



An Evaluation on Turkey Building Earthquake Code-2018 Masonry Buildings' Section and a Comparative Analysis for Unreinforced Masonry Building Cases

Fikret Kuran¹, İbrahim Serkan Misir², Omer Aldemir², Ercan Tuna³ and Serhat Fırat²

¹ General Directorate of Foundations, Department for Artworks and Construction, Cankaya 06420, Ankara

² Dokuz Eylül University, Faculty of Engineering, Civil Engineering Department, Buca 35390, İzmir

³ İzmir Regional Directorate of Foundations, Department for Artworks and Construction, Konak 35250, İzmir

ORCID: 0000-0002-1308-435X, 0000-0001-8552-8389, 0000-0002-8572-4440,
0000-0001-5448-490X, 0000-0003-3934-2932

Keywords

Unreinforced masonry buildings, TBEC-2018, design of masonry buildings, evaluation of existing buildings

Highlights

- * Turkish Building Earthquake Code-2018
- * Design of unreinforced masonry (URM) buildings
- * Evaluation of existing unreinforced masonry buildings

Acknowledgements

–

Aim

To evaluate the TBEC-2018 Masonry Buildings' Section.

Location

Turkey

Methods

URM building cases were redesigned and evaluated under TBEC-2018 for a comparative analysis.

Results

New URM buildings can be built and existing ones can be preserved only in the areas with less than 0.10g ground acceleration, according to TBEC-2018 provisions. The code should be revised considering international earthquake codes and the past experiences.

Supporting Institutions

–

Manuscript

Research Article

Received: 15.05.2020

Revised: 03.06.2020

Accepted: 03.06.2020

Printed: 30.06.2020

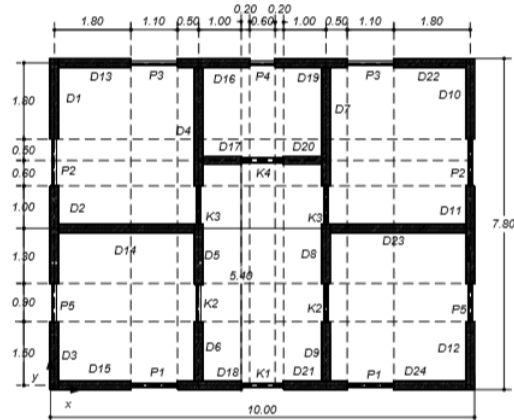
DOI

10.46464/tdad.726301

Corresponding Author

İbrahim Serkan Misir

Email: serkan.misir@deu.edu.tr



Figure

Dimensions of masonry building case examined in study

How to cite

Kuran F., Misir İ.S., Aldemir O., Tuna E., Fırat S., 2020. An Evaluation on Turkey Building Earthquake Code-2018 Masonry Buildings' Section and a Comparative Analysis for Unreinforced Masonry Building Cases, Turk. J. Earthq. Res. 2 (1), 47-60, <https://doi.org/10.46464/tdad.726301>



2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği Yiğma Yapılar Bölümü Üzerine Bir Değerlendirme ve Donatısız Yiğma Bina Örnekleri için Karşılaştırmalı Analiz

Fikret Kuran¹, İbrahim Serkan Mısırcı², Ömer Aldemir², Ercan Tuna³ ve Serhat Fırat²

¹ Vakıflar Genel Müdürlüğü, Sanat Eserleri ve Yapı İşleri Şube Müdürlüğü, Çankaya 06420, Ankara

² Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Buca 35390, İzmir

³ Vakıflar İzmir Bölge Müdürlüğü, Sanat Eserleri ve Yapı İşleri Şube Müdürlüğü, Konak 35250, İzmir

ORCID: 0000-0002-1308-435X, 0000-0001-8552-8389, 0000-0002-8572-4440, 0000-0001-5448-490X, 0000-0003-3934-2932

ÖZET

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018), yiğma yapıların analizi ve tasarımını konu alan bölümde oldukça kapsamlı değişikliklerle yayımlanmış ve 2019 yılı başında yürürlüğe girmiştir. İlgili bölüme, donatı içeren üç yeni yiğma yapı türü eklenmiş, kesit hesabında emniyet gerilmesi yerine taşıma gücü yöntemine geçilmiş ve spektral ivme katsayısı, deprem yükü azaltma faktörü gibi önemli bazı parametrelerde değişikliklere gidilmiştir. Bu çalışmada, TBDY-2018'in ilgili hükümleri değerlendirilmiş ve bir önceki yönetmeliğe göre tasarlanan ve değerlendirilen yiğma bina örnekleri için hesaplar TBDY-2018 ile tekrarlanmıştır. Değerlendirme sonucunda, TBDY-2018 yönetmelik kurallarına göre ivme değeri 0.10g düzeyi üzerindeki deprem kuvvetleri altında donatısız yiğma bina tasarımı yapmanın, duvar kesitleri büyütülse bile, mümkün olmadığı görülmüştür. Ayrıca, 2007 yönetmeliğine göre tasarlanan mevcut donatısız yiğma binalar TBDY-2018 hükümlerine göre kesme kuvveti güvenliğini sağlayamamaktadır.

Anahtar kelimeler

Donatısız yiğma binalar, TBDY-2018, yiğma bina tasarımı, mevcut bina değerlendirmesi

Öne Çıkanlar

- * Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018
- * Donatısız yiğma binaların tasarımı
- * Mevcut donatısız yiğma binaların değerlendirilmesi

Makale

Araştırma Makalesi

Geliş: 15.05.2020

Düzeltilme: 03.06.2020

Kabul: 03.06.2020

Basım: 30.06.2020

DOI

10.46464/tdad.726301

Sorumlu yazar

İbrahim Serkan Mısırcı

Eposta:

serkan.misir@deu.edu.tr

An Evaluation on Turkey Building Earthquake Code-2018 Masonry Buildings' Section and a Comparative Analysis for Unreinforced Masonry Building Cases

Fikret Kuran¹, İbrahim Serkan Mısırcı², Ömer Aldemir², Ercan Tuna³ and Serhat Fırat²

¹ General Directorate of Foundations, Department for Artworks and Construction, Çankaya 06420, Ankara

² Dokuz Eylül University, Faculty of Engineering, Civil Engineering Department, Buca 35390, İzmir

³ İzmir Regional Directorate of Foundations, Department for Artworks and Construction, Konak 35250, İzmir

ORCID: 0000-0002-1308-435X, 0000-0001-8552-8389, 0000-0002-8572-4440, 0000-0001-5448-490X, 0000-0003-3934-2932

ABSTRACT

Turkey Building Earthquake Code (TBEC-2018), was published with quite extensive changes in the Masonry Buildings' section. This section now covers the design principles for three new types of masonry buildings containing reinforcements and allows the bearing capacity method for section design. There are also changes in some important parameters such as spectral acceleration coefficient and earthquake load reduction factor. In the presented paper, the relevant provisions in TBEC-2018 are evaluated in general. Also, unreinforced masonry building cases designed and evaluated in accordance with the previous code provisions were redesigned and evaluated within the scope of TBEC-2018 for a comparative analysis. It seems that, according to TBEC-2018, it is not possible to design an unreinforced masonry building under earthquake forces for the acceleration levels higher than 0.10g, even if the wall sections are enlarged. In addition, existing unreinforced masonry buildings designed in accordance with 2007 provisions do not provide shear force safety checks according to TBEC-2018 provisions.

Keywords

Unreinforced masonry buildings, TBEC-2018, design of masonry buildings, evaluation of existing buildings

Highlights

- * Turkish Building Earthquake Code-2018
- * Design of unreinforced masonry (URM) buildings
- * Evaluation of existing unreinforced masonry buildings

Manuscript

Research Article

Received: 15.05.2020

Revised: 03.06.2020

Accepted: 03.06.2020

Printed: 30.06.2020

DOI

10.46464/tdad.726301

Corresponding Author

İbrahim Serkan Mısırcı

Email:

serkan.misir@deu.edu.tr

1. GİRİŞ

Yığma binaların, ülkemizdeki yapı stokunun önemli bir kısmını oluşturduğu bilinmektedir (DİE 2000). Özellikle beton ve çelik gibi malzemelere erişimin görece kısıtlı olduğu kırsal alanlarda veya geleneksel mimariye ihtiyaç olan durumlarda yığma yapılar halen tercih edilmektedir. Ülkemizde 2019 yılı başında yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY 2018), yığma binaların analizini ve tasarımını konu alan 11. bölümünde oldukça kapsamlı değişikliklerle yayımlanmıştır. İlgili bölüm artık donatısız yığma binaların yanı sıra, donatı içeren üç yeni yığma yapı türünün de (donatılı yığma, kuşatılmış yığma ve donatılı panel sistemli binalar) tasarım esaslarını içermektedir. TBDY-2018 ile birlikte, yığma binaların deprem hesabında, kullanılan spektral ivme ve deprem yükü azaltma katsayısı gibi önemli parametreler ve malzemelerin hesap değerlerinde kayda değer değişiklikler gündeme gelmiştir. Ayrıca, TBDY-2018'e kadar ülkemizde yürürlükte olan yönetmeliklerde, yığma yapıların tasarımı için kullanılan Emniyet Gerilmeleri Yöntemi'nden vazgeçilerek Taşıma Gücü Yöntemi'ne geçilmiştir. TBDY-2018'in yığma binalar bölümü, temel olarak Eurocode 8 (CEN-EN 1998-1 2004) esas alınarak hazırlanmıştır. Avrupa'da en fazla deprem tehlikesine sahip ülkelerden biri olan İtalya'da, Eurocode 8 ve ulusal parametreler kullanarak 2003 yılında ulusal yönetmelik hazırlanmıştır. İtalya'da bu yönetmeliğin yürürlüğe girmesinden sonra ise, deprem tehlikesinin çok düşük olduğu bölgelerde dahi, yığma bina tasarımında zorluklar yaşanmış ve ulusal yönetmeliklerini 2005 yılında güncellemek ihtiyacı doğmuştur. Yönetmeliklerindeki son değişiklikler 2008 ve 2018 tarihinde yapılmıştır. Yaşanan bu sorunlar karşısında, Avrupa'da yığma binaların deprem davranışı hakkında deneysel ve analitik AR-GE çalışmalarına başlanılmıştır. Bu bakımdan 2003 yılının sonunda son halini alan Eurocode 8'in yığma binaların tasarımına ilişkin kuralları güncelliğini kaybetmiştir. Yeni deprem yönetmeliğinde, yığma binalara ilişkin tasarım kurallarının Eurocode 8 ile aynı olması durumunda benzer sorunların ülkemizde de olması kaçınılmaz görünmektedir (Kuran 2015, Mısır ve diğ. 2019). Eurocode 8'e göre tasarlanan 2 ve 3 katlı donatısız yığma binalar yer ivmesinin 0.1g hatta 0.05g olması durumunda dahi deprem yükleri altında yeterli güvenliği sağlamamaktadır. Eurocode 8'e göre deprem hesabı yapılmasına gerek olmayan basit yığma binalarda da aynı sorunla karşılaşmıştır (Morandi ve Magenes 2008). Eurocode 8'in yığma binalar bölümü 1990'lı yılların bilgi birikimini içermesine karşılık, İtalya'da 2008 ve son olarak 2018 yılında yeni deprem yönetmelikleri yürürlüğe girmiş, yığma bina tasarımı ve güçlendirilmesine ilişkin kurallar, Eurocode 8'e göre daha uygulanabilir hale getirilmiştir. Bu çalışma kapsamında, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-2007'nin (DBYBHY-2007) anlaşılmasına katkıda bulunmak amacıyla hazırlanan '*Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-Örnekler Kitabı*'nda (Aydınoğlu ve diğ. 2007) yeni yığma binaların tasarımı üzerine hazırlanmış *Örnek-20* dikkate alınmıştır. DBYBHY-2007 ilkelerine göre ele alınan bu örneklerdeki taşıyıcı sistem planı, yer ivmesi vb. bilgiler kullanılarak göz önüne alınan donatısız yığma binanın bir kez de TBDY-2018'e göre tasarımı ve değerlendirmesi yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

2. TBDY-2018 YIĞMA BİNALAR BÖLÜMÜNDEKİ DEĞİŞİKLİKLER

TBDY-2018 ile birlikte yığma binaların tasarımı için artık Emniyet Gerilmeleri Yöntemi yerine Taşıma Gücü Yöntemi kullanılmaktadır. Emniyet Gerilmeleri Yöntemi, malzemelerin doğrusal elastik davranışları varsayımı ile yapılan kesit hesabıdır. Bu yöntemde temel ilke, bu varsayım ile hesaplanan gerilmelerin, tanımlanan emniyet gerilmelerini aşmamasıdır. Taşıma Gücü Yöntemi ise, karakteristik dayanım ve malzeme güvenlik katsayısı kullanılarak kesitin güç tükenme anındaki kapasitesinin hesabıdır. Hesaplanan kuvvet tabanlı taşıma gücü ve şekildeğiştirme değerlerinin, kesite etkiyen iç kuvvetlerden ve şekildeğiştirmelerden büyük olması sağlanmaktadır. TBDY-2018'de taşıma gücü yöntemine geçiş yapıldığı için DBYBHY-2007'de kullanılan duvar basınç emniyet gerilmesi (σ_{em}) ve duvar kayma emniyet gerilmesi (τ_{em}) yerine, yığma duvar tasarım basınç dayanımı (f_d) ve duvar tasarım kesme dayanımı (f_{vd}) kullanılmaktadır.

Burada kullanılan tasarım dayanımları karakteristik dayanımların yığma malzeme dayanım azaltma katsayısına (γ_m) bölünmesi ile elde edilmektedir (Denklem 1).

$$f_d = f_k / \gamma_m \quad (1)$$

Yığma malzeme dayanım azaltma katsayısı (γ_m), gazbeton bloklar için 1.75, diğer tüm malzemeler için 2.0 olarak tanımlanmıştır. TBDY-2018'de yığma taşıyıcı duvarların karakteristik basınç dayanımının belirlenmesinde Madde 11.2.7'ye göre iki yöntem tanımlanmıştır. Bu yöntemlerin ilki, duvar numuneleri üzerinde TS EN 1015-1'e (TSE 2000) göre yapılacak deneylerle elde edilen dayanımı doğrudan karakteristik duvar basınç dayanımı olarak almaktır. İkinci yöntemde ise, kârgir birim ve harç basınç dayanımlarına göre Yönetmelikteki Tablo 11.2'de verilen değerler karakteristik basınç dayanımı olarak alınmaktadır. Yığma duvar tasarım aksenal basınç kapasitesi (Denklem 2), narinlik oranına bağlı olarak kullanılan azaltma katsayısı uygulanarak (λ), kesitin brüt alanı ile tasarım basınç dayanımının çarpımının malzeme güvenlik katsayısına bölünmesi olarak tanımlanmaktadır;

$$N_{Rd} = \lambda A f_k / \gamma_m = \lambda A f_d \quad (2)$$

DBYBHY-2007'ye göre kayma emniyet gerilmesi değeri Denklem 3 ile hesaplanırken, TBDY-2018'e göre malzeme tabloları yardımıyla hesaplanan duvar karakteristik kesme dayanımı (f_{vk}) ise Denklem 4 ile elde edilmektedir. Bu değer duvar üzerinde yapılacak deneyler ile belirlenmesi de mümkündür;

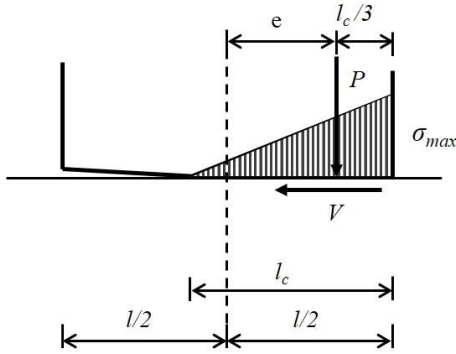
$$\tau_{em} = \tau_0 + \mu \sigma \quad (3)$$

$$f_{vk} = f_{vko} + 0.4 \sigma_d < 0.10 f_b \quad (4)$$

Denklem 4'te yer alan duvar karakteristik başlangıç kesme dayanımı (f_{vko}), deneysel yöntemlerle veya TBDY-2018 Tablo 11.3'e göre belirlenmektedir. Duvar karakteristik kesme dayanımı (f_{vk}), kârgir birimin basınç dayanımının (f_b) 0.10 katı üst sınırı ile sınırlandırılmıştır. DBYBHY-2007'de verilen denklem ile TBDY-2018'de verilen denklemler benzer gibi gözükmesine karşılık temelde büyük farklılıklar bulunmaktadır. Öncelikle yeni yönetmelikte, duvar kayma emniyet gerilmesi yerine, karakteristik kesme dayanımı (f_{vk}) tanımı getirilmiş, sürtünme katsayısı 0.5 yerine 0.4 olarak değişmiştir. Her iki denklemde verilen düşey gerilme tanımı da farklılık içermektedir. TBDY-2018'de ayrıca bir denklem olarak verilmemesine karşılık düşey gerilme (σ_d); yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan düşey basınç gerilmesi olarak tanımlanmıştır. Deprem durumunda duvar paneli üzerinde eğilme momenti de etki edeceğinden tüm duvar uzunluğu basınç altında olmayacaktır. Eğilme momentinin büyüklüğüne bağlı olarak, duvar uzunluğunun bir kısmında çekme meydana gelecektir. Bu nedenle basınç altındaki duvar uzunluğu (l_c), duvar uzunluğu (l)'den daha küçük olacak (Şekil 1), duvardaki düşey gerilme kesit ucunda maksimum olacaktır. Bu gerilme dağılımının basınç bölgesi boyunca ortalaması alındığında;

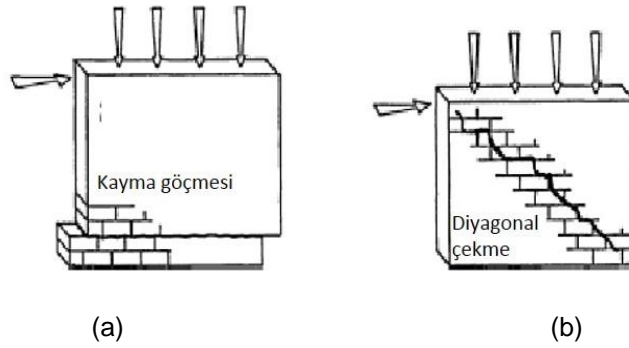
$$\sigma_d = \frac{\sigma_{max}}{2} = \frac{N_{Ed}}{l_c t} \quad (5)$$

olmaktadır. Duvar basınç bölgesi uzunluğundaki azalma, denge durumundan dolayı aksenal basınç kuvvetinin değişmemesi nedeniyle, düşey gerilmeyi artıracığından (Denklem 5) duvar karakteristik kesme dayanımı (f_{vk}) artacaktır. Bu nedenle, Denklem 4'te f_{vk} değerine $0.10f_b$ üst sınırı getirilmiştir. DBYBHY-2007'de ise basınç gerilmesi doğrudan düşey yük analizinden ve tüm duvar uzunluğu göz önüne alınarak hesaplanmaktadır.



Şekil 1: Eğilme etkisindeki duvarın basınç bölgesi uzunluğu

Diğer önemli bir değişiklik ise donatısız yığma duvar tasarım kesme kuvveti dayanımının hesaplanmasındadır. Tasarım kesme kuvveti dayanımının belirlenmesinde, donatısız yığma duvarın yatay derzlerinde kayma göçme biçiminin (Şekil 2a, Denklem 6) yanı sıra (Mohr-Coulomb kriteri), duvar çekme dayanımına bağlı olarak diyagonal çekme göçme biçimi de kullanılmaktadır (Şekil 2b, Denklem 7). Duvar tasarım kesme kuvveti dayanımı V_{Rd} , Denklem 6 ve Denklem 7 ile hesaplanan değerlerden küçük olanı alınmaktadır. DBYBHY-2007’de duvardaki kayma gerilmesi hesabında eğilme etkisi dikkate alınmadığından, tüm duvar uzunluğunun basınç altında olduğu varsayılmaktadır. Dolayısıyla, kayma emniyet gerilmesi hesaplanırken iç kuvvet tüm duvar uzunluğu ve kesit kalınlığı çarpımına bölünmektedir. TBDY-2018’de kesme kuvveti tasarım dayanımının hesabında, eğilme etkisinde basınç altındaki duvar uzunluğu (l_c) dikkate alınmaktadır.



Şekil 2: Yığma duvarda düzlem içi göçme biçimi a) Yatay derzde kayma, b) Diyagonal çekme (Tomazevic 2009)

$$V_{Rd} = \frac{f_{vk}}{\gamma_m} t l_c = f_{vd} t l_c \quad (6)$$

$$V_{Rd} = l t \frac{f_{td}}{b} \sqrt{1 + \frac{N_{Ed}}{l t f_{td}}}; f_{td} = 1.5 f_{vd0}; V_{Rd} = l t \frac{1.5 f_{vd0}}{b} \sqrt{1 + \frac{N_{Ed}}{1.5 l t f_{vd0}}} \quad (7)$$

Duvar basınç bölgesi uzunluğunun hesaplanmasına ilişkin TBDY-2018'de açıklama bulunmamaktadır. Duvar düzlemi içerisinde, dışmerkezliğin ($e=M_{Ed}/N_{Ed}$), duvar uzunluğunun $l/6$ 'sından daha büyük olması durumunda duvar basınç bölgesi uzunluğu (l_c) Denklem 8 ile hesaplanmaktadır (CEN-EN 1996-3 2005).

$$l_c = 3 \left(\frac{l}{2} - e \right) = 3 \left(\frac{l}{2} - \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} \right) \quad (8)$$

Dışmerkezliğin (e), $l/6$ 'dan daha küçük olması durumunda tüm duvar uzunluğu basınç altında olacağından $l = l_c$ olmaktadır. Dışmerkezliğin (e), $l/2$ 'yi aşması durumunda ise, basınç kuvvetinin yeri kesit dışına çıkacağından, $l_c = 0$ olmakta, düzlem içi devrilme meydana gelmektedir.

Denklem 7 ile verilen tasarım kesme kuvveti dayanımı, duvarın elastik, homojen ve izotrop kabul edilerek, duvardaki çekme gerilmesinin duvar çekme dayanımını aşmasını temsil etmektedir. Burada duvar çekme dayanımı, başlangıç kesme tasarım dayanımının 1.5 katı kabul edilmektedir ($f_{td}=1.5f_{vd0}$). Burada b katsayısı duvar narinlik oranına bağlı katsayı olup Denklem 9 kullanılarak hesaplanır;

$$\frac{h}{l} < 1.0 \rightarrow b = 1.0 ; 1.0 \leq \frac{h}{l} \leq 1.5 \rightarrow b = \frac{h}{l} ; \frac{h}{l} > 1.5 \rightarrow b = 1.5 \quad (9)$$

3. BİNA HAKKINDA GENEL BİLGİLER VE TASARIM SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRMASI

3.1) Donatısız Yığma Bina Tasarımı

TBDY-2018 hesap esaslarının donatısız yığma binaların tasarımında neden olduğu değişiklikleri izleyebilmek amacıyla, Aydınöğlü ve diğ. (2007) tarafından DBYBHY-2007 ilkeleri göz önüne alınarak tasarlanan bir bina örneği (*Örnek-20*), bir kez de yeni deprem yönetmeliğine göre tasarlanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Taşıyıcı sistem planı Şekil 3'te verilen iki katlı yapıda, kat yüksekliği 2.80 m, duvar kalınlıkları ise 20 cm'dir. Bu bina, duvar kalınlığı haricinde TBDY-2018'in tüm koşullarını sağlamaktadır. Aynı bina TBDY-2018'de verilen minimum duvar kalınlığı olan 24 cm duvar kalınlığına göre yeniden analiz edilmiştir. 20 cm duvar kalınlığına sahip binanın (YBT-1) duvar alanlarının kat alanına oranı her iki doğrultuda sırasıyla % 5.5 ve % 5.8'dir. 24 cm duvar kalınlığına sahip binada (YBT-2) ise duvar oranı her iki doğrultuda sırasıyla % 6.6 ve % 7.0'dir. YBT-1 ve YBT-2 binalarında esas alınan tasarım parametreleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: Tasarımda kullanılan YBT-1 ve YBT-2 binalarına ait parametreler

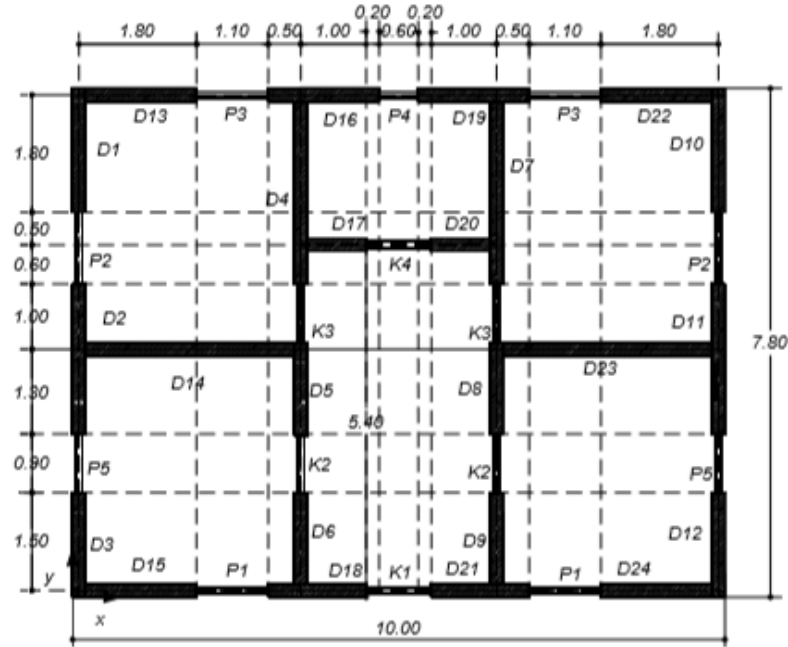
Kârgir Birim Türü	Grup 1
Kârgir Birim Basınç Dayanımı (f_b)	15 MPa
Harç Sınıfı	Genel Amaçlı Harç
Harç Basınç Dayanımı (f_m)	M2.5-M9
Duvar Karakteristik Basınç Dayanımı (f_k)	4.8 MPa
Başlangıç Duvar Karakteristik Kesme Dayanımı (f_{vk0})	0.20 MPa
Duvar Kalınlığı (t)	YBT-1 0.20 m /YBT-2 0.24 m
Duvar Elastisite Modülü (E_{duv})	$750f_k=3600$ MPa
Duvar Kayma Modülü (G_{duv})	$0.4E_{duv}=1440$ MPa
Bina Önem Katsayısı (I)	1.0
Deprem Düzeyi	DD2
PGA ($\approx 0.4S_{DS}$)	0.4g
Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (S_{DS})	1.0
1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı (S_{D1})	0.75
Elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyotları (T_A, T_B)	0.15 s, 0.75 s
Bina yükseklik sınıfı (BYS)	8
Bina Toplam Yüksekliği (H_N)	$5.6 < 7$
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R)	2.5
Dayanım Fazlalığı Katsayısı (D)	1.5

Yapısal çözümlemede duvar serbest yüksekliği H , TBDY-2018'de tanımlandığı üzere döşeme üst kotundan döşeme alt kotuna olan yükseklik olarak tanımlanmış ve örnekte 2.8 m olarak dikkate alınmıştır. Duvar uzunlukları boşluklar arasında kalan duvar parçasının uzunluğu olarak alınmıştır. Duvar rijitlikleri yönetmelikte tanımlandığı üzere eğilme ve kayma rijitlikleri dikkate alınarak, duvarın alt ve üst ucunda ankastre olduğu kabulü ile;

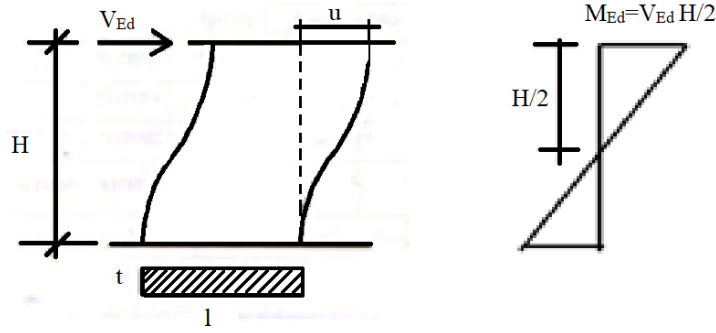
$$k_{duv} = \frac{1}{\frac{H^3}{12 E_{duv} I} + \frac{1.2 H}{G_{duv} A}} \quad (10a)$$

$$k_{duv} = \frac{1}{\frac{H^3}{12 E_{duv} I} + \frac{H}{1.2 G_{duv} A}} \quad (10b)$$

Denklem 10a kullanılarak hesaplanmıştır (Tomazevic 2009). Denklem 10a'da verilen ilişki yapı statüğünde de bilinen bir eşitlik olup 1.2 katsayısının Denklem 10a'da görüldüğü gibi, rijitliğin kayma kısmını temsil eden bölümünde pay kısmında olması gerekmektedir. Dikdörtgen kesitler için tanımlanan 1.2 katsayısı, TBDY-2018'de yer verilen denklemde ise sehven payda kısmında yazılmıştır (Denklem 10b). Duvar etkin rijitlikleri brüt rijitliğin %50'si kadar azaltılmıştır. Yapısal çözümlemede, duvarlara etkiyen eğilme momentleri (M_{Ed}), duvarın her iki ucunun ankastre olarak kabul edilmesinden dolayı, duvarlara etkiyen kesme kuvvetleri (V_{Ed}), duvar serbest yüksekliğinin (H) yarısı ile ($H/2$) çarpılarak hesaplanmıştır (Şekil 4).



Şekil 3: Donatısız yığma binanın taşıyıcı duvar planı, Örnek-20 (Aydınoglu ve diğ. 2007)



Şekil 4: Her iki ucu ankastre duvar

Yapısal çözümlemede eşdeğer çubuk yöntemi kullanılmıştır. Bina periyodu, duvar rijitlikleri ve deprem hesabı Excel programında oluşturulan elektronik tablolar kullanılarak hesaplanmıştır. YBT-1 kodlu binanın doğal titreşim periyodu Rayleigh yöntemi kullanılarak TBDY-2018'deki Denklem 4.26 ile hesaplanmış ve 0.15 s olarak bulunmuştur. Bu değer T_B 'den küçük olmasından dolayı TBDY-2018 Denklem 4.1.b kullanılarak Deprem Yükü Azaltma Katsayısı 1.70 olarak hesaplanmıştır. Yatay elastik tasarım spektral ivme değeri TBDY-2018 Denklem 2.2'ye göre $T=T_A$ için $S_{ae}(T)=1.00g$ olarak bulunmuş, azaltılmış tasarım spektral ivmesi ve eşdeğer deprem kuvveti (taban kesme kuvveti) ise;

$$S_{aR}(T) = \frac{S_{ae}(T)}{R_a(T)} \quad (11)$$

$$V_{tE}^{(x)} = m_t S_{aR}(T_P^{(x)}) \quad (12)$$

Denklem 11 ve Denklem 12'ye göre sırasıyla 0.588g ve 1379 kN olarak hesaplanmıştır.

TBDY-2018 madde 11.4.7'de donatısız yığma duvarlar için kesme dayanımı yeterliliğinin, Bölüm 4'te verilen Dayanım Fazlalığı Katsayısı (D) dikkate alınarak hesaplanacağı belirtilmiştir (Denklem 13). Buna göre kesme dayanımı kontrolünde deprem hesabından bulunan kesme kuvveti, madde 4.3.5.2 gereğince Dayanım Fazlalığı Katsayısı D ile çarpılarak artırılmıştır.

$$V_{Rd} > DV_{Ed} \quad (13)$$

DBYBHY-2007 hükümlerine göre 0.40g yer ivmesi için tasarımı yapılmış 20 cm kalınlığına sahip YBT-1 binasının, TBDY-2018 esaslarına göre deprem hesabı tekrar yapılmış, X ve Y yönünde ayrı ayrı uygulanan deprem kuvveti altında her bir duvar için elde edilen kapasite oranları zemin kat için Tablo 2'de verilmiştir. Düşey yük altında bina yeterli dayanıma sahip olmasına karşılık, $S_{DS}=1.00$ düzeyinde ($S_{aR}=0.588g$) tüm duvarların yetersiz kesme kuvveti dayanımına sahip olduğu hesaplanmıştır. Yatay kuvvet altında oluşan düzlem içindeki dışmerkezlik değeri tüm duvarlarda kesit dışına taşıdığından, tüm duvarlarda düzlem içinde devrilme meydana gelmekte ve Denklem 6 ile verilen $V_{Rd}=0$ olmaktadır. Tüm duvarların yetersiz dayanıma sahip olması nedeniyle, TBDY-2018 madde 11.3.6'da tanımlanan duvardaki kesme kuvveti %25'ten daha fazla azalmamak ve %33'ten daha fazla artmamak şartı ile yeniden dağılım koşulunu da sağlayacak şekilde, tüm duvarların yeterli kesme dayanımına sahip olacağı en büyük yatay yük oranı (YYO: 0.149) hesaplanmıştır. Ayrıca yeniden dağılım uygulanmadan taşıyıcı duvarların tamamen elastik olması durumuna karşılık gelen en büyük yatay yük oranı da (YYO: 0.134) hesaplanmıştır. Kesme dayanımı için Denklem 6 ile hesaplanan değerler hep en küçük dayanımlar olarak bulunmuştur.

Tablo 2: YBT-1 binasının TBDY-2018'e göre farklı yatay yük oranı (YYO) için kapasite oranları

Duvar Adı	Kapasite Oranları			Duvar Adı	Kapasite Oranları*		
	YYO: 0.588	YYO: 0.149	YYO: 0.134		YYO: 0.588	YYO: 0.149	YYO: 0.134
D1	Düzlem içi Devrilme	0.80	0.69	D13	Düzlem içi Devrilme	0.87 (1.00)	0.74
D2	Düzlem içi Devrilme	0.91	0.78	D14	Düzlem içi Devrilme	1.15 (0.92)	1.00
D3	Düzlem içi Devrilme	0.69	0.59	D15	Düzlem içi Devrilme	0.81 (0.92)	0.69
D4	Düzlem içi Devrilme	0.98	0.86	D16	Düzlem içi Devrilme	0.87 (1.00)	0.74
D5	Düzlem içi Devrilme	0.59	0.51	D17	Düzlem içi Devrilme	0.35 (0.40)	0.31
D6	Düzlem içi Devrilme	0.59	0.51	D18	Düzlem içi Devrilme	0.71 (0.81)	0.61
D7	Düzlem içi Devrilme	0.98	0.86	D19	Düzlem içi Devrilme	0.87 (1.00)	0.74
D8	Düzlem içi Devrilme	0.59	0.51	D20	Düzlem içi Devrilme	0.35 (0.40)	0.31
D9	Düzlem içi Devrilme	0.59	0.51	D21	Düzlem içi Devrilme	0.71 (0.81)	0.61
D10	Düzlem içi Devrilme	0.80	0.69	D22	Düzlem içi Devrilme	0.87 (1.00)	0.74
D11	Düzlem içi Devrilme	0.91	0.78	D23	Düzlem içi Devrilme	1.15 (0.92)	1.00
D12	Düzlem içi Devrilme	0.69	0.59	D24	Düzlem içi Devrilme	0.81 (0.92)	0.69

* Parantez içindeki değerler yeniden dağılım sonrası oluşan kapasite oranlarını temsil etmektedir.

Aynı hesap, TBDY-2018'in tüm koşullarını sağlayan 24 cm duvar kalınlığına sahip 2 katlı yığma bina (YBT-2) için de tekrarlanmıştır. Duvar kalınlığının artmasından dolayı, diğer ölçü ve hareketli yükler aynı alındığından, bina ağırlığında sınırlı bir artış meydana gelmiştir. Yığma binanın doğal titreşim periyodu Rayleigh yöntemi kullanılarak TBDY-2018'deki Denklem 4.26 ile hesaplanmış ve 0.14 s olarak bulunmuştur. Bu değer T_B 'den küçük olmasından dolayı TBDY-2018 Denklem 4.1.b kullanılarak Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı 1.69 olarak hesaplanmıştır. Yatay elastik tasarım spektral ivme değeri TBDY-2018 Denklem 2.2'ye göre $T < T_A$ için $S_{ae}(T)=0.96$ olarak bulunmuştur. Azaltılmış tasarım spektral ivmesi $S_{ar}=0.568g$, eşdeğer deprem kuvveti (taban kesme kuvveti) 1444 kN olarak hesaplanmıştır. X ve Y yönünde ayrı ayrı uygulanan deprem kuvveti altında her bir duvar için elde edilen kapasite oranları zemin kat için Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3: YBT-2 binasının TBDY-2018'e göre farklı yatay yük oranı (YYO) için kapasite oranları

Duvar Adı	Kapasite Oranları			Duvar Adı	Kapasite Oranları*		
	YYO: 0.568	YYO: 0.155	YYO: 0.139		YYO: 0.568	YYO: 0.155	YYO: 0.139
D1	Düzlem içi Devrilme	0.80	0.68	D13	Düzlem içi Devrilme	0.87 (1.00)	0.74
D2	Düzlem içi Devrilme	0.90	0.77	D14	Düzlem içi Devrilme	1.14 (0.93)	1.00
D3	Düzlem içi Devrilme	0.69	0.59	D15	Düzlem içi Devrilme	0.81 (0.92)	0.69
D4	Düzlem içi Devrilme	0.97	0.84	D16	Düzlem içi Devrilme	0.87 (1.00)	0.74
D5	Düzlem içi Devrilme	0.59	0.51	D17	Düzlem içi Devrilme	0.35 (0.40)	0.29
D6	Düzlem içi Devrilme	0.59	0.51	D18	Düzlem içi Devrilme	0.71 (0.81)	0.61
D7	Düzlem içi Devrilme	0.97	0.84	D19	Düzlem içi Devrilme	0.87 (1.00)	0.74
D8	Düzlem içi Devrilme	0.59	0.51	D20	Düzlem içi Devrilme	0.35 (0.40)	0.29
D9	Düzlem içi Devrilme	0.59	0.51	D21	Düzlem içi Devrilme	0.71 (0.81)	0.61
D10	Düzlem içi Devrilme	0.80	0.68	D22	Düzlem içi Devrilme	0.87 (1.00)	0.74
D11	Düzlem içi Devrilme	0.90	0.77	D23	Düzlem içi Devrilme	1.14 (0.93)	1.00
D12	Düzlem içi Devrilme	0.69	0.59	D24	Düzlem içi Devrilme	0.81 (0.92)	0.69

* Parantez içindeki değerler yeniden dağılım sonrası oluşan kapasite oranlarını temsil etmektedir.

YBT-1'de olduğu gibi, düşey yük altında YBT-2 binası da yeterli dayanıma sahip olmasına karşılık, $S_{DS}=1.0$ düzeyinde ($S_{aR}=0.568g$) tüm duvarların yetersiz kesme kuvveti dayanımına sahip olduğu hesaplanmıştır. Yatay kuvvet altında oluşan düzlem içindeki dışmerkezlik değeri tüm duvarlarda kesit dışına taşıdığından, tüm duvarlarda düzlem içinde devrilme meydana gelmekte ve Denklem 6 ile verilen $V_{Rd}=0$ olmaktadır.

Tüm duvarların yetersiz dayanıma sahip olması nedeniyle, TBDY-2018 madde 11.3.6'da verilen yeniden dağılım koşulunu sağlayacak şekilde, tüm duvarların yeterli kesme dayanımına sahip olacağı en büyük yatay yük oranı (YYO: 0.155) ve yeniden dağılım koşulu uygulanmadan taşıyıcı duvarların tamamen elastik olması durumuna karşılık gelen en büyük yatay yük oranı (YYO: 0.139), YBT-1 binası için Tablo 2'de hesaplanan şekilde, Tablo 3'te YBT-2 binası için tekrar hesaplanmıştır.

Yatay yük oranı (Taban kesme kuvvetinin bina ağırlığına oranı), boyutsuz olarak azaltılmış tasarım spektral ivmesine (S_{aR}) eşittir. Buna karşılık gelen S_{DS} değeri ve bu değer yaklaşık 0.4 katına karşılık gelen PGA değerleri, analiz sonucunda bulunan en büyük yatay yük oranından hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar Tablo 4'te verilmektedir. 20 cm duvar kalınlığına sahip binada DBYBHY-2007'de birinci derece deprem bölgesi için ağırlığının 0.5 katı taban kesme kuvvetine karşılık gelen yatay kuvvete göre tasarım dayanım koşulları sağlanıyor iken, TBDY-

2018'de aynı ivme değerine karşılık gelen S_{DS} değerinde, yatay yük oranı 0.588 olmakta ve yeterli dayanım sağlanamamaktadır. Yatay yük oranlarının her iki yönetmelikte hemen hemen aynı olmasına karşılık dayanım durumlarında büyük farklılık bulunmaktadır. Yeniden dağılım koşulunun uygulanması durumunda YBT-1'in dayanım koşullarını sağladığı en büyük yatay yük oranı 0.149, buna karşılık gelen S_{DS} 0.25 ve PGA 0.101g olmaktadır. Yeniden dağılım olmaksızın binanın taşıyıcı duvarlarının tamamen elastik davrandığı sınır yatay yük oranı 0.134, S_{DS} 0.23 ve PGA 0.091g olmaktadır.

Görüldüğü gibi TBDY-2018 madde 11.3.6'da verilen yeniden dağılım koşulunun binanın dayanımına çok fazla etkisi bulunmamaktadır. YBT-2 binasında ise, duvar kalınlığının artmasına rağmen, yatay yük oranında ve PGA değerlerinde önemli bir artış sağlamadığı görülmektedir. 2007 yönetmeliğine göre yeterli dayanım koşullarına sahip bir bina için, karşılaştırma yapmak açısından 2007 yönetmeliğindeki terminoloji kullanıldığında, TBDY-2018'e göre 0.10g yer ivmesine karşılık gelen 4. derece deprem bölgesinde dayanım koşulunu sağlayabilmektedir.

Tablo 4: YBT-1 ve YBT-2 binalarının farklı yatay yük oranlarına karşılık gelen tasarım durumları

Bina	Yatay Yük Oranı veya S_{aR}/g	S_{ae}	S_{DS}	$PGA \approx 0.4S_{DS}g$	Tasarım Durumu
YBT-1	0.588	1.00g	1.00	0.400g	Tüm duvarlarda düzlem içi devrilme
	0.149	0.25g	0.25	0.101g	Yeniden dağılım ile yeterli dayanım
	0.134	0.23g	0.23	0.091g	Yeniden dağılım olmadan yeterli dayanım
YBT-2	0.568	0.96g	1.00	0.400g	Tüm duvarlarda düzlem içi devrilme
	0.155	0.26g	0.27	0.109g	Yeniden dağılım ile yeterli dayanım
	0.139	0.23g	0.24	0.098g	Yeniden dağılım olmadan yeterli dayanım

Deprem Tehlike Haritasından ODTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü'nün bulunduğu parselde, ZB türü zemin ve DD2 depremi için alınan parametreler, $T_A=0.063s$, $T_B=0.313$, $S_{DS}=0.301$, $PGA=0.146g$ olmaktadır. YBT-2 binasının doğal titreşim periyoduna bağlı olarak Deprem Yükü Azaltma Katsayısı $R_a=1.95$ olmaktadır. Yatay elastik tasarım spektral ivme değeri $T_A \leq T \leq T_B$ olduğundan $S_{ae}=0.301g$, azaltılmış spektral ivme değeri ise $S_{aR}=0.154g$ olmaktadır. Tablo 4'ten görüldüğü üzere ODTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü parselinde bu binanın tasarlanacak olması durumunda hesaplanan S_{aR} değeri yeniden dağılım koşulu ile hesaplanan 0.155 değeri ile hemen hemen aynıdır. 2 katlı bu donatısız yığma binanın ODTÜ İnşaat Mühendisliği yerleşkesinde tasarlanması durumunda, kesme kuvveti dayanımı açısından TBDY-2018 hükümlerini sınır durumda karşılayabilmektedir.

3.2) Mevcut Bina Değerlendirmesi

Aynı binalar mevcut bina olması durumunda TBDY-2018'in 15. bölümüne göre yeniden analiz edilmiştir. TBDY-2018'de mevcut yığma binaların deprem güvenliklerinin belirlenmesinde tasarım kuralları geçerli olmaktadır. Dolayısı ile tasarıma ilişkin tüm kurallar mevcut yığma binalar için de geçerlidir. Bilgi düzeyi olarak, tasarımla uyumlu olması açısından, Kapsamlı Bilgi Düzeyi seçilmiştir. TBDY-2018 madde 15.5.8'de "Yığma binaların performans düzeyine, 15.2'ye göre yapılan inceleme ve Bölüm 11'e göre yapılan hesap sonucunda karar verilecektir. Eğer yığma binanın her iki doğrultusundaki tüm duvarlarının kesme kuvveti dayanımı uygulanan deprem etkileri altında oluşan kesme kuvvetlerini karşılamaya yeterli ise, binanın Sınırlı Hasar Performans Düzeyi'ni sağladığı sonucuna varılır. Herhangi bir katta uygulanan deprem doğrultusunda bu

koşulu sağlamayan duvarların kat kesme kuvvetine katkısı %40'ın altında ise binanın Kontrollü Hasar Performans Düzeyi'ni sağladığı kabul edilecektir. Bu oranın %40'ı aşması durumunda binanın Göçme Durumu'nda olduğu kabul edilir.” denilmektedir.

Yapılan deprem hesabında Bilgi Düzeyinin Kapsamlı olarak seçilmesinden dolayı, mevcut bina ile tasarım hemen hemen aynı sonuçları vermektedir. DBYBHY-2007 hükümlerine göre 0.40g yer ivmesine göre tasarımı yapılmış 20 cm ve sonradan türetilen 24 cm kalınlığına sahip 2 katlı binaların tüm duvarlarında, basınç bölgesinin kesit dışına çıkmasından dolayı, düzlem içi devrilme meydana gelmektedir.

Her iki mevcut yığma bina için tüm duvarlarda kesme kuvveti güvenliğini sağlayacak en büyük yatay yük oranı, tasarımdaki binaların yeniden dağılım uygulanarak hesaplanan yatay yük oranı ile aynı olmaktadır. Bu değerler 20 cm ve 24 cm kalınlığındaki binalarda sırasıyla 0.149 ve 0.155'dir. Bu sınır değerlerin aşılması durumunda, etki/kapasite oranları 1'den büyük olan duvarların aldığı kesme kuvveti toplamının kat kesme kuvvetine oranı % 40'dan büyük olmaktadır. Bu nedenle Sınırlı Hasar Performans Düzeyi aşıldıktan sonra, Kontrollü Hasar Performans Düzeyi oluşmadan doğrudan Göçme Durumuna ulaşılmaktadır.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

DBYBHY-2007'ye göre tasarlanan bir bina örneği ve sadece duvar kalınlığı değiştirilerek türetilen ikinci bina örneğinin TBDY-2018 hükümlerine göre tasarım kontrolleri yapılmıştır. TBDY-2018 yönetmelik hükümlerine göre ancak düşük deprem tehlikesine sahip olan bölgelerde (0.10g'den daha düşük yer ivmesi), donatısız yığma bina yapılabilmektedir. Tasarım yapabilmek için tek çözüm, donatısız yığma bina sisteminden vazgeçmek olarak görülmektedir.

Günümüzde yığma bina yapımının azalmasına karşılık, halen önemli oranda yığma bina stoku bulunmaktadır. Yönetmeliğin kapsamı dışında olan tarihi yapı olmayıp tescilli de olmayan çok sayıda nitelikli sivil mimari örneği yığma bina bulunmaktadır. TBDY-2018'de mevcut yığma binaların deprem güvenliği, tasarımdaki kuralları içerdiğinden, mevcut yığma binalar da 0.10g yer ivmesinden daha büyük olan tüm bölgelerde yeterli deprem güvenliğine sahip olmamaktadır. Bu da ülkemizdeki mevcut yığma binaların hemen hemen tümünün gelecekte yıkılması anlamına gelmektedir. Bir önceki bölümde tespit edildiği üzere, Spektral ivme değerinin 1.0g olması durumunda (yaklaşık olarak 0.4g yer ivmesi), tüm duvarlarda düzlem içinde devrilme meydana gelmektedir. Bu göçme biçimi gerçek depremlerdeki yığma bina davranışı ile uyumlu değildir. Geçmiş depremlerdeki 0.4g yer ivmesinde dahi çok sayıda yığma binada az hasar veya kabul edilebilir hasar olduğu bilinmektedir. Yönetmelikteki bu uyumsuzluğun temel sebebinin tasarıma esas kesme kuvveti büyüklüğünün belirlenmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Son on beş yıl içerisinde yapılan deneysel çalışmalar neticesinde, yığma binaların doğrusal olmayan davranışlarının ihmal edilmemesi gerektiği, mühendislik hizmeti görmüş modern yığma binalarda ihmal edilemeyecek süneklik kapasitelerinin olduğu görülmüştür (Magenes ve Penna 2011, Kuran 2015). İtalyan mühendisleri, 2003 yılında Eurocode 8'i kendi ülkelerinde uyguladıkları zaman da benzer sorunlar çıkmıştır. Bu nedenle, İtalya ulusal deprem yönetmeliğinde (NTC 2018) Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı'nda Eurocode 8'e göre artış yapılmıştır. Bu bölümde yer verilen öneriler, önceki bölümlerde özetlenen analitik çalışmanın yanı sıra, son olarak 2018 yılında hazırlanan İtalya ulusal deprem yönetmeliği de (NTC 2018) dikkate alınarak hazırlanmıştır.

- Donatısız yığma binaların tasarımında, NTC-2018'de olduğu gibi, Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı'nın $R_a=3.0$, Dayanım Fazlalığı Katsayısı'nın $D=1.5$ olarak alınması önerilmektedir.

- TBDY-2018'de yığma bina kesme kuvveti dayanımını etkileyen en önemli etken, madde 11.4.7'deki "donatısız yığma duvarlar için kesme dayanımlarının yeterliliği, Bölüm 4'te verilen Dayanım Fazlalığı Katsayısı (D) dikkate alınarak hesaplanacaktır" koşuludur. Benzer koşul kuşatılmış ve donatılı yığma binalar için de geçerlidir. Bu madde gereğince, azaltılmış deprem kuvveti altında hesaplanan kesme kuvveti, D ile çarpılarak büyütülmektedir. Bu koşulun kapasite tasarım ilkesinin geçerli olmadığı donatısız yığma binalar için anlamsız olduğu değerlendirilmektedir. Betonarme veya çelik binalarda kapasite tasarımı ilkesine göre, tüm taşıyıcı elemanların eğilmeden dolayı kapasitelerine ulaşması istenmektedir. Dolayısı ile her zaman binanın gerçek yatay yük kapasitesi, tasarım yatay yük kapasitesinden büyük olmaktadır. Binanın yatay yük kapasitesine ulaştığı anda kesme kırılmasını önlemek için gevrek göçme biçimini gösteren iç kuvvetler D ile büyütülmektedir. Yığma binalarda ise tasarımda zaten kesme göçme biçimi oluşması beklenmektedir. Eğilme kapasitelerinden dolayı binaya gelebilecek ilave kesme kuvveti söz konusu değildir. Bu nedenle iç kuvvetlerin D katsayısı ile büyütülmesine gerek olmadığı düşünülmektedir.
- TBDY-2018 ve Eurocode 8'de yığma bina tasarımında yeniden dağılıma, duvardaki kesme kuvveti %25'ten daha fazla azalmamak ve %33'ten daha fazla artmamak şartı ile izin verilmektedir. TBDY-2018'in değerlendirme bölümünde ise, uygulanan deprem doğrultusunda kesme kuvveti dayanım koşulunu sağlamayan duvarların aldığı kesme kuvvetinin toplam kat kesme kuvvetine katkısı için %40 sınırı koşulu vardır. Analizi yapılan binalarda da gözlemlendiği üzere, çoğu durumda rijitliği en büyük olan duvar en büyük deprem kuvvetini alacağından, elastik sınırının hemen geçildiği anda bu duvarların aldıkları kesme kuvveti oranı % 40'ı aşmaktadır. Bu nedenle, NTC-2018'de olduğu gibi, tasarım ve değerlendirmede aynı olmak üzere, eleman iç kuvvetinde %25 artış/azalış ve toplam kat kesme kuvvetinin 1/10'undan büyük olanı aşmayacak kadar ($\Delta V \leq \max[0.25 V_{Ed}; 0.10|V_{kat}|]$) yeniden dağılıma izin verilmesi önerilmektedir. Kontrollü Hasar Performans Düzeyi için yeniden dağılım üst sınırının % 30 daha artırılması, bu sınırın aşılması durumunda ise Göçme Düzeyinin oluşması önerilmektedir.
- TBDY-2018'de Denklem 11.2 ile verilen duvar rijitlik denkleminde kayma etkisinin dahil edildiği bölümde 1.2 katsayısı yanlışlıkla payda kısmında yazılmıştır. Bu denklemde bu katsayının pay kısmında olacak şekilde değiştirilmesi gerekmektedir.
- TBDY-2018'in 4.7.3.4 maddesinde, ampirik doğal titreşim periyodu (T_{pA}) olarak hesaplanan değer, binanın hâkim titreşim periyodu (T_p) olarak alınabileceği ifade edilmektedir.

$$T_{pA} = C_t H_N^{\frac{3}{4}} \quad (14)$$

Bu denklemde yığma binalar için C_t katsayısı 0.07 olarak verilmektedir. Bu ampirik denkleme göre bina hâkim titreşim periyodu 0.26 s olmaktadır. Ampirik denklem ve Rayleigh yöntemi ile bulunan değer arasında çok büyük fark hesaplanmıştır. Bu nedenle ampirik denklemde verilen C_t katsayısının Eurocode 8 ve NTC-2018'de olduğu gibi 0.05 olarak düzenlenmesi önerilmektedir. Bu önerilere göre yapılan deprem analizinde, 24 cm duvar kalınlığındaki 2 katlı donatısız yığma binanın kesme kuvveti dayanımı, S_{DS} değerinin 0.60 mertebesine (pik yer ivmesi yaklaşık 0.3g) karşılık gelen deprem kuvveti altında ancak yeterli olmaktadır. Sunulan çalışmada analizi yapılan bina sayısı oldukça sınırlıdır. Daha fazla donatısız yığma bina tasarım ve değerlendirmesi yapılması gerektiği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Aydinođlu N., Celep Z., Özer E., Sucuođlu H., 2007. Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik – örnekler kitabı, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara.

CEN-EN 1996-3, 2005. Eurocode 6-Design of masonry structures-Part 3: Simplified calculation methods for unreinforced masonry structures, European Committee for Standardization, Brussels.

CEN-EN 1998-1, 2004. Eurocode 8-Design of structures for earthquake resistance-Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings. Brussels: European Committee for Standardization.

DİE, 2000. Bina Sayımı, Devlet İstatistik Enstitüsü, Ankara.

Kuran F., 2015. Yeni deprem yönetmeliğinde yığma bina tasarımı ve deprem güvenliği değerlendirmesi için öneriler. 3. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 14-16 Ekim 2015, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

Mısır İ.S., Kuran F., Tuna E., Aldemir Ö., Fırat S., 2019. Donatısız yığma bina örneklerinin 2019 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre tasarımı ve mevcut bina değerlendirmesi, 5. International Conference on Earthquake Engineering and Seismology (5ICEES), 8-11 Ekim 2019, ODTÜ, Ankara, Türkiye.

Magenes G., Penna A., 2011. Seismic design and assessment of masonry buildings in Europe: recent research and code development issues. In Proceedings of the 9th Australasian masonry conference, 15-18 February, Queenstown, New Zealand.

Morandi P., Magenes G., 2008. Seismic design of masonry buildings: current procedures and new perspectives. 14th World Conference on Earthquake Engineering, 12-17 October, Beijing, China.

NTC, 2018. Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17/01/2018.). Gazzetta Ufficiale, n. 42 del 20/02/2018, Supplemento ordinario n.8.

TBDY, 2018. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara

DBYBHY, 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi, Erişim adresi: <http://www.deprem.afad.gov.tr>.

TS EN 1015-1, 2000. Kâgir Harcı - Deney Metotları - Bölüm 1: Tane Büyüklüğü Dağılımı Tayini (Elek Analizi Yoluyla) Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Tomazevic M., 2009. Shear resistance of masonry walls and Eurocode 6: Shear versus tensile strength of masonry. *Materials and Structures* 42 (7), 889-907.