

\_Araştırma Makalesi\_

## KADIKÖY (İSTANBUL)'DE YIĞMA BİR BİNANIN DEPREM RİSKİNİN BELİRLENMESİ

### Earthquake Risk Assessment of a Masonry Building in Kadıköy-İstanbul

Orhan CENİK<sup>1\*</sup>, H. Haluk SELİM<sup>2</sup> ve Kadir GÜLER<sup>3</sup>

#### ÖZET

Marmara Bölgesi'nde 1999 yılında yaşanan hasar yapıcı ve yıkıcı depremler nedeniyle mevcut yapı stoğunun gözden geçirilmesi can ve mal güvenliği bakımından önem taşımaktadır. Bu nedenle bundan sonraki süreçte olası İstanbul depremi için özellikle kırsal alandaki yapılaşma dikkate alınarak, yığma binaların mevcut statik durumlarının incelenmesi ve gerekli tedbirlerin alınması kaçınılmazdır.

Bu çalışmada katı elemanlar kullanılarak örnek yapının; üç boyutlu modeli oluşturulmuş, tasarım depremi altında yığma yapı elemanlarında meydana gelen gerilmeler analitik ve lineer yöntem ile hesaplanmıştır. Bilinen döşeme, hatıl, duvar kargir cinsi ve kalınlığı ele alınmış, binanın toplam ağırlığı ile eşdeğer deprem yükü metoduna göre binaya gelen deprem yükleri analitik ve mod birleştirmek suretiyle lineer hesap yöntemi ile bulunmuştur. Gelen yüklerle karşı taşıyıcı elemanlarda oluşan gerilmeler iki yönde hesaplanmış ve emniyet gerilmeleriyle karşılaştırılmıştır. Son olarak yapılan değerlendirme sonucunda yapının can güvenliği performans düzeyi belirlenmiştir.

#### ABSTRACT

Devastating 1999 earthquakes in the Marmara region proved that earthquake risk assessment of existing buildings has vital importance in order to ensure structural safety and to protect people's lives in future events. Regarding the high occurrence probability of an earthquake nearby Istanbul, earthquake performance evaluation of masonry buildings that are mostly present in rural areas is imperative for the mitigation of associated earthquake risks.

In this study, a three dimensional finite element model of a masonry building was designed using solid elements and the stresses in the structural elements of the building were calculated by analytical and linear method based on the effect of the earthquake, the time-history behavior and the performance under design earthquake. Types and dimensions of the slabs, lintels and walls were considered and the earthquake forces acting on the building were computed by utilizing analytical and linear methods according to the total weight of the building and equivalent earthquake load methods. Stresses in structural elements due to acting loads were calculated in two directions and compared to the allowable limits. Finally, life safety performance level was determined for the building.

## 1. GİRİŞ

Yığma binalar, insanlık tarihi boyunca yapım veya inşaa etme tekniği bakımından en eski ve geleneksel yapılardır. Yığma binalarda düşey yükler ve deprem gibi yatay yüklerin iletildiği duvarlar taşıyıcı olduğundan bu yapılar betonarme ve çelik binalara göre oldukça ekonomiktir. Bu binalar diğer taşıyıcı sistemli binalara oranla ekonomik olma üstünlükleri yanında genel olarak ağır olmaları nedeniyle, deprem etkisinde dinamik yüklemelere karşı dayanımlarının az olmasından dolayı depreme dayanıklılıkları sınırlıdır. Yığma binalarda duvarlar esas taşıyıcı görevini üstlendiğinden, duvarlarda oluşacak hasarlar tüm yapıyı doğrudan etkilemekte, betonarme karkas-çelik binaların aksine, hasarın

<sup>1</sup>İstanbul Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Barbaros Bulvarı, No:137, Beşiktaş, İstanbul, orhan.cenik@csb.gov.tr

<sup>2</sup> İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 34840, Küçükyalı, İstanbul, hselim@ticaret.edu.tr

<sup>3</sup> İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 34469, Maslak, İstanbul, kguler@itu.edu.tr

\*İlgili yazar / Corresponding author: orhan.cenik@csb.gov.tr

Gönderim Tarihi: 06.04.2018

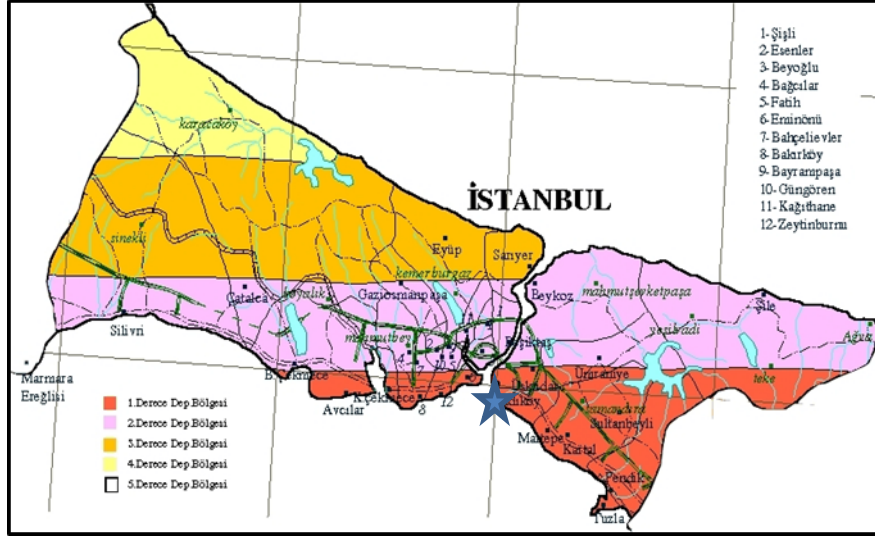
Kabul Tarihi: 15.05.2018

nerede olduğuna göre taşıyıcı sistem ve taşıyıcı olmayan sistem hasarı diye bir ayırım yapılamamaktadır.

Az gelişmiş ya da gelişmekte olan ülkelerdeki kırsal kesimlerde ve şehirlerin banliyö veya gecekondü bölgelerinde özellikle konut tipi yapılar; taş, kerpiç, briket ve pişmiş toprak tuğlalardan oluşan yığma yapı şeklinde inşa edilmektedir. Bu ülkelerde özellikle kırsal kesimlerde yığma yapılarıdaki çatı ahşap karkas üzerine toprak malzeme serilerek yapılmakta ve her mevsim bu çatılar, üzerine yeni toprak tabakası serilerek sıkıştırılmakta ve bina bu süreçte ağırlaşmaktadır. Bu ağır çatının deprem esnasında insanların üzerine çökmesi büyük felaketlere neden olabilmektedir. Aynı zamanda ülkemizde bu tip uygulamaların getirdiği denetimsizlik, birçok yanlış da beraberinde getirmiş, deprem nedeniyle birçok medeniyetin yerle bir ettiği tarihten silinmiş yerleşimler, şehirler, medeniyetler Anadolu'nun her yerinde görülmektedir. Yığma yapıların kolaylıkla yapılır-uygulanır ekonomik yapılar oluşu, Anadolu coğrafyasında deprem gerçeği nedeniyle meskûn binalarda genellikle hasar yapıcı ve yıkıcı mahiyette sonuçlar doğurmaktadır. Günümüz koşullarında ise, bu tip yapılar kırsal kesimlerde daha çok tercih edilmekte ve gayrimenkul sektöründe bir yatırım aracı olarak önem kazanmaktadır.

Anadolu yarımadasında büyük depremler üreten kuzeyde, yaklaşık doğu-batı uzantılı Kuzey Anadolu Fayı ve güneydoğuda ise Doğu Anadolu'dan – Akdeniz'e uzanan Doğu Anadolu Fayı olmak üzere iki aktif fay sistemi mevcuttur (Barka, 1981 ve 1992; Şengör, 1980). İlave olarak, hasar yapıcı ve yıkıcı büyüklükte deprem üreten diğer tali faylarla birlikte Türkiye'de yerleşim yerlerinin yaklaşık yüzde sekseninin (%80) ağır hasara yol açan büyük depremlerin tehdidinde olduğu anlaşılmaktadır. Bilhassa Anadolu kırsalında yığma binalar, kırsal yapı stoğunun çoğunluğunu temsil etmekte, genel olarak köy yerleşik alanlarında yeni bina inşaa etmenin imar mevzuatında ruhsatın kaldırılmış olması, yapı denetimi dışında işin fenni mesuliyet ile sınırlı tutulmuş olunması, deprem yaşamış bütünsel örnek projelendirmelerin takibinde örnek veri azlığını getirmektedir. Bu durum ülke ölçeğinde araştırma, değerlendirme ve sonuçlara ulaşılmasında zaaf oluşturmaktadır. Bu nedenle özellikle kırsal yerleşimlerde çoğunlukla uygulanmış olan depremlerin yatay kuvvetlerine oldukça dayanımsız zayıf yığma binalar, yeterli önlemlerin alınmaması ve bilimsel çalışmaların yapılmaması halinde, ülkemiz geleceğinde yeni kayıplar yaşanabilir.

Bu çalışma kapsamında örnek olarak seçilmiş dört katlı yığma bir binanın deprem riskinin belirlenmiştir. İncelenen örnek dört katlı yığma binanın bulunduğu parselin lokasyonu İstanbul Anadolu yakasında, İstanbul Büyükşehir Belediyesi sınırları içerisindedir. Örnek yığma bina gibi il kırsalında yapı ruhsatının nadir olduğu fenni mesuliyet aranan bölgeler ve banliyö köy-mahallelerde yığma bina stoğu bulunmaktadır. 6306 sayılı Kentsel Dönüşüm Kanunu (2012) bu konudaki riski çözmek için çıkarılmıştır. Kuzey Anadolu Fay hattının yaklaşık 30 km yakınında bulunan ve 7 Temmuz 2003 tarihli İstanbul için deprem master planında (İBB, 2003) belirtildiği gibi bölge, önümüzdeki 30 yıl içinde yaklaşık %65 olasılıklı olarak hasar yapıcı ve yıkıcı deprem tehdidi altındadır. Türkiye Deprem Bölgeleri haritasına göre İstanbul ili, Kadıköy ilçesi, Acıbadem mahallesinde yer alan dört katlı yığma binanın bulunduğu parsel, 1. Derece deprem bölgesindedir (Şekil 1).



**Şekil 1.** Marmara Bölgesi'nin deprem risk haritası, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı (1996). (Yıldız Kadıköy'deki yaklaşık lokasyonu göstermektedir)

**Figure 1.** Earthquake risk map of Marmara Region, Ministry of Environment and Urban Planning (1996). (Star shows approximately location area in the Kadıköy)

Depreme dayanıklı yapı tasarımında bu çalışmadaki örnek yığma binanın, sahip olması gereken minimum dayanım (yatay yük taşıma kapasitesi), analitik ve tasarım mukabele spektrumuna göre incelenmiştir. Sonuç olarak incelenen yapı, Deprem Yönetmeliği (2007)'e göre birinci derece deprem bölgesi kriterlerine göre incelenmiş, ülkemiz deprem bölgelerine göre kat adetlerinin sınırlanmış olması ile örnek dört katlı yığma binanın kat fazlalığının hasar potansiyeli hesaplanmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

Bilindiği gibi yapı, 3194 sayılı imar kanunu (1985)'nda "*karada ve suda, daimi veya muvakkat, resmi ve hususi yeraltı ve yerüstü inşaatı ile bunların ilave, değişiklik ve tamirlerini içine alan sabit ve müteharrik tesislerdir*" olarak tanımlanmaktadır. Bina ise, yine imar kanununda "*kendi başına kullanılabilen, üstü örtülü ve insanların içine girebilecekleri ve insanların oturma, çalışma, eğlenme veya dinlenmelerine veya ibadet etmelerine yarayan, hayvanların ve eşyaların korunmasına yarayan yapılarıdır*" diye tarif edilmektedir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın binaların aşınma pay oranını gösterir cetvelindeki (BKK, 1982) sınıflandırmaya göre binalar dört gruba ayrılmışlardır. Bunlar;

- Çelik karkas, betonarme karkas binalar
- Yığma kagir, yığma yan kagir binalar
- Ahşap, taş duvarlı gecekondular vasfında binalar
- Kerpiç ve diğer basit binalardır.

Oysa teknik olarak taşıyıcı sistem ve taşıyıcı sistemde kullanılan malzemeler bakımından binaları dört ayrı grupta toplamak mümkündür:

- Betonarme-çelik karkas binalar
- Yığma kagir binalar
- Ahşap karkas binalar
- Karma binalardır.

## 2.1. Yığma Kargir Binalarda Deprem Riskinin Tanımlanması

Deprem Yönetmeliği (2007)'e göre, şiddetli depreme karşı Bina Önem Katsayısı  $I=1$  için, gelecek 50 yıllık bir süre içinde aşılma olasılığı %10 olan tasarım depremi altında yıkılma veya ağır hasar görme riski bulunan binaların riskli olduğu belirtilmiştir.

Can güvenliği performansı ölçümünde inşa edilecek ve mevcut yığma binalarda ise, yürürlükteki Deprem Yönetmeliği (2007)'ne göre; ilk olarak binaya ait parselin durumu ve bina hakkında 6306 sayılı kanuna (2012) göre, yeterli düzeyde inceleme (bilgi düzeyi) yapılması gerekir. Bu yönetmeliğe uygun hesaplama ile tüm katlarda ve özellikle, rijitliği diğer katlara oranla çok küçük olan, yanal ötelenmesi zemin tarafından tutulmamış en alt bina katı olan kritik katta, gerilme sınır değerlerinin mukayesesi sonucu yönetmelikte belirtilen “can güvenliği” performansı aranmalıdır. Buna göre yığma binalar performans analizi algoritması,

- a. Mevcut yığma binanın, mevcut projesine uygun yapıлып yapılmadığının tespiti, değilse binanın yerinde taşıyıcı sistem rölevesinin yapılması,
- b. Yığma binalarda yerinde duvar parçası örneği alınarak malzeme özelliklerinin belirlenmesi,
- c. Bina temelinin oturduğu zeminde gerekli zemin etütleri yapılmalı, projelendirme hesaplarında tespit edilen zemin parametrelerinin (zemin sınıfı, yerel zemin grubu, zemin taşıma gücü, zemin yataklanma katsayısı, etkin yer ivme katsayısı, zemin spektrum karakteristik periyodu vb.) belirlenerek mevcut binada kullanılan zemin parametreleri ile uygunluğunun incelenmesi,
- d. Yığma binanın yapıldığı tarihteki deprem yönetmeliğine uyumu kontrol edildikten sonra, yönetmelikte belirlenen ve ilgili maddelerinde tanımlanan hesap yöntemlerinin uygulanması ile üç boyutlu analizler yapılması, deprem etkisi altında binada oluşması beklenen hasar durumuna göre eleman hasar bölgelerine karar verilmesi ve yine bina performans seviyesi belirlenerek analiz giriş ve çıkış verilerinin tamamı ile analizi açıklayan ilgili çizelge ve şekillerin tümü risk raporunda bulunması adımlarından oluşur.

Deprem Yönetmeliği (2007)'ne göre yığma binalarda herhangi bir katta uygulanan deprem kuvvetleri doğrultusunda duvarların kesme dayanımı, uygulanan deprem etkileri altında oluşan kesme kuvvetlerini karşılamaya yeterli olma koşulunu sağlamayan duvarların kat kesme kuvvetine katkısı, 6306 sayılı kanunun (2012) “Kentsel Dönüşüm Kanunu Uygulama Yönetmeliği Eki Riskli Yapı Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar” kapsamında, %50'nin altında çıkarsa, binanın “Can Güvenliği Performans Düzeyini” sağladığı kabul edilecektir (Şekil 2 ve 3).

## 2007 yılı Deprem Yönetmeliğine göre Bina Türleri İçin Farklı Deprem Etkileri Altında Hedeflenen Performans Düzeyleri :

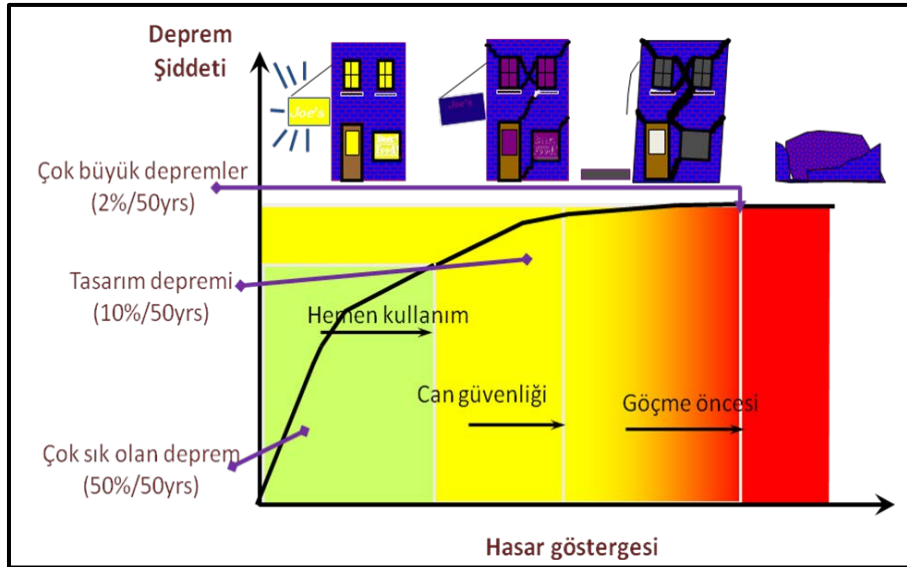
Binanın Kullanım Amacı ve Türü	Deprem Aşılma Olasılığı		
	50 yılda %50	50 yılda %10	50 yılda %2
Deprem Sonrası Kullanımı Gereken Binalar: Hastaneler, sağlık tesisleri, itfaiye binaları, iletişim ve enerji tesisleri, ulaşım istasyonları, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, afet yönetimi merkezleri, vb.	HK	HK	CG
İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Okullar, mahkemeler, yurtlar, pansiyonlar, askeri konutlar, cezaevleri, müzeler, vb.	HK	HK	CG
İnsanların Kısa Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Sinema, tiyatro, konser salonları, kültür merkezleri, spor tesisleri	HK	CG	-
Tehlikeli Madde İçeren Binalar: Toksik, parlayıcı ve patlayıcı özellikleri olan maddelerin bulunduğu ve depolandığı binalar	-	HK	GÖ
Diğer Binalar: Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (konutlar, işyerleri, oteller, turistik tesisler, endüstri yapıları, vb.)	-	CG	-

Çok sık olabilecek küçük depremler	Tasarım depremi (orta - büyük depremler)	Seyrek olabilecek çok büyük depremler
Yeni yapılacak bina tasarım depreminin yarısı	Yeni yapılacak bina tasarım depremi	Yeni yapılacak bina tasarım depreminin 1,5 katı
50 yılda aşılma olasılığı %50 olan depremin ivme spektrumunun ordinatlarının yaklaşık yarısı olarak alınacaktır	Yeni yapılacak binalar ivme spektrumu 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem	50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremin ivme spektrumunun ordinatları ise spektrumun ordinatlarının yaklaşık 1,5 katı olarak kabul edilmiştir.

Şekil 2. Deprem Yönetmeliği (2007)'ne göre bina türleri için farklı deprem etkileri altında hedeflenen performans düzeyleri (Cısdık, 2012).

Figure 2. Targeted performance levels for building types under different earthquake impacts according to Earthquake Regulations (2007) (Cısdık, 2012).



Şekil 3. Depreme göre aranan performans kriteri (Cısdık, 2012).

Figure 3. Desired performance criteria according to an earthquake (Cısdık, 2012).

İnşa edilecek ve mevcut yığma binalarda bu yönetmelik koşulunun yani “Can Güvenliği Performans Düzeyi”nin sağlanması aranacaktır. Aksi durumda bina riskli bina olarak değerlendirilecek ve 6306 sayılı Kentsel Dönüşüm Kanunu (2012) kapsamında yıkılıp yeniden inşası veya güçlendirilmesi devletçe takip edilecektir. Diğer taraftan binalar, Deprem Yönetmeliği (2007)'ne uygun

projelendirildiklerinde yapıım hatalarına karşı daha az hassasiyet gösterilebilir. Örneğin deprem kuvvetleri;  $R_a=8$  katsayısı ile azaltılarak süneklik düzeyi yüksek olarak hazırlanmış betonarme-karkas taşıyıcı sistemli bir proje uygulama ve birleşim hatalarından dolayı deprem esnasında süneklik düzeyi normal bina ( $R=4$ ) gibi davranabilir. Bu da örneğin 150 ton yatay kuvvete göre tasarlanmış kattaki yapı elemanlarının 300 ton yatay yük alması ile eşdeğer kötü sonuç oluşturabilir. Yığma binalarda ise deprem kuvvetleri  $R_a=2$  katsayısı ile azaltılır. Bu katsayı yığma binaların uygulama ve birleşim hatalarına karşı güvenli tarafta kalınmasını sağlamıştır. Yığma binaların sünekliği ve dayanımı bina köşelerinde ve/veya duvar ara kesitlerine düşey hatlılar uygulanmasıyla artırılabilir.

Bu şekilde mevcut ve inşa edilecek binalarda riskin süreçleri şöyledir. Bu konuda yetkilendirilmiş Çevre Şehircilik Bakanlığı Altyapı ve Kentsel Dönüşüm Hizmetleri Genel Müdürlüğü, “Riskli Yapı Tespit Analizi Raporu” denetiminde sırasıyla; belgeler, yapı genel bilgileri, yapıdan bilgi toplanması, riskli yapı tespit analizi, zemin etüt raporu ve yığma yapı analizi hazırlanmaktadır. Aynı yönetmelik ve ek esaslarda yığma binalar için hükmedilen risk unsurları ise;

- a. Deprem bölgelerinde müsaade edilen kat sayısından fazla kat yapılması,
- b. Duvar kalınlıklarının öngörülen kat sayısına göre yönetmelikte öngörülenden düşük kalınlıkta yapılmış olması-yeterli kalınlıkta olmaması,
- c. Duvar kerpiç-tuğla malzemelerinin, bağlayıcı harçlarının standart mukavemet özelliğinin düşük olması,
- d. Kargir malzemenin, tuğlanın yeterli standart (TSE) ve mukavemette olmaması,
- e. Büyük kapı pencere boşluklarının olması, belirlenen yönde dolu duvar uzunluğu oranının  $(L_d/A)>0,2 \times I'$  dan büyük olması,
- f. Planda taşıyıcı duvarların simetrik olmaması durumunda her iki ekseninde kayma rijitlik merkezi ve kat burulma momentlerinin oluşması,
- g. Duvar-duvar ve duvar-döşeme bağlantılarının zayıf olması (bağlantıların bulunduğu yerde çatlak veya hasar olması, hatıl bulunmaması),
- h. Rijit diyafram davranışı gösteren bir döşeme olmaması (sadece betonarme döşemelere sahip yığma yapıların bu tip davranış gösterdiği kabul edilecektir),
- i. Yığma duvarlarda dışa doğru düzlem dışı deforme olması,
- j. Döşemelerin hatıl olmaksızın duvarlara mesnetlenmesi,
- k. Beşik örtü çatılarda kalkan duvarların hatılsız sonlanması,
- l. Çatının toprak tavan döşemesi kaplanması,
- m. Duvar altı temel olmaması,
- n. Kat yüksekliklerinin 3 m’den fazla olması,
- o. Bina köşeleri dışında pencere ve kapı boşlukları arasında kalan dolu duvar parçalarının plandaki uzunluğu birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde 1 m’den, üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde 0.80 m’den az olması,
- p. Bina köşesine yakın pencere-kapı ile bina köşesi arasındaki mesafenin 3. ve 4.derece deprem bölgelerinde 1 m’den, 1.ve 2. derece deprem bölgelerinde 1,50 m’den az olması, olarak ifade edilmiştir.

Bu yönetmelikteki asıl amaç, büyük depremlerde (tasarım depreminde  $M>6$ ) “Can Güvenliği Performans Düzeyi”nin sağlanması amacı ile kalıcı yapısal-göçme durumunun önlenmesidir.

### 3. ÖRNEK 4 KAT YIĞMA YAPININ GENEL BİLGİLERİ

İncelenen örnek yığma bina; İstanbul ili, Kadıköy ilçesi, Acıbadem mahallesi, 154 pafta, 627 ada, 12 parselde bulunan, dört katlı ve 923 kimlik numaralı bir yapıdır (Şekil 4).



**Şekil 1.** İncelenen binanın önden görünüşü.  
Front view of the masonry building.

**Figure 4.**

Analiz yapılan söz konusu riskli yığma bina, AFAD (2017) verisine göre, birinci derece deprem bölgesindedir ve yaklaşık 56 yaşındadır. Bina, bir zemin kat ve iki normal kat ile bir çatı katından oluşmaktadır. Binanın oturma alanı yaklaşık 135 m<sup>2</sup>, toplam kullanım alanı ise 450 m<sup>2</sup> dir. Binadaki kat yükseklikleri zemin ve normal katlarda 2,80 m, çatı katında 2,50 m olmak üzere, yapının toplam yüksekliği 10,90 m'dir. Binanın tavan ve tavan döşeme durumu oldukça kötüdür (Şekil 5 ve 6). Ayrıca binanın taşıyıcı duvarları zayıf ancak içerisinde yer alan tuğla tipi taşıyıcı özellikleri bakımından oldukça iyidir (Şekil 7 ve 8). Yapının zemin (Çizelge 1) ve taşıyıcı sistem mekanik özellikleri aşağıda yer alır. Taşıyıcı sistem özelliklerini gösteren tüm katların röleveleri ve 3D görüntüsü de çıkarılmıştır (Şekil 9, 10, 11 ve 12).

- Binanın duvar kalınlıkları 20 cm'dir.
- Deprem yükü azaltma katsayısı olarak  $R_a(T)=2$ ,
- Spektrum katsayısı  $S(T)=2,5$ ,
- Betonarme döşemenin birim hacim ağırlığı 25 kN/m<sup>3</sup>,
- Duvarlarda kullanılan malzemenin yığma birim hacim ağırlığı 18 kN/m<sup>3</sup>, olduğu öngörülmüştür.
- Binanın betonarme plak döşeme kalınlığı 13 cm belirlenmiştir.
- Binada betonarme yatay hatıllar mevcut olup; 20x40 cm ebatlarındadır.

Binada kullanılan yığma malzemesi türü düşey delikli blok tuğla (delik oranı %35 ten az)'dır.



Şekil 2. Binanın tavan döşeme durumu.

5. Illustration of ceiling of headlining the masonry building.

Figure



Şekil 3. İncelenen yapının betonarme tavan görünümü.

6. Reinforced concrete ceiling of the masonry building.

Figure





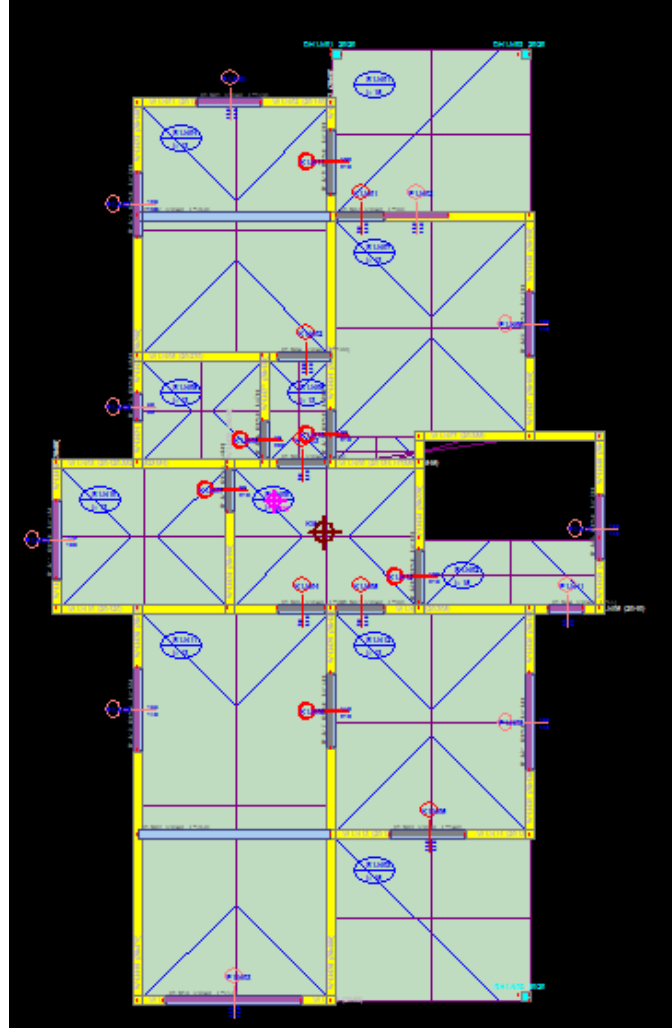
Şekil 4. İncelenen binada taşıyıcı duvar tespiti.  
7. Determination of load-bearing wall in the masonry building.

Figure



Şekil 5. Yapıda kullanılan taşıyıcı tuğla tipinin görüntüsü.  
8. View of load-bearing brick in the masonry building.

Figure



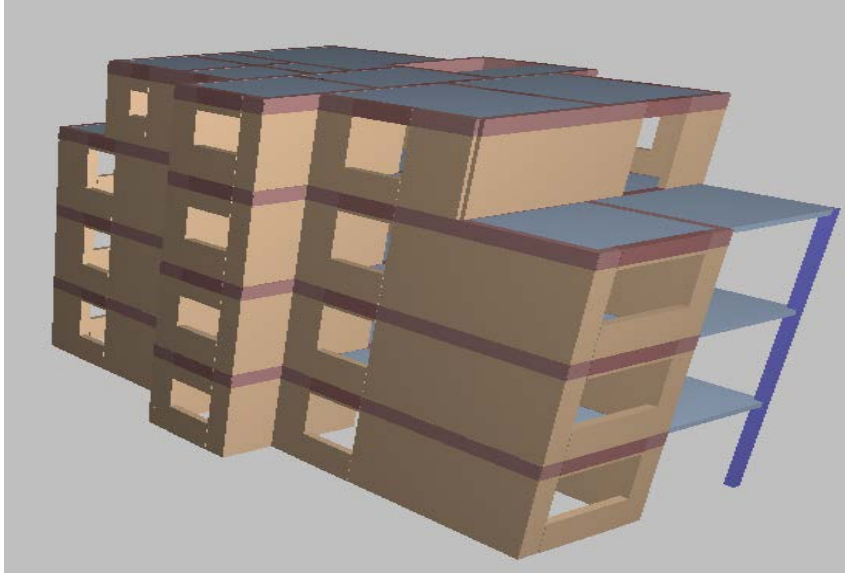
Şekil 6. Normal kat rölevesi  
9. Relievo of typical floor.

Figure

Çizelge 1. İncelenen binanın zemin özellikleri.  
1. Ground properties of the masonry building.

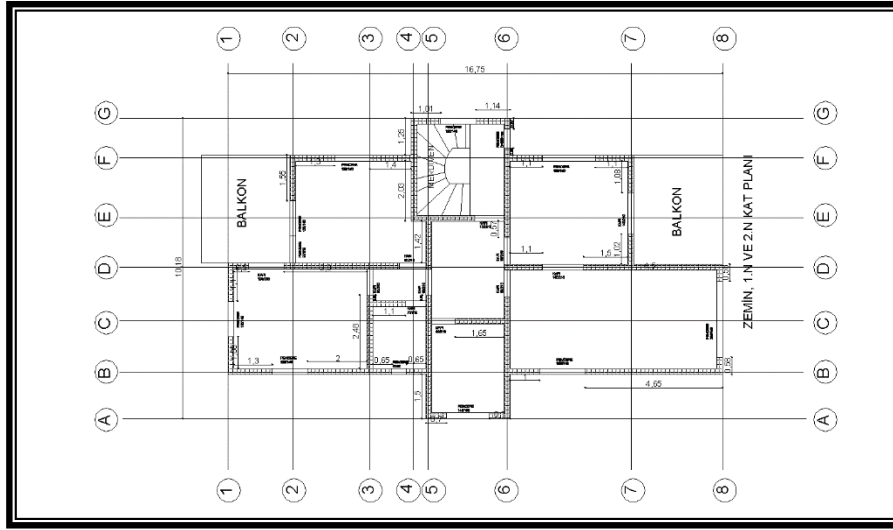
Table

Deprem bölgesi	1
Etkin yer ivmesi ( $A_0$ ) (g)	0,4
Bina önem katsayısı (I)	1,0 (Konut)
Yerel zemin sınıfı	Z3 (C)
Spektrum karakteristik Periyotları (s)	TA=0,15 TB=0,60 To=0,40
Zemin yatak katsayısı ( $t/m^3$ )	2175
Zemin emniyet gerilmesi ( $t/m^2$ )	13,2



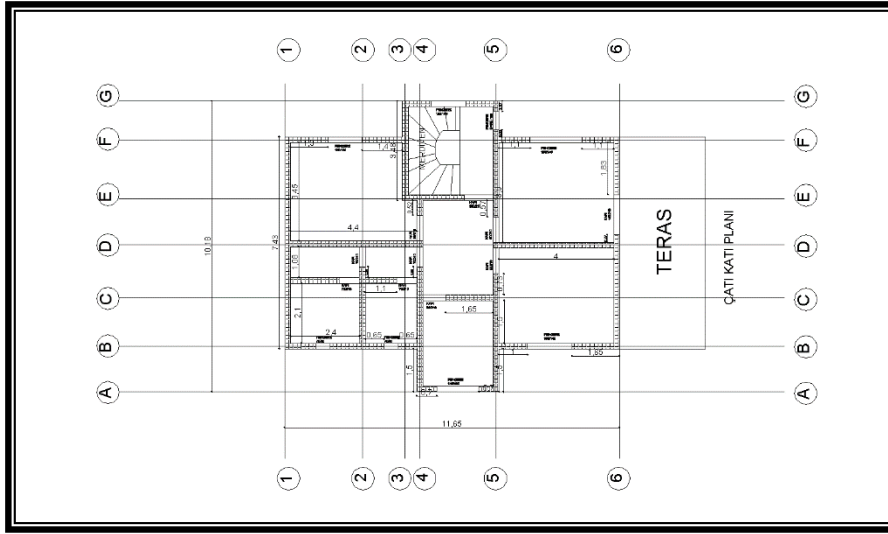
Şekil 7.Yapının 3D görünüşü (Ön ve sol cephe)  
3D illustration of the masonry building (Front and left sides)

Figure 10.



Şekil 8. Zemin kat röleve planı  
11. Relievo plan of ground floor.

Figure



**Şekil 9.** Çatı kat röleve planı  
**12.** Relievo plan of roof floor.

**Figure**

İncelenen yığma yapının yapı analizi hesaplama yönteminde, taşıyıcı duvarlarının temellere yük aktarımından oluşan eksantrisitesi, tahkik amaçlı olarak analitik hesapta dikkate alınmamıştır. Yapının düşey yükler altında normal gerilmelerinin kontrolü, normal basınç gerilmeleri ile azaltılmış basınç emniyet gerilmelerinin karşılaştırması yapılmıştır. Yapının yatay yüklerle oluşan kayma gerilmeleri ise, kayma emniyet gerilmesiyle karşılaştırılmış ve bunların emniyet değerlerini aşip aşmadığının kontrolü yapılmıştır. Taşıyıcı duvarların yük aktarımından gelen eksantrisite dikkate alınmadan yapılan hesaplamalar sonucunda; mevcut dört katlı yığma binanın Deprem Yönetmeliği (2007) ve riskli yapılar tespit tebliğine göre “Can Güvenliği Performans Düzeyi”ni sağladığı görülmüştür.

Yığma yapının STA4-CAD (13.1 sürüm-2015) paket programı yığma modülü ile yapı analizi için, STA4-CAD yığma bina analizi makro modelleme yöntemi kullanılır. Bu çalışmada aynı zamanda modellemede amaç dikkate alınarak TS500 (2000), TS498 (1997) standartlarına ve Deprem Yönetmeliği (2007)’ne uygun tasarım gerçekleştirilmiştir. Bina taşıyıcı duvarlarının temellere yük aktarımından oluşan eksantrisite, tahkik amaçlı olarak STA4-CAD yığma paket programı ile yapılan hesapta dikkate alınmıştır. Ayrıca yapılan hesaplarda temel zeminin Z3 zemin sınıfında olduğu kabul edilmiştir. Buna bağlı olarak zemine bağlı spektrum periyodu  $T_a/T_b$  0.15/0.60 (Deprem Yönetmeliği, 2007) (Çizelge 2) olarak belirlenmiştir. Temel zeminin orta sıkılıkta kum olmasından dolayı zemin yatak katsayısı  $2175 \text{ t/m}^3$ , zemin emniyet gerilmesi  $13,2 \text{ t/m}^2$  olarak alınmıştır. Hareketli yük azaltma katsayısı ise konut için 1.00’dir.

**Çizelge 2.** Binanın yapı bilgisi

**Table 2.** Structural data of the masonry building.

KAT ADEDİ.....	: 4
Bir kattaki KOLON SAYISI.....	: 0
X yönlü aks sayısı.....	: 10
Y yönlü aks sayısı.....	: 8
DEPREM KATSAYISI.....(A <sub>0</sub> )	:0.4
YAPI TİPİ KATSAYISI.....(R)	:2.0
YAPI ÖNEM KATSAYISI.....(I)	:1.0
SPEKTRUM KAREKTERİSTİK PERİYODU.(T <sub>a</sub> /T <sub>b</sub> )	:0.15/0.6
HAREKETLİ YÜK KATSAYISI.....(n)	:0.3
SIFIR RÖLATİF HAREKET YÜKSEKLİĞİ (m)	:0.00
HAREKETLİ YÜK AZALTMA KATSAYISI.....(C <sub>z</sub> )	:1.0
ZEMİN EMNİYET GERİLMESİ..... (t/m <sup>2</sup> )	:13.2
ZEMİN YATAK KATSAYISI..... (t/m <sup>3</sup> )	:2175.0
BETON YOĞUNLUĞU.....(t/m <sup>3</sup> )	:2.5
GENLEŞME ISI FARKI.....(°C)	:0.0
STATİK ANALİZ YÖNTEMİ .....	:LINEER ANALİZ
DEPREM STANDARDI .....	:TDY2007 CODE
BETONARME HESAP YÖNTEMİ .....	:TAŞIMA GÜCÜ YÖNTEMİ TS500-2000
BETONARME KESİT DONATI HESAP YÖNTEMİ .....	:BRÜT KESİTE GÖRE
DEPREM HESABI YÖNTEMİ .....	:YARI DİNAMİK ANALİZ
TEMEL ANALİZ OPSİYONU.....	:TEMELLER DİKKATE ALINMADAN, YAPI ANALİZİ
Zemin gerilmesi hareketli yük azaltma değeri	:0.95
Zemin gerilmesi deprem artırım oranı.....	:0.50
Zemin gerilmesi rüzgar artırım oranı.....	:0.25
Kolonun oturduğu kiriş tesir çarpanı.....	:1.50
Kiriş & Kolon rijitlik bölgesi opsiyonu.....	: Yarı Sonsuz Rijit davranış
Kiriş uçlarında elastik ankastrelik opsiyonu	: Elastik ankastre
Çatlamış kesit opsiyonu.....	:I <sub>gb</sub> = 0.4, I <sub>gc</sub> =I <sub>c</sub> ·(0.0+4·N <sub>d</sub> /(A <sub>c</sub> ·f <sub>c</sub> ))/3, 0.4<I <sub>gc</sub> <0.8

Hesaplamalarda deprem bölgelerinde yapılan, yapay malzemeli taşıyıcı tuğla duvarlar ile oluşturulan yığma binaya yatay ve düşey yükler uygulanmıştır. Aynı zamanda bu binanın boyutlandırılması ve donatılması bu konuda yürürlükte olan ilgili standart ve yönetmeliklere uyularak yapılmıştır. Malzeme karakteristik özellikleri ile analizlerde dikkate alınan taşıma gücü malzeme ve yük katsayıları Çizelge 3 ve 4’de verilmektedir.

**Çizelge 3.** Binanın STA4-CAD programındaki yapı bilgisi.

**Table 3.** Structural data of the masonry building in STA4-CAD program.

BETON ve ÇELİK MALZEME BİLGİLERİ					(kg/cm <sup>2</sup> )			
Yapı Elemanı	Malzeme	Elastisite Modülü E	G	Beton dayanım gerilmesi	Çelik akma gerilmesi (Genel)	gerilmesi (Etriye)	Birim Ağırlık t/m <sup>3</sup>	
Plak/Nervür	E1	C20	285000	114000	200	4200	2.50	
HNP		C20	285000	114000	200	4200	2.50	
Temel		C20	285000	114000	200	4200	2.50	
Kiriş\Kolon	E1	C20	285000	114000	200	4200/ 5000	2.50	
Yığma Duvar	E2	Tuğla	8000	3200	f <sub>em</sub> =10.0, τ <sub>o</sub> =2.50	200	1.80	

UNP : Hazır Nervürlü Plak

**Çizelge 4.** Yapının taşıma gücü malzeme katsayıları.

**Table 4.** Material coefficients of bearing capacity of the masonry building.

TAŞIMA GÜCÜ MALZEME KATSAYILARI	BETON	ÇELİK
YENİ ELEMANLAR	1.50	1.15
PERFORMANS HESABI TUM ELEMANLAR	1.00	1.00
TAŞIMA GÜCÜ YÜK KATSAYILARI	SABİT YÜK	HAREKETLİ YÜK
	1.40	1.60

Kat kütleleri, rijitlik merkezi ve hesaplanan eşdeğer deprem kuvvetleri Çizelge 5 ve 6'da özetlenmiştir.

**Çizelge 5.** Yapının kat kütlesi, rijitlik merkezi ve deprem kuvveti.

**Table 5.** Floor mass, stiffness center and earthquake load of the masonry building.

KAT KÜTLESİ ve RİJİTLİK MERKEZİ (t)										
Kat (dyf)	H (m)	W <sub>g</sub>	W <sub>q</sub>	n	R <sub>Rx/Ry</sub>	X <sub>g</sub> (m)	X <sub>r</sub> (m)	Y <sub>g</sub> (m)	Y <sub>r</sub> (m)	Σ W <sub>k</sub>
4	10.90	108.17	18.19	0.30	2.	7.80	7.44	-3.67	-3.32	113.622
3	8.40	152.20	26.34	0.30	2.	8.08	8.40	-3.62	-3.38	160.101
2	5.60	153.30	26.34	0.30	2.	8.07	8.40	-3.61	-3.38	161.199
1	2.80	154.51	26.34	0.30	2.	8.07	8.40	-3.65	-3.38	162.410

ΣW<sub>t</sub> = 597.332

EŞDEĞER DEPREM FORMÜLÜ  $F_{di} = (V_t - F_t) \frac{W_i \cdot H_i}{\sum W_i \cdot H_i}$

**Çizelge 2.** Yığma yapıdaki duvarların kat kesme kapasite kontrolü.

**Table 6.** Checking the shear capacity of masonry walls.

YIĞMA DUVARLARIN KAT KESME KAPASİTE KONTROLÜ (Ra=2)							Yetersiz kesme kapasite Oranı
KAT	ΣV <sub>r</sub>	ΣV <sub>e</sub>	ΣV <sub>e</sub> (V <sub>e</sub> >V <sub>r</sub> )	ΣV <sub>r</sub>	ΣV <sub>e</sub>	ΣV <sub>e</sub> (V <sub>e</sub> >V <sub>r</sub> )	
1	372.63	298.67	83.08	296.04	298.67	170.07	× Riskli kat %57>%50
2	321.00	264.20	73.62	253.90	264.20	152.19	× Riskli kat %58>%50
3	269.03	195.79	27.65	211.68	195.79	79.60	✓ Risksiz kat %41<%50
4	189.70	93.86	0.00	194.24	93.86	0.00	✓ Hemen kullanım

Yığma yapı performansı: Kritik Kat=2, (%57.6>%50) Riskli yapı kapsamına girmektedir. ×

Eşdeğer deprem yükleri altında hesaplanan kesme kuvvetlerine göre her kat için yığma duvarlardaki kesme kapasite kontrolleri Çizelge 7'de sunulmaktadır.

**Çizelge 7.** Yığma yapının performans raporu.

**7.** Performance report of the masonry building.

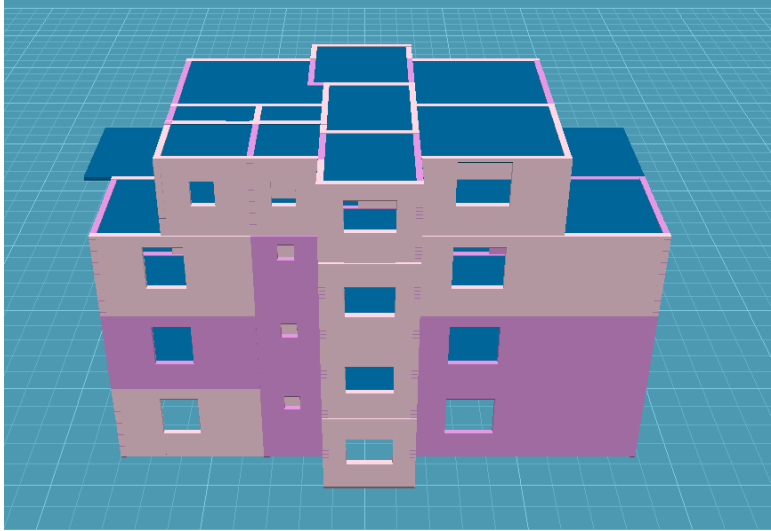
**Table**

### YIĞMA YAPI PERFORMANS RAPORU

YAPI PERFORMANSI KONTROL YÖNTEMİ	: RİSKLİ BİNALARIN TESBİTİ YÖNETMELİĞİ
BINA BİLGİ DÜZEYİ KATSAYISI	: 0.9
HAREKETLİ YUK AZALTMA ORANI	: 0.3
TASARIM SPECTRUM CARPANI	: 1.0
(Deprem aşılma olasılığı, 50 yılda %10)	
YIĞMA DUVAR HESAPLAMA MODELİ	: DUVAR PARÇASI
YIĞMA DUVAR İKİ BOŞLUK ARASI YÜKSEKLİK OPSİYONU	: BOŞLUK YÜKSEKLİĞİ
YIĞMA DUVAR PARÇASI DİK DUVAR RİJİTLİK OPSİYONU	: 1.2 A / Hw
MEVCUT BETON MALZEMESİ	: E2: Tuğla $f_{cm}=10$ (kg/cm <sup>2</sup> ), $E=8000$ (kg/cm <sup>2</sup> ), $g=1.8$ (t/m <sup>3</sup> )
YAPI LINEER KAPASİTE HESABINDA R=2 ALINARAK ÇÖZÜM YAPILMIŞTIR.	
PERFORMANS KAPASİTE HESAPLARI, MALZEME DAYANIM DEĞERLERİNE GÖRE YAPILMIŞTIR. ( $f_{ck}, f_{yk}$ )	

Yığma yapılarıdaki malzeme seçimleri Deprem Yönetmeliği (2007)'ne bağlı kalınarak yapılmıştır. Yığma yapılar genel olarak taşıyıcı duvar ve taşıyıcı olmayan duvarlardan meydana gelir. Bu duvarların yapı elemanı olarak taşıyıcı tuğla tercih edilmiştir. Taşıyıcı duvarlar için malzeme sınıfı olarak E2 (8000 kg/cm<sup>2</sup>) ve  $f_{cm}=10$  kg/cm<sup>2</sup> belirlenmiştir. Duvarlarda taşıyıcı tuğla tercih edilmiştir.

Mevcut, örnek dört katlı yığma binanın Deprem Yönetmeliği (2007)'ne göre "Can Güvenliği Performans Düzeyi"ni sağlamadığı görülmüştür. Koyu turuncu bölgeler Can Güvenliği Performans Düzeyi'nin aşıldığı bölgelerdir (Şekil 13).



Şekil 13. STA4-CAD programında riskli duvarların görünümü.  
13. Illustration of risky walls on the STA4-CAD program.

Figure

#### 4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada İstanbul ili, Kadıköy ilçesi, Acıbadem mahallesi, 154 pafta, 627 ada, 12 parselde bulunan yığma teknikle inşa edilmiş örnek dört katlı yığma binanın, Deprem Yönetmeliği (2007) esaslarına göre performans analizi hem analitik yöntem ile hem de STA4-CAD paket programı yığma modülü ile yapılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Depremle oluşan yüklenmelere ilave olarak eksantrisite, rüzgâr, kar vb. yükleri dikkate almadan yapılan analitik hesapta bina sınıra yakın "Can Güvenliği Performans Düzeyi"ni sağlamış görünürken, eksantrisite deprem ve diğer tüm yüklenmelerin dikkate alındığı STA4-CAD yığma modülü ile yapılan hesaplama sonucunda, inceleme yapılan örnek dört katlı yığma binanın Deprem Yönetmeliği (2007)'ne göre "Can Güvenliği Performans Düzeyi"ni sağlamadığı görülmüştür.

Yine, Deprem Yönetmeliği (2007) madde 5.4.6.1'de, "*Bina köşesine en yakın pencere ya da kapı ile bina köşesi arasında bırakılacak dolu duvar parçasının plandaki uzunluğu birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde 1.5 m'den, üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde 1.0 m'den az olamaz*" şartına göre, bina köşe duvarlarındaki uzunluk şartı sağlanamamıştır.

Deprem Yönetmeliği (2007) madde 5.4.6.2'e göre, "*Bina köşeleri dışında pencere ve kapı boşlukları arasında kalan dolu duvar parçalarının plandaki uzunluğu birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde 1.0 m'den, üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde 0.80 m'den az olamaz*" şartı, zemin katın bazı duvarlarında sağlanamamıştır.

Deprem Yönetmeliği (2007) madde 5.2.2 şartı, 1. Derece Deprem bölgelerinde müsaade edilen kat sayısı 2 olması gerekirken, 4 kat yapılarak bu şart sağlanamamıştır.

Modelleme yapılırken üretilmiş olan röleve projeye birebir benzetilmeye çalışılmıştır. Yığma binalarda duvarlar taşıyıcı görevi gördüğünden ve yapıda döşeme hariç donatı kullanılmadığından, yapının süneklik düzeyi oldukça düşük çıkmaktadır. Deprem Yönetmeliği (2007)'nce de kontroller sağlandığında örnek dört katlı yığma bina göçme öncesi performans seviyesinde riskli yığma bina olarak tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, bu çalışmanın konusu olan dört katlı yığma binanın yapılan analizlerine göre deprem riskinin oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir. Bunun yanında, tek düze analitik yöntemin olabildiğince farklı bilimsel yöntemlerle kontrol edilmesi gerekmektedir. Yapılan kabullere bağlı olarak, analitik yöntemle "Can Güvenliği Performans Düzeyi" sağladığı öne sürülen binaların, eksantrisite, rüzgâr, deprem vd. yüklerin dikkate alındığı statik-dinamik bina hesapları-paket bilgisayar statik-dinamik bina program hesapları ile performanslarının doğrulanması gerekliliği görülmektedir. Buna göre özellikle deprem bölgelerindeki mevcut yığma binalar üzerinde gerekli performans analizleri birkaç yöntemi kapsayacak şekilde yapılmalı, performansı istenen seviyede olmayan binalar ya güçlendirilmeli ya da Deprem Yönetmeliği (2007)'nde belirlenen deprem bölgelerine uygun yapım koşullarında yeniden inşa edilmelidir.



## KAYNAKLAR

- AFAD, 2017. Türkiye deprem bölgeleri haritası. Ulusal Deprem Araştırma Programı (UDAP), Ankara.
- BARKA, A.A., 1981. Seismo-tectonic aspects of the North Anatolian Fault Zone, University of Bristol, Thesis of PhD, 335s.
- BARKA, A.A., 1992. The North Anatolian Fault zone, Ann. Tectonicae, 6, 164-195.
- BKK, 1982. 02.12.1982 tarih 17886 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan Bakanlar Kurulunun 8/5525 Sayılı Kararı.
- BAYINDIRLIK VE İSKÂN BAKANLIĞI, 1996. Deprem bölgeleri haritası. Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi, Ankara.
- CISDIK, M., 2012. Mevcut binalarda yapı güvenliği, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Ders Notları, Antalya.
- DEPREM YÖNETMELİĞİ, 2007. Afet bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik. Resmî Gazete, 26582, Ankara.
- İBB, 2003. İstanbul İçin Deprem Master Planı. İBB Planlama ve İmar Dairesi, Zemin ve Deprem İnceleme Müdürlüğü, 1344s, İstanbul.
- RYTE, 2013. Riskli yapıların tespit edilmesine ilişkin esaslar. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Altyapı ve Kentsel Dönüşüm Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- ŞENGÖR, A.M.C., 1980. Türkiye'nin Neotektoniğinin Esasları. T.J.K konferans serisi, 2: 1-40.
- TS498, 1997. Yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değerleri. Türk Standartları Enstitüsü, 2. Baskı, 24s., Ankara.
- TS500, 2000. Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları. Türk Standartları Enstitüsü, 1. Baskı, 75s., Ankara.
- 3194 SAYILI KANUN, 1985. İmar Kanunu. Resmi Gazete, Tertip 5, Cilt 24, 18749, Ankara.
- 6306 SAYILI KANUN, 2012. Afet riski altındaki alanların dönüştürülmesi hakkındaki kanun. Resmi Gazete, Tertip 5, Cilt 52, 28309, Ankara.