

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DBYBHY-2007 VE TBDY-2018 YÖNETMELİKLERİNİN
MEVCUT YAPILARIN SİSMİK DAVRANIŞ ÖZELLİKLERİ
AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

OSMAN ELDEMİR

DENİZLİ, TEMMUZ - 2019

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**DBYBHY-2007 VE TBDY-2018 YÖNETMELİKLERİNİN
MEVCUT YAPILARIN SİSMİK DAVRANIŞ ÖZELLİKLERİ
AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

OSMAN ELDEMİR

DENİZLİ, TEMMUZ - 2019

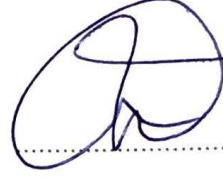
KABUL VE ONAY SAYFASI

OSMAN ELDEMİR tarafından hazırlanan "DBYBHY-2007 VE TBDY-2018 YÖNETMELİKLERİNİN MEVCUT YAPILARIN SİSMİK DAVRANIŞ ÖZELLİKLERİ AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI" adlı tez çalışmasının savunma sınavı 11.07.2019 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

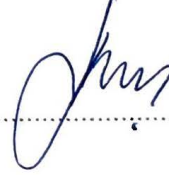
Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Bayram Tanık ÇAYCI
Pamukkale Üniversitesi



Üye
Prof. Dr. Mehmet İNEL
Pamukkale Üniversitesi



Üye
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet PALANCI
İstanbul Arel Üniversitesi




Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 17/07/2019 tarih ve 29/07-22 sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Prof. Dr. Uğur YÜCEL ✓

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.


OSMAN ELDEMİR

ÖZET

**DBYBHY-2007 VE TBDY-2018 YÖNETMELİKLERİNİN MEVCUT
YAPILARIN SİSMİK DAVRANIŞ ÖZELLİKLERİ AÇISINDAN
KARŞILAŞTIRILMASI
YÜKSEK LİSANS TEZİ
OSMAN ELDEMİR
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: DR. ÖĞRETİM ÜYESİ BAYRAM TANIK ÇAYCI)**

DENİZLİ, TEMMUZ - 2019

Ülkemizin deprem kuşağı üzerinde bulunması ve geçmişte yaşanan büyük depremler ve can kayıpları deprem yönetmeliklerini gerekli kılmıştır. Günümüze kadar yapılan akademik çalışmalar sonucu büyüyen bilgi birikimi ile birçok deprem yönetmeliği yayımlanmış, yapıların tasarımında ve deprem davranışı değerlendirmesinde kullanılmıştır. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) 2019 ocak ayından itibaren ülkemizde geçerli deprem yönetmeliği olmuştur. Çalışmada mevcut 4,5 ve 6 katlı 5 adet betonarme bina DBYBHY-2007 esasları dikkate alınarak tasarımı yapılmış, kolon ve kiriş boyutları, donatıları, yapı yükleri belirlenmiştir. Tasarlanan betonarme binaların seçilen akslarından alınan iki boyutlu betonarme çerçevelerin 2007 ve 2018 deprem yönetmelikleri ile uyumlu olarak ayrı ayrı doğrusal olmayan modellemesi yapılmıştır. Doğrusal olmayan modellemede 2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerinde verilen hasar sınırlarını temsil eden plastik mafsallar kolon ve kiriş elemanlarının uçlarına tanımlanmıştır. Elde edilen bina modelleri kullanılarak doğrusal olmayan statik ve dinamik analizler gerçekleştirilmiş, binaların sismik davranış özelliklerinin iki farklı yönetmelik kabulüne göre ne ölçüde değişkenlik gösterdiği araştırılmıştır. Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar incelendiğinde, TBDY-2018 yönetmeliğine göre tanımlanan plastik mafsallı hasar sınırlarının DBYBHY-2007 ile farklılık gösterdiği görülmektedir. Aynı çatı deplasmanı altında TBDY-2018 modellerinin hasar oranları artmaktadır. Çatlamış kesit rijitliği kabulünün de değişmesi nedeniyle bina periyotları DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 yönetmeliklerine göre hazırlanan modellerde farklılık göstermektedir. Bu nedenle dinamik analiz sonuçları karşılaştırıldığında ivme kaydının karakteristik özelliklerine de bağlı olarak binaların çatı katı ötelenme oranları, deplasman profilleri ve görelî kat ötelenme oranları değişkenlik göstermektedir.

ANAHTAR KELİMELELER: Türk Deprem Yönetmelikleri, Betonarme Binalar, Doğrusal Olmayan Analiz, Sismik Performans

ABSTRACT

COMPARASIONS OF DBYBHY-2007 AND TBDY-2018 TURKISH EARTHQUAKE CODES IN TERMS OF SEISMIC BEHAVIOUR OF EXISTING BUILDINGS

MSC THESIS

OSMAN ELDEMİR

PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

CİVİL ENJİNERİNG

(SUPERVISOR:ASSIST. PROF. DR. BAYRAM TANIK ÇAYCI)

DENİZLİ, JULY 2019

Turkey is located on the seismically active zone. The destructive earthquakes in the past and loss of life had made seismic codes necessary. Many seismic codes have been published with experience of academic studies made up to now, and it is used in the design stage and assessment of buildings. Turkey Earthquake Building Regulations (TBDY-2018) has been the valid seismic code in our country since January 2019. In this study, 5 existing reinforced concrete buildings which have 4-, 5- and 6- storey were designed considering according to DBYBHY-2007, column and beam dimensions, reinforcements and structural loads of the buildings were determined. The nonlinear plastic hinge design of two-dimensional reinforced concrete frames was in accordance with the 2007 and 2018 seismic codes. Plastic hinges are defined at the ends of the column and beam elements. Nonlinear static and dynamic analyzes were performed by using the obtained building models and investigated the extent to which the seismic behavior characteristics of the buildings varied according to the acceptance of two different codes. The outcomes show that the plastic hinges damage limits defined according to TBDY-2018 different from DBYBHY-2007. Damage rates of TBDY-2018 models are increasing under the same roof displacement. Due to the change in the definition of the cracked section stiffness, building periods differ in the models according to DBYBHY-2007 and TBDY-2018 codes. In this reason, when the dynamic analysis results of the models compared, depending on the characteristics of the ground motion record, the roof displacement demands, displacement profiles and the relative displacement ratios vary.

KEYWORDS:Turkish Earthquake Codes, Reinforced Concrete Buildings, Nonlinear Analysis, Seismic Performance

İÇİNDEKİLER

Sayfa

| | |
|---|------------|
| ÖZET | i |
| ABSTRACT | ii |
| İÇİNDEKİLER | iii |
| ŞEKİL LİSTESİ | v |
| TABLO LİSTESİ | vii |
| SEMBOL LİSTESİ | ix |
| ÖNSÖZ | xii |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 1.1 Tezin Amacı ve Kapsam | 5 |
| 1.2 Literatür Özetleri | 6 |
| 1.3 Tez Düzeni | 13 |
| 2. BİNA ÖZELLİKLERİ VE MODELLEME | 14 |
| 2.1 Bina Genel Özellikleri | 14 |
| 2.2 Kullanılan Bina Modelleri ve Modellerden Seçilen Akslardan Çıkarılan İki Boyutlu Çerçeve Modeller | 15 |
| 2.3 Eleman Boyutları ve Modelleme | 20 |
| 2.3.1 Eleman Boyutları | 20 |
| 2.3.2 Modelleme | 26 |
| 2.3.2.1 Genel | 26 |
| 2.3.2.2 Doğrusal Olmayan Modelleme ve Her İki Yönetmeliğe Göre Plastik Mafsalların Tanımlanması..... | 27 |
| 2.3.2.2.1 Beton ve Donatı Çeliği Modeli..... | 27 |
| 2.3.2.2.2 Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri..... | 30 |
| 2.3.2.2.3 Betonarme Elemanlarının Beton ve Donatı Çeliği İçin Birim Şekil Değiştirme Kapasiteleri | 32 |
| 2.3.2.2.4 Moment Eğrilik Kavramları ve Plastik Mafsalların Tanımı..... | 35 |
| 3. İVME KAYITLARI | 38 |
| 3.1 DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 Yönetmeliklerine Göre İvme Kaydı Seçim Kriterleri | 38 |
| 3.2 Kullanılan İvme Kayıtları..... | 39 |
| 4. ÇALIŞMADA KULLANILAN DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZ YÖNTEMLERİ | 43 |
| 4.1 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz..... | 43 |
| 4.2 Doğrusal Olmayan Statik İtme Analizi | 45 |
| 5. ANALİZ SONUÇLARI | 47 |
| 5.1 Statik İtme Analizi Sonuçları | 47 |
| 5.1.1 Kapasite Eğrileri | 47 |
| 5.1.2 Deplasman Profilleri | 48 |
| 5.1.3 Göreli Kat Ötelemeleri..... | 51 |
| 5.1.4 Plastik Mafsal Hasar Dağılımları..... | 54 |
| 5.2 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz Sonuçları..... | 70 |
| 5.2.1 Deplasman Profilleri | 70 |
| 5.2.2 Göreli Kat Ötelemeleri..... | 73 |
| 5.2.3 Plastik Mafsal Hasar Dağılımları..... | 77 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 5.2.4 | Maksimum Taban Kesme Kuvveti Değerleri | 90 |
| 6. | SONUÇ VE ÖNERİLER | 92 |
| 7. | KAYNAKLAR..... | 96 |
| 8. | EKLER..... | 101 |
| | EK A Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analizlerden Elde Edilen Kat Deplasman Profilleri | 101 |
| | EK B Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analizlerden Elde Edilen Göreli Kat Öteleme Oranları..... | 106 |
| 9. | ÖZGEÇMİŞ..... | 111 |

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

| | |
|---|----|
| Şekil 1.1: 17 Ağustos 1999 Gölcük depreminde hasar almış bazı yapılar (Anonim) | 2 |
| Şekil 1.2: 2011 Van depreminde ağır hasar almış bir yapı (İnel ve diğ. 2011).. | 2 |
| Şekil 1.3: Tez kapsamındaki çalışma şeması..... | 5 |
| Şekil 2.1: a) Model 1 kalıp planı b) A-A aksı) | 15 |
| Şekil 2.2: a) Model 2 kalıp planı b) D-D aksı..... | 16 |
| Şekil 2.3: a) Model 3 kalıp planı b) B-B aksı | 17 |
| Şekil 2.4: a) Model 4 kalıp planı b) A-A aksı..... | 18 |
| Şekil 2.5: a) Model 5 kalıp planı b) B-B aksı | 19 |
| Şekil 2.6: Sargılı ve sargısız betonun gerilme şekil değiştirme ilişkisi | 29 |
| Şekil 2.7: Donatı çeliği için gerilme şekil değiştirme ilişkisi | 30 |
| Şekil 2.8: DBYBHY-2007'de hasar sınırları ve hasar bölgeleri | 31 |
| Şekil 2.9: TBDY-2018'de hasar sınırları ve hasar bölgeleri | 32 |
| Şekil 2.10: Basit eğilme altında betonarme kesitte moment eğrilik grafiği (Celep 2014)..... | 35 |
| Şekil 2.11: Plastik mafsal oluşum modeli | 36 |
| Şekil 3.1: Kullanılan ivme kayıtlarına ait %5 sönüm oranında spektral ivme grafiği | 41 |
| Şekil 4.1: a) Doğrusal olmayan statik itme analizinde kullanılan yük deseni b) Örnek kapasite eğrisi..... | 46 |
| Şekil 5.1: DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 için modellerin kapasite eğrileri.. | 47 |
| Şekil 5.2: Bina yüksekliğinin %1, %1.5 ve %2'si kadar çatı yer değiştirmesi anındaki bina deplasman profilleri | 49 |
| Şekil 5.3: Statik itme analizinden elde edilen görelî kat ötelenme oranlarının katlara dağılımı..... | 52 |
| Şekil 5.4: Model 1 statik itme analizi sonucu çatı katı deplasmanının bina yüksekliğinin %1, %1.5 ve %2'si kadar olduğu andaki elemanların plastik mafsal dağılımı | 56 |
| Şekil 5.5: Model 2 statik itme analizi sonucu çatı katı deplasmanının bina yüksekliğinin %1'i kadar olduğu andaki elemanların plastik mafsal dağılımı | 59 |
| Şekil 5.6: Model 2 statik itme analizi sonucu çatı katı deplasmanının bina yüksekliğinin %1.5'i kadar olduğu andaki elemanların plastik mafsal dağılımı | 60 |
| Şekil 5.7: Model 2 statik itme analizi sonucu çatı katı deplasmanının bina yüksekliğinin %2'si kadar olduğu andaki elemanların plastik mafsal dağılımı | 61 |
| Şekil 5.8: Model 3 statik itme analizi sonucu çatı katı deplasmanının bina yüksekliğinin %1, %1.5 ve %2'si kadar olduğu andaki elemanların plastik mafsal dağılımı | 63 |
| Şekil 5.9: Model 4 statik itme analizi sonucu çatı katı deplasmanının bina yüksekliğinin %1, %1.5 ve %2'si kadar olduğu andaki elemanların plastik mafsal dağılımı | 66 |

| | |
|---|-----|
| Şekil 5.10: Model 5 statik itme analizi sonucu çatı katı deplasmanının bina yüksekliğinin %1, %1.5 ve %2'si kadar olduğu andaki elemanların plastik mafsalları dağılımı | 69 |
| Şekil 5.11: Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerden elde edilen maksimum çatı katı deplasman talebi oranları | 71 |
| Şekil 5.12: Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerden elde edilen deplasman profilleri..... | 72 |
| Şekil 5.13: Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerden elde edilen maksimum görece kat ötelenme oranları..... | 74 |
| Şekil 5.14: Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerden elde edilen görece kat ötelenmesi oranları | 75 |
| Şekil 5.15: DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 ile uyumlu olarak modellenmiş Model 1'in gerçek deprem ivme kayıtları ile analizi sonucu elemanlarında oluşan plastik mafsalları dağılımları | 79 |
| Şekil 5.16: DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 ile uyumlu olarak modellenmiş Model 1'in ERZEW deprem ivme kaydı ile analizi sonucu elemanlarında oluşan plastik mafsalları dağılımları | 81 |
| Şekil 5.17: DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 ile uyumlu olarak modellenmiş Model 2'nin NORTHSYL090 deprem ivme kaydı ile analizi sonucu elemanlarında oluşan plastik mafsalları dağılımları..... | 82 |
| Şekil 5.18: DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 ile uyumlu olarak modellenmiş Model 3'ün gerçek deprem ivme kayıtları ile analizi sonucu elemanlarında oluşan plastik mafsalları dağılımları | 84 |
| Şekil 5.19: DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 ile uyumlu olarak modellenmiş Model 4'ün gerçek deprem ivme kayıtları ile analizi sonucu elemanlarında oluşan plastik mafsalları dağılımları..... | 86 |
| Şekil 5.20: DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 ile uyumlu olarak modellenmiş Model 5'in gerçek deprem ivme kayıtları ile analizi sonucu elemanlarında oluşan plastik mafsalları dağılımları | 88 |
| Şekil A.1: Model 1'in zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri sonucu oluşan deplasman taleplerinin katlara dağılımı..... | 101 |
| Şekil A.2: Model 2'nin zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri sonucu oluşan deplasman taleplerinin katlara dağılımı..... | 102 |
| Şekil A.3: Model 3'ün zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri sonucu oluşan deplasman taleplerinin katlara dağılımı..... | 103 |
| Şekil A.4: Model 4'ün zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri sonucu oluşan deplasman taleplerinin katlara dağılımı..... | 104 |
| Şekil A.5: Model 5'in zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri sonucu oluşan deplasman taleplerinin katlara dağılımı..... | 105 |
| Şekil B.1: Model 1'in zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri sonucu katlarda oluşan görece ötelenme oranları..... | 106 |
| Şekil B.2: Model 2'nin zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri sonucu katlarda oluşan görece ötelenme oranları..... | 107 |
| Şekil B.3: Model 3'ün zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri sonucu katlarda oluşan görece ötelenme oranları..... | 108 |
| Şekil B.4: Model 4'ün zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri sonucu katlarda oluşan görece ötelenme oranları..... | 109 |
| Şekil B.5: Model 5'in zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri sonucu katlarda oluşan görece ötelenme oranları..... | 110 |

TABLO LİSTESİ

Sayfa

| | |
|--|----|
| Tablo 1.1: Dünyada meydana gelen bazı büyük depremler ve can kayıpları | 1 |
| Tablo 1.2: Ülkemizde meydana gelen bazı büyük depremler ve can kayıpları . | 1 |
| Tablo 1.3: Türkiye deprem yönetmelikleri | 3 |
| Tablo 2.1: Betonarme binaların genel özellikleri..... | 14 |
| Tablo 2.2: Model 1 kolon boyut ve donatı tablosu | 20 |
| Tablo 2.3: Model 1 kiriş boyut ve donatı tablosu | 20 |
| Tablo 2.4: Model 2 kolon boyut ve donatı tablosu | 21 |
| Tablo 2.5: Model 2 kiriş boyut ve donatı tablosu | 22 |
| Tablo 2.6: Model 3 kolon boyut ve donatı tablosu | 23 |
| Tablo 2.7: Model 3 kiriş boyut ve donatı tablosu | 23 |
| Tablo 2.8: Model 4 kolon boyut ve donatı tablosu | 24 |
| Tablo 2.9: Model 4 kiriş boyut ve donatı tablosu | 24 |
| Tablo 2.10: Model 5 kolon boyut ve donatı tablosu | 25 |
| Tablo 2.11: Model 5 kiriş boyut ve donatı tablosu | 25 |
| Tablo 2.12: Betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının etkin kesit rijitliği çarpanları..... | 27 |
| Tablo 2.13: DBYBHY-2007'ye göre donatı çeliği bilgileri | 29 |
| Tablo 2.14: TBDY 2018'e göre donatı çeliği bilgileri | 30 |
| Tablo 2.15: DBYBHY-2007'ye göre hasar sınırları için eleman birim şekil değiştirme kapasiteleri..... | 32 |
| Tablo 2.16: TBDY 2018'de beklenen malzeme dayanımları | 34 |
| Tablo 3.1: Analizde kullanılan ivme kayıtları ve özellikleri..... | 39 |
| Tablo 5.1: Modellerin bina yüksekliğinin %1, %1.5 ve %2'si kadar çatı yer değiştirmesi durumunda elde edilen çatı ötelenmesi değerleri | 48 |
| Tablo 5.2: Modellerin bina yüksekliğinin %1, %1.5 ve %2'si kadar çatı yer değiştirmesi durumunda elde edilen çatı ötelenmesi oranları | 51 |
| Tablo 5.3: DBYBHY-2007 ile uyumlu Model 1 için bina yüksekliğinin %1, %1.5 ve %2'si kadar çatı yer değiştirmesi durumunda tanımlanan hasar seviyelerindeki eleman sayıları..... | 55 |
| Tablo 5.4: TBDY-2018 ile uyumlu Model 1 için bina yüksekliğinin %1, %1.5 ve %2'si kadar çatı yer değiştirmesi durumunda tanımlanan hasar seviyelerindeki eleman sayıları..... | 55 |
| Tablo 5.5: DBYBHY-2007 ile uyumlu Model 2 için bina yüksekliğinin %1, %1.5 ve %2'si kadar çatı yer değiştirmesi durumunda tanımlanan hasar seviyelerindeki eleman sayıları..... | 57 |
| Tablo 5.6: TBDY-2018 ile uyumlu Model 2 için bina yüksekliğinin %1, %1.5 ve %2'si kadar çatı yer değiştirmesi durumunda tanımlanan hasar seviyelerindeki eleman sayıları..... | 57 |
| Tablo 5.7: DBYBHY-2007 ile uyumlu Model 3 için bina yüksekliğinin %1, %1.5 ve %2'si kadar çatı yer değiştirmesi durumunda tanımlanan hasar seviyelerindeki eleman sayıları..... | 62 |
| Tablo 5.8: TBDY-2018 ile uyumlu Model 3 için bina yüksekliğinin %1, %1.5 ve %2'si kadar çatı yer değiştirmesi durumunda tanımlanan hasar seviyelerindeki eleman sayıları..... | 62 |

| | |
|--|----|
| Tablo 5.9: DBYBHY-2007 ile uyumlu Model 4 için bina yüksekliğinin %1, %1.5 ve %2'si kadar çatı yer değiştirmesi durumunda tanımlanan hasar seviyelerindeki eleman sayıları..... | 64 |
| Tablo 5.10: TBDY-2018 ile uyumlu Model 4 için bina yüksekliğinin %1, %1.5 ve %2'si kadar çatı yer değiştirmesi durumunda tanımlanan hasar seviyelerindeki eleman sayıları..... | 64 |
| Tablo 5.11: DBYBHY-2007 ile uyumlu Model 5 için bina yüksekliğinin %1, %1.5 ve %2'si kadar çatı yer değiştirmesi durumunda tanımlanan hasar seviyelerindeki eleman sayıları..... | 67 |
| Tablo 5.12: TBDY-2018 ile uyumlu Model 5 için bina yüksekliğinin %1, %1.5 ve %2'si kadar çatı yer değiştirmesi durumunda tanımlanan hasar seviyelerindeki eleman sayıları..... | 67 |
| Tablo 5.13: Modellerin tüm deprem ivme kayıtları için zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerden elde edilen maksimum çatı deplasmanı talepleri..... | 70 |
| Tablo 5.14: Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerden elde edilen maksimum görelî kat öteleme oranları | 74 |
| Tablo 5.15: DBYBHY-2007 ile uyumlu Model 1'in gerçek deprem ivme kayıtları ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri sonucu tanımlanan hasar seviyelerindeki eleman sayıları..... | 78 |
| Tablo 5.16: TBDY-2018 ile uyumlu Model 1'in gerçek deprem ivme kayıtları ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri sonucu tanımlanan hasar seviyelerindeki eleman sayıları..... | 78 |
| Tablo 5.17: DBYBHY-2007 ile uyumlu Model 2'nin gerçek deprem ivme kayıtları ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri sonucu tanımlanan hasar seviyelerindeki eleman sayıları..... | 80 |
| Tablo 5.18: TBDY-2018 ile uyumlu Model 2'nin gerçek deprem ivme kayıtları ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri sonucu tanımlanan hasar seviyelerindeki eleman sayıları..... | 80 |
| Tablo 5.19: DBYBHY-2007 ile uyumlu Model 3' gerçek deprem ivme kayıtları ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri sonucu tanımlanan hasar seviyelerindeki eleman sayıları..... | 83 |
| Tablo 5.20: TBDY-2018 ile uyumlu Model 3'ün gerçek deprem ivme kayıtları ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri sonucu tanımlanan hasar seviyelerindeki eleman sayıları..... | 83 |
| Tablo 5.21: DBYBHY-2007 ile uyumlu Model 4'ün gerçek deprem ivme kayıtları ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri sonucu tanımlanan hasar seviyelerindeki eleman sayıları..... | 85 |
| Tablo 5.22: TBDY-2018 ile uyumlu Model 4'ün gerçek deprem ivme kayıtları ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri sonucu tanımlanan hasar seviyelerindeki eleman sayıları..... | 85 |
| Tablo 5.23: DBYBHY-2007 ile uyumlu Model 5'in gerçek deprem ivme kayıtları ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri sonucu tanımlanan hasar seviyelerindeki eleman sayıları..... | 87 |
| Tablo 5.24: TBDY-2018 ile uyumlu Model 5'in gerçek deprem ivme kayıtları ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri sonucu tanımlanan hasar seviyelerindeki eleman sayıları..... | 87 |
| Tablo 5.25: Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerden elde edilen maksimum taban kesme kuvveti değerleri ve oranları | 91 |

SEMBOL LİSTESİ

- $(EI)_e$: Çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitliği
 $(EI)_o$: Çatlamamış kesite ait etkin eğilme rijitliği
 N_D : Deprem hesabında kolon veya perdede oluşan aksenal kuvvet
 A_c : Kolon veya perdenin brüt kesit alanı
 f_{cm} : Mevcut beton dayanımı
 f_c : Sargılı betonda beton basınç gerilmesi
 f_{cc} : Sargılı beton dayanımı
 ϵ_c : Beton basınç birim şekil değiştirmesi
 ϵ_{cc} : Sargılı beton basınç birim şekil değiştirmesi
 ϵ_{co} : Sargısız beton basınç birim şekil değiştirmesi
 E_c : Betonun elastisite modülü
 E_{sec} : Betonun sekant modülü
 f_{co} : Sargısız beton dayanımı
 f_e : Etkili sargılama basıncı
 k_e : Sargılama etkinlik katsayısı
 ρ_x : X doğrultusundaki enine donatı hacımsal oranı
 ρ_y : Y doğrultusundaki enine donatı hacımsal oranı
 f_{yw} : Enine donatı akma dayanımı
 a_i : Kesit çevresindeki düşey donatıların eksenleri arasındaki uzaklığı,
 b_o, h_o : Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutu
 s : Düşey doğrultuda etriyelerin eksenleri arasındaki aralık
 A_s : Boyuna donatı alanı
 ϵ_{cu} : Sargılı betondaki maksimum basınç birim şekil değiştirmesi
 ϵ_{su} : Donatı çeliğinde maksimum gerilme altındaki birim uzama şekil değiştirmesi
 f_s : Donatı çeliğindeki gerilme
 E_s : Donatı çeliği elastisite modülü
 ϵ_s : Donatı çeliğinin pekleşme başlangıcındaki birim şekil değiştirmesi
 f_{sy} : Donatı çeliğinin akma dayanımı
 f_{su} : Donatı çeliğinin kopma dayanımı
 ϵ_{cg} : Etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi
 ρ_s : Kesitte mevcut bulunan enine donatının hacımsal oranı
 ρ_{sm} : Kesitte bulunması gereken enine donatının hacımsal oranı
 $\epsilon_c^{(GÖ)}$: Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
 ω_{we} : Etkin sargı donatısının mekanik donatı oranı
 α_{se} : Sargı donatısı etkinlik katsayısı

- $\rho_{sh,min}$: İki yatay doğrultuda hacimsel enine donatı oranının küçük olanı
 f_{ywe} : Enine donatının ortalama (beklenen) akma dayanımı
 f_{ce} : Çeliğin ortalama (beklenen) akma dayanımı
 ρ_{sh} : Göz önüne alınan doğrultuda enine donatının hacimsel oranı
 A_{sh} : Enine donatı alanı
 b_k : Çekirdek boyutu
 f_{yk} : Çeliğin karakteristik akma dayanımı
 f_{ck} : Betonun karakteristik basınç dayanımı
 $\epsilon_c^{(KH)}$: Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
 $\epsilon_c^{(SH)}$: Sınırlı Hasar performans düzeyi için izin verilen sargılı beton birim kısalması sınırı
 $\epsilon_s^{(GÖ)}$: Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekil değiştirmesi sınırı
 $\epsilon_s^{(KH)}$: Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekil değiştirmesi sınırı
 $\epsilon_s^{(SH)}$: Sınırlı Hasar performans düzeyi için izin verilen donatı çeliği birim şekil değiştirmesi sınırı
 M_{cr} : Kesit çatlama momenti
 M_y : Kesit akma anındaki momenti
 M_u : Kesitin nihai dayanım momenti
 ϕ_y : Akma anındaki eğrilik
 ϕ_u : Göçme öncesi nihai eğrilik
 ϕ_{cr} : Çatlama eğriliği
 L_p : Plastik mafsal boyu
 θ_y : Akma anındaki dönme
 θ_{MN} : Minimum hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı
 ϕ_{MN} : Minimum hasar performans düzeyi için izin verilen eğrilik sınırı
 θ_{GV} : Belirgin hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı
 ϕ_{GV} : Belirgin hasar performans düzeyi için izin verilen eğrilik sınırı
 $\theta_{GÇ}$: İleri hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı
 $\phi_{GÇ}$: İleri hasar performans düzeyi için izin verilen eğrilik sınırı
 $\theta_p^{(GÖ)}$: Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı
 L_s : Kesme açıklığı
 d_b : Boyuna donatı çapı
 $\theta_p^{(KH)}$: Kontrollü Hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı
 $\theta_p^{(SH)}$: Sınırlı Hasar performans düzeyi için izin verilen plastik dönme sınırı
 T_A, T_B : Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyotları

- $S(T)$: Spektrum katsayısı
 T : Bina doğal titreşim periyodu
 $A(T)$: Spektral ivme katsayısı
 A_0 : Etkin Yer ivmesi katsayısı
 I : Bina önem katsayısı
 g : Yerçekimi ivmesi
 $S_{ae}(T)$: Yatay elastik spektral ivme
 S_{DS} : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı
 S_{D1} : 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı
 T_L : Yatay elastik tasarım spektrumunda sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu
 m : Kütle
 \ddot{u} : İvme
 c : Sönüm
 \dot{u} : Hız
 k : Rijitlik
 u : Yer değiştirme
 \ddot{u}_g : Yer ivmesi
 $[C]$: Sönüm matrisi
 η : Kütleye bağlı sönüm oranı
 δ : Rijitliğe bağlı sönüm oranı
 $[M]$: Kütle matrisi
 $[K]$: Rijitlik matrisi

ÖNSÖZ

Yüksek Lisans tez çalışmamı bana öneren ve çalışmam boyunca bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım, pozitif enerjisiyle manevi olarak da bana destek olan danışmanım sayın Dr. Öğr. Üyesi Bayram Tanık Çaycı'ya teşekkürlerimi sunarım.

Öğrenim hayatım boyunca maddi ve manevi olarak hep yanımda olan sevgili aileme teşekkürlerimi borç bilirim.

Çalışmalarında bilgi paylaşımı yaptığım ve arkadaşlıklarından memnun olduğum tüm Yüksek Lisans arkadaşlarıma teşekkür ederim.

1. GİRİŞ

Deprem, dünyanın oluşumundan bu yana her dönemde çevreyi ve insanlığı tehdit eden doğal, önlenemez bir doğal afettir. Dünyada ve ülkemizde meydana gelen depremler birçok can ve mal kaybına neden olmuştur. Dünyada meydana gelen bazı büyük depremler ve can kayıpları Tablo 1.1’de verilmiştir (Kramer 2003).

Tablo 1.1: Dünyada meydana gelen bazı büyük depremler ve can kayıpları

| Tarih | Konum | Diğer İsmi | Büyüklik | Can Kaybı |
|-------|---------------|---------------------|----------|-----------|
| 1908 | İtalya | - | 7.5 | 83000 |
| 1923 | Japonya | Kanto Depremi | 7.9 | 99000 |
| 1960 | Bio-Bio, Şili | Valdivia Depremi | 9.5 | 2230 |
| 1964 | Kuzey Alaska | Good Friday Depremi | 9.2 | 131 |
| 1976 | Çin | - | 7.8 | 700000 |
| 1985 | Meksika | - | 8.1 | 9500 |
| 1995 | Japonya | Hyogo-Ken Depremi | 6.9 | 5300 |

Ülkemizde meydana gelen büyük depremler ve can kayıpları Tablo 1.2’de verilmiştir (BDTİM 2017).

Tablo 1.2: Ülkemizde meydana gelen bazı büyük depremler ve can kayıpları

| Tarih | Konum | Büyüklik | Hasarlı Bina | Can Kaybı |
|-------|----------------------|----------|--------------|-----------|
| 1939 | Erzincan | 7.9 | 116720 | 32968 |
| 1942 | Erbaa (Tokat) | 7.0 | 32000 | 3000 |
| 1943 | Ladik (Samsun) | 7.2 | 40000 | 4000 |
| 1944 | Gerede-Çerkeş (Bolu) | 7.2 | 20865 | 3959 |
| 1966 | Varto (Muş) | 6.9 | 20007 | 2396 |
| 1976 | Muradiye (Van) | 7.5 | 9232 | 3840 |
| 1999 | Gölcük (Kocaeli) | 7.8 | 73342 | 17480 |
| 1999 | Düzce | 7.5 | 35519 | 763 |
| 2011 | Van | 7.2 | 17005 | 644 |

1999’da 7.8 büyüklüğündeki Gölcük depreminde 73342 bina hasar görmüş, 17480 kişi hayatını kaybetmiştir. 2011 yılındaki 7.2 büyüklüğündeki Van depreminde ise 17005 bina hasar görmüş 644 kişi hayatını kaybetmiştir. Şekil 1.1 ve Şekil 1.2’de Gölcük ve Van depremlerindeki hasarlı bazı binalar depremin yıkıcı etkisini gözler önüne sermektedir.



Şekil 1.1: 17 Ağustos 1999 G?lc?k depreminde hasar almış bazı yapılar (Anonim)



Şekil 1.2: 2011 Van depreminde ağır hasar almış bir yapı (İnel ve diğ. 2011)

Artan bilgi birikimi ve gelişen teknoloji sayesinde binaların gerçek deprem davranışlarına yakın sonuçlar belirlemek daha kolay hale gelmiştir. Binalar bulunduğu zemin, bölgenin depremselliği vs. gibi parametreler göz önüne alınarak gerçek deprem ivme kayıtları ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler ile binaların deprem performansı gerçeğe yakın şekilde elde edilebilmektedir.

Deprem zararlarını en aza indirebilmek için de tarih içerisinde dünyada ve Türkiye’de uyulması zorunlu olan deprem yönetmelikleri yayınlanmıştır. Bu yönetmelikler yapılan araştırmalar ve bilgi birikimi arttıkça güncellenmiş günümüz gerekliliklerine uyum sağlanması hedeflenmiştir.

Ülkemizde tarih içerisinde yayımlanan deprem yönetmelikleri Tablo 1.3’de verilmiştir.

Tablo 1.3: Türkiye deprem yönetmelikleri

| Yönetmelik Adı | Yürürlük Tarihi |
|--|------------------------|
| Zelzele Mıntıklarında Yapılacak İnşaata Ait İtalyan Yapı Talimatnamesi | 1940 |
| Zelzele Mıntıkları Muvakkat Yapı Talimatnamesi | 1944 |
| Türkiye Yersarsıntısı Bölgeleri Yapı Yönetmeliği | 1949 |
| Yersarsıntısı Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik | 1953 |
| Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik | 1962 |
| Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik | 1968 |
| Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik | 1975 |
| Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik | 1998 |
| Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik | 2007 |
| Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği | 2018 |

Ülkemizde ilk deprem yönetmeliği 1939 Erzincan depremi sonrasında 1940 yılında yürürlüğe giren Zelzele Mıntıklarında Yapılacak İnşaata Ait İtalyan Yapı Talimatnamesidir (ZMYİAİYT 1940). Bu yönetmelikte deprem hesabı, yapının bulunduğu yer dikkate alınmadan tüm bölgelerde benzer şekilde yapılmaktaydı. 1945 yılında ilk deprem bölgeleri haritası yayınladıktan sonra bu tarihten sonra yayınlanan yönetmeliklerde deprem hesabında bölgenin depremselliği de dikkate alınmıştır. 1968 yılında yayımlanan deprem yönetmeliğinde (ABYYHY 1968) günümüzde kullanılan modern hesap yöntemlerine yakın yöntemler önerilmiştir. Bu yönetmelikte ilk kez betonarme yapı elemanlarının minimum boyutlarına ilişkin bilgiler verilmiştir. Sünek yapı tasarımına ilişkin detaylar 1975 deprem yönetmeliğinde (ABYYHY 1975) verilmiştir. Betonarme elemanların birleşim ve sarılma bölgeleri, sünek davranış için donatı detayları ve eleman boyutları verilmiştir. 1998 deprem yönetmeliğinde

(ABYYHY 1998) deprem durumunda binaların sünek davranışı için sünek tasarım zorunlu hale gelmiştir (Sezen ve diğ. 2000).

2007 deprem yönetmeliği (DBYBHY-2007), ABYYHY-1998 deprem yönetmeliği esas alınarak geliştirilmiştir. Bu yönetmelikte mevcut yapıların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi bölümü ilave olarak getirilmiştir.

2018 deprem yönetmeliği (TBDY-2018) ise 2007 yılından beri bilimsel çalışmaların birikimi olarak ortaya çıkmıştır. Deprem bölgesi kavramı kalmamış artık AFAD tarafından geliştirilen Türkiye Deprem Tehlike Haritası üzerinden her bölgenin depremselliği ve hesaplarda uygulanacak katsayılar buradan temin edilerek bölgeye özel deprem hesabı yapma imkânı tanımıştır. Ayrıca deprem tasarım sınıfları, bina yükseklik sınıfları gibi kavramlar getirilmiştir. Yüksek binalar ve yalıtımlı binalara ilişkin tasarım kuralları bölüm olarak eklenmiştir. Sahaya özel deprem analizleri ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan deprem hesapları özel uzmanlık gerektiren konular olarak göz önüne alınmış ve uzmanların tasarım, gözetim ve kontrolüne tabi tutulmuştur.

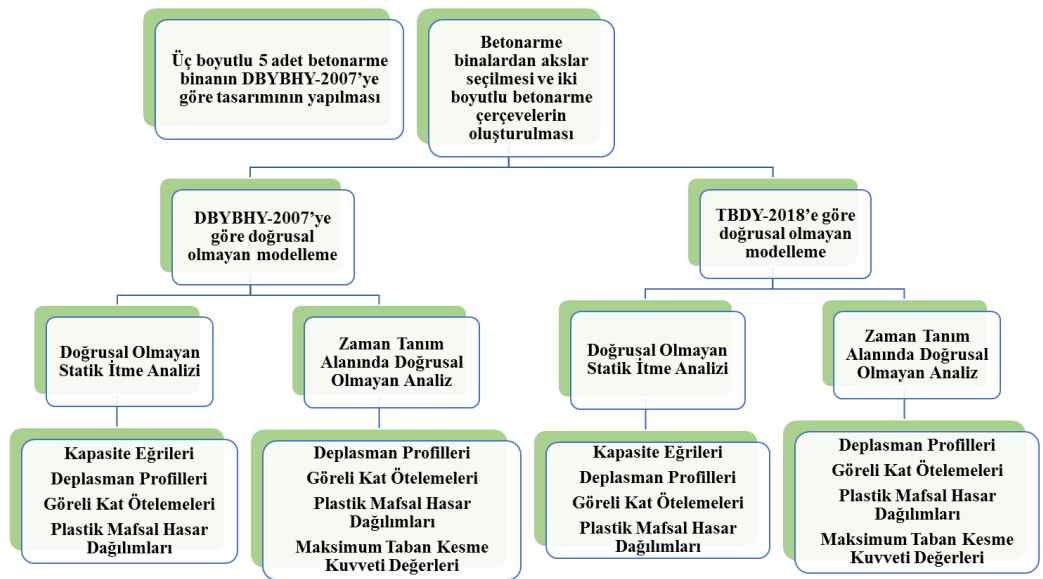
TBDY-2018'de yer alan önemli değişikliklerden biri ise doğrusal olmayan statik ve dinamik analiz yöntemlerinde kullanılan kesit hasar sınırları tanım ve hesaplarında yapılan revizyonlardır. Yapılan değişikliklerle birlikte binaların doğrusal olmayan davranış tanımlarında önemli farklar ortaya çıkmaktadır. Gerçekleştirilen çalışmanın amacı bu farkları iki yönetmelik açısından kıyaslayarak detaylı olarak değerlendirebilmektir.

Bu kapsamda 5 adet çerçek betonarme binaya ait mimari projeler kullanılarak DBYBHY-2007 kriterlerine göre 3 boyutlu tasarımları yapılmıştır. Ardından betonarme yapılardan seçilen akslardaki iki boyutlu betonarme çerçevelerin SAP2000 programı yardımıyla doğrusal olmayan modellemesi yapılmıştır. Modellemede binaların hasar sınırları tanımlanırken DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 deprem yönetmeliklerinde ilgili bölümde tanımlanan hesaplamalar esas alınmıştır. Her iki yönetmeliğe göre modellenen çerçevelerin çerçek ivme kayıtları ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri ve statik itme analizleri gerçekleştirilerek karşılaştırılmıştır.

1.1 Tezin Amacı ve Kapsam

Tezin amacı betonarme binaların DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 deprem yönetmeliklerindeki hasar sınırları göz önüne alınarak deprem performanslarının elde edilmesi ve karşılaştırılmasıdır. Bu sayede TBDY-2018 ile değişen kesit hasar sınırlarının doğrusal olmayan analiz sonuçlarına olan etkileri detaylı olarak araştırılmıştır.

Bu kapsamda 5 adet gerçek betonarme binaya ait mimari projeler kullanılarak DBYBHY-2007 kriterlerine göre 3 boyutlu tasarımları yapılmıştır. 3 boyutlu modellerden seçilen 5 adet iki boyutlu betonarme çerçevenin kesit hasar sınırları DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 deprem yönetmeliklerine göre tanımlanarak doğrusal olmayan modellemesi yapılmıştır. İki boyutlu modeller için binalardan akslar seçilirken binanın tamamını temsil edecek geometride, kolon ve kiriş boyutları, donatı düzenine dikkat edilmiştir. Döşemelerden kiriş elemanlarına gelen yükler ve iki boyutlu çerçeve modellerde kolonlara bağlanan diğer kirişlerin yükleri iki boyutlu çerçeve modellere yansıtılmıştır. Tüm modeller doğrusal olmayan statik itme analizine tabi tutulmuştur. Her model için 11 adet gerçek deprem ivme kaydı olmak üzere 10 model için toplam 110 adet x yönünde zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yapılmıştır. Analizler sonucunda deplasman talepleri kapasiteler ile karşılaştırılarak her binanın deprem performansı her iki yönetmelik için hasar sınırları dikkate alınarak belirlenmiştir. Tez kapsamındaki çalışma şeması Şekil 1.3'te verilmiştir.



Şekil 1.3: Tez kapsamındaki çalışma şeması

1.2 Literatür Özeti

Yayımlanan TBDY-2018 deprem yönetmeliği ile 2016 yılında yayımlanan taslak deprem yönetmeliği arasında büyük farklar olmayıp bazı eklemeler ve düzeltmeler yapılmıştır. Yayımlanan yönetmelik yeni olmasından dolayı 2016 yılında yayımlanan taslak üzerinde yapılan çalışmalara da değinilecektir.

Tunç ve Tanferer (2016) tarafından yapılan çalışmada TBDY-2016 ile DBYBHY-2007 ile benzerlikler ve farklılıklar mukayese edilmiştir. Burada deprem yer hareketinin tanımı, yerel zemin sınıfı tanımı, bina önem katsayısı, bina performans hedefleri, dayanıma göre tasarım esasları, bina sisteminin tasarım esasları vb. konularda yapılan değişiklikler belirtilmiştir. Ayrıca örnek betonarme 10 katlı bir ofis binası her iki yönetmeliğe göre tasarım ve analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlarda etkin rijitlik katsayılarının kullanılmasının bina salınım periyodunu ve ötelenmeleri önemli ölçüde arttırdığı gözlenmiştir. Taban kesme kuvvetlerinin azaldığı fakat dayanım fazlalığı katsayısının etkisiyle özellikle kesme kuvvetinin belirleyici olduğu perde duvar gibi yapı elemanlarının tasarım iç kuvvetlerinde %20~%25 mertebesinde artış beklendiği belirtilmiştir. Yapı tasarımı üzerine çalışan veya mezun olduktan sonra çalışacak olan inşaat mühendislerinin yeni yönetmeliğin gereksinimlerini karşılayacak eğitim altyapısına sahip olmalarının önemi belirtilmiştir.

Erdem ve Bikçe (2017) Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY-2007) ile Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği Taslağı (TBDY-2016) maksimum azaltılmış görelî kat ötelemeleri açısından karşılaştırmışlardır. Çalışmada farklı iller için maksimum azaltılmış görelî kat ötelemesindeki değişimler incelenmiştir. Sonuç olarak illerin büyük çoğunluğunda azaltılmış görelî kat ötelemelerinin sınırları ZE yerel zemin sınıfına kıyasla ZA yerel zemin sınıfı için daha yüksek olduğu görülmüştür. Çerçveler ile dolgu duvarların bağlantısının derzli olması durumunda, bu bağlantının bitişik olması durumuna göre iki kat daha fazla ötelemeye müsaade edildiği ifade edilmiştir. İllerin büyük çoğunluğunda azaltılmış görelî kat ötelemelerinin sınırları ZE yerel zemin sınıfına kıyasla ZA yerel zemin sınıfı için daha yüksek olduğu görülmüştür.

Demir ve Kayhan (2017) tarafından yapılan çalışmada Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY-2007) ile Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği ile uyumlu zaman tanım alanında analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Bu amaçla, her iki yönetmelikte yer alan gerekli koşullar dikkate alınarak ivme kaydı setleri elde edilmiş ve analizlerde kullanılmıştır. Zaman tanım alanında analizler için farklı titreşim periyodu ve yatay dayanım oranına sahip tek serbestlik dereceli sistemler kullanılmıştır. Sonuç olarak yatay dayanım oranı arttıkça, DBYBHY-2007 ile uyumlu olarak elde edilen maksimum ötelenme taleplerinin, TBDY ile uyumlu olarak elde edilen maksimum ötelenme taleplerine oranı azaldığı görülmüştür. Titreşim periyodunun, bu oran üzerinde belirgin bir etkisi olmadığı gözlenmiştir. Zemin sınıfı Z1'den Z3'e doğru değiştiğinde DBYBHY-2007 ile uyumlu olarak elde edilen maksimum ötelenme taleplerinin, TBDY ile uyumlu olarak elde edilen maksimum ötelenme taleplerine oranı azalmakta olduğu belirtilmiştir.

Çiftçi ve diğ. (2017) tarafından yapılan çalışmada, depremde orta derecede hasar görmüş 4 katlı orta yükseklikteki betonarme bir binanın hasar görmeden önceki ve sonraki durumlarının hasar olasılıkları yorumlanmıştır. Bu bağlamda her iki durum için bina üç boyutlu modellenmiş, doğrusal olmayan statik itme analizine tabi tutulmuş, görelî kat ötelemeleri ile hasar görülebilirlik olasılık eğrileri elde edilmiştir. Modellere 2011 Kütahya Simav depreminden kaydedilmiş ivme kayıtları ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler yapılmıştır. Her iki durumdaki olası hasar oranları elde edilmiş ve afet yönetimi açısından değerlendirilmiştir. Sonuç olarak depremde hasar görmüş modelin tekrar depreme maruz kalması durumunda, depremde hasar görmemiş modele göre orta hasar üstü toplam hasar oranının, DD-3 deprem düzeyi için %33, DD-2 deprem düzeyi için %30, DD-1 deprem düzeyi için ise yaklaşık olarak %15 oranında daha fazla olduğu belirtilmiştir.

Keskin ve Bozdoğan (2018) tarafından yapılan çalışmada Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY-2007) ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) Kırklareli ili için incelenmiştir. Bu bağlamda Kırklareli ilinde dikkate alınan iki farklı zemin sınıfı üzerine oturan 4 katlı bir betonarme binanın deprem analizi hem DBYBHY-2007 hem de TBDY-2018'e göre yapılmıştır. Elde edilen analiz sonuçlarından özellikle Z4 ve ZE zemin sınıfları dikkate alındığında kuvvet ve yer değiştirmelerde TBDY-2018'de önemli artışlar

olduğu görülmüştür. Ayrıca TBDY-2018'in deprem tehlikesini daha gerçekçi olarak ortaya koyduğu belirtilmiştir.

Elçi ve Göker (2018) tarafından yapılan çalışmada 2007 (DBYBHY-2007) ve 2018 (TBDY-2018) deprem yönetmelikleri betonarme kolonların deprem performansı açısından karşılaştırılmıştır. Bunun için 4 adet kolon numunesi hazırlanmıştır. Numuneler nce XTRACT betonarme kesit analiz programı ile çözülmüş ve deplasman tabanlı yükleme profili oluşturulmuştur. Daha sonra numuneler sabit eksenel yükler ve artan tersinir tekrarlı yatay yükler altında deney yapılmıştır. Deney ile numunelerin yatay kuvvet-deplasman ve moment eğrilik grafikleri elde edilmiştir. Her iki yönetmeliğe göre hasar sınırı ve hasar bölgeleri tespit edilmiştir. Sonuçta TBDY-2018'in, DBYBHY-2007'e göre daha güvenli deplasman limitleri verdiği elde edilmiştir.

DBYBHY-2007 ve öncesi deprem yönetmelikleri dikkate alınarak betonarme binalara gerçek deprem ivme kaydı kullanılarak zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analizler yapılmıştır. Analizler sonucunda binaların sismik performansını belirleyen bazı parametreler elde edilmiştir. Yapılan bu çalışmalarla ilgili kısa derlemeler aşağıda özetlenmiştir.

İnel ve diğ. (2016) tarafından yapılan çalışmada mevcut yapı stokundaki düşük ve orta yükseklikteki binaların ülkemizde meydana gelen gerçek yer hareketi kayıtlarını kullanarak elde edilen deplasman talep ve kapasiteleri karşılaştırılarak binaların sismik performansının değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca DBYBHY-2007'ye göre 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan tasarım depremi seçilerek Z3 zemin sınıfı için talep spektrumu elde edilmiştir. Çalışmada lkemizdeki deprem riski yüksek bölgelerden seçilen 2, 4 ve 7 katlı perde içermeyen tipik kolon kirişli betonarme yapılar kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan modeller 500 gerçek betonarme yapıyı temsil etmektedir. Toplamda 72 adet 3 boyutlu bina modeli kullanılmıştır. Düşük ve orta yükseklikteki modeller oluşturulurken yapısal düzensizlikler, beton dayanımı, deprem yönetmelikleri, yapısal eksiklikler, enine donatı düzenlenmesi, kat sayıları dikkate alınmıştır. Doğrusal olmayan statik analizlerle 2 yönde toplam 144 adet kapasite eğrisi elde edilmiştir. Yapıların kapasite eğrileri elde edilirken modeller eşdeğer tek serbestlik dereceli sistemler kullanılmıştır. Modellerin deplasman taleplerini tahmin etmek için ülkemizde kaydedilmiş gerçek yer hareketi kayıtları kullanılarak zaman

tanım alanında doğrusal olmayan analizler gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar göstermiştir ki ülkemizde kullanılan önceki deprem yönetmeliklerine göre tasarlanan binalar can güvenliği performans düzeyini göstermiş, sonraki yönetmeliklerde ise binalar daha iyi bir performans göstermiştir.

Palancı ve diğ. (2016) tarafından yapılan çalışmada 1999 Türk Deprem Yönetmeliği ve önceki deprem yönetmelikleri ile inşa edilmiş mevcut 8 betonarme bina seçilmiş, seçilen yapıların kapasite eğrileri elemanların gevrek kesme kapasiteleri dikkate alınarak ve alınmadan elde edilmiştir. Yapıların sismik ötelenme talepleri hem dayanım azaltma faktörü (R), süneklik (μ) ve periyot (T) gibi parametrelere dayandırılan talep tahmini methodları ($R-\mu-T$), hem de sönüm tabanlı tahmin methodları ile elde edilmiştir. Sonuç olarak sadece kapasite tahmin methodları değil aynı zamanda talep tahmin yaklaşımları da yapıların performansını önemli ölçüde etkilediği belirtilmiştir. Elemanların kesme kapasitesini içeren veya içermeyen mevcut doğrusal olmayan yapı modelleri dayanım ve deformasyon kapasitesini ve böylece binaların performansını önemli ölçüde etkilemiştir.

İnel ve diğ. (2018) tarafından yapılan çalışmada doğrusal olmayan statik ve dinamik analizlerin kabul edilebilirlik limitlerini, avantajlarını ve dezavantajlarını daha iyi anlamak için mevcut yapı stokunda bulunan düşük ve orta yükseklikteki yapılara statik itme ve doğrusal olmayan zaman tanım alanında analizler yapılmış ve sonuçları karşılaştırılmıştır. Çalışmada kullanılan Türkiye’de bulunan DBYBHY-2007 ve daha önceki deprem yönetmelikleri esaslarına göre tasarlanmış 4 ve 7 katlı düşük ve orta yükseklikteki 475 konut binası mevcut yapı stokunu temsil etmektedir. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerde geçmişte yaşanmış yıkıcı depremlerden oluşan 8 adet yer ivmesi kaydı kullanılmıştır. Sonuç olarak statik itme analizinin orta seviyedeki depremler için zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz sonuçlarını yansıttığı söylenebileceği belirtilmiş fakat yer hareketi güçlendikçe sonuçlarda sapmalar olduğu vurgulanmıştır. Statik itme analizinin sırasıyla düşük ve orta yükseklikteki yapılar için yaklaşık olarak %1, %1.5 katlar arası görelî ötelenme oranına tekabül eden %1, %0.75 üzerindeki çatı görelî ötelenme oranında oldukça makul tahminler vermekte olduğu belirtilmiştir. Bu limitler üzerindeki statik itme analizi yanıltıcı sonuçlar vermektedir.

Palancı ve diğ. (2018) tarafından yapılan çalışmada mevcut yapı stokunu temsil eden 1975 Türk Deprem Yönetmeliği ile tasarlanmış 3 adet 5 katlı orta yükseklikteki betonarme binalar, deprem yönetmeliği ile uyumlu gerçek ivme kayıtları kullanarak doğrusal olmayan zaman tanım alanında analiz edilmiş ve görelî kat ötelemeleri talepleri istatistik olarak değerlendirilmiştir. Yer ivme kaydı sayısının görelî kat öteleme talepleri üzerindeki etkisini değerlendirmek için 5 farklı yer ivme kaydı seti ile 7,11 ve 15 adet yer ivmesi kayıtları her zemin sınıfı için ayrı ayrı kullanılmıştır. Sonuç olarak yer ivme kayıtları ile hesaplanan görelî kat öteleme oranı taleplerinin dağılımı yüksek olduğu ve yerel zemin sınıfının dağılımında önemli etkisi olmadığı belirlenmiştir. Aynı tasarım spektrumu ile uyumlu olmasına rağmen görelî kat öteleme oranı taleplerinin ortalaması farklı olabilmektedir.

Dilmaç ve diğ (2018) tarafından yapılan çalışmada dolgu duvarların mevcut yapıların deprem performansı üzerindeki etkisi DBYBHY-2007 gereklilikleri dikkate alınarak incelenmiştir. Çalışmada dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız 120 adet betonarme konut binasının deprem performansı seviyeleri statik itme analizi ile belirlenmiştir. Statik itme analizi eğrileri dolgu duvarların betonarme binaların deprem performansı üzerindeki etkisi dikkate alınarak elde edilmiştir. Analizler sonuçlarında dolgu duvarların yapıların kesme kapasitesi ve görelî kat ötelemeleri üzerinde çok önemli etkisi olduğu belirlenmiştir. Dolgu duvarlar yapıların yatay yük taşıma kapasitesini artırdığı belirtilmiştir. Özetle dolgu duvarların rijitlik, çatı deplasmanı ve yapıların deprem performansını oldukça faydalı yönde etkilediği belirlenmiştir.

Betonarme binaların sismik risk değerlendirmesi ile ilgili yabancı yazarlara ait birçok çalışma da bulunmaktadır. Çalışmalarda yapılan değerlendirmelerde binaların bulunduğu farklı bölgelerin depremselliği göz önünde bulundurularak o bölgeler için geçerli deprem yönetmelikleri dikkate alınarak binaların deprem performansı değerlendirilmiştir.

Lu ve diğ. (2013) tarafından yapılan çalışmada Çin'deki orta katlı mevcut yapıları temsil eden Çin'deki yapı yönetmeliklerine göre tasarlanmış 5 katlı bir betonarme binanın sismik talep ve hasar tehlikesini değerlendirilmiştir. Sismik talepler için hasar görülebilirlik parametrelerini elde edebilmek amacıyla temsili betonarme bina gerçek depremlerden kaydedilmiş 100 adet yer ivmesi ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yapılmıştır. Limit durumlar statik itme analizi ile

belirlenmiştir. Sonuç olarak kapasite rastgeleliği ve deprem ivme kaydı seçimleri sismik hasar görebilirlik üzerinde oldukça açık etki gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca betonarme binalarda farklı limit durumlar için 50 yıl içerisinde meydana gelebilecek hasar olasılıkları için Çin deprem yönetmeliğinin uygun olasılıksal güvenilirlik gerekliliklerinin sağladığı belirlenmiştir.

Ghosh ve Chakraborty (2016) tarafından yapılan çalışmada kuzeydoğu Hindistan bölgesindeki Guwahati şehrinde mevcut yapıları temsil eden 7 katlı betonarme bir binanın sismik risk değerlendirmesi yapılmıştır. İlk olarak tehlike eğrilerini elde edebilmek için alana özel olasılıksal sismik tehlike analizi ve düzgün seçilmiş yer ivme kayıtları ile doğrusal olmayan zaman tanım alanında analiz yapılmıştır. Daha sonra her özel ivme kaydı için görel kat ötelemeleri talepleri elde edilmiştir. Bölgedeki kaydedilmiş gerçek ivme kaydı az olduğu için ivme kaydı kaynağını desteklemek için sentetik ve yapay ivme kayıtları üretilmiştir. Daha sonra çeşitli limit durumları için olasılıksal yapısal kapasite parametreleri rastgele statik itme analizleri ile elde edilmiştir. Sismik tehlike, talep ve kapasite parametrelerine dayanan farklı yapısal performans seviyelerine tekabül eden, hasar görebilirlik eğrileri elde edilmiştir. Temsili yapının yıllık hasarı tahmin edilmiştir. Sonuçlar göstermiştir ki çalışmada kullanılan orta seviye temel periyoda sahip orta katlı betonarme çerçeve yapı elastik ötesi davranış göstermesi muhtemeldir. Fakat Hindistan yapı yönetmeliklerine göre tasarlanan bu tür yapıların tamamen göçme ve hayati tehlike risklerini önlemede yeterli olması bekleneceği belirtilmiştir.

Goda ve Tesfamariam (2017) tarafından yapılan çalışmada Cascadia dalma batma zonu bölgesinde 4 katlı sünek olmayan betonarme bir yapının sığ kabuk, derin levha ve büyük Cascadia yüzey depremleri olarak isimlendirilen 3 tip deprem etkisi altında performans bazlı deprem mühendisliği çalışması yapılmıştır. Çalışmada deprem etkisi ile oluşan temel şok ve şok sonrası sonuçlar dikkate alınmıştır. Çok kriterli sismik performans değerlendirmesi için çok değişkenli sismik talep modelleri kullanılmıştır. Toplamda 50 adet gerçek yer ivmesi kaydı kullanılmıştır. Sonuç olarak kayıp değerlendirmesinde yer hareketi kaynağının önemi vurgulanmıştır. Depremden kaynaklanan şok öncesi ve şok sonrası etkiler ve çok değişkenli sismik talep modelleri için beklenen sismik kayıp oranı %10 mertebelerindedir. Çalışmanın gelecekteki deprem riski yönetimi için kullanılabilir bir yöntem önerdiği belirtilmiştir.

Noh ve Tesfamariam (2018) tarafından yapılan çalışmada betonarme moment taşıyan çerçeve binaların deprem yükleri altında göçme riski değerlendirmesi yapılmıştır. Çalışmada kullanılan binalar, mevcut düşük ve orta katlı yapıları temsil eden 3 ve 6 katlı düzenli betonarme binalar, donatısız dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız olarak Kanada Ulusal Yapı Yönetmeliği ve 2014 Kanada Standartları Kurulu'nun deprem riski yüksek bölgeler için kullandığı standartlar dikkate alınarak tasarlanmıştır. Tasarımda sünek ve orta sünek olmak üzere iki farklı süneklilik sınıfı dikkate alınmıştır. Binaların göçme tepkilerini değerlendirmek için 50 adet ivme kaydı kullanılarak doğrusal olmayan dinamik analiz uygulanmıştır. Daha sonra artımlı dinamik analiz uygulanarak sismik hasar görülebilirlik eğrileri elde edilmiştir. Sonuç olarak betonarme dolgu duvarsız yapıların kat sayısı arttıkça deprem kaynaklı göçmelere daha duyarlı olduğu belirtilmiştir. Orta sünek betonarme yapılar sünek betonarme yapılar ile kıyaslandığında daha iyi göçme performansı göstermiştir.

Pavel ve diğ. (2019) tarafından yapılan çalışmada Romanya'nın Bükreş bölgesindeki sismik koşullar dikkate alınarak tasarlanan betonarme çerçeve yapıların göçme olasılığı değerlendirilmiştir. Çalışmada Romanya deprem yönetmeliği ile uyumlu 7 katlı betonarme çerçeve bir yapı kullanılmıştır. Değerlendirmeler hem statik hem de dinamik doğrusal olmayan analizlerle yapılmıştır. Analiz edilen yapılarda malzeme dayanımlarında ve düşey yüklerdeki belirsizlikler dikkate alınarak 1000 adet statik itme eğrisi oluşturulmuştur. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler her statik itme analizi eğrisiden türetilen eşdeğer tek serbestlik dereceli sistemler ile yapılmıştır. Daha sonra Vrancea bölgesinde oluşan orta derinlikteki en büyük 3 depremi temsil eden 20 adet yer hareketi yatay bileşeni kullanılarak zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler yapılmıştır. Çalışma sonucunda literatürdeki diğer çalışmaları da temsil eden yıllık göçme olasılığı %0.3 ile %0.006 mertebelerinde olduğu tespit edilmiştir. Göçmeyi etkileyen en önemli parametreler beton basınç dayanımı ve betonun Young modülü olduğu belirtilmiştir.

1.3 Tez Düzeni

Çalışmanın birinci bölümünde tezin amacı ve kapsamı, çalışma ile ilgili genel bilgiler verilmiştir.

İkinci bölümde ise çalışmada kullanılan modellere ait bilgiler ve doğrusal olmayan modelleme ile ilgili bilgiler verilmiştir.

Üçüncü bölümde çalışmada uygulanan analizlerde kullanılan deprem ivme kayıtları ve özellikleri verilmiştir. DBYBHY-2007 VE TBDY-2018 yönetmeliklerine ait spektral ivme grafikleri, deprem ivme kayıtlarının spektral ivme grafikleri ile birlikte verilmiştir.

Dördüncü bölümde çalışma kapsamında kullanılan analiz yöntemleri açıklanmıştır.

Beşinci bölümde analiz sonuçları başlıklar halinde ayrı ayrı verilmiştir.

Altıncı bölümde ise analiz sonuçları değerlendirilmiş ve önerilebilecek yaklaşımlar dile getirilmiştir.

2. BİNA ÖZELLİKLERİ VE MODELLEME

2.1 Bina Genel Özellikleri

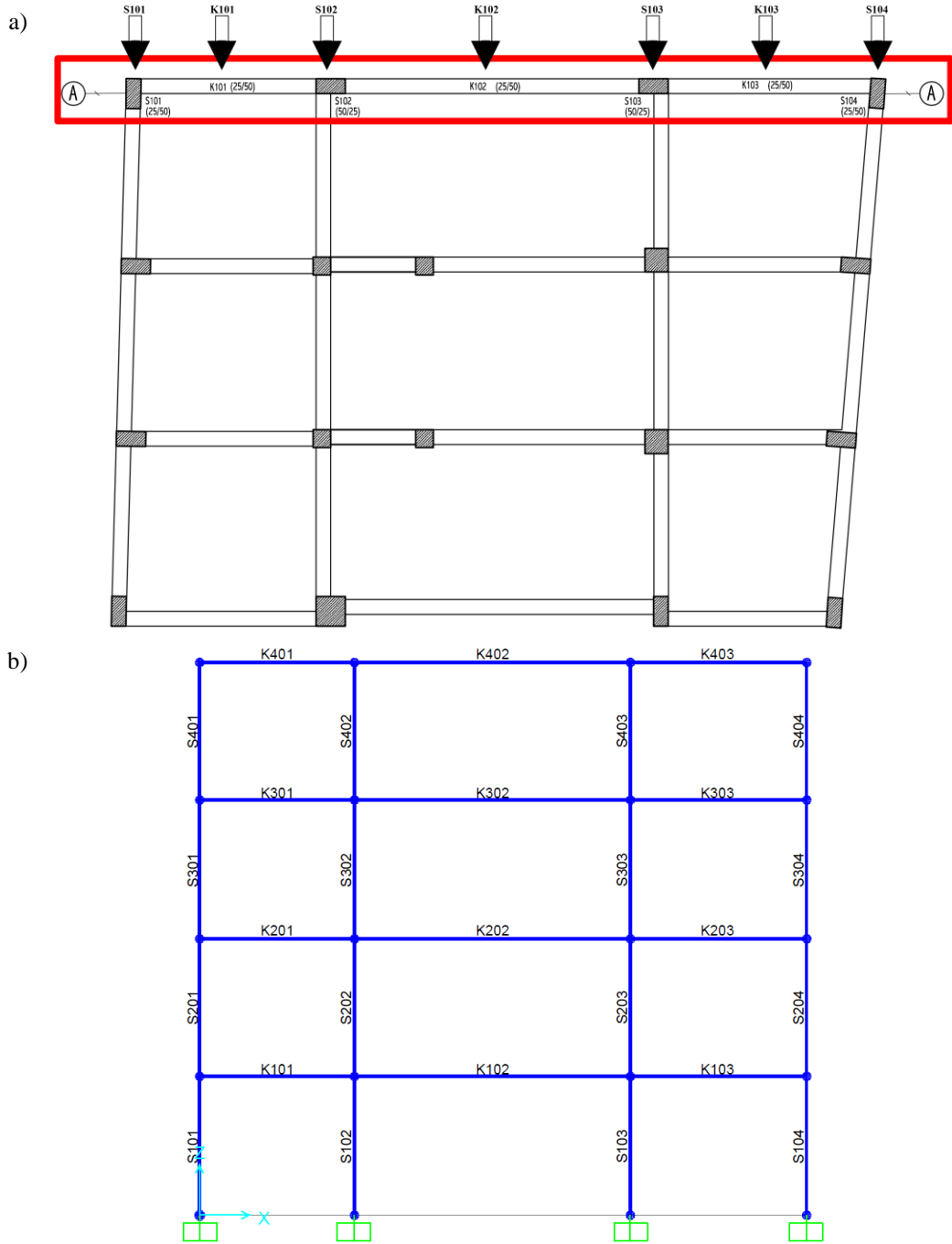
Gerçekleştirilen çalışmada DBYBHY-2007'ye göre tasarlanmış 5 farklı betonarme çerçeve bina dikkate alınmıştır. Çalışma kapsamında kullanılan binalara ait özellikler Tablo 2.1'de yer almaktadır. Tablo 2.1 incelendiğinde Model 4 dışındaki modellerde iki yönetmelik arasındaki model periyot değişimlerinin %10 bandında gerçekleştiği görülmektedir. Model 4 binasında asma kat olması nedeniyle kat yüksekliği 2. katta 4.4 metre, diğer katlarda ise 2.7 metredir. Bölüm 2.3.2.1'de detaylı olarak yer alan çatlama kesit rijitliği hesabında her iki yönetmelik arasında farklılıklar bulunmaktadır. Model 4 binası kolon eksenel yük oranlarının düşük olması nedeniyle DBYBHY-2007 yönetmeliğine göre çatlama kesit rijitlikleri oldukça düşük hesaplanmıştır. Özellikle 2. katta asma kat nedeniyle kat yüksekliğinin, dolayısıyla eğilme rijitliğinin azalmasının etkisiyle, iki yönetmelik arasındaki periyot farklılıkları artmıştır.

Tablo 2.1: Betonarme binaların genel özellikleri

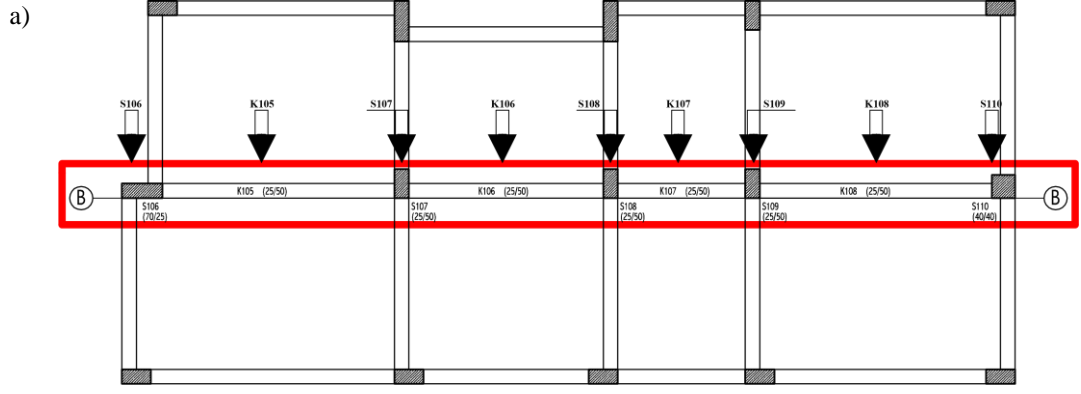
| Bina Adı | Beton Sınıfı | Donatı Sınıfı | Kat Sayısı | Kat Yüksekliği (m) | Bina Yüksekliği (m) | Bina Hâkim Periyodu (sn) | | Oran |
|----------------|--------------|---------------|------------|--|---------------------|--------------------------|-----------|------|
| | | | | | | DBYBHY-2007 | TBDY-2018 | |
| Model 1 | C20 | S420 | 4 | 2.9 m | 11.6 m | 0.59 | 0.55 | 1.07 |
| Model 2 | C20 | S420 | 5 | 1. ve 2. Katlar 2.5 m 3. Kat 2.3 m 4. ve 5. Katlar 2.8 m | 12.9 m | 0.68 | 0.66 | 1.03 |
| Model 3 | C25 | S420 | 4 | 2.8 m | 11.2 m | 0.67 | 0.61 | 1.10 |
| Model 4 | C25 | S420 | 5 | 1, 3, 4 ve 5. Katlar 2.7 m 2. Kat 4.4 m | 15.2 m | 0.97 | 0.84 | 1.15 |
| Model 5 | C20 | S420 | 6 | 2.8 m | 16.8 m | 1.25 | 1.28 | 0.98 |

2.2 Kullanılan Bina Modelleri ve Modellerden Seçilen Akslardan Çıkarılan İki Boyutlu Çerçeve Modeller

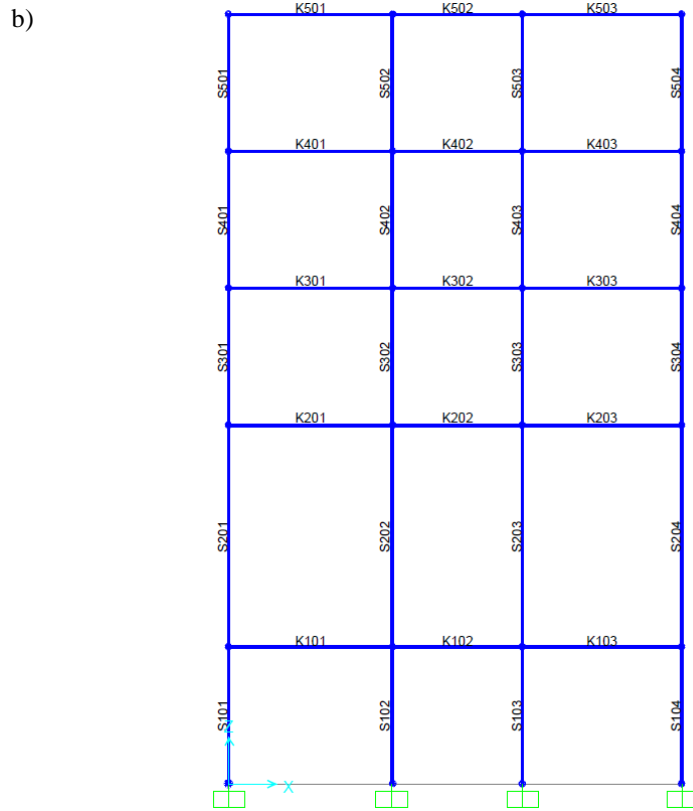
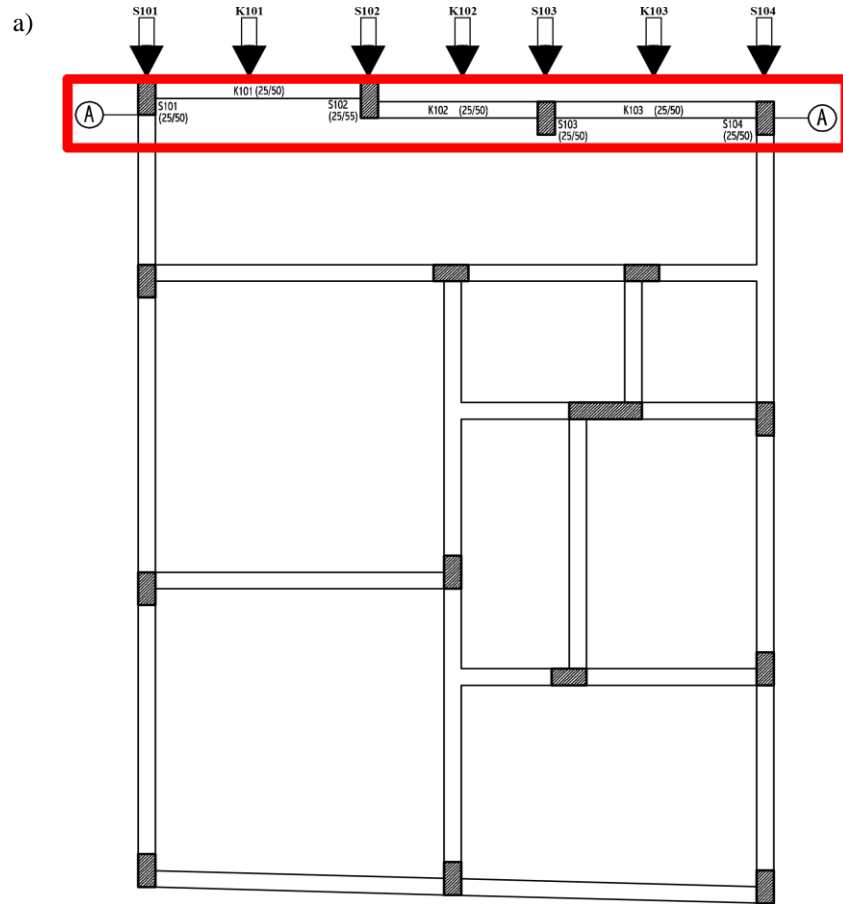
Genel özellikleri verilen betonarme binaların kalıp planları Şekil 2.1 – Şekil 2.5'te verilmiştir. Kalıp planları üzerinde seçilen akslar da şekiller üzerinde belirtilmiştir. Seçilen akslardaki 2 boyutlu çerçeve betonarme sistemler SAP 2000 (CSI, SAP2000) programı ile modellenmiştir.



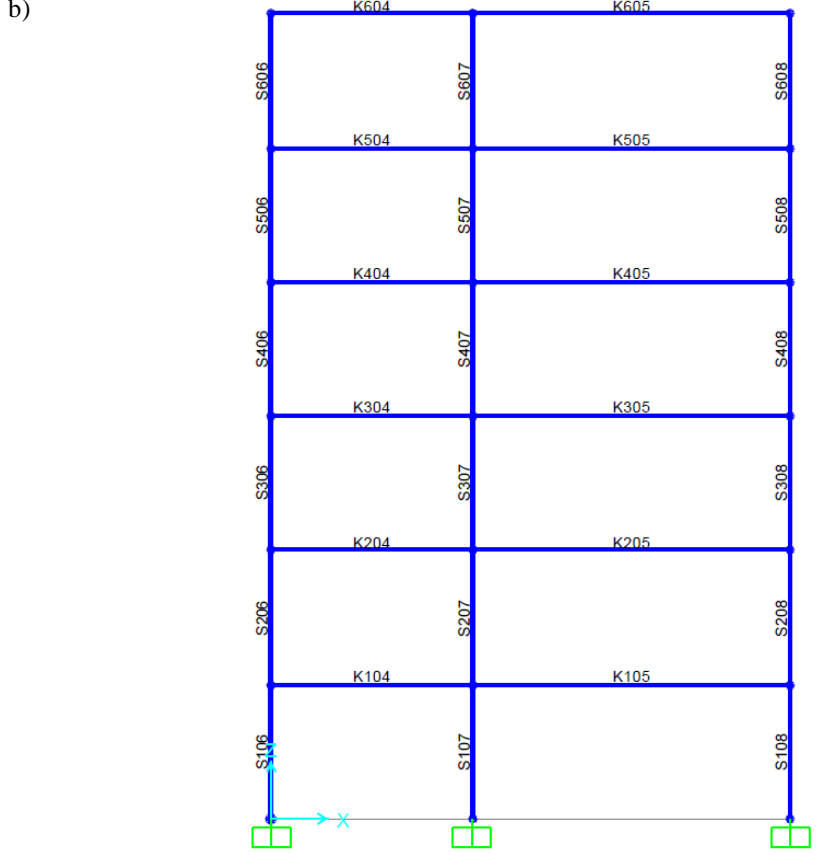
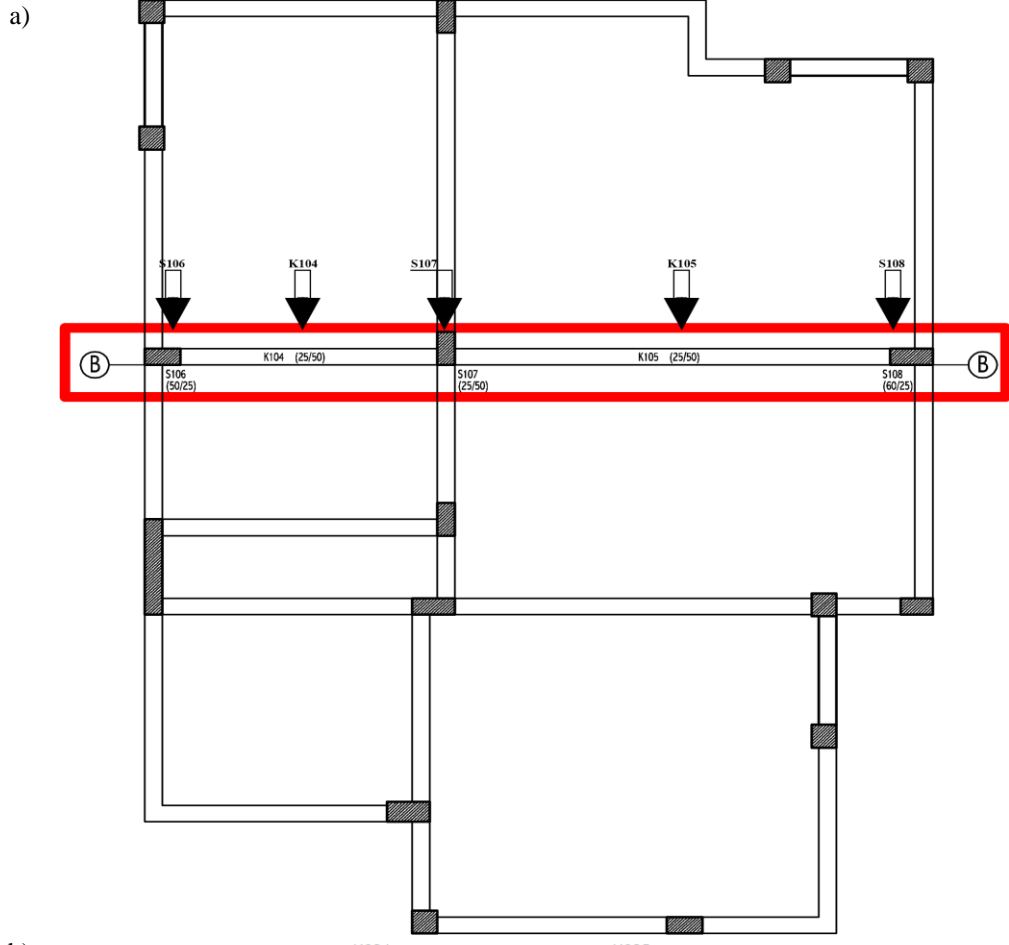
Şekil 2.1: a) Model 1 kalıp planı b) A-A aksı)



Şekil 2.3: a) Model 3 kalıp planı b) B-B aksı



Şekil 2.4: a) Model 4 kalıp planı b) A-A aksı



Şekil 2.5: a) Model 5 kalıp planı b) B-B aksı

2.3 Eleman Boyutları ve Modelleme

2.3.1 Eleman Boyutları

İki boyutlu çerçeve modellerin boyutları Tablo 2.2-2.11’de gösterilmiştir.

Tablo 2.2: Model 1 kolon boyut ve donatı tablosu

| Kolon Adı | Boyutlar | | Donatı | |
|-----------|----------|--------|-----------------|----------------|
| | b (cm) | h (cm) | Başlık Donatısı | Gövde Donatısı |
| S101 | 25 | 50 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S102 | 50 | 25 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S103 | 50 | 25 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S104 | 25 | 50 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S201 | 25 | 50 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S202 | 50 | 25 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S203 | 50 | 25 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S204 | 25 | 50 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S301 | 25 | 50 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S302 | 50 | 25 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S303 | 50 | 25 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S304 | 25 | 50 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S401 | 25 | 50 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S402 | 50 | 25 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S403 | 50 | 25 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S404 | 25 | 50 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |

Tablo 2.3: Model 1 kiriş boyut ve donatı tablosu

| Kiriş | b (cm) | h (cm) | Sol Mesnet | | Sağ Mesnet | |
|-------|--------|--------|------------|------|------------|------|
| | | | Üst | Alt | Üst | Alt |
| K101 | 25 | 50 | 4Ø12 | 4Ø12 | 4Ø12 | 4Ø12 |
| K102 | 25 | 50 | 4Ø12 | 4Ø12 | 4Ø12 | 4Ø12 |
| K103 | 25 | 50 | 4Ø12 | 4Ø12 | 4Ø12 | 4Ø12 |
| K201 | 25 | 50 | 4Ø12 | 4Ø12 | 4Ø12 | 4Ø12 |
| K202 | 25 | 50 | 4Ø12 | 4Ø12 | 4Ø12 | 4Ø12 |
| K203 | 25 | 50 | 4Ø12 | 4Ø12 | 4Ø12 | 4Ø12 |
| K301 | 25 | 50 | 4Ø12 | 4Ø12 | 4Ø12 | 4Ø12 |
| K302 | 25 | 50 | 4Ø12 | 4Ø12 | 4Ø12 | 4Ø12 |
| K303 | 25 | 50 | 4Ø12 | 4Ø12 | 4Ø12 | 4Ø12 |
| K401 | 25 | 50 | 4Ø12 | 4Ø12 | 4Ø12 | 4Ø12 |
| K402 | 25 | 50 | 4Ø12 | 4Ø12 | 4Ø12 | 4Ø12 |
| K403 | 25 | 50 | 4Ø12 | 4Ø12 | 4Ø12 | 4Ø12 |

Tablo 2.4: Model 2 kolon boyut ve donatı tablosu

| Kolon Adı | Boyutlar | | Donatı | |
|-----------|----------|--------|-----------------|----------------|
| | b (cm) | h (cm) | Başlık Donatısı | Gövde Donatısı |
| S118 | 25 | 50 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S119 | 60 | 30 | 2x4Ø14 | 2x3Ø14 |
| S120 | 30 | 50 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S121 | 30 | 50 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S122 | 60 | 35 | 2x4Ø14 | 2x3Ø14 |
| S123 | 25 | 50 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S218 | 25 | 50 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S219 | 60 | 30 | 2x4Ø14 | 2x3Ø14 |
| S220 | 30 | 50 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S221 | 30 | 50 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S222 | 60 | 35 | 2x4Ø14 | 2x3Ø14 |
| S223 | 25 | 50 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S318 | 25 | 50 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S319 | 60 | 30 | 2x4Ø14 | 2x3Ø14 |
| S320 | 30 | 50 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S321 | 30 | 50 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S322 | 60 | 35 | 2x4Ø14 | 2x3Ø14 |
| S323 | 25 | 50 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S418 | 25 | 50 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S419 | 60 | 30 | 2x4Ø14 | 2x3Ø14 |
| S420 | 30 | 50 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S421 | 30 | 50 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S422 | 60 | 35 | 2x4Ø14 | 2x3Ø14 |
| S423 | 25 | 50 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S518 | 25 | 50 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S519 | 60 | 30 | 2x4Ø14 | 2x3Ø14 |
| S520 | 30 | 50 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S521 | 30 | 50 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S522 | 60 | 35 | 2x4Ø14 | 2x3Ø14 |
| S523 | 25 | 50 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |

Tablo 2.5: Model 2 kiriş boyut ve donatı tablosu

| Kiriş | b (cm) | h (cm) | Sol Mesnet | | Sağ Mesnet | |
|-------|--------|--------|------------|------|------------|------|
| | | | Üst | Alt | Üst | Alt |
| K113 | 25 | 50 | 4Φ12 | 4Φ12 | 4Φ12 | 4Φ12 |
| K114 | 25 | 50 | 5Φ12 | 4Φ12 | 5Φ12 | 4Φ12 |
| K115 | 25 | 50 | 3Φ12 | 3Φ12 | 3Φ12 | 3Φ12 |
| K116 | 25 | 50 | 4Φ12 | 4Φ12 | 4Φ12 | 4Φ12 |
| K117 | 25 | 50 | 4Φ12 | 4Φ12 | 4Φ12 | 4Φ12 |
| K213 | 25 | 50 | 4Φ12 | 4Φ12 | 4Φ12 | 4Φ12 |
| K214 | 25 | 50 | 5Φ12 | 4Φ12 | 5Φ12 | 4Φ12 |
| K215 | 25 | 50 | 3Φ12 | 3Φ12 | 3Φ12 | 3Φ12 |
| K216 | 25 | 50 | 4Φ12 | 4Φ12 | 4Φ12 | 4Φ12 |
| K217 | 25 | 50 | 4Φ12 | 4Φ12 | 4Φ12 | 4Φ12 |
| K313 | 25 | 50 | 4Φ12 | 4Φ12 | 4Φ12 | 4Φ12 |
| K314 | 25 | 50 | 5Φ12 | 4Φ12 | 5Φ12 | 4Φ12 |
| K315 | 25 | 50 | 3Φ12 | 3Φ12 | 3Φ12 | 3Φ12 |
| K316 | 25 | 50 | 4Φ12 | 4Φ12 | 4Φ12 | 4Φ12 |
| K317 | 25 | 50 | 4Φ12 | 4Φ12 | 4Φ12 | 4Φ12 |
| K413 | 25 | 50 | 4Φ12 | 4Φ12 | 4Φ12 | 4Φ12 |
| K414 | 25 | 50 | 5Φ12 | 4Φ12 | 5Φ12 | 4Φ12 |
| K415 | 25 | 50 | 3Φ12 | 3Φ12 | 3Φ12 | 3Φ12 |
| K416 | 25 | 50 | 4Φ12 | 4Φ12 | 4Φ12 | 4Φ12 |
| K417 | 25 | 50 | 4Φ12 | 4Φ12 | 4Φ12 | 4Φ12 |
| K513 | 25 | 50 | 4Φ12 | 4Φ12 | 4Φ12 | 4Φ12 |
| K514 | 25 | 50 | 5Φ12 | 4Φ12 | 5Φ12 | 4Φ12 |
| K515 | 25 | 50 | 3Φ12 | 3Φ12 | 3Φ12 | 3Φ12 |
| K516 | 25 | 50 | 4Φ12 | 4Φ12 | 4Φ12 | 4Φ12 |
| K517 | 25 | 50 | 4Φ12 | 4Φ12 | 4Φ12 | 4Φ12 |

Tablo 2.6: Model 3 kolon boyut ve donatı tablosu

| Kolon Adı | Boyutlar | | Donatı | |
|-----------|----------|--------|-----------------|----------------|
| | b (cm) | h (cm) | Başlık Donatısı | Gövde Donatısı |
| S106 | 70 | 25 | 2x3Ø14 | 2x3Ø14 |
| S107 | 25 | 50 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S108 | 25 | 50 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S109 | 25 | 50 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S110 | 40 | 40 | 2x4Ø14 | 2x2Ø14 |
| S206 | 70 | 25 | 2x3Ø14 | 2x3Ø14 |
| S207 | 25 | 50 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S208 | 25 | 50 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S209 | 25 | 50 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S210 | 40 | 40 | 2x4Ø14 | 2x2Ø14 |
| S306 | 70 | 25 | 2x3Ø14 | 2x3Ø14 |
| S307 | 25 | 50 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S308 | 25 | 50 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S309 | 25 | 50 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S310 | 40 | 40 | 2x4Ø14 | 2x2Ø14 |
| S406 | 70 | 25 | 2x3Ø14 | 2x3Ø14 |
| S407 | 25 | 50 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S408 | 25 | 50 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S409 | 25 | 50 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S410 | 40 | 40 | 2x4Ø14 | 2x2Ø14 |

Tablo 2.7: Model 3 kiriş boyut ve donatı tablosu

| Kiriş | b (cm) | h (cm) | Sol Mesnet | | Sağ Mesnet | |
|-------|--------|--------|------------|------|------------|------|
| | | | Üst | Alt | Üst | Alt |
| K105 | 25 | 50 | 4Ø12 | 3Ø12 | 4Ø12 | 3Ø12 |
| K106 | 25 | 50 | 3Ø12 | 3Ø12 | 3Ø12 | 3Ø12 |
| K107 | 25 | 50 | 3Ø12 | 3Ø12 | 3Ø12 | 3Ø12 |
| K108 | 25 | 50 | 3Ø12 | 3Ø12 | 3Ø12 | 3Ø12 |
| K205 | 25 | 50 | 4Ø12 | 3Ø12 | 4Ø12 | 3Ø12 |
| K206 | 25 | 50 | 3Ø12 | 3Ø12 | 3Ø12 | 3Ø12 |
| K207 | 25 | 50 | 3Ø12 | 3Ø12 | 3Ø12 | 3Ø12 |
| K208 | 25 | 50 | 3Ø12 | 3Ø12 | 3Ø12 | 3Ø12 |
| K305 | 25 | 50 | 4Ø12 | 3Ø12 | 4Ø12 | 3Ø12 |
| K306 | 25 | 50 | 3Ø12 | 3Ø12 | 3Ø12 | 3Ø12 |
| K307 | 25 | 50 | 3Ø12 | 3Ø12 | 3Ø12 | 3Ø12 |
| K308 | 25 | 50 | 3Ø12 | 3Ø12 | 3Ø12 | 3Ø12 |
| K405 | 25 | 50 | 4Ø12 | 3Ø12 | 4Ø12 | 3Ø12 |
| K406 | 25 | 50 | 3Ø12 | 3Ø12 | 3Ø12 | 3Ø12 |
| K407 | 25 | 50 | 3Ø12 | 3Ø12 | 3Ø12 | 3Ø12 |
| K408 | 25 | 50 | 3Ø12 | 3Ø12 | 3Ø12 | 3Ø12 |

Tablo 2.8: Model 4 kolon boyut ve donatı tablosu

| Kolon Adı | Boyutlar | | Donatı | |
|-----------|----------|--------|-----------------|----------------|
| | b (cm) | h (cm) | Başlık Donatısı | Gövde Donatısı |
| S106 | 70 | 25 | 2x3Ø14 | 2x3Ø14 |
| S107 | 25 | 50 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S108 | 25 | 50 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S109 | 25 | 50 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S110 | 40 | 40 | 2x4Ø14 | 2x2Ø14 |
| S206 | 70 | 25 | 2x3Ø14 | 2x3Ø14 |
| S207 | 25 | 50 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S208 | 25 | 50 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S209 | 25 | 50 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S210 | 40 | 40 | 2x4Ø14 | 2x2Ø14 |
| S306 | 70 | 25 | 2x3Ø14 | 2x3Ø14 |
| S307 | 25 | 50 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S308 | 25 | 50 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S309 | 25 | 50 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S310 | 40 | 40 | 2x4Ø14 | 2x2Ø14 |
| S406 | 70 | 25 | 2x3Ø14 | 2x3Ø14 |
| S407 | 25 | 50 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S408 | 25 | 50 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S409 | 25 | 50 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S410 | 40 | 40 | 2x4Ø14 | 2x2Ø14 |

Tablo 2.9: Model 4 kiriş boyut ve donatı tablosu

| Kiriş | b (cm) | h (cm) | Sol Mesnet | | Sağ Mesnet | |
|-------|--------|--------|------------|------|------------|------|
| | | | Üst | Alt | Üst | Alt |
| K101 | 25 | 50 | 4Ø12 | 3Ø12 | 4Ø12 | 3Ø12 |
| K102 | 25 | 50 | 4Ø12 | 3Ø12 | 4Ø12 | 3Ø12 |
| K103 | 25 | 50 | 4Ø12 | 3Ø12 | 4Ø12 | 3Ø12 |
| K201 | 25 | 50 | 4Ø12 | 3Ø12 | 4Ø12 | 3Ø12 |
| K202 | 25 | 50 | 4Ø12 | 3Ø12 | 4Ø12 | 3Ø12 |
| K203 | 25 | 50 | 4Ø12 | 3Ø12 | 4Ø12 | 3Ø12 |
| K301 | 25 | 50 | 4Ø12 | 3Ø12 | 4Ø12 | 3Ø12 |
| K302 | 25 | 50 | 4Ø12 | 3Ø12 | 4Ø12 | 3Ø12 |
| K303 | 25 | 50 | 4Ø12 | 3Ø12 | 4Ø12 | 3Ø12 |
| K401 | 25 | 50 | 4Ø12 | 3Ø12 | 4Ø12 | 3Ø12 |
| K402 | 25 | 50 | 4Ø12 | 3Ø12 | 4Ø12 | 3Ø12 |
| K403 | 25 | 50 | 4Ø12 | 3Ø12 | 4Ø12 | 3Ø12 |
| K501 | 25 | 50 | 4Ø12 | 3Ø12 | 4Ø12 | 3Ø12 |
| K502 | 25 | 50 | 4Ø12 | 3Ø12 | 4Ø12 | 3Ø12 |
| K503 | 25 | 50 | 4Ø12 | 3Ø12 | 4Ø12 | 3Ø12 |

Tablo 2.10: Model 5 kolon boyut ve donatı tablosu

| Kolon Adı | Boyutlar | | Donatı | |
|-----------|----------|--------|-----------------|----------------|
| | b (cm) | h (cm) | Başlık Donatısı | Gövde Donatısı |
| S106 | 50 | 25 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S107 | 25 | 50 | 2x4Ø14 | 2x3Ø14 |
| S108 | 60 | 25 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S206 | 50 | 25 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S207 | 25 | 50 | 2x4Ø14 | 2x3Ø14 |
| S208 | 60 | 25 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S306 | 50 | 25 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S307 | 25 | 50 | 2x4Ø14 | 2x3Ø14 |
| S308 | 60 | 25 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S406 | 50 | 25 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S407 | 25 | 50 | 2x4Ø14 | 2x3Ø14 |
| S408 | 60 | 25 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S506 | 50 | 25 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S507 | 25 | 50 | 2x4Ø14 | 2x3Ø14 |
| S508 | 60 | 25 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S606 | 50 | 25 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |
| S607 | 25 | 50 | 2x4Ø14 | 2x3Ø14 |
| S608 | 60 | 25 | 2x3Ø14 | 2x2Ø14 |

Tablo 2.11: Model 5 kiriş boyut ve donatı tablosu

| Kiriş | b (cm) | h (cm) | Sol Mesnet | | Sağ Mesnet | |
|-------|--------|--------|------------|------|------------|------|
| | | | Üst | Alt | Üst | Alt |
| K104 | 25 | 50 | 5Ø12 | 3Ø12 | 5Ø12 | 3Ø12 |
| K105 | 25 | 50 | 6Ø12 | 4Ø12 | 6Ø12 | 4Ø12 |
| K204 | 25 | 50 | 5Ø12 | 3Ø12 | 5Ø12 | 3Ø12 |
| K205 | 25 | 50 | 6Ø12 | 4Ø12 | 6Ø12 | 4Ø12 |
| K304 | 25 | 50 | 5Ø12 | 3Ø12 | 5Ø12 | 3Ø12 |
| K305 | 25 | 50 | 6Ø12 | 4Ø12 | 6Ø12 | 4Ø12 |
| K404 | 25 | 50 | 5Ø12 | 3Ø12 | 5Ø12 | 3Ø12 |
| K405 | 25 | 50 | 6Ø12 | 4Ø12 | 6Ø12 | 4Ø12 |
| K504 | 25 | 50 | 5Ø12 | 3Ø12 | 5Ø12 | 3Ø12 |
| K505 | 25 | 50 | 6Ø12 | 4Ø12 | 6Ø12 | 4Ø12 |
| K604 | 25 | 50 | 5Ø12 | 3Ø12 | 5Ø12 | 3Ø12 |
| K605 | 25 | 50 | 6Ø12 | 4Ø12 | 6Ø12 | 4Ø12 |

2.3.2 Modelleme

2.3.2.1 Genel

İki boyutlu betonarme çerçeveler modellenirken kiriş yayılı yükleri STA4Cad programından alınıp aynı şekilde kirişlere hareketli (Q) ve ölü yük (G) olarak yüklenmiştir. Ayrıca her bir kolona bağlanan diğer kirişlerin yayılı yüklerinin yarısı tekil yüke dönüştürülüp kolonlara hareketli (Q) ve ölü yük (G) olarak girilmiştir. Böylece üç boyutlu betonarme çerçevelerden çıkarılan iki boyutlu modellerin bina gerçek yükleri elde edilmiştir.

Elemanların çatlamış kesit rijitlikleri aşağıda tanımlanan kriterlere göre belirlenmiştir.

-DBYBHY-2007'ye göre eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitliklerinin kullanılması gerektiği belirtilmiştir. Etkin eğilme rijitliği katsayıları Denklem (2.1)-Denklem (2.3)'teki bağıntılar kullanılarak hesaplanmıştır.

Kirişlerde:

$$(EI)_e = 0.40(EI)_0 \quad (2.1)$$

Kolonlarda:

$$N_D / (A_c f_{cm}) \leq 0.10 \text{ olması durumunda: } (EI)_e = 0.40(EI)_0 \quad (2.2)$$

$$N_D / (A_c f_{cm}) \geq 0.40 \text{ olması durumunda: } (EI)_e = 0.80(EI)_0 \quad (2.3)$$

N_D 'nin ara değerleri için ise doğrusal enterpolasyon yapılabileceği belirtilmiştir.

-TBDY-2018'de ise etkin kesit rijitliği katsayıları bir tablo halinde verilmiştir. Etkin kesit rijitliği çarpanları sadece deprem etkili yük birleşimleri içinde yer alan ve bu birleşimlere giren yükler altındaki hesaplarda uygulanacağı belirtilmiştir. Tablo 2.12'den betonarme yapının kolon ve kirişleri için uygun katsayı değerleri seçilerek

tüm modellerdeki kolon ve kirişlere uygulanmıştır. Seçilen katsayılar tabloda kalın ve altı çizili şekilde belirtilmiştir.

Tablo 2.12: Betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının etkin kesit rijitliği çarpanları

| Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı | Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı | |
|--|--------------------------------------|--------------|
| Perde-Döşeme (Düzlem İçi) | Eksenel | Kayma |
| Perde | 0.50 | 0.50 |
| Bodrum perdesi | 0.80 | 0.50 |
| Döşeme | 0.25 | 0.25 |
| Perde-Döşeme (Düzlem Dışı) | Eğilme | Kesme |
| Perde | 0.25 | 1.00 |
| Bodrum perdesi | 0.50 | 1.00 |
| Döşeme | 0.25 | 1.00 |
| Çubuk Eleman | Eğilme | Kesme |
| Bağ Kirişi | 0.15 | 1.00 |
| Çerçeve Kirişi | 0.35 | 1.00 |
| Çerçeve Kolonu | 0.70 | 1.00 |
| Perde (eşdeğer çubuk) | 0.50 | 0.50 |

2.3.2.2 Doğrusal Olmayan Modelleme ve Her İki Yönetmeliğe Göre Plastik Mafsalların Tanımlanması

2.3.2.2.1 Beton ve Donatı Çeliği Modeli

Doğrusal elastik olmayan performans değerlendirmesinde sargılı ve sargısız betonun gerilme şekil değiştirme ilişkisinin hesabında DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 deprem yönetmeliklerinde Mander Sargılı Beton Modeli kullanılması önerilmiştir (Mander ve diğ. 1988).

Sargılı betonda basınç gerilmesi f_c , basınç şekil değiştirmesi ϵ_c 'nin fonksiyonu olarak (2.4) bağıntısında verilmiştir.

$$f_c = \frac{f_{cc} x^r}{r - 1 + x^r} \quad (2.4)$$

Buradaki x ve r terimlerine ilişkin bağıntılar Denklem (2.5) ve Denklem (2.6)'da verildiği gibidir.

$$x = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cc}} \quad ; \quad \varepsilon_{cc} = \varepsilon_{co} = [1 + 5(\lambda_c - 1)] \quad ; \quad \varepsilon_{co} \cong 0.002 \quad (2.5)$$

$$r = \frac{E_c}{E_c - E_{sec}} \quad ; \quad E_c \cong 5000\sqrt{f_{co}} \text{ (MPa)} \quad ; \quad E_{sec} = \frac{f_{cc}}{\varepsilon_{cc}} \quad (2.6)$$

Sargılı beton dayanımı f_{cc} ile f_{co} arasındaki ilişki Denklem (2.7)'de verilmiştir.

$$f_{cc} = \lambda_c f_{co} \quad ; \quad \lambda_c = 2.254 \sqrt{1 + 7.94 \frac{f_e}{f_{co}} - 2 \frac{f_e}{f_{co}} - 1.254} \quad (2.7)$$

f_e etkili sargılama basıncı, dikdörtgen kesitlerde birbirine dik iki doğrultu için Denklem (2.8)'deki değerlerin ortalaması olarak alınabilir.

$$f_{ex} = k_e \rho_x f_{yw} \quad ; \quad f_{ey} = k_e \rho_y f_{yw} \quad (2.8)$$

Denklem (2.8)'de f_{yw} enine donatının akma dayanımını, ρ_x ve ρ_y ilgili doğrultulardaki enine donatıların hacimsel oranlarını, k_e ise Denklem (2.9)'da bağıntısı verilen sargılama etkinlik katsayısını göstermektedir.

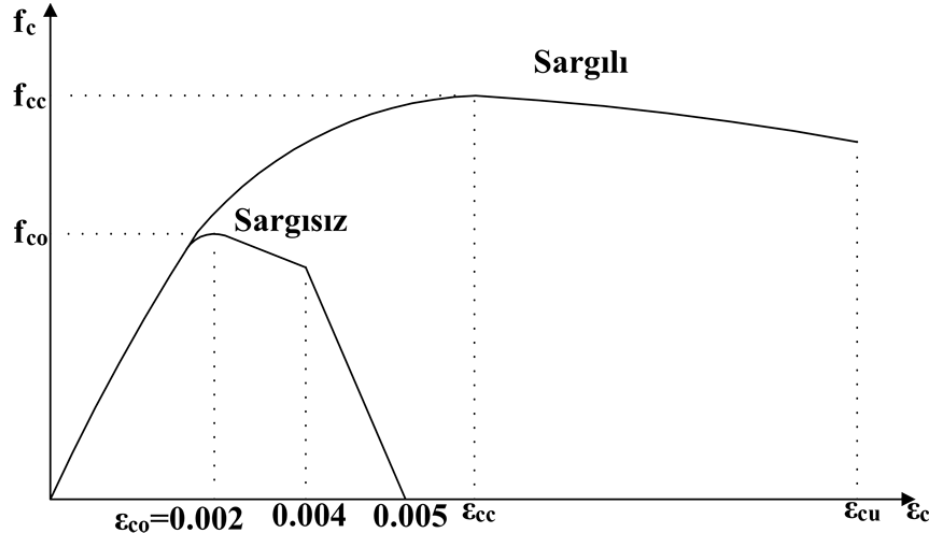
$$k_e = \left(1 - \frac{\sum a_i^2}{6b_o h_o}\right) \left(1 - \frac{s}{2h_o}\right) \left(1 - \frac{A_s}{b_o h_o}\right)^{-1} \quad (2.9)$$

Burada a_i kesit çevresindeki düşey donatıların eksenleri arasındaki uzaklığı, b_o ve h_o göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutlarını, s etriye aralığını, A_s ise boyuna donatı alanını göstermektedir.

Sargılı betondaki maksimum basınç birim şekil değıştirmesi ϵ_{cu} Denklem (2.10)'da verilmiştir.

$$\epsilon_{cu} = 0.004 + \frac{1.4\rho_s f_{yw} \epsilon_{su}}{f_{cc}} \quad (2.10)$$

Yukarıdaki bağıntılardan elde edilen sargılı ve sargısız betonun gerilme şekil değıştirme ilişkisi Şekil 2.6'daki grafik üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 2.6: Sargılı ve sargısız betonun gerilme şekil değıştirme ilişkisi

Donatı çeliği için de her iki yönetmelikte gerilme şekil değıştirme bağıntıları Denklem (2.11) ve Denklem (2.12)'de tanımlanmıştır.

$$f_s = E_s \epsilon_s \quad ; \quad (\epsilon_s \leq \epsilon_{sy}) \quad , \quad f_s = f_{sy} \quad ; \quad (\epsilon_{sy} < \epsilon_s \leq \epsilon_{sh}) \quad (2.11)$$

$$f_s = f_{su} - (f_{su} - f_{sy}) \frac{(\epsilon_{su} - \epsilon_s)^2}{(\epsilon_{su} - \epsilon_{sh})^2} \quad ; \quad (\epsilon_{sh} < \epsilon_s \leq \epsilon_{su}) \quad (2.12)$$

Donatı çeliğinin elastisite modülü $E_s = 2 \times 10^5 \text{ MPa}$ 'dır. Donatı çeliğine ait diğer bilgiler DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 deprem yönetmelikleri için Tablo 2.13 ve Tablo 2.14'de verilmiştir.

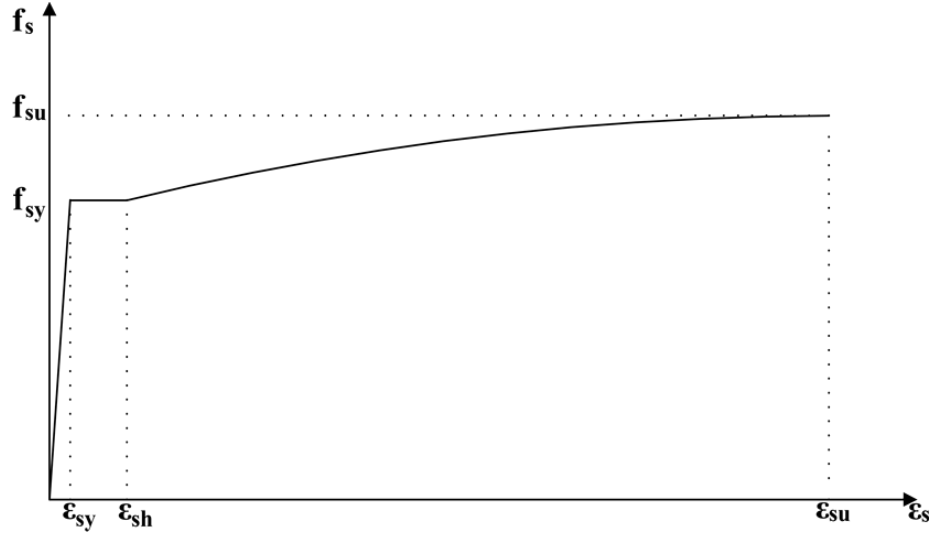
Tablo 2.13: DBYBHY-2007'ye göre donatı çeliği bilgileri

| Kalite | f_{sy} (MPa) | ϵ_{sy} | ϵ_{sh} | ϵ_{su} | f_{su} (MPa) |
|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| S220 | 220 | 0.0011 | 0.011 | 0.16 | 275 |
| S420 | 420 | 0.0021 | 0.008 | 0.10 | 550 |

Tablo 2.14: TBDY 2018'e göre donatı çeliği bilgileri

| Kalite | f_{sy} (MPa) | ϵ_{sy} | ϵ_{sh} | ϵ_{su} | f_{su} / f_{sy} |
|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| S220 | 220 | 0.0011 | 0.011 | 0.12 | 1.20 |
| S420 | 420 | 0.0021 | 0.008 | 0.08 | 1.15 – 1.35 |
| B420C | 420 | 0.0021 | 0.008 | 0.08 | 1.15 – 1.35 |
| B500C | 500 | 0.0025 | 0.008 | 0.08 | 1.15 – 1.35 |

Donatı çeliğine ait gerilme şekil değiştirme ilişkisi Şekil 2.7'de gösterilmiştir.



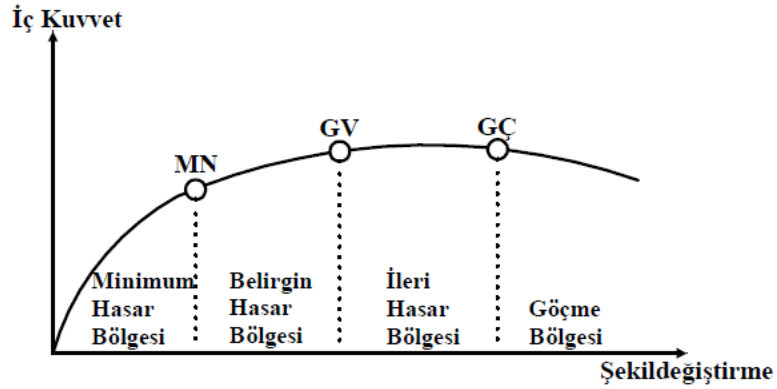
Şekil 2.7: Donatı çeliği için gerilme şekil değiştirme ilişkisi

2.3.2.2.2 Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 deprem yönetmeliklerinde hasar sınırları tanımları farklılık göstermiştir.

DBYBHY-2007'de sünek elemanlar için üç hasar sınırı tanımlanmıştır. Bunlar Minimum Hasar Sınırı (MN), Güvenlik Sınırı (GV) ve Göçme Sınırı (GÇ)'dir. Minimum hasar sınırı ilgili kesitte elastik ötesi davranışın başlangıcını gösterir. Güvenlik sınırı kesitin dayanımını güvenli olarak sağlayabileceği elastik ötesi davranışın sınırını belirtir. Göçme sınırı ise kesitin göçme öncesi davranışının sınırını tanımlamaktadır.

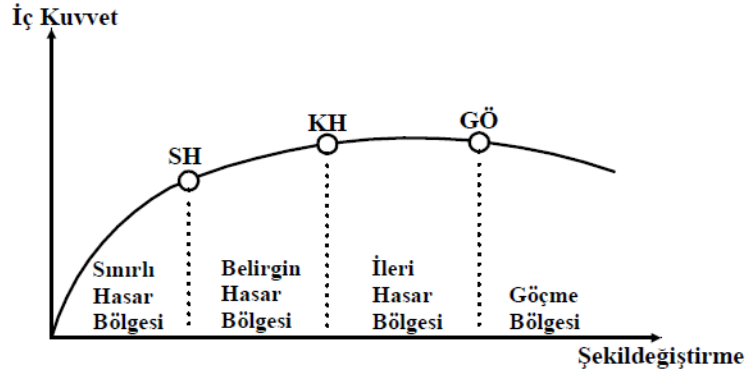
DBYBHY-2007’de hasar sınırı MN’ye ulaşmayan elemanlar Minimum Hasar Bölgesi’nde, MN ile GV arasında kalan elemanlar Belirgin Hasar Bölgesi’nde, GV ile GÇ arasındaki elemanlar İleri Hasar Bölgesi’nde olduğu belirtilmiştir. GÇ’yi aşan elemanlar ise Göçme Bölgesi’nde yer alırlar. Bu tanımlar Şekil 2.8 üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 2.8: DBYBHY-2007’de hasar sınırları ve hasar bölgeleri

TBDY-2018’de de üç hasar sınırı ve hasar durumu belirtilmiştir. Bunlar Sınırlı Hasar (SH), Kontrollü Hasar (KH) ve Göçme Öncesi (GÖ) hasar durumları sınır değerleridir. Sınırlı hasar ilgili kesitte sınırlı miktarda elastik ötesi davranışı, kontrollü hasar kesit dayanımının güvenli olarak sağlanabileceği elastik ötesi davranışı belirtmektedir. Göçme öncesi hasar durumu ise kesitte ileri düzeyde elastik ötesi davranışı tanımlamaktadır.

TBDY-2018’de SH’ye ulaşmayan elemanlar Sınırlı Hasar Bölgesi’nde, SH ile KH arasındaki elemanlar Belirgin Hasar Bölgesi’nde, KH ile GÖ arasındaki elemanlar İleri Hasar Bölgesi’nde olduğu belirtilmiştir. GÖ’yü aşan elemanlar ise Göçme Bölgesi’nde yer almışlardır. Tanımların grafik üzerinde gösterimi Şekil 2.9’da görüldüğü gibidir.



Şekil 2.9: TBDY-2018'de hasar sınırları ve hasar bölgeleri

2.3.2.2.3 Betonarme Elemanlarının Beton ve Donatı Çeliği İçin Birim Şekil Değiştirme Kapasiteleri

DBYBHY-2007'de hasar sınırları için eleman birim şekil değiştirme kapasiteleri Tablo 2.15'de tanımlanmıştır. Burada unutulmaması gereken verilen sınırların:

- MN (Minimum Hasar Sınırı) için kesitin en dış lifindeki beton basınç ve donatı çeliği birim şekil değiştirmesi üst sınırlarını,
- GV (Güvenlik Sınırı) için etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi ile donatı çeliği birim şekil değiştirmesi üst sınırlarını,
- GÇ (Göçme Sınırı) için etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi ile donatı çeliği birim şekil değiştirmesi üst sınırlarını ifade eder.

Tablo 2.15: DBYBHY-2007'ye göre hasar sınırları için eleman birim şekil değiştirme kapasiteleri

| Hasar Sınırı | Beton | Donatı Çeliği |
|--------------|---|--------------------------------|
| <i>MN</i> | $(\varepsilon_{cu})_{MN} = 0.0035$ | $(\varepsilon_s)_{MN} = 0.010$ |
| <i>GV</i> | $(\varepsilon_{cg})_{GV} = 0.0035 + 0.01(\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.0135$ | $(\varepsilon_s)_{GV} = 0.040$ |
| <i>GÇ</i> | $(\varepsilon_{cg})_{GC} = 0.004 + 0.014(\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.018$ | $(\varepsilon_s)_{GC} = 0.060$ |

TBDY-2018'de betonarme bina elemanları için izin verilen şekil değiştirme kapasiteleri hesabı biraz farklıdır. Önce verilen bağıntılarla beton için Göçmenin Önlenmesi (GÖ) performans düzeyi için beton birim kısalması ($\varepsilon_c^{(GÖ)}$) elde edilir. Ardından bu değer 0.75 katı alınarak Konrollü Hasar (KH) performans düzeyi elde edilmiş olur. Sınırlı Hasar (SH) için beton birim kısalması yönetmelikte değer olarak verilmiştir. Bu değerler ve bağıntılarda kullanılan terimleri elde etmek kullanılan diğer bağıntılar Denklem (2.13) ile Denklem (2.16) arasında gösterilmiştir.

Tez kapsamında betonarme bina modellerinde dairesel kesitler bulunmadığı için dikdörtgen kesitli kolon, kiriş ve perdeler için verilen Denklem 2.13'deki bağıntı kullanılacaktır.

$$\varepsilon_c^{(GÖ)} = 0.0035 + 0.04\sqrt{\omega_{we}} \leq 0.018 \quad (2.13)$$

İlk terim sargısız betonun (kabuk betonu) birim kısalması değeridir. ω_{we} etkin sargı donatısının mekanik donatı oranını gösterir ve Denklem (2.14) ile hesaplanır.

$$\omega_{we} = \alpha_{se} \rho_{sh, \min} \frac{f_{ywe}}{f_{ce}} \quad (2.14)$$

α_{se} sargı donatısı etkinlik katsayısı, $\rho_{sh, \min}$ dikdörtgen kesitte iki yatay doğrultuda hacimsel enine donatı oranının küçük olanı, f_{ywe} enine donatının ortalama (beklenen) akma dayanımı, f_{ce} ise betonun ortalama basınç dayanımıdır.

$$\alpha_{se} = \left(1 - \frac{\sum a_i^2}{6b_o h_o}\right) \left(1 - \frac{s}{2b_o}\right) \left(1 - \frac{s}{2h_o}\right) ; \quad \rho_{sh} = \frac{A_{sh}}{b_k s} \quad (2.15)$$

$$\varepsilon_c^{(KH)} = 0.75\varepsilon_c^{(GÖ)} ; \quad \varepsilon_c^{(SH)} = 0.0025 \quad (2.16)$$

Denklem (2.15) bağıntısında A_{sh} dikkate alınan doğrultuda enine donatının alanı ve ρ_{sh} enine donatının hacimsel oranıdır. b_k en dıştaki enine donatı eksenleri arasındaki uzaklık, s enine donatı aralığı, b_o ve h_o sargı donatısı eksenlerinden

ölçülen sargılı beton boyutlarıdır. α_i ise bir etriye kolu veya çiroz tarafından mesnetlenen boyuna donatıların eksenleri arasındaki uzaklığı göstermektedir.

Bağıntılardaki beton ve donatı çeliği ile ilgili f_{ywe} enine donatının ortalama (beklenen) akma dayanımı, f_{ce} ise betonun ortalama basınç dayanımı, karakteristik dayanımlar üzerinden Tablo 2.16'daki gibi hesaplanabilir. Burada f_{yk} ve f_{ck} karakteristik dayanımları göstermektedir.

Tablo 2.16: TBDY 2018'de beklenen malzeme dayanımları

| | |
|---------------------------|----------------------|
| Beton | $f_{ce} = 1.3f_{ck}$ |
| Donatı çeliği | $f_{ye} = 1.2f_{yk}$ |
| Yapı çeliği (S235) | $f_{ye} = 1.5f_{yk}$ |
| Yapı çeliği (S275) | $f_{ye} = 1.3f_{yk}$ |
| Yapı çeliği (S355) | $f_{ye} = 1.1f_{yk}$ |
| Yapı çeliği (S460) | $f_{ye} = 1.1f_{yk}$ |

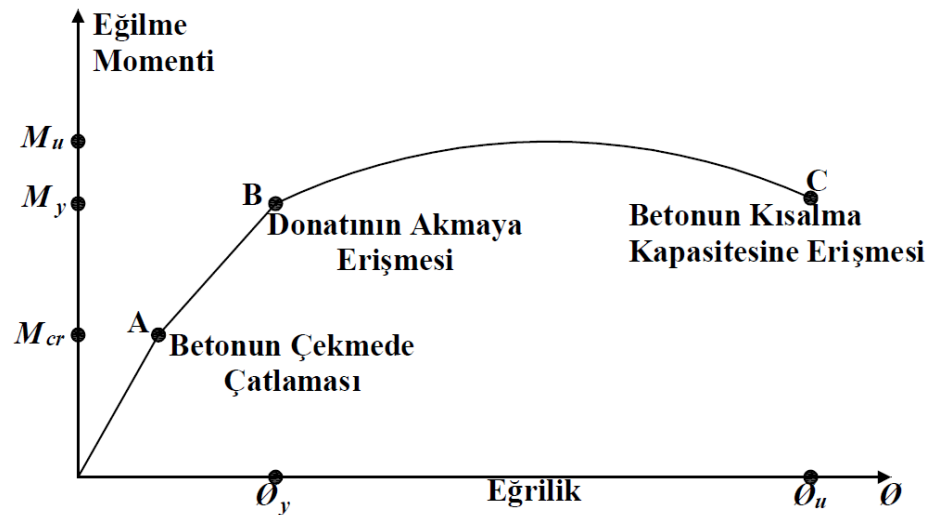
TBDY-2018'de donatı çeliği kopma birim uzaması. ε_{su} Tablo 2.14'den alınır. ε_{su} değerinin 0.4 katı alınarak Göçmenin Önlenmesi (GÖ) performans düzeyi için donatı çeliği birim şekil değiştirmesi $\varepsilon_s^{(GÖ)}$ elde edilmiş olur. Kontrollü Hasar (KH) performans düzeyi için hesaplamada GÖ performans düzeyi için elde edilmiş donatı çeliği uzamasının 0.75 katı alınır. Sınırlı Hasar (SH) donatı çeliği birim şekil değiştirmesi yönetmelikte değer olarak verilmiştir. Bu değerler Denklem (2.17)'de gösterilmiştir.

$$\varepsilon_s^{(GÖ)} = 0.4\varepsilon_{su} \quad ; \quad \varepsilon_s^{(KH)} = 0.75\varepsilon_s^{(GÖ)} \quad ; \quad \varepsilon_s^{(SH)} = 0.0075 \quad (2.17)$$

2.3.2.2.4 Moment Eğrilik Kavramları ve Plastik Mafsalların Tanımı

Betonarme elemanları yüklemeler altında kesme ve eğilme etkilerine maruz kalır. Hesaplamalarda bu etkiler ayrı gibi düşünülse gerçekte deprem gibi ciddi yatay yükler altında kesme ve eğilme etkileri birlikte oluşur. Özellikle binalara etkiyen yatay yüklemelerde kesitlerde bu birleşik etki açık bir şekilde gözlenir. Elemanlarda oluşan momentler beton ve donatı çeliğinde daha önce bahsedilen şekil değiştirme hasar sınırlarına ulaştığında bu anda oluşan moment ve eğrilik değerleri grafik üzerinde gösterilir. Eğrilik değerleri beton ve donatı çeliğinin şekil değiştirmelerinin o andaki tarafsız eksene uzaklıklarının bölünmesi ile elde edilir. Bu moment eğrilik grafiği yapının yükler altında plastik şekil değiştirme kapasitesini yani sünekliğini gösterir. Genel olarak donatının şekil değiştirme kapasitesi büyük olduğu için güç tükenmesi betonun en büyük şekil değiştirme kapasitesine erişmesiyle oluşur ve kesit taşıma gücüne erişir. Şekil 2.10'da basit eğilme altındaki betonarme kesitin moment eğrilik grafiği gösterilmiştir.

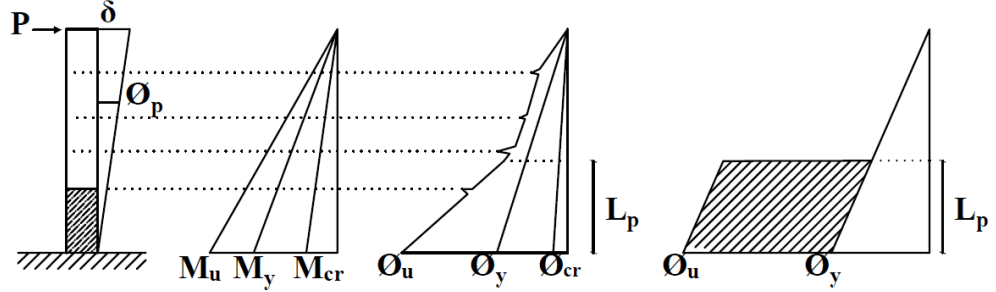
Süneklik bir cismin sabit veya tekrarlı yükler altında bu etkiyi sönümleyebileceği maksimum şekil değiştirme kapasitesidir. Moment eğrilik grafiğinin altındaki alan sünekliği gösterir ve bu alan büyüdükçe elemanların plastik şekil değiştirme kapasitesinin arttığı yorumu yapılabilir (Celep 2014).



Şekil 2.10: Basit eğilme altındaki betonarme kesitte moment eğrilik grafiği (Celep 2014)

Kesme ve eğilme etkileri altındaki elemanlarda birleşim bölgelerine yakın uç bölgelerde maksimum moment oluştuğu kabulüyle bu bölgeler, plastik mafsallaşma

denilen olgunun gerçekleştiği bölgelerdir. Burada oluşan plastik mafsallık boyu elemanın yük yönündeki yüksekliğinin yarısı olarak kabul edilebileceği DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 deprem yönetmeliklerinde belirtilmiştir.



Şekil 2.11: Plastik mafsallık oluşum modeli

Şekil 2.11 üzerinde de görüldüğü gibi beton çatlama momentine (M_{cr}) ulaşıldığında kesitte çatlaklar oluşmaya başlar. Bu andaki eğrilik değeri çatlama eğriligidir (ϕ_{cr}). Moment değeri artmaya devam ettiğinde ilk olarak kesit akma momentine (M_y) erişir ve eğrilik değeri akma eğriligi (ϕ_y) olarak gösterilir. Kesit nihai moment değerine (M_u) ulaşıldığında bu andaki eğrilik nihai eğrilik (ϕ_u) değeridir.

Plastik mafsallık oluşumundaki bu eğrilik değerlerinden hareketle moment alan teoremleri ile kesitlerde dönme değerleri elde edilir. Moment eğrilik diyagramının altında kalan alan dönme değişimini verir. DBYBHY-2007'deki hasar sınırları tanımlarını dikkate alarak Minimum Hasar (MN), Güvenlik Sınırı (GV) ve Göçmenin Önlenmesi (GÇ) performans düzeyleri için dönme değerleri Denklem (2.18)-Denklem (2.21)'de gösterildiği gibi hesaplanır.

$$\theta_y = \left(\frac{1}{2} \phi_y \frac{L}{2} \right) 2 = \frac{\phi_y L}{2} \quad (2.18)$$

$$\theta_{MN} = \theta_y + \left[L_p (\phi_{MN} - \phi_y) \right] 2 \quad (2.19)$$

$$\theta_{GV} = \theta_y + \left[L_p (\phi_{GV} - \phi_y) \right] 2 \quad (2.20)$$

$$\theta_{GÇ} = \theta_y + \left[L_p (\phi_{GÇ} - \phi_y) \right] 2 \quad (2.21)$$

TBDY-2018'in önerdiği dönme hesabı için Moment Eğrilik analizlerinden elde edilen akma anındaki ve nihai eğrilik değerleri kullanılır. Denklem (2.22)'deki bağıntı kullanılarak Göçmenin Önlenmesi (GÖ) performans düzeyi için elde edilen dönme değeri Denklem (2.23)'deki Konrollü Hasar (KH) performans düzeyinin hesaplanmasında kullanılır.

$$\theta_p^{(GÖ)} = \frac{2}{3} \left[(\phi_u - \phi_y) L_p \left(1 - 0.5 \frac{L_p}{L_s} + 4.5 \phi_u d_b \right) \right] \quad (2.22)$$

$$\theta_p^{(KH)} = 0.75 \theta_p^{(GÖ)} \quad ; \quad \theta_p^{(SH)} = 0 \quad (2.23)$$

TBDY-2018'de etkin kesit rijitlikleri kullanılarak yapılan hesapta Sınırlı Hasar (SH) performans düzeyi için plastik mafsall oluşumuna izin verilmeyeceği belirtilmiştir.

Her iki yönetmeliğe göre her kesit için hesaplanan plastik mafsallar SAP2000 programına tanımlanmıştır. Ardından tanımlanan plastik mafsallar kolon ve kiriş uçlarına ataması yapılmış ve doğrusal olmayan modelleme tamamlanmıştır.

3. İVME KAYITLARI

3.1 DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 Yönetmeliklerine Göre İvme Kaydı Seçim Kriterleri

DBYBHY-2007’de zaman tanım alanında doğrusal elastik veya doğrusal elastik olmayan deprem hesabı için yapay yollara üretilen, daha önce kaydedilmiş veya benzeştirilmiş deprem yer hareketleri kullanılabileceği önerilmiştir. Kaydedilmiş veya benzeştirilmiş yer hareketleri kullanılması durumunda en az üç deprem yer hareketi kullanılması gerekir. Bu yer hareketlerinin kullanılması için aşağıdaki şartları taşıması gerekir.

- Kuvvetli yer hareketinin süresi, binanın birinci doğal titreşim periyodunun beş katından ve on beş saniyeden daha kısa olmamalıdır.
- Deprem yer hareketinin sıfır periyoda karşı gelen spektral ivme değerlerinin ortalaması A_0g ’den daha küçük olmamalıdır.
- Her bir ivme kaydına göre %5 sönüm oranı için yeniden bulunacak spektral ivme değerlerinin ortalaması, göz önüne alınan deprem doğrultusundaki birinci (hâkim) periyod T_1 göre $0.2T_1$ ile $2T_1$ arasındaki periyodlar için, $S_{ae}(T)$ elastik spektral ivmelerinin %90’ından daha az olmamalıdır.

TBDY-2018’de ise binaların zaman tanım alanında deprem hesabında kullanılacak deprem kayıtlarının seçimi, tasarıma esas deprem yer hareketi düzeyi ile uyumlu deprem büyüklükleri, fay uzaklıkları, kaynak mekanizmaları ve yerel zemin koşulları dikkate alınarak yapılması gerektiği belirtilmiştir. Binanın bulunduğu bölgede tasarıma esas deprem yer hareketi düzeyi ile uyumlu geçmiş deprem kayıtlarının mevcut olması durumunda öncelikle bu kayıtlar kullanılmalıdır. Bir veya iki boyutlu zaman tanım alanında hesap için seçilecek deprem kayıtlarının ve üç boyutlu hesap için seçilecek deprem kaydı takımlarının sayısı en az on bir olmalıdır. Aynı depremden seçilecek kayıt veya kayıt takımı sayısı üçü geçmemelidir.

3.2 Kullanılan İvme Kayıtları

Tez çalışmasında yukarıdaki koşullar dikkate alınarak gerçek depremlere ait 11 adet gerçek ivme kaydı kullanılmıştır. Deprem ivme kayıtları Pasific Eartquake Engineering Center Ground Motion Database (PEER 2011) veri tabanından seçilmiştir. İvme kayıtları arasında ülkemizde meydana gelen yıkıcı depremler de bulunmaktadır. Kullanılan ivme kayıtları ve ivme kayıtlarının özellikleri Tablo 3.1’de gösterilmiştir.

Tablo 3.1: Analizde kullanılan ivme kayıtları ve özellikleri

| Grup | No | Deprem Adı | Tarih | İstasyon | Büyükük | Bileşen | PGA(g) | PGV (cm/s) | Vs30 (m/s) |
|--------------|----|-------------|------------|---------------|---------|---------|--------|------------|------------|
| İLERİ ATIMLI | 1 | Düzce | 12.11.1999 | Bolu | 7.14 | 90 | 0.822 | 62.05 | 293.57 |
| | 2 | Erzincan | 13.03.1992 | Erzincan | 6.69 | East | 0.496 | 64.30 | 352.05 |
| | 3 | Kobe | 16.01.1995 | Takatori | 6.90 | 90 | 0.616 | 120.73 | 256.00 |
| | 4 | Kocaeli | 17.01.1999 | Düzce | 7.51 | 270 | 0.358 | 47.28 | 281.86 |
| | 5 | Landers | 28.06.1992 | Lucerne | 7.28 | 275 | 0.721 | 97.65 | 1369.00 |
| | 6 | Northridge | 17.01.1994 | Sylmar Ol | 6.69 | 90 | 0.604 | 78.10 | 440.54 |
| B | 7 | Gazli | 17.05.1976 | Karakyr | 6.80 | 0 | 0.608 | 65.35 | 259.59 |
| | 8 | Northridge | 17.01.1994 | Sepulveda V.A | 6.69 | 360 | 0.939 | 75.94 | 380.06 |
| C | 9 | Kocaeli | 17.08.1999 | Düzce | 7.51 | 180 | 0.312 | 58.85 | 281.86 |
| | 10 | Northridge | 17.01.1994 | Tarzana | 6.69 | 360 | 0.990 | 77.26 | 257.21 |
| D | 11 | Imperial V. | 15.10.1979 | El C. Array | 6.53 | 230 | 0.380 | 42.1 | 196.3 |

Seçilen ivme kayıtlarından 6 tanesi zemin grubu dikkate alınmadan ileri atım özelliğine sahip ivme kayıtlarıdır. Diğer ivme kayıtları ise ikişer adet B ve C grubu zemin ve bir adet D grubu zemin için kaydedilen ivme kayıtları zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerde kullanılmıştır.

USCS’de verilen A, B, C ve D grubu zeminleri, DBYBHY-2007’e göre zemin tipleri ile birebir uymamakla birlikte yakın olduğu düşünülürse sırasıyla Z1, Z2, Z3 ve Z4 grubu zeminler ile benzeştiği kabul edilmiştir. Zemin sınıflandırması yapılırken relatif sıkılığı, serbest basınç direnci, zeminin ilk 30 m kayma dalgası hızı dikkate alınmıştır. USCS sınıflandırma sisteminde A grubu zemin kayma dalgası hızı 750 m/s ve üstü, B grubu zemin 360-750 m/s arası, C grubu zemin 180-360 m/s arası ve D grubu zemin kayma dalgası hızı ise 180 m/s küçük değer alan zeminlerdir.

USCS'de verilen A grubu zeminler TBDY-2018'de ZA veya ZB zemin grubuna karşılık gelmektedir. USGS B grubu zeminler, TBDY-2018'de ZC grubu zeminlere, C grubu zeminler ise TBDY-2018'de ZD grubu zeminlere karşılık gelmektedir. USCS D grubu zeminler ise TBDY-2018'de ZE ve bazen de ZF grubu zeminlere karşılık geldiği söylenebilir. Burada dikkat edilmesi gereken belirtilen eşleştirmeler kesin olmamakla birlikte yaklaşık bir eşleştirmedir.

Tez çalışması kapsamında doğrusal elastik olmayan zaman tanım alanında analizler için kullanılan ivme kayıtlarının elastik ivme spektrumları ve bu spektrumların ortalaması Şekil 3.1'de gösterilmiştir. Gerçek deprem ivme kayıtlarının spektrumları %5 sönüm için hesaplanmıştır. DBYBHY-2007 spektrumları hesaplanırken 1. Derece deprem bölgesi için %5 sönüm oranında 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan Z3 sınıfı zemin için hesaplanmıştır. 2007 deprem yönetmeliği ile uyumlu spektral ivmeler hesaplanırken kullanılan bağıntılar Denklem (3.1) ile Denklem (3.5) arasında gösterilmiştir.

$$T_A = 0.15 \quad ; \quad T_B = 0.60$$

$$S(T) = 1 + 1.5 \frac{T}{T_A} \quad ; \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (3.1)$$

$$S(T) = 2.5 \quad ; \quad (T_A < T \leq T_B) \quad (3.2)$$

$$S(T) = 2.5 \left(\frac{T_B}{T} \right)^{0.8} \quad ; \quad (T_B < T) \quad (3.3)$$

$$A(T) = A_0 IS(T) \quad (3.4)$$

$$S_{ae}(T) = A(T)g \quad (3.5)$$

TBDY-2018 spektrumları hesaplanırken AFAD tarafından hizmete sunulan Türkiye Deprem Tehlike Haritası kullanılmıştır. Spektrum hazırlanırken binaların bulunduğu bölge Denizli ili Pamukkale Üniversitesi Merkez Kampüsü mevkiisi olduğu varsayılmış ve bu bölgenin depremselliğini gösteren ve spektral ivme hesabı için kullanılması gereken katsayılar harita üzerinden rapor olarak alınmıştır.

TBDY-2018'de spektral ivme değerleri hesabı için önerilen bağıntılar Denklem (3.6) ile Denklem (3.10) arasındaki gibidir. Ayrıca sismik tehlike haritası özet raporundan alınan bölgenin depremselliğini gösteren katsayılar da verilmiştir. Yerel zemin sınıfı ZC olan 50 yılda aşılma olasılığı %10 DD2 deprem yer hareketi düzeyi esas alınmıştır. Burada T_A ve T_B yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodunu, T doğal titreşim periyodunu, S_{D1} 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısını, S_{DS} kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısını, T_L yatay elastik tasarım spektrumunda sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodu, $S_{ae}(T)$ yatay elastik tasarım spektral ivmesini göstermektedir.

$$S_{DS} = 1.295 \quad ; \quad S_{D1} = 0.372$$

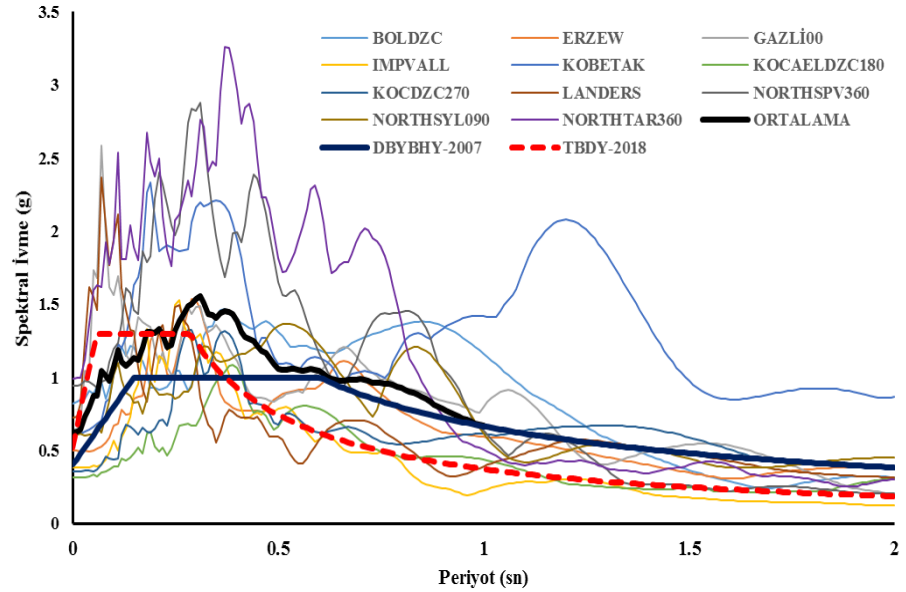
$$T_A = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad ; \quad T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.6)$$

$$S_{ae}(T) = \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A} \right) S_{DS} \quad ; \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (3.7)$$

$$S_{ae}(T) = S_{DS} \quad ; \quad (T_A \leq T \leq T_B) \quad (3.8)$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1}}{T} \quad ; \quad (T_B \leq T \leq T_L) \quad (3.9)$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \quad ; \quad (T_L \leq T) \quad (3.10)$$



Şekil 3.1: Kullanılan ivme kayıtlarına ait %5 sönüm oranında spektral ivme grafiği

Deprem ivme kayıtları ile oluşturulan spektral ivme grafikleri yönetmeliklerde tanımlanan spektral ivme değeri grafikleri ile kıyaslanarak seçilen bölge için depremin şiddeti yaklaşık olarak tahmin edilebilir. Şekil 3.1 incelendiğinde NORTHHTAR360, LANDERS, NORTHSPV360, KOBETAK depremlerinin şiddetli depremler olduğu söylenebilir.

Depremlerin spektral ivme değeri değişimleri incelendiğinde en büyük spektral ivme değeri 3.25 g ile NORTHHTAR360 depreminde, en küçük spektral ivme değeri ise 0.09 g ile KOCDZC180 depreminde oluşmuştur. Diğer depremlerin spektral ivme değerleri ise bu sınır değerler arasında değişmektedir. Tüm depremlerin ortalama spektral ivmesi incelendiğinde TBDY-2018'in spektral ivmesine daha fazla uyumlu olduğu gözlemlenmiştir. NORTHHTAR360, LANDERS, NORTHSPV360, KOBETAK depremleri ortalama spektral ivme değerlerinden daha yüksek spektral ivmeler oluşturmuş, bunun dışındaki depremler ise ortalamaya yakın ve ortalama altında spektral ivmeler oluşturmuştur.

Grafiği yönetmelikler bağlamında incelemek gerekirse DBYBHY-2007 yönetmeliğinde Z3 yerel zemin sınıfı için 1 g maksimum spektral ivme değeri elde edilmişken TBDY-2018 yönetmeliğinde ZC yerel zemin sınıfı için 1.29 g maksimum spektral ivme değeri elde edilmiştir.

DBYBHY-2007 yönetmeliğinde Z3 yerel zemin sınıfı için spektrum köşe periyotları T_A ve T_B 0.15 s ve 0.60 s iken, TBDY-2018 yönetmeliğinde ZC yerel zemin sınıfı için 0.06 s ve 0.29 s olduğu görülmüştür.

4. ÇALIŞMADA KULLANILAN DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZ YÖNTEMLERİ

4.1 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yapıların sismik hareketlenme durumunda davranışını belirlemek için kullanılan yapı analizi tipidir. Olası deprem durumunda yapının gerçek davranışına en yakın sonuçların elde edilmesini sağlar. Kullanılacak yer ivmesi kayıtları yapay, benzeştirilmiş veya gerçek ivme kayıtları olabilir. Bölgenin depremselliği de dikkate alınarak o bölgede oluşabilecek en büyük deprem yer hareketine uygun ivme kayıtları kullanılarak yapının gerçek deprem davranışına bir adım daha yaklaşmış olur.

Zaman tanım alanında analiz için hesap yönteminin temeli yapı dinamiği ilkelerine dayanır. Bu analiz tipi yapının her bir zaman artımında sistemde meydana gelen yer değiştirme, plastik şekil değiştirme ve iç kuvvetler ile bu büyüklüklerin deprem istemine karşı gelen maksimum değerlerinin elde edilmesidir. Denklem (4.1)'de verilen dinamik denge denkleminin modal veya direkt integral yöntemiyle çözülmesi ile elde edilir. Modal yöntem doğrusal olmayan analizlerde kullanılmadığı için çalışmada direkt integral methodu kullanılmıştır.

$$m\ddot{u}(t) + c\dot{u}(t) + ku(t) = -m\ddot{u}_g(t) \quad (4.1)$$

Doğrudan integral zaman tanım alanında analiz metodu ile doğrusal olmayan dinamik analizler için yapının tamamında dinamik yükler altında zamana bağlı değişim elde edilir. Kullanılan ivme kayıtları ve zamana bağlı değişimi girilerek her adımda yapının dinamik yükler altındaki tepkisi elde edilir.

Yapıda dinamik hareketler düşünüldüğünde yapının sonsuz olarak hareket etmesi düşünülemeyeceğinden akla gelen şeylerden biri de sönümdür. Sönüm yapının dinamik yükleri iç kuvvetleri etkisiyle azaltması olarak ifade edilebilir. Taşıyıcı sistemler için sönüm oranı hem DBYBHY-2007 hem de TBDY-2018'de %5 oranında alınması tavsiye edilmiştir. Doğrusal olmayan dinamik analizlerde genel olarak Rayleigh sönüm modeli kullanılmaktadır. Çalışmada Denklem (4.2)'de verilen

Rayleigh sönüm modeli kullanılmıştır. Denklemden η kütleyle bağlı sönüm oranını göstermektedir. δ ise rijitliğe bağlı sönüm oranıdır.

$$[C] = \eta[M] + \delta[K] \quad (4.2)$$

DBYBHY-2007’de zaman tanım alanında hesap yöntemi uygulanması için aşağıdaki kriterler öne sürülmüştür:

- Yapı taşıyıcı sisteminin tekrarlı yükler altındaki davranışını temsil eden iç kuvvet şekil değiştirme bağıntıları, teorik ve deneysel geçerlilikleri kanıtlanmış olmak kaydı ile ilgili literatürden yararlanılarak tanımlanabileceği belirtilmiştir.
- Doğrusal ve doğrusal olmayan hesabın her ikisinde de, üç yer hareketi kullanılması durumunda sonuçların maksimumu, en az yedi yer hareketi kullanılması durumunda ise sonuçların ortalaması tasarım için esas alınacağı belirtilmiştir.

TBDY-2018’de zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi deprem etkisi altında taşıyıcı sistemin hareket denklemlerini ifade eden diferansiyel denklem takımının zaman değişimi ile adım adım doğrudan integrasyonu olarak ifade edilmiştir. Doğrusal olmayan davranış nedeni ile sistemin rijitlik matrisinin zamanla değişiminin dikkate alınacağı belirtilmiştir. Burada zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi ile ilgili önerilen kurallar şöyledir:

- Zaman tanım alanında yapılacak doğrusal olmayan hesaplarda en az on bir deprem yer hareketi takımı kullanılması gerekmektedir.
- Taşıyıcı sistem elemanlarında oluşan dinamik enerji kaybı, hareket denklemlerinde viskoz sönüm matrisi olarak temsil edilecektir. Viskoz sönüm matrisi, Rayleigh Orantılı Sönüm Matrisi veya Modal Sönüm Matrisi olarak oluşturulmalıdır.
- Hesabın başlangıç adımında doğrusal olmayan artımsal statik hesap yapılmalıdır. Bu hesaptan elde edilen iç kuvvetler ve doğrusal olmayan şekil değiştirmeler deprem hesabında başlangıç değerleri olarak kullanılmalıdır.

- Sünek davranan elemanlarda değerlendirmeye esas şekil değiştirme talepleri ile sünek davranmayan gevrek elemanlarda değerlendirmeye esas iç kuvvet talepleri, yapılan analizlerin her birinden elde edilen sonuçların en büyük mutlak değerlerinin ortalaması olarak elde edilmelidir.

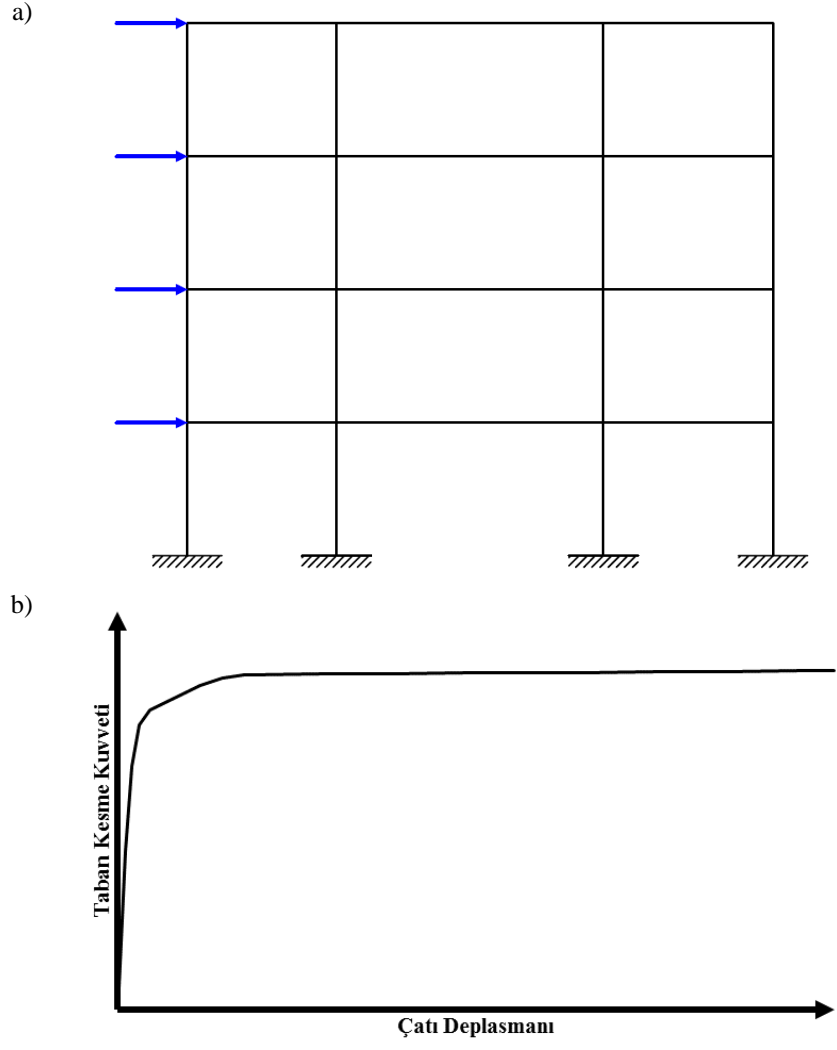
Tez çalışması kapsamında 5 adet DBYBHY-2007 ile uyumlu ve 5 adet TBDY-2018 ile uyumlu olmak üzere 10 adet iki boyutlu betonarme çerçeve yapılara 11 adet gerçek yer ivmesi kaydı kullanılarak toplamda 110 adet zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz uygulanmıştır.

4.2 Doğrusal Olmayan Statik İtme Analizi

Doğrusal olmayan statik itme analizi (Pushover) betonarme taşıyıcı sistemin kendi yükleri ve yatay yükler altında adım adım itilerek yatay yönde yaptığı çatı deplasmanı ile taban kesme kuvvetlerinin gözlenmesidir. Bu analiz yapının elastik ve elastik olmayan davranışını ve bahsedilen yükler altında nihai duruma eriştiğindeki maksimum deplasmanlar ve kesme kuvvetlerini belirler.

Statik itme analizi kullanılarak yatay yükler ile deprem yüklemesinden kaynaklanan kesme kuvvetini temsil edilip yapının deprem davranışı belirlenebilir. Diğer taraftan yatay yükler yapı yüksekliği boyunca çeşitli yükleme durumları ile yapıya etkilebilir. Statik itme analizi yapının sünek kapasitesini anlamayı sağlar. Ayrıca yapıdaki mekanizma oluşumları, yük seviyeleri ve bozulmaları gösterir.

Tez çalışması kapsamında Şekil 4.1’de gösterilen dikdörtgen yatay yük deseni kullanılarak tüm modeller doğrusal olmayan statik itme analizine tabi tutulmuştur. Buradan 2 boyutlu betonarme çerçevelerin taban kesme çatı deplasman gösteren kapasite eğrileri oluşturulup, gerçek yer ivme kayıtları kullanılarak yapılan zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler ile elde edilen taleplerle karşılaştırılmıştır. Sonuçlar DBYBHY-2007ve TBDY-2018 deprem yönetmelikleri esasları dikkate alınarak değerlendirilmiştir.



Şekil 4.1: a) Doğrusal olmayan statik itme analizinde kullanılan yük deseni b) Örnek kapasite eğrisi

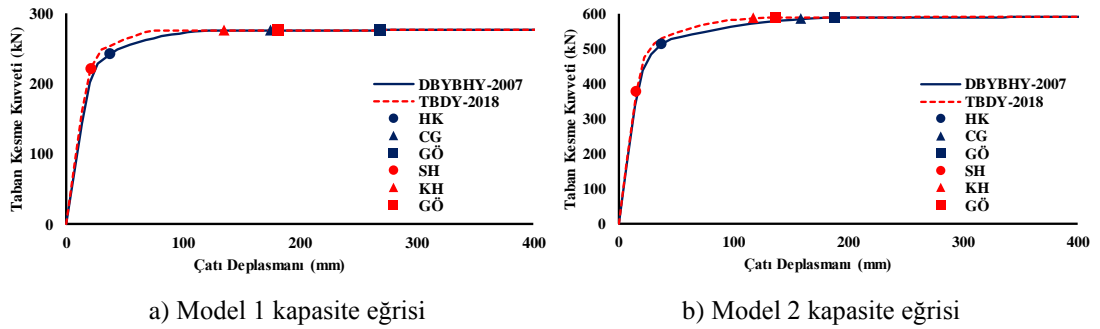
5. ANALİZ SONUÇLARI

5.1 Statik İtme Analizi Sonuçları

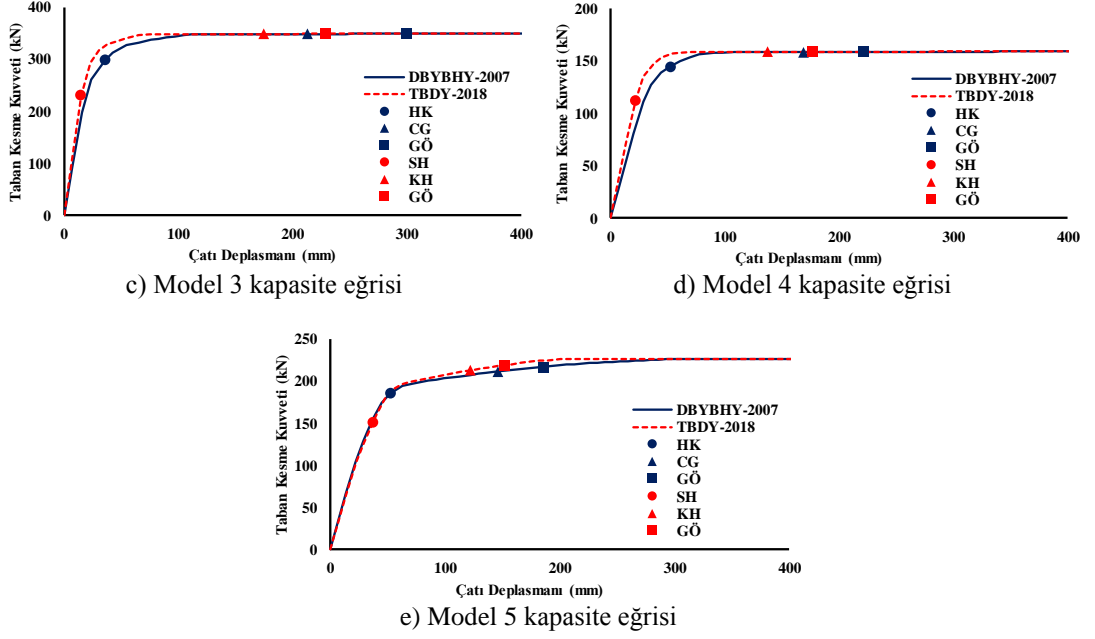
5.1.1 Kapasite Eğrileri

Tez kapsamında kullanılan iki boyutlu çerçevelerin dikdörtgen yük deseni altında statik itme analizinden elde edilen kapasite eğrileri Şekil 5.1’de görülmektedir. Kapasite eğrileri üzerinde DBYBHY-2007 ve TBDY-2018’de tanımlanan bina performans düzeyleri gösterilmiştir. DBYBHY-2007’de Hemen Kullanım (HK), Can Güvenliği (CG) ve Göçmenin Öncesi (GÖ) olarak tanımlanan performans düzeyleri, TBDY-2018’de ise Sınırlı Hasar (SH), Kontrollü Hasar (KH) ve Göçmenin Önlenmesi (GÖ) olarak tanımlanmıştır. Grafikte yönetmelikler ve uyumlu olduğu performans düzeyleri aynı renkte gösterilmiştir.

Şekil 5.1’de görüldüğü gibi her iki yönetmelik yaklaşımına göre de bina akma noktası açısından büyük farklılıklar yoktur. Bunun sebebi kolon ve kiriş elemanlarının uçlarına tanımlanan plastik mafsallar için moment eğrilik analizleriyle elde edilen akma eğriliği ve akma momenti değerlerinin aynı olmasıdır. Kapasite eğrileri üzerinde gözlenen sınırlı farklılıklar büyük oranda çatlamış kesit rijitliği tanımlarındaki farklılıklar nedeniyledir. Ancak kapasite eğrileri üzerinde gösterilen bina performans seviyelerinden TBDY-2018 ile uyumlu modellerin hasar seviyelerinin DBYBHY-2007 ile uyumlu modellere göre daha geride olduğu görülmektedir.



Şekil 5.1: DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 için modellerin kapasite eğrileri



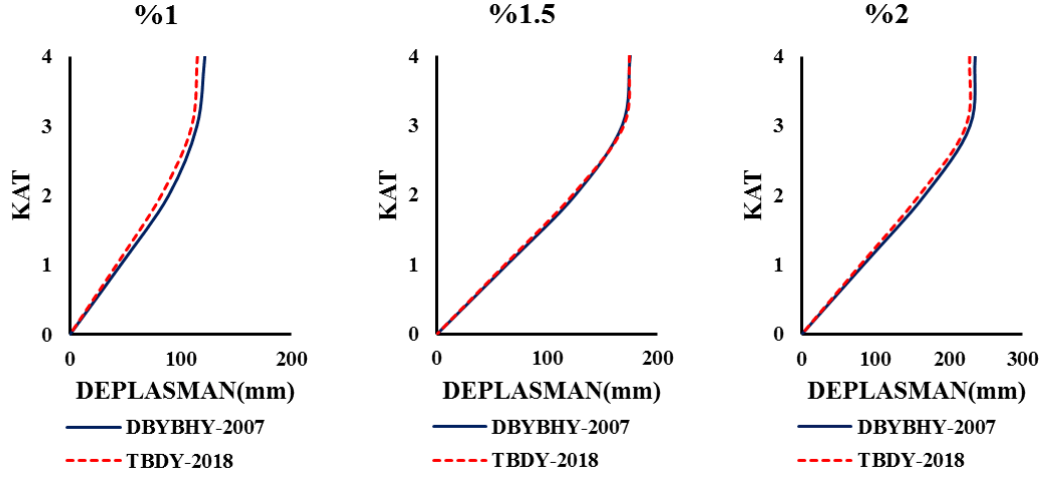
Şekil 5.1 (devam): DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 için modellerin kapasite eğrisi

5.1.2 Deplasman Profilleri

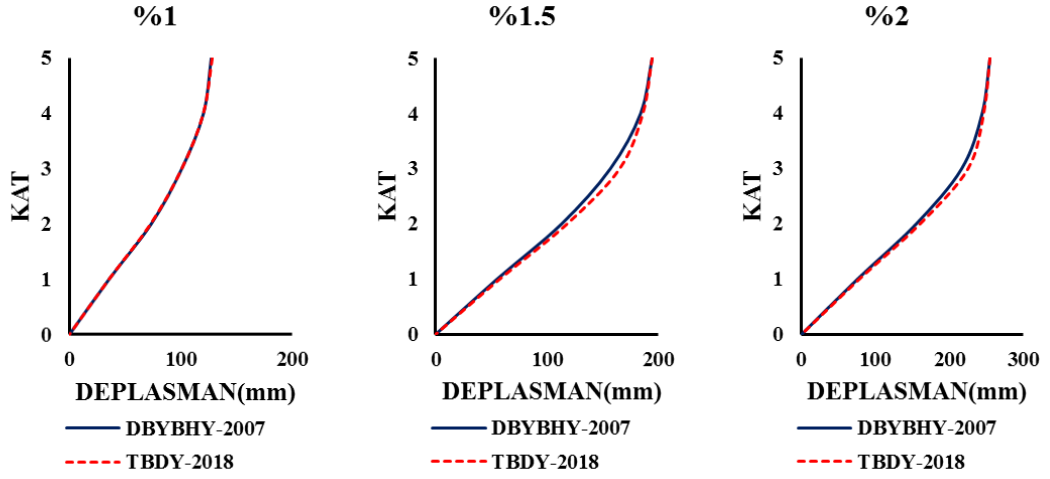
Deplasman profilleri istenilen anlamlı durumlardaki o an için tüm katların yer değiştirmesini veren grafiklerdir. Taleplerin katlara dağılımını ifade eder. Statik itme analizi sonucunda bina yüksekliğinin %1, %1.5 ve %2'si kadar çatı yer değiştirmesi anında binadaki tüm katların deplasman profilleri Şekil 5.2'de verilmiştir. Binalara ait çatı ötelenmesi değerleri de Tablo 5.1'de verilmiştir. Grafiklerde DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 deprem yönetmelikleri ile uyumlu olarak doğrusal olmayan modellemesi yapılan tüm modellerin deplasman profilleri birlikte verilmiştir.

Tablo 5.1: Modellerin bina yüksekliğinin %1, %1.5 ve %2'si kadar çatı yer değiştirmesi durumunda elde edilen çatı ötelenmesi değerleri

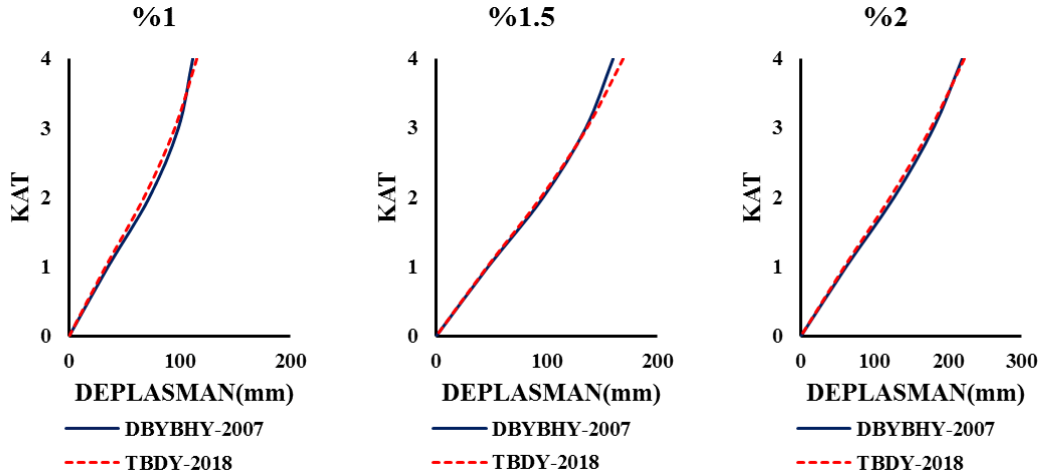
| Model Adı | Çatı Ötelenmesi (mm) | | |
|-----------|----------------------|------|-----|
| | %1 | %1.5 | %2 |
| Model 1 | 121 | 174 | 234 |
| Model 2 | 127 | 195 | 255 |
| Model 3 | 111 | 160 | 220 |
| Model 4 | 155 | 228 | 301 |
| Model 5 | 166 | 251 | 331 |



a) Model 1 için statik itme analizinden elde edilen deplasman profilleri

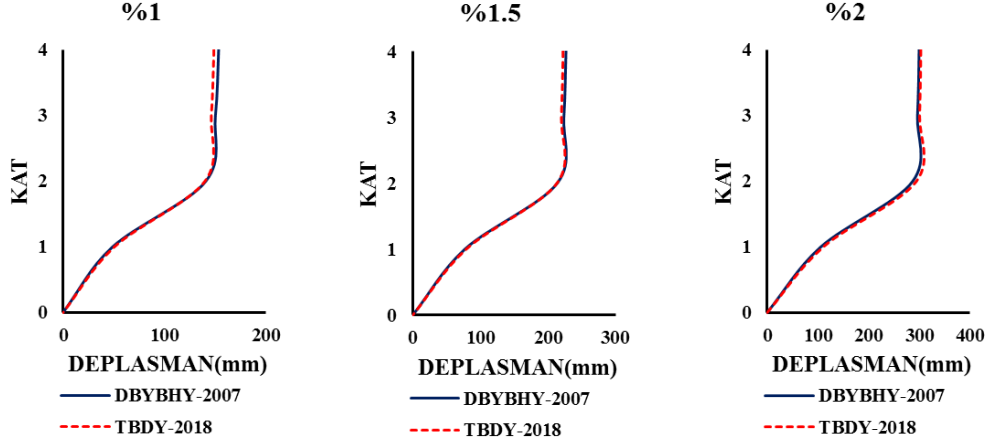


b) Model 2 için statik itme analizinden elde edilen deplasman profilleri

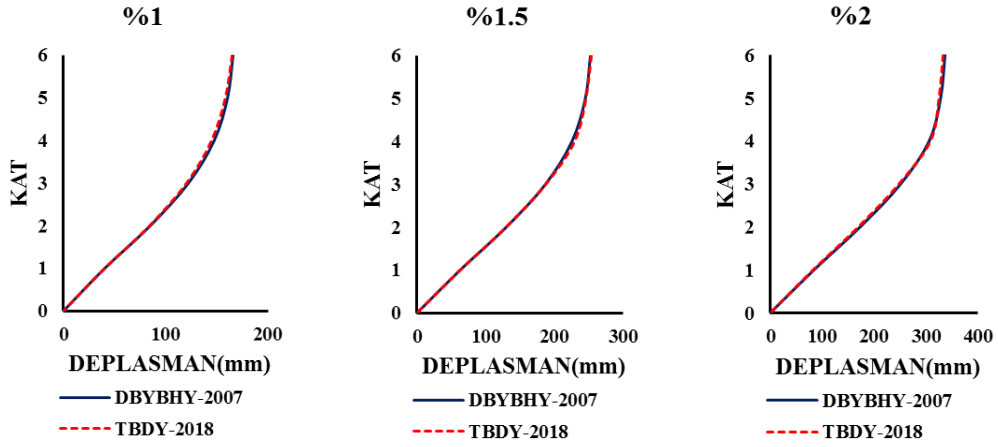


c) Model 3 için statik itme analizinden elde edilen deplasman profilleri

Şekil 5.2: Bina yüksekliğinin %1, %1.5 ve %2'si kadar çatı yer değiştirmesi anındaki bina deplasman profilleri



d) Model 4 için statik itme analizinden elde edilen deplasman profilleri



e) Model 5 için statik itme analizinden elde edilen deplasman profilleri

Şekil 5.2 (devam): Bina yüksekliğinin %1, %1.5 ve %2'si kadar çatı yer değiştirmesi anındaki bina deplasman profilleri

Şekil 5.2 incelendiğinde farklı ötelenme oranları için statik itme analizinden elde edilen deplasman profilleri arasında yönetmelik yaklaşımları açısından önemli farkların olmadığı söylenebilir. Doğrusal olmayan modellemede en önemli fark kesit hasar sınırı tanımlarında olmuştur. Bu farklılık talep değerlerinden ziyade kapasite hasar sınırlarını değiştirmektedir. Bu nedenle talep dağılımlarında önemli farklılıklar meydana gelmemektedir.

Model 4'te deplasman profilinin 2. katta dikkat çekecek bir biçimde açılmasının sebebi diğer katların yüksekliği 2.7 m ve 2.8 m iken 2. katın kat yüksekliği 4 m olmasıdır. Burada bir yumuşak kat oluşumundan söz edilebilir.

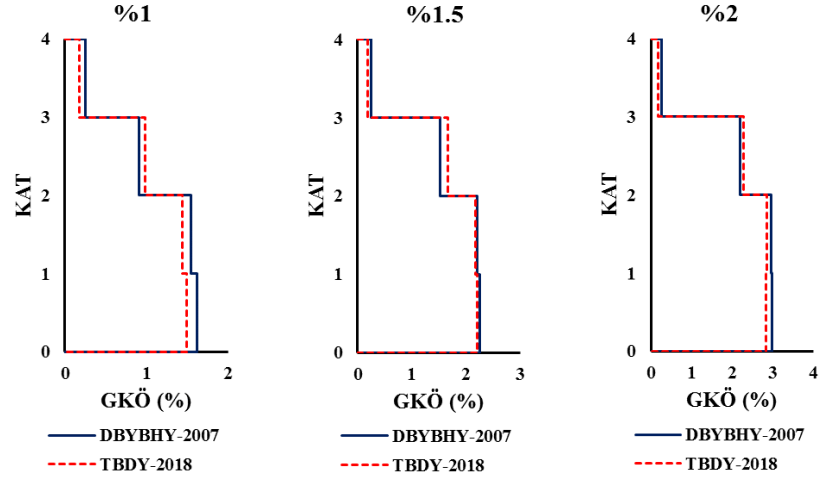
5.1.3 Görelî Kat Ötelemeleri

Görelî kat ötelemesi betonarme bir yapıda ardışık iki katın deplasman farkının kat yüksekliğine bölünmesiyle elde edilen orandır. Özellikle doğrusal olmayan yapı tepkilerinde önemli bir talep parametresi ve yapısal performans göstergesidir. Bu oran yapının sismik uyarılması durumunda katlardaki ötelenme taleplerinin birbirlerine göre oranlarını ifade eder. Yapıda yumuşak kat, zayıf kat vs. gibi yapısal düzensizliklerin bulunması görelî kat ötelemesinin büyümesine sebep olur. Tablo 5.2’de çatı katı görelî ötelenme oranları anında elde edilen maksimum görelî kat ötelenme oranları yüzde cinsinden verilmiştir. Görelî kat ötelenme oranlarının katlara göre dağılımı ise Şekil 5.3’te verilmiştir.

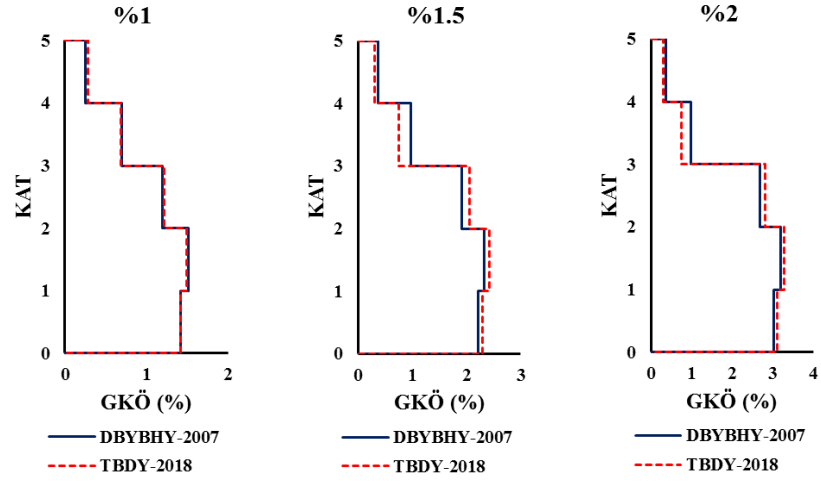
Tablo 5.2: Modellerin bina yüksekliğinin %1, %1.5 ve %2’si kadar çatı yer değiştirmesi durumunda elde edilen çatı ötelenmesi oranları

| Model Adı | Maksimum Görelî Kat Ötelenmesi Oranları (%) | | | | | |
|-----------------|---|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|
| | %1 | | % 1.5 | | %2 | |
| | DBYBHY-2007 | TBDY-2018 | DBYBHY-2007 | TBDY-2018 | DBYBHY-2007 | TBDY-2018 |
| Model 1 | 1.62 | 1.48 | 2.26 | 2.20 | 2.97 | 2.85 |
| Model 2 | 1.51 | 1.48 | 2.32 | 2.42 | 3.18 | 3.28 |
| Model 3 | 1.33 | 1.24 | 1.77 | 1.73 | 2.33 | 2.22 |
| Model 4 | 3.68 | 3.58 | 5.47 | 5.37 | 7.26 | 7.32 |
| Model 5 | 1.59 | 1.57 | 4.63 | 4.62 | 6.19 | 6.07 |
| ORTALAMA | 1.95 | 1.87 | 3.29 | 3.27 | 4.39 | 4.35 |

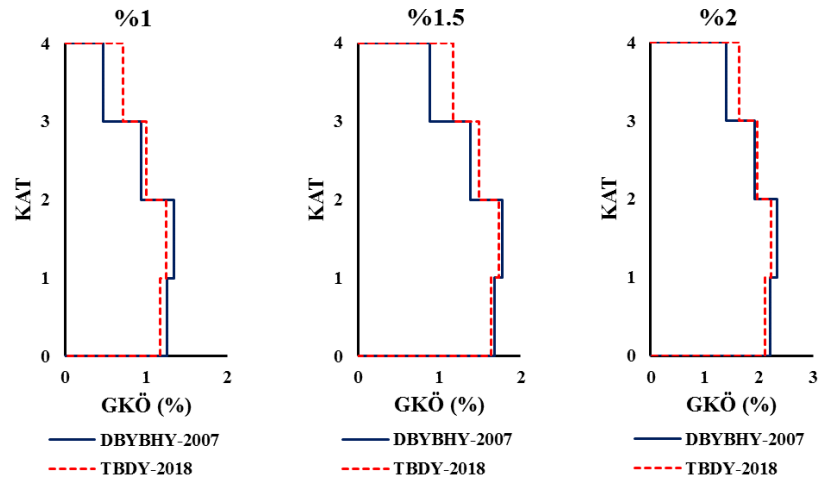
Bina yüksekliğinin %2’si kadar çatı katı ötelenmesi durumunda Model 1, 2, 3, 4 ve 5 için elde edilen maksimum görelî kat ötelenme oranları DBYBHY-2007’ye göre sırasıyla %2.97, %3.18, %2.33, %7.26, %6.19 bulunmuşken, TBDY-2018 için %2.85, %3.28, %2.22, %7.32, %6.07 olarak hesaplanmıştır.



a) Model 1 için statik itme analizinden elde edilen görel kat öteleme oranları

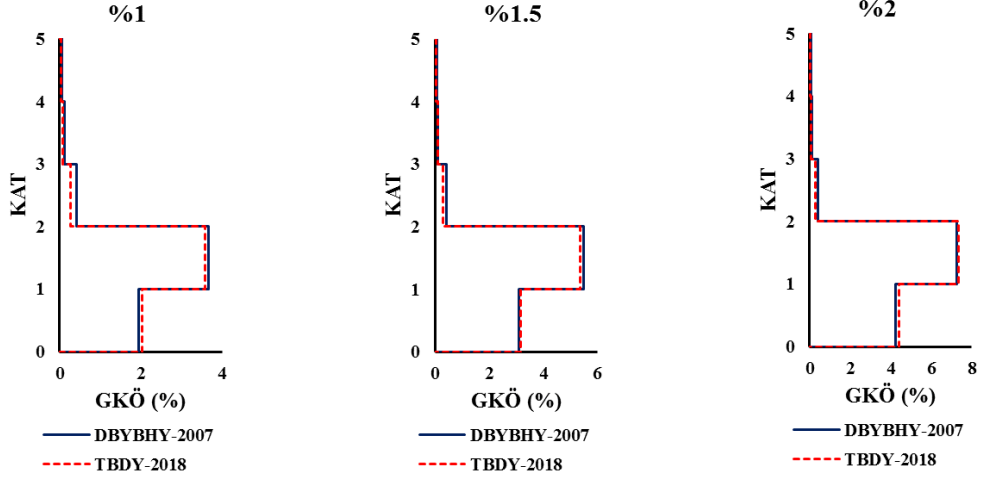


b) Model 2 için statik itme analizinden elde edilen görel kat öteleme oranları

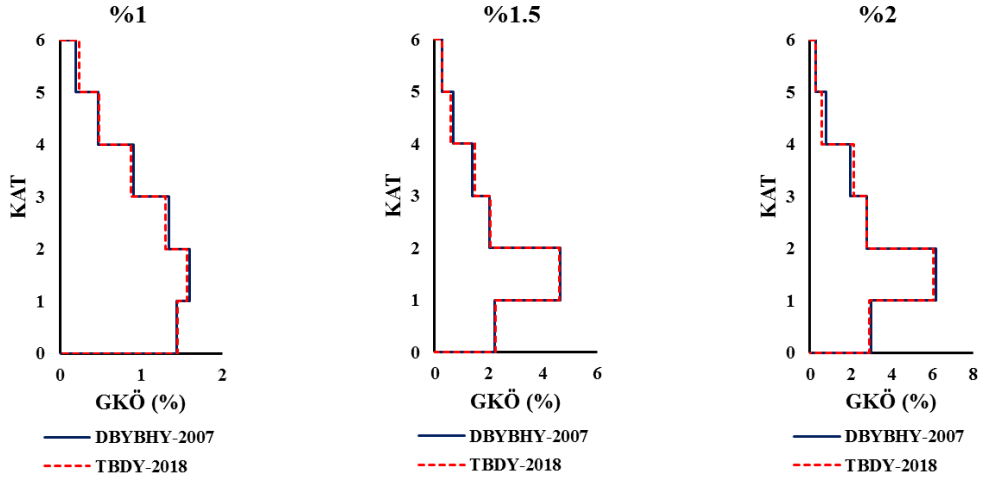


c) Model 3 için statik itme analizinden elde edilen görel kat öteleme oranları

Şekil 5.3: Statik itme analizinden elde edilen görel kat öteleme oranlarının katlara dağılımı



d) Model 4 için statik itme analizinden elde edilen görel kat öteleme oranları



e) Model 5 için statik itme analizinden elde edilen görel kat öteleme oranları

Şekil 5.3 (devam): Statik itme analizinden elde edilen görel kat ötelenme oranlarının katlara dağılımı

Şekil 5.3 incelendiğinde statik itme analizinden elde edilen görel kat ötelenme oranları arasında sınırlı düzeyde farklılıklar olduğu görülmektedir. Kolon eleman çatlamış kesit rijitliği çarpanı TBDY-2018’de ise sabit olarak 0.70 EI, kiriş eleman çatlamış kesit rijitlikleri ise 0.35 EI alınmaktadır. DBYBHY-2007’de ise kolon eleman çatlamış kesit rijitlikleri eksenel yük düzeyine bağlı olarak 0.40 EI ve 0.80 EI arasında değişmektedir. Kiriş elemanlarda ise sabit 0.35 EI değeri dikkate alınmaktadır. Dolayısıyla kolon elemanların çatlamış kesit rijitlikleri yüksek eksenel yük oranları için DBYBHY-2007’de daha yüksektir. Ancak eksenel yük düzeyinin düştüğü üst katlarda 0.70 değerinin oldukça altına inmektedir. Bu nedenle DBYBHY-2007 kriterlerine göre periyot değerleri daha yüksek bulunabilmektedir. Ancak iki yönetmelik açısından hesaplanan talep değerlerindeki farklılıklar oldukça düşük düzeydedir.

5.1.4 Plastik Mafsal Hasar Dağılımları

Plastik mafsallar tanımlanarak doğrusal olmayan modellemesi yapılmış iki boyutlu 5 betonarme çerçeve modelin statik itme analizi sonucu elemanlarında, tanımlanan hasar seviyelerine göre hasarlar oluşmuştur. Her model için bina yüksekliğinin %1, %1.5 ve %2'si kadar çatı yer değiştirmesi yaptığı andaki elemanlarda oluşan plastik mafsal dağılımları yönetmelikler bağlamında karşılaştırılmıştır.

Statik itme analizi sonucu yapıların bina yüksekliğinin %1, %1.5 ve %2'si kadar çatı yer değiştirmesi için, TBDY-2018 yönetmeliği ile uyumlu modellerin kolon ve kiriş uçlarında oluşan hasar düzeyleri, DBYBHY-2007 ile uyumlu modellere göre daha fazladır. Bu durum TBDY-2018 ile uyumlu olarak kolon ve kiriş uçlarına tanımlanan plastik mafsallardaki hasar düzeylerinin DBYBHY-2007'de tanımlanan hasar düzeylerine göre daha küçük ve daha sınırlayıcı değerlerden oluşmasından kaynaklanmaktadır. Hatta TBDY-2018'de Sınırlı Hasar (SH) hasar sınırı için elemanlarda dönmeye izin verilmemektedir. Belirgin Hasar Bölgesi (BH), İleri Hasar Bölgesi (İH) ve Göçme Bölgesi (GB) olarak tanımlanan hasar düzeyleri her iki yönetmelikte de tanımlı olup yönetmelikler dikkate alınarak incelendiğinde TBDY-2018'in bu hasar düzeylerinde de DBYBHY-2007'ye göre sınırlayıcı etkisi görülmektedir.

Tablo 5.5'te Model 1 için DBYBHY-2007 ile uyumlu model için Tablo 5.6'te ise TBDY-2018 ile uyumlu model için tanımlanan hasar seviyelerindeki eleman sayıları ve yüzde oranları verilmiştir. Burada %1 çatı yer değiştirmesi için DBYBHY-2007 ile uyumlu model için kolonların %43.75'i, kirişlerin %25'i minimum hasar bölgesinde iken kolonların %6.75'i, kirişlerin %50'si belirgin hasar bölgesindedir. TBDY-2018 ile uyumlu modelde ise kolonların %50'si, kirişlerin %75'i belirgin hasar bölgesindedir.

Tablo 5.3: DBYBHY-2007 ile uyumlu Model 1 için bina yüksekliğinin %1, %1.5 ve %2'si kadar çatı yer değiştirmesi durumunda tanımlanan hasar seviyelerindeki eleman sayıları

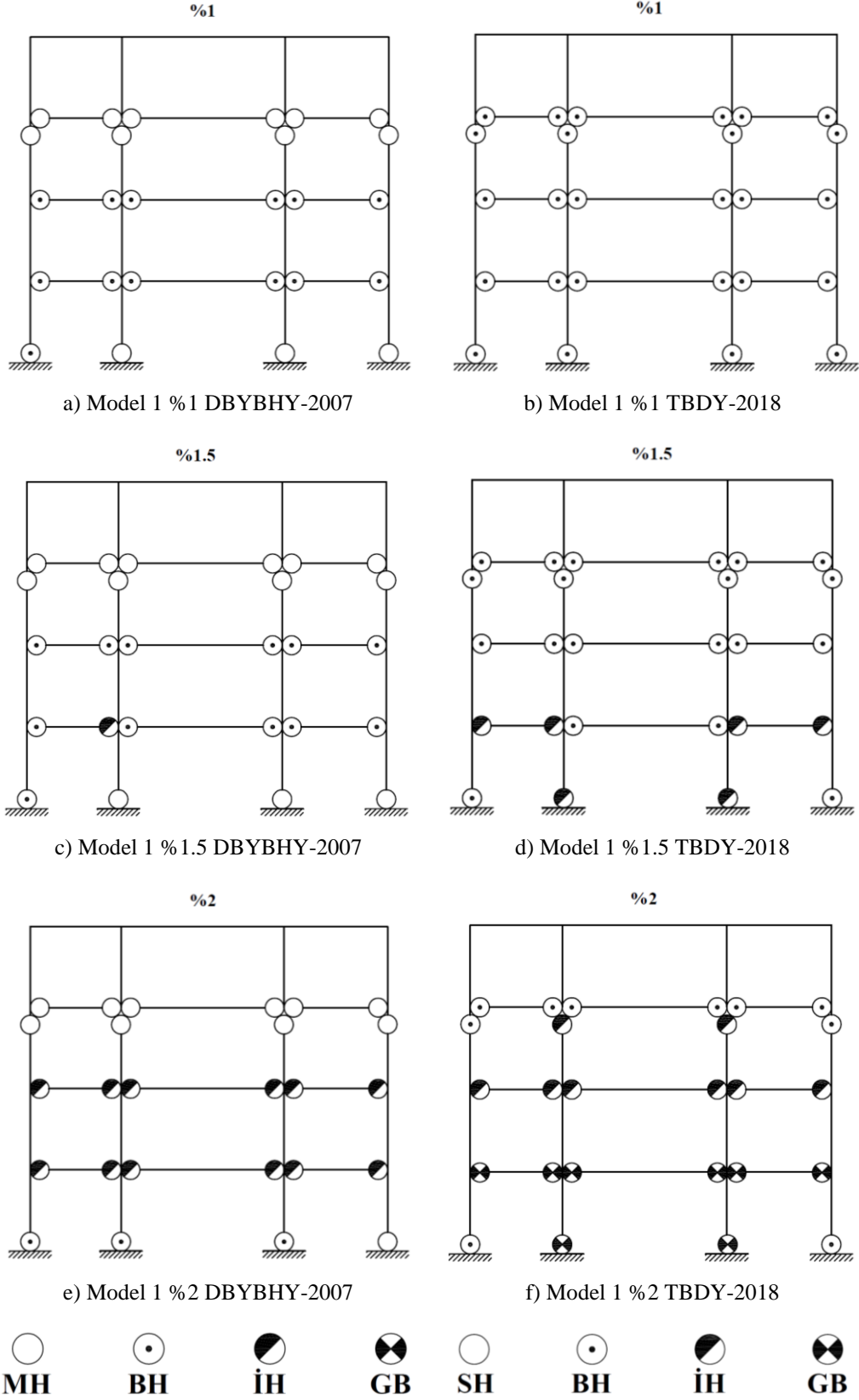
| DBYBHY-2007 | Çatı Yer Değiştirmesi (%) | | | | | | | | | | | |
|-------------|---------------------------|------|----|----|------------------|-------|------|----|------------------|-------|----|----|
| | %1 | | | | %1.50 | | | | %2.00 | | | |
| | Eleman Sayıları | | | | Eleman Sayıları | | | | Eleman Sayıları | | | |
| | HASAR SEVİYELERİ | | | | HASAR SEVİYELERİ | | | | HASAR SEVİYELERİ | | | |
| | MH | BH | İH | GB | MH | BH | İH | GB | MH | BH | İH | GB |
| KOLON | 7 | 1 | 0 | 0 | 7 | 1 | 0 | 0 | 5 | 3 | 0 | 0 |
| KİRİŞ | 3 | 6 | 0 | 0 | 3 | 5 | 1 | 0 | 3 | 0 | 6 | 0 |
| KOLON(%) | 43.75 | 6.25 | 0 | 0 | 43.75 | 6.25 | 0 | 0 | 31.25 | 18.75 | 0 | 0 |
| KİRİŞ(%) | 25 | 50 | 0 | 0 | 25 | 41.67 | 8.33 | 0 | 25 | 0 | 50 | 0 |

Tablo 5.4: TBDY-2018 ile uyumlu Model 1 için bina yüksekliğinin %1, %1.5 ve %2'si kadar çatı yer değiştirmesi durumunda tanımlanan hasar seviyelerindeki eleman sayıları

| TBDY-2018 | Çatı Yer Değiştirmesi (%) | | | | | | | | | | | |
|-----------|---------------------------|----|----|----|------------------|-------|-------|----|------------------|----|------|------|
| | %1 | | | | %1.50 | | | | %2.00 | | | |
| | Eleman Sayıları | | | | Eleman Sayıları | | | | Eleman Sayıları | | | |
| | HASAR SEVİYELERİ | | | | HASAR SEVİYELERİ | | | | HASAR SEVİYELERİ | | | |
| | SH | BH | İH | GB | SH | BH | İH | GB | SH | BH | İH | GB |
| KOLON | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 6 | 2 | 0 | 0 | 4 | 2 | 2 |
| KİRİŞ | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 7 | 2 | 0 | 0 | 3 | 3 | 3 |
| KOLON(%) | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 37.5 | 12.5 | 0 | 0 | 25 | 12.5 | 12.5 |
| KİRİŞ(%) | 0 | 75 | 0 | 0 | 0 | 58.33 | 16.67 | 0 | 0 | 25 | 25 | 25 |

%1.5 çatı yer değiştirmesi için ise DBYBHY-2007 ile uyumlu model için kolonların %43.75'i, kirişlerin %25'i minimum hasar bölgesinde, kolonların %6.25'i, kirişlerin %41.67'si belirgin hasar bölgesinde, kirişlerin %8.33'ü ileri hasar bölgesindedir. TBDY-2018 ile uyumlu model için kolonların %37.5'i, kirişlerin %58.33'ü belirgin hasar bölgesinde, kolonların %12.5'i, kirişlerin %16.67'si ileri hasar bölgesindedir. %2 çatı yer değiştirmesi için DBYBHY-2007 ile uyumlu model için kolonların %31.25'i, kirişlerin %25'i minimum hasar bölgesinde, kolonların %18.75'i belirgin hasar bölgesinde, kirişlerin %50'si ileri hasar bölgesindedir. Göçme bölgesinde bulunan eleman yoktur. TBDY-2018 ile uyumlu model için kolonların %25'i, kirişlerin %25'i belirgin hasar bölgesinde, kolonların %12.5'i, kirişlerin %25'i ileri hasar bölgesinde, kolonların %12.5'i, kirişlerin %25'i göçme bölgesindedir.

Şekil 5.4'de ise DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 deprem yönetmelikleri ile uyumlu olarak doğrusal olmayan modellenmesi yapılmış Model 1 için %1, %1.5 ve %2 çatı yer değiştirmesi durumunda kolon ve kiriş elemanlarının uçlarında oluşan hasar dağılımları gösterilmiştir.



Şekil 5.4: Model 1 statik itme analizi sonucu çatı katı deplasmanının bina yüksekliğinin %1, %1.5 ve %2'si kadar olduğu andaki elemanların plastik mafsalları dağılımı

Tablo 5.5'te Model 2 için DBYBHY-2007 ile uyumlu model için tanımlanan hasar seviyelerindeki eleman sayıları, Tablo 5.8'da ise TBDY-2018 ile uyumlu model için tanımlanan hasar seviyelerindeki eleman sayıları verilmiştir.

Tablo 5.5: DBYBHY-2007 ile uyumlu Model 2 için bina yüksekliğinin %1, %1.5 ve %2'si kadar çatı yer değiştirmesi durumunda tanımlanan hasar seviyelerindeki eleman sayıları

| DBYBHY-2007 | Çatı Yer Değiştirmesi (%) | | | | | | | | | | | |
|-------------|---------------------------|----|----|----|------------------|------|-------|------|------------------|----|----|----|
| | %1 | | | | %1.50 | | | | %2.00 | | | |
| | Eleman Sayıları | | | | Eleman Sayıları | | | | Eleman Sayıları | | | |
| | HASAR SEVİYELERİ | | | | HASAR SEVİYELERİ | | | | HASAR SEVİYELERİ | | | |
| | MH | BH | İH | GB | MH | BH | İH | GB | MH | BH | İH | GB |
| KOLON | 8 | 6 | 0 | 0 | 11 | 2 | 4 | 2 | 8 | 6 | 0 | 6 |
| KİRİŞ | 5 | 15 | 0 | 0 | 3 | 12 | 7 | 0 | 3 | 9 | 7 | 3 |
| KOLON(%) | 26.67 | 20 | 0 | 0 | 36.67 | 6.67 | 13.33 | 6.67 | 26.67 | 20 | 0 | 20 |
| KİRİŞ(%) | 20 | 60 | 0 | 0 | 12 | 48 | 28 | 0 | 12 | 36 | 28 | 12 |

Tablo 5.6: TBDY-2018 ile uyumlu Model 2 için bina yüksekliğinin %1, %1.5 ve %2'si kadar çatı yer değiştirmesi durumunda tanımlanan hasar seviyelerindeki eleman sayıları

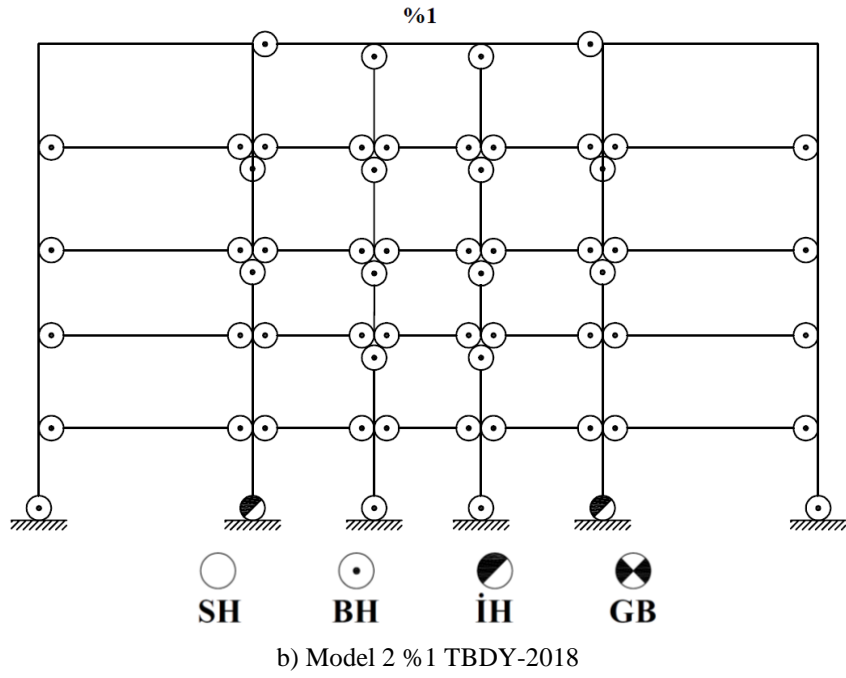
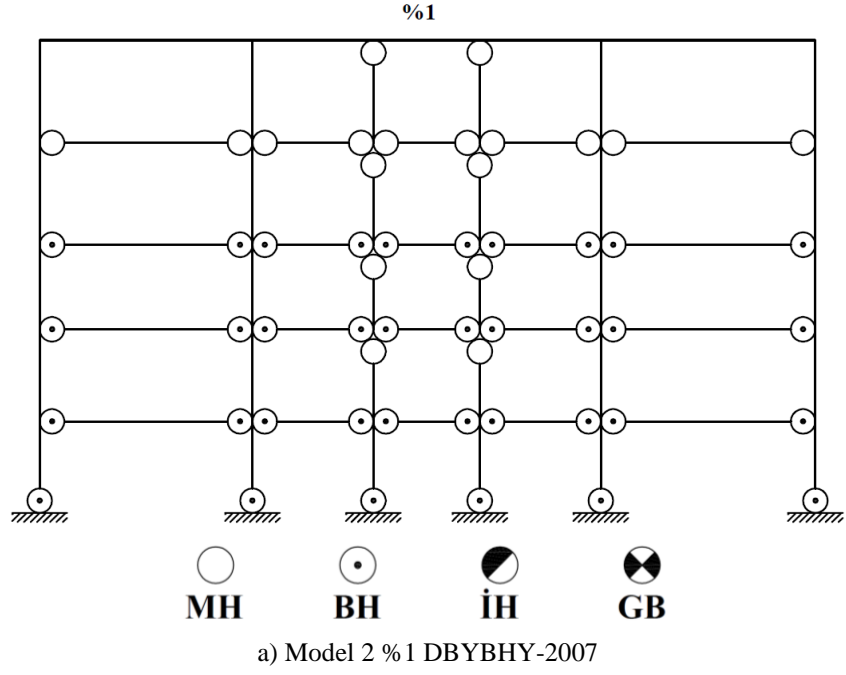
| TBDY-2018 | Çatı Yer Değiştirmesi (%) | | | | | | | | | | | |
|-----------|---------------------------|-------|------|----|------------------|----|------|------|------------------|-------|----|------|
| | %1 | | | | %1.50 | | | | %2.00 | | | |
| | Eleman Sayıları | | | | Eleman Sayıları | | | | Eleman Sayıları | | | |
| | HASAR SEVİYELERİ | | | | HASAR SEVİYELERİ | | | | HASAR SEVİYELERİ | | | |
| | SH | BH | İH | GB | SH | BH | İH | GB | SH | BH | İH | GB |
| KOLON | 0 | 16 | 2 | 0 | 0 | 12 | 2 | 4 | 0 | 10 | 0 | 8 |
| KİRİŞ | 0 | 22 | 0 | 0 | 0 | 12 | 8 | 2 | 0 | 12 | 0 | 10 |
| KOLON(%) | 0 | 53.33 | 6.67 | 0 | 0 | 40 | 6.67 | 13.3 | 0 | 33.33 | 0 | 26.7 |
| KİRİŞ(%) | 0 | 88 | 0 | 0 | 0 | 48 | 32 | 8 | 0 | 48 | 0 | 40 |

Burada %1 çatı yer değiştirmesi durumunda DBYBHY-2007 uyumlu model için kolonların %26.67'si, kirişlerin %20'si minimum hasar bölgesinde iken kolonların %20'si, kirişlerin %60'ı belirgin hasar bölgesindedir. TBDY-2018 ile uyumlu modelde ise kolonların %53.33'ü, kirişlerin %88'i belirgin hasar bölgesindedir.

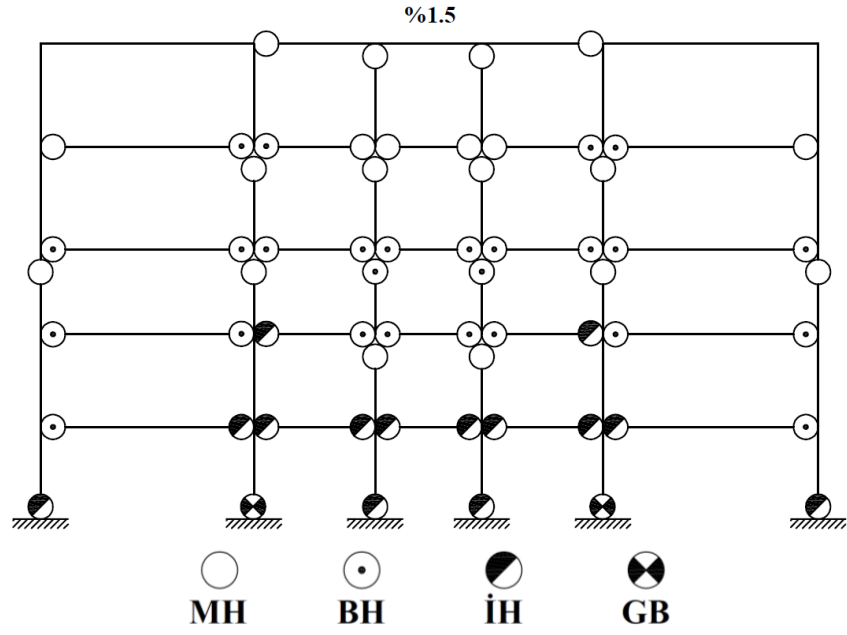
%1.5 çatı yer değiştirmesi için ise DBYBHY-2007 ile uyumlu model için kolonların %36.67'si, kirişlerin %12'si minimum hasar bölgesinde, kolonların %6.67'si, kirişlerin %48'si belirgin hasar bölgesinde, kolonların %13.33'ü, kirişlerin %28'i ileri hasar bölgesinde, kolonların %6.67'si göçme bölgesindedir. TBDY-2018 ile uyumlu model için kolonların %40'ı, kirişlerin %48'i belirgin hasar bölgesinde, kolonların %6.67'si, kirişlerin %32'si ileri hasar bölgesinde, kolonların %13.3'ü, kirişlerin %8'i göçme bölgesindedir.

%2 çatı yer değiştirmesi için DBYBHY-2007 ile uyumlu model için kolonların %26.67'si, kirişlerin %12'si minimum hasar bölgesinde, kolonların %20'si, kirişlerin %36'sı belirgin hasar bölgesinde, kirişlerin %28'i ileri hasar bölgesinde, kolonların %20'si, kirişlerin %12'si göçme bölgesindedir. TBDY-2018 ile uyumlu model için kolonların %33.3'ü, kirişlerin %48'i belirgin hasar bölgesinde, kolonların %26.7'ü, kirişlerin %40'ı göçme bölgesindedir.

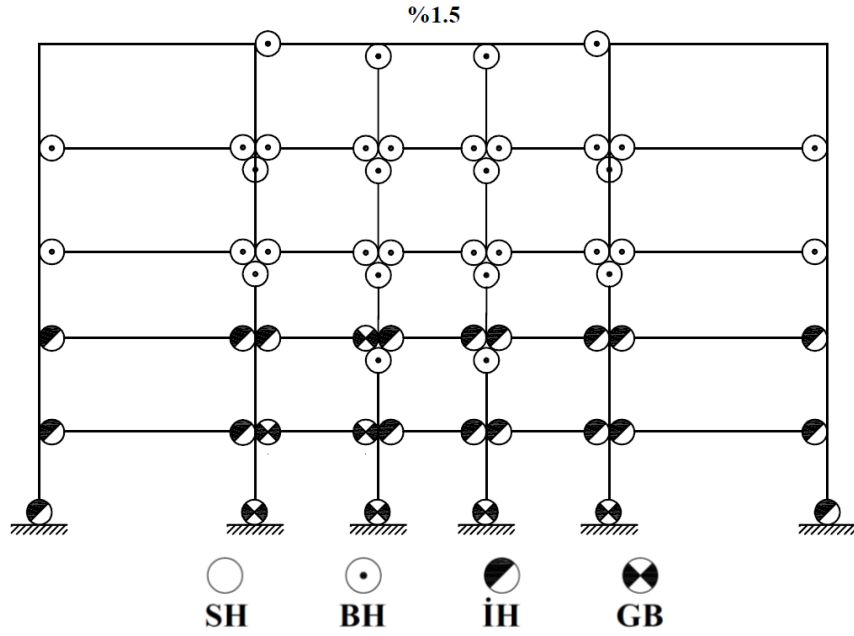
şekil 5.5-şekil 5.7 ise DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 deprem yönetmelikleri ile uyumlu olarak doğrusal olmayan modellemesi yapılmış Model 2 için %1, %1.5 ve %2 çatı yer değiştirmesi durumunda kolon ve kiriş elemanlarının uçlarında oluşan hasar dağılımları gösterilmiştir.



Şekil 5.5: Model 2 statik itme analizi sonucu çatı katı deplasmanının bina yüksekliğinin %1'i kadar olduğu andaki elemanların plastik mafsalları dağılımı

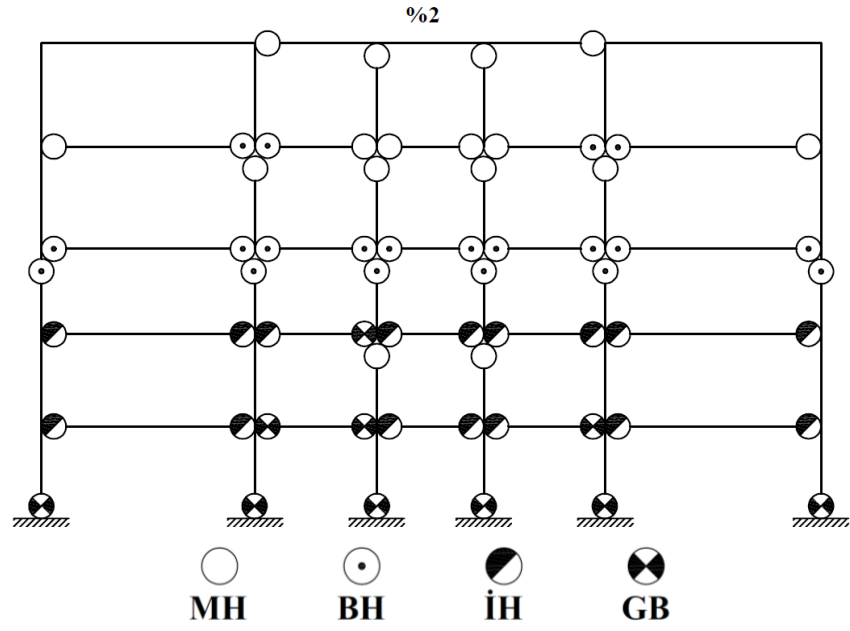


a) Model 2 % 1.5 DBYBHY-2007

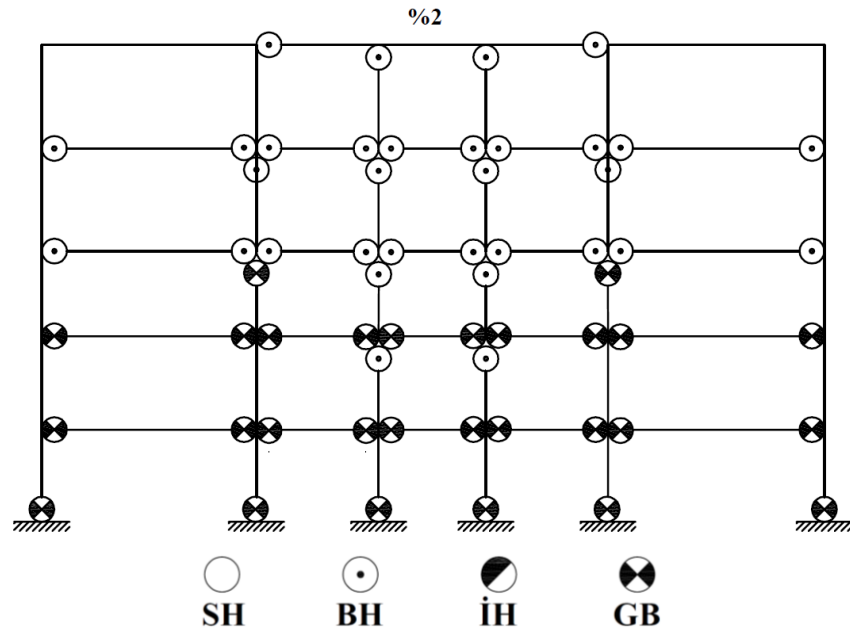


b) Model 2 % 1.5 TBDY-2018

Şekil 5.6: Model 2 statik itme analizi sonucu çatı katı deplasmanının bina yüksekliğinin %1.5'i kadar olduğu andaki elemanların plastik mafsalları dağılımı



a) Model 2 %2 DBYBHY-2007



b) Model 2 %2 TBDY-2018

Şekil 5.7: Model 2 statik itme analizi sonucu çatı katı deplasmanının bina yüksekliğinin %2'si kadar olduğu andaki elemanların plastik mafsall dağılımı

Tablo 5.7'de Model 3 için DBYBHY-2007 ile uyumlu model için tanımlanan hasar seviyelerindeki eleman sayıları, Tablo 5.8'de ise TBDY-2018 ile uyumlu model için tanımlanan hasar seviyelerindeki eleman sayıları verilmiştir.

Tablo 5.7: DBYBHY-2007 ile uyumlu Model 3 için bina yüksekliğinin %1, %1.5 ve %2'si kadar çatı yer değiştirmesi durumunda tanımlanan hasar seviyelerindeki eleman sayıları

| DBYBHY-2007 | Çatı Yer Değiştirmesi (%) | | | | | | | | | | | |
|-------------|---------------------------|------|----|----|------------------|------|----|----|------------------|----|-------|----|
| | %1 | | | | %1.50 | | | | %2.00 | | | |
| | Eleman Sayıları | | | | Eleman Sayıları | | | | Eleman Sayıları | | | |
| | HASAR SEVİYELERİ | | | | HASAR SEVİYELERİ | | | | HASAR SEVİYELERİ | | | |
| | MH | BH | İH | GB | MH | BH | İH | GB | MH | BH | İH | GB |
| KOLON | 10 | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 11 | 1 | 0 | 0 |
| KİRİŞ | 3 | 11 | 0 | 0 | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 | 8 | 3 | 0 |
| KOLON(%) | 50 | 0 | 0 | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | 55 | 5 | 0 | 0 |
| KİRİŞ(%) | 18.75 | 68.7 | 0 | 0 | 0 | 87.5 | 0 | 0 | 0 | 50 | 18.75 | 0 |

Tablo 5.8: TBDY-2018 ile uyumlu Model 3 için bina yüksekliğinin %1, %1.5 ve %2'si kadar çatı yer değiştirmesi durumunda tanımlanan hasar seviyelerindeki eleman sayıları

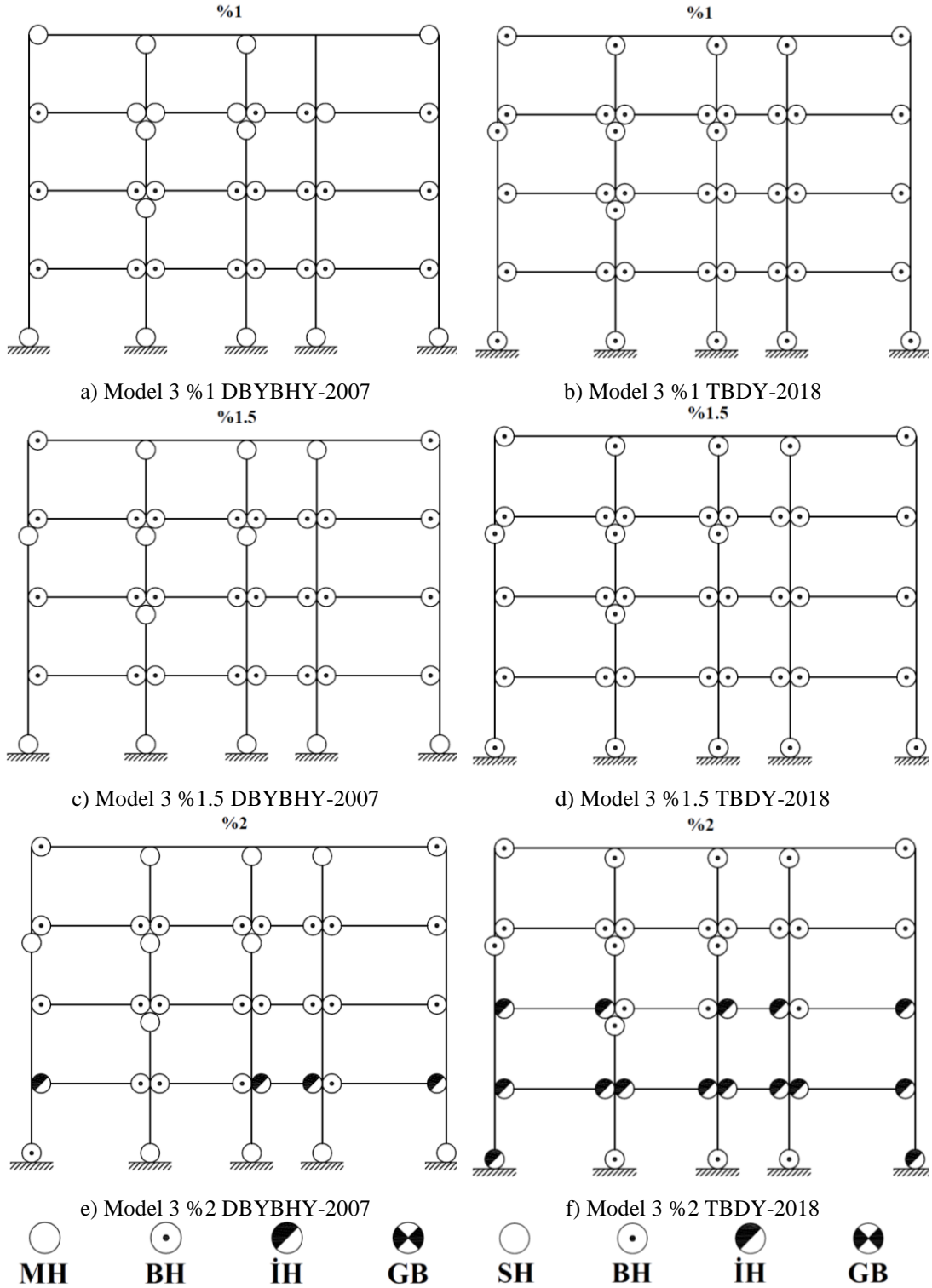
| TBDY-2018 | Çatı Yer Değiştirmesi (%) | | | | | | | | | | | |
|-----------|---------------------------|------|----|----|------------------|------|----|----|------------------|-------|-------|----|
| | %1 | | | | %1.50 | | | | %2.00 | | | |
| | Eleman Sayıları | | | | Eleman Sayıları | | | | Eleman Sayıları | | | |
| | HASAR SEVİYELERİ | | | | HASAR SEVİYELERİ | | | | HASAR SEVİYELERİ | | | |
| | SH | BH | İH | GB | SH | BH | İH | GB | SH | BH | İH | GB |
| KOLON | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 10 | 2 | 0 |
| KİRİŞ | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 | 7 | 7 | 0 |
| KOLON(%) | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | 50 | 10 | 0 |
| KİRİŞ(%) | 0 | 87.5 | 0 | 0 | 0 | 87.5 | 0 | 0 | 0 | 43.75 | 43.75 | 0 |

Burada %1 çatı yer değiştirmesi durumunda DBYBHY-2007 ile uyumlu model için kolonların %50'si, kirişlerin %18.5'i minimum hasar bölgesinde iken kirişlerin %68.75'i belirgin hasar bölgesindedir. TBDY-2018 ile uyumlu modelde ise kolonların %60'ı, kirişlerin %87.5'i belirgin hasar bölgesindedir.

%1.5 çatı yer değiştirmesi için ise DBYBHY-2007 ile uyumlu model için kolonların %60'ı minimum hasar bölgesinde, kirişlerin %87.5'i belirgin hasar bölgesindedir. TBDY-2018 ile uyumlu model için kolonların %60'ı, kirişlerin %48'i belirgin hasar bölgesinde, kolonların %6.67'si, kirişlerin %87.5'i ileri hasar bölgesindedir. Diğer hasar seviyelerinde bulunan eleman yoktur.

%2 çatı yer değiştirmesi için DBYBHY-2007 ile uyumlu model için kolonların %55'i minimum hasar bölgesinde, kolonların %5'si, kirişlerin %50'si belirgin hasar bölgesinde, kirişlerin %18.75'i ileri hasar bölgesindedir. TBDY-2018 ile uyumlu model için kolonların %50'si, kirişlerin %43.75'i belirgin hasar bölgesinde, kolonların %10'u, kirişlerin %43.75'i ileri hasar bölgesindedir.

Şekil 5.8’de ise DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 deprem yönetmelikleri ile uyumlu olarak doğrusal olmayan modellenmesi yapılmış Model 3 için %1, %1.5 ve %2 çatı yer değiştirmesi durumunda kolon ve kiriş elemanlarının uçlarında oluşan hasar dağılımları gösterilmiştir.



Şekil 5.8: Model 3 statik itme analizi sonucu çatı katı deplasmanının bina yüksekliğinin %1, %1.5 ve %2’si kadar olduğu andaki elemanların plastik mafsalları dağılımı

Tablo 5.9’da Model 4 için DBYBHY-2007 ile uyumlu model için tanımlanan hasar seviyelerindeki eleman sayıları, Tablo 5.12’da ise TBDY-2018 ile uyumlu model için tanımlanan hasar seviyelerindeki eleman sayıları verilmiştir.

Tablo 5.9: DBYBHY-2007 ile uyumlu Model 4 için bina yüksekliğinin %1, %1.5 ve %2’si kadar çatı yer değiştirmesi durumunda tanımlanan hasar seviyelerindeki eleman sayıları

| DBYBHY-2007 | Çatı Yer Değiştirmesi (%) | | | | | | | | | | | |
|-------------|---------------------------|------|----|----|------------------|------|-------|------|------------------|----|----|----|
| | %1 | | | | %1.50 | | | | %2.00 | | | |
| | Eleman Sayıları | | | | Eleman Sayıları | | | | Eleman Sayıları | | | |
| | HASAR SEVİYELERİ | | | | HASAR SEVİYELERİ | | | | HASAR SEVİYELERİ | | | |
| | MH | BH | İH | GB | MH | BH | İH | GB | MH | BH | İH | GB |
| KOLON | 2 | 6 | 0 | 0 | 2 | 6 | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| KİRİŞ | 2 | 4 | 0 | 0 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 0 | 0 | 3 |
| KOLON(%) | 10 | 30 | 0 | 0 | 10 | 30 | 0 | 0 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| KİRİŞ(%) | 13.33 | 26.6 | 0 | 0 | 13.33 | 6.67 | 13.33 | 6.67 | 13.33 | 0 | 0 | 20 |

Tablo 5.10: TBDY-2018 ile uyumlu Model 4 için bina yüksekliğinin %1, %1.5 ve %2’si kadar çatı yer değiştirmesi durumunda tanımlanan hasar seviyelerindeki eleman sayıları

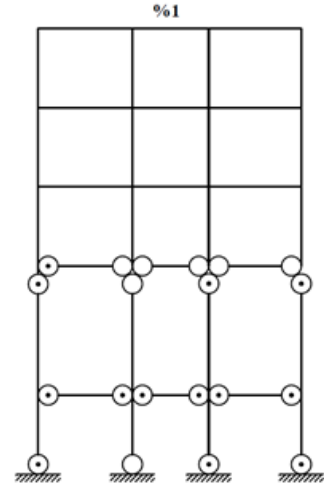
| TBDY-2018 | Çatı Yer Değiştirmesi (%) | | | | | | | | | | | |
|-----------|---------------------------|----|----|----|------------------|----|----|----|------------------|----|----|----|
| | %1 | | | | %1.50 | | | | %2.00 | | | |
| | Eleman Sayıları | | | | Eleman Sayıları | | | | Eleman Sayıları | | | |
| | HASAR SEVİYELERİ | | | | HASAR SEVİYELERİ | | | | HASAR SEVİYELERİ | | | |
| | SH | BH | İH | GB | SH | BH | İH | GB | SH | BH | İH | GB |
| KOLON | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 4 | 4 |
| KİRİŞ | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 | 3 | 0 | 3 | 0 | 3 | 0 | 3 |
| KOLON(%) | 0 | 40 | 0 | 0 | 0 | 20 | 20 | 0 | 0 | 0 | 20 | 20 |
| KİRİŞ(%) | 0 | 20 | 20 | 0 | 0 | 20 | 0 | 20 | 0 | 20 | 0 | 20 |

Tablo 5.9 ve Tablo 5.12’da görüldüğü üzere %1 çatı yer değiştirmesi durumunda DBYBHY-2007 ile uyumlu model için kolonların %10’u, kirişlerin %13.3’ü minimum hasar bölgesinde iken kolonların %30’u, kirişlerin %26.67’si belirgin hasar bölgesindedir. TBDY-2018 ile uyumlu modelde ise kolonların %40’ı, kirişlerin %20’si belirgin hasar bölgesinde, kirişlerin %20’si ileri hasar bölgesindedir.

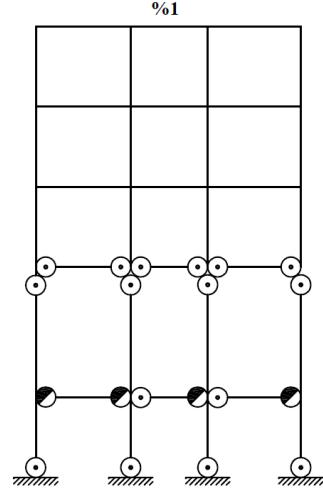
%1.5 çatı yer değiştirmesi için ise DBYBHY-2007 ile uyumlu model için kolonların %10’u, kirişlerin %13.33’ü minimum hasar bölgesinde, kolonların %30’u kirişlerin %6.67’si belirgin hasar bölgesinde, kirişlerin %13.33’ü ileri hasar bölgesinde, %6.67’si göçme bölgesindedir. TBDY-2018 ile uyumlu model için kolonların ve kirişlerin %20’si belirgin hasar bölgesinde, kolonların %20’si ileri hasar bölgesinde, kirişlerin %20’si göçme bölgesindedir.

%2 çatı yer değiştirmesi için DBYBHY-2007 ile uyumlu model için kolonların %10'u, kirişlerin %13.33'ü minimum hasar bölgesinde, kolonların %10'u belirgin hasar bölgesinde %10'u ileri hasar bölgesinde, kolonların %10'u kirişlerin %20'si ileri hasar bölgesindedir. TBDY-2018 ile uyumlu model için kirişlerin %20'si belirgin hasar bölgesinde, kolonların %20'si ileri hasar bölgesinde, kolonların ve kirişlerin %20'si göçme bölgesindedir.

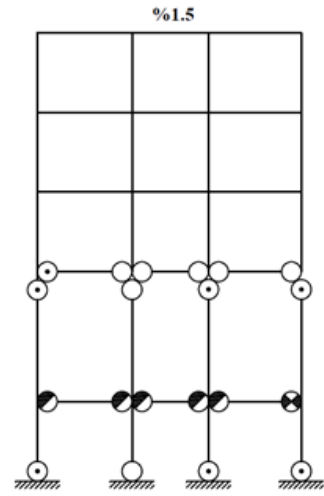
şekil 5.9'da ise DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 deprem yönetmelikleri ile uyumlu olarak doğrusal olmayan modellenmesi yapılmış Model 4 için %1, %1.5 ve %2 çatı yer değiştirmesi durumunda kolon ve kiriş elemanlarının uçlarında oluşan hasar dağılımları gösterilmiştir.



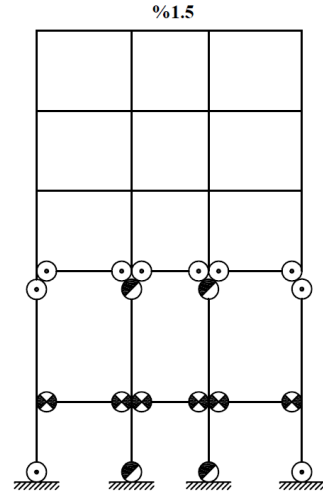
a) Model 4 %1 DBYBHY-2007



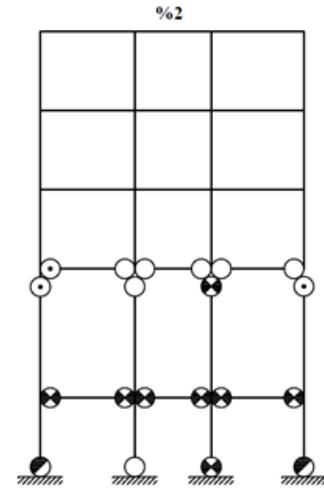
b) Model 4 %1 TBDY-2018



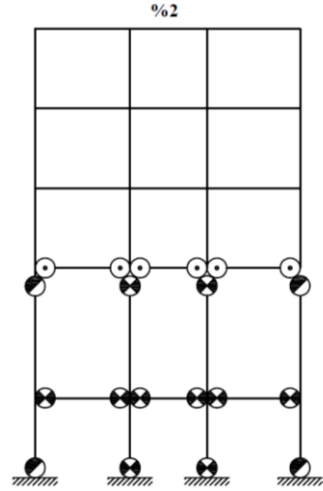
c) Model 4 %1.5 DBYBHY-2007



d) Model 4 %1.5 TBDY-2018



e) Model 4 %2 DBYBHY-2007



f) Model 4 %2 TBDY-2018



Şekil 5.9: Model 4 statik itme analizi sonucu çatı katı deplasmanının bina yüksekliğinin %1, %1.5 ve %2'si kadar olduğu andaki elemanların plastik mafsalları dağılımı

Yine Tablo 5.11’de Model 5 için DBYBHY-2007 ile uyumlu model için tanımlanan hasar seviyelerindeki eleman sayıları, Tablo 5.12’de ise TBDY-2018 ile uyumlu model için tanımlanan hasar seviyelerindeki eleman sayıları verilmiştir.

Tablo 5.11: DBYBHY-2007 ile uyumlu Model 5 için bina yüksekliğinin %1, %1.5 ve %2’si kadar çatı yer değiştirmesi durumunda tanımlanan hasar seviyelerindeki eleman sayıları

| DBYBHY-2007 | Çatı Yer Değiştirmesi (%) | | | | | | | | | | | |
|-------------|---------------------------|-------|-------|------|------------------|-------|-------|-------|------------------|-------|-------|-------|
| | %1 | | | | %1.50 | | | | %2.00 | | | |
| | Eleman Sayıları | | | | Eleman Sayıları | | | | Eleman Sayıları | | | |
| | HASAR SEVİYELERİ | | | | HASAR SEVİYELERİ | | | | HASAR SEVİYELERİ | | | |
| | MH | BH | İH | GB | MH | BH | İH | GB | MH | BH | İH | GB |
| KOLON | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 2 | 0 | 3 | 3 | 3 | 0 | 4 |
| KİRİŞ | 1 | 7 | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 | 0 | 1 | 4 | 5 | 0 |
| KOLON(%) | 0.00 | 16.67 | 16.67 | 0.00 | 16.67 | 11.11 | 0.00 | 16.67 | 16.67 | 16.67 | 0.00 | 22.22 |
| KİRİŞ(%) | 8.33 | 58.33 | 0.00 | 0.00 | 16.67 | 16.67 | 16.67 | 0.00 | 8.33 | 33.33 | 41.67 | 0.00 |

Tablo 5.12: TBDY-2018 ile uyumlu Model 5 için bina yüksekliğinin %1, %1.5 ve %2’si kadar çatı yer değiştirmesi durumunda tanımlanan hasar seviyelerindeki eleman sayıları

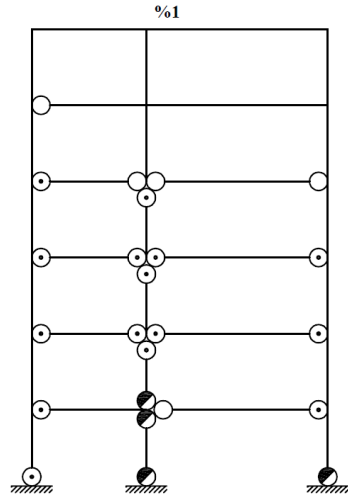
| TBDY-2018 | Çatı Yer Değiştirmesi (%) | | | | | | | | | | | |
|-----------|---------------------------|-------|-------|------|------------------|-------|-------|-------|------------------|-------|-------|-------|
| | %1 | | | | %1.50 | | | | %2.00 | | | |
| | Eleman Sayıları | | | | Eleman Sayıları | | | | Eleman Sayıları | | | |
| | HASAR SEVİYELERİ | | | | HASAR SEVİYELERİ | | | | HASAR SEVİYELERİ | | | |
| | SH | BH | İH | GB | SH | BH | İH | GB | SH | BH | İH | GB |
| KOLON | 0 | 3 | 2 | 1 | 0 | 6 | 0 | 4 | 0 | 5 | 1 | 4 |
| KİRİŞ | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 9 | 2 | 0 | 0 | 5 | 4 | 2 |
| KOLON(%) | 0.00 | 16.67 | 11.11 | 5.56 | 0.00 | 33.33 | 0.00 | 22.22 | 0.00 | 27.78 | 5.56 | 22.22 |
| KİRİŞ(%) | 0.00 | 66.67 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 75.00 | 16.67 | 0.00 | 0.00 | 41.67 | 33.33 | 16.67 |

Tablo 5.11 ve Tablo 5.12 incelendiğinde %1 çatı yer değiştirmesi durumunda DBYBHY-2007 ile uyumlu model için kirişlerin %8.33’ü minimum hasar bölgesinde iken kolonların %16.67’si, kirişlerin %58.33’ü belirgin hasar bölgesinde, kolonların %16.67’si ileri hasar bölgesindedir. TBDY-2018 ile uyumlu modelde ise kolonların %16.67’si, kirişlerin %66.67’si belirgin hasar bölgesinde, kolonların %11.11’i ileri hasar, %5.56’sı göçme bölgesindedir.

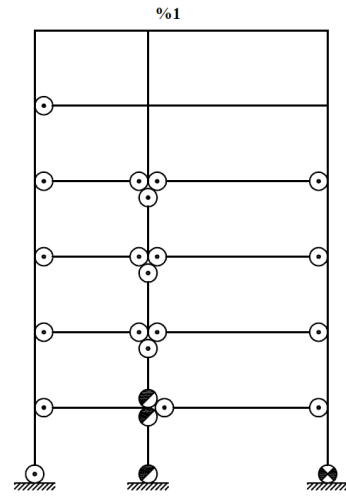
%1.5 çatı yer değiştirmesi için ise DBYBHY-2007 ile uyumlu model için kolonların ve kirişlerin %16.67’si minimum hasar bölgesinde, kolonların %11.11’i, kirişlerin %16.67’si belirgin hasar bölgesinde, kirişlerin %16.67’si ileri hasar bölgesinde, kolonların %16.67’si göçme bölgesindedir. TBDY-2018 ile uyumlu model için kolonların %33.33’ü, kirişlerin %75’i belirgin hasar bölgesinde, kirişlerin %16.67’si ileri hasar bölgesinde, kolonların %22.22’si göçme bölgesindedir.

%2 çatı yer değiştirmesi için DBYBHY-2007 ile uyumlu model için kolonların %16.67'si, kirişlerin %8.33'ü minimum hasar bölgesinde, kolonların %16.67'si, kirişlerin %33.33'ü belirgin hasar bölgesinde, kirişlerin %41.67'si ileri hasar bölgesinde, kolonların %22.22'si göçme bölgesindedir. TBDY-2018 ile uyumlu model için kolonların %27.78'i, kirişlerin %41.67'si belirgin hasar bölgesinde, kolonların %5.56'sı kirişlerin %33.33'ü ileri hasar bölgesinde, kolonların %22.2'si, kirişlerin %16.7'si göçme bölgesindedir.

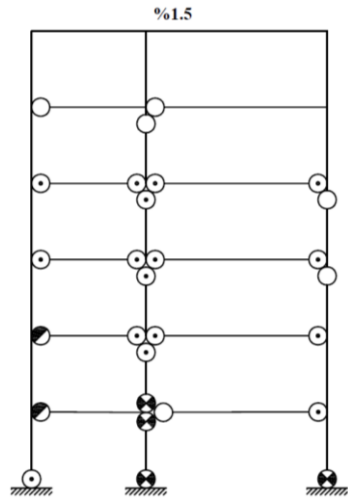
şekil 5.10'da ise DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 deprem yönetmelikleri ile uyumlu olarak doğrusal olmayan modellenmesi yapılmış Model 5 için %1, %1.5 ve %2 çatı yer değiştirmesi durumunda kolon ve kiriş elemanlarının uçlarında oluşan hasar dağılımları gösterilmiştir.



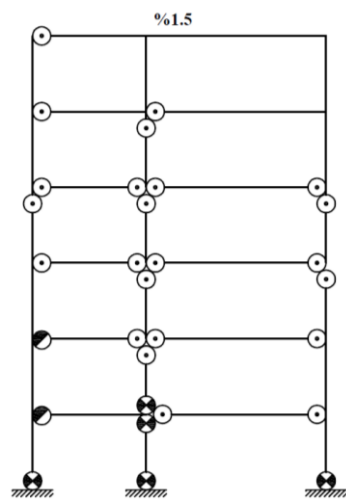
a) Model 5 % 1 DBYBHY-2007



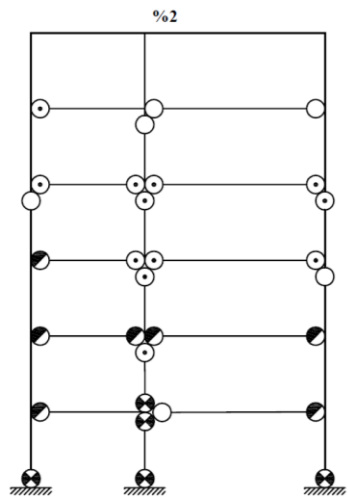
b) Model 5 % 1 TBDY-2018



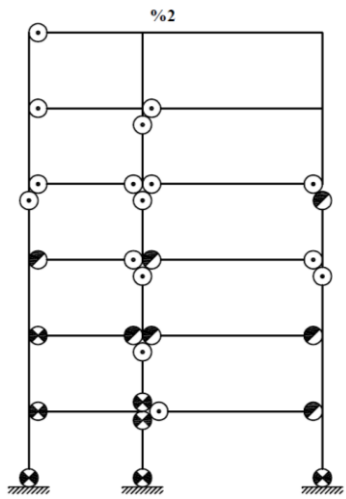
c) Model 5 % 1.5 DBYBHY-2007



d) Model 5 % 1.5 TBDY-2018



e) Model 5 % 2 DBYBHY-2007



f) Model 5 % 2 TBDY-2018



Şekil 5.10: Model 5 statik itme analizi sonucu çatı katı deplasmanının bina yüksekliğinin %1, %1.5 ve %2'si kadar olduğu andaki elemanların plastik mafsıl dağılımı

5.2 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz Sonuçları

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerden önce binalara modal analiz yapılmış binaların serbest titreşim periyotları elde edilmiştir. Doğal titreşim periyotları dikkate alınarak doğrusal olmayan zaman tanım alanında analizler için sönüm katsayıları tanımlanmıştır. 5 adet DBYBHY-2007, 5 adet TBDY-2018 ile uyumlu iki boyutlu betonarme çerçeve model olmak üzere toplamda 10 adete, 11 adet gerçek deprem ivme kaydı ile x yönünde toplamda 110 adet zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz uygulanmıştır. Analizler SAP2000 yapısal analiz programı kullanılarak yapılmış ve analizlerde P-Delta etkileri dikkate alınmıştır.

5.2.1 Deplasman Profilleri

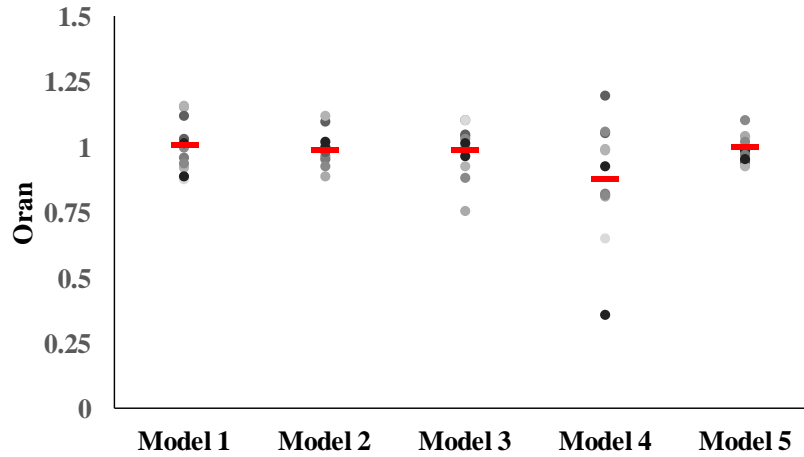
Şekil 5.12’de her modele ait dikkat çekici iki depreme ait ve tüm ivme kayıtlarının ortalamasından elde edilen deplasman profilleri verilmektedir. Hesaplanan her bir depreme ait maksimum çatı katı deplasman talepleri de Tablo 5.13’de verilmektedir. Tüm ivme kayıtları için elde edilen deplasman profilleri ekte Şekil A.1 ile Şekil A.5 arasında yer almaktadır.

Tablo 5.13: Modellerin tüm deprem ivme kayıtları için zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerden elde edilen maksimum çatı deplasmanı talepleri

| DEPREMLER | Maksimum Çatı Deplasmanları (mm) | | | | | | | | | |
|--------------------|----------------------------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|
| | Model 1 | | Model 2 | | Model 3 | | Model 4 | | Model 5 | |
| | DBYBHY-2007 | TBDY-2018 | DBYBHY-2007 | TBDY-2018 | DBYBHY-2007 | TBDY-2018 | DBYBHY-2007 | TBDY-2018 | DBYBHY-2007 | TBDY-2018 |
| BOLDUZ | 231.95 | 239.15 | 168.87 | 185.53 | 191.54 | 212.11 | 147.02 | 155.15 | 161.83 | 168.07 |
| ERZEW | 154.29 | 142.55 | 184.66 | 185.70 | 197.35 | 197.77 | 187.90 | 186.44 | 187.82 | 183.41 |
| GAZ00 | 86.32 | 86.08 | 115.49 | 111.35 | 94.68 | 83.69 | 139.53 | 147.82 | 289.92 | 320.66 |
| IMPVALL | 38.67 | 39.41 | 59.84 | 61.07 | 55.88 | 54.02 | 82.38 | 76.39 | 128.79 | 127.56 |
| KOCDUZC180 | 70.59 | 62.19 | 79.14 | 75.56 | 80.20 | 88.64 | 112.48 | 73.60 | 178.43 | 183.98 |
| KOCDZC270 | 62.66 | 72.17 | 124.80 | 110.90 | 97.19 | 73.41 | 190.54 | 154.67 | 216.88 | 227.00 |
| LANDERS | 137.50 | 132.33 | 212.44 | 203.13 | 199.83 | 208.86 | 217.31 | 178.39 | 349.45 | 340.49 |
| NORTHTAR360 | 178.51 | 199.87 | 263.44 | 259.75 | 254.30 | 267.39 | 170.29 | 204.43 | 266.21 | 251.46 |
| NORTHSPV360 | 111.41 | 128.99 | 106.07 | 119.08 | 100.98 | 93.89 | 115.19 | 114.14 | 170.36 | 157.69 |
| NORTHSYL090 | 205.86 | 193.18 | 203.28 | 188.70 | 204.53 | 210.89 | 251.26 | 205.01 | 225.19 | 230.69 |
| KOBETAK090 | 409.61 | 364.34 | 400.44 | 400.48 | 480.44 | 488.79 | 341.83 | 122.01 | 455.04 | 435.26 |
| ORTALAMA | 153.40 | 150.93 | 174.41 | 172.84 | 177.90 | 179.95 | 177.79 | 147.10 | 239.08 | 238.75 |

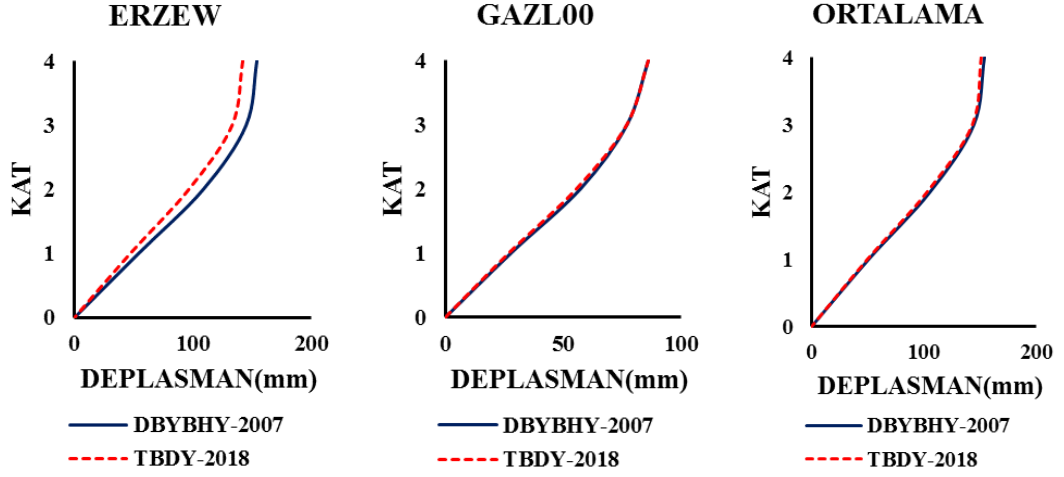
Şekil 5.11’de her modele ait TBDY-2018 ve DBYBHY-2007 için elde edilen çatı katı deplasman taleplerinin oranları yer almaktadır (TBDY-2018/DBYBHY-2007). Elde edilen sonuçlar incelendiğinde Model 4 dışındaki modellerde talep oranlarının 0.85-1.15 bandı arasında değişim gösterdiği görülmektedir. Depremlerin ortalaması alındığında ise aradaki fark ihmal edilecek kadar azalmaktadır.

Ancak Model 4 için hesaplanan oranlar çok daha geniş bir banttadır. Özellikle düşük eksenel yük oranı ve 2. kat yüksekliği nedeniyle periyot değerindeki artışla birlikte DBYBHY-2007’ye göre hesaplanan talepler büyük oranda artmıştır. Dinamik analizin doğası gereği periyot değişimi sonuçlar üzerinde statik analize oranla çok daha etkili olmuştur. Tüm modeller için talep oranları incelendiğinde Model 4 için 0.85 olarak hesaplanmıştır. Bununla birlikte bazı depremler için TBDY-2018 yönetmeliğine göre hazırlanan modelde daha yüksek taleplerin elde edilmesi dinamik analizin karmaşıklığının bir göstergesidir.

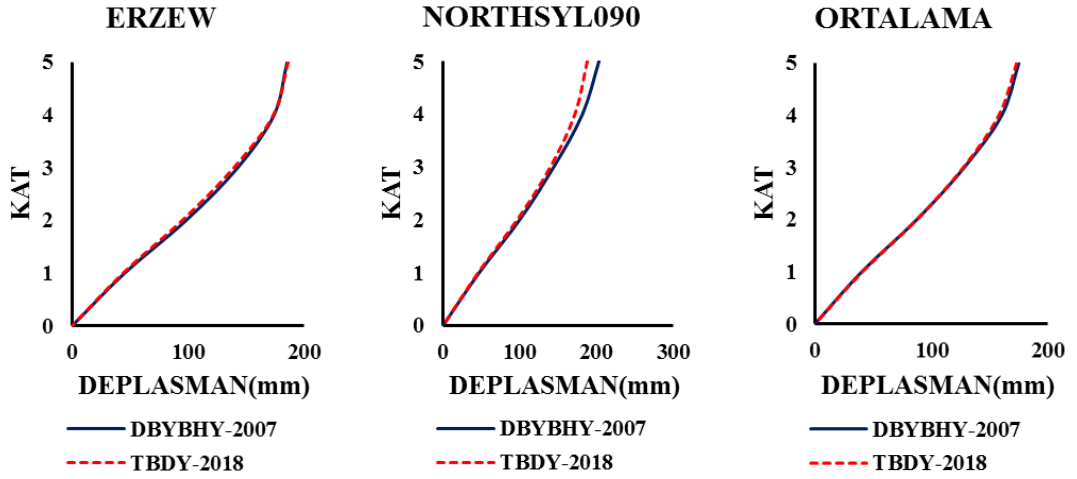


Şekil 5.11: Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerden elde edilen maksimum çatı katı deplasman talebi oranları

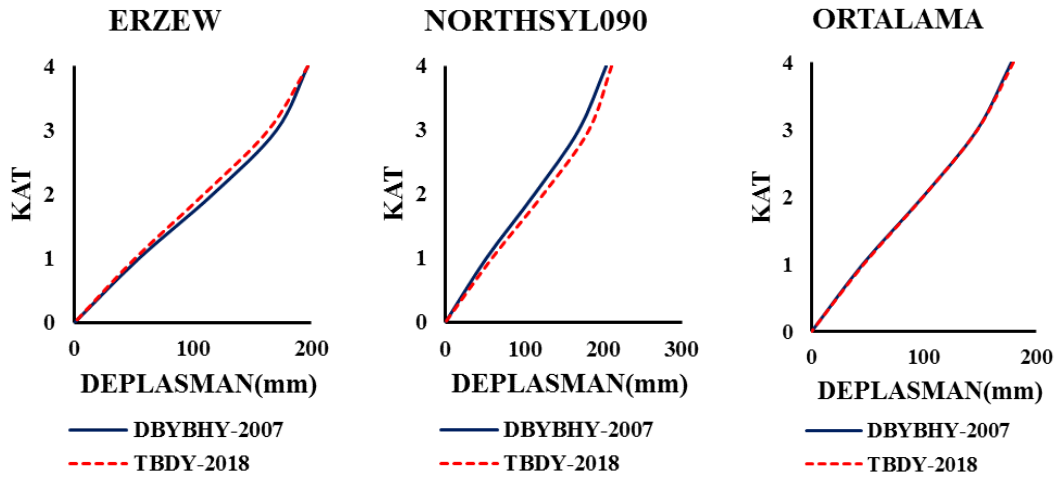
Elde edilen deplasman profilleri incelendiğinde, katlara bağlı yapı talep dağılımında beklendiği gibi dikkate değer bir fark bulunmamaktadır. Sonuçların çatı katı deplasman talepleri ile benzer bir trend izlediği söylenebilir.



a) Model 1 için zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerden elde edilen deplasman profilleri

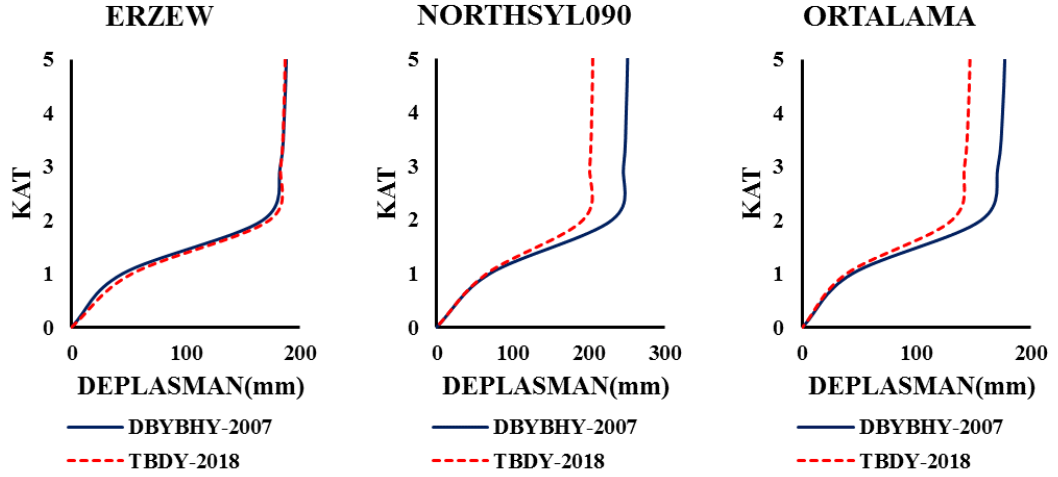


b) Model 2 için zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerden elde edilen deplasman profilleri

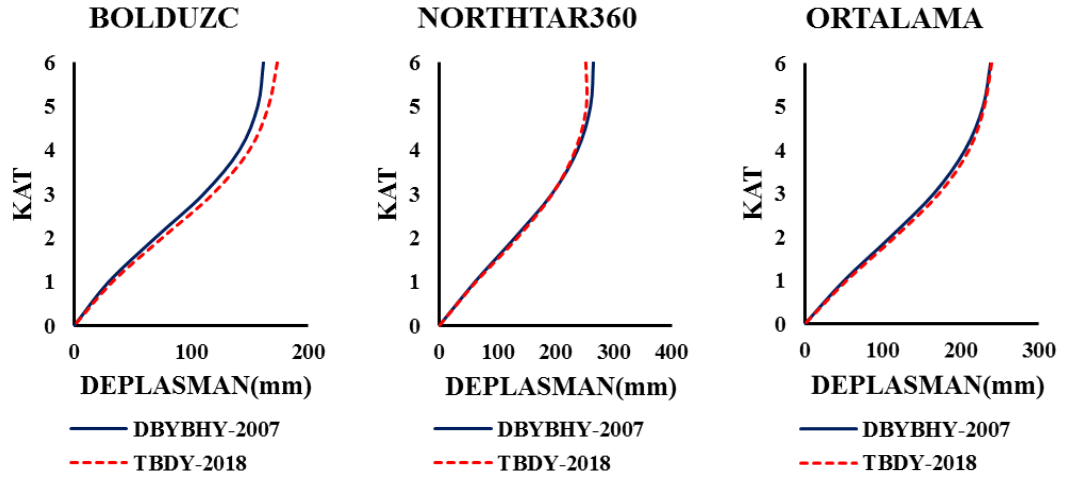


c) Model 3 için zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerden elde edilen deplasman profilleri

Şekil 5.12: Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerden elde edilen deplasman profilleri



d) Model 4 için zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerden elde edilen deplasman profilleri



e) Model 5 için zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerden elde edilen deplasman profilleri

Şekil 5.12 (devam): Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerden elde edilen deplasman profilleri

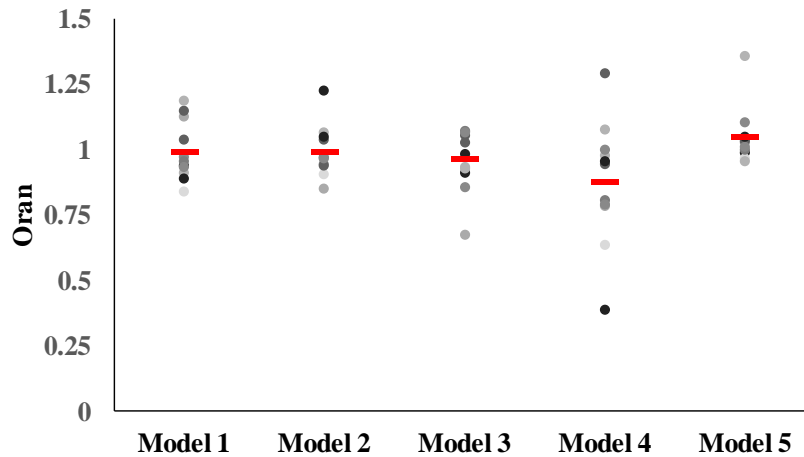
5.2.2 Görelî Kat Ötelemeleri

Şekil 5.14’de her modele ait dikkat çekici iki depreme ait ve tüm ivme kayıtlarının ortalamasından elde edilen maksimum görelî kat ötelenme profilleri verilmektedir. Hesaplanan maksimum görelî kat ötelenme oranları ise Tablo 5.14’te verilmektedir. Tüm ivme kayıtları için elde edilen görelî kat ötelenme oranı profilleri ekte Şekil B.1 ile Şekil B.5 arasındaki grafiklerde gösterilmiştir. Şekil 5.13’te ise her modele ait TBDY-2018 ve DBYBHY-2007 için elde edilen maksimum görelî kat ötelenme taleplerinin oranları yer almaktadır (TBDY-2018/ DBYBHY-2007). Elde edilen sonuçlar incelendiğinde çatı katı deplasman talepleri ile benzer bir trendin

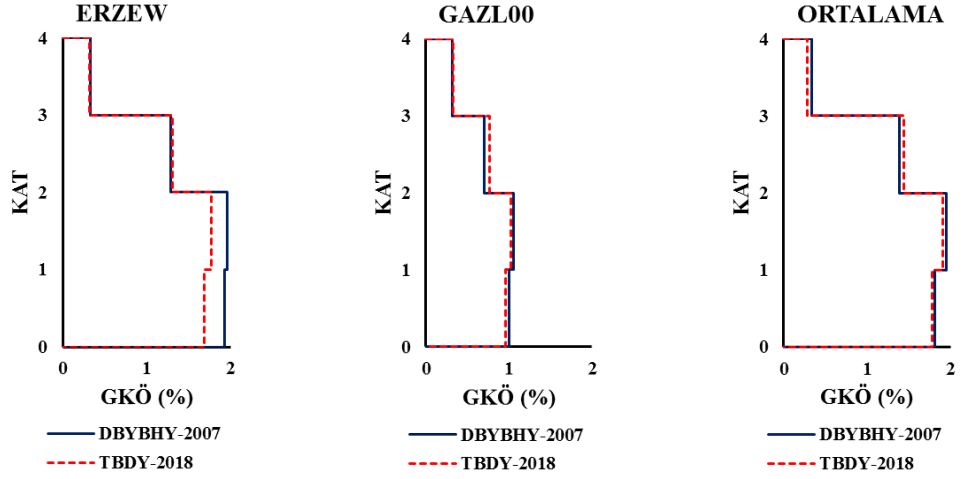
olduğu görülmektedir. Sismik taleplerin katlara bağlı dağılımında önemli bir değişim göze çarpmamaktadır.

Tablo 5.14: Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerden elde edilen maksimum görelî kat ötelenmesi oranları

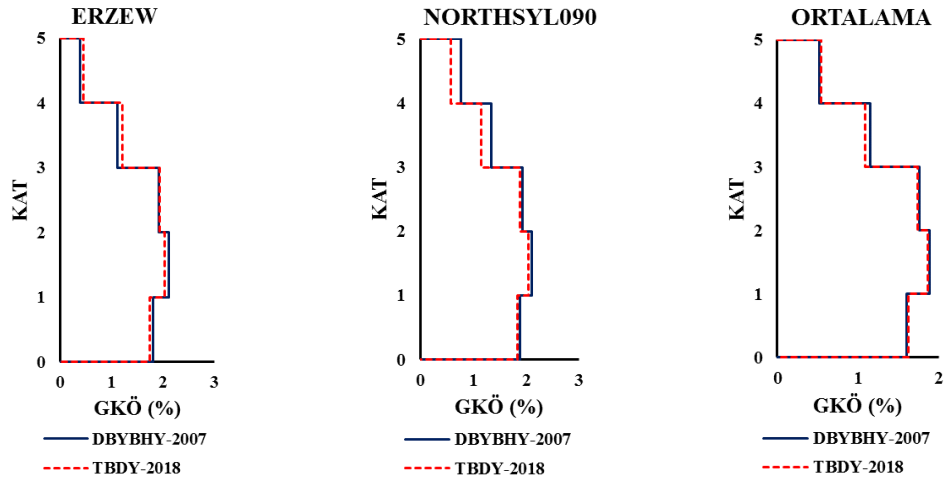
| DEPREM | Maksimum Görelî Kat Ötelenmesi Oranları (%) | | | | | | | | | |
|--------------------|---|---------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|
| | Model 1 | | Model 2 | | Model 3 | | Model 4 | | Model 5 | |
| | DBYBHY -2007 | TBDY- 2018 | DBYBHY -2007 | TBDY- 2018 | DBYBHY -2007 | TBDY- 2018 | DBYBHY -2007 | TBDY- 2018 | DBYBHY -2007 | TBDY- 2018 |
| BOLDUZC | 2.92 | 3.03 | 1.85 | 1.92 | 2.09 | 2.14 | 4.03 | 3.80 | 1.48 | 1.54 |
| ERZEW | 1.96 | 1.78 | 2.11 | 2.04 | 2.23 | 2.08 | 4.91 | 4.80 | 2.53 | 3.43 |
| GAZL00 | 1.06 | 1.03 | 1.23 | 1.16 | 1.11 | 0.95 | 3.65 | 3.64 | 4.07 | 4.48 |
| IMPVALL | 0.47 | 0.44 | 0.53 | 0.65 | 0.66 | 0.60 | 1.99 | 1.90 | 1.32 | 1.30 |
| KOCDZC180 | 0.91 | 0.76 | 0.84 | 0.76 | 0.88 | 0.94 | 2.81 | 1.78 | 2.65 | 2.56 |
| KOCDZC270 | 0.82 | 0.92 | 1.43 | 1.21 | 1.16 | 0.78 | 4.85 | 3.80 | 3.41 | 3.50 |
| LANDERS | 1.68 | 1.60 | 2.39 | 2.32 | 2.06 | 2.20 | 5.41 | 4.34 | 6.01 | 6.01 |
| NORTHTAR360 | 2.14 | 2.45 | 2.55 | 2.39 | 2.58 | 2.72 | 4.15 | 5.36 | 4.65 | 4.78 |
| NORTHSPV360 | 1.36 | 1.61 | 1.12 | 1.19 | 1.08 | 1.00 | 2.61 | 2.81 | 2.29 | 2.18 |
| NORTHSYL090 | 2.64 | 2.46 | 2.11 | 2.04 | 2.19 | 2.33 | 6.43 | 5.05 | 4.21 | 4.24 |
| KOBETAK090 | 5.45 | 4.84 | 4.69 | 4.90 | 5.13 | 5.03 | 9.04 | 3.47 | 9.71 | 10.18 |
| ORTALAMA | 1.95 | 1.90 | 1.90 | 1.87 | 1.92 | 1.89 | 4.54 | 3.71 | 3.85 | 4.02 |



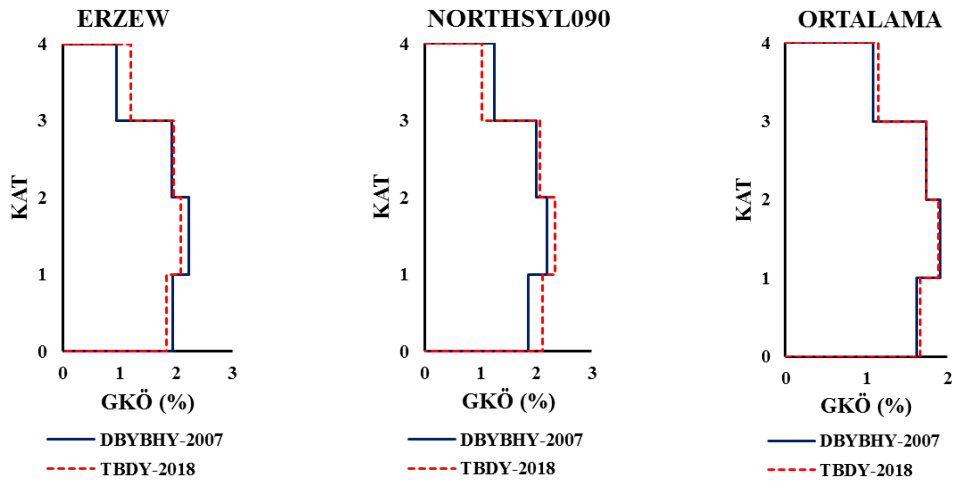
Şekil 5.13: Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerden elde edilen maksimum görelî kat ötelenme oranları



a) Model 1 zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerden elde edilen görel kat ötelemeleri

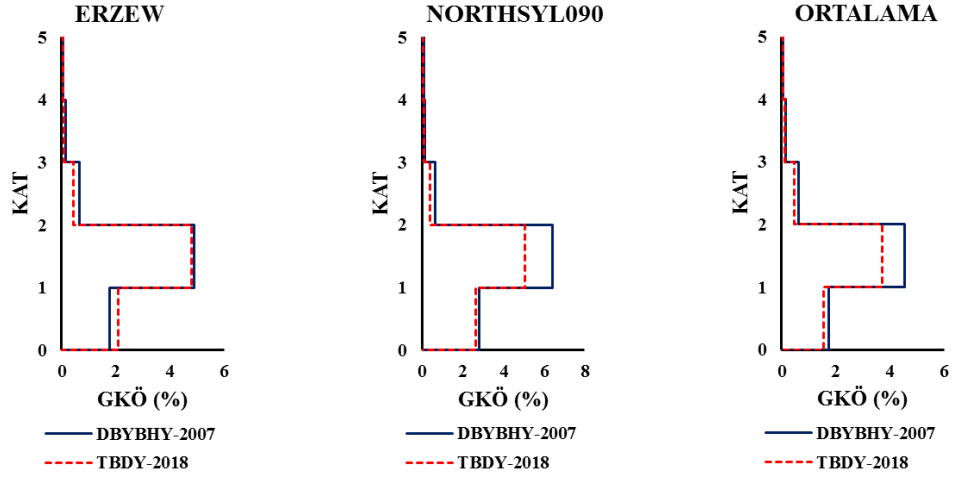


b) Model 2 zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerden elde edilen görel kat ötelemeleri

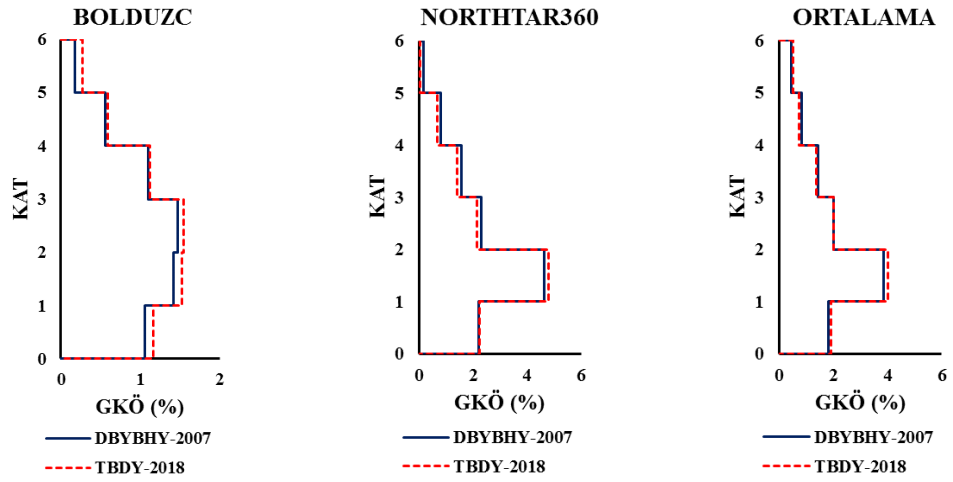


c) Model 3 zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerden elde edilen görel kat ötelemeleri

Şekil 5.14: Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerden elde edilen görel kat ötelemesi oranları



d) Model 4 zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerden elde edilen görel kat ötelemeleri



e) Model 5 zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerden elde edilen görel kat ötelemeleri

Şekil 5.14 (devam): Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerden elde edilen görel kat ötelemesi oranları

5.2.3 Plastik Mafsal Hasar Dağılımları

2007 ve 2018 deprem yönetmelikleri ile doğrusal olmayan modellemesi yapılmış iki boyutlu betonarme çerçeve modellerin, kolon ve kiriş elemanlarının uçlarına tanımlanan plastik mafsallar vasıtasıyla seçilen kaydedilmiş gerçek deprem ivme kaydı ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri sonucu elemanlarındaki hasar düzeyleri dağılımları elde edilmiştir. Tablo 5.19 ve Tablo 5.20’de Model 1’in hem 2007 deprem yönetmeliği ile uyumlu hem de 2018 deprem yönetmeliği ile uyumlu modelleri için hasar alan eleman sayıları ve yüzde oranları görülmektedir. Her model için seçilen 2 deprem ivme kaydından elde edilen hasar düzeyi dağılımı sonuçları Şekil 5.15-Şekil 5.20 arasında gösterilmiştir.

Tablo 5.15 ve Tablo 5.16 incelendiğinde DBYBHY-2007 ile uyumlu Model 1’in KOBETAK deprem ivme kaydı ile analizi sonucu kolonların %43.75’i, kirişlerin %25’i minimum hasar bölgesinde, kolonların ve kirişlerin %25’i belirgin hasar bölgesinde, kolonların %6.25’i ileri hasar bölgesinde, kolonların %6.25’i, kirişlerin %50’si göçme bölgesindedir. TBDY-2018 ile uyumlu modelin KOBETAK090 deprem ivme kaydı ile analizinde kolonların %43.75’i, kirişlerin %41.67’si belirgin hasar bölgesinde, kolonların %12.5’i ileri hasar bölgesinde, kolonların %25’i, kirişlerin %50’si göçme bölgesindedir.

DBYBHY-2007 kuralları esas alınarak modellenmiş Model 1’in NORTHSYL090 ivme kaydı ile analizi sonucu kolonların %56.25’i, kirişlerin %16.67’si minimum hasar bölgesinde, kolonların %18.75’i, kirişlerin %41.67’si belirgin hasar bölgesinde, kirişlerin %33’ü ileri hasar bölgesindedir. TBDY-2018 ile uyumlu modelin NORTHSYL090 deprem ivme kaydı ile analizi sonucu kolonların %62.5’i, kirişlerin %33.33’ü, kirişlerin %33.3’ü ileri hasar bölgesinde, kolonların %12.5’i, kirişlerin %8.33’ü göçme bölgesindedir (Tablo 5.19-Tablo 5.20).

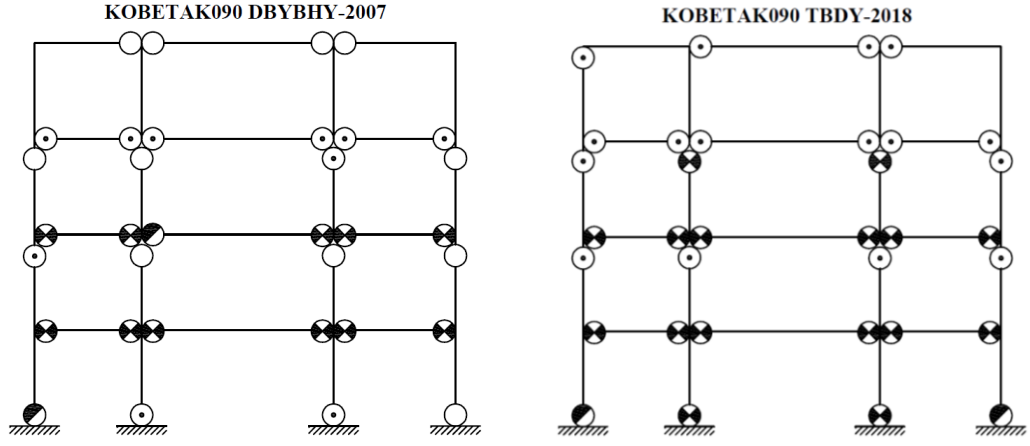
Tablo 5.15: DBYBHY-2007 ile uyumlu Model 1'in gerçek deprem ivme kayıtları ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri sonucu tanımlanan hasar seviyelerindeki eleman sayıları

| DBYBHY-2007 | DEPREM İVME KAYDI | | | | | | | |
|------------------|-------------------|-------|------|-------|------------------|-------|-------|------|
| | KOBETAK090 | | | | NORTHSYL090 | | | |
| | Eleman Sayıları | | | | Eleman Sayıları | | | |
| | HASAR SEVİYELERİ | | | | HASAR SEVİYELERİ | | | |
| | MH | BH | İH | GB | MH | BH | İH | GB |
| KOLON | 7 | 4 | 1 | 1 | 9 | 3 | 0 | 0 |
| KİRİŞ | 3 | 3 | 0 | 6 | 2 | 5 | 4 | 0 |
| KOLON (%) | 43.75 | 25.00 | 6.25 | 6.25 | 56.25 | 18.75 | 0.00 | 0.00 |
| KİRİŞ (%) | 25.00 | 25.00 | 0.00 | 50.00 | 16.67 | 41.67 | 33.33 | 0.00 |

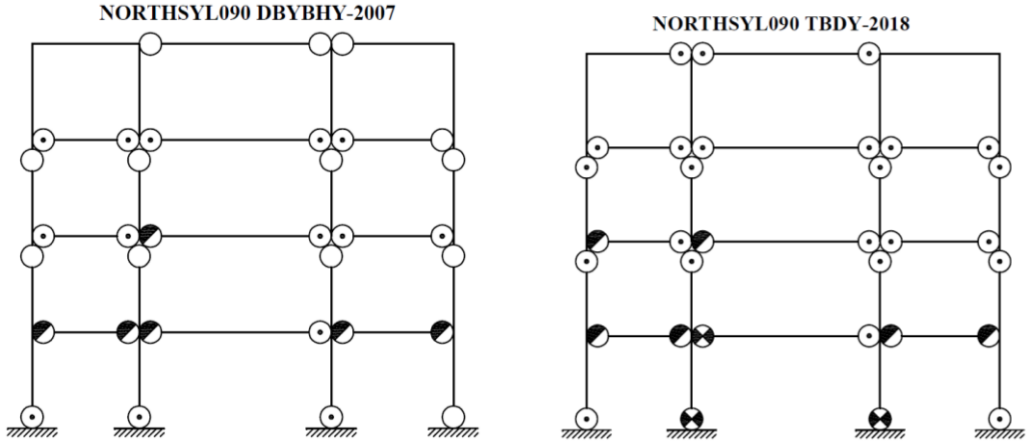
Tablo 5.16: TBDY-2018 ile uyumlu Model 1'in gerçek deprem ivme kayıtları ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri sonucu tanımlanan hasar seviyelerindeki eleman sayıları

| TBDY-2018 | DEPREM İVME KAYDI | | | | | | | |
|------------------|-------------------|-------|------|----|------------------|-------|-------|------|
| | KOBETAK090 | | | | NORTHSYL090 | | | |
| | Eleman Sayıları | | | | Eleman Sayıları | | | |
| | HASAR SEVİYELERİ | | | | HASAR SEVİYELERİ | | | |
| | SH | BH | İH | GB | SH | BH | İH | GB |
| KOLON | 0 | 7 | 2 | 4 | 0 | 10 | 0 | 2 |
| KİRİŞ | 0 | 5 | 0 | 6 | 0 | 4 | 4 | 1 |
| KOLON (%) | 0 | 43.75 | 12.5 | 25 | 0 | 62.5 | 0 | 12.5 |
| KİRİŞ (%) | 0 | 41.67 | 0 | 50 | 0 | 33.33 | 33.33 | 8.33 |

Şekil 5.15'te DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 deprem yönetmelikleri ile uyumlu Model 1'in KOBETAK ve NORTHSYL090 deprem ivme kayıtları ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri sonucu kolon ve kiriş elemanlarının uçlarında oluşan hasarlar gösterilmiştir.



a) DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 ile uyumlu olarak modellenmiş Model 1 için KOBETAK090 deprem ivme kaydı ile analizi sonucu elemanlarında oluşan plastik mafsalları



b) DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 ile uyumlu olarak modellenmiş Model 1'in NORTHSYL090 deprem ivme kaydı ile analizi sonucu elemanlarında oluşan plastik mafsalları



Şekil 5.15: DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 ile uyumlu olarak modellenmiş Model 1'in gerçek deprem ivme kayıtları ile analizi sonucu elemanlarında oluşan plastik mafsalları

DBYBHY-2007 ile uyumlu Model 2'nin ERZEW deprem ivme kaydı ile analizi sonucu kolonların %46.67'si, kirişlerin %12'si minimum hasar bölgesinde, kolonların %13.33'ü, kirişlerin %76'sı belirgin hasar bölgesinde, kolonların %6.67'si, kirişlerin %8'i ileri hasar bölgesindedir. TBDY-2018 ile uyumlu modelin ERZEW deprem ivme kaydı ile analizinde kolonların %63.33'ü, kirişlerin %68'i belirgin hasar bölgesinde, kolonların %6.67'si, kirişlerin %32'si ileri hasar bölgesinde, kolonların %6.67'si göçme bölgesindedir (Tablo 5.17-Tablo 5.18).

DBYBHY-2007 esaslarına uygun olarak modellenmiş Model 2'nin NORTHSYL090 deprem ivme kaydı ile analizi sonucu kolonların %46.67'si, kirişlerin %4'ü minimum hasar bölgesinde, kolonların %13.33'ü, kirişlerin %80'i belirgin hasar bölgesinde, kolonların %6.67'si, kirişlerin %8'i ileri hasar bölgesindedir. TBDY-2018 ile uyumlu modelin NORTHSYL090 deprem ivme kaydı ile analizinde kolonların %73.33'ü, kirişlerin %68'i belirgin hasar bölgesinde, kolonların %3'ü, kirişlerin %32'si ileri hasar bölgesinde, kolonların %6.67'si göçme bölgesindedir (Tablo 5.17-Tablo 5.18).

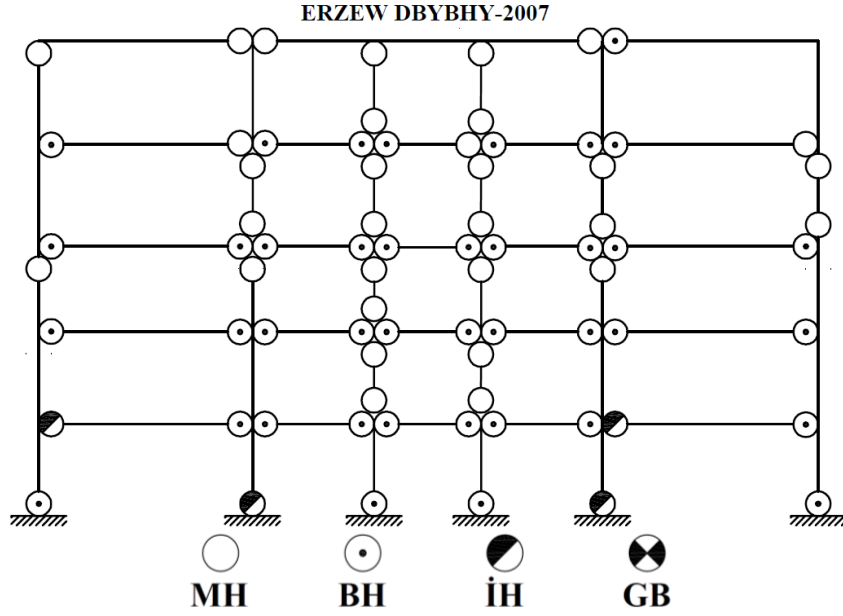
Tablo 5.17: DBYBHY-2007 ile uyumlu Model 2'nin gerçek deprem ivme kayıtları ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri sonucu tanımlanan hasar seviyelerindeki eleman sayıları

| DBYBHY-2007 | DEPREM İVME KAYDI | | | | | | | |
|------------------|-------------------|-------|------|------|------------------|-------|------|------|
| | ERZEW | | | | NORTHSYL090 | | | |
| | Eleman Sayıları | | | | Eleman Sayıları | | | |
| | HASAR SEVİYELERİ | | | | HASAR SEVİYELERİ | | | |
| | MH | BH | İH | GB | MH | BH | İH | GB |
| KOLON | 14 | 4 | 2 | 0 | 14 | 4 | 2 | 0 |
| KİRİŞ | 3 | 19 | 2 | 0 | 1 | 20 | 2 | 0 |
| KOLON (%) | 46.67 | 13.33 | 6.67 | 0.00 | 46.67 | 13.33 | 6.67 | 0.00 |
| KİRİŞ (%) | 12.00 | 76.00 | 8.00 | 0.00 | 4.00 | 80.00 | 8.00 | 0.00 |

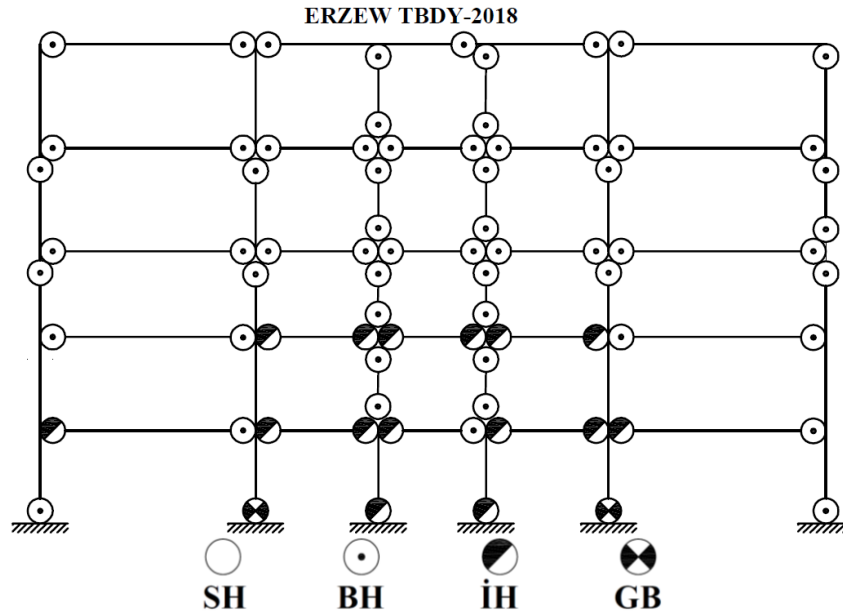
Tablo 5.18: TBDY-2018 ile uyumlu Model 2'nin gerçek deprem ivme kayıtları ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri sonucu tanımlanan hasar seviyelerindeki eleman sayıları

| TBDY-2018 | DEPREM İVME KAYDI | | | | | | | |
|------------------|-------------------|-------|------|------|------------------|-------|------|------|
| | ERZEW | | | | NORTHSYL090 | | | |
| | Eleman Sayıları | | | | Eleman Sayıları | | | |
| | HASAR SEVİYELERİ | | | | HASAR SEVİYELERİ | | | |
| | SH | BH | İH | GB | SH | BH | İH | GB |
| KOLON | 0 | 19 | 2 | 2 | 0 | 22 | 1 | 2 |
| KİRİŞ | 0 | 17 | 8 | 0 | 0 | 17 | 8 | 0 |
| KOLON (%) | 0 | 63.33 | 6.67 | 6.67 | 0 | 73.33 | 3.33 | 6.67 |
| KİRİŞ (%) | 0 | 68 | 32 | 0 | 0 | 68 | 32 | 0 |

Şekil 5.16'da DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 deprem yönetmelikleri ile uyumlu Model 2'nin ERZEW deprem ivme kayıtları ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizi sonucu kolon ve kiriş elemanlarının uçlarında oluşan hasar seviyeleri gösterilmiştir.



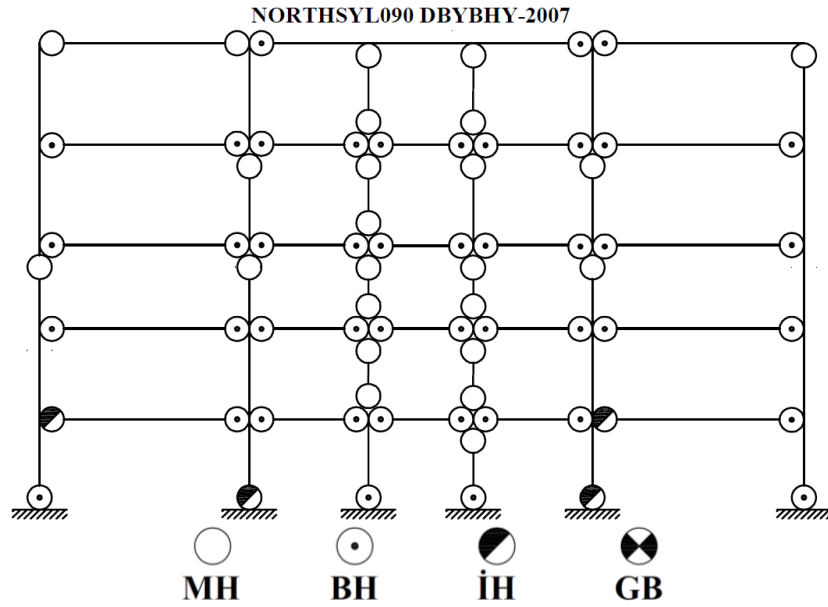
a) DBYBHY-2007 ile uyumlu olarak modellenmiş Model 2'nin ERZEW deprem ivme kaydı ile analiz sonucu elemanlarında oluşan plastik mafsalları



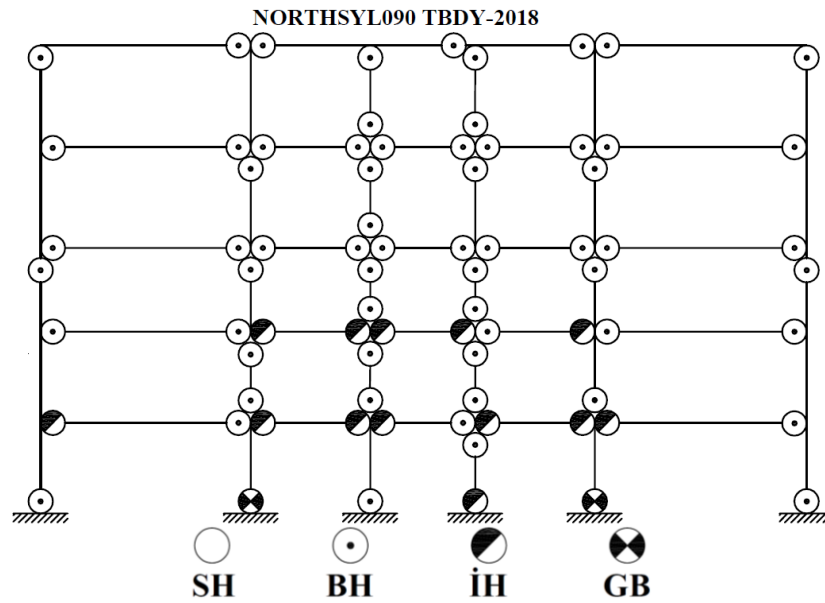
b) TBDY-2018 ile uyumlu olarak modellenmiş Model 2'nin ERZEW deprem ivme kaydı ile analiz sonucu elemanlarında oluşan plastik mafsalları

Şekil 5.16: DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 ile uyumlu olarak modellenmiş Model 1'in ERZEW deprem ivme kaydı ile analizi sonucu elemanlarında oluşan plastik mafsalları

Şekil 5.17’de ise DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 deprem yönetmelikleri ile uyumlu Model 2’nin NORTHSYL090 deprem ivme kaydı ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizi sonucu kolon ve kiriş elemanlarının uçlarında oluşan hasar düzeyleri gösterilmiştir.



a) DBYBHY-2007 ile uyumlu olarak modellenmiş Model 2 için NORTHSYL090 deprem ivme kaydı ile analiz sonucu elemanlarında oluşan plastik mafsalları dağılımları



b) TBDY-2018 ile uyumlu olarak modellenmiş Model 2 için NORTHSYL090 deprem ivme kaydı ile analiz sonucu elemanlarında oluşan plastik mafsalları dağılımları

Şekil 5.17: DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 ile uyumlu olarak modellenmiş Model 2'nin NORTHSYL090 deprem ivme kaydı ile analizi sonucu elemanlarında oluşan plastik mafsalları dağılımları

DBYBHY-2007 deprem yönetmeliği ile uyumlu Model 3'ün ERZEW deprem ivme kaydı ile analizi sonucu kolonların %80'i, kirişlerin %6.25'i minimum hasar bölgesinde, kirişlerin %81.25'i belirgin hasar bölgesinde, kirişlerin %6.25'i ileri hasar bölgesindedir. TBDY-2018 deprem yönetmeliği ile uyumlu modelin ERZEW deprem ivme kaydı ile analizi sonucu kolonların %80'i, kirişlerin %50'si belirgin hasar bölgesinde, kolonların %5'i, kirişlerin %43.75'i ileri hasar bölgesinde, kolonların %6.25'i göçme bölgesindedir (Tablo 5.19-Tablo 5.20).

DBYBHY-2007 esaslarına uygun olarak modellenmiş Model 3'ün NORTHSYL090 deprem ivme kaydı ile analizi sonucu kolonların %80'i, kirişlerin %6.25'i minimum hasar bölgesinde, kirişlerin %87.5'i belirgin hasar bölgesindedir. TBDY-2018 deprem yönetmeliği ile uyumlu modelin NORTHSYL090 deprem ivme kaydı ile analizinde kolonların %80'i, kirişlerin %50'si belirgin hasar bölgesinde, kolonların %5'i, kirişlerin %43.75'i ileri hasar bölgesinde, kolonların %6.25'i göçme bölgesindedir (Tablo 5.19-Tablo 5.20).

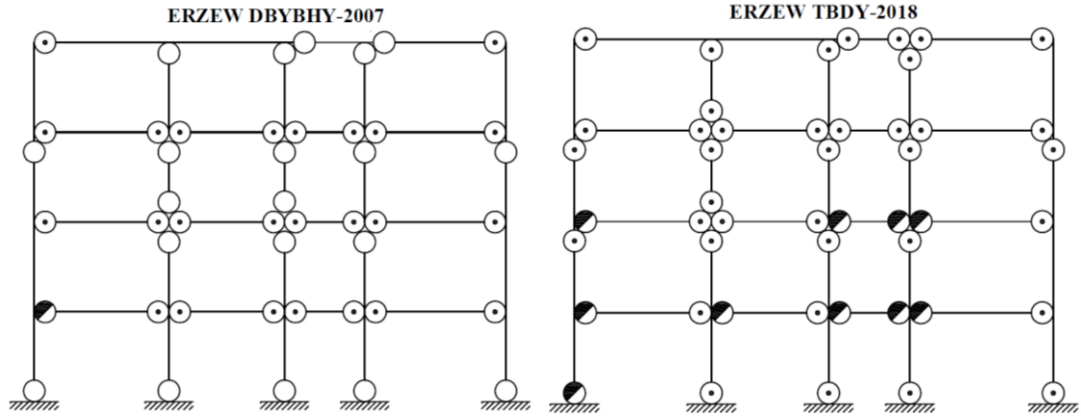
Tablo 5.19: DBYBHY-2007 ile uyumlu Model 3' gerçek deprem ivme kayıtları ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri sonucu tanımlanan hasar seviyelerindeki eleman sayıları

| DBYBHY-2007 | DEPREM İVME KAYDI | | | | | | | |
|------------------|-------------------|-------|------|------|------------------|-------|------|------|
| | ERZEW | | | | NORTHSYL090 | | | |
| | Eleman Sayıları | | | | Eleman Sayıları | | | |
| | HASAR SEVİYELERİ | | | | HASAR SEVİYELERİ | | | |
| | MH | BH | İH | GB | MH | BH | İH | GB |
| KOLON | 16 | 0 | 0 | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 |
| KİRİŞ | 1 | 13 | 1 | 0 | 1 | 14 | 0 | 0 |
| KOLON (%) | 80.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 80.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| KİRİŞ (%) | 6.25 | 81.25 | 6.25 | 0.00 | 6.25 | 87.50 | 0.00 | 0.00 |

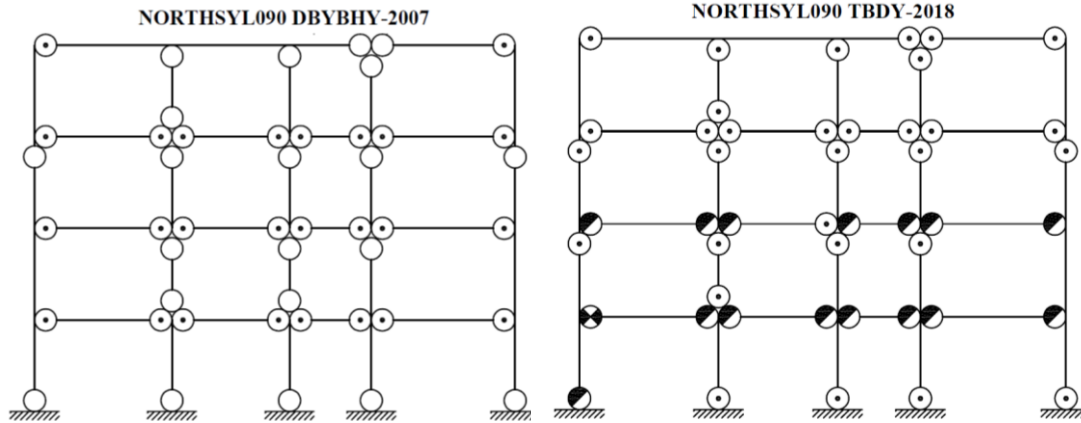
Tablo 5.20: TBDY-2018 ile uyumlu Model 3'ün gerçek deprem ivme kayıtları ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri sonucu tanımlanan hasar seviyelerindeki eleman sayıları

| TBDY-2018 | DEPREM İVME KAYDI | | | | | | | |
|------------------|-------------------|-------|-------|----|------------------|----|-------|------|
| | ERZEW | | | | NORTHSYL090 | | | |
| | Eleman Sayıları | | | | Eleman Sayıları | | | |
| | HASAR SEVİYELERİ | | | | HASAR SEVİYELERİ | | | |
| | SH | BH | İH | GB | SH | BH | İH | GB |
| KOLON | 0 | 16 | 1 | 0 | 0 | 16 | 1 | 0 |
| KİRİŞ | 0 | 9 | 7 | 0 | 0 | 8 | 7 | 1 |
| KOLON (%) | 0 | 80 | 5 | 0 | 0 | 80 | 5 | 0 |
| KİRİŞ (%) | 0 | 56.25 | 43.75 | 0 | 0 | 50 | 43.75 | 6.25 |

Şekil 5.18’de DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 deprem yönetmeliği ile uyumlu Model 3’ün ERZEW ve NORTHSYL090 deprem ivme kayıtları ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri sonucu kolon ve kiriş elemanlarının uçlarında oluşan hasar seviyeleri dağılımları gösterilmiştir.



a) DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 ile uyumlu olarak modellenmiş Model 3’ün ERZEW deprem ivme kaydı ile analizi sonucu elemanlarında oluşan plastik mafsalları dağılımları



b) DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 ile uyumlu olarak modellenmiş Model 3’ün NORTHSYL090 deprem ivme kaydı ile analizi sonucu elemanlarında oluşan plastik mafsalları dağılımları



Şekil 5.18: DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 ile uyumlu olarak modellenmiş Model 3’ün gerçek deprem ivme kayıtları ile analizi sonucu elemanlarında oluşan plastik mafsalları dağılımları

DBYBHY-2007 deprem yönetmeliği ile uyumlu Model 4'ün ERZEW deprem ivme kaydı ile analizi sonucu kolonların %20'si, kirişlerin %13.33'ü minimum hasar bölgesinde, kolonların %30'u, kirişlerin %40'ı belirgin hasar bölgesindedir. İleri hasar bölgesinde ve göçme bölgesinde eleman yoktur. TBDY-2018 ile uyumlu modelin ERZEW deprem ivme kaydı ile analizinde kolonların %50'si, kirişlerin %33.33'ü belirgin hasar bölgesinde, kirişlerin %20'si ileri hasar bölgesindedir (Tablo 5.21-Tablo 5.22).

DBYBHY-2007 esaslarına uygun olarak modellenmiş Model 4'nin NORTHSYL090 deprem ivme kaydı ile analizi sonucu kolon ve kirişlerin %20'si, minimum hasar bölgesinde, kolonların %25'i, kirişlerin %20'si belirgin hasar bölgesinde, kolonların %5'i, kirişlerin %20'si ileri hasar bölgesindedir. TBDY-2018 ile uyumlu modelin NORTHSYL090 deprem ivme kaydı ile analizinde kolonların %50'si, kirişlerin %40'ı belirgin hasar bölgesinde, kirişlerin %20'si göçme bölgesindedir (Tablo 5.21-Tablo 5.22).

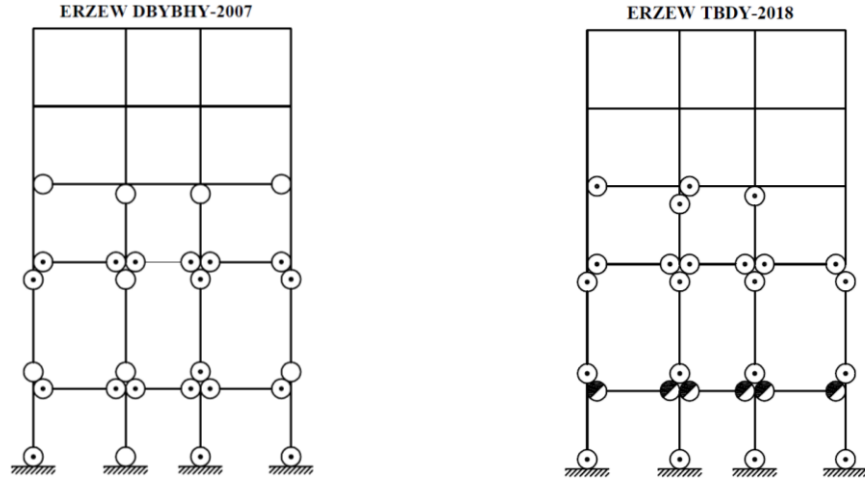
Tablo 5.21: DBYBHY-2007 ile uyumlu Model 4'ün gerçek deprem ivme kayıtları ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri sonucu tanımlanan hasar seviyelerindeki eleman sayıları

| DBYBHY-2007 | DEPREM İVME KAYDI | | | | | | | |
|------------------|-------------------|----|----|----|------------------|----|----|----|
| | ERZEW | | | | NORTHSYL090 | | | |
| | Eleman Sayıları | | | | Eleman Sayıları | | | |
| | HASAR SEVİYELERİ | | | | HASAR SEVİYELERİ | | | |
| | MH | BH | İH | GB | MH | BH | İH | GB |
| KOLON | 4 | 6 | 0 | 0 | 4 | 5 | 1 | 0 |
| KİRİŞ | 2 | 6 | 0 | 0 | 3 | 3 | 3 | 0 |
| KOLON (%) | 20 | 30 | 0 | 0 | 20 | 25 | 5 | 0 |
| KİRİŞ (%) | 13.33 | 40 | 0 | 0 | 20 | 20 | 20 | 0 |

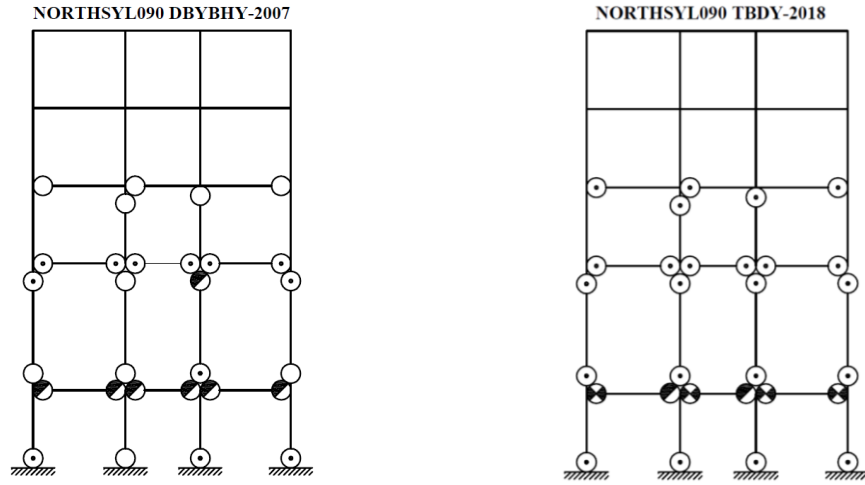
Tablo 5.22: TBDY-2018 ile uyumlu Model 4'ün gerçek deprem ivme kayıtları ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri sonucu tanımlanan hasar seviyelerindeki eleman sayıları

| TBDY-2018 | DEPREM İVME KAYDI | | | | | | | |
|------------------|-------------------|-------|----|----|------------------|----|----|----|
| | ERZEW | | | | NORTHSYL090 | | | |
| | Eleman Sayıları | | | | Eleman Sayıları | | | |
| | HASAR SEVİYELERİ | | | | HASAR SEVİYELERİ | | | |
| | SH | BH | İH | GB | SH | BH | İH | GB |
| KOLON | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 |
| KİRİŞ | 0 | 5 | 3 | 0 | 0 | 6 | 0 | 3 |
| KOLON (%) | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | 0 |
| KİRİŞ (%) | 0 | 33.33 | 20 | 0 | 0 | 40 | 0 | 20 |

Şekil 5.19’da DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 deprem yönetmeliği ile uyumlu Model 4’ün ERZEW ve NORTHSYL090 deprem ivme kayıtları ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri sonucu kolon ve kiriş elemanlarının uçlarında oluşan hasar seviyeleri dağılımları gösterilmiştir.



a) DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 ile uyumlu olarak modellenmiş Model 4’ün ERZEW deprem ivme kaydı ile analizi sonucu elemanlarında oluşan plastik mafsıl dağılımları



b) DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 ile uyumlu olarak modellenmiş Model 4’ün NORTHSYL090 deprem ivme kaydı ile analizi sonucu elemanlarında oluşan plastik mafsıl dağılımları



Şekil 5.19: DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 ile uyumlu olarak modellenmiş Model 4’ün gerçek deprem ivme kayıtları ile analizi sonucu elemanlarında oluşan plastik mafsıl dağılımları

DBYBHY-2007 ile uyumlu Model 5'in ERZEW deprem ivme kaydı ile analizi sonucu kolonların %11.11'i, kirişlerin %16.67'si minimum hasar, kolonların %38.89'u, kirişlerin %83.33'ü belirgin hasar, kolonların %5.56'sı ileri hasar, %11.1'i göçme bölgesindedir. TBDY-2018 ile uyumlu modelin ERZEW deprem ivme kaydı ile analizinde kolonların %77.78'i, kirişlerin %83.33'ü belirgin hasar bölgesinde, kirişlerin %16.67'si ileri hasar bölgesinde, kolonların %16.67'si göçme bölgesindedir (Tablo 5.23-Tablo 5.24).

DBYBHY-2007 esaslarına uygun olarak modellenmiş Model 5'in NORTHSYL090 deprem ivme kaydı ile analizi sonucu kolonların %22.22'si minimum hasar, kolonların %33.33'ü, kirişlerin %75'i belirgin hasar, kirişlerin %25'i ileri hasar, kolonların %16.7'si göçme bölgesindedir. TBDY-2018 ile uyumlu modelin NORTHSYL090 deprem ivme kaydı ile analizinde kolonların ve kirişlerin %66.67'si belirgin hasar bölgesinde, kolonların %5.56'sı, kirişlerin %33.33'ü ileri hasar bölgesinde, kolonların %16.67'si göçme bölgesindedir (Tablo 5.23-Tablo 5.24).

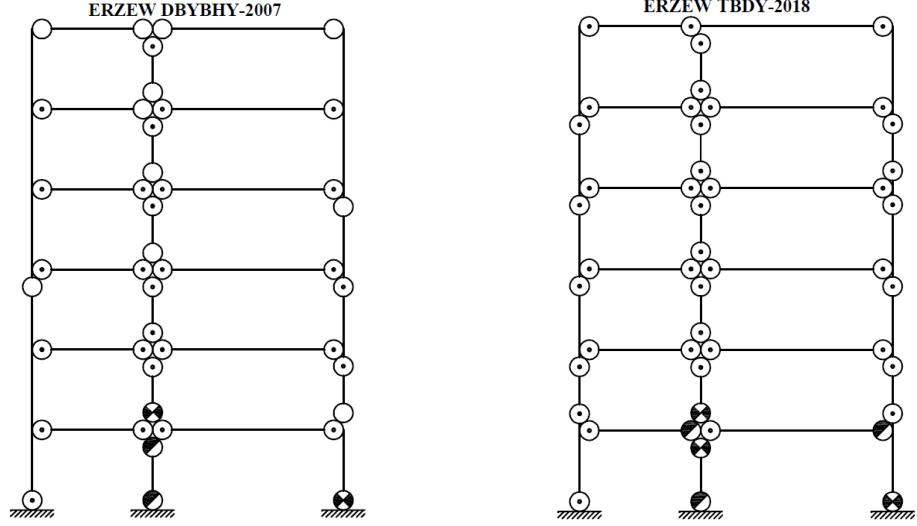
Tablo 5.23: DBYBHY-2007 ile uyumlu Model 5'in gerçek deprem ivme kayıtları ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri sonucu tanımlanan hasar seviyelerindeki eleman sayıları

| DBYBHY-2007 | DEPREM İVME KAYDI | | | | | | | |
|------------------|-------------------|-------|------|-------|------------------|-------|-------|-------|
| | ERZEW | | | | NORTHSYL090 | | | |
| | Eleman Sayıları | | | | Eleman Sayıları | | | |
| | HASAR SEVİYELERİ | | | | HASAR SEVİYELERİ | | | |
| | MH | BH | İH | GB | MH | BH | İH | GB |
| KOLON | 2 | 7 | 1 | 2 | 4 | 6 | 0 | 3 |
| KİRİŞ | 2 | 10 | 0 | 0 | 0 | 9 | 3 | 0 |
| KOLON (%) | 11.11 | 38.89 | 5.56 | 11.11 | 22.22 | 33.33 | 0.00 | 16.67 |
| KİRİŞ (%) | 16.67 | 83.33 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 75.00 | 25.00 | 0.00 |

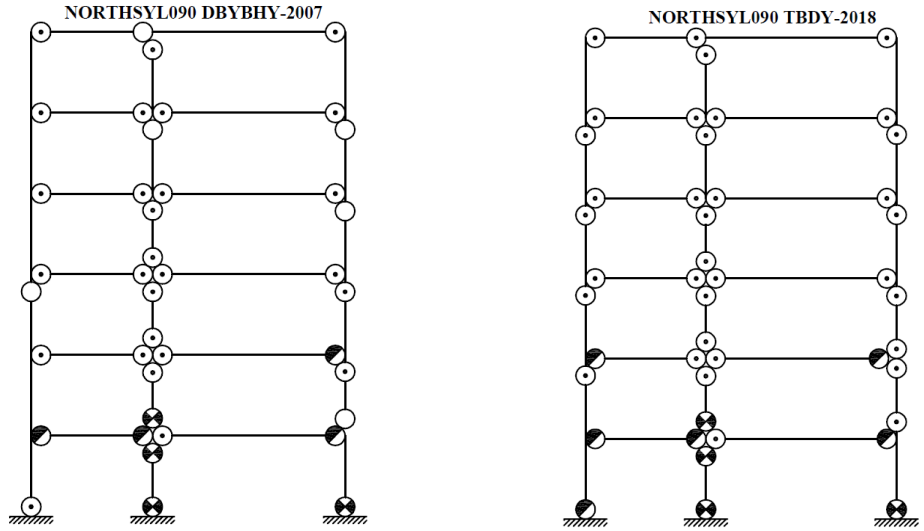
Tablo 5.24: TBDY-2018 ile uyumlu Model 5'in gerçek deprem ivme kayıtları ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri sonucu tanımlanan hasar seviyelerindeki eleman sayıları

| TBDY-2018 | DEPREM İVME KAYDI | | | | | | | |
|------------------|-------------------|-------|-------|-------|------------------|-------|-------|-------|
| | ERZEW | | | | NORTHSYL090 | | | |
| | Eleman Sayıları | | | | Eleman Sayıları | | | |
| | HASAR SEVİYELERİ | | | | HASAR SEVİYELERİ | | | |
| | SH | BH | İH | GB | SH | BH | İH | GB |
| KOLON | 0 | 14 | 0 | 3 | 0 | 12 | 1 | 3 |
| KİRİŞ | 0 | 10 | 2 | 0 | 0 | 8 | 4 | 0 |
| KOLON (%) | 0.00 | 77.78 | 0.00 | 16.67 | 0.00 | 66.67 | 5.56 | 16.67 |
| KİRİŞ (%) | 0.00 | 83.33 | 16.67 | 0.00 | 0.00 | 66.67 | 33.33 | 0.00 |

Şekil 5.20’de DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 deprem yönetmeliği ile uyumlu Model 5’in ERZEW ve NORTHSYL090 deprem ivme kayıtları ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri sonucu kolon ve kiriş elemanlarının uçlarında oluşan hasar seviyeleri dağılımları gösterilmiştir.



a) DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 ile uyumlu olarak modellenmiş Model 5’in ERZEW deprem ivme kaydı ile analizi sonucu elemanlarında oluşan plastik mafsalları dağılımları



b) DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 ile uyumlu olarak modellenmiş Model 5’in NORTHSYL090 deprem ivme kaydı ile analizi sonucu elemanlarında oluşan plastik mafsalları dağılımları



Şekil 5.20: DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 ile uyumlu olarak modellenmiş Model 5’in gerçek deprem ivme kayıtları ile analizi sonucu elemanlarında oluşan plastik mafsalları dağılımları

Sonuçlar 2007 ve 2018 deprem yönetmelikleri için kolon ve kiriş elemanların ucuna tanımlanan plastik mafsallar vasıtasıyla tanımlanan hasar seviyeleri bağlamında incelendiğinde 2018 deprem yönetmeliği ile uyumlu modellerin 2007 deprem yönetmeliği ile uyumlu modellere göre hasar alan eleman sayılarının ve hasar düzeylerinin daha ileride olduğu görülmüştür. Bunun sebebi daha önceki bölümlerde de belirtildiği gibi TBDY-2018'e göre tanımlanan hasar sınırlarının, DBYBHY-2007'ye göre tanımlanan hasar sınırlarına göre daha geride olması dolayısıyla elemanların hasar seviyesine daha erken ulaşmasıdır. Burada 2018 deprem yönetmeliğinin betonarme binaların deprem performansı değerlendirmesinde daha sınırlayıcı olduğu görülmüştür. Önemli yapıların tasarımında da dikkate alınacak bu zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz sonuçları 2018 deprem yönetmeliğinin deprem gibi ciddi kayıplara yol açabilecek doğal afetlerde bina performanslarında ciddi derece iyileşme sağlayacağı beklenmektedir.

5.2.4 Maksimum Taban Kesme Kuvveti Değerleri

Hem DBYBHY-2007 hem de TDBY-2018 deprem yönetmeliğine göre doğrusal olmayan modellemesi yapılmış iki boyutlu betonarme çerçeve modellerin seçilen gerçek deprem ivme kayıtları ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri sonucu elde edilen maksimum taban kesme kuvveti değerleri ve TBDY-2018 ile uyumlu modeller referans alınarak yönetmelikler bağlamında elde edilen maksimum taban kesme kuvveti oranları Tablo 5.25'te verilmiştir.

Tablo 5.25'de görüldüğü gibi DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 ile uyumlu Model 1 için zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri sonucu maksimum taban kesme kuvveti değerleri KOBETAK090 depreminde oluşmuş ve sırasıyla 346.97 kN ve 351.34 kN'dur. DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 ile uyumlu Model 2 için oluşan en büyük taban kesme kuvveti NORTHSPV360 depreminde oluşmuş ve değerleri sırasıyla 896.12 kN ve 856.08 kN'dur. DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 ile uyumlu Model 3'ün analizleri sonucu oluşan en büyük taban kesme kuvveti değerleri NORTHHTAR360 depreminde sırasıyla 497.13 kN, 504.53 kN olarak bulunmuştur. DBYBHY-2007 ile TBDY-2018 ile uyumlu Model 4 için oluşan en büyük taban kesme kuvveti değerleri NORTHHTAR360 depreminde sırasıyla 208.24 kN, 212.91 kN olarak elde edilmiştir. DBYBHY-2007 ile uyumlu Model 5 için oluşan en büyük taban kesme kuvveti değerleri KOBETAK090 depreminde sırasıyla 353.95 kN, TBDY-2018 ile uyumlu model için ise NORTHSPV360 depreminde 365.66 kN'dur.

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler sonucu ortalama ve her deprem için ayrı ayrı elde edilen maksimum taban kesme kuvveti değerleri incelendiğinde taban kesme kuvveti değerlerinin yönetmelikler bağlamında dikkate değer bir fark oluşturmadığı görülmüştür. Ayrıca NORTHHTAR360, NORTHSPV360 ve KOBETAK090 depremlerinin şiddetli depremler olduğu söylenebilir.

Maksimum taban kesme kuvveti değerlerinde olduğu gibi maksimum taban kesme kuvveti oranları tüm depremlerin ortalaması göz önüne alınarak incelendiğinde bu oranın %95-%100 arasında değiştiği gözlemlenmiştir.

Tablo 5.25:Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerden elde edilen maksimum taban kesme kuvveti değerleri ve oranları

| Maksimum Taban Kesme Kuvveti Değerleri (kN) ve Oranları $\left(\frac{\text{DBYBHY-2007}}{\text{TBDY-2018}}(\%) \right)$ | | | | | | |
|---|---------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| DEPREMLER | YÖNETMELİKLER | Model 1 | Model 2 | Model 3 | Model 4 | Model 5 |
| BOLDUZ | DBYBHY-2007 | 307.83 | 773.76 | 453.96 | 183.35 | 314.13 |
| | TBDY-2018 | 312.06 | 784.51 | 461.21 | 176.87 | 315.02 |
| | ORAN (%) | <u>98.64</u> | <u>98.63</u> | <u>98.43</u> | <u>103.66</u> | <u>99.72</u> |
| ERZEW | DBYBHY-2007 | 285.15 | 681.21 | 404.81 | 173.67 | 291.02 |
| | TBDY-2018 | 299.72 | 671.46 | 418.75 | 181.40 | 281.20 |
| | ORAN (%) | <u>95.14</u> | <u>101.45</u> | <u>96.67</u> | <u>95.74</u> | <u>103.49</u> |
| GAZ00 | DBYBHY-2007 | 290.10 | 748.43 | 433.30 | 197.88 | 287.09 |
| | TBDY-2018 | 293.37 | 729.88 | 410.40 | 204.63 | 274.19 |
| | ORAN (%) | <u>98.88</u> | <u>102.54</u> | <u>105.58</u> | <u>96.70</u> | <u>104.70</u> |
| IMPVALL | DBYBHY-2007 | 262.26 | 624.45 | 394.27 | 172.26 | 277.19 |
| | TBDY-2018 | 277.18 | 667.58 | 388.35 | 162.90 | 252.38 |
| | ORAN (%) | <u>94.62</u> | <u>93.54</u> | <u>101.52</u> | <u>105.75</u> | <u>109.83</u> |
| KOCDZC180 | DBYBHY-2007 | 259.26 | 619.79 | 363.49 | 167.11 | 284.41 |
| | TBDY-2018 | 266.96 | 629.82 | 365.32 | 161.23 | 270.25 |
| | ORAN (%) | <u>97.11</u> | <u>98.41</u> | <u>99.50</u> | <u>103.65</u> | <u>105.24</u> |
| KOCDZC270 | DBYBHY-2007 | 276.72 | 643.69 | 396.70 | 181.68 | 265.77 |
| | TBDY-2018 | 266.95 | 634.99 | 411.39 | 181.16 | 262.02 |
| | ORAN (%) | <u>103.66</u> | <u>101.37</u> | <u>96.43</u> | <u>100.29</u> | <u>101.43</u> |
| LANDERS | DBYBHY-2007 | 299.90 | 642.41 | 410.07 | 199.65 | 300.32 |
| | TBDY-2018 | 311.00 | 698.06 | 439.56 | 192.56 | 287.46 |
| | ORAN (%) | <u>96.43</u> | <u>92.03</u> | <u>93.29</u> | <u>103.68</u> | <u>104.47</u> |
| NORTHTAR360 | DBYBHY-2007 | 323.79 | 857.37 | 497.43 | 208.24 | 343.57 |
| | TBDY-2018 | 339.76 | 815.30 | 504.53 | 212.91 | 330.09 |
| | ORAN (%) | <u>95.30</u> | <u>105.16</u> | <u>98.59</u> | <u>97.81</u> | <u>104.08</u> |
| NORTHSPV360 | DBYBHY-2007 | 335.65 | 896.12 | 480.73 | 196.43 | 332.77 |
| | TBDY-2018 | 326.72 | 856.08 | 469.86 | 208.00 | 365.66 |
| | ORAN (%) | <u>102.73</u> | <u>104.68</u> | <u>102.31</u> | <u>94.44</u> | <u>91.01</u> |
| NORTHSYL090 | DBYBHY-2007 | 306.61 | 706.32 | 437.69 | 178.36 | 286.06 |
| | TBDY-2018 | 301.29 | 720.64 | 425.73 | 176.76 | 279.94 |
| | ORAN (%) | <u>101.77</u> | <u>98.01</u> | <u>102.81</u> | <u>100.91</u> | <u>102.19</u> |
| KOBETAK090 | DBYBHY-2007 | 346.97 | 781.34 | 470.31 | 206.94 | 353.95 |
| | TBDY-2018 | 351.34 | 814.31 | 481.72 | 212.94 | 353.14 |
| | ORAN (%) | <u>98.76</u> | <u>95.95</u> | <u>97.63</u> | <u>97.18</u> | <u>100.23</u> |
| ORTALAMA | DBYBHY-2007 | 299.48 | 724.99 | 431.16 | 187.78 | 303.30 |
| | TBDY-2018 | 304.21 | 729.33 | 434.26 | 188.30 | 297.40 |
| | ORAN (%) | <u>98.44</u> | <u>99.40</u> | <u>99.29</u> | <u>99.72</u> | <u>101.98</u> |

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Gerçekleştirilen çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde sıralanmaktadır:

- Her iki yönetmeliğe göre hesaplanan doğal titreşim periyotları karşılaştırıldığında Model 4 dışında birbirine yakın değerler hesaplandığı görülmektedir. Eksenel yük düzeyi düşük kolonlarda DBYBHY-2007'ye göre hesaplanan çatlama kesit rijitlikleri 0.4 EI'ya kadar düşmektedir. TBDY-2018'de bu değer sabit olarak 0.70 EI olarak alınmaktadır. Yukarıda belirtilen bu yaklaşım farkına bağlı olarak DBYBHY-2007'ye göre bina periyotları genellikle daha yüksektir.
- Ancak özellikle asma kat gibi kat yüksekliği düzensizliği olan binalarda DBYBHY-2007'de dikkate değer ölçüde daha yüksek titreşim periyodu değeri hesaplanmaktadır. 2. kat yüksekliği 4.20 m, diğer kat yükseklikleri 2.70 m olan Model 4 binasında TBDY-2018'e göre 0.84 s hesaplanan doğal titreşim periyodu DBYBHY-2007'ye göre 0.97 hesaplanmıştır.
- Statik itme analiz sonuçları karşılaştırıldığında her iki yönetmelik için de benzer akma noktası değerleri bulunduğu söylenebilir. Bu benzerliğin sebebi, tanımlanan plastik mafsallar için moment eğrilik analizleriyle elde edilen akma eğriliği ve akma momenti değerlerinin aynı olmasıdır. Ancak çatlama kesit rijitliği her iki yönetmelikte farklı hesaplandığı için kapasite eğrisinin eğiminde sınırlı düzeyde farklılıklar bulunmaktadır.
- Doğrusal olmayan modellerin statik itme analizlerinden elde edilen %1, %1.5 ve %2.0 çatı katı ötelenme oranları için, deplasmanların katlara dağılımlarında yönetmelik yaklaşımları açısından önemli farkların olmadığı söylenebilir. Doğrusal olmayan modellemede en önemli fark kesit hasar sınırı tanımlarında olmuştur. Bu farklılık talep değerlerinden ziyade kapasite hasar sınırlarını değiştirmektedir. Bu nedenle talep dağılımlarında önemli farklılıklar meydana gelmemektedir.

- Statik itme analizinden elde edilen görelî kat ötelenme oranları arasında sınırlı düzeyde farklılıklar olduğu görölmektedir. Kolon elemanların çatlamış kesit rijitlikleri yüksek eksenel yük oranları için DBYBHY-2007’de daha yüksektir. Ancak eksenel yük düzeyinin düştüğü üst katlarda 0.70 değerinî oldukça altına inmektedir. Bu nedenle DBYBHY-2007 kriterlerine göre periyot değeri daha yüksek bulunabilmektedir. Ancak iki yönetmelik açısından hesaplanan talep değeriindeki farklılıklar oldukça düşük düzeydedir.
- Doğrusal olmayan modellerin statik itme analizlerinden elde edilen %1, %1.5 ve %2.0 çatı katı ötelenme oranları için, TBDY-2018 ile uyumlu plastik mafsâl hasar düzeyleri, hasar alan eleman sayıları ve oranları DBYBHY-2007 ile uyumlu modellere göre daha fazladır. Bu durum TBDY-2018 ile uyumlu olarak kolon ve kiriş uçlarına tanımlanan plastik mafsâllardaki hasar sınırlarının DBYBHY-2007’de tanımlanan hasar sınırlarına göre daha küçük ve daha sınırlayıcı değeri oluşmasından kaynaklanmaktadır. TBDY-2018’de Sınırlı Hasar hasar sınırı için elemanlarda dönmeye izin verilmemesi buna bir örnektir. Ayrıca Belirgin Hasar Bölgesi, İleri Hasar Bölgesi ve Göçme Bölgesi isimleriyle tanımlanan hasar düzeyleri yönetmelikler dikkate alınarak incelendiğinde TBDY-2018’in bu hasar düzeylerinde de sınırlayıcı etkisi görölmektedir.
- Zaman tanım alanında analizlerden elde edilen talep değeri için tüm depremlerin ortalaması alındığında talep oranlarının arasındaki fark ihmal edilecek düzeyde olduğu görölmektedir. Model 4 dışındaki modellerde talep oranlarının 0.85-1.15 bandı arasında değışim gösterdiği, Model 4 için ise bu oranın geniş bir bantta seyrettiği görölmektedir. Model 4’te düşük eksenel yük oranı ve 2. kat yüksekliği nedeniyle periyot değeriindeki artışla birlikte DBYBHY-2007’ye göre hesaplanan talepler büyük oranda artmıştır.

- Dinamik analizin doğası gereği periyot değişimi sonuçlar üzerinde statik analize oranla çok daha etkili olmuştur. Bununla birlikte bazı depremler için TBDY-2018 yönetmeliğine göre hazırlanan modelde daha yüksek taleplerin elde edilmesi dinamik analizin karmaşıklığının bir göstergesidir.
- Zaman tanım alanında analizlerden elde edilen görelî kat ötelenmesi oranları incelendiğinde çatı katı deplasman talepleri ile benzer bir trendin olduğu görülmektedir. Sismik taleplerin katlara bağılı dağılımında önemli bir değişim göze çarpmamaktadır.
- Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler sonucunda plastik mafsallar vasıtasıyla tanımlanan hasar seviyeleri bağlamında incelendiğinde TBDY-2018 ile uyumlu modellerin DBYBHY-2007 ile uyumlu modellere göre hasar alan eleman sayılarının, oranlarının ve hasar düzeylerinin daha ileride olduğu görülmüştür. Burada TBDY-2018'in betonarme binaların deprem performansı değerlendirmesinde daha sınırlayıcı olduğu değerlendirilebilir. Tasarımda da dikkate alınacak bu zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz sonuçları TBDY-2018'in deprem gibi ciddi kayıplara yol açabilecek doğal afetlerde bina performanslarında ciddi derece iyileşme sağlanması beklenmektedir.
- Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler sonucu ortalama ve her deprem için ayrı ayrı elde edilen maksimum taban kesme kuvveti değerleri incelendiğinde taban kesme kuvveti değerlerinin yönetmelikler bağlamında dikkate değer bir fark oluşturmadığı görülmüştür. Taban kesme kuvveti oranları incelendiğinde bu oranın %95 ile %100 arasında değiştiği taban kesme kuvvetleri bakımından yönetmelikler düzeyinde önemli bir farkın olmadığı görülmektedir. Ayrıca NORTHAR360, NORTHSPV360 ve KOBETAK090 depremlerinin şiddetli depremler olduğu söylenebilir.

Çalışmanın geliştirilmesi amacıyla aşağıdaki gibi öneriler dikkate alınabilir:

- Kullanılan betonarme binaların kat sayıları çeşitlendirilip artırılabilir, ayrıca yüksek yapıların deprem performansı yönetmelikler bağlamında değerlendirilebilir.
- Betonarme düzensizlik bulunduran binalara uygulanıp düzensizliğin deprem performansına etkisi yönetmelikler göz önünde bulundurularak kıyaslanabilir.
- Binaların bulunduğu bölgeler farklı seçilip zemin sınıfının deprem performansına etkisi yönetmelikler bağlamında incelenebilir.
- Çalışma çelik yapıların deprem performansını değerlendirmede uygulanabilir.
- Çalışmaya yabancı ülkelerin deprem yönetmelikleri dahil edilerek yönetmelikler bu bağlamda karşılaştırılabilir.

7. KAYNAKLAR

ABYYHY-1968, *Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik*, İmar ve İskân Bakanlığı, Ankara, (1968).

ABYYHY-1975, *Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik*, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara, (2007).

ABYYHY-1998, *Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik*, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara, (1998).

Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi (BDTİM), Büyük Depremler (03.03.2019), <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/deprem-bilgileri/buyuk-depremler/>, (2017).

Celep, Z., *Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme*, Beta Dağıtım, İstanbul, (2014).

Çiftçi, Z., Kara, F.I., Fahjan, Y.M., “Orta yükseklikteki hasar görmüş betonarme bir binanın hasargörebilirliğinin incelenmesi”, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, (baskıda), <https://doi.or./10.17341/gazimmfd.416454>, (2017).

DBYBHY-2007, *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik*, T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi, Ankara, (2007).

Demir, A., Kayhan, A.H., “Deprem Yönetmeliği 2007 ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği ile Uyumlu Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması”, *4. Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, Anadolu Üniversitesi-Eskişehir, (2017).

Dilmaç, H., Ulutaş, H., Tekeli, H., Demir, F., “The investigation of seismic performance of existing RC buildings with and without infill walls”, *Computers and Concrete*, 22 (5), (2018).

Elci, H., Göker, K.A., “Comparison of Earthquake Codes (TEC 2007 and TBEC 2018) In Terms of Seismic Performance of RC Columns”, *International Journal of Scientific and Technological Research*, 4 (6), 9-21, (2018).

Erdem, M.M., Bikçe, M., “Maksimum Azaltılmış Görelî Kat Ötelemelerinin Güncel (DBYBHY2007) ve Yeni Yönetmelik Taslağına (TBDY2016) Göre Mukayesesi”, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32 (2), 253-262, (2017).

Goda, K., Tesfamariam, S., “Seismic Risk Management of Existing Reinforced Concrete Buildings in the Cascadia Subduction Zone”, *Nat. Hazards Rev.*, 18 (1), Doi: 10.1061/(ASCE)NH.1527-6996.0000206, (2017).

Ghosh, S., Chakraborty, S., “Seismic performance of reinforced concrete building in Guwahati city, northeast India”, *Scientia Iranica*, 24 (4), 1821-1833, (2016).

İnel, M., Çaycı, B.T., Meral, E., “Nonlinear Static and Dynamic Analyses of RC Buildings”, *International Journal of Civil Engineering*, 16, 1241-1259, (2018).

İnel, M., Meral, E., “Seismic performance of RC buildings subjected to past earthquakes in Turkey”, *Earthquakes and Structures*, 11 (3), 483-503, (2016).

İnel, M., Özmen, H.B., Çaycı, B.T., “Simav ve Van Depremleri (2011) Yapı Hasar Nedenlerinin Değerlendirilmesi”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19 (6), 256-265, (2013).

Keskin, E., Bozdoğan, K.B., “2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerinin Kırklareli İli Özelinde Değerlendirilmesi”, *Kırklareli University Journal of Engineering and Science*, 4 (1), 74-90, (2018).

Kramer, L., *Geoteknik Deprem Mühendisliği*, (Çev:Kamil Kayabalı), Gazi Kitabevi, 18-21, (2003).

Lu, D., Yu, X., Jia, M., Wang, G., “Seismic risk assessment for a reinforced concrete frame designed according to Chinese codes”, *Structure and Infrastructure Engineering*, 10 (10), 1295-1310, (2014).

Mander, J.B., Priestley, M.J.N. and Park, R., “Theoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete”, *ASCE: Journal of Structural Engineering*, 114(8), 1804-1826, (1988).

Noh, N.M., Tesfamariam, S., “Seismic Collapse Risk Assessment of Code-Conforming RC Moment Resisting Frame Buildings Designed With 2014 Canadian Standard Association Standard A23.3”, *Frontiers in Built Environment*, 4 (53), 1-14, (2018).

Öztürk, H., Demir, A., Dok, G., Güç, H., “Betonarme Kolonların Etkin Kesit Rijitlikleri Üzerine Yönetmeliklerin Yaklaşımları”, *4. Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, Anadolu Üniversitesi-Eskişehir, (2017).

Palancı, M., Kalkan, A., Şenel, Ş.M., “Investigation of shear effects on the capacity and demand estimation of RC buildings”, *Structural Engineering and Mechanics*, 60 (6), 1021-1038, (2016).

Palancı, M., Kayhan, A.H., Demir, A., “A statistical assessment on global drift ratio demands of mid-rise RC buildings using code-compatible real ground motion records”, *Bull Earthquake Eng.*, 16, 5453-5488, (2018).

Pavel, F., Pricopie, A., Nica, G., “Collapse Assessment for a RC Frame Structure in Bucharest (Romania)”, *International Journal of Civil Engineering*, <https://doi.org/10.1007/s40999-019-00398-2>, (2018).

Peer, June 2014, <http://peer.berkeley.edu>, (2011).

SAP2000, CSI., Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures Basic Analysis Reference Manual, Berkeley, USA, (2013).

SAP2000, CSI., CSI Analysis Reference Manual For SAP2000®, ETABS®, SAFE® and CSiBridge®, Berkeley, California-USA, (2016).

Sezen, H., Elwood, K.J., Whittaker, A.S., Mosalam, K.M., Wallace, J.W., Stanton, J.F., “Structural Engineering Reconnaissance of the August 17, 1999, Kocaeli (Izmit), Turkey, Earthquake”, *Pasific Earthquake Engineering Research Center College of Engineering*, University of California-Berkeley, (2000).

TBDY-2018. *Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği*, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara, (2018).

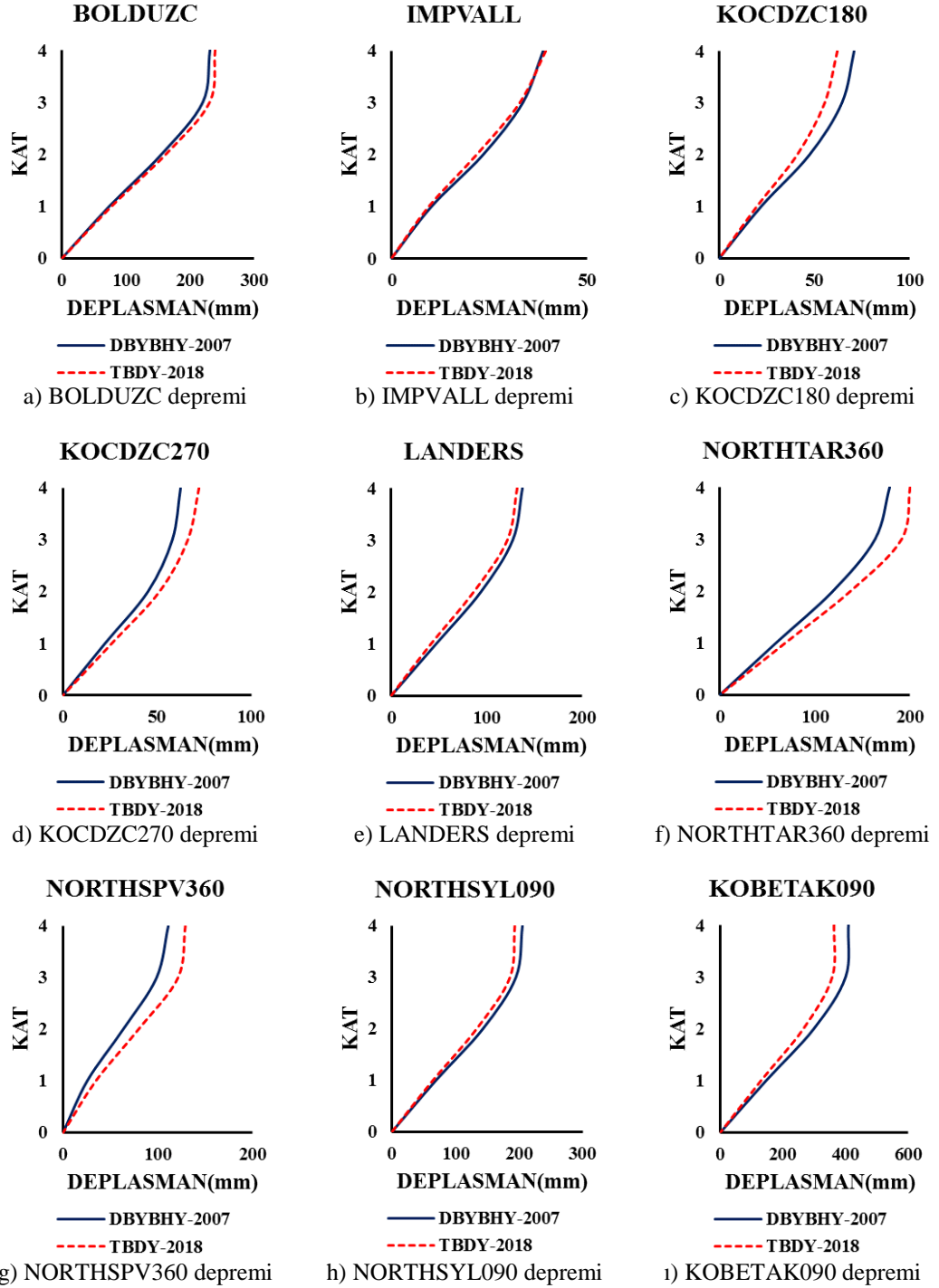
Tunç, G., Tanferer, T., “2007 ve 2016 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliklerinin Örneklerle Mukayesesi”, 3. *Ulusal Yapı Kongresi Ve Sergisi Teknik Tasarım, Güvenlik Ve Erişilebilirlik*, TMMOB Mimarlar Odası Ankara Şubesi- Ankara, (2016).

Türkiye Deprem Tehlike Haritası, T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Deprem Dairesi Başkanlığı, <https://tdth.afad.gov.tr>, (2018).

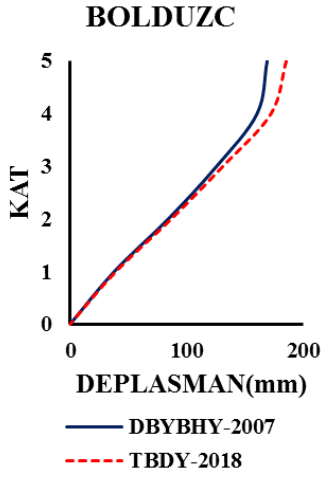
EKLER

8. EKLER

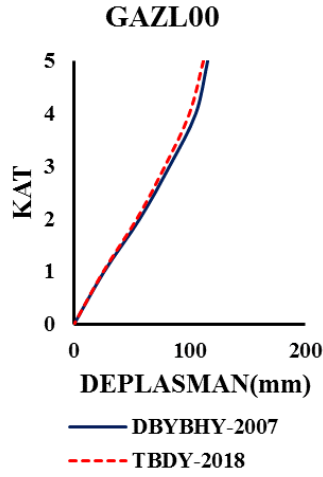
EK A Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analizlerden Elde Edilen Kat Deplasman Profilleri



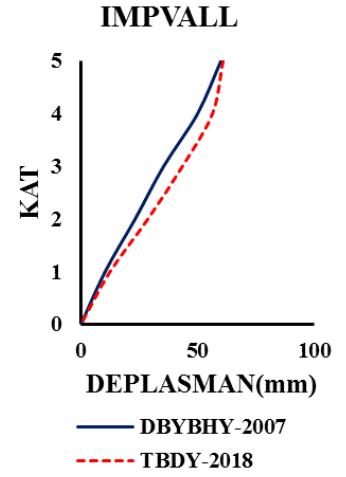
Şekil A.1: Model 1'in zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri sonucu oluşan deplasman taleplerinin katlara dağılımı



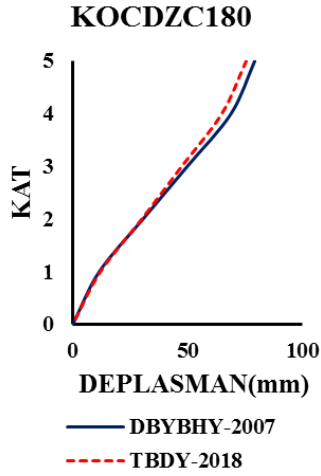
a) BOLDUZC depremi



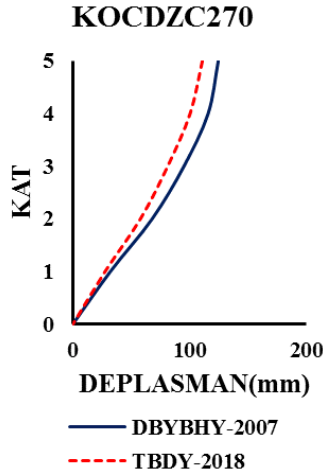
b) GAZL00 depremi



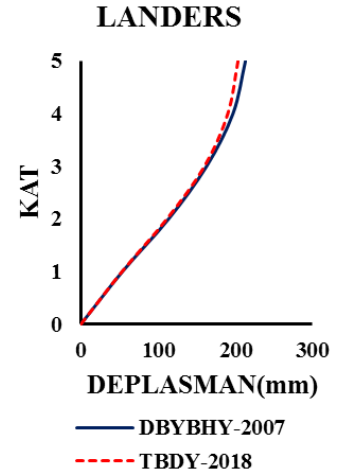
c) IMPVALL depremi



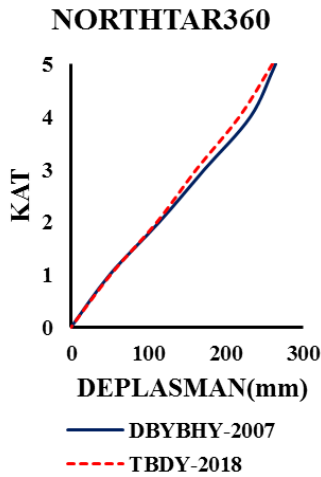
d) KOCDZC180 depremi



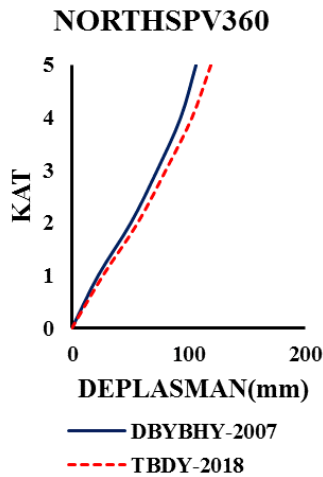
e) KOCDZC270 depremi



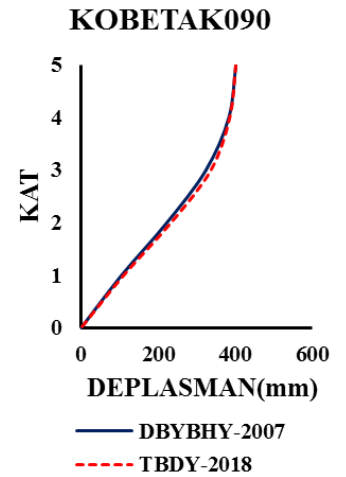
f) LANDERS depremi



g) NORTHTAR360 depremi

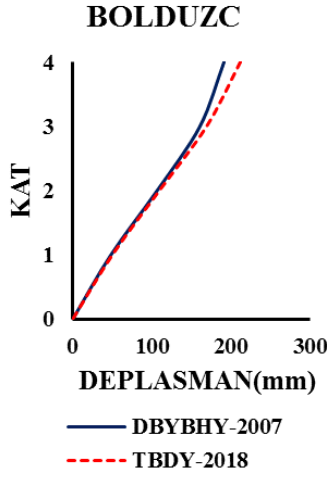


h) NORTHSPV360 depremi

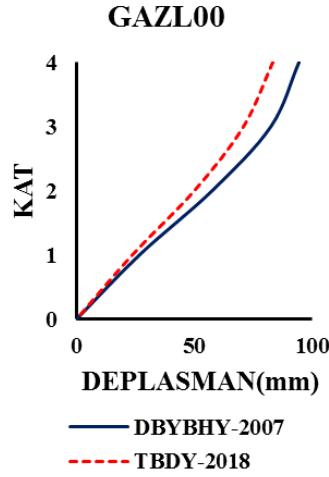


i) KOBETAK090 depremi

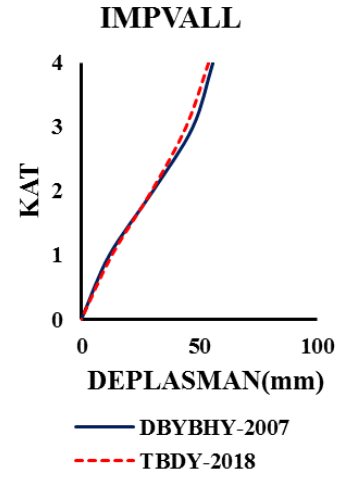
Şekil A.2: Model 2'nin zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri sonucu oluşan deplasman taleplerinin katlara dağılımı



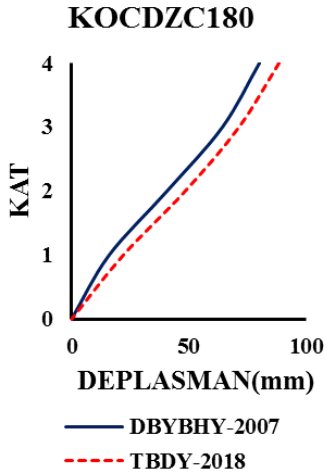
a) BOLDUZC depremi



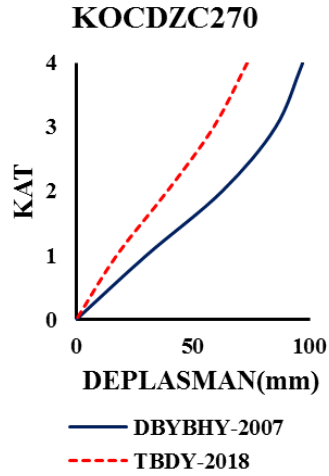
b) GAZL00 depremi



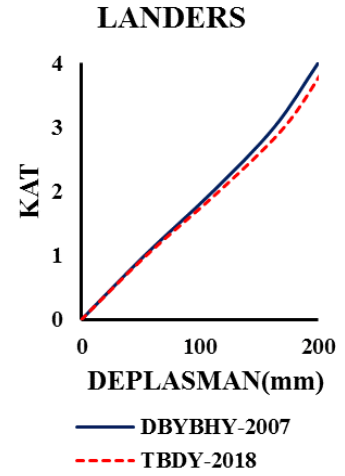
c) IMPVALL depremi



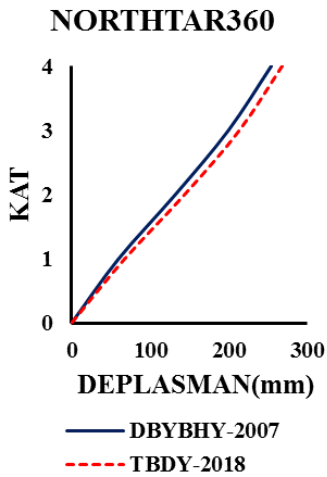
d) KOCDZC180 depremi



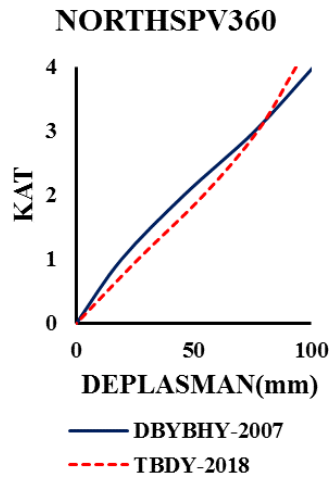
e) KOCDZC270 depremi



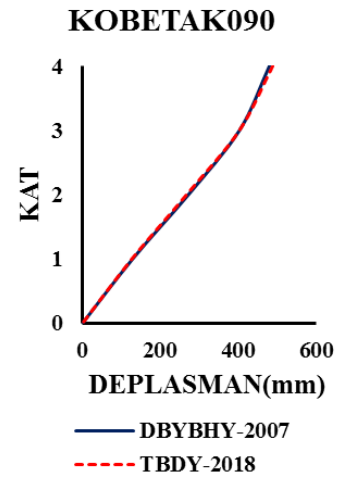
f) LANDERS depremi



g) NORTHTAR360 depremi

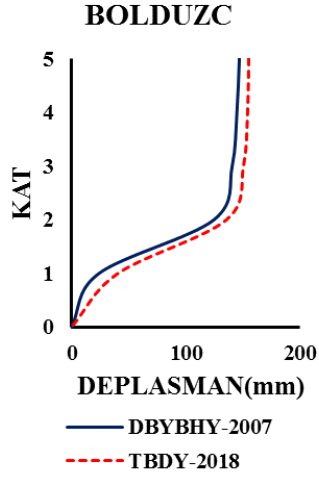


h) NORTHSPV360 depremi

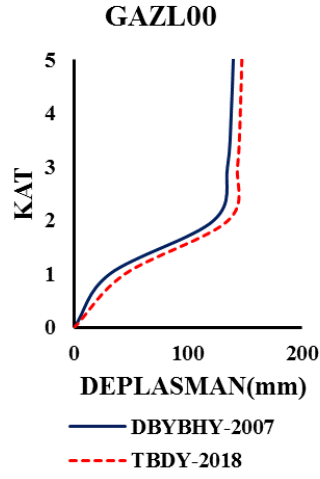


i) KOBETAK090 depremi

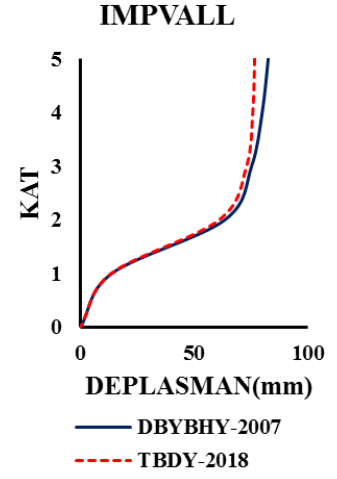
Şekil A.3: Model 3'ün zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri sonucu oluşan deplasman taleplerinin katlara dağılımı



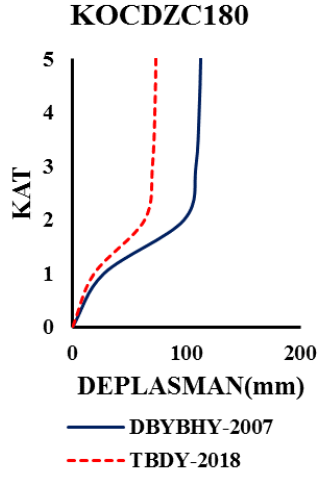
a) BOLDUZC depremi



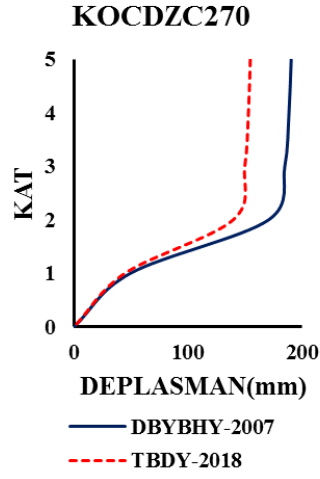
b) GAZL00 depremi



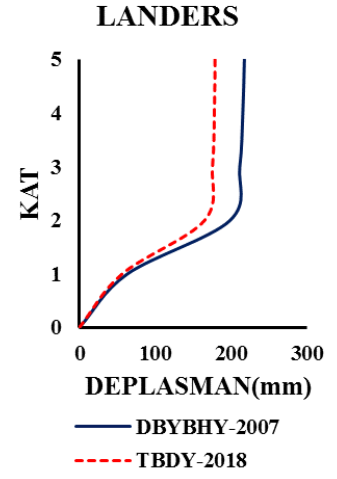
c) IMPVALL depremi



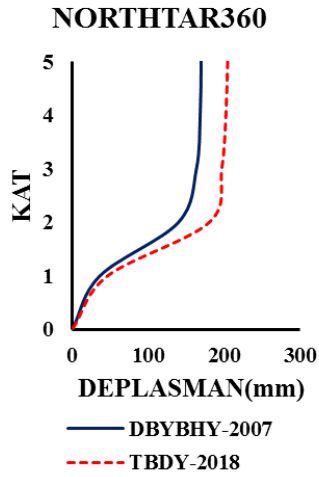
d) KOCDZC180 depremi



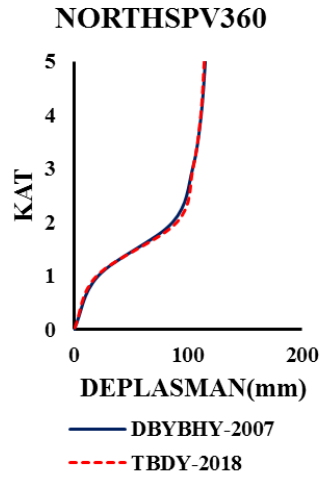
e) KOCDZC270 depremi



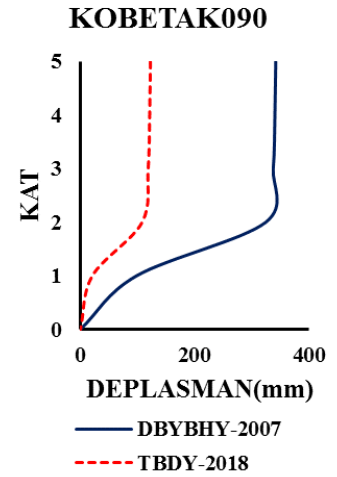
f) LANDERS depremi



g) NORTHTAR360 depremi

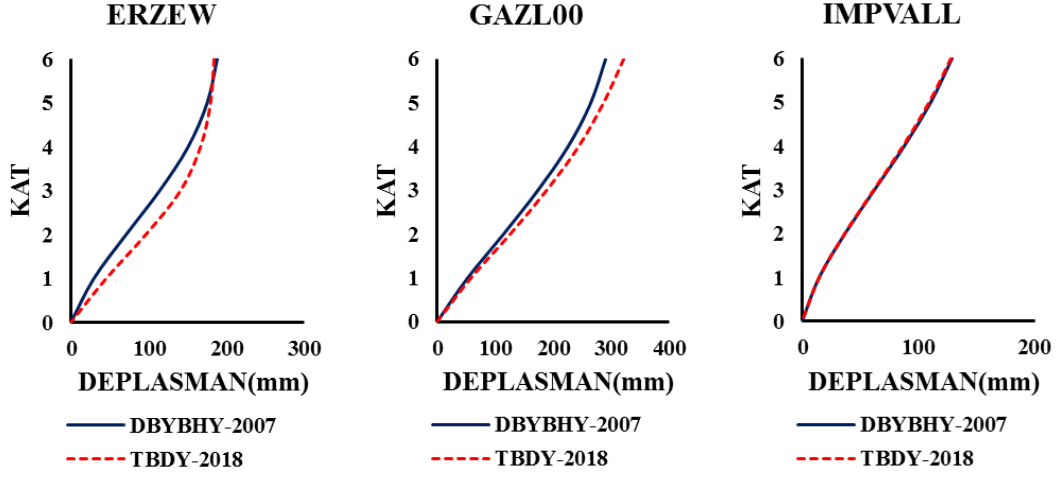


h) NORTHSPV360 depremi



i) KOBETAK090 depremi

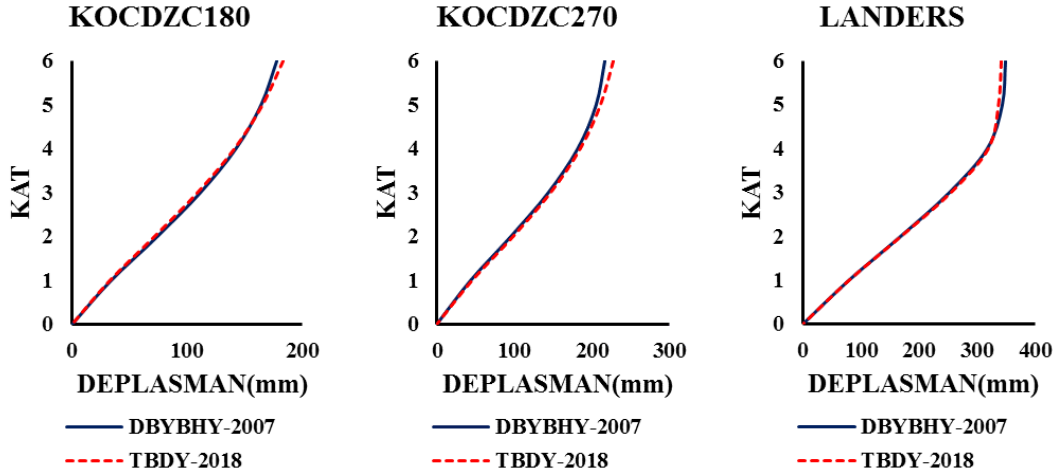
Şekil A.4: Model 4'ün zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri sonucu oluşan deplasman taleplerinin katlara dağılımı



a) ERZEW depremi

b) GAZL00 depremi

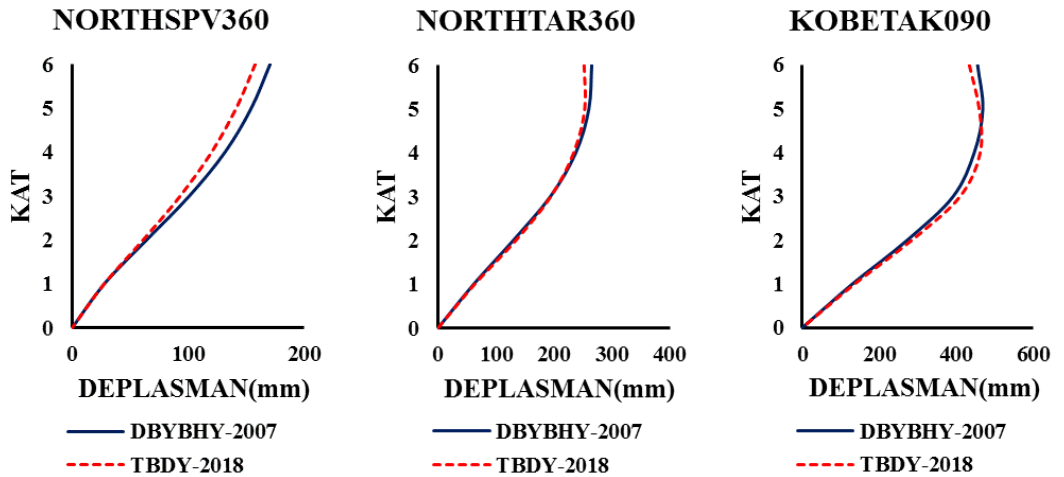
c) IMPVALL depremi



d) KOCDZC180 depremi

e) KOCDZC270 depremi

f) LANDERS depremi



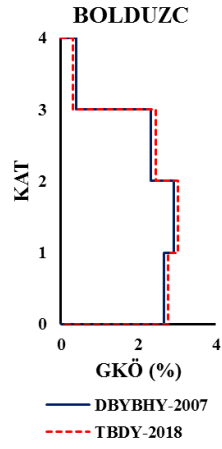
g) NORTHSPV360 depremi

h) NORTHHTAR360 depremi

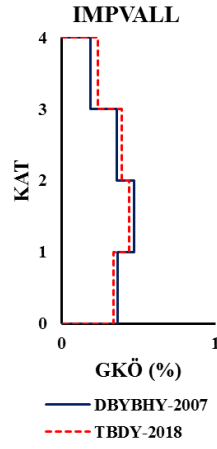
i) KOBETAK090 depremi

Şekil A.5: Model 5'in zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri sonucu oluşan deplasman taleplerinin katlara dağılımı

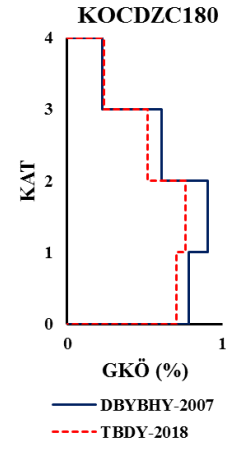
EK B Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analizlerden Elde Edilen Görelî Kat Öteleme Oranları



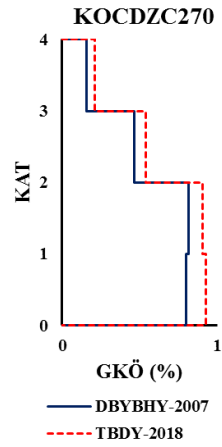
a) BOLDUZC depremi



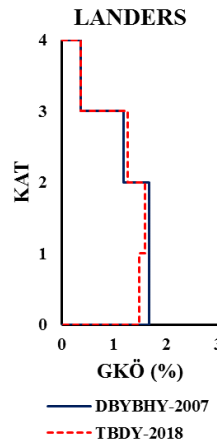
b) IMPVALL depremi



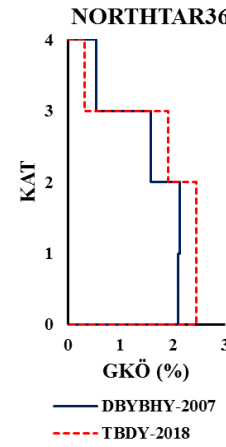
c) KOCDZC180 depremi



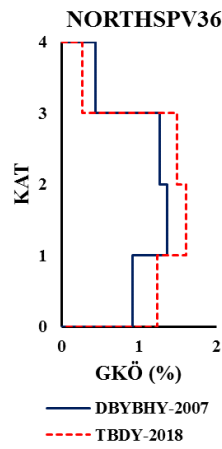
d) KOCDZC270 depremi



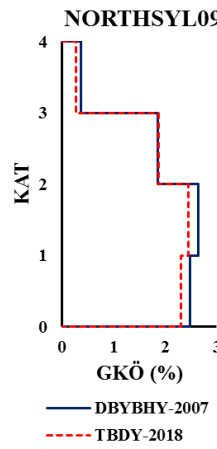
e) LANDERS depremi



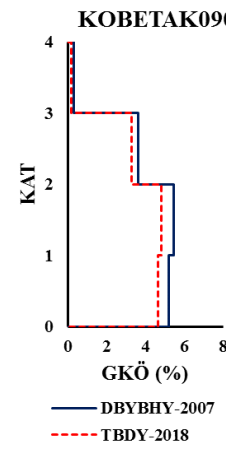
f) NORTHTAR360 depremi



g) NORTHSPV360 depremi

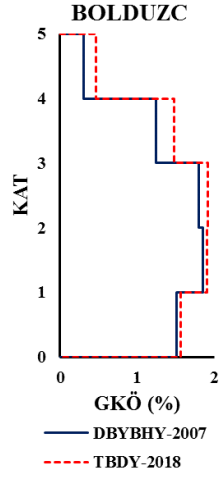


h) NORTHSYL090 depremi

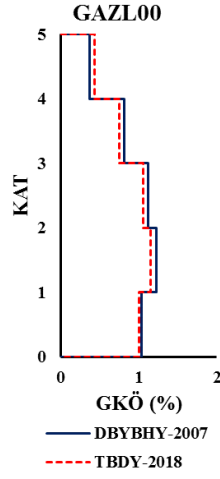


i) KOBETAK090 depremi

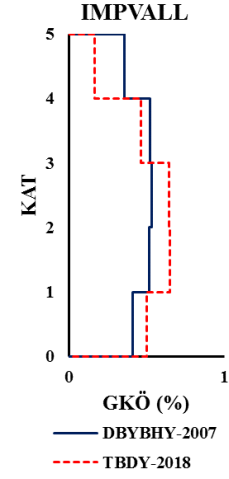
Şekil B.1: Model 1'in zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri sonucu katlarda oluşan görelî ötelenme oranları



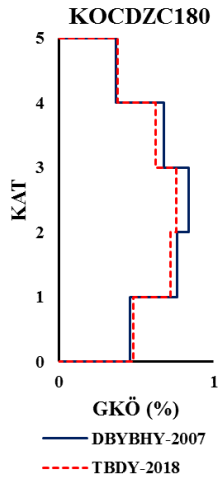
a) BOLDUZC depremi



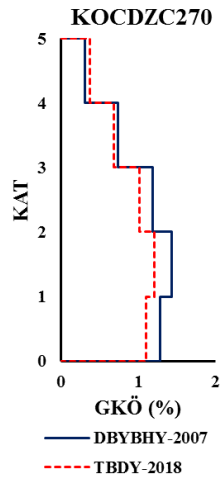
b) GAZL00 depremi



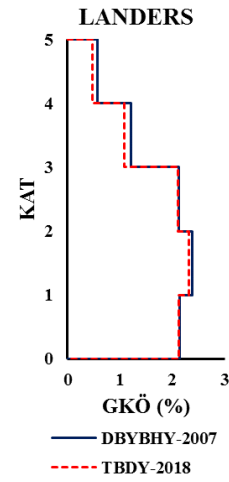
c) IMPVALL depremi



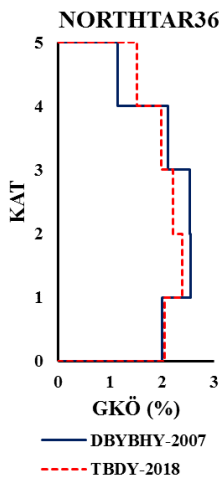
d) KOCDZC180 depremi



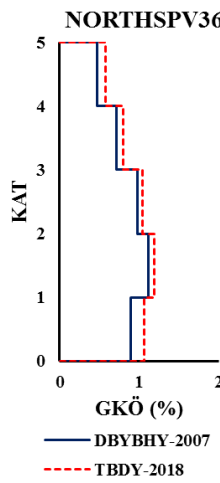
e) KOCDZC270 depremi



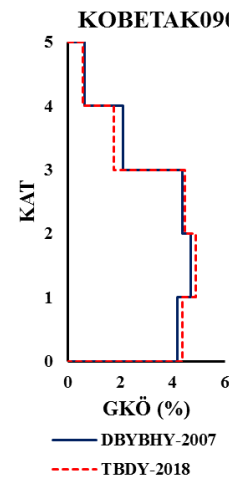
f) LANDERS depremi



g) NORTHTAR360 depremi

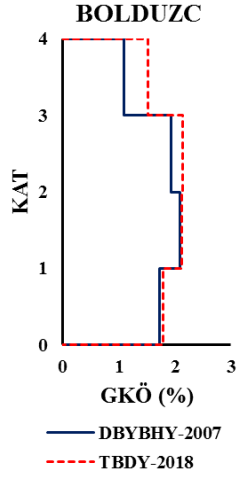


h) NORTHSPV360 depremi

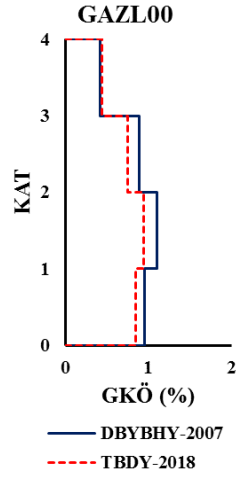


i) KOBETAK090 depremi

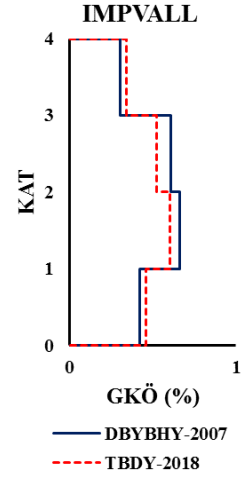
Şekil B.2: Model 2'nin zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri sonucu katlarda oluşan göreceli ötelenme oranları



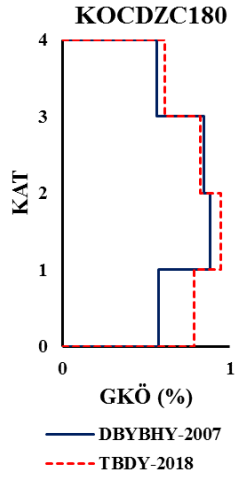
a) BOLDUZC depremi



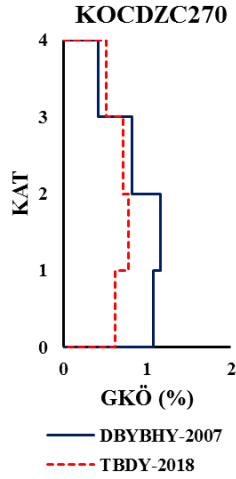
b) GAZL00 depremi



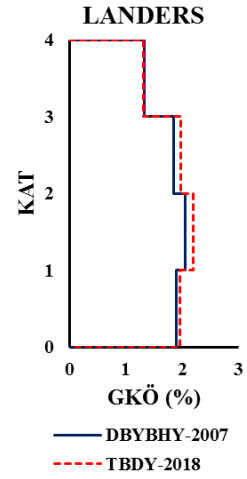
c) IMPVALL depremi



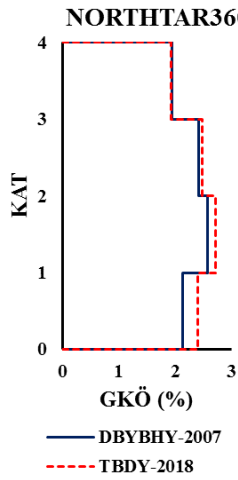
d) KOCDZC180 depremi



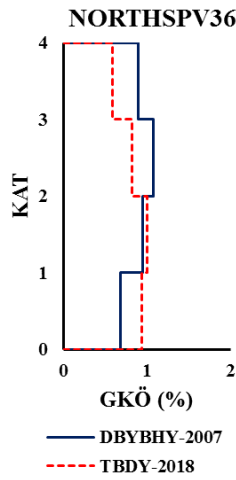
e) KOCDZC270 depremi



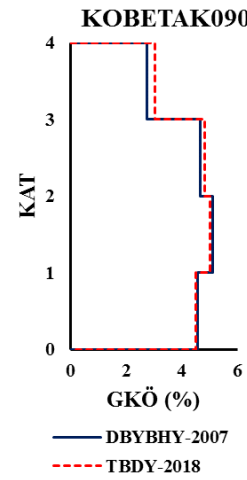
f) LANDERS depremi



g) NORTHSTAR360 depremi

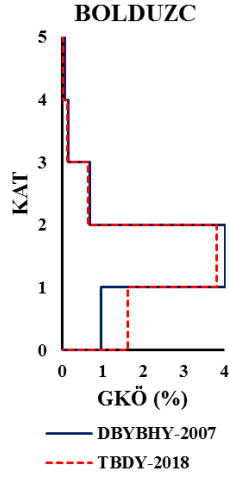


h) NORTHSPV360 depremi

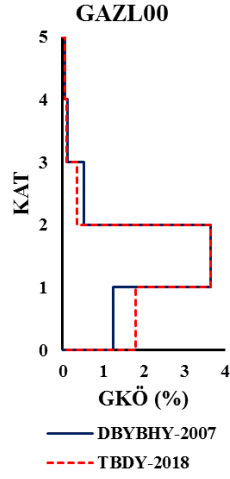


i) KOBETAK090 depremi

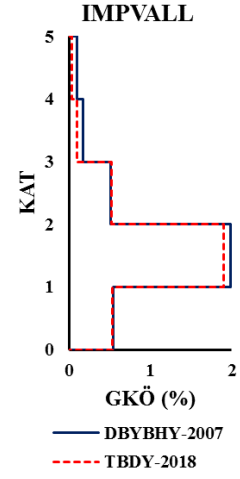
Şekil B.3: Model 3'ün zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri sonucu katlarda oluşan göreceli ötelenme oranları



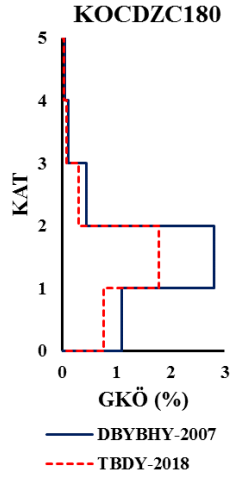
a) BOLDUZC depremi



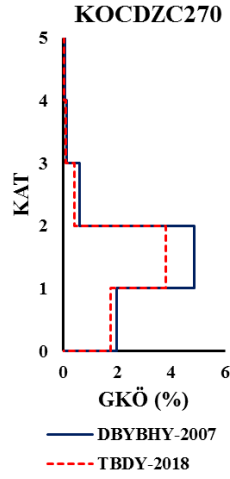
b) GAZL00 depremi



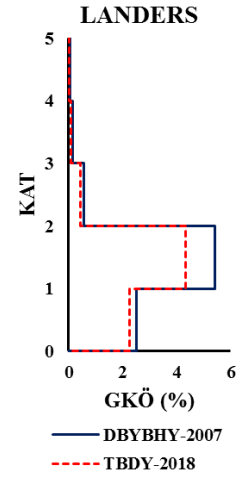
c) IMPVALL depremi



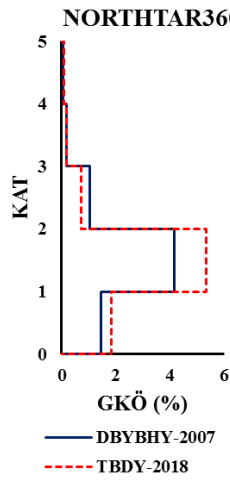
d) KOCDZC180 depremi



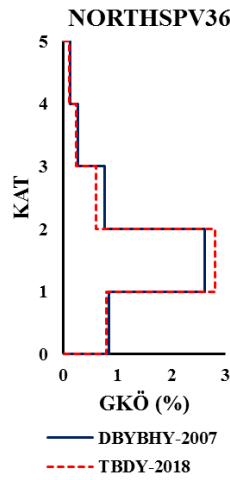
e) KOCDZC270 depremi



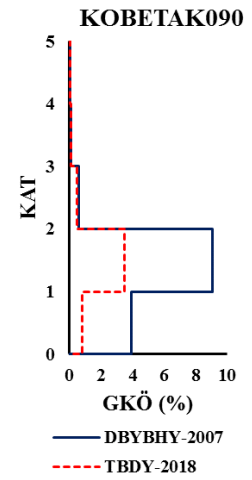
f) LANDERS depremi



g) NORTHTAR360 depremi

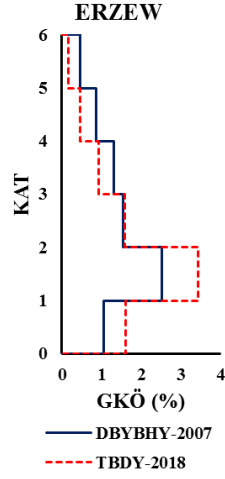


h) NORTHSPV360 depremi

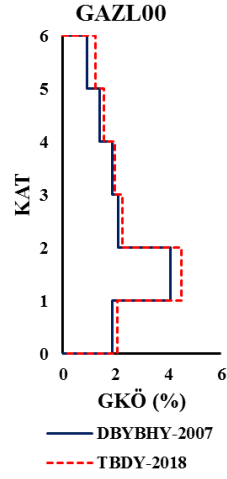


i) KOBETAK090 depremi

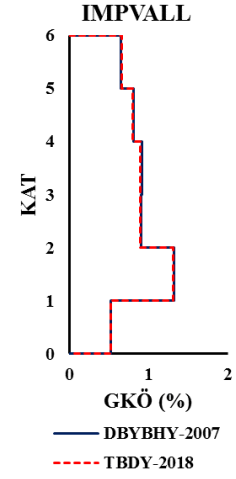
Şekil B.4: Model 4'ün zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri sonucu katlarda oluşan göreceli ötelenme oranları



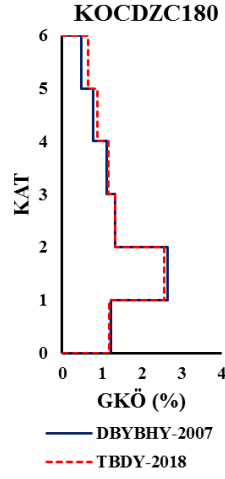
a) ERZEW depremi



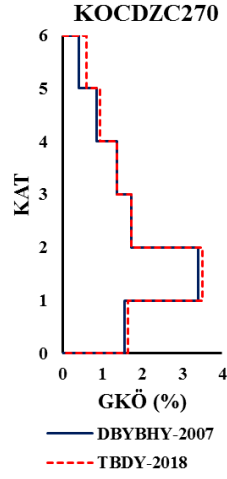
b) GAZL00 depremi



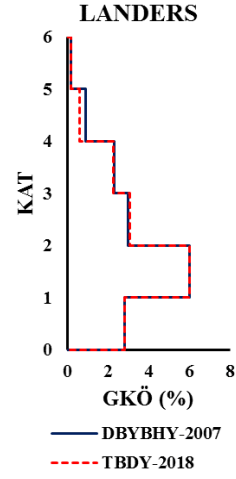
c) IMPVALL depremi



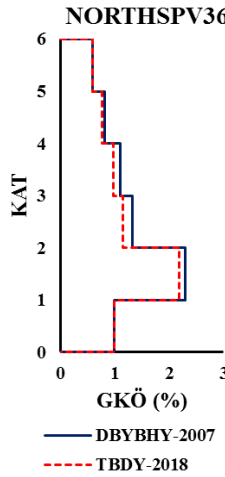
d) KOCDZC180 depremi



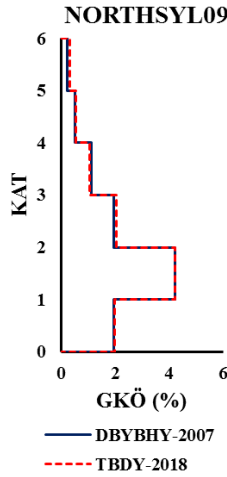
e) KOCDZC270 depremi



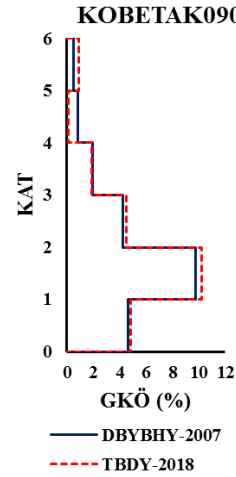
f) LANDERS depremi



g) NORTHSPV360 depremi



h) NORTHSYL090 depremi



i) KOBETAK090 depremi

Şekil B.5: Model 5'in zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri sonucu katlarda oluşan göreceli ötelenme oranları

9. ÖZGEÇMİŞ

- Adı Soyadı** : OSMAN ELDEMİR
- Doğum Yeri ve Tarihi** : DENİZLİ 30.05.1991
- Lisans Üniversite** : Pamukkale Üniversitesi Mühendislik
Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü
- Elektronik posta** : oeldemir91@outlook.com
- İletişim Adresi** : Pamukkale Üniversitesi Mühendislik
Fakültesi B Blok İnşaat Mühendisliği
Bölümü
- Yayın Listesi** : -
- Konferans Listesi** : -