



# DOLGU DUVARLARIN BETONARME ÇERÇEVE DAVRANIŞINA ETKİSİNİN BASİTLEŞTİRİLMİŞ BİR YÖNTEMLE DİKKATE ALINMASI

## CONSIDERING THE EFFECT OF MASONRY INFILL WALLS ON THE SEISMIC BEHAVIOR OF R/C FRAMES WITH A SIMPLIFIED METHOD

Hasan Basri AKSOY<sup>1</sup>, Özgür AVŞAR<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye.  
hasanbasri.aksoy@gmail.com, ozguravsar@anadolu.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 15.06.2014, Kabul Tarihi/Accepted: 26.08.2014  
\* Yazışılan yazar/Corresponding author

doi: 10.5505/pajes.2014.52297  
Araştırma Makalesi/Research Article

### Öz

Betonarme bir bina tasarlanırken ya da performans değerlendirmesi yapılırken, dolgu duvarların etkisi, çoğunlukla uygulamada hesaba katılmamaktadır. Bu etkiyi dikkate alabilmek için, bir takım hesaplamaların ve kabullerin yapılması gerekmektedir. Bu çalışmada, dolgu duvarların betonarme çerçeve davranışı üzerindeki etkisinin bir katsayı ile dikkate alınması için önerilen basitleştirilmiş bir yöntem ve yöntemin uygulanma kriterleri irdelenmiştir. Kentsel Dönüşüm Yasası kapsamında uygulanan Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar (RYTEİE) kısmında bu etkinin göz önüne alınması için verilen benzer bir önerinin uygun olup olmadığı araştırılmıştır. Kolon kesme kuvveti, görelî kat öteleme ve mod şekilleri ve periyotları yapılan değerlendirmelerde, temel kriterler olarak ele alınmıştır. 4 katlı bir binanın analitik modeli oluşturularak dolgu duvarın betonarme çerçeve üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu çalışma sonucunda RYTEİE’de tanımlanan dolgu duvar etkisini bir katsayı ile hesaba katan önerinin, incelenen bir çok durumda güvenli tarafta kaldığı belirlenmiştir. Ancak, dolgu duvarın planda simetrik olmayan yerleşimi nedeni ile yapıda burulmaya neden olması durumunda bazı kolonlarda daha büyük kesme kuvveti talepleri oluşturduğu görülmüştür. Buna göre, RYTEİE’de tanımlanan önerinin uygulanabileceği binaların sınırlandırıldığı kriterlere ilave olarak dolgu duvarların burulmaya neden olması durumunda kullanılmaması gerekliliğinin vurgulanması önerilmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Dolgu duvar, Sismik davranış, Betonarme, Burulma

### Abstract

Generally, in practice, effect of infill walls is not taken into account in the design or seismic performance assessment of RC buildings. In order to consider this effect, certain calculations and assumptions should be made. In this study, a simplified method, which considers this effect by employing a coefficient, is investigated and the criteria defined to employ this method is examined. A similar recommendation is investigated in detail given in the recent code namely “Determination of Seismically Vulnerable Buildings” in the context of “Urban Transformation Law”, where a single coefficient was defined to consider the effect of masonry infill walls. Column shear forces, inter-story drift ratio, mode shapes and the corresponding periods are the engineering demand parameters used in the assessments. Analytical model of a four-story RC building is generated and the effect of infill walls on its seismic response is investigated. It was found out that the coefficient proposed by the code “Determination of Seismically Vulnerable Buildings” to consider the effect of infill wall leads to column shear demands that are on the safe side in most of the cases. On the other hand, unsymmetrical arrangement of infill walls can cause torsion in the structure, which increases the shear demands in certain columns. Accordingly, it is suggested to add a further limitation in the application of the simplified method in the relevant item of the code “Determination of Seismically Vulnerable Buildings” when the infill walls cause torsion in the structural system.

**Keywords:** Infill wall, Seismic behavior, Reinforced-concrete, Torsion

## 1 Giriş

Dolgu duvarlar binaların tasarım aşamasında birçok bilinmeyen olması nedeniyle uygulamada çoğunlukla hesaba katılmayıp ihmal edilmektedirler. Literatürde yapılan çalışmalarda dolgu duvarların betonarme binaların deprem performansları üzerinde önemli etkilere neden olduğu vurgulanmıştır [1]. Türkiye’de yaşanan son depremlerde, binalarda meydana gelen hasarın önemli bir kısmının dolgu duvarlarla ilişkilendirilebilecek düzensizliklerden (yumuşak kat, zayıf kat) kaynaklanması, dolgu duvarların da tasarım aşamasında bir yapısal eleman olarak düşünülmesi gerekliliğini desteklemektedir. Ayrıca planda simetrik yerleştirilmemiş dolgu duvarların neden olacağı burulma, binanın dolgu duvarın düşünülmediği durumdaki davranışından önemli farklılıklar göstermektedir. Bu durum dolgu duvarların tasarım veya performans değerlendirme aşamalarında dikkate alınması gerektiğini göstermektedir. Paulay ve Priestley [2], dolgu duvarların, binaların toplam yanal yük taşıma kapasitesini artırabileceği gibi planda

simetrik olmayan yerleşimi nedeniyle, yapının davranışını olumsuz yönde etkileyeceğini ve düşey taşıyıcı elemanlarda yük dağılımını değiştirerek bazı kolonlarda daha büyük kesme talepleri oluşturacağını belirtmişlerdir. Bu da dolgu duvarların binada önemli bir düzensizliğe neden oluşturabileceği anlamına gelmektedir. Smith ve Coull [3], dolgu duvarların tasarım yöntemi olarak çapraz basınç çubuk elemanlar konseptini ortaya koymuşlardır. Çapraz basınç çubuklarının eşdeğer kalınlığını, duvarın diyagonal uzunluğunun onda biri olarak varsaymışlardır. Smith ve Carter [4], dolgu duvarlı çerçeveye sahip yanal yükleme durumundaki çok katlı binaları incelemişlerdir. Deneysel sonuçların ışığında, eşdeğer basınç çubukları konseptine bağlı tasarım grafikleri ve yöntemleri geliştirmişlerdir. İlk olarak, dolgu duvarların betonarme çerçevesel kompozit davranışının kırılma mekanizmasına yoğunlaşmışlardır. Sonrasında, çapraz basınç çubukların efektif genişliğini etkileyecek faktörleri saptamışlardır. Sonuç olarak, deneysel gözlenen davranış ve dikkate alınan faktörlere bağlı olarak, eşdeğer çubuk kalınlığını bulabilmek için tasarım grafikleri önermişlerdir.

Ancak, dolgu duvarların modellenmesi için literatürdeki mevcut formül ve hesaplar, bina tasarımı yapanlar için karmaşık ve uzun zaman alabilen çalışmalar gerektirmektedir. Bu durumda dolgu duvarların etkisinin basitleştirilmiş bir yöntem ile göz önüne alınması gerekliliği saptanmıştır. Kentsel Dönüşüm Yasası kapsamında Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar (RYTEİE) Ek-2 [5]'de dolgu duvar etkisini dikkate almak için bir kat sayı önerilmiştir. RYTEİE'nin 3.5.2 maddesine göre;

"Binanın kritik katında değerlendirmenin yapıldığı doğrultuda  $\Sigma A_{kn}/A_p \geq 0.002N$  ve  $(\delta/h)$  en büyük kat öteleme oranı 0.015'den küçük ise, hesaplanan deprem kuvveti 0.75 katsayısı ile çarpılarak dolgu duvar etkisi dikkate alınabilir".

Burada;

$\Sigma A_{kn}$  = Kritik katta değerlendirmenin yapıldığı doğrultudaki kapı ve pencere boşluk oranı %5'i geçmeyen ve köşegen uzunluğunun kalınlığına oranı 40'dan küçük olan dolgu duvarların kat planındaki toplam alanı.

$A_p$  = Kritik katın plan alanı,

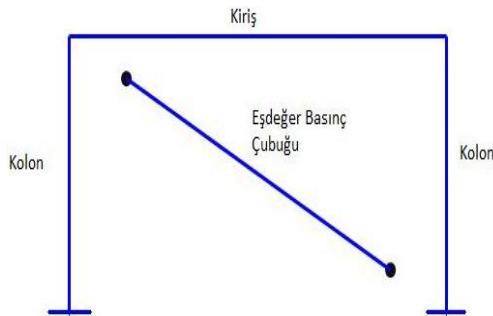
$(\delta/h)$  = Kat etkin görel kat ötelemesi oranı,

$N$  = Binanın zemin seviyesi üstündeki kat adedi.

RYTEİE'de 3.5.2 maddesine göre dolgu duvar etkisinin basitleştirilmiş yöntemle dikkate alınabilmesi için 2 adet kriter tanımlanmıştır. Bunlar, dolgu duvar alanının belirli bir alana sahip olması ve en büyük kat öteleme oranının sınırlandırılmasıdır. Bu çalışmanın amacı RYTEİE'de tanımlanan basitleştirilmiş yöntemin yeterliliğinin irdelenerek, farklı duvar malzemesi kullanılmasında ve malzeme özelliğinin belirlenmesinde farklı yöntemlerin kullanılması durumunda önerilen katsayının güvenilirliği incelenecektir. Ayrıca basitleştirilmiş yöntemin uygulanabileceği binaların belirlenmesinde tanımlanan 2 adet kriterin yeterliliği araştırılacaktır. Bu çalışma kapsamında Anadolu Üniversitesi Yunus Emre Kampüsünde bulunan, AÖF TV Yapım Merkezi olarak kullanılan 4 katlı bir ofis binasının yapısal sistemi kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir.

## 2 Analitik Yöntem

Son yıllarda yapılan çalışmalar sonucunda, özellikle doğrusal elastik analizler kullanılarak yapılan tasarımlarda, dolgu duvarların genellikle Şekil 1'deki gibi çapraz basınç çubukları olarak modellenerek çerçeve üzerindeki etkisi hızlı ve basit bir şekilde dikkate alınması sağlanmaktadır. Eşdeğer basınç çubuğunun mekanik ve geometrik özellikleri belirlenerek, iki ucu mafsallı çubuk eleman olarak analitik modele tanımlanmaktadır.



Şekil 1: Dolgu duvarlı çerçevenin analitik modeli.

## 2.1 FEMA Eşdeğer Basınç Çubuğu Yöntemi

Bu çalışmada dolgu duvarların etkisini hesaba katabilmek için FEMA-356 [6]'da önerilen yöntem kullanılmıştır. Burada dolgu duvar ile betonarme çerçevenin, bir bütün olarak çalışmasını sağlayacak şekilde imal edilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Basınç çubuklarının eşdeğer kalınlıkları aşağıda verilen formüller (Denklem 1 ve 2) ile hesaplanmaktadır. Bu denklemlerde kullanılan parametreler incelendiğinde, analitik modelde dolgu duvarı temsil edecek eşdeğer basınç çubuğu genişliğinin hem duvarın içinde bulunduğu çerçeve elemanlarının hem de dolgu duvarın mekanik ve geometrik özelliklerine bağlı olduğu görülmektedir.

$$a = 0.175(\lambda_1 h_{col})^{-0.4} r_{inf} \quad (1)$$

$$\lambda_1 = \left[ \frac{E_{me} t_{inf} \sin 2\theta}{4E_{fe} I_{col} h_{inf}} \right]^{\frac{1}{4}} \quad (2)$$

Burada;

$h_{col}$  = Kiriş eksenleri arasında kalan kolon yüksekliği,

$h_{inf}$  = Dolgu duvar yüksekliği,

$E_{fe}$  = Çerçevenin beklenen elastik modülü,

$E_{me}$  = Dolgu duvarlarının beklenen elastik modülü,

$I_{col}$  = Kolonun atalet momenti,

$r_{inf}$  = Dolgu duvarın diagonal uzunluğu,

$t_{inf}$  = Dolgu duvarın ve eşdeğer çubuğun kalınlığı,

$\theta$  = Dolgu duvar yüksekliğinin uzunluğuna oranının tanjant açısı,

$\lambda_1$  = Eşdeğer çubuğun genişliği hesabında kullanılan katsayı,

$a$  = Eşdeğer çubuğun genişliği.

## 2.2 Bina Analitik Modeli

2. derece deprem bölgesinde ve Z2 tipi zemin sınıfında bulunan bu bina 4 katlı ve simetrik bir plana sahiptir. Plan ölçüleri 12.4 m x 18.5 m olan binanın kat planı ve modellenen dolgu duvarların yerleri Şekil 2'de gösterilmiştir. Bütün dolgu duvarlar 20 cm. kalınlıktadır. Yaklaşık 30 yıl önce yapılmış bu binanın bodrum katta bulunan bazı kolonlarından (Şekil 3) alınan karot örnekleri üzerinde yapılan testler sonucunda ortalama beton basınç dayanımının 13 MPa olduğu saptanmıştır [7].

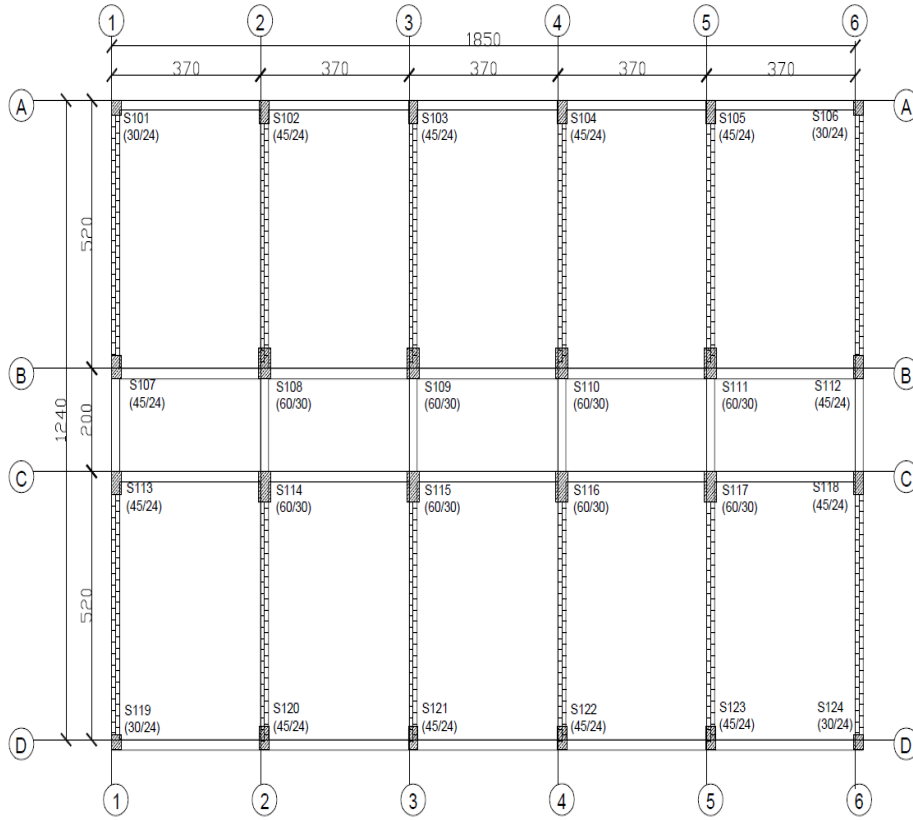
Betonun elastisite modülü için ACI 318M-11 [8]'de önerilen aşağıdaki formül (Denklem 3) kullanılmıştır.

$$E_{fe} = 5000 \sqrt{f_c} \quad (3)$$

$f_c$  = Beton basınç dayanımı (MPa)

Kolon boyutları ve modellenen dolgu duvarların kat planı üzerindeki görünümü Şekil 2'de gösterilmiştir.

Denklem 1 ve 2 kullanılarak eşdeğer basınç çubuğunun genişliği hesaplanırken gerekli geometrik özellikler mevcut



Modellenen dolgu duvarları belirtmektedir.  
Birimler santimetredir.

Şekil 2: Kat planı ve modellenen dolgu duvarlar.



Şekil 3: Beton örneğinin alındığı bir kolon.

proje ve yerinde yapılan ölçümler sonucunda belirlenirken, betonarme elemanların malzeme özellikleri yapılan testler yardımıyla tespit edildi. Fakat aynı zamanda dolgu duvar malzemesinin elastisite modülünün ( $E_{me}$ )'de belirlenmesi gerekmektedir. Literatürde dolgu duvarın elastisite modülü ( $E_{fe}$ ) çoğunlukla duvar basınç dayanımı ile

ilişkilendirildiğinden [6]-[9] ilk aşamada dolgu duvarın basınç dayanımı belirlenmiştir. Bu çalışma kapsamında dolgu duvarın betonarme çerçeve davranışı üzerine etkisi incelendiğinden, mevcut binadan örnekler alıp genel bir duvar basınç dayanımı belirlenmesi yerine, duvarın farklı malzeme özelliğine sahip olması durumunda davranışın nasıl değiştiğini incelemek için literatürde tanımlanmış farklı malzeme özellikleri kullanılmıştır. Bunun için, dolgu duvarların basınç dayanımları için FEMA 356 [6]'da belirtilen üç farklı durum gözetilmiştir. FEMA 356 [6], dolgu duvarların basınç dayanımlarının eğer, duvar kötü durumdaysa 2.1 MPa'dan fazla, eğer vasat durumdaysa 4.1 MPa'dan fazla, eğer iyi durumdaysa 6.2 MPa'dan fazla alınmaması gerektiği belirtilmiştir. Bu çalışmada duvar basınç dayanımı için FEMA 356 [6]'da tanımlanmış olan 3 farklı sınır değer ayrı ayrı ele alınmıştır. Ayrıca dolgu duvarların elastisite modülü için ise hem Türk Deprem Yönetmeliği (DBYBHY)[9]'de belirtilen (Denklem 4) hem de FEMA 356 [6]'da belirtilen (Denklem 5) formülleri esas alınarak eşdeğer basınç çubukların özellikleri belirlenmiştir.

$$E_{me}=200f_d \quad (4)$$

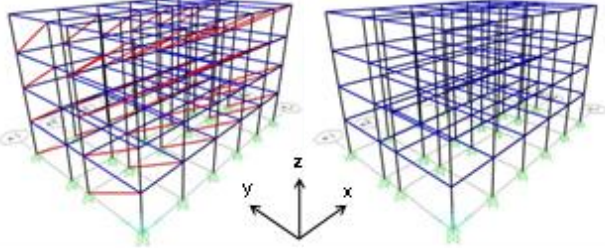
$$E_{me}=550f_d \quad (5)$$

$f_d$ =Duvar basınç dayanımı (MPa)

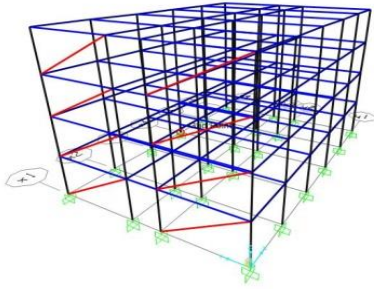
Öncelikle binanın dolgu duvarlarının dikkate alındığı model ile dolgu duvarsız model (Şekil 4) karşılaştırılmıştır.

Ayrıca duvarların, planda düzensiz yerleştirilmesi sonucunda oluşabilecek burulma etkisini inceleyebilmek için bir model

daha oluşturulmuştur (Şekil 5). Bu modelde dolgu duvarları temsil etmek için modele tanımlanan eşdeğer basınç çubukları sadece bir aksta olacak şekilde en dıştaki kenar çerçeve içine yerleştirilerek diğer akslar boş bırakılmıştır.



Şekil 4: Dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız analitik modeller.



Şekil 5: Kısmi duvarlı analitik model.

### 3 Analizler

Dolgu duvarların dikkate alınmasında RYTEİE'de tanımlanan basitleştirilmiş yöntem incelendiğinden, RYTEİE'de tanımlanan Doğrusal Elastik Hesap Yöntemi bu çalışmada da gerçekleştirilecek analizler için kullanılan yöntem olmuştur. Deprem yükleri, ilk iki modelde (Şekil 4) DBYBHY'de tanımlanan eşdeğer deprem yükü yöntemi ile burulma etkisinin inceleneceği modelde (Şekil 5) ise mod birleştirme yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Ayrıca, kısmi duvarlı analitik model analiz sonuçlarıyla karşılaştırılmak üzere, Şekil 4'teki dolgu duvarsız model mod birleştirme yöntemiyle de hesaplanmıştır.

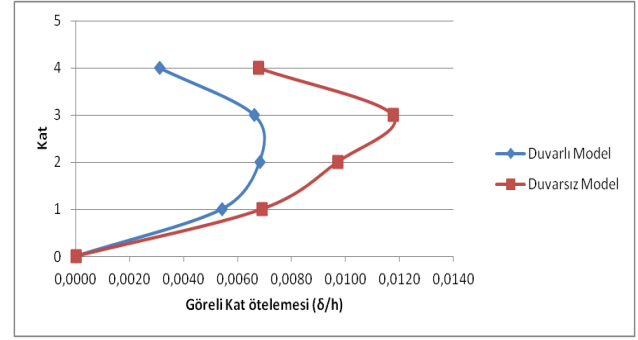
#### 3.1 Modal Analiz Sonuçları

İlk olarak, dolgu duvarlar için en düşük malzeme özelliklerinin hesaplandığı durum olan  $E_{me}=200f_d$  [9] ve  $f_d = 2.1$  MPa durumunda, duvarlı ve duvarsız modellerin modal analiz sonuçları incelenmiştir (Tablo 1 ve Tablo 2).

Duvarların modellendiği doğrultuda (y-yönü) periyot 0.67 saniyeden 0.52 saniyeye düşmüştür. Periyotta gözlenen bu değişim eşdeğer basınç çubuklarının yapının rijitliğine sağladığı katkıdan kaynaklandığından beklenen bir durumdur. Ayrıca, burulma moduna ait periyotta da bir düşüş gözlenmiştir.

#### 3.2 RYTEİE'de Göre Basitleştirilmiş Yöntemin Uygulanma Kriterleri

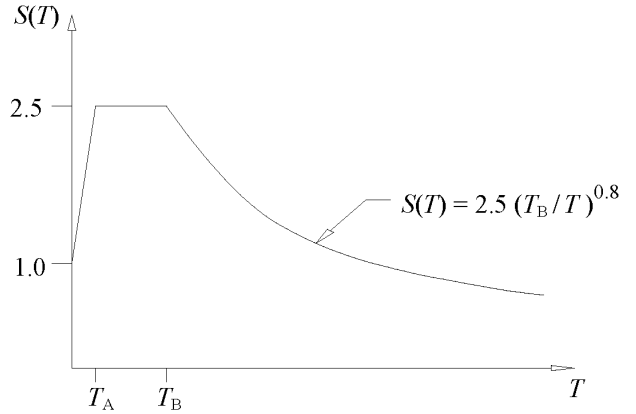
RYTEİE [5]'de dolgu duvarların etkisini basitleştirilmiş bir yöntemle hesaba katabilmek için tanımlanan  $\Sigma A_{kn}/A_p \geq 0.002N$  ve  $(\delta/h) \leq 0.015$  kriterlerinin kontrolleri yapılmıştır ve bunları sağladığı görülmüştür. 3. Katta gözlenen en büyük görel kat ötelemesinin %1.5'un altında olduğu belirlenmiştir (Şekil 6).



Şekil 6: Görel kat ötelemesi.

#### 3.3 Tepki Spektrumu Analizi

Burulma etkisinin inceleneceği modelde, düzensizlik olduğu için eşdeğer deprem yükü yöntemi yerine mod birleştirme yöntemi kullanılmıştır. Sonuçların karşılaştırılması için, mod birleştirme yöntemi, düzensizliği bulunmayan dolgu duvarsız model için de kullanılmıştır. Binanın bulunduğu, Z2 sınıfına ait DBYBHY [9]'de tanımlanmış olan tasarım spektrumu (Şekil 7) ile analiz yapılmıştır. Buna göre spektrumun köşe periyotları  $T_A = 0.15s$  ve  $T_B = 0.40s$ 'dir.



Şekil 7: Tasarım spektrumu (DBYBHY 2007 [9]).

#### 4 Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Ele alınan 3 farklı duvar malzemesi için ve her bir duvar basınç dayanımı için 2 farklı formül (FEMA 356 [5] ile DBYBHY [9]) kullanılarak hesaplanan dolgu duvar elastisite modülü değerleri kullanılarak SAP2000 [10]'de oluşturulan analitik modellerin analizleri gerçekleştirilmiştir. Dolgu duvarlar binanın kısa doğrultusunda (y-yönü) yerleştikten, analizler de sadece bu doğrultuda gerçekleştirilmiştir. Her bir analiz sonucunda, zemin kat kolonlarının kesme kuvvetlerindeki değişimler incelenmiştir (Şekil 8, 9, 10, 11, 12 ve 13).

Beklenildiği üzere, dolgu duvarın basınç dayanımı arttıkça, elastisite modülü değerleri de artmakta ve dolayısıyla eşdeğer basınç çubuklarının rijitliği de artmaktadır. Her ne kadar dolgu duvarsız modelin y-doğrultusundaki periyodu,  $T_B$  köşe periyodundan uzun olmasından dolayı, dolgu duvarlı modelde binaya etki eden deprem kuvvetinde artış olsa da, bina modeline eklenen eşdeğer basınç çubuklarının deprem kuvvetinin bir kısmını alması nedeniyle, kolonlara gelen kesme kuvvetleri azalmıştır. Ayrıca, bu çalışmanın en önemli amaçlarından biri olan RYTEİE'de tanımlanan kolonlara gelen

kesme kuvvetinin hesaplanmasında kullanılan azaltma oranı (0.75), farklı duvar malzeme özellikleri için analizler sonucunda elde edilen azaltma oranları ile karşılaştırılmıştır.

Dolgu duvar nedeniyle kolonlara etki eden kesme kuvvetindeki azalma oranı, duvarlı durumda bodrum seviyesindeki kolonların toplam kesme kuvvetinin, duvarlı durumda hesaplanan toplam eşdeğer deprem yüküne (taban kesme kuvveti) oranı olarak hesaplanmaktadır. Buna göre, Şekil 14'te altı farklı durum için incelenen binada, kolonların toplam kesme kuvvetinin bina kesme kuvvetine oranı gösterilmiştir. DBYBHY [9] ile karşılaştırıldığında, dolgu duvar elastisite modülü FEMA 356 [5] ile daha büyük hesaplandığından, dolgu duvarı iyi durumda olan modellerde FEMA 356 [6] ile yapılan hesaplamalarda kolonların kesme kuvvetlerindeki azaltma oranı %50'nin altına inmiştir. Şekil 14'te görüldüğü üzere, dolgu duvarların dikkate alınması için RYTEİE'de tanımlanan 0.75 oranı (kolonların toplam kesme kuvvetindeki azaltma katsayısı), çoğu durumda güvenli tarafta olduğu, ancak duvar kalitesinin düşük olduğu durumda 0.8'den büyük olduğu için az da olsa güvensiz tarafta kaldığı

saptanmıştır.

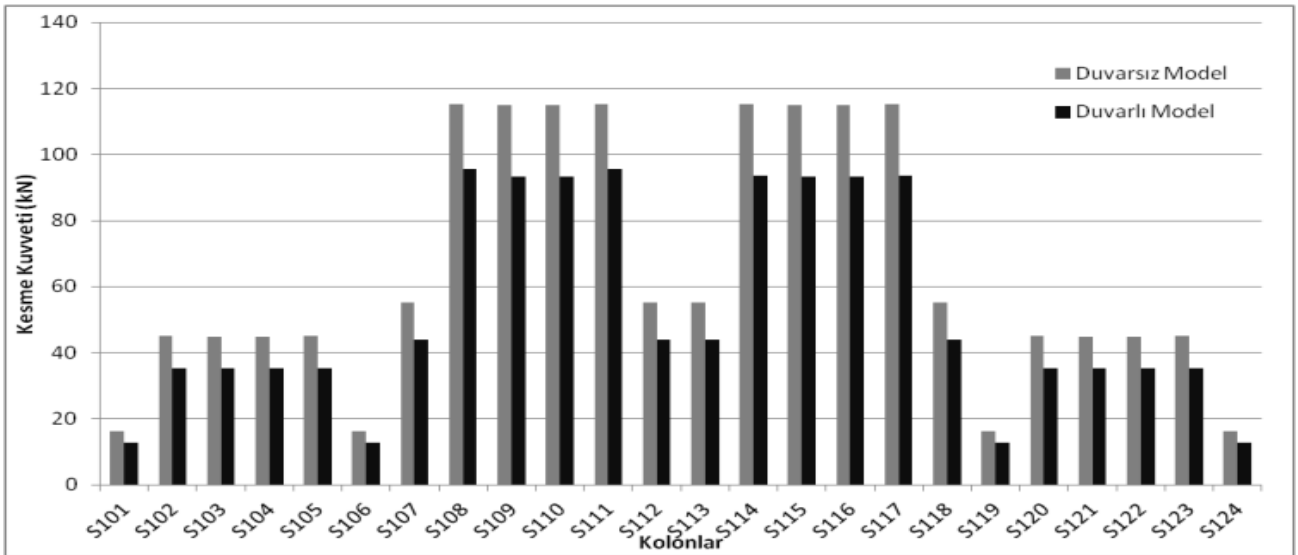
Ayrıca burulma etkisinin incelendiği modelin analiz sonuçları ile duvarsız modelin mod birleştirme yöntemiyle elde edilen analiz sonuçları Şekil 15'te verilmiştir. Burulma etkisinin incelendiği kısmi duvarlı model ile duvarsız modelin kolonlarının bodrum kat kesme kuvvetleri karşılaştırılmıştır (Şekil 15). Burada görülmüştür ki, dolgu duvarın modellendiği çerçeveye uzak olan, özellikle dış akstaki kolonların kesme kuvvetlerinde artış olduğu tespit edilmiştir. Planda düzensiz yerleştirilmiş dolgu duvarların burulmaya neden olarak, bazı kolonlarda daha büyük kesme kuvvetinin oluşmasına neden olmuştur. RYTEİE'de tanımlanan azaltma katsayısının burulma durumuna dikkat edilmeden kullanılması durumunda incelenen binada olduğu üzere güvensiz tarafta kalılabileceği görülmektedir. İncelenen binada burulma modunun hakim olması durumunda, dolgu duvar etkisinin RYTEİE'de tanımlanan basitleştirilmiş yöntem ile dikkate alınması yerine, dolgu duvarın analitik modele yansıtılarak hesaplamaların yapılması daha güvenilir sonuçlar elde edilmesini sağlayacaktır.

Tablo 1: Duvarsız modelin modal analiz sonucu.

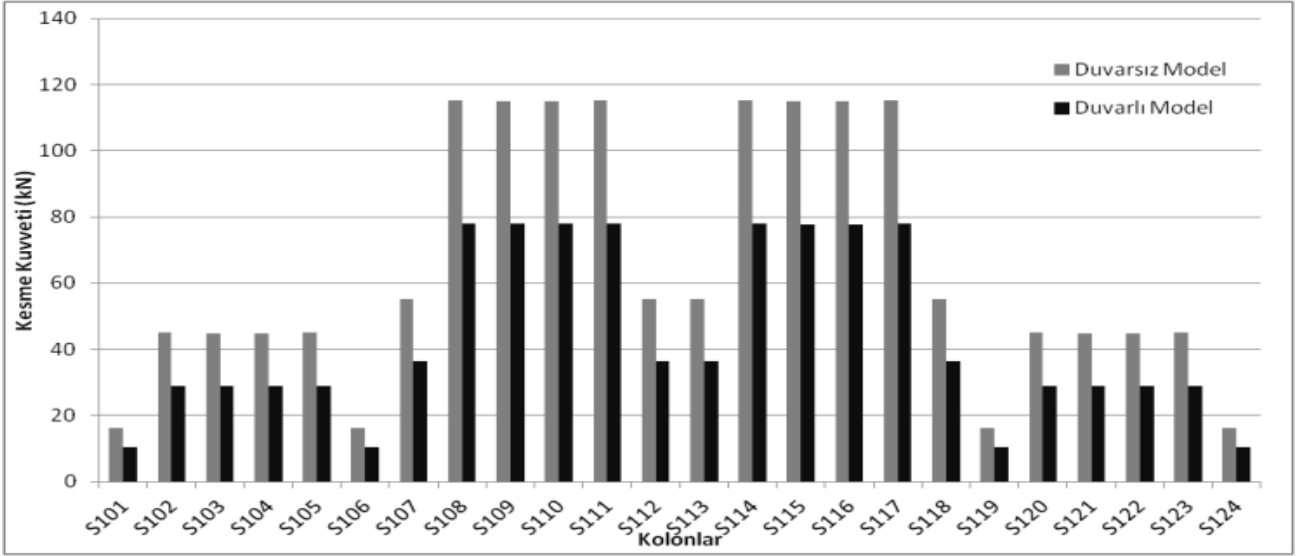
Mod No.	Periyot (s)	X-yönü Kütle Katılım (%)	Y-yönü Kütle Katılım (%)	$\Sigma X$ -yönü Kütle Katılım (%)	$\Sigma Y$ -yönü Kütle Katılım (%)	Burulma Kütle Katılım (%)	$\Sigma$ Burulma Kütle Katılım (%)
1	1.01	0.85	0.00	0.85	0.00	0.18	0.18
2	0.76	0.00	0.00	0.85	0.00	0.24	0.43
3	0.67	0.00	0.80	0.85	0.80	0.39	0.82

Tablo 2: Duvarlı modelin modal analiz sonucu.

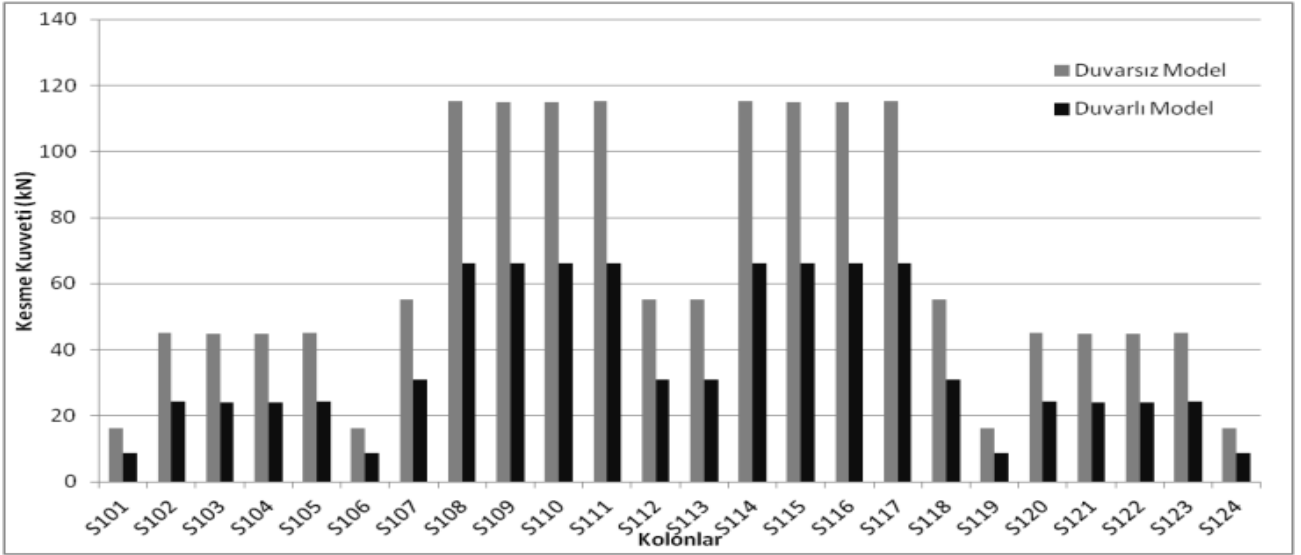
Mod No.	Periyot (s)	X-yönü Kütle Katılım (%)	Y-yönü Kütle Katılım (%)	$\Sigma X$ -yönü Kütle Katılım (%)	$\Sigma Y$ -yönü Kütle Katılım (%)	Burulma Kütle Katılım (%)	$\Sigma$ Burulma Kütle Katılım (%)
1	1.01	0.85	0.00	0.85	0.00	0.19	0.19
2	0.61	0.00	0.00	0.85	0.00	0.25	0.43
3	0.52	0.00	0.83	0.85	0.83	0.41	0.84



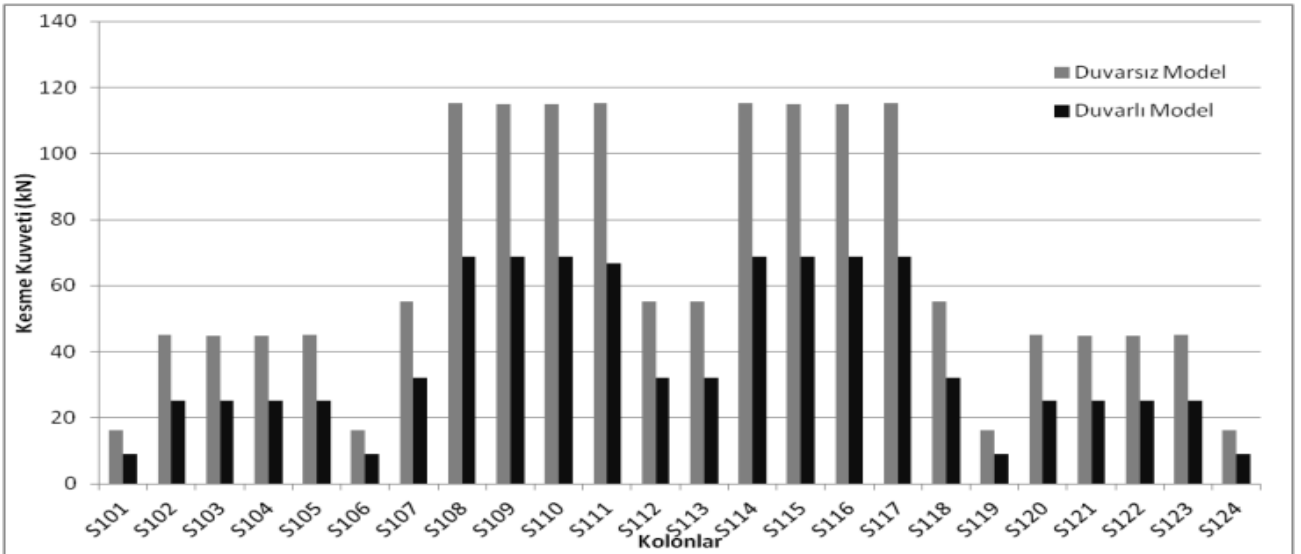
Şekil 8:  $E_{me}=200f_d$  (DBYBHY [9]) ve  $f_d = 2.1$  MPa durumunda kolon kesme kuvvetleri.



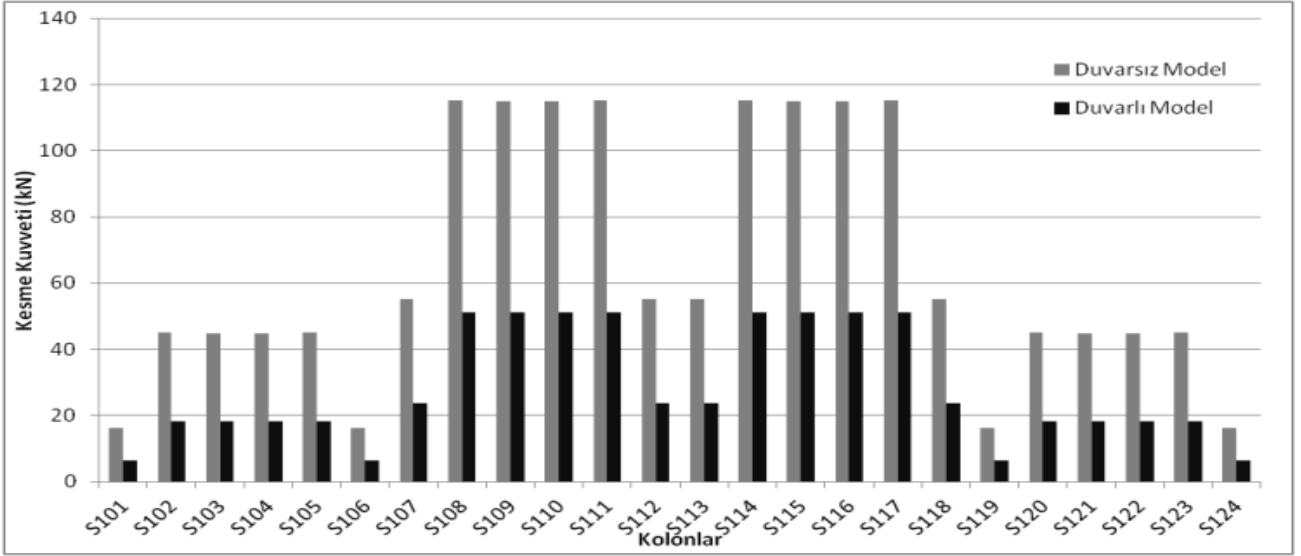
Şekil 9:  $E_{me}=200f_d$  (DBYBHY [9]) ve  $f_d = 4.1$  MPa durumunda kolon kesme kuvvetleri.



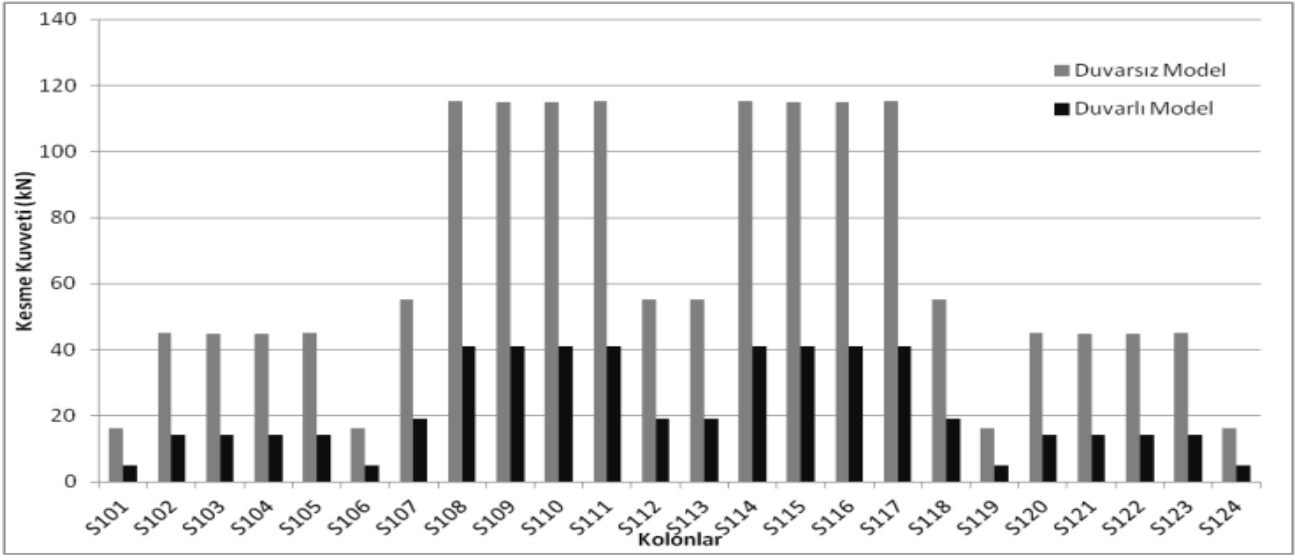
Şekil 10:  $E_{me}=200f_d$  (DBYBHY [9]) ve  $f_d = 6.2$  MPa durumunda kolon kesme kuvvetleri.



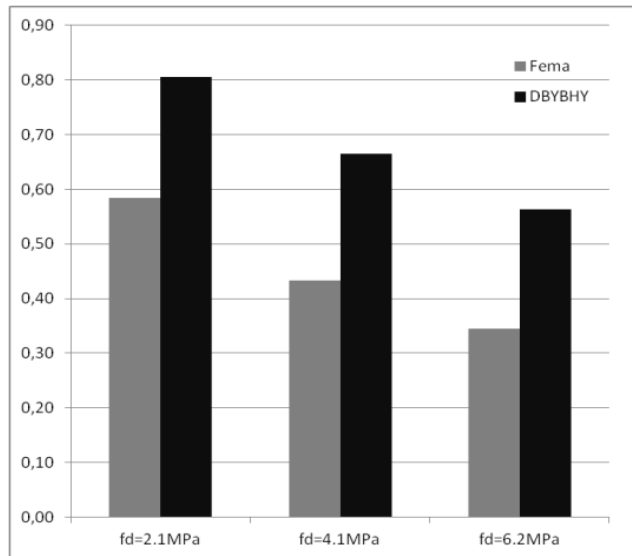
Şekil 11:  $E_{me}=550f_d$  (FEMA 356 [6]) ve  $f_d = 2.1$  MPa durumunda kolon kesme kuvvetleri.



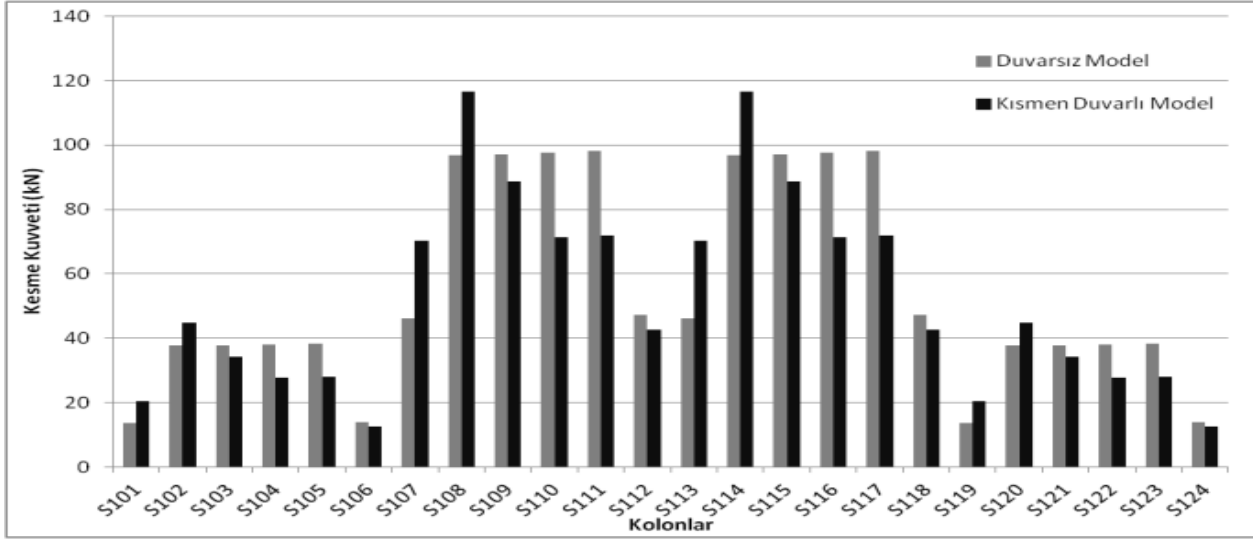
Şekil 12:  $E_{me}=550f_d$  (FEMA 356 [6]) ve  $f_d = 4.1$  MPa durumunda kolon kesme kuvvetleri.



Şekil 13:  $E_{me}=550f_d$  (FEMA 356 [6]) ve  $f_d = 6.2$  MPa durumunda kolon kesme kuvvetleri.



Şekil 14: Kolonların toplam kesme kuvvetinin bina kesme kuvvetine oranı.



Şekil 15: Burulma etkisinde kolon kesme kuvvetleri.

## 5 Sonuçlar

Betonarme bir bina tasarlanırken ya da performans değerlendirmesi yapılırken dolgu duvar etkisinin basitleştirilmiş bir yöntemle ele alınabilmesi, binanın deprem davranışını hızlı ve doğru bir şekilde tahmin edilebilmesi için önemli kolaylık sağlamaktadır. Bu etkinin basit bir şekilde ele alınabilmesi için RYTEİE’de tanımlanan katsayının güvenilirliği araştırılmıştır. Bunun için öncelikle duvarlı ve duvarsız olmak üzere iki model oluşturulmuş, iki modelin analiz sonuçları arasındaki farklılıklar incelenmiştir. Ayrıca bir model daha oluşturulmuş, bu modelde ise, planda simetrik olmayan dolgu duvar yerleşiminin sebep olacağı burulmanın etkisi incelenmiştir. Bu çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

- Dolgu duvarın analitik modelde dikkate alınması durumunda gerek binanın modal özelliklerinde gerekse de kolonların kesme kuvvet dağılımında önemli farklılıklar oluşturduğu görülmüştür,
- Dolgu duvar malzemesinin kalitesinin artması ile dolgu duvara aktarılacak deprem kuvvetleri artarken, kolon kesme kuvvetlerinde önemli azalmalar meydana gelmiştir. Modelin doğru bir şekilde kurulabilmesi için duvar dayanımının doğru bir şekilde tahmin edilmesi gerekmektedir,
- RYTEİE’de verilen 0.75 azaltma katsayısının çoğu durumda güvenli tarafta kaldığı, ancak duvar kalitesinin düşük olması durumunda az da olsa güvensiz tarafta olduğu incelenen binada tespit edilmiştir,
- RYTEİE’de dolgu duvar etkisinin göz önüne alınabilmesi ve önerilen basitleştirilmiş yöntemi kullanabilmek için sadece iki adet kriter tanımlanmıştır. Fakat burulmaya neden olacak, planda simetrik olmayan dolgu duvar yerleşiminin, kolonlardaki kesme kuvveti ve momentlerin artışına sebep olacağı için, RYTEİE’de ilgili maddeye, incelenen binada burulmanın oluşmadığı ya da sınırlı düzeyde kaldığı durumda tanımlanan azaltma katsayısının uygulanabileceğine dair bir kriterin daha eklenmesi gerektiği önerilmektedir. Aksi durumda düzey taşıyıcı

elemanlarda oluşacak kesme kuvvetindeki artışın dikkate alınması gerektiği vurgulanmalıdır.

## 6 Teşekkür

Bu çalışma Anadolu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonunca kabul edilen BAP-1303F055’olu Proje kapsamında desteklenmiştir.

## 7 Kaynaklar

- [1] Tasligedik AS, Pampanin S, Palermo A. “Damage Mitigation Strategies of ‘Non-Structural’ Infill Walls: Concept and Numerical-Experimental Validation Program”. *Proceedings of the Ninth Pacific Conference on Earthquake Engineering Building an Earthquake-Resilient Society*, Aucland, New Zealand, 14-16 April 2011.
- [2] Paulay T, Priestley MJN. *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*. 1<sup>st</sup> ed. USA. Wiley Interscience, 1992.
- [3] Smith BS, Coull A. *Tall Building Structures: Analysis and Design*. 1<sup>st</sup> ed. USA. Wiley Interscience, 1991.
- [4] Smith BS, Carter C. “A Method of Analysis for Infilled Frames”. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers (ICE)*, 44(1), 31-48, 1969.
- [5] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. “Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar”. Ek: RG-2/7/2013-28695, EK-2: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara, Türkiye, 2013.
- [6] FEMA 356 “Prestandard And Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings”. Prepared by ASCE for Federal Emergency, Washington D.C, 2000.
- [7] Kılınç K, Yalçın M, Tuncan M. “AÖF TV Yapım Merkezi Müdürlüğü A Blok, Eski İletişim Bilimleri Fakültesi A Blok ve B Blok Binalarına Ait Deney Raporu”, Eskişehir, Türkiye, Kasım 2012.
- [8] American Concrete Institute (ACI). *Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*, American Concrete Institute 318M-11, USA, 2011.
- [9] Bayındırlık ve İskan Bakanlığı. “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik”. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, Türkiye, 2007.
- [10] Computers and Structures, Inc. SAP2000, Version 15.1.0., Structural Analysis and Design Software. Berkeley, CA, 2000.