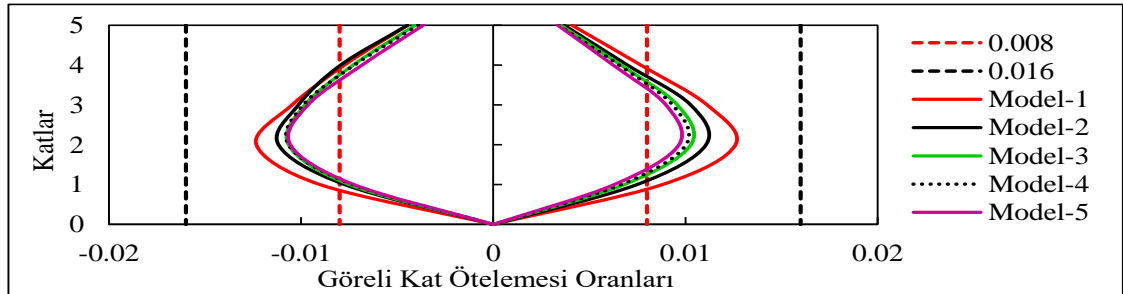
Seçilen 11 adet ivme kaydı ile gerçekleştirilen zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler sonucunda dikkate alınan 5 farklı dolgu duvar oranı için binaların performans seviyeleri belirlenmiştir, TBDY-2018 esaslarına göre taşıyıcı sistem elemanlarındaki doğrusal olmayan davranış yığılı plastik davranış modeli ile idealleştirilmiştir, Yığılı plastik mafsal davranış modeli kullanılarak taşıyıcı sistem elemanlarının performans düzeyi belirlenirken yönetmelik gereği kesitlerdeki plastik dönmeler kullanılmıştır, Zaman tanım alanında hesaplamalar sonucu 11 adet ivme kaydı için elde edilen bu plastik dönmelerin ortalaması TBDY-2018’de verilen sınır değerler ile karşılaştırılmış ve binaların performans seviyelerine karar verilmiştir, Binaların performans seviyeleri belirlenirken taşıyıcı sistem elemanlarına ait moment-eğrilik ilişkileri ve kesit analizlerinde RESPONSE2000 programı kullanılmıştır,

Tablo 3. Seçilen dolgu duvar düzenleri için elde edilen titreşim periyotları ve mod

Model	Mod Şekilleri ve Titreşim Periyot Değerleri		
Model-1			
	y-Doğrultusu (yanal mod) $T_1: 0,712sn$	x-Doğrultusu (yanal mod) $T_2: 0,712sn$	Burulma modu $T_3: 0,631sn$
Model-2			
	y-Doğrultusu (yanal mod) $T_1: 0,712sn$	x-Doğrultusu (yanal mod) $T_2: 0,375sn$	Burulma modu $T_3: 0,325sn$
Model-3			
	y-Doğrultusu (yanal mod) $T_1: 0,712sn$	Burulma modu $T_2: 0,290sn$	x-Doğrultusu (yanal mod) $T_3: 0,287sn$
Model-4			
	y-Doğrultusu (yanal mod) $T_1: 0,712sn$	Burulma modu $T_2: 0,323sn$	x-Doğrultusu (yanal mod) $T_3: 0,276sn$
Model-5			
	y-Doğrultusu (yanal mod) $T_1: 0,712sn$	Burulma modu $T_2: 0,287sn$	x-Doğrultusu (yanal mod) $T_3: 0,241sn$

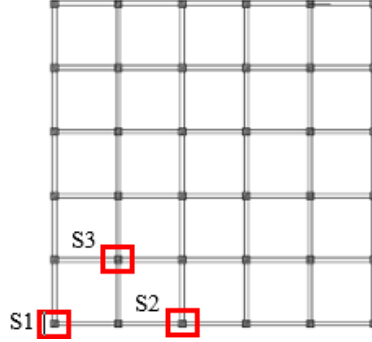


Şekil 7:
Görel kat ötelemesi kontrolü
a, Model-1 b, Model-2 c, Model-3 d, Model-4 e, Model-5



Şekil 8:
Seçilen duvar oran ve düzenleri için ortalama görel kat ötelemesi oranlarının karşılaştırılması

Kirişler için elde edilen akma eğrilikleri, göçme öncesi eğrilikleri ve plastik dönme sınır değerleri Tablo 4’de verilmiştir, Kolonlarda elde edilen plastik dönme sınırları binanın her katındaki 3 etki alanında hesaplanan aksel yük değerleri için ayrı ayrı hesaplanmıştır, Plastik dönme sınırlarının hesabı için dikkate alınan kolonlar Şekil 9’da ve elde edilen plastik sınır değerleri Tablo 5’de sunulmuştur, Tablo 4 ve Tablo 5’de, L_p , L_s ve d plastik mafsal boyunu, kesme açıklığını ve boyuna donatı çapını ifade etmektedir, Ayrıca $\theta_p^{(GÖ)}$, $\theta_p^{(KH)}$ ve $\theta_p^{(SH)}$ sırasıyla göçmenin önlenmesi, kontrollü hasar ve sınırlı hasar performans düzeyleri için izin verilen plastik dönme sınırlarını temsil etmektedir,



Şekil 9:

Plastik dönme sınırları hesaplanan kolonlar

Tablo 4. Kirişler için TBDY-2018’e göre hesaplanan plastik dönme sınır değerleri

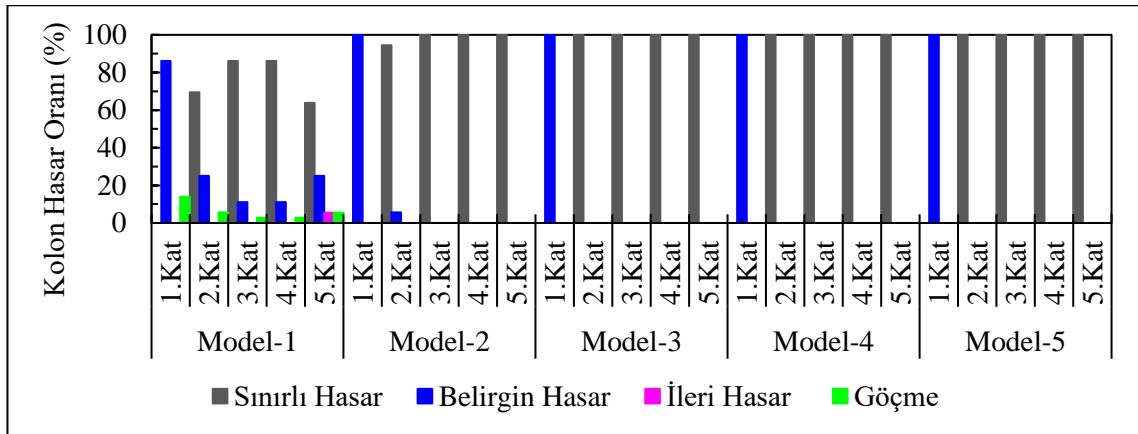
Akma Eğriliği	Göçme Öncesi Eğriliği	L_p	L_s	d	$\theta_p^{(GÖ)}$	$\theta_p^{(KH)}$	$\theta_p^{(SH)}$
m^{-1}	m^{-1}	m	m	m	rad	rad	rad
0,004301	0,099898	0,3	2,25	0,012	0,021441	0,016081	0

Tablo 5. Kolonlar için TBDY-2018’e göre hesaplanan plastik dönme sınır değerleri

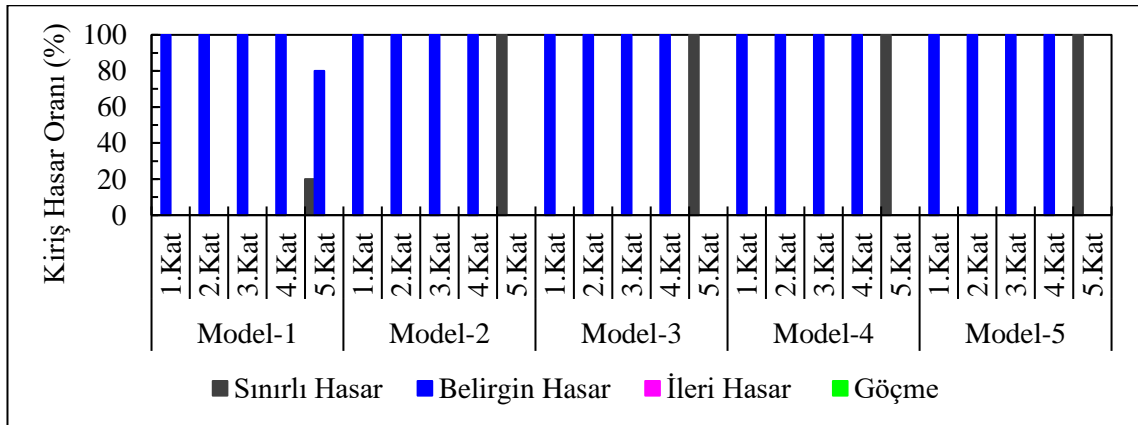
Kat	Kolon	Akma Eğriliği	Göçme Öncesi Eğrilik	L_p	L_s	d	$\theta_p^{(GÖ)}$	$\theta_p^{(KH)}$	$\theta_p^{(SH)}$
		m^{-1}	m^{-1}						
Z	S1	0,006905	0,090519	0,25	1,50	0,016	0,017119	0,012839	0
	S2	0,007595	0,068008				0,012494	0,009371	0
	S3	0,007595	0,051097				0,009099	0,006824	0
1	S1	0,006905	0,109527				0,020936	0,015702	0
	S2	0,007595	0,074809				0,013860	0,010395	0
	S3	0,007595	0,056205				0,010124	0,007593	0
2	S1	0,006905	0,120480				0,023135	0,017351	0
	S2	0,006905	0,090519				0,017119	0,012839	0
	S3	0,006905	0,068008				0,012600	0,009450	0
3	S1	0,006905	0,120480				0,023135	0,017351	0
	S2	0,006905	0,120480				0,023135	0,017351	0
	S3	0,006905	0,090519				0,017119	0,012839	0
4	S1	0,006905	0,132528	0,025554	0,019165	0			
	S2	0,006905	0,132528	0,025554	0,019165	0			
	S3	0,006905	0,120480	0,023135	0,017351	0			

TBDY-2018’de bina taşıyıcı sistem elemanları için kesit düzeyinde dört hasar bölgesi tanımlanmıştır, Bu hasar bölgeleri, sünek olarak hasar gören yapı elemanları için geçerlidir, Gevrek olarak hasar gören elemanlar, güçlendirilmez ise performans değerlendirmesinde doğrudan göçme bölgesinde sayılır, Sünek elemanlar için verilen hasar bölgeleri; Sınırlı Hasar Bölgesi, Belirgin Hasar Bölgesi, İleri Hasar Bölgesi ve Göçme Bölgesi’dir, Çalışması kapsamında dikkate alınan her bir model için seçilen deprem kayıtları ile yapılan doğrusal olmayan analizler sonucunda elde edilen taşıyıcı sistem elemanlarının hasar bölgeleri ve oranları Şekil 10 ile sunulmuştur, Dinamik analizler neticesinde taşıyıcı elemanlarda meydana gelen plastik mafsallaşmalar RSN33 depremi için Şekil 11’de verilmiştir,

TBDY-2018’de hasar durumları 4 farklı hasar düzeyi ile tanımlanmıştır; Sınırlı Hasar Performans Düzeyi, Kontrollü Hasar Performans Düzeyi, Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi ve Göçme Durumu, TBDY-2018’e göre incelenen binanın sağlaması gereken performans düzeyi, kontrollü hasar performans düzeyidir, Gerçekleştirilen analizler neticesinde, dolgu duvarların dikkate alınmadığı Model-1’de bazı kolonların göçme bölgesinde olduğu tespit edilmiştir, Bu sebeple Model-1’in performans düzeyi göçmedir, Ancak diğer modeller incelendiğinde kolonların sınırlı hasar bölgesinde veya belirgin hasar bölgesinde olması sebebiyle bu modeller kontrollü hasar performans düzeyini sağlamaktadır,



a,

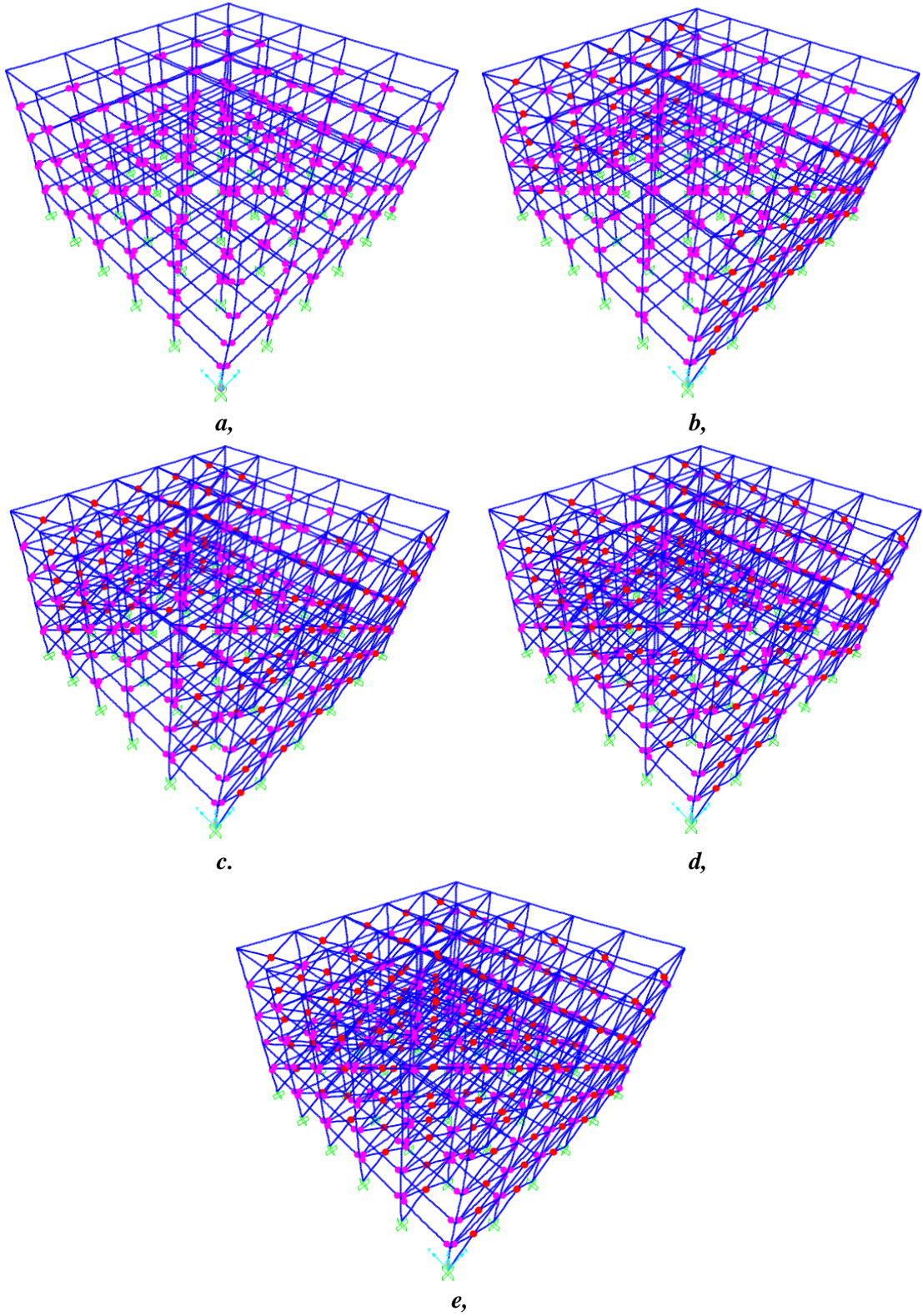


b,

Şekil 10:

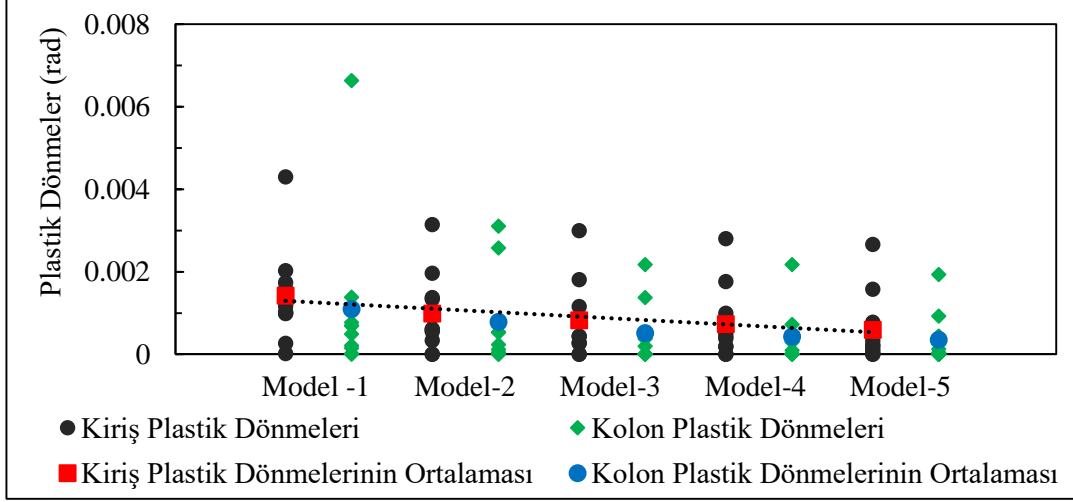
Seçilen duvar oran ve düzenleri için taşıyıcı sistem elemanlarının hasar bölgeleri

a, Kolon hasar oranları b, Kiriş hasar oranları



Şekil 11:
RSN33 depremi için elde edilen plastik mafıallar
a, Model-1 b, Model-2 c, Model-3 d, Model-4 e, Model-5

Tasarımı yapılan binanın 1. katında seçilen bir kiriş ve bir kolonda, doğrusal olmayan analizler sonucunda meydana gelen plastik dönmeler ve bu dönmelerin ortalamaları Şekil 12 verilmiştir, Şekil 12’den de görüleceği üzere, dolgu duvarların dikkate alındığı tüm modellerin kontrollü hasar performans düzeyinde olmasına rağmen dolgu duvarların oranının artmasıyla taşıyıcı sistem elemanlarında meydana gelen plastik dönme değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir,



Şekil 12:

İncelenen binanın 1. katında seçilen kolon ve kirişte doğrusal olmayan analiz sonucu elde edilen plastik dönmeler

4. SONUÇLAR

Bu çalışmasının amacı, farklı oran ve düzendeki dolgu duvarların betonarme binaların deprem performanslarına olan etkilerini araştırmaktır, Bu amaçla öncelikle betonarme bir binanın tasarımı TBDY-2018’de verilen esaslara göre gerçekleştirilmiştir, Binanın tasarımında doğrusal hesap yöntemlerinden eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılmıştır, Tasarımı yapılan betonarme binada 5 farklı oranda ve düzende dolgu duvarlar dikkate alınarak TBDY-2018’de belirtilen koşullara uygun olarak seçilen ivme kayıtları ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler gerçekleştirilmiştir, Analizlerde kullanılan 11 adet yer hareketi kaydı takımı, yakın ve uzak fay etkileri, ülkemizin faylanma mekanizması gibi parametreler dikkate alınarak seçilmiştir, Gerçekleştirilen analizler neticesinde elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- İncelenen binada gerçekleştirilen modal analizler sonucunda, dolgu duvarların mod şekilleri üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir, Model-2, Model-3, Model-4 ve Model-5’de x-doğrultusunda elde edilen titreşim periyot değerleri ile dolgu duvarsız olan Model-1 için elde edilen titreşim periyot değeri arasındaki farklılıklar sırasıyla, %47,33, %59,69, %61,24, %66,15’dir, Bu durum, binalarda dolgu duvar oranının artması ile binalarda büyük bir rijitlik artışı olduğunu göstermektedir,
- Model-2, Model-3, Model-4 ve Model-5’de elde edilen görel kat ötelemesi oranları, dolgu duvarsız olan Model-1 için elde edilen görel kat ötelemesi oranına göre sırasıyla, %12,2, %18,4, %20,3, %23,3 oranında azalmıştır, Bu durum binadaki dolgu duvarların

görelî kat ötelemelerini önemli ölçüde etkilediğini ve dolgu duvar oranının artmasıyla görelî kat ötelemelerinde ciddi azalmalar meydana geldiği göstermektedir,

- Gerçekleştirilen doğrusal olmayan analizler neticesinde, dolgu duvarların dikkate alınmadığı Model-1’de kirişlerin 5, Kat hariç tamamının belirgin hasar bölgesinde olduğu, 5, Katta ise kirişlerin %20’sinin sınırlı hasar bölgesinde, %80’nin ise belirgin hasar bölgesinde olduğu tespit edilmiştir,
- Diğer modellerde ise kirişlerin 5, Kat hariç tamamının belirgin hasar bölgesinde olduğu, 5, Katta ise kirişlerin tamamının sınırlı hasar bölgesinde olduğu gerçekleştirilen analiz neticesinde belirlenmiştir,
- Model-1’deki kolonların hasar düzeyleri incelendiğinde, 1, kattaki kolonların %86,1’nin belirgin hasar bölgesinde, %13,9’unun göçme bölgesinde bulunduğu, 2, katta kolonların %69,4’ünün sınırlı hasar bölgesinde, %25,0’nin belirgin hasar bölgesinde, %5,6’sının göçme bölgesinde bulunduğu, 3, ve 4, katlarda kolonların %86,1’inin sınırlı hasar bölgesinde, %11,1’inin belirgin hasar bölgesinde, %2,8’inin göçme bölgesinde bulunduğu, 5, katta ise kolonların %63,9’unun sınırlı hasar bölgesinde, %25’inin belirgin hasar bölgesinde, %5,5’inin ileri hasar bölgesinde ve %5,5’inin göçme bölgesinde bulunduğu tespit edilmiştir,
- Model-2 kolonlarının hasar düzeyleri incelendiğinde, 1, kattaki 36 kolonun tamamının belirgin hasar bölgesinde bulunduğu, 2, katta kolonların %94,4’ünün sınırlı hasar bölgesinde, %5,6’sının belirgin hasar bölgesinde bulunduğu, 3., 4, ve 5, katlarda kolonların tamamının sınırlı hasar bölgesinde bulunduğu tespit edilmiştir,
- Model-3, Model-4 ve Model-5 içinse 1, kattaki 36 kolonun tamamının belirgin hasar bölgesinde bulunduğu, diğer katlarda kolonların tamamının sınırlı hasar bölgesinde bulunduğu görülmüştür,
- Dolgu duvarların dikkate alınmadığı Model-1’de taşıyıcı sistem elemanlarında hasarların dolgu duvarlı modellere göre daha fazla olduğu analizler neticesinde görülmüştür ve Model-1’de bazı kolonların göçme bölgesinde olması sebebiyle Model-1’in performans düzeyi geçmedir,
- Dolgu duvarların dikkate alındığı diğer modeller incelendiğinde ise kolonların sınırlı hasar bölgesinde veya belirgin hasar bölgesinde olması sebebiyle bu modeller kontrollü hasar performans düzeyini sağlamaktadır, Buradan anlaşılacağı üzere sisteme ilave edilen dolgu duvarların taşıyıcı sistem elemanlarında meydana gelen hasarları ciddi oranda azalttığı görülmüştür,

Taşıyıcı sistem elemanlarına ait iç kuvvetler hesaplanırken dolgu duvarlar yatay yüklerin karşılanmasında rol almaktadır, Dolayısıyla taşıyıcı sistem elemanlarının boyutlandırılmasında kullanılacak iç kuvvetlerini azaltması nedeniyle dolgu duvarların katkılarının tasarım aşamasında ihmal edilmesi gerektiği anlaşılmaktadır, Ancak, dolgu duvarlar sisteme sağladığı rijitlik nedeniyle yerdeğiştirme hesaplarında büyük rol oynamaktadır, Bu sebeple yerdeğiştirme hesabında ise dolgu duvarlar mutlaka hesaba katılmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Akyürek, O, (2014), Betonarme bina performansına dolgu duvarların etkisi, *Yüksek Lisans Tezi*, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta,
2. Asteris, P,G,, Chrysostomou, C,Z,, Giannopoulos, I,P, ve Smyrou, E, (2011) Masonry infilled reinforced concrete frames with opening, *III ECCOMAS Thematic Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering*, 25-28 May 2011, Greece,
3. Börekçi, M, (2019) Dolgu duvarlı betonarme binaların hakim periyodunun doğrudan formüller ile elde edilmesi, *Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2(2), 161-178,
4. Çavdar, Ö, (2013) Probabilistic sensitivity analysis of suspension bridges to near-fault ground motion, *Steel and Composite Structures*, 15(1), 15-39, doi:10.12989/scs,2013,15,1,15
5. Dolsek, M, ve Fajfar, P, (2008) The effect of masonry infills on the seismic response of a four-storey reinforced concrete frame-a deterministic assessment, *Engineering Structures*, 30(7), 1991–2001, doi:10.1016/j.engstruct,2008,01,001
6. El-Dakhkhni, W,W,, Elgaaly, M, ve Hamid, A,A, (2003) Three strut model for concrete masonry-infilled steel frames, *Journal of Structural Engineering*, 129(2), 177-185, doi:10.1061/(asce)0733-9445(2003)129:2(177)
7. Fahjan, Y,M, (2008) Türkiye Deprem Yönetmeliği (DBYBHY, 2007) Tasarım ivme spektrumuna uygun gerçek deprem kayıtlarının seçilmesi ve ölçeklenmesi, *İMO Teknik Dergi*, 19(93), 4423-4444,
8. Hashemi, A, ve Mosalam, K,M, (2006) Shake-table experiment on reinforced concrete structure containing masonry infill wall, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 35(14), 1827-1852, doi:10.1002/eqe,612
9. Hermanns, L,, Fraile, A,, Alarcón, E, ve Alvarez, R, (2013) Performance of buildings with masonry infill walls during the 2011 Lorca earthquake, *Bulletin of Earthquake Engineering*, 12(5), 1977-1997, doi:10.1007/s10518-013-9499-3
10. Kaltakçı, M,Y, ve Köken A, (2003) Tuğla Dolgu Duvarlı Çerçevelerin Tersinir Tekrarlı Yükler Altında Davranışı, TÜBİTAK Projesi,
11. 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, *In The 14th World Conference on Earthquake Engineering*, 12-17 October, China,
12. Koçak, A, (2013) The effect of short columns on the performance of existing buildings, *Structural Engineering and Mechanics*, 46(4), 505-518, doi:10.12989/sem,2013,46,4,505
13. Köse, M,M, ve Karslıoğlu, Ö, (2007) Dolgu Duvarların Bina Doğal Modal Periyot ve Mod Şekline Olan Etkileri, *Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İstanbul, Türkiye,
14. Kose, M,M, (2009) Parameters affecting the fundamental period of RC buildings with infill walls, *Engineering Structures*, 31(1), 93-102, doi:10.1016/j.engstruct,2008,07,017
15. Krinitzsky, E,L, ve Chang F,K, (1977) Specifying peak motions for design earthquakes, state-of-the-art for assessing earthquake hazards in the United States, Report 7, Miscellaneous Paper S-73-1, US Army Corps of Engineers,
16. Li, S,, Kose, M,M,, Shan, S, ve Sezen, H, (2019) Modeling methods for collapse analysis of reinforced concrete frames with infill walls, *Journal of Structural Engineering*, 145(4), 04019011, doi:10.1061/(asce)st,1943-541x,0002285

17. Liberatore, L., Noto, F., Mollaioli, F, ve Franchin, P, (2018) In-plane response of masonry infill walls: Comprehensive experimentally-based equivalent strut model for deterministic and probabilistic analysis, *Engineering Structures*, 167, 533-548, doi:10.1016/j.engstruct.2018.04.057
18. Liu, L., Wu, Z, ve Sun, H, (2014) The influence of infill walls on RC frames under seismic excitation, *Architectural Engineering*, 2(4), 68-72,
19. 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(10), 1295-1302, doi:10.1061/(asce)0733-9445(1997)123:10(1295)
20. Meral, E, (2014), Dolgu duvarların düşük ve orta yükseklikteki betonarme binaların sismik davranışı üzerine etkilerinin doğrusal elastik olmayan analizle belirlenmesi, *Doktora Tezi*, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli,
21. Murty, C,V,R, ve Jain, K,S, (2000) Beneficial influence of masonry infill walls on seismic performance of rc frame buildings, *12th World Conference on Earthquake Engineering*, 30 January- 4 February, New Zealand,
22. Ning, N., Yu, D., Zhang, C, ve Jiang, S, (2017) Pushover analysis on infill effects on the failure pattern of reinforced concrete frames, *Applied Sciences*, 7(4), 428, doi:10.3390/app704042
23. Ozturkoglu, O., Ucar, T, ve Yesilce, Y, (2017) Effect of masonry infill walls with openings on nonlinear response of reinforced concrete frames, *Earthquakes and Structures*, 12(3): 333–347, doi:10.12989/eas.2017.12.3.333
24. Özkaya, E, (2018), Binalarda yumuşak kat oluşumunda dolgu duvarların etkisinin incelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa,
25. PEER (2014), Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER) Ground Motion Database, Erişim Adresi: <http://ngawest2.berkeley.edu/> (Erişim Tarihi:20,06,2019)
26. Polyakov, S, (1956) Masonry infilled framed buildings, an investigation into the strength and stiffness of masonry infilling, Russia,
27. Qian, K, ve Li, B, (2017) Effects of masonry infill wall on the performance of rc frames to resist progressive collapse, *Journal of Structural Engineering*, 143(9), 04017118, doi:10.1061/(asce)st.1943-541x.0001860
28. Rathod, P, ve Dyavanal, S,S, (2014) Seismic evaluation of multistorey rc building with openings in unreinforced masonry infill walls with user defined hinges, *In Proceedings of IRF International Conference*, 2(10), 115-120,
29. RESPONSE2000 (2000) Sectional Analysis Program, University of Toronto, Version: 1,0,5, Toronto,
30. SAP2000 (2015) Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures, Computers and Structures Inc, Berkeley, California, USA,
31. TBDY, (2018), Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara,
32. TS498, (1987), Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara,
33. TS 500, (2000), Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara,

34. Uçar, T, ve Öztürkoğlu, O, (2018) Basınç Çubuğu Bünye Bağıntısının Boşluklu Dolgu Duvarlı Betonarme Çerçevelerin Artımsal İtme Analizine Etkisi, *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, 8(1), 227-241, doi: 10,7212%2Fzkufbd,v8i1,1003
35. Uva, G., Porco, F, ve Fiore, A, (2012) Appraisal of masonry infill walls effect in the seismic response of RC framed buildings: a case study, *Engineering Structures*, 34, 514-526, doi:10,1016/j.engstruct,2011,08,043
36. Vanmarcke, E,H, (1979) State-of-the-art for assessing earthquake hazards in the United States: representation of earthquake ground motions – scaled accelerograms and equivalent response spectra, Miscellaneous Paper S-73-1, Report 14, US Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station, Vicksburg, Mississippi,
37. Wakchaure, M,R, ve Ped, S,P, (2012) Earthquake analysis of high rise building with and without in filled walls, *International Journal of Engineering and Innovative Technology*, 2,(2), 89-94,
38. Zhou, X,, Kou, X,, Peng, Q, ve Cui, J, (2018) Influence of infill wall configuration on failure modes of rc frames, *Shock and Vibration*, 2018, 1-14, doi:10,1155/2018/6582817