

Güçlendirilen Mevcut Bir Yapının TDY 2007 ile 2018 Yeni Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine Göre Performansının Tekrar İncelenmesi

Nilay Küçükcaslan¹, Mehmet Fatih Altan²,

^{1,2} İstanbul Aydın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı

e-posta: nilaykucukaslan@stu.aydin.edu.tr ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2776-2879>

Geliş Tarihi:04.04.2021

; Kabul Tarihi: 10.05.2021

Özet

Ülkemiz jeolojik özellikleri açısından deprem tehlike riskinin yüksek olduğu ülkelerden biridir. Türkiye sınırları içerisinde Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu fay hatları olmak üzere iki adet aktif fay bulunmaktadır. Depremselliğin yüksek olması nedeniyle yapı tasarımında deprem etkilerinin göz önüne alınması gerekliliği ile geçen süre içerisinde yaşanan gelişmeler ve ilerlemeler, deprem yönetmeliğinin güncellenmesini gerekli hale getirmiştir. Bu amaçla, ülkemizdeki yapıların tasarımları yapılırken dikkate alınan kural ve sınırların belirlenmesini sağlayan deprem yönetmeliği 2018 yılında güncellenmiştir. Bu değişiklikten önce kullanılan 2007 yönetmeliğinin minimum değişiklikler dışında 1997 yönetmeliği ile aynı olması nedeniyle yirmi senedir ülkemizde deprem yönetmeliğinin değişmemesi günümüzün gereksinimlerinin karşılanması bakımından gerekli olmuştur. Yönetmeliklerdeki bu değişimin etkilerini araştırabilmek için 1975 yönetmeliğine uygun olarak inşa edilmiş mevcut bir binanın 1999 Marmara depremi sonrasında binanın taşıyıcı sistemlerinde meydana gelen hasar doğrultusunda kolon ve perde elemanlarının bazılarında güçlendirme işlemi yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında İstanbul Bahçelievler ilçesinde bulunan 9 katlı mevcut bir betonarme binanın güçlendirme öncesi ve sonrasındaki deprem performansları 2007 Türk Deprem Yönetmeliği (TDY) ve 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY)'ne göre belirlenmiş ve bulunan sonuçlar karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda 2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerine göre modellenen binanın deprem performansı arasında önemli farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler

Güçlendirme;
Performans Analizi;
Deprem Mühendisliği;
TDY-2007;TBDY-2018;

Review Of The Performance Strengthening An Existing Reinforced Concrete Building According To TDY 2007 And 2018 New TBDY

Abstract

Our country is one of the countries with high risk of earthquake in terms of its geological features. Within the borders of Turkey, including the Anatolian fault line has two active North Anatolian fault and East. Due to the high seismicity, the necessity of taking into account the effects of earthquakes in building design, and the developments and progress in the past time made it necessary to update the earthquake regulation. For this purpose, the earthquake regulation, which enables the determination of the rules and boundaries taken into account while designing the buildings in our country, was updated in 2018. Since the 2007 regulation used before this change was the same as the 1997 regulation except for minimum changes, the earthquake regulation in our country has not changed for twenty years in order to meet today's requirements. To investigate the effects of this change in regulation of an existing built according to the 1975 building regulations 1999 Marmara earthquake after some in the strengthening process of the column and wall elements in accordance with the damage occurring in the building's structural system is made. In this study, Istanbul Bahçelievler before retrofitting an existing 9-storey concrete building in the district and after the earthquake performance of 2007 Turkish Earthquake Code (TDY) and 2018 Turkey Building Earthquake Code (TBDY) compared the results found. As a result of the study, it was determined that there are significant differences between the earthquake performance of the building modeled according to the 2007 and 2018 earthquake regulations.

Keywords

Reinforcement;
Performance Analysis;
Earthquake;
Engineering; TDY-2007;
TBDY-2018;

1.Giriş

Ülkemizdeki mevcut yapı stoğu incelendiğinde birçok yapının riskli yapı sınıfında olduğu görülmektedir. Onarım ve güçlendirme çalışmalarının gerekliliğinin tespitinden sonra, bu yöntemlerin uygulanmasında oldukça dikkatli olmak önem arz etmektedir. Yanlış yapılan bir onarım ve güçlendirme çalışması yapıyı olumsuz etkileyebileceğinden dolayı gereken özen gösterilmelidir. Son yıllarda ülkemizde kullanılmakta olan yönetmelik bu konuda olumlu sonuçlar doğurması beklenen çalışmaların geçte olsa başlamasına sebep olmuş ve bu kapsamda büyükşehirlerden başlanarak geniş çaplı güçlendirme çalışmaları yapılması, depreme karşı zayıf olan yapıların ise yıkılıp yeniden yapılması çalışmaları başlatılmıştır (Deneme İ.Ö., ve Demirkan D.,2018). 2018 yönetmeliğinden önce ülkemizde yürürlükte olan 2007 deprem yönetmeliğindeki hesap esaslarının birçoğu 1998 yönetmeliği ile birlikte kullanıma geçmiştir. İki yönetmelikte 1998 yönetmeliğinden 2007 yönetmeliğine geçilirken yapılan; çelik yapılar için depreme dayanıklı yapı tasarımı bölümünün detaylandırması, mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi gibi bölümlerin eklenmesi, 1998 yönetmeliğinde yer alan ahşap ve kerpiç binaların depreme dayanıklı tasarımına ait bölümlerin kaldırılması gibi ufak çaplı değişiklikler dışında 1998 yönetmeliği ile 2007 yönetmeliği benzer özellikler göstermektedir (Tunç G., Tanfener T.,2016).

Onarım görmüş bir bina için güçlendirme veya yıkım kararı alınırken, ekonomik açıdan değerlendirmenin yanı sıra bazı önemli kriterlerinde göz önüne alınması gerekmektedir. Yapının servis ömrünün tamamlayıp tamamlamadığı, çevresel şartlar, teknolojik olanaklar ve yıkılıp yeniden yapım gibi durumlar nedeniyle binayı güçlendirmenin ekonomik olarak uygun olmadığı anlaşılabilir. İstanbul'da Aralık ayında

toplanan Deprem Çalıştay'ında öncelikli olarak İstanbul'daki mevcut risk durumu hakkında bilgi verilmiş ve İBB tarafından 2019 yılı içinde Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü yürütücülüğünde tamamlanan Olası Deprem Kayıp Tahminlerinin Güncellenmesi İşi kapsamında üretilmiş hasar öngörülerine dair analiz sonuçları özetlenmiş; İstanbul'daki 1.166.000 binanın büyük bir kısmının deprem riskinin yüksek olduğunu, M=7.5 büyüklüğündeki olası bir deprem senaryosuna göre de 194.000 binanın orta+ağır+çok ağır hasar alabileceği, 48.000 binanın da ağır+çok ağır hasar alabileceği, binlerce can kaybı yaşanabileceği, 463 hasarlı içme suyu noktasının, 1045 hasarlı atık su noktasının ve 355 hasarlı doğalgaz noktasının zarar görebileceği ifade edilmiştir (İstanbul Deprem Çalıştay,2019).

Deprem mühendisliğinin en önemli bölümü, yapıların deprem etkisi altındaki davranışlarının değerlendirilerek gerekli önlemlerin alınmasından oluşmaktadır. Yapının tamamının göçmesi veya bir bölümünün göçmesi nedeniyle önemli can kayıpları ve yaralanmalar oluşmaktadır. Bu nedenle mevcut olan binaların zayıf yönlerinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Betonarme yapıların deprem performansı belirlenirken deprem etkisi ile yapıda oluşabilecek hasarın düzeyi ve dağılımı önem arz etmektedir (Balıkcı İ.,2019). Konuyla ilgili literatürde bulunan çalışmalarda 1975 ve 2007 deprem yönetmelikleri ile 2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerinin karşılaştırılması yapılarak çeşitli analiz programları ile performans analizlerinin yapıldığı görülmektedir (Oral K. (2005), Akdeniz İ.(2008), Tosun M.(2009), Özmen, H.B. ve İnel, M.(2011), Erol C.(2014), Keleşoğlu, Ö., vd. 2017), Demir, A. ve Kayhan, A.H.(2017), Keskin, E. ve Bozdoğan, K.B.(2018)).

Yapılan bu çalışmada ise 1975 yönetmeliğine uygun olarak inşa edilmiş mevcut bir binanın, 1999 Marmara depreminden sonra taşıyıcı

sisteminde oluşan hasarlar nedeniyle kolon ve perde elemanlarına mantolama şeklinde güçlendirme işlemi yapılmış ve o dönemin güçlendirme yapıldığı taşıyıcı elemanlarının rijitlik, dayanım, süneklik gibi yapısal parametrelerinin TDY-2007 ve TBDY-2018'e göre araştırılması ve farklılıkların incelenmesi bu tezin amaçları arasındadır.

Çalışma kapsamında yeni yönetmeliğe göre çözümlenmek üzere modellenen binanın deprem hesaplarında, eski yönetmeliğe kıyasla oluşan sayısal farklılıklar ve bu farklılıkların yapı elemanlarının güçlendirme yapılmadan önceki durumu ile güçlendirme yapıldıktan sonraki tasarımına etkileri irdelenmiştir. Geçmiş yıllardan beri inşaat mühendisliği alanında yoğun şekilde çalışılan ve pek çok binanın yıkılması ya da kullanılmaya devam edilmesi yönünde kararların alınmasına vesile olan deprem performansı hesaplama yaklaşımı detaylı bir şekilde değerlendirilecektir. Bu kapsamda mevcut binaların belirtilen yönetmeliklere göre değişen kapasite eğrileri, talep spektrumları ve performans seviyeleri karşılaştırılmaktadır. Böylelikle yeni yönetmelik kapsamında yapılan düzenlemelerin mevcut binaların ve güçlendirilmiş mevcut binaların 2007 ve 2018 yönetmelikleri açısından deprem davranışlarının değerlendirmesi açısından önemi araştırılmış olacaktır. Yapılan performans analizleri sonucunda yapıların, depreme karşı yeterliliği ve yapıldığı dönem sonrasında meydana gelen her türlü gelişmelere uygunluğu irdelenerek, mevcut yapının deprem durumunda güvenli olup olmadığı kontrol edilecek ve bu çalışma ile iki yönetmelik arasındaki farklılıklar incelenecektir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1 Mevcut Betonarme Binanın Yapısal Özelliklerinin Belirlenmesi

İnceleme konusu bina İstanbul ili Bahçelievler ilçesinde bulunmaktadır. 1986 yılında yapımı tamamlanan bina ayırık nizamlı ve bodrum kat, zemin kat ve yedi normal kat olmak üzere toplam dokuz katlı binadan oluşmaktadır (Şekil

1). Bina betonarme olup, çerçeve taşıyıcı sisteme sahiptir ve döşeme sistemi tüm katlarda asmolon döşemedir. 1999 depremi sonrasında hasar gören binaya güçlendirme yapılmıştır. Yapının deprem performansı değerlendirmesinde kullanılan bazı önemli parametreler aşağıda listelenmiştir:

- ❖ Zemin Sınıfı: ZD ~ Z2
- ❖ Deprem Bölgesi: 1 ($A_0=0,40$)
- ❖ Yapı Davranış Katsayısı (R) : 4
- ❖ Hareketli Yük Katılım Katsayısı (n): 0,3
- ❖ Bina Bilgi Düzeyi Katsayısı: 0,9
- ❖ Bina Taşıyıcı Sistemi: Betonarme Çerçeve
- ❖ Beton Sınıfı: C10, C25 (güçlendirme betonu)
- ❖ Kullanım Amacı: Konut
- ❖ Donatı Sınıfı: S220
- ❖ Etriye Çapı: 8mm

TBDY 2018' de yerel zemin sınıfları dörtten (Z_1, Z_2, Z_3, Z_4) altıya ($Z_A, Z_B, Z_C, Z_D, Z_E, Z_F$) çıkarılmıştır (Biltekin, M.E, vd., 2019). İnceleme yapılan mevcut binanın zemin sınıfı TBDY-2018'e göre hesap analizinde ZD zemin sınıfı kabul edilmiştir. Tasarım yapılan binada 2007 yönetmeliğine göre Z4 zemin sınıfı seçilmiştir.



Şekil 1. Binanın ön cepheden ve sağ yan cepheden görünüşü

2.2.Yapıdan Bilgi Toplanması

Bu çalışmaya konu olan yapının inceleme katı zemin kat olarak seçilmiştir. Zemin kattan toplamda 6 adet karot numunesi alınmış ve Schmidt okuması yapılmıştır. Mevcut binanın kolonlarında donatı tespiti yapılarak karot

numuneleri üzerinde karbonatlaşma testi uygulanmıştır. Binaya daha önceden güçlendirme yapıldığından güçlendirme yapılan perdelerden 3 adet karot alınmıştır. Binanın mimari ve statik projesi olduğundan dolayı proje kontrolü yapılarak, yapı bilgisayar ortamında modellenerek STA4CAD programında "Riskli yapı tespit Yönetmeliği" esaslarına göre TDY-2007 ile TBDY-2018'e göre analiz edilmiştir.

Mevcut binaların taşıyıcı sistem elemanlarının kapasitelerinin belirlenmesinde ve deprem dayanımlarının değerlendirilmesinde kullanılacak eleman detayları ve boyutları, taşıyıcı sistem geometrisine ve malzeme özelliklerine ilişkin bilgiler, binaların projelerinden ve raporlarından, binada yapılacak gözlem ve ölçümlerden, binadan alınacak malzeme örneklerine uygulanacak deneylerden elde edilir (DBYBHY 07, 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik). Binalardan toplanan bilgiler doğrultusunda bilgi düzeyi Çizelge 1' e göre belirlenir. Binanın statik projesi olmasına rağmen mevcut bina yerinde incelendiğinde statik projesinde farklılıklar olduğu gözlemlenmiştir.

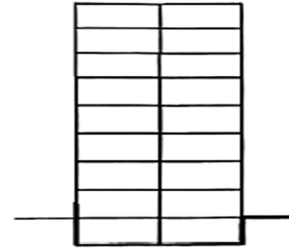
Çizelge 1. Bina Bilgi Düzeyi Katsayıları

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Asgari	0.90
Kapsamlı	1.00

2.3.Yapının Taşıyıcı Sistem Rölevesi

Kritik kat rölevesi belirlenen yapının taşıyıcı sistem özellikleri çıkartılarak bina hesabında bu özelliklerden yararlanılır. Kritik kat, rijitliği diğer katlara oranla çok küçük olan veya yanal ötelenmesi zemin tarafından tutulmamış en alt bina katıdır. Alınan kritik kat rölevesinde o katın kalıp planı çıkartılır. Bu plan üzerinde aks açıklıkları, taşıyıcı sistem eleman boyutları

açıkça belirtilmelidir. Ayrıca kat adedi ve yükseklikleri röleve üzerinde belirtilmelidir. Yapının inceleme katı zemin kat olduğundan ve bina düzenli plan geometrisine sahip betonarme bir bina olmasından dolayı rölevesi alınmıştır. Binanın krokisi (Şekil 2), üç boyutlu görünüşü (Şekil 3), yapı-zemin etkileşimi X-X ve Y-Y kesitleri (Şekil 4, Şekil 5) ile yapının taşıyıcı sistem rölevesi Şekil 6'da verilmiştir.



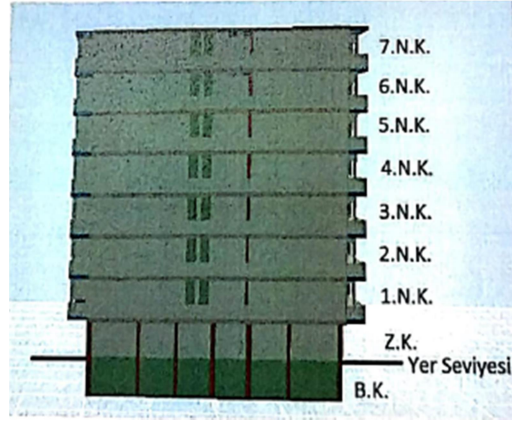
Şekil 2. Binanın krokisi



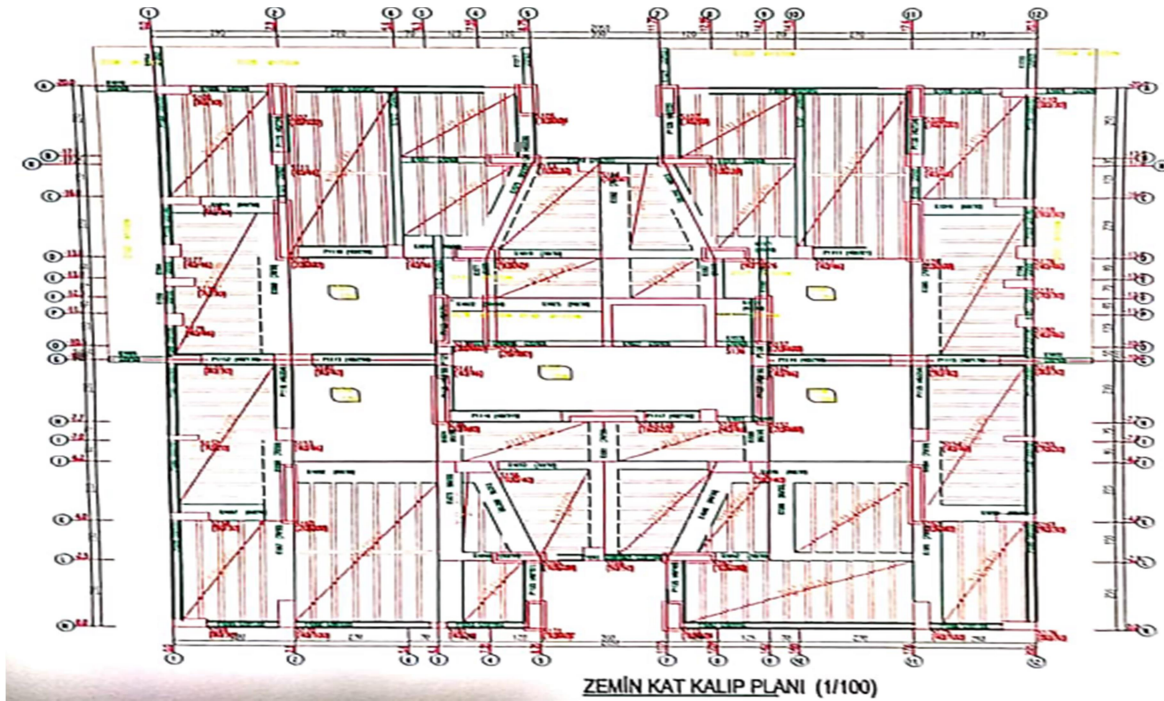
Şekil 3. Üç boyutlu görünüşü



Şekil 4. Yapı ve zemin etkileşimi (X-X kesiti)



Şekil 5. Yapı ve zemin etkileşimi (Y-Y kesiti)



Şekil 6. Taşıyıcı sistem projesi veya rölevesi

2.4.Yapının Eleman Detayları

Bu alt başlıkta mevcut kolon ve perdelerin beton dayanımının belirlenmesi, donatı sınıfı, donatı düzeni ve donatı miktarının belirlenmesi ve binanın zemin özelliklerinin belirlenmesi için zemin etüt çalışması yapılması ve son olarak elde edilen veriler doğrultusunda binanın 3 boyutlu modelinin oluşturularak performans analizinin gerçekleştirilmesi adımları izlenecektir.

2.4.1.Tahribatlı Yöntem ile Kolon/Perde Donatı Sıyırma İşlemi

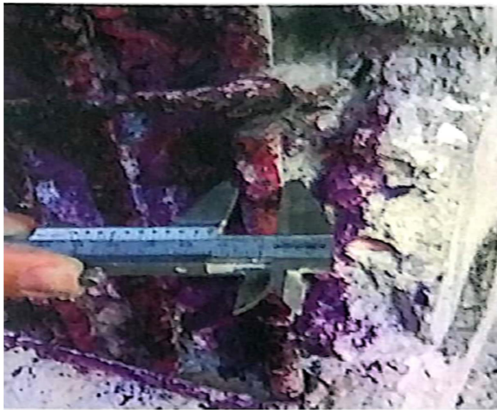
Donatı kalite ve düzeninin belirlenebilmesi amacıyla binanın bazı kolon ve perdelerinde beton örtüsü sıyırma işlemi yapılmıştır. Bu sıyırma işlemi zemin katta üç adet kolonda, bodrum katta iki adet kolonda ve bir adet güçlendirme perdesinde donatı sıyırma yapılmıştır. Çizelge 2’de ve Şekil 7 ve Şekil 8’de gerçekleştirilen kolon/perde donatı sıyırmaları gösterilmektedir.



Şekil 7. Zemin kat Kolon sıyırma



Şekil 8. Zemin kat Kolonu enine donatı tespiti



Şekil 9. Bodrum kat Kolonu boyuna donatı tespiti

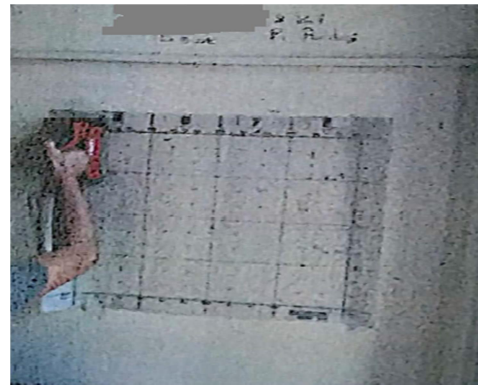
Çizelge 2. Kolon/Perde Tahribatlı Donatı Tespiti

Taşıyıcı Eleman No	Ebat (cm)	Boyuna Donatı Çap (mm)/A det	Sargı Bölgesi Çap (mm)/Aralık (cm)	Orta Bölge Çap (mm)/Aralık (cm)
B.Kat B13	90/30	10Ø16	15	25
B.Kat B64	40/100	20Ø14	15	25
B.Kat P4	*	Ø14/15	15	25
Z.Kat Z52	90/30	10Ø14	15	25
Z.Kat Z64	40/100	20Ø14	15	25
Z.Kat Z65	80/30	12Ø14	15	25

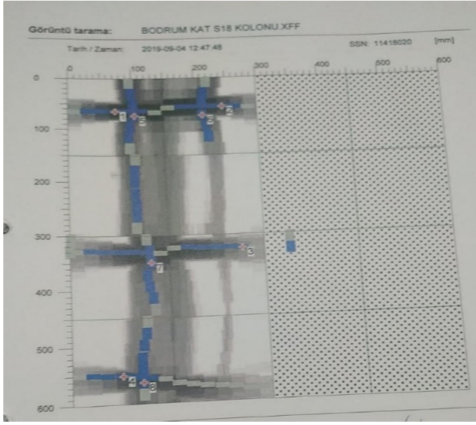
B.Kat: Bodrum Kat, Z.Kat: Zemin Kat

2.4.2. Tahribatsız Yöntem ile Kolon/Perde Donatı Tespit İşlemi (Röntgen)

Tahribatsız yöntemle cihaz (röntgen) vasıtasıyla hasarsız donatı taraması gerçekleştirilebilmektedir. Binanın zemin katında üç adet donatı okuması ve bodrum katında da iki adet güçlendirme perdesinde donatı okuması yapılmıştır. Şekil 10 ve Şekil 11'de okuma yapılan kolonlar örnek olarak gösterilmiştir.



Şekil 10. Bodrum kat perdesi tahribatsız donatı tespiti (röntgen cihazı ile)



Şekil 11. Bodrum kat perdesi donatı görüntüsü tarama (röntgen cihazı ile)

2.4.3. Kolon/Perde Donatı Gerçekleşme Katsayısı

Betonarme taşıyıcı elemanlar üzerinde yapılan sıyırma ve tarama işlemleri ile elde edilen verilerin sonucunda, taşıyıcı sistemde bulunan mevcut donatı miktarının yapının yapıldığı yıl geçerli olan yönetmeliğin gerektirdiği min. donatı miktarına oranı ile ortaya çıkan “Donatı Gerçekleşme Katsayısı” belirlenmektedir. Bu değer donatı tespiti yapılamayan diğer tüm elemanlara uygulanarak mevcut durumdaki olası donatı miktarları belirlenir. Bir tahmin durumu söz konusu olduğu için yönetmelikte de belirtildiği üzere hesaplamalarda kullanılan bu katsayı güvenli tarafta kalmak adına maksimum 1 (%100) değerini alabilir. Katsayının 1 değerini alması binanın yapıldığı yıl geçerli olan yönetmelik koşullarına göre elemanlarda olması gereken minimum donatı miktarının mevcut durumda sağlanmış olduğu anlamına gelmektedir (Yüzbaşı J., ve Yerli H., 2018).

2.4.4. Donatı korozyon oranının Bulunması

Donatı korozyonu, materyalin kimyasal ya da elektrokimyasal yolla bozunması olarak tanımlanabilmektedir. Betonarme yapılarda kullanılan donatının korozyona uğraması sonucunda pas oluşmaktadır. İnceleme yapılan kolonlardaki sıyırma işlemi sonucunda zemin kat ve bodrum kat kolonları korozyona maruz

kalmıştır ancak korozyon çap kaybına sebep olmadığı için performans analizinde korozyon sıfır alınacaktır.

2.4.5. Tahribatlı Yöntem ile Beton Dayanımının Bulunması

Yapıda kullanılmış olan mevcut beton kalitesinin dayanımının belirlenmesi için zemin kat taşıyıcı sistem elemanlarından alınan beton numuneler basınç dayanımı testine tabi tutularak beton sınıfı belirlenmiştir. Bu dayanım belirlenen standart sapma neticesinde ortalama bir değeri yansıtmaktadır. Binanın zemin katından (inceleme katı) altı adet karot numunesi alınmıştır (Şekil 12). Güçlendirme yapılan elemanlardan dört adet karot numunesi alınmıştır. Alınan karot basınç dayanımları Çizelge 4 ve 5’te açıkça gösterilmektedir.



Şekil 12. Kolon ve Güçlendirme Elemanlarından alınan karot numuneleri

Çizelge 3. Zemin Kat Karot Numuneleri Basınç Dayanımları

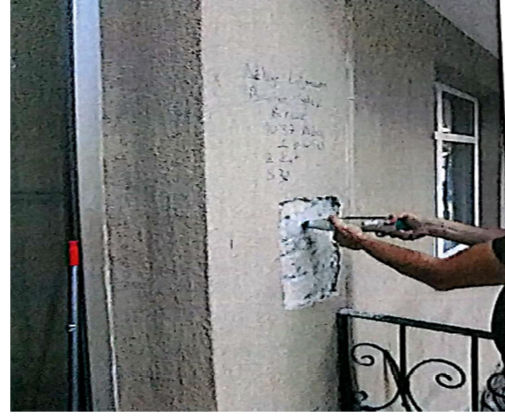
Deney No.	Küp Basınç Dayanımı (N/mm ²)
1	10,02
2	6,52
3	18,25
4	11,33
5	6,52
6	15,71
Ortalama	9,68

Çizelge 4. Zemin Kat Güçlendirme Elemanları Karot Numunesi Basınç Dayanımları

Deney No.	Küp Basınç Dayanımı (N/mm ²)
1	27,84
2	30,50
3	18,93
4	38,90
Ortalama	29,05

2.4.6. Tahribatsız Yöntem ile Beton Dayanımının Bulunması

Tahribatsız deneyler, bir malzemenin gelecekteki faydasını etkilemeyecek teknolojilerle incelenerek, betonun yerinde değerlendirilmesi, zararın derecesinin belirlenmesi, nitelik güvencesi, fiziksel özelliklerin (yoğunluk, elastisite modülü, dayanım ve sıklığın) belirlenmesinde kullanılır (Tikalisky P., 2004). İnceleme katı olan zemin katta on iki adet kolonda tahribatsız yöntem (beton test çekici) ile beton dayanımı tespiti yapılmıştır. Deney raporu Çizelge 6'da ve çalışma yapılan elemanlardan örnek olarak Şekil 13'te gösterilmektedir.

**Şekil 13.** Zemin kat kolonu Schmidt test çekici ile beton dayanımının belirlenmesi**Çizelge 5.** Tahribatsız Yöntem İle Beton Dayanımı Belirlenen Kolonlar

Taşıyıcı Eleman No.	Schmidt Hammer Cihazı ile Ölçülen Beton Dayanım Değeri (kgf/cm ²)
Zemin Kat SZ01 Kolonu	10,71
Zemin Kat SZ06 Kolonu	9,93
Zemin Kat SZ44 Kolonu	7,75
Zemin Kat SZ47 Kolonu	10,05
Zemin Kat SZ51 Kolonu	8,72
Zemin Kat SZ52 Kolonu	14,34
Zemin Kat SZ55 Kolonu	18,75
Zemin Kat SZ59 Kolonu	13,99
Zemin Kat SZ62 Kolonu	22,56
Zemin Kat SZ63 Kolonu	24,47
Zemin Kat SZ64 Kolonu	13,99
Zemin Kat SZ65 Kolonu	11,49

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

İstanbul ili Bahçelievler ilçesinde yer alan bir bodrum kat, zemin kat ve yedi normal kattan oluşan binanın birinci deprem bölgesinde yer alması ile düşey ve deprem yükleri altındaki davranışı STA4-Cad yapısal analiz programı kapsamında TDY-2007 ile TBDY-2018 yönetmeliklerine göre incelenmiştir. Buna göre hesaplarda öngörülen kabuller aşağıda sıralanmıştır.

- ❖ Modellemede yerel zemin sınıfı Z4, zemin grubu "D" olarak alınmıştır.
- ❖ Güçlendirme yapılan kolon ve perdelerin beton basınç dayanımı C25, güçlendirme yapılmayan mevcut binanın taşıyıcı sisteminin beton basınç dayanımı C10

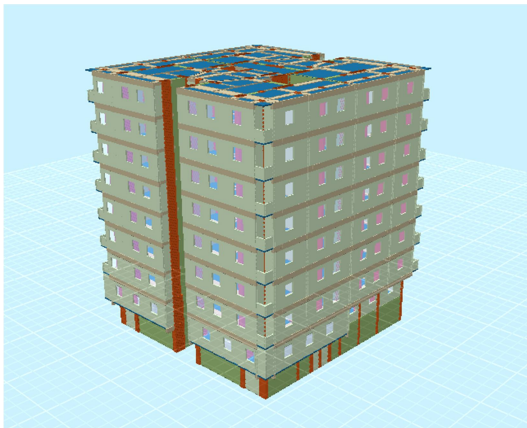
olarak belirlenerek proje analizinde uygulanmıştır.

- ❖ Deprem yönetmeliğinde tanımlanan “Doğrusal Elastik Hesap Yöntemi ve Mod Birleştirme Hesap Yöntemi” birlikte kullanılarak deprem güvenlik analizi yapılmıştır.
- ❖ Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından hazırlanan “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-Örnekler Kitabı’nda yapılan örnekler esas alınarak taban kolonlarının veya perdelerinin temele ankastre olduğu varsayılarak analiz modeli oluşturulmuştur.

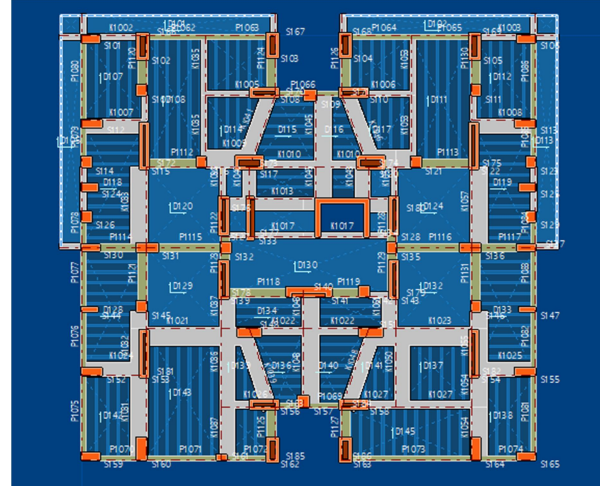
Bu çalışma kapsamında temel çukuru açılması aşağıdaki şartlara bağlı olarak değerlendirme dışı bırakılmıştır.

- ❖ Binada temel oturmasından kaynaklanan herhangi bir hasarın bulunmaması,
- ❖ Binanın üst yapısının deprem güvenlik düzeyinin yetersiz olması
- ❖ Bina güçlendirme projesinin var olan mevcut güçlendirme analizi dışında tekrar bir güçlendirme projesi hazırlanması kapsamı dışındadır.

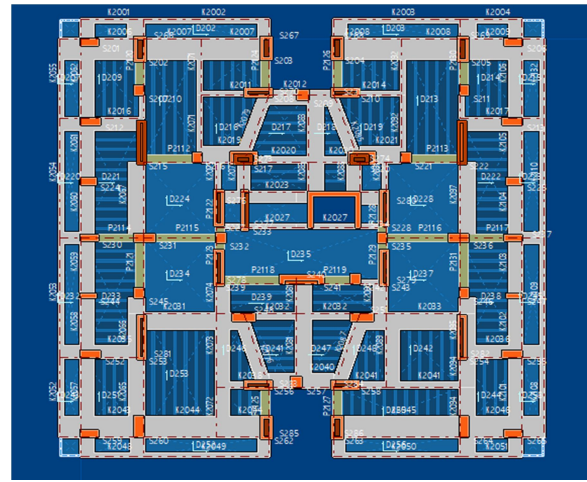
Binanın mevcut yapı modeli Şekil 14’te, bodrum kat planı Şekil 15’te, zemin kat planı Şekil 16’da ve normal kat planı Şekil 17’de gösterilmiştir.



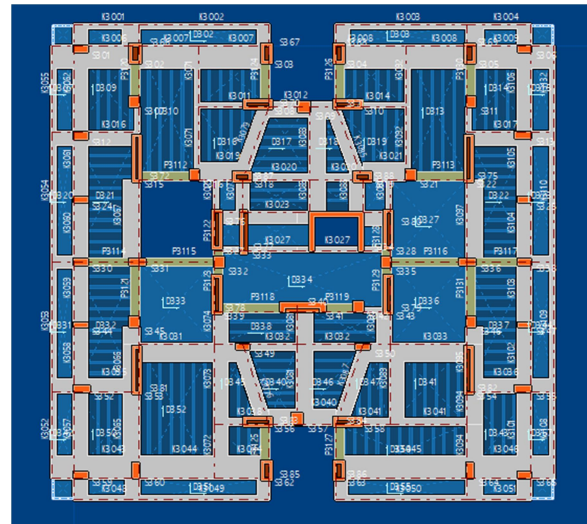
Şekil 14. Mevcut yapı modeli



Şekil 15. (Sta4cad Programı) Bodrum Kat Planı



Şekil 16. (Sta4cad Programı) Zemin Kat Planı



Şekil 17. (Sta4cad Programı) Normal Kat Planı

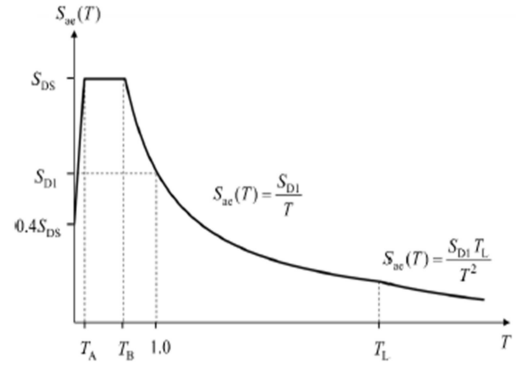
3.1 Mevcut Binanın Deprem Performansının TDY-2007'ye Göre Belirlenmesi

Yapı performans seviyesi; yapıda kullanılan malzeme ve kesitlerin, taşıyıcı elemanlarının kapasitelerine ne zaman ulaştığına, kapasitelerinin ne kadarının kullanıldığına bakılarak belirlenmektedir. Kesit hasar sınırları eleman hasar sınırlarını, eleman hasar sınırları ise taşıyıcı sistemin performans sınırlarını belirlemektedir. Bahsedilen değerlendirmeler yapının her iki doğrultusunda (X ve Y) ve her kat için yapılmalıdır (Celep Z.,2017).

TDY-2007 deprem yönetmeliğinde binaların kullanım amacına ve türüne göre sağlamaları gereken performans düzeyleri farklılık göstermektedir. Bu çalışmada ele alınan binanın 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem etkisi altında "Can Güvenliği" performans düzeyini sağlaması beklenmektedir.

3.2.Mevcut Binanın Deprem Performansının Yeni TBDY-2018'e Göre Belirlenmesi

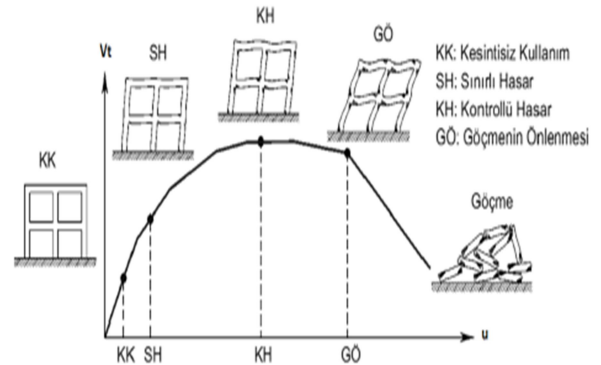
TBDY 2018 yönetmeliğine göre kapasiteleri elde edilen yapı modelinin deplasman talebi deprem yer hareketi düzeyi-2 (DD-2)'ye göre belirlenmektedir. DD-2 deprem yer hareketi, yönetmelikte spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %10 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 475 yıl olduğu seyrek deprem yer hareketi olarak açıklanmaktadır. TDY 2007 deprem yönetmeliğinde yapıların zemin sınıfına bağlı olarak değişen spektral ivme grafiği, 2018 yönetmeliğinde yapıların konumu ile ilişkilendirilmektedir (Şekil 4.1). Yatay elastik tasarım spektrum eğrileri ile belirlenen binaların deprem performansının hesabı için izlenen adımlar TBDY- 2018 yönetmeliğinde TDY- 2007 ile benzer şekilde açıklanmıştır.



Şekil 18. TBDY-2018'e göre yatay elastik tasarım spektrumu

TBDY-2018'e göre mevcut bina için performans hedefinin bina kullanım sınıfı, deprem tasarım sınıfı ve binanın serbest yüksekliği gibi çeşitli parametrelere bağlı olduğu görülmektedir. Deprem tasarım sınıfı, yapının bulunduğu sahanın deprem tehlikesini yansıtan kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısına (*SDS*) bağlı bir parametredir.

Mevcut binanın deprem performansı, gerçekleşecek olan deprem etkisinde binada meydana gelecek hasarın miktarına bağlı olarak TBDY-2018'de dört hasar durumu esas alınarak belirtilmiştir. Şekil 19'da TBDY 2018'e göre bina performans düzeyleri gösterilmiştir.



Şekil 19. TBDY-2018'e göre bina performans düzeyi

3.3 Orta Ölçekli Deprem Etkisi Altındaki Binanın (Güçlendirmesiz) TDY-2007 ile TBDY-2018 Yönetmeliklerine göre Performans Analizinin Yapılması

Bu çalışmada yapılan performans analizleri sonucunda mevcut binadaki taşıyıcı elemanlara güçlendirme yapılmadığını varsayarak TDY-2007 ile TBDY-2018'in 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan orta ölçekli bir deprem etkisi altında, binaya ait kiriş ve kolonlarda meydana gelen hasar yüzdeleri X ve Y doğrultularındaki deprem analizleri gerçekleştirilmiştir.

Türk Deprem Yönetmeliği 2007'ye göre yapının "Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi"nin sağlanması için herhangi bir katta sağlanması gereken şartlar şunlardır (DBYBHY 07, 2007, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik):

- ❖ İkincil kirişler dışındaki diğer kirişlerin en fazla %20'si Göçme Bölgesi'ne geçebilir.
- ❖ Diğer taşıyıcı elemanların hiçbiri İleri Hasar Bölgesi'ni aşmamış olmalıdır. Fakat herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Belirgin Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmamalıdır (DBYBHY,2007).

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'e göre yapının her bir deprem doğrultusu için yapılan hesaplar sonucunda "Kontrollü Hasar Performans Düzeyi"nin sağlanabilmesi için herhangi bir katta sağlanması gereken koşullar şunlardır(TBDY,2018) :

- ❖ İkincil kirişler hariç diğer kirişlerin en fazla %35'i İleri Hasar Bölgesi'ne geçebilir.
- ❖ İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır. En üst katta bu oran en fazla %40 olmalıdır.
- ❖ Diğer taşıyıcı elemanların tamamı Belirgin Hasar Bölgesi'ni aşmamalıdır. Fakat herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin

ikisinde birden Belirgin Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir.

Çalışma kapsamında değerlendirilen mevcut bina için elde edilen veriler, bu yapının orta ölçekli bir deprem etkisinde güçlendirme yapılmadığını varsayarsak TDY-2007'ye göre "Göçmenin Önlenmesi" performans düzeyini sağlayamadığını göstermektedir. TBDY-2018'e göre "Kontrollü Hasar" performans düzeyini sağlayamadığını ve göçme durumunda olduğunu göstermektedir.

TDY-2007 Yönetmeliğine göre binanın güçlendirme yapılmadan önceki durumu performans analizi sonucunda göçmenin önlenmesi durumu yeterlilik kontrolünün sağlanamadığı görülmektedir (Çizelge 7,8,9).

- ❖ Bina yatay yük kapasite oranı 2.kat:
 $V_r/V_e=529.55/4019.81=0.132$
- ❖ Göçme bölgesi Kiriş Hasar oranı=%27.1 > %20
- ❖ Göçme durumu, Güçlendirme gereklidir (Can güvenliği).
- ❖ **Göçmenin önlenmesi durumu yeterlilik kontrolü:**
- ❖ Göçme bölgesi Kiriş Hasar oranı=%27.1 > %20

TBDY-2018 Yönetmeliğine göre binanın güçlendirme yapılmadan önceki durumu performans analizi sonucunda kontrollü hasar yeterlilik kontrolünün sağlanamadığı, göçme durumunda olduğu görülmektedir (Çizelge 10,11,12).

- ❖ Göçme durumu, Kontrollü Hasar performansı sağlanamamıştır.
- ❖ Üst kat V_c oranı=%67.9 > %40
- ❖ **Kontrollü hasar bölgesi yeterlilik kontrolü:**

- ❖ Kiriş Hasar oranı: (IH=%61.0 > %35)
(GB=%6.8 > %0)
- ❖ Kolon Hasar oranı: (IH=%65.3 > %20)
(GB=%76.1 > %0)
- ❖ Üst kat V_c oranı: (IH=%2.5 ≤ %40)
(GB=%67.9 > %0)
- ❖ Plastikleşen kolon V_c oranı: (IH+GB=%65.0 > %30)

Çizelge 6. TDY 2007(Güçlendirmesiz) Kiriş Hasar Yüzdeleri

KAT NO	KIRIŞ HASAR YÜZDELERİ															
	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
9	80.9	8.5	4.3	6.4	80.9	12.8	2.1	4.3	37.5	29.2	18.8	14.6	45.8	31.3	20.8	2.1
8	72.3	14.9	4.3	8.5	74.5	19.1	2.1	4.3	25.0	35.4	16.7	22.9	29.2	37.5	25.0	8.3
7	68.1	17.0	4.3	10.6	68.1	25.5	2.1	4.3	25.0	33.3	14.6	27.1	29.2	37.5	22.9	10.4
6	59.6	25.5	4.3	10.6	66.0	25.5	4.3	4.3	25.0	31.3	16.7	27.1	29.2	37.5	22.9	10.4
5	57.4	25.5	10.6	6.4	61.7	27.7	4.3	6.4	25.0	31.3	18.8	25.0	25.0	41.7	22.9	10.4
4	59.6	23.4	10.6	6.4	57.4	31.9	6.4	4.3	25.0	33.8	25.0	16.7	25.0	43.8	22.9	8.3
3	66.0	19.1	8.5	6.4	63.8	25.5	6.4	4.3	27.1	43.8	25.0	4.2	27.1	56.3	14.6	2.1
2	70.2	25.5	0.0	4.3	66.0	29.8	2.1	2.1	37.5	54.2	8.3	0.0	37.5	54.2	8.3	0.0
1	80.6	16.1	3.2	0.0	74.2	22.6	3.2	0.0	60.6	33.3	6.1	0.0	57.6	36.4	6.1	0.0
MAX.	80.9											27.1		56.3	25.0	

MH:Minimum Hasar, BH:Belirgin Hasar, IH:İleri Hasar, GB:Göçme Bölgesi

Çizelge 7. TDY 2007(Güçlendirmesiz) Kolon Kesme Kuvveti

KAT NO	KOLON KESME KUVVETİ															
	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
9	98.4	1.4	0.0	0.2	98.7	1.3	0.0	0.0	0.0	98.9	0.8	0.3	0.0	99.4	0.0	0.6
8	99.6	0.3	0.0	0.1	99.4	0.4	0.1	0.0	0.0	99.5	0.4	0.1	0.0	98.1	1.7	0.2
7	98.8	1.0	0.1	0.1	99.5	0.5	0.0	0.1	0.0	96.4	3.6	0.1	0.0	96.5	3.3	0.2
6	98.7	0.8	0.3	0.1	99.2	0.7	0.0	0.0	0.0	95.8	4.0	0.2	0.0	95.8	2.8	1.4
5	99.1	0.5	0.4	0.1	99.1	0.9	0.0	0.0	0.0	95.5	4.0	0.4	0.0	97.2	1.1	1.7
4	98.6	0.4	0.2	0.8	88.6	10.9	0.0	0.5	0.0	95.3	4.3	0.4	0.0	96.4	1.5	2.2
3	88.5	10.6	0.1	0.8	88.5	10.8	0.2	0.5	0.0	95.8	4.1	0.1	0.0	97.0	1.1	1.9
2	95.7	2.5	1.6	0.3	95.7	2.3	1.8	0.3	90.8	4.8	4.2	0.2	78.5	18.1	3.1	0.3
1	99.1	0.8	0.1	0.0	98.4	1.5	0.0	0.1	96.1	3.9	0.0	0.0	96.5	3.5	0.0	0.0
Max.	99.6									99.5	4.3					2.2

MH:Minimum Hasar, BH:Belirgin Hasar, IH:İleri Hasar, GB:Göçme Bölgesi

Çizelge 8. TDY 2007(Güçlendirmesiz) Alt Ve Üst Kesitlerinde Minimum Hasar Bölgesini Alan Kolonların Kesme Kuvveti Dağılımı

ALT VE ÜST KESİTLERİNDE MİNİMUM HASAR BÖLGESİNİ ALAN KOLONLARIN KESME KUVVETİ DAĞILIMI								
KAT NO	(-X)		(+X)		(-Y)		(+Y)	
	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB
9	100.	0.0	100.	0.0	99.6	1.4	98.8	1.2
8	100.	0.0	100.	0.0	99.6	0.4	99.5	0.5
7	100.	0.0	100.	0.0	99.8	0.2	99.6	0.4
6	100.	0.0	100.	0.0	99.8	0.2	99.7	0.3
5	100.	0.0	100.	0.0	99.8	0.2	99.7	0.3
4	99.4	0.6	89.6	10.4	99.8	0.2	99.7	0.3
3	89.1	10.9	89.9	10.1	85.4	14.6	99.7	0.3
2	100.	0.0	100.	0.0	99.8	0.2	99.7	0.3
1	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
Max.	100.					14.6		

MH:Minimum Hasar, BH:Belirgin Hasar, IH:İleri Hasar, GB:Göçme Bölgesi

Çizelge 9. TBDY 2018 (Güçlendirmesiz) Kiriş Hasar Yüzdeleri

KİRİŞ HASAR YÜZDELERİ																
KAT NO	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB
9	20.0	80.0	0.0	0.0	20.0	80.0	0.0	0.0	8.5	37.3	54.2	0.0	8.5	37.3	54.2	0.0
8	14.5	85.5	0.0	0.0	14.5	85.5	0.0	0.0	8.5	28.8	55.9	6.8	8.5	28.8	55.9	6.8
7	10.9	89.1	0.0	0.0	10.9	89.1	0.0	0.0	8.5	27.1	57.6	6.8	8.5	27.1	57.6	6.8
6	10.9	89.1	0.0	0.0	10.9	89.1	0.0	0.0	8.5	25.4	61.0	5.1	8.5	25.4	61.0	5.1
5	10.9	89.1	0.0	0.0	10.9	89.1	0.0	0.0	8.5	28.8	61.0	1.7	8.5	28.8	61.0	1.7
4	16.4	83.6	0.0	0.0	16.4	83.6	0.0	0.0	8.5	40.7	50.8	0.0	8.5	40.7	50.8	0.0
3	25.5	74.5	0.0	0.0	25.5	74.5	0.0	0.0	8.5	76.3	15.3	0.0	8.5	76.3	15.3	0.0
2	30.9	69.1	0.0	0.0	30.9	69.1	0.0	0.0	11.9	88.1	0.0	0.0	11.9	88.1	0.0	0.0
1	51.6	48.4	0.0	0.0	51.6	48.4	0.0	0.0	29.4	70.6	0.0	0.0	29.4	70.6	0.0	0.0
Max.	51.6	89.1									61.0	6.8				

SH:Sınırlı Hasar, BH:Belirgin Hasar, IH:İleri Hasar, GB:Göçme Bölgesi

Çizelge 10. TBDY 2018 (güçlendirmesiz) Kolon Kesme Kuvveti Dağılımı

KOLON KESME KUVVETİ DAĞILIMI																
KAT NO	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB
9	28.0	4.0	0.0	67.9	28.0	4.0	0.0	67.9	28.8	39.8	2.5	28.9	28.8	39.8	2.5	28.9
8	23.2	0.7	0.0	76.1	23.2	0.7	0.0	76.1	25.4	28.2	0.0	46.4	25.4	28.2	0.0	46.4
7	19.7	1.9	13.6	64.8	19.7	1.9	13.6	64.8	27.5	21.7	0.0	50.8	27.5	21.7	0.0	50.8
6	17.9	2.1	19.6	60.4	17.9	2.1	19.6	60.4	18.0	28.5	0.0	53.5	18.0	28.5	0.0	53.5
5	16.4	17.4	65.3	0.9	16.4	17.4	65.3	0.9	17.3	26.4	0.0	56.3	17.3	26.4	0.0	56.3
4	14.2	23.1	61.9	0.8	14.2	23.1	61.9	0.8	16.0	23.5	0.4	60.1	16.0	23.5	0.4	60.1
3	12.8	86.3	0.1	0.8	12.8	86.3	0.1	0.8	7.0	27.4	31.2	34.4	7.0	27.4	31.2	34.4
2	13.5	85.8	0.0	0.7	13.5	85.8	0.0	0.7	6.8	67.0	23.9	2.4	6.8	67.0	23.9	2.4
1	36.4	63.3	0.0	0.3	36.4	63.3	0.0	0.3	80.7	18.8	0.0	0.5	80.7	18.8	0.0	0.5
Max.	86.3	65.3	76.1						80.7							

Çizelge 11. TBDY 2018(Güçlendirmesiz) Alt Ve Üst Kesitlerinde Minimum Hasar Bölgesini Alan Kolonların Kesme Kuvveti Dağılımı

KAT NO	ALT VE ÜST KESİTLERİNDE MİNİMUM HASAR BÖLGESİNİ AŞAN KOLONLARIN KESME KUVVETİ DAĞILIMI							
	(-X)		(+X)		(-Y)		(+Y)	
	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB
9	100.	0.0	100.	0.0	71.1	28.9	71.1	28.9
8	100.	0.0	100.	0.0	53.6	46.4	53.6	46.4
7	100.	0.0	100.	0.0	49.2	50.8	49.2	50.8
6	100.	0.0	100.	0.0	46.5	53.5	46.5	53.5
5	100.	0.0	100.	0.0	43.7	56.3	43.7	56.3
4	100.	0.0	100.	0.0	39.9	60.1	39.9	60.1
3	99.9	0.1	99.9	0.1	35.0	65.0	35.0	65.0
2	100.	0.0	100.	0.0	97.6	2.4	97.6	2.4
1	100.	0.0	100.	0.0	99.5	0.5	99.5	0.5
Max.	100.					65.0		

SH:Sınırlı Hasar, BH:Belirgin Hasar, IH:İleri Hasar, GB:Göçme Bölgesi

3.4.Orta Ölçekli Deprem Etkisi Altındaki Binanın (Güçlendirmeli) TDY-2007 ile TBDY-2018 Yönetmeliklerine göre Performans Analizinin Yapılması

Bu çalışmada yapılan performans analizleri sonucunda mevcut binanın TDY-2007 ile TBDY-2018'in 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan orta ölçekli bir deprem etkisi altında, binaya ait giriş ve kolonlarda meydana gelen hasar yüzdeleri X ve Y doğrultularındaki deprem analizleri gerçekleştirilmiştir.

Türk Deprem Yönetmeliği 2007'ye göre varsa gevrek olarak hasar gören elemanların onarılması ve güçlendirilmesi şartı ile aşağıda verilmiş olan koşulları sağlayan yapıların "Can Güvenliği Performans Düzeyi"nde olduğu kabul edilmektedir. Bunun için gerekli olan koşullar şunlardır (DBYBHY 07, 2007, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik):

- ❖ Binada herhangi bir katta, sisteme uygulanan bütün deprem doğrultuları için yapılan hesap sonucunda, yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan (ikincil) kirişler hariç olmak üzere; kirişlerin en fazla %30'u, kolonların ise bir sonraki takip eden koşulda tanımlandığı kadarı İleri Hasar Bölgesine geçebilir.

- ❖ İleri Hasar Bölgesinde bulunan kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplamda yapmış oldukları katkı %20'nin altında olmalıdır. En üst katta ise bu katta bulunan ve İleri Hasar durumunda olan kolonların kesme kuvvetleri toplamının, söz konusu kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en çok %40 olabilir.
- ❖ Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar bölgesi veya Belirgin Hasar bölgesindedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının % 30'u aşmaması gerekir.
- ❖ Deprem yönetmeliğinde kolonların girişlerden daha güçlü olması koşulunun sağlanabilmesi için her bir kolon-kiriş düğüm noktasına birleşen kolonların alt ve üst ucundaki taşıma gücü momentlerinin toplamı, o düğüm noktasına birleşen kirişlerin kolon yüzündeki kesitlerindeki taşıma gücü momentleri toplamından %20 daha büyük olmalıdır(DBYBHY,2007).

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'e göre yapının her bir deprem doğrultusu için yapılan hesaplar sonucunda "Kontrollü Hasar Performans Düzeyi"nin sağlanabilmesi için herhangi bir katta sağlaması gereken koşullar şunlardır(TBDY,2018):

- ❖ İkincil kirişler hariç diğer kirişlerin en fazla %35'i İleri Hasar Bölgesi'ne geçebilir.
- ❖ İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır. En üst katta bu oran en fazla %40 olmalıdır.
- ❖ Diğer taşıyıcı elemanların tamamı Belirgin Hasar Bölgesi'ni aşmamalıdır. Fakat herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Belirgin Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir.

Çalışma kapsamında değerlendirilen mevcut bina için elde edilen veriler, bu yapının orta ölçekli bir deprem etkisinde güçlendirmeli yani mevcut durumunda TDY-2007'ye göre "Can Güvenliği" performans düzeyinde olduğu, göçmenin önlenmesi durumunda ve analiz sonucunda güçlendirme gereken kolon ve perdelerin olduğunu göstermekte, TBDY-2018'e göre "Kontrollü Hasar" performans düzeyini sağlayamadığını ve göçme durumunda olduğunu göstermektedir (TBDY,2018).

TDY-2007 Yönetmeliğine göre binanın güçlendirmesi yapıldıktan sonraki durumu performans analizi sonucunda can güvenliği yeterlilik kontrolünün sağlanamadığı ve bazı kolon ile kirişlere güçlendirme yapılması gerektiği görülmektedir.

- ❖ Bina yatay yük kapasite oranı 2. Kat: $V_r/V_e=756.15/5510.15=0.137$
- ❖ İleri Kiriş Hasar oranı: %22.4 > %20
- ❖ Göçmenin önlenmesi durumu, Güçlendirme gereklidir.
- ❖ **Can güvenliği yeterlilik kontrolü:**
- ❖ Kiriş Hasar oranı: (IH=%22.4≤%30) (GB=%16.3 > %0)
- ❖ Kolon Hasar oranı: (IH=%1.4≤%20) (GB=%0.8 > %0)
- ❖ Üst kat V_c oranı: (IH=%0.1≤%40) (GB=%0.1 > %0)
- ❖ Plastikleşen kolon V_c oranı: (BH+IH+GB=%9.6 ≤ %30) (GB=%0)

TBDY-2018 Yönetmeliğine göre binanın güçlendirilmesi 1999 depremi sonrasında hasar gören bazı kolon ve kirişlere yapılmıştır. Bu analizde yapılan güçlendirmenin günümüz yönetmeliğine ne kadar uyumlu olup olmadığını görebilmek için performans analizi sonucunda kontrollü hasar yeterlilik kontrolünün sağlanamadığı ve göçme durumunda olduğu görülmektedir.

- ❖ Göçme durumu, Kontrollü Hasar performansı sağlanamamıştır.
- ❖ Üst kat V_c oranı: %43.0 > %40 Kontrollü hasar performans bölgesi
- ❖ Kontrollü hasar bölgesi yeterlilik kontrolü:
- ❖ Kiriş Hasar oranı: (IH=%0.0 ≤ %35) (GB=%0)
- ❖ Kolon Hasar oranı: (IH=%49.0 > %20) (GB=%48.2 > %0)
- ❖ Üst kat V_c oranı: (IH=%0.2 ≤ %40) (GB=%43 > %0)
- ❖ Plastikleşen kolon V_c oranı: (IH+GB=%49.1 > %30)

Çizelge 12. TDY 2007(Güçlendirmeli) Kiriş Hasar Yüzdeleri

KAT NO	KİRİŞ HASAR YÜZDELERİ															
	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
9	80.9	10.6	0.0	8.5	78.7	14.9	0.0	6.4	55.1	16.3	12.2	16.3	53.1	26.5	8.2	12.2
8	74.5	14.9	0.0	10.6	72.3	19.1	2.1	6.4	34.7	34.7	14.3	16.3	38.8	30.6	18.4	12.2
7	72.3	14.9	2.1	10.6	68.1	21.3	4.3	6.4	34.7	32.7	16.3	16.3	36.7	32.7	20.4	10.2
6	68.1	14.9	6.4	10.6	68.1	19.1	6.4	6.4	32.7	32.7	18.4	16.3	32.7	34.7	22.4	10.2
5	63.8	19.1	6.4	10.6	66.0	19.1	8.5	6.4	32.7	32.7	16.3	14.3	32.7	34.7	22.4	10.2
4	63.8	23.4	2.1	10.6	63.8	21.3	6.4	8.5	32.7	32.7	14.3	12.2	32.7	42.9	16.3	8.2
3	63.8	23.4	4.3	8.5	68.1	17.0	6.4	8.5	32.7	32.7	4.1	12.2	32.7	57.1	2.0	8.2
2	76.6	14.9	4.3	4.3	66.0	21.3	6.4	6.4	49.0	49.0	2.0	8.2	55.1	36.7	6.1	2.0
1	83.9	9.7	6.5	0.0	74.2	12.9	3.2	9.7	61.8	61.8	8.8	5.9	61.8	26.5	8.8	2.9
MAX.	83.9											16.3		57.1	22.4	12.2

MH:Minimum Hasar, BH:Belirgin Hasar, IH:İleri Hasar, GB:Göçme Bölgesi

Çizelge 13. TDY 2007(Güçlendirmeli) Kolon Kesme Kuvveti

KAT NO	KOLON KESME KUVVETİ															
	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
9	99.4	0.6	0.0	0.0	99.5	0.5	0.0	0.0	98.4	1.5	0.0	0.0	98.5	1.3	0.1	0.1
8	99.7	0.3	0.0	0.0	99.8	0.2	0.0	0.0	99.4	0.6	0.0	0.0	99.4	0.5	0.1	0.0
7	99.7	0.3	0.0	0.0	99.6	0.4	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	99.8	0.1	0.0
6	99.3	0.7	0.0	0.0	99.3	0.7	0.0	0.0	0.0	99.8	0.2	0.0	0.0	99.7	0.2	0.1
5	99.0	0.9	0.0	0.0	99.3	0.7	0.0	0.0	0.0	99.7	0.3	0.0	0.0	99.7	0.3	0.1
4	98.7	0.9	0.2	0.3	98.9	0.5	0.1	0.4	89.3	10.2	0.3	0.2	88.0	11.4	0.4	0.2
3	90.0	8.8	0.6	0.6	88.5	10.4	0.3	0.8	88.5	11.0	0.4	0.2	87.3	11.9	0.5	0.3
2	96.5	2.1	1.2	0.1	96.5	2.2	1.2	0.2	89.2	9.7	0.9	0.1	76.7	21.9	1.4	0.1
1	99.6	0.3	0.0	0.0	99.2	0.7	0.1	0.1	98.0	2.0	0.0	0.0	99.1	0.9	0.0	0.0
MAX.					99.8			0.8		100.					1.4	

Çizelge 14. TDY 2007(Güçlendirmeli) Alt Ve Üst Kesitlerinde Minimum Hasar Bölgesini Alan Kolonların Kesme Kuvveti Dağılımı

Kat No	ALT VE ÜST KESİTLERİNDE MİNİMUM HASAR BÖLGESİNİ ALAN KOLONLARIN KESME KUVVETİ DAĞILIMI							
	(-X)		(+X)		(-Y)		(+Y)	
	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB
9	100.	0.0	100.	0.0	99.6	0.4	99.6	0.4
8	100.	0.0	100.	0.0	99.7	0.3	99.8	0.2
7	100.	0.0	100.	0.0	99.9	0.1	99.7	0.3
6	99.9	0.1	99.9	0.1	99.9	0.1	99.8	0.2
5	99.9	0.1	99.9	0.1	99.9	0.1	99.8	0.2
4	99.7	0.3	99.6	0.4	99.9	0.1	99.8	0.2
3	91.5	8.5	91.2	8.8	90.4	9.6	94.3	5.7
2	99.9	0.1	100.	0.0	99.9	0.1	94.3	5.7
1	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0	100.	0.0
Max.	100.					9.6		

Çizelge 15. TBDY 2018 (Güçlendirmeli) Kiriş Hasar Yüzdeleri

KAT NO	KIRIŞ HASAR YÜZDELERİ															
	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB
9	20.0	80.0	0.0	0.0	20.0	80.0	0.0	0.0	8.5	37.3	54.2	0.0	8.5	37.3	54.2	0.0
8	14.5	85.5	0.0	0.0	14.5	85.5	0.0	0.0	8.5	28.8	55.9	6.8	8.5	28.8	55.9	6.8
7	10.9	89.1	0.0	0.0	10.9	89.1	0.0	0.0	8.5	27.1	57.6	6.8	8.5	27.1	57.6	6.8
6	10.9	89.1	0.0	0.0	10.9	89.1	0.0	0.0	8.5	25.4	61.0	5.1	8.5	25.4	61.0	5.1
5	10.9	89.1	0.0	0.0	10.9	89.1	0.0	0.0	8.5	28.8	61.0	1.7	8.5	28.8	61.0	1.7
4	16.4	83.6	0.0	0.0	16.4	83.6	0.0	0.0	8.5	40.7	50.8	0.0	8.5	40.7	50.8	0.0
3	25.5	74.5	0.0	0.0	25.5	74.5	0.0	0.0	8.5	76.3	15.3	0.0	8.5	76.3	15.3	0.0
2	30.9	69.1	0.0	0.0	30.9	69.1	0.0	0.0	11.9	88.1	0.0	0.0	11.9	88.1	0.0	0.0
1	51.6	48.4	0.0	0.0	51.6	48.4	0.0	0.0	29.4	70.6	0.0	0.0	29.4	70.6	0.0	0.0
Max.	51.6	89.1										61.0	6.8			

SH:Sınırlı Hasar, BH:Belirgin Hasar, IH:İleri Hasar, GB:Göçme Bölgesi

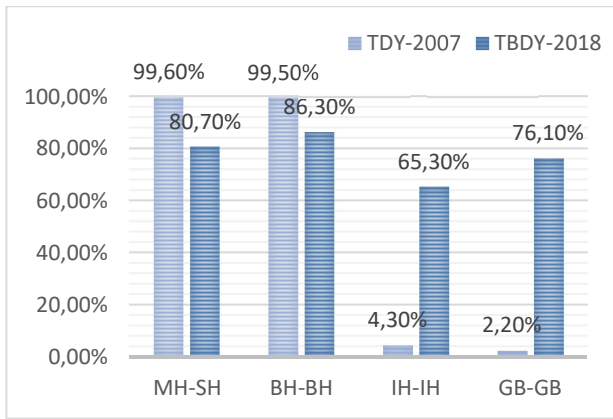
Çizelge 16. TBDY 2018(Güçlendirmeli) Kolon Kesme Kuvveti

KAT NO	KOLON KESME KUVVETİ DAĞILIMI															
	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB	SH	BH	IH	GB
9	28.0	4.0	0.0	67.9	28.0	4.0	0.0	67.9	28.8	39.8	2.5	28.9	28.8	39.8	2.5	28.9
8	23.2	0.7	0.0	76.1	23.2	0.7	0.0	76.1	25.4	28.2	0.0	46.4	25.4	28.2	0.0	46.4
7	19.7	1.9	13.6	64.8	19.7	1.9	13.6	64.8	27.5	21.7	0.0	50.8	27.5	21.7	0.0	50.8
6	17.9	2.1	19.6	60.4	17.9	2.1	19.6	60.4	18.0	28.5	0.0	53.5	18.0	28.5	0.0	53.5
5	16.4	17.4	65.3	0.9	16.4	17.4	65.3	0.9	17.3	26.4	0.0	56.3	17.3	26.4	0.0	56.3
4	14.2	23.1	61.9	0.8	14.2	23.1	61.9	0.8	16.0	23.5	0.4	60.1	16.0	23.5	0.4	60.1
3	12.8	86.3	0.1	0.8	12.8	86.3	0.1	0.8	7.0	27.4	31.2	34.4	7.0	27.4	31.2	34.4
2	13.5	85.8	0.0	0.7	13.5	85.8	0.0	0.7	6.8	67.0	23.9	2.4	6.8	67.0	23.9	2.4
1	36.4	63.3	0.0	0.3	36.4	63.3	0.0	0.3	80.7	18.8	0.0	0.5	80.7	18.8	0.0	0.5
Max.		86.3	65.3	76.1					80.7							

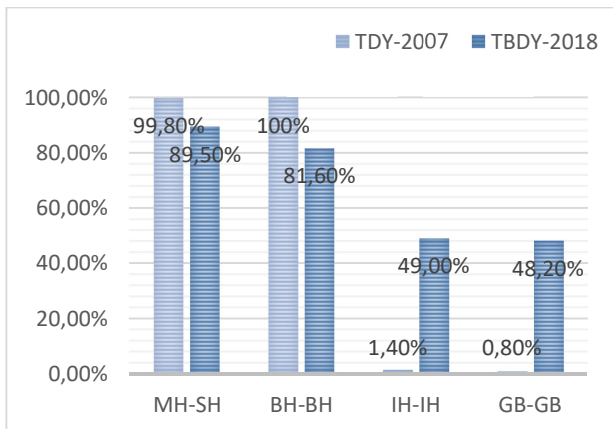
Çizelge 17. TBDY 2018 (Güçlendirmeli) Alt Ve Üst Kesitlerinde Minimum Hasar Bölgesini Alan Kolonların Kesme Kuvveti Dağılımı

KAT NO	ALT VE ÜST KESİTLERİNDE MİNİMUM HASAR BÖLGESİNİ AŞAN KOLONLARIN KESME KUVVETİ DAĞILIMI							
	(-X)		(+X)		(-Y)		(+Y)	
	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB	SH+BH	IH+GB
9	100.	0.0	100.	0.0	71.1	28.9	71.1	28.9
8	100.	0.0	100.	0.0	53.6	46.4	53.6	46.4
7	100.	0.0	100.	0.0	49.2	50.8	49.2	50.8
6	100.	0.0	100.	0.0	46.5	53.5	46.5	53.5
5	100.	0.0	100.	0.0	43.7	56.3	43.7	56.3
4	100.	0.0	100.	0.0	39.9	60.1	39.9	60.1
3	99.9	0.1	99.9	0.1	35.0	65.0	35.0	65.0
2	100.	0.0	100.	0.0	97.6	2.4	97.6	2.4
1	100.	0.0	100.	0.0	99.5	0.5	99.5	0.5
Max.	100.					65.0		

TDY 2007’de sünek elemanlar için kesit düzeyinde üç sınır durum tanımlanmıştır. Bunlar Minimum Hasar Sınırı (MN), Güvenlik Sınırı (GV) ve Göçme Sınırı (GÇ)’dir. Kritik kesitlerinin hasarı MN’ye ulaşmayan elemanlar Minimum Hasar (MH) Bölgesi’nde, MN ile GV arasında kalan elemanlar Belirgin Hasar (BH) Bölgesi’nde, GV ve GÇ arasında kalan elemanlar İleri Hasar (İH) Bölgesi’nde, GÇ’yi aşan elemanlar ise Göçme (GB) Bölgesi’nde olduğunu belirtmektedir. TBDY 2018’de değişen kriter ise sınırlı kritik kesitlerin hasarı MN’ye ulaşmayan elemanlar Sınırlı Hasar (SH) Bölgesi’nde olduğunu belirtmektedir. Minimum hasar bölgesi yerine sınırlı hasar bölgesi adında değiştirilmiştir. Şekil 20 ve Şekil 21’de verilen iki grafik TDY 2007 ile TBDY 2018 yönetmeliklerinin güçlendirmesiz ve güçlendirmeli performans analizindeki kesit hasar sınırlarını göstermektedir.



Şekil 20. Mevcut Binanın Güçlendirmesiz Kolon ve Kiriş Hasar Sınır Oranlarının İki Yönetmeliğe Göre Kıyaslanması



Şekil 21. Mevcut Binanın Güçlendirmeli Kolon ve Kiriş Hasar Sınır Oranlarının İki Yönetmeliğe Göre Kıyaslanması

4.SONUÇLAR

Bu çalışmada beton basınç dayanımları sağlanmadığı için önceki yönetmelikteki güçlendirme koşulları gerçekleştirildiği ve mevcut dokuz katlı konut yapısının hem düşey hem de yatay yükler (deprem vs.) etkisindeki güvenliği 2007 ve 2018 yönetmeliklerine göre araştırılmıştır. Gerçekleştirilen yapısal modelde yapının karot ölçümleri sonucunda belirlenen gerçek beton basınç dayanımları ile işletme yükleri altında yapı güvenliğini sağlayamadığı görülmüştür.

Yapılan performans analizleri sonucunda ele alınan yapının mevcut hali ile güçlendirme yapılmadan önceki halini 1. derece deprem bölgesinde meydana gelmesi muhtemel orta ölçekli bir deprem altındaki performansı 2007 ve 2018 yönetmeliklerinin kıyaslanmasıyla incelenmiştir. Bulunan deprem performans sonuçları arasında TDY-2007 ile TBDY-2018 arasında ciddi farklılıklar olduğu görülmüştür.

İncelenen konut yapısının performans analizi sonucunda konut yapısının güçlendirmesiz ve güçlendirmeli kolon ve kiriş hasar sınır oranlarının iki yönetmeliğe göre kıyaslanmasında Şekil 20 ve 21’deki grafikte anlaşılacağı üzere TDY 2007’de İleri Hasar ve Göçme Bölgesindeki oran ile TBDY 2018 yönetmeliğinde kritik sınır hasar oranları arasında ortalama olarak %93 fark olduğu anlaşılmaktadır.

Çalışma kapsamında modellenen mevcut betonarme binanın 2007 ve 2018 deprem yönetmelikleri esaslarına göre bulunan performans noktaları karşılaştırılmış ve 2007 yönetmeliğine göre güçlendirmesiz yapı analizinde binanın “Göçmenin Önlenmesi” performans düzeyinde olduğu ve güçlendirilmesi gereken gevrek elemanların olduğu görülmüştür. 2018 yönetmeliğine göre binanın göçme durumunda “Kontrollü Hasar” performans düzeyini sağlayamadığı ve güçlendirilmesi gereken gevrek elemanların olduğu belirlenmiştir.

2007 yönetmeliğine göre “Can Güvenliği” performans hedefini sağlayan güçlendirme yapılan

binanın, 2018 yönetmeliğindeki karşılığı olan “Kontrollü Hasar” performans hedefini sağlayamadığı görülmüştür. Ayrıca modellenen binanın yönetmeliklere göre performans düzeylerini belirleyen eleman hasar durumları açısından da değerlendirilmiştir. 2007 yönetmeliğinin “Can Güvenliği” performans düzeyi ile 2018 yönetmeliğinin “Kontrollü Hasar” performans düzeyleri karşılaştırılmış ve incelenen yönetmeliklere göre eşit sayıda kolon ve kirişin ilgili hasar düzeylerini aşması ile bu performans düzeylerinin aşıldığı anlaşılmıştır. Yapılan değerlendirmeler 2007 yönetmeliğine göre “Göçmenin Önlenmesi” ya da “Can Güvenliği”ni sağladığı belirlenen binanın 2018 yönetmeliğine göre “Göçme” durumunda olduğunu göstermiştir. Her iki yönetmeliğin aynı bina için öngördüğü performans tahminleri arasında ciddi farklar olabildiği açıkça görülmektedir.

5.KAYNAKLAR

- Akdeniz, İ., 2008. Mevcut Binaların Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Yöntemler İle Deprem Performanslarının Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul,ss.92
- Balıkçı İ., 2019. Mevcut Binaların Deprem Performanslarının 2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerine Göre Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli, ss. 106.
- Celep, Z., 2017. Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme, Beta Dağıtım, İstanbul.
- Demir, A. ve Kayhan, A.H., 2017. Deprem Yönetmeliği 2007 Ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği İle Uyumlu Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması, 4. Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Eskişehir.
- Deneme, İ., ve Demirkan, D., 2018. TDY 2007'ye Göre Mevcut Bir Yapının Performans Analizi Ve Güçlendirilmesi Örneği, *Black Sea Journal Of Engineering And Science* , 1 (2) , 51-58 .
- DBYBHY 07, 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik. T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- Erol, C., 2014. Mevcut Betonarme Binaların Deprem Performanslarının Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri İle Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli.
- İstanbul Deprem Çalıştayı 2-3 Aralık 2019.
- Keleşoğlu, Ö., Çakar, H. ve Polat, A., 2017. Mevcut Betonarme Bir Yapının 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Performansının Belirlenmesi ve Güçlendirme Önerisi, *Int. J. Pure Appl. Sci.*, 3(2), 58-67.
- Keskin, E. ve Bozdoğan, K.B., 2018. 2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerinin Kırklareli İli Özelinde Değerlendirilmesi, *Kırklareli University Journal of Engineering and Science*, 74-90.
- Oral, K., 2005. Statik İtme Analizi Kullanılarak Mevcut Bir Betonarme Yapının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul,ss.105
- Özmen, H.B. ve İnel, M., 2011. Betonarme Yapılarda Malzeme Dayanımı Ve Detaylandırma Özelliklerinin Sismik Hasar Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesi, 1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Ankara.
- Tikalsky P., J., 2004. What is NDT., Penn State University, <http://www.engr.psu.edu>.
- Tosun, M., 2009. Perde Duvarlı Betonarme Karkas Binanın Yapımı Sırasında Malzemelerinin Mekanik Özelliklerinin Betonun Dayanımına Etkisi, Kat Perdeleri Deprem Süresince Hasar Oluşmuş Perde Karkas Şemalı Bir Binanın Depreme Dayanıklılığının Ve Güçlendirme Metotları, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Tunç G., ve Tanfener T., 2016. 2007 ve 2016 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliklerinin Örneklerle Mukayesesi, 3.Ulusal Yapı Kongresi ve Sergisi Teknik Tasarım, Güvenlik ve Erişebilirlik, Ankara.
- Yüzbaşı J., Yerli H., 2018. Betonarme Yapıların Deprem Etkisi Altında Performans Analizlerinin Yapılması ve Güçlendirilmesi, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 33(2), ss. 273-286, Haziran.