



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

DÜZENLİ BETONARME BİNALAR İÇİN
BASİTLEŞTİRİLMİŞ TASARIM
KURALLARININ PERFORMANS ANALİZİ
BAĞLAMINDA DEĞERLENDİRİLMESİ

Nur Seda YEL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Haziran-2021
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Nur Seda YEL tarafından hazırlanan “Düzenli Betonarme Binalar İçin Basitleştirilmiş Tasarım Kurallarının Performans Analizi Bağlamında Değerlendirilmesi” adlı tez çalışması 23 / 06 / 2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği ile** Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Dr. Öğr. Üyesi Gamze DOĞAN

Danışman

Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Nebi ÖZDÖNER

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Saadettin Erhan KESEN
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Nur Seda YEL

24.06.2021

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DÜZENLİ BETONARME BİNALAR İÇİN BASİTLEŞTİRİLMİŞ TASARIM KURALLARININ PERFORMANS ANALİZİ BAĞLAMINDA DEĞERLENDİRİLMESİ

Nur Seda YEL

Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN

2021, 91 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN
Dr. Öğr. Üyesi Nebi ÖZDÖNER
Dr. Öğr. Üyesi Gamze DOĞAN

Deprem yapı davranışı oldukça karmaşık bir problemdir. Özellikle çözülen binanın betonarme olması durumunda bu karmaşık problemin içine birde betonun belirli bir kalıba sığmayan davranışı ile ilgili birçok bilinmezlik de eklenmektedir. Depreme dayanıklı bina tasarımı ile yönetmeliklerin gelişen bilgi birikimi ile hesap adımları ve detaylarda takibi zor bazı detayların bulunduğu bir gerçektir. İnşaat mühendislerinin merak ettiği “Oldukça basit tasarlanmış ve yapı stoku içinde önemli bir kısmı oluşturan betonarme binalar için daha pratik bir çözüm önerisi” kısmı Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018’de yer bulmuştur. Bu çalışmada bu soru üzerine Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018’de 17. Bölüm başlığı altında verilmiş olan basitleştirici kurallar irdelenmiştir. Bunun için 144 adet örnek betonarme bina modeli ilgili yönetmelik kısmında yer alan üç farklı basitleştirilmiş formül, deprem tasarım sınıfı, bina yüksekliği, kat planı açıklık sayısı, zemin sınıfı gibi farklı parametrelere göre tasarlanmıştır. Tasarlanan bu binaların yapısal performans açısından ne seviyede olduğu Lineer ve Nonlineer Analiz Yöntemi ile tespit edilmiştir. Çalışma sonunda yapının performansının Lineer yöntemle göre yeterli olmadığı fakat Nonlineer yöntemle göre yeterli seviyede kaldığı görülmüştür. Farklı parametrelere sahip olarak tasarlanan modeller ile ilgili olarak elde edilen veriler ve TBDY-2018’de taşıyıcı sistem tipi betonarme çerçevelerden oluşan binalar için öngörülen değerler çalışmada detaylı bir şekilde irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Basitleştirilmiş tasarım kuralları, deprem, deprem yönetmeliği, lineer yöntem, nonlinear yöntem, performans analizi

ABSTRACT

MS THESIS

EVALUATION OF SIMPLIFIED DESIGN RULES FOR REGULAR CONCRETE BUILDINGS IN THE CONTEXT OF PERFORMANCE ANALYSIS

Nur Seda YEL

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Civil Engineering**

Advisor: Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN

2021, 91 Pages

Jury

**Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN
Asst. Prof. Dr. Nebi ÖZDÖNER
Asst. Prof. Dr. Gamze DOĞAN**

Building behavior under earthquake is a rather complicated problem. In the case of the reinforced concrete building that is solved especially in this complex problem, many unknowns are added about the behavior of the concrete that does not fit in a certain form. Due to the earthquake-resistant building design and the growing knowledge of the regulations and the desire to write more, it contains calculation steps and some details that are difficult to follow in details. It is a fact that with the earthquake-resistant building design, there are some details that are difficult to follow in the calculation steps and details with the developing knowledge of the regulations. “A more practical solution proposal for reinforced concrete buildings, which is designed quite simply and constitutes an important part of the building stock”, found in the Turkey Building Earthquake Regulation 2018. In this study this question on Turkey Earthquake Building Regulations issued under Section 17 of the 2018 title simplifying rules have been examined. For this purpose, 144 sample reinforced concrete building models are designed according to different parameters such as three different simplified formulas, earthquake design class, building height, number of floor plan openings, and ground class. The level of structural performance of these designed buildings was determined by Linear and Nonlinear Analysis Method. At the end of the study, it was observed that the performance of the structure was not sufficient compared to the linear method, but remained at a sufficient level compared to the nonlinear method. The data obtained regarding the models designed with different parameters and the predicted values for the buildings consisting of carrier system type reinforced concrete frames in TBEC-2018 were examined in detail in the study.

Keywords: Earthquake, earthquake regulations, linear method, nonlinear method, performance analysis, simplified design rules

ÖNSÖZ

Tez çalışmasının her aşamasında yardımlarını, bilgilerini, tecrübelerini esirgemeyerek görüşleriyle destek olan, yetişmemi sağlayan ve kendisi ile tez çalışması hazırlamaktan mutluluk duyduğum değerli hocam Sayın Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN'a saygı, minnet ve sonsuz şükranlarımı sunarım.

Tez çalışmasında çok değerli bilgi, tecrübe, görüşleriyle beni aydınlatan ilgi ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen değerli hocam Sayın Dr. Öğretim Üyesi İbrahim Hakkı ERKAN'a saygı, minnet ve sonsuz şükranlarımı sunarım. Ayrıca tez kapsamında kullanılan ProtaStructure 2021 programı ile ilgili her türlü sorumuza cevap veren Prota Yazılım firmasına da teşekkür ediyorum.

Hayatım boyunca bana destek olan ve bu desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Nur Seda YEL
KONYA-2021

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Amaç – Motivasyon	2
1.2. Önem – Yaygın Etki.....	2
1.3. Kapsam.....	3
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	5
3. TBDY-2018 GENEL İLKELERİ	11
3.1. Deprem Etkisi Altında Binaların Değerlendirilmesi ve Tasarım İçin Gerekli Esaslar.....	11
3.1.1. Bina kullanım sınıfları (BKS) ve bina önem katsayıları (I).....	11
3.1.2. Deprem yer hareketi düzeyleri.....	12
3.1.3. Deprem tasarım sınıfları (DTS)	13
3.1.4. Bina yüksekliği ve bina yükseklik sınıfları (BYS)	13
3.1.5. Bina performans düzeyleri.....	14
3.2. Deprem Etkisi Altında Bina Sistemlerinin Değerlendirilmesi	16
3.2.1. Binalardan bilgi toplanılması.....	16
3.2.2. Kesit hasar bölgeleri	19
3.2.3. Hesap yöntemleri	20
3.2.4. Binaların deprem performansının belirlenmesi	21
3.3. Düzenli Yerinde Dökme Binalar İçin Basitleştirilmiş Tasarım Kuralları	23
3.3.1. Taşıyıcı sistem elemanları için donatı alt sınırları	26
3.3.2. Bina geometrik sınır değerleri	27
3.3.3. Diğer alt sınırlar	28
4. MATERYAL – YÖNTEM	29
4.1. Bina Kat Planı Modeli Tasarımı	30
4.2. Kirişlerin Boyutlandırılması ve Donatı Seçimi	33
4.3. Kolonların Boyutlandırılması ve Donatı Seçimi	34
4.4. Hesap Kabulleri	37
5. ANALİZ – SONUÇLAR	40
5.1. Genel Açıklama	40
5.2. Binaların Performans Parametreleri.....	43

5.3. Verilerin Yorumlanması	56
6. SONUÇLAR.....	75
6.1. Yorum /Tartışma/Öneri.....	76
KAYNAKLAR	78



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

a:	Kolon orta bölgesinde etriye kollarının ve/veya çirozların arasındaki yatay uzaklık
A_{ci} :	Göz önüne alınan kolonun en kesit alanı
A_s :	Kiriş enkesitinde çekme etkisi altındaki eğilme donatısı alanı
A_{sh} :	Kolon orta bölgesinde s enine donatı aralığına karşı gelen yükseklik boyunca, tüm etriye kollarının ve çirozların enkesit alanı değerlerinin gözönüne alınan kolon enkesit genişliğine (b) dik doğrultudaki izdüşümlerinin toplamı
A_{sw} :	Kiriş orta bölgesinde s enine donatı aralığına karşı gelen uzunluk boyunca, tüm etriye kollarının ve çirozların enkesit alanı değerlerinin toplamı
b:	Kolon veya perdenin göz önüne alınan doğrultu için enkesit genişliği
b_{min} :	Kolonun en küçük en kesit boyutu
b_w :	Kiriş gövde genişliği veya perde kalınlığı
d:	Kiriş, kolon veya perde enkesitinde basınç etkisi altındaki beton yüzeyinden çekme etkisi altındaki eğilme donatısının merkezine olan uzaklık
D:	Dayanım fazlalığı kat sayısı
DD-2:	50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzey
E:	Deprem yükü etkisi
F:	Yatay kuvvet
f_{ce} :	Betonun ortalama basınç dayanımı
f_{ck} :	Betonun karakteristik basınç dayanımı
f_{ye} :	Çeliğin ortalama akma dayanımı
f_{yk} :	Çeliğin karakteristik akma dayanımı
G:	Sabit yük etkisi
g:	Göze alınan düşey taşıyıcı elemanın alan payına her bir katta etki eden veya kat geneline etki eden yük katsayılarıyla büyütülmemiş ortalama yayılı sabit yük [kN/m ²]
h:	Kolon veya perdenin göz önüne alınan doğrultu için enkesit yüksekliği
h_1 :	Bina zemin kat yüksekliği
h_2 :	Bina ikinci kat yüksekliği
H_N :	Bina yüksekliği
L_1 :	Konsol uzunluğu
L_2 :	Açıklık uzunluğu
L_3 :	Açıklık uzunluğu
L_x :	Yatay doğrultudaki bina uzunluğu
L_y :	Düşey doğrultudaki bina uzunluğu
s:	Kolon veya kiriş orta bölgesinde enine donatı ve çiroz aralığı
SD_s :	Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
S_1 :	Köşe kolon

S_2 :	Kenar orta kolon
S_3 :	Orta kolon
S_s :	Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
S_1 :	1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
V :	Taban kesme kuvveti
V_d :	Tasarım dayanımı
V_e :	Elastik dayanım
V_r :	Bina kesme kapasitesi
V_t :	Taban kesme kuvveti
V_y :	Gerçek dayanım
q :	Göze alınan düşey taşıyıcı elemanın alan payına her bir katta etki eden veya kat geneline etki eden yük katsayılarıyla büyütülmemiş ortalama yayılı hareketli yük [kN/m ²]
Q :	Hareketli yük etkisi
ρ :	Kiriş üst veya alt boyuna donatı oranı
ρ_{kolon} :	zemin kat kolon alanları toplamının zemin kat taban alanına oranı
ρ_{sh} :	Kolon orta bölgesinde enine donatı oranı
ρ_t :	Kolon toplam boyuna donatı oranı
ρ_w :	Kiriş orta bölgesinde enine donatı oranı
$\sum A_{oi}$:	Göz önüne alınan kolon için tüm katlar boyunca biriken alan paylarının toplamı
$\sum A_{ci}$:	Zemin katta kolon enkesit alanlarının toplamı
$\sum A_{wi}$:	Gözönüne alınan doğrultuda çalışan perde veya perde kolu enkesit alanlarının toplamı
$\sum A_{pi}$:	Bina kat alanlarının toplamı
$\sum (I_i / H_i^2)$:	Zemin katta göze alınan doğrultuda (kolon enkesit eylemsizlik momenti / kat yüksekliği ²) değerlerinin toplamı
$\sum k_{kolon}$:	Zemin kat kolon alanlarının toplam bina taban alanına oranı
Ω :	Dayanım fazlalığı
μ :	Süneklik kat sayısı
Δ :	Deplasman

Kısaltmalar

ASCE:	American Society of Civil Engineers
BKS:	Bina Kullanım Sınıfı
BYS:	Bina Yükseklik Sınıfı
DBYBHY-2007:	Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmeliği 2007
DTS:	Deprem Tasarım Sınıfı
GÖ:	Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi
I:	Bina Önem Katsayısı
KH:	Kontrollü Hasar Performans Düzeyi
KK:	Kesintisiz Kullanım Performans Düzeyi
LY:	Lineer Yöntem
MS:	Model sayısı
NLY:	Nonlinear Yöntem
SH:	Sınırlı Hasar Performans Düzeyi
TBDY-2018:	Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018

1. GİRİŞ

Ülkemizi en çok etkileyen doğal afetlerin başında deprem gelmektedir. Ülkemizin büyük bir kısmı aktif fay hatları üzerinde yer aldığı için çok fazla sayıda deprem meydana gelmektedir. Meydana gelen depremler ciddi sonuçlara sebep olmaktadır. Depremlerin oluşması engellenememektedir ancak deprem sonucunda oluşabilecek hasarlar en alt seviyeye indirilmelidir. Depremler sonucu oluşabilecek can ve mal kaybını en aza indirmek için mühendislik hizmetleri alınmaktadır. Mühendislik hizmetleri ile binaların ideal tasarımı ve performansı tespit edilmektedir. Binaların tasarımında ise binaların konumunun fay hatlarına mesafesi, zemin özellikleri, bina önem kat sayıları vb. değerler dikkate alınarak yapıların yeterli dayanımda olması sağlanmaktadır. Tasarlanacak binaların belirli standartları sağlaması ve kurallar dâhilinde güvenli bir yapı oluşturması için yönetmelikler hazırlanmaktadır.

İnşaat mühendisliğinde kullanılan yönetmelikler bilim dünyasında meydana gelen yeni ilerlemeler, teknolojik gelişmeler, güvenilirlik, ekonomiklik gibi sebepler ile belirli aralıklarda güncellenmektedir. Son olarak Türkiye Deprem Yönetmeliği 2018 yılında güncellenmiştir. Güncellenen 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) 17 bölümden oluşmaktadır. Yönetmelik hükümleri, yeni yapılacak binaların deprem etkisi altında tasarımı ile mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirme tasarımını içermektedir.

Deprem yönetmeliği içeriği kapsamlı ve uygulamaya yönelik düşünüldüğünde oldukça karışıktır. Karışık formülasyonlarla verilen bağıntılardan çıkan sonuçların yorumlanması çoğu zaman imkansız olduğu için mühendislerin bir çoğu elde ettikleri sonuçları doğru kabul etmek zorunda kalmışlardır. Hâlbuki ideali, zaten birçok kabule dayanan yapı dayanımı, yükler ve deprem hareketi için karmaşık problemler yerine basit mühendislik yaklaşımlarının ön plana çıkarılarak analizi yapan mühendislerin yapı-deprem ilişkisini yorumlayabilmesinin sağlanmasıdır. Bununla beraber basit yaklaşımların karmaşık binalarda yeterli olmayacağı da açıktır.

Günümüz yapı stokunda binaların birçoğu karmaşıklıktan uzak tek düze mimari plan ve taşıyıcı sisteme sahiptirler. Bu nedenle bu binalarda hesaplamalarda yönetmeliğin karmaşık yaklaşımlarına ihtiyaç olmayabilir. Bu nedenle daha çok uygulamaya yönelik basit hesapları tercih eden İnşaat Mühendisleri basit yapılı, düzensizlik içermeyen ve yüksekliği fazla olmayan binalar için basit hesaplarla çözüme ulaştıran yöntemler beklemektedir.

Bu beklentiyi karşılama adına 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) 17. Bölümünde “Düzenli Yerinde Dökme Betonarme Binalar İçin Basitleştirilmiş Tasarım Kuralları” konulu yeni bir başlık açmıştır. İlgili bölümde basitleştirilmiş tasarım kurallarının uygulama kapsamı ve genel kuralları verilmiştir.

Bu çalışmada güncel yönetmelikte tanımlanmış olan tasarım kurallarının uygulama sınırları dikkate alınarak taşıyıcı sistemi çerçevelerden oluşan farklı bina kat planı modelleri tasarlanmıştır. Tasarlanan binaların yönetmelikte verilen kurallara göre ve farklı deprem tasarım sınıflarına göre düşey taşıyıcı elemanları boyutlandırılmıştır. Tasarlanan binaların performans analizleri de yapılarak elde edilen sonuçlar incelenmiştir.

1.1. Amaç – Motivasyon

TBDY-2018 17. Bölümünde yer alan “Düzenli Yerinde Dökme Binalar İçin Basitleştirilmiş Tasarım Kuralları” adlı başlık altında taşıyıcı sistemi çerçevelerden oluşan binalar ve taşıyıcı sistemi çerçeveler ve perdelerden oluşan binaların tasarımında kullanmak üzere kolonların en kesit alanlarının hesaplanabileceği üç farklı basit formül verilmektedir. İlgili bölümde verilen basit formülleri kullanmak için yönetmelikte bina yüksekliği, deprem tasarım sınıfı ve bina düzensizliği ile ilgili sınırlamalar yer almaktadır.

Bu yüksek lisans tezinin amacı ise; ilk olarak TBDY-2018’de yer alan basitleştirilmiş formüller kullanılarak farklı parametrelere sahip bina modellerinin oluşturularak analizlerinin yapılması ikinci olarak, analizleri tamamlanan bu binaların yine TBDY-2018’in 15. Bölümüne göre deprem performans analizlerinin yapılarak yeterli performans seviyesinde olup olmadıklarının belirlenmesidir. Böylece verilen basit denklemler ile elde edilen taşıyıcı sistemlerin deprem performansı açısından yeterli olup olmadığının da kararına varılacaktır. Başka bir ifade ile yönetmeliğin bir bölümü diğer bölümüne doğrultılacaktır. Çıkan sonuçların makul olması veya olmaması durumunda yönetmeliğin ilgili bölümleri için öneriler getirilecektir.

1.2. Önem – Yaygın Etki

Depreme dayanıklı bina tasarımı için yönetmeliklerin gelişen bilgi birikimi, hesap adımları ve detaylarda takibi zordur. Mühendisler ise onları basit hesaplamalar ile

sonuca götürecek yöntemler beklemektedir. İnşaat mühendislerinin merak ettiği “Oldukça basit tasarlanmış ve yapı stoku içinde önemli bir kısmı oluşturan betonarme binalar için daha pratik bir çözüm önerisi” kısmı yeni yönetmelikte 17. Bölümde “Düzenli Yerinde Dökme Betonarme Binalarda Basitleştirilmiş Tasarım Kuralları” adlı başlıkta yer bulmuştur. Türkiye’de betonarme bina stokunun önemli bir kısmı TBDY-2018’in ilgili bölümüne göre rahatlıkla çözülebilmesi ama bu kısma göre tasarlanan binaların yeterli performansa sahip olup olmadığının değerlendirilmesi çalışmanın önemini arttırmaktadır. Başka bir ifade ile yönetmeliğin 17. Bölümünde verilen denklemlere göre yapılan binanın yeterliliği 15. Bölümüne göre kontrol ettirilecektir. Bu çalışmada ele alınan TBDY-2018 17. Bölüm yaklaşımının uygulanma alanı tüm binaları kapsamasa da önerilen yöntemin mühendislerce anlaşılabilmesi adına önemlidir.

Tasarlanan bina modelleri Lineer Analiz Yöntemi ve Nonlineer Analiz Yöntemi olmak üzere deprem yönetmeliğinde yer alan iki farklı performans analizi yöntemine göre incelenecektir. Binaların performansını değerlendirmek için kullanılacak olan iki farklı analiz yönteminin verdiği sonuçların kıyaslanması ve yorumlanması çalışma açısından önemlidir.

1.3. Kapsam

Yönetmelikler depremin hasar düzeyini en aza indirmek için depreme dayanıklı yapı tasarımında belirli kurallar öngörmektedir. Binaların deprem kuvvetini güvenli bir şekilde karşılamaları için binalar yönetmeliklerin standartları doğrultusunda tasarlanır ve uygulanır. Yönetmelikler yaşanan depremler sonucunda elde edilen deneyimler, bilgi birikimleri ve gelişmeler sonucunda güncellenmektedir. Güncel yönetmeliğe kadar da ülkemizde birçok yönetmelik kullanılmış sonrasında düzenlemeler ile geliştirilmiştir. Son olarak 2018 yılında güncellenen deprem yönetmeliğinde de deprem tasarımı hesaplarını kolaylaştırabilecek belirli özelliklere sahip binalarda kullanılabilecek basitleştirilmiş tasarım kuralları verilmiştir.

Yönetmeliğin 17. Bölümünde yer alan basitleştirilmiş tasarım kurallarının kullanılabileceği binalar için şartlar verilmektedir. Basitleştirilmiş tasarım kurallarının kullanılabileceği binaların Bina Kullanım Sınıfı (BKS) = 3 olan konut, iş yeri türü bina olması, bina yüksekliğinin 17.5 m’yi geçmemesi, bina planının düzensizlik içermemesi ve bina yüklerinin alışlagelmiş yük seviyelerinin üzerinde olmaması gibi şartlar istenen şartlardan bazılarıdır. TBDY-2018’de yer alan basitleştirilmiş tasarım kurallarının

kullanılabileceği bina özelliklerine bakıldığında Türkiye'nin betonarme bina stokunun önemli bir kısmının yönetmeliğin ilgili bölümüne göre çözülebileceği görülmektedir.

Mühendislerin karışık ve uğraştırıcı hesaplamalar yerine yönetmeliğin ilgili bölümünde yer alan basit tasarım kurallarının ülkemizde yaygın olarak tercih edilen bina modellerinde uygulanabilmesi çalışmanın kapsamını göstermektedir. Basit tasarım kuralları sayesinde inşaat mühendisleri de uğraştırıcı hesap yığınlarından kurtularak pratik bir şekilde depreme dayanıklı binalar tasarlayabilecektir.

Bu çalışmada TBDY-2018 17. Bölüm başlığı altında verilmiş olan basitleştirici kurallar irdelenmiştir. İlgili yönetmelik şartları kısaca özetlenmiştir. Ardından 15. Bölüm temel yaklaşımları ve performans analizi anlatılmıştır. Materyal ve metot kısmında 144 adet örnek betonarme bina modeli 17. Bölüm içinde yer alan üç farklı basitleştirilmiş formül, deprem tasarım sınıfı, bina yüksekliği, kat planı açıklık sayısı, zemin sınıfı gibi farklı parametrelere göre tasarlanmıştır. Tasarlanan bu binaların yapısal performans açısından ne seviyede olduğu Lineer ve Nonlineer Analiz Yöntemi ile tespit edilmiştir. Çalışma sonunda yapının performansının Lineer yöntemle göre yeterli olmadığı fakat Nonlineer yöntemle göre yeterli seviyede kaldığı görülmüştür. Farklı parametrelere sahip olarak tasarlanan modeller ile ilgili olarak elde edilen veriler ve TBDY-2018'de taşıyıcı sistem tipi betonarme çerçevelerden oluşan binalar için öngörülen değerler çalışmada detaylı bir şekilde irdelenmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

İnşaat mühendisleri yapının ömrü boyunca maruz kalabileceği yüklere göre yapıları tasarlamaktadır. Yapının ömründe maruz kalacağı önemli kuvvetlerden biride deprem kuvvetidir. İnşaat mühendisleri yapıya etki edebilecek deprem kuvvetlerini hesaplamaktadır ve hesaplanan deprem kuvvetlerine göre yapıyı tasarladıktan sonra bu kuvvet etkisi altında yapının nasıl davrandığını görmek için yapıyı performans analizlerine tabii tutmaktadır. Depreme dayanıklı yapı tasarımı hesaplamaları ve takibi oldukça zordur. Mühendisler yıllardır uygulamaya yönelik ve onları direkt sonuca götürebilecek basit hesaplamalar üzerine çalışmışlardır. Basit hesaplamalar için yapılan çalışmalar yurt içinde olduğu gibi yurt dışında da vardır. Basit hesaplama çalışmalarından ve performans analizi çalışmalarından bazıları araştırılarak özetlenmiştir.

Saiidi ve Sozen (1979), bu çalışmada betonarme yapıların doğrusal olmayan sismik analizinin basitleştirilmesi araştırılmıştır. Çalışma iki bağımsız bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın bir bölümünde, analizde kullanılan histerezis modellerine hesaplanmış yanıtların etkisini araştırmak ve daha az karmaşık modeller kullanarak tatmin edici sonuçlar elde edilip edilemeyeceğini araştırılmıştır. Çalışmanın diğer bölümünde ise, yapıların doğrusal olmayan yer değiştirme-tepki tarihçelerini (Q-Modeli) hesaplamak için ekonomik basit "tek dereceli" bir model belirlenmiştir.

Crisinel ve Marimon (2004), bu çalışmada kompozit döşeme davranışının tahmini için yeni bir tasarım yaklaşımı önerilmiştir. Bu yeni tasarım yaklaşımı, standart bir malzeme testinden ve küçük ölçekli testlerden elde edilen sonuçları, basit bir hesaplama yöntemi ile birleştirerek, kompozit bir döşemenin kritik kesitinde moment eğriliği ilişkisini elde etmektedir.

Aykaç ve ark. (2014), bu çalışmada kesin tasarımdan ziyade ön tasarım, proje kontrolü, şantiye vb. aşamalarda hızlı bir şekilde kullanılabilecek basit ve akılda kalabilen bir formül oluşturulması amaçlanmıştır. Formül hazırlama aşamasında belirli bir hatanın olabileceği baştan kabul edilmiştir. Hazırlanan formül ile yükü bilinen bir kolonda, seçilmiş bir donatı oranı için, gerekli kesit alanı hesaplanabilmektedir.

Aksoy ve Avşar (2015), bu çalışmada betonarme bir yapı tasarlanması sırasında genellikle uygulamada hesaba katılmayan dolgu duvarların etkisini irdelenmiştir. Dolgu duvarların etkisini dikkate alabilmek için, bir takım hesaplamaların ve kabullerin yapılması gerekmiştir. Dolgu duvarların betonarme çerçeve davranışı üzerindeki

etkisinin bir katsayı ile dikkate alınması için önerilen basitleştirilmiş bir yöntem ve basitleştirilmiş yöntemin uygulanma durumları irdelenmiştir.

İlki ve ark. (2015), bu çalışmada basitleştirilmiş yöntem ile iki farklı bina modeli hazırlanmıştır. İlk bina (Bina1) basit yöntem ve 2007 yılında yayımlanan Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmeliğin (DBYBHY-2007) 2. Ve 3. Bölümleri esaslarına göre analiz edilmiştir. İkinci bina ise (Bina 2) önce basitleştirilmiş yöntem ve göre analiz edilip detaylandırılmıştır. İkinci bina modeli daha sonra DBYBHY-2007'de yer alan doğrusal olmayan şekil değiştirme tabanlı değerlendirme esaslarına uygun bir biçimde performans değerlendirilmesine tabii tutulmuştur.

Gao ve ark. (2016), bu çalışma performansa bağlı yangın güvenliği tasarımı üzerine hazırlanmıştır. Bir yapının yangın performansını, yapıdaki sıcaklıkların doğru bir şekilde değerlendirilmesi için, sonlu elemanlar veya sonlu farklar analizi yapmak yerine yapının standart bir yangına maruz kalması halinde, RC ışınlardaki sıcaklıkları tahmin etmek için basit, tasarım odaklı bir yöntem incelenmiştir.

Erdil (2017), bu çalışmada DBYBHY-2007'ye göre tasarlanan dikdörtgen kesitli betonarme perde duvarların taşıma gücü momentlerinin hesabı için basit bir bağıntı incelenmektedir.

Keyik (2019), bu çalışmada 4 katlı, DBYBHY-2007'ye göre tasarlanmış, mevcut betonarme bir binanın nonlinear dinamik analizleri SeismoStruct yazılımı ile yapılmıştır. Binanın performans değerlendirmesi TBDY-2018 ve American Society of Civil Engineers'a (ASCE 41-17) göre incelenmiştir. Deprem kayıtları hedef tasarım spektrumu dikkate alınarak spektral uyum yapacak şekilde SeismoMatch yazılımı ile ölçeklendirilmiştir. Kolon ve kiriş elemanlardaki doğrusal olmayan davranış, yayılı plastisite esaslı çerçeve elemanları ile tanımlanmıştır. Çalışma kapsamında, kolon ve kiriş elemanlarda gelişen en büyük kesit dönmeleri ile birim şekil değiştirmeler belirlenmiş ve TBDY-2018 ve ASCE 41-17 yönetmeliklerindeki limitlere göre incelenmiştir. Yönetmeliklerin performansa göre değerlendirme yaparken esas aldıkları farklı metotlar ve parametreleri çalışma kapsamında irdelenmiştir.

Yıldızoğlu (2019), bu çalışma, yığma yapılar için kullanılan malzemeler ve yığma yapıların taşıyıcı sistemleri hakkında bilgi içermektedir. Yığma yapıların modelleme teknikleri ve analiz yöntemleri yer almaktadır. Bayburt ilinde yer alan, 1944-1947 yılları arasında inşa edilmiş, Bayburt Lisesi'nin yapım tekniği, malzeme özellikleri ve konum özellikleri hakkında bilgiler verilmiştir. Binanın rölöveleri alınarak, yapıda gözlemlenen sorunlar incelenmiştir. SAP2000 programı ile binanın üç

boyutlu sonlu eleman modeli oluşturulmuş ve binanın dinamik performansının belirlenmesi hedeflenmiştir. Yapıda daha önce yaşanan deprem kayıtları kullanılarak yapısal davranışının incelenmesi amaçlanmıştır. Sonuç olarak yapının olası bir depremde hasar alabileceği öngörülmüştür. Yapının olası bir depremde hasar almasını önlemek için güçlendirme yapılmasının gerekebileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Özaydın (2019), bu tez çalışmasında yüksek bir betonarme yapının tasarlanması ve yapının deprem performansının incelenmesi hedeflenmiştir. Çalışmanın birinci bölümünde çalışmanın konusu ve amacı yer almaktadır. İkinci bölümde, doğrusal olmayan malzeme davranışı ve plastik mafsallık kavramı yer almaktadır. Üçüncü bölümde TBDY 2018'e göre doğrusal tasarım ilkeleri verilmiştir. Dördüncü bölümde TBDY 2018'e göre doğrusal olmayan tasarım ilkeleri yer almaktadır. Beşinci bölümde doğrusal analizler gerçekleştirilmiş, kesit boyutları ve donatıları belirlenmiştir. Altıncı bölümde doğrusal olmayan analizlerin gerçekleştirilmesi ve eleman hasar sınırlanırının belirlenmesi hedeflenmiştir. Çalışmanın yedinci bölümünde belirlenen sonuçlar incelenmiştir.

Zaky (2019), bu çalışmada öncelikle kazıklı köprü ayakları ve kenar ayaklar için yerel oyulma davranışı detaylı olarak incelenmiştir. Zaman tanım alanında analiz yöntemi ile betonarme kazıklı köprülerin yanal ve düşey yükler etkisi altındaki davranışı TBDY-2018'e göre detaylı bir şekilde irdelenmiştir. Analiz sonucunda, kazıklı köprü ayaklarının beklenen oyulma sonrasındaki yük ve yer değiştirme kapasitesi belirlenmiş, elde edilen sonuca göre köprü yapılarının güvenilirliği incelenmiştir. Sonuç olarak çalışmada, oyulma etkisi altındaki mevcut bir betonarme kazıklı köprünün sismik performansı ve oyulmanın yapı üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Mutlu (2019), yapılan literatür taraması sonucunda çelik yapılarda yangın olarak kullanılan IPE ve UPE türü profiller için yanal burulmalı burkulma stabilite bozulması için yapılan deneysel sonuçlar ile karşılaştırılarak doğrulanmış kapsamlı bir nümerik çalışmanın olmadığı gözlemlenmiştir. Bu nedenle nümerik bir çalışma planlanmış ve çalışma kapsamında 9 adet IPE160 ve 9 adet UPE80 konsol kiriş deney elemanının ABAQUS sonlu elemanlar programı kullanılarak nümerik analizi yapılmıştır. Nümerik sonuçlar deneysel sonuçlar ile karşılaştırılmış ve ne ölçüde başarılı analiz sonuçları elde edilebildiği incelenmiştir. Sonlu elemanlar analizi iki aşamada yapılmıştır. İlk aşamada her örnek için özdeğer burkulma analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda mod şekilleri elde edilmiştir. Elastik kritik burkulma yükü hesaplanmıştır. İlk aşamadan elde edilen

sonuçlarla bir geometrik kusur belirlenerek ikinci aşamanın başlangıç modeli belirlenmiştir. İkinci aşamada, geometrik ve malzeme nonlinearlığı kullanılarak nonlinear risk analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında önerilen sonlu elemanlar analizi prosedürünün, deneysel sonuçlar ile ne ölçüde uyumlu olduğu irdelenmiştir.

Dalyan ve Şahin (2019), Tek Modlu İtme Yöntemi, Çok Modlu İtme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında hesap yöntemi TBDY-2018’de doğrusal olmayan hesap için önerilen yöntemlerdir. Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi, Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında hesap yöntemi DBYBHY-2007’de doğrusal olmayan hesap için önerilen yöntemlerdir. Betonarme kesitlerin etkin kesit rijitlikleri ve hasar sınırı tarifleri TBDY-2018 ve DBYBHY-2007 arasındaki en büyük farktır. Bu çalışmada, mevcut 5 katlı betonarme bina yapısının DBYBHY-2007 ve TBDY-2018’e göre Doğrusal Olmayan Artımsal İtme Analizi yöntemiyle deprem yükleri etkisi altında bina taşıyıcı sisteminin performans analizi yapılmış ve sonuçları incelenmiştir.

Çolakoğlu (2019), Betonarme yapılarda perdelerin kayma merkezleri, yapıya gelen kuvvetlerin burulma oluşturmada sadece eğilme oluşturma bakımından önem arz etmektedir. Betonarme binaların deprem bölgelerinde yer alması durumunda binanın güvenliğini sağlamak, yapıda yer değiştirmeleri sınırlandırmak için perde elemanlar kullanılmaktadır. Yapıda yer değiştirmeleri sınırlandırarak yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarları azaltmak için betonarme perdeler gelen yatay yüklerin perdenin kayma merkezlerinden uygulanması burulmayı ortadan kaldırması açısından önemlidir. Bu çalışmada U kesitli perdenin, farklı yatay yük etkileri altında nonlinear analizleri yapılmıştır. Kayma merkezlerinin doğrusal olmayan değişimi incelenmiştir.

Özbyrak (2019), Bu çalışmada yatay kuvvetler etkisi ile betonarme kirişsiz plak döşemeli binalardan döşeme eğilme momentleri elde edilmiştir. Döşeme eğilme momentlerinin çok katmanlı yapay sinir ağları ile analizi yapılmıştır. Analiz sonrasında kirişsiz plak döşemelerin tasarımına esas olan döşeme momentlerinin bulunması amaçlanmıştır. Analiz yönteminde yapıyla alakalı giriş verilerindeki değişkenler, döşeme kalınlıkları, deprem kuvvetleri, aks aralıkları, kat yükseklikleri ve kolon boyutları olarak seçilmiştir. Döşeme sonuç momentleri çıkış verisi olarak kullanılmıştır. SAP2000 programında dört katlı on adet yapı analize tabii tutulmuştur. Yapay sinir ağları analiz sonuçlarının %98,2’lik yakınlık ile gerçek tasarım momentlerine oldukça yakın olduğu belirlenmiştir. Kirişsiz plak döşemelerin tasarım momentlerinin

belirlenmesinde yapay sinir ağlarının kullanılmasının oldukça hızlı ve güvenilir olduğu görülmüştür.

Özer ve Yüksel (2020), bu çalışmanın amacı, boşluklu perdelerin yer aldığı yapılarda kullanılan farklı betonarme bağ kiriş tiplerini TBDY-2018 şartlarına göre yapılan nonlineer analiz sonuçlarına göre karşılaştırılıp değerlendirilmesidir. TBDY-2018'e göre 19 katlı kolon-kiriş çerçeve sistemi ile boşluklu perdelerin beraber kullanıldığı yapı modeli her bir betonarme bağ kirişi için İstanbul Atatürk Havaalanı bölgesinin yer ivmesine göre analiz yapılmıştır. Analizler sonucunda farklı betonarme bağ kiriş tiplerinin yapının performans noktasında ve performans hedeflerinde ciddi etkilerinin olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Özmen ve Sayın (2020), bu çalışmanın temel amacı tarihi yığma kemerli bir köprünün lineer dinamik analizlerini gerçekleştirerek köprünün deprem etkisi altındaki davranışını irdelemektir. Bu amaç doğrultusunda tek açıklıklı yığma kemerli bir köprü sayısal örnek olarak belirlenmiştir. Köprünün 3 boyutlu sonlu elemanlar modeli ANSYS sonlu elemanlar programı ile makro modelleme yaklaşımı dikkate alınarak hazırlanmıştır. 2011 Simav ve 2002 Sultandağı depremlerine ait ivme kayıtları Lineer dinamik analizlerde köprünün bulunduğu konum da göz önünde bulundurularak deprem kaydı olarak kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda köprüye ait yer değiştirmeler ve maksimum-minimum asal gerilmeler elde edilmiş ve köprünün sismik tepkileri incelenmiştir.

Alemdar (2020), Bu çalışmada, Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi kullanılarak İstanbul'da yer alan bir sanayi bölgesinde beş farklı tipten oluşan 120 adet prefabrik fabrika binasının performansları güçlendirme yöntemlerinin uygulanmasından önce ve sonra olarak irdelenmiştir. Sanayi bölgesinde yer alan fabrika binaları 1999 Kocaeli depreminden önce inşa edilmiştir. Binalarda 2005 yılında birleşim bölgelerinde bulonlu çelik levhalar ve yapı genelinde diyagonal çelik çubuklar kullanılarak güçlendirme yapılmıştır. Bu çalışmada farklı güçlendirme yöntemlerinin kullanılmasından önce ve sonra kiriş-kolon bağlantı bölgesinin davranışı yapıların üç boyutlu modellerinde dikkate alınmış ve kiriş-kolon bağlantı bölgesinin sonlu eleman modeli geliştirilmiştir. Fabrika binalarının analizleri DBYBHY-2007 kurallarına uygun olarak yapılmıştır. Güçlendirme tekniklerinin ve genel plan boyutlarının performans seviyeleri üzerindeki etkileri belirlenmiştir.

Çavdar ve ark. (2020), Bu çalışmada, kat içinde farklı miktar ve düzende yer alan dolgu duvarların betonarme yapıların deprem davranışları üzerine etkileri

incelenmiştir. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi ile TBDY-2018 şartlarına uygun olarak tasarlanan binaların deprem performansları belirlenmiştir. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yönteminde kullanılmak üzere on bir adet deprem kaydı, yakın ve uzak fay etkileri, depremlerin şiddetleri gibi parametreler göz önüne alınarak belirlenmiştir. TBDY-2018'de yer alan yatay elastik tasarım spektrumunu ile uyumlu olacak şekilde belirlenen ivme kayıtları ölçeklendirilmiştir. Çalışmada beş farklı oranda dolgu duvar incelenmiştir. Analiz çalışmaları SAP2000 ve RESPONSE2000 programları kullanılarak hazırlanmıştır. Çalışma sonucunda beş farklı dolgu duvar oranı için elde edilen titreşim periyot değerleri, göreceli kat ötelemesi oranları, mod şekilleri ve bina performans seviyeleri incelenmiştir.

Çelebi ve Aydın (2020), Yünören Köprüsü Erzurum İli Şenkaya İlçesinde yer almaktadır. Ülkemizde yaşanmış şiddetli depremler etkisi altında performansının belirlenmesi ve köprünün güçlendirilmesi için çalışmalar yapılmıştır. Çalışmada, SAP2000 programında üç boyutlu olarak köprü modellenmiştir. Analiz sonuçları SAP2000 programından elde edilen köprünün hasar seviyeleri incelendiğinde ayaklarının ileri hasar seviyesi ve ana taşıyıcı kirişlerin ise göçmenin önlenmesi hasar seviyesine sahip olduğu belirlenmiştir. Yapıda doğrusal olmayan yer değiştirmelerin yoğun olduğu kirişlerin dönme merkezine sismik sönüm cihazları yerleştirilerek yapıdaki hasarları en aza indirmeye çalışılmıştır. Yapıya güçlendirme yöntemi olarak kirişler yanal stabilite bağlantılarıyla desteklenerek kirişlerin deprem sırasında düzlem dışı burkulması önlenmiştir. Yapının üç farklı durumu için analiz edilerek sonuçlar incelenmiştir.

Börekçi (2020), Türkiye'deki mevcut binaların büyük bir kesimi deprem etkisi bakımından yeterli dayanımı olmayan binalardan oluşmaktadır. Bu binalarda deprem etkisi altında büyük hasarlar oluşması veya göçme yaşanması ihtimali oldukça yüksektir. Bu çalışmada, Türk Deprem Yönetmeliği 1975 şartlarına göre tasarlanmış ve uygulanmış bir betonarme okul binasının deprem performansı incelenmiştir. Aynı okul binasının TBDY-2018 koşullarına göre tasarlanması durumundaki deprem performansı belirlenmiştir. TBDY-2018'e göre tasarlanan yapının deprem performansı Park-Ang Hasar İndeksi ile incelenmiştir. Binaların analitik modelleri ise IDARC programında hazırlanmıştır. Binalarda zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yapılmıştır. Hasar indekslerine bağlı olarak deprem performansları belirlenmiştir.

3. TBDY-2018 GENEL İLKELERİ

Yapının statik tasarımı için güvenilirlik ve ekonomiklik başta gelen etmenlerdendir. Mühendisler, yapıları kullanımları süresince karşı karşıya kalacakları yüklere ve kuvvetlere dayanacak şekilde tasarlamalıdır. TBDY-2018’de yapının deprem etkisi altında değerlendirilmesi ve tasarımı için gerekli ilkeler yer almaktadır. Tez konusu ile ilgili deprem yönetmeliğinde yer alan 2. Bölüm, 3. Bölüm, 5. Bölüm, 15. Bölüm ve 17. Bölüm bu başlık altında özetlenmiştir.

3.1. Deprem Etkisi Altında Binaların Değerlendirilmesi ve Tasarım İçin Gerekli Esaslar

Binaların değerlendirilmesi ve tasarımı için bina kullanım sınıfı, bina önem katsayısı, deprem yer hareketi düzeyleri, deprem tasarım sınıfı, bina yükseklik sınıfı gibi parametrelerin bilinmesi gerekmektedir. Bu bölümde binaların değerlendirilmesi ve tasarımı için gereken parametreler incelenecektir.

3.1.1. Bina kullanım sınıfları (BKS) ve bina önem katsayıları (I)

Bina kullanım amacı, binanın deprem sonrası kullanımı ve insanların binada ne kadar süreli bulunduğu gibi etmenlere bağlı olarak bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayıları Şekil 3.1’de tanımlanmaktadır.

BKS=1	BKS=2	BKS=3
• Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyaların saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar(hastaneler, bel ediye yönetim binaları, okullar, müzeler, vb.) • Bina önem katsayısı (I) = 1.5	• İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar (alışveriş merkezleri, sinema, tiyatro, ibadethaneler, vb.) • Bina önem katsayısı (I) = 1.2	• Diğer binalar (konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.) • Bina önem katsayısı (I) = 1

Şekil 3.1. Bina kullanım sınıfları.

3.1.2. Deprem yer hareketi düzeyleri

Yapıdan beklenen performansın hangi tür deprem etkisi altında elde edilmesi gerektiği belirlenmelidir. Performansa dayalı yapı tasarımında yapının performans analizi yapılırken kullanılmak üzere farklı düzeylerde deprem etkileri tanımlanmaktadır. TBDY-2018 kapsamında deprem yer hareketleri, spektral büyüklüklerin yapı ömrü içerisindeki 50 yılda aşılma olasılıkları ve bu olasılıklara karşı gelen tekrarlanma periyotlarının süresine göre Çizelge 3.1’de dört farklı deprem yer hareketi düzeyi olarak tanımlanmaktadır.

Çizelge 3.1. Deprem yer hareketi düzeyleri ve tanımları.

Deprem Yer Hareketi Düzeyi	Deprem Yer Hareketi Düzeyleri Tanımları
DD-1	Spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %2 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 2475 yıl olduğu çok seyrek deprem yer hareketini nitelemektedir. Göz önüne alınan en büyük deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır.
DD-2	Spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %10 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 475 yıl olduğu seyrek deprem yer hareketini nitelemektedir. Standart tasarım deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır.
DD-3	Spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %50 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 72 yıl olduğu sık deprem yer hareketini nitelemektedir.
DD-4	Spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %68 (30 yılda aşılma olasılığı %50) ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 43 yıl olduğu çok sık deprem yer hareketini nitelemektedir. Servis deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır.

3.1.3. Deprem tasarım sınıfları (DTS)

Bina Kullanım Sınıflarına ve DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyi için kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısına bağlı olarak, TBDY-2018’de deprem etkisi altında tasarımda esas alınacak deprem tasarım sınıfları Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Deprem Tasarım Sınıfları.

DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyinde Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı (S_{DS})	Bina Kullanım Sınıfı	
	BKS=1	BKS=2,3
$S_{DS} < 0.33$	DTS=4a	DTS=4
$0.33 \leq S_{DS} < 0.50$	DTS=3a	DTS=3
$0.50 \leq S_{DS} < 0.75$	DTS=2a	DTS=2
$0.75 \leq S_{DS}$	DTS=1a	DTS=1

3.1.4. Bina yüksekliği ve bina yükseklik sınıfları (BYS)

Bina tabanı, bodrum perdelerinin üst katındaki kat döşemesi seviyesinde ve temel üst kodunda olmak üzere Çizelge 3.3’te iki şekilde tanımlanmaktadır.

Çizelge 3.3. Bina tabanının tanımlanması.

Bina Tabanının Tanımlanması	
Bina tabanının bodrum perdelerinin üst katındaki kat döşemesi seviyesinde tanımlanması	Bina tabanının temel üst kodunda tanımlanması
Rijit bodrum perdelerinin binayı her taraftan veya en az üç taraftan çevrelemesi, Birbirine dik bina eksenlerinin herbirinin doğrultusundaki hakim titreşim modunda, bodrum katlar dahil binanın tümü için hesaplanan doğal titreşim periyodu’nun, aynı taşıyıcı sistemde zemin kat döşemesi dahil tüm bodrum kütleleri hesaba katılmaksızın aynı doğrultuda hesaplanan doğal titreşim periyodu’na oranının 1.1’den küçük olması durumunda tanımlanır.	Yanda verilen koşullardan herhangi birini sağlamayan bodrumlu binalar ve bodrumsuz binalar’da bina tabanı temel üst kodunda tanımlanır.

TBDY-2018'e göre bina yükseklik sınır değerleri, binanın yükseklik sınıfı ve binanın deprem tasarım sınıflarına göre Çizelge 3.4'te tanımlanmaktadır.

Çizelge 3.4. Bina yükseklik sınıfları ve bina yükseklik aralıkları.

Bina Yükseklik Sınıfı	Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları [m]		
	DTS=1,1a,2,2a	DTS=3,3a	DTS=4,4a
BYS=1	$H_N > 70$	$H_N > 91$	$H_N > 105$
BYS=2	$56 < H_N \leq 70$	$70 < H_N \leq 91$	$91 < H_N \leq 105$
BYS=3	$42 < H_N \leq 56$	$56 < H_N \leq 70$	$56 < H_N \leq 91$
BYS=4	$28 < H_N \leq 42$	$42 < H_N \leq 56$	
BYS=5	$17.5 < H_N \leq 28$	$28 < H_N \leq 42$	
BYS=6	$10.5 < H_N \leq 17.5$	$17.5 < H_N \leq 28$	
BYS=7	$7 < H_N \leq 10.5$	$10.5 < H_N \leq 17.5$	
BYS=8	$H_N \leq 7$	$H_N \leq 10.5$	

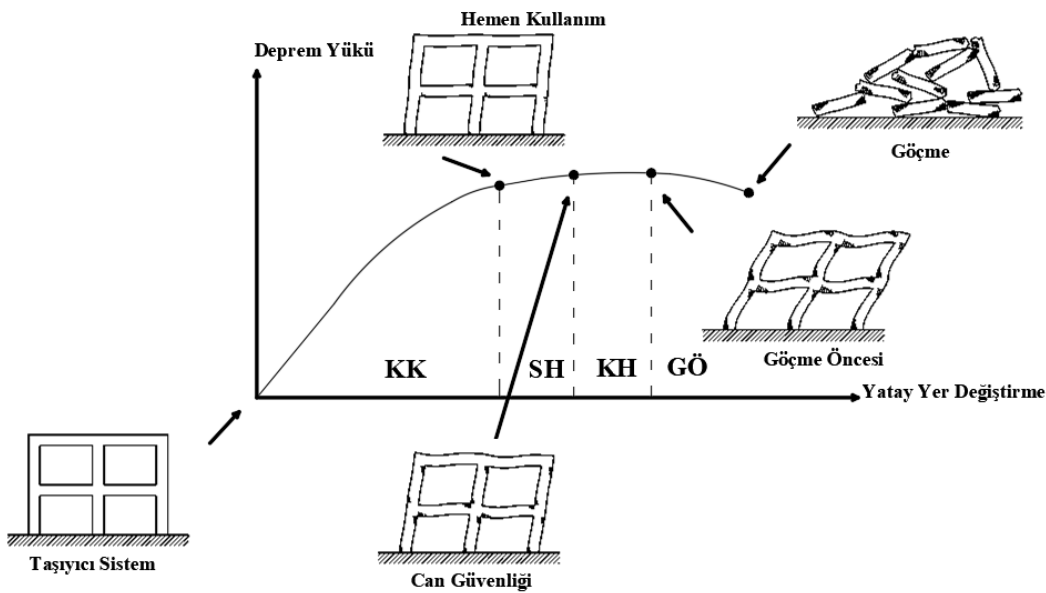
3.1.5. Bina performans düzeyleri

Binaların taşıyıcı sistem elemanlarında oluşan hasarlara göre performans düzeyleri TBDY-2018'de tanımlanmıştır. Bina performans düzeyleri Kesintisiz Kullanım Performans Düzeyi (KK), Sınırlı Hasar Performans Düzeyi (SH), Kontrollü Hasar Performans Düzeyi (KH) ve Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi (GÖ) olarak dörde ayrılmaktadır. Şekil 3.2'de bina performans düzeylerinin tanımları yapılmaktadır.



Şekil 3.2. Bina performans düzeyleri.

Binaya etki eden yatay kuvvet (F) etkisi altında yapısal kesitlerin hasar durumundan elde edilen bilgiler bina performans düzeyinin belirlenmesi için gerekmektedir. Binanın yatay kuvvet etkisi ile yaptığı yatay yer değiştirmeye (Δ) göre bina performans düzeyleri Şekil 3.3'te gösterilmektedir.



Şekil 3.3. Bina performans düzeyleri.

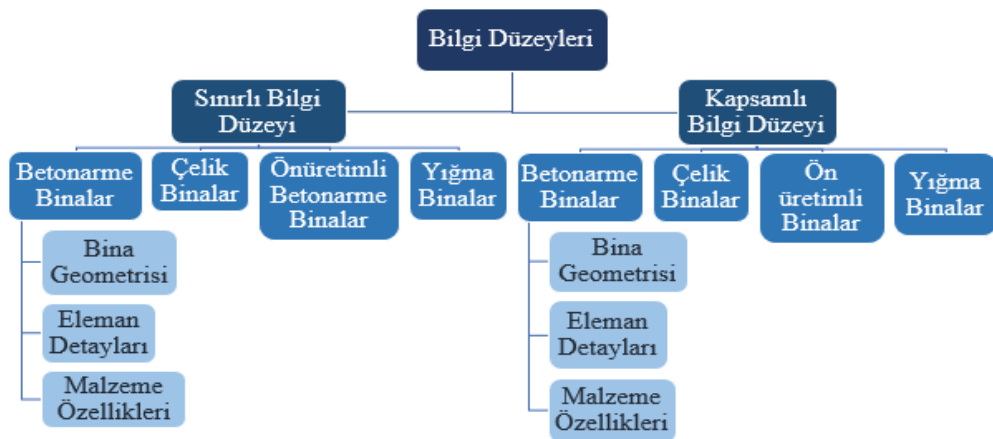
3.2. Deprem Etkisi Altında Bina Sistemlerinin Değerlendirilmesi

Deprem etkisi altında bina sisteminin değerlendirilmesi için bina performans analizi yapılması gerekmektedir. Yapının deprem performansının elde edilmesi için bina geometrisi, eleman detayları ve malzeme özellik bilgilerinin binalardan toplanılması gerekmektedir. Bina geometrisi, eleman detayları ve malzeme özelliklerinden elde edilen bilgilere göre bina bilgi düzeyi sınıflandırılmaktadır. İncelenen binalardan edinilen bilgi düzeylerine göre eleman kapasitelerine uygulanacak bilgi düzeyi katsayıları belirlenmektedir. Elde edilen bilgi düzeyleri taşıyıcı eleman kapasitelerinin hesaplanmasında kullanılacaktır. Doğrusal hesap yöntemleri ve/veya doğrusal olmayan hesap yöntemleri uygulanarak binanın deprem etkisi altında mevcut performansı değerlendirilmektedir.

Deprem yönetmeliğinin 5. Bölümünde ayrıca yeni yapılacak binaların deprem analizi için bazı esaslara da yer verilmiştir.

3.2.1. Binalardan bilgi toplanılması

Binalardan bilgi toplanması kapsamında yapılacak işlemler, yapısal sistemin tanımlanması, bina geometrisinin, temel sisteminin ve zemin özelliklerinin saptanması, varsa mevcut hasarın ve evvelce yapılmış olan değişiklik ve/veya onarımların belirlenmesi, eleman boyutlarının ölçülmesi, malzeme özelliklerinin saptanması, sahada derlenen tüm bu bilgilerin binanın varsa projesine uygunluğunun kontrolüdür. Bina bilgi düzeyleri bilgi kapsamları ve bina türlerine göre Şekil 3.4'te detaylandırılmaktadır. Bina bilgi düzeyleri sınırlı ve kapsamlı olarak ikiye ayrılmaktadır.



Şekil 3.4. Binalardan toplanacak bilgi düzeyleri.

Bina Geometrisi: Sınırlı bilgi düzeyine sahip yapılarda taşıyıcı sistem rölevesi hazırlanacaktır. Saha çalışması ile elde edilen bilgilerde yapıdaki bütün betonarme elemanların ve bölme duvarların her kattaki yeri ve malzemesi, eksen açıklıkları, yükseklikleri ve boyutları yer almalıdır. Binanın modelinin oluşturulması için toplanan bilgiler yeterli olmalıdır. Binadaki kısa kolonlar ve benzeri olumsuzluklar kat planına ve kesitlere işlenecektir. Binanın komşu binalarla olan ilişkisi (ayrık, bitişik, derz var/yok) tespit edilecektir.

Kapsamlı bilgi düzeyine sahip binalar için binanın betonarme projeleri mevcut ise yapılacak ölçümlerle mevcut geometrinin projelere uygunluğu kontrol edilir. Projeler ölçümler ile önemli farklılıklar gösteriyor ise ölçümler temel alınır. Proje mevcut değil ise saha çalışması ile binanın taşıyıcı sistem rölevesi hazırlanır.

Toplanan bilgiler içerisinde tüm betonarme elemanların ve bölme duvarların her kattaki yeri, açıklıkları, yükseklikleri, boyutları ve malzemesi yer almalıdır. Bina geometrisi bilgilerinde, bina kütlesinin hassas biçimde tanımlanması için gerekli ayrıntılar yer almalıdır. Temel sistemi bina içinde veya dışında açılacak yeterli sayıda inceleme çukuru ile belirlenecektir.

Eleman Detayları: Sınırlı bilgi düzeyine sahip betonarme binaların betonarme elemanlardaki donatı miktarı ve detaylarının binanın yapıldığı tarihteki minimum donatı koşullarını sağladığı kabul edilir. Bu varsayımın doğrulanması veya hangi oranda gerçekleştiğinin belirlenmesi için her katta en az birer adet olmak üzere perde ve kolonların %5'inin beton örtüsü sıyrılarak donatı tespiti yapılmalıdır.

Kapsamlı bilgi düzeyine sahip binalarda binanın betonarme detay projeleri mevcut ise donatının projeye uygunluğunun kontrolü için sınırlı bilgi düzeyine sahip binalarda belirtilen işlemler aynı miktardaki betonarme elemanda uygulanacaktır. Proje ile uygulama arasında uyumsuzluk bulunması halinde, betonarme elemanlardaki mevcut donatının projede öngörülen donatıya oranını ifade eden donatı gerçekleşme katsayısı perdeler, kolonlar ve kirişler için ayrı ayrı hesaplanacaktır. Betonarme projeler veya inşaat (uygulama) çizimleri mevcut değil ise, her katta en az ikişer adet olmak üzere kolonların ve perdelerin %10'unun beton örtüsü sıyrılarak donatı tespiti yapılacaktır.

Malzeme Özellikleri: Her katta kolonlardan veya perdelerden karot numune alma işlemi Türk Standardı TS EN 12504-1'de belirtilen koşullara uygun şekilde en az üç adet beton örneği alınarak deney yapılacaktır.

Donatı sınıfı, sıyrılan yüzeylerde yapılan inceleme ile tespit edilecek, her sınıftaki çelik için (S220, S420, B420C ve B500C) birer adet örnek alınarak deney yapılacak ve çeliğin özellikleri belirlenerek projeye uygunluğu saptanacaktır.

Bu incelemede, donatısında korozyon gözlenen elemanlar planda işaretlenecek ve bu durum eleman kapasite hesaplarında dikkate alınacaktır. Bilgi düzeylerine karşılık gelen katsayılar Çizelge 3.5'te gösterilmektedir.

Çizelge 3.5. İncelenen binalardan edinilen bilgi düzeylerine göre eleman kapasitelerine uygulanacak bilgi düzeyi katsayıları.

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Sınırlı	0.75
Kapsamlı	1.00

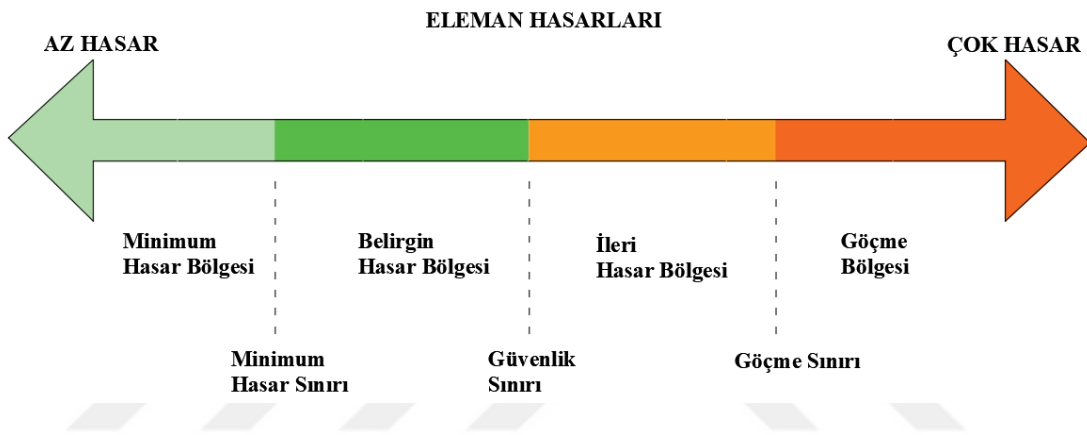
Bina modeli hesap aşamasında temel alınan beton ve donatı dayanımının, uygulama sonucunda bakıldığında hesaplanan değerden bir miktar daha fazla olduğu görülmektedir. Bu nedenle TBDY-2018 5. Bölümde hesap edilen dayanımın uygulama sonucunda ne kadar arttığına dair öngörülen kat sayılar yer almaktadır. Beton ve donatı dayanımının beklenen artış miktarı için öngörülen kat sayılar Çizelge 3.6'da yer almaktadır. Mevcut binaların şekil değiştirmeye göre değerlendirilme ve tasarımında beton ve donatıların mevcut dayanımları esas alınacaktır. Yeni yapılacak binaların ise şekil değiştirmeye göre değerlendirilme ve tasarımında beton ve donatıların Çizelge 3.6'da yer alan beklenen (ortalama) dayanımları esas alınacaktır.

Çizelge 3.6. Beklenen (ortalama) malzeme dayanımları.

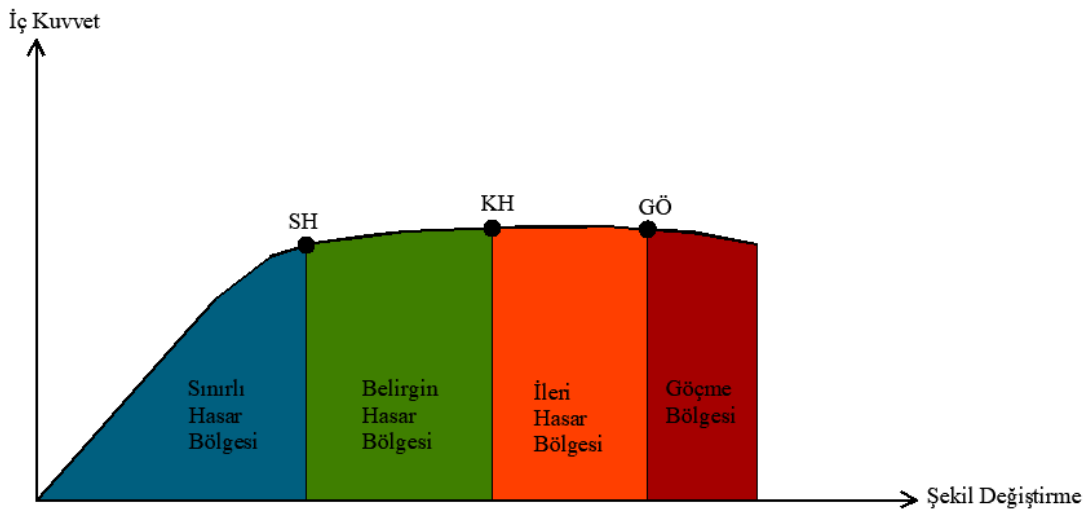
Malzeme	Beklenen Malzeme Dayanımları
Beton	$f_{ce} = 1.3 f_{ck}$
Donatı çeliği	$f_{ye} = 1.2 f_{yk}$
Yapı çeliği (S235)	$f_{ye} = 1.5 f_{yk}$
Yapı çeliği (S275)	$f_{ye} = 1.3 f_{yk}$
Yapı çeliği (S355)	$f_{ye} = 1.1 f_{yk}$
Yapı çeliği (S460)	$f_{ye} = 1.1 f_{yk}$

3.2.2. Kesit hasar bölgeleri

Hesaplanan iç kuvvetlerin ve/veya şekil değiştirmelerin, kesit hasar sınırlarına karşı gelmek üzere tanımlanan sayısal değerler ile karşılaştırılması sonucunda kesitlerin hangi hasar bölgelerinde olduğuna karar verilecektir. Eleman hasarı, elemanın en fazla hasar gören kesitine göre belirlenecektir. Elemanların hasarlarının tanımlanması Şekil 3.5'te yer almaktadır. Kesit Hasar Bölgelerinin İç kuvvet – Şekil değiştirme grafiği ise Şekil 3.6'da gösterilmektedir.



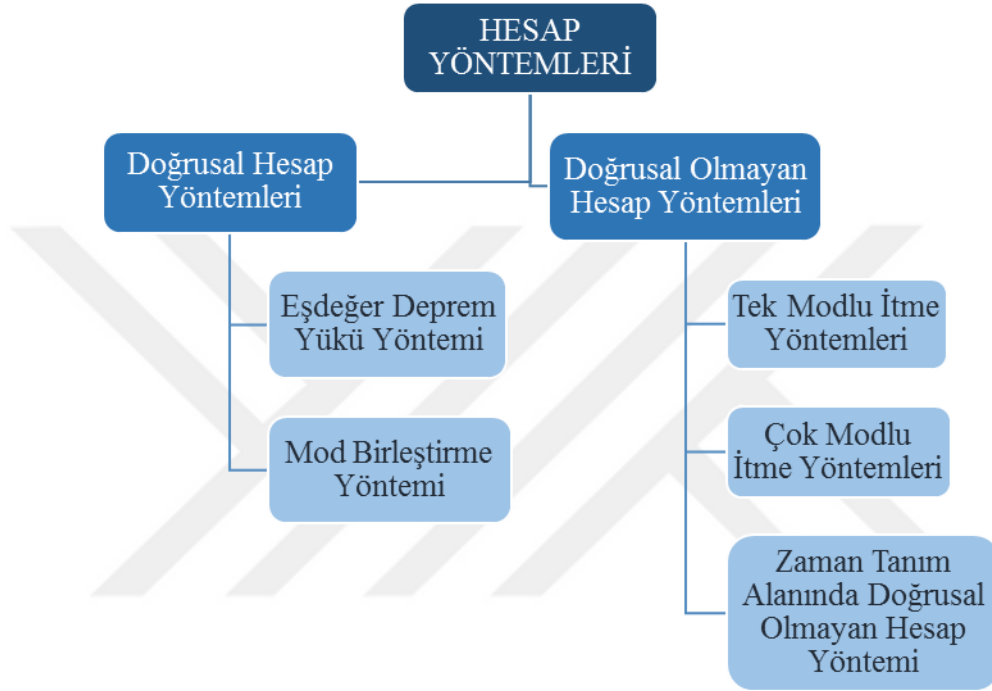
Şekil 3.5. Eleman hasarlarının tanımlanması.



Şekil 3.6. Kesit Hasar Bölgelerinin tanımlanması.

3.2.3. Hesap yöntemleri

TBDY-2018, mevcut ve güçlendirilmiş binaların değerlendirmesi için farklı yöntemler önermektedir. Bunlar doğrusal hesap yöntemleri ve doğrusal olmayan hesap yöntemleri başlıkları altında toplanmaktadır. Yönetmelikte yer alan hesap yöntemleri Şekil 3.7’de ayrıntılı olarak gösterilmektedir.



Şekil 3.7. Hesap yöntemleri.

- Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi; yapının bulunduğu bölgenin deprem geçmişinden yola çıkılarak ileri dönemlerde maruz kalabileceği deprem kuvvetlerinin yapı üzerine yatay statik tekil yükler ile etki ettirilmesidir.
- Mod Birleştirme Yöntemi; maksimum iç kuvvetleri ve yer değiştirmeleri, binada yeterli sayıda doğal titreşim modunun her biri için hesaplanan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi ile elde edilir.
- Tek Modlu İtme Analizi Yöntemi; aşama aşama kuvvet yapıya uygulanır. Uygulanan kuvvet altında yapının yer değiştirmeleri incelenir. Hesaplanan yer değiştirmeler sınır değerler ile karşılaştırılarak eleman hasarlarından yapının durumu anlaşılmasına çalışılır.
- Çok Modlu İtme Yöntemi; taşıyıcı sistemin davranışını temsil eden yeterli sayıda titreşim mod şekli ile orantılı olacak şekilde monotonik

olarak adım adım arttırılan ve birbirleri ile uygun biçimde ölçeklendiren modal yer değiştirmeler veya onlarla uyumlu modal deprem yükleri esas alınarak Mod Birleştirme Yöntemi'nin artımsal olarak uygulanmasıdır.

- Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi; taşıyıcı sisteme etki eden bir ivme kaydı adım adım uygulanır. Zaman tanım alanında hesap yönteminde kullanılan ivme kayıtları, yapay yollarla üretilmiş, daha önceden kaydedilmiş deprem yer hareketleri şeklinde belirlenebilir. Uygulama süresince her bir zaman artımıyla birlikte taşıyıcı sistemde oluşan şekil değiştirme, iç kuvvetler ve yer değiştirme ile bu büyüklükleri meydana getiren deprem isteminin en büyük değerleri belirlenir.

3.2.4. Binaların deprem performansının belirlenmesi

Deprem yer kabuğundaki kırılmalar nedeniyle ani bir şekilde ortaya çıkan titreşimlerin dalgalar halinde yayılması olayıdır. Deprem yapıları tabanından etki etmektedir ve yapıda atalet kuvvetlerinin oluşmasına sebep olmaktadır. Deprem oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir. Ülkemizde son yıllarda yaşanan depremlerin büyük hasarlara sebep olmasının en önemli nedeni mevcut binaların deprem etkileri dikkate alınmadan tasarlanması ve deprem dayanımlarının yeterli olmamasıdır. Ülkemizdeki mevcut betonarme binaların büyük bir kısmı yeterli deprem dayanımına sahip değildir. İleride meydana gelebilecek depremlerde deprem hasarının en aza indirilebilmesi için mevcut binaların deprem performanslarının belirlenmesi gerekmektedir. Binaların deprem performansı belirli bir deprem etkisi altında bir yapıda oluşabilecek hasarların düzeyi ve dağılımına bağlı olarak belirlenmektedir. Mevcut yapıların deprem performansının belirlenmesi son zamanlarda deprem mühendisliğinde önemli araştırma konularından birisi haline gelmiştir. Mevcut binaların deprem performansının belirlenmesinde sadece dolaylı bir şekilde tahmin edebilen Kuvvet Esaslı Tasarımı yerine mevcut binaların deprem performansını sayısal olarak belirleyebilen Performansa Göre Tasarım konusunda çalışmalar artmıştır. Deprem yönetmeliklerinde de bu nedenle deprem performansının belirlenmesine yönelik yeni başlıklar yer almıştır.

TBDY-2018'de mevcut binaların deprem performansının belirlenmesi konusu 15. Bölümde yer almaktadır. Yönetmelikte mevcut betonarme yapılarda deprem performansını belirlemek için Sınırlı Hasar Performans Düzeyi, Kontrollü Hasar

Performans Düzeyi, Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi ve Göçme Durumu olmak üzere dört farklı performans düzeyi tanımlanmıştır. Performans düzeylerinin detaylı tanımları Çizelge 3.7’de açıklanmaktadır.

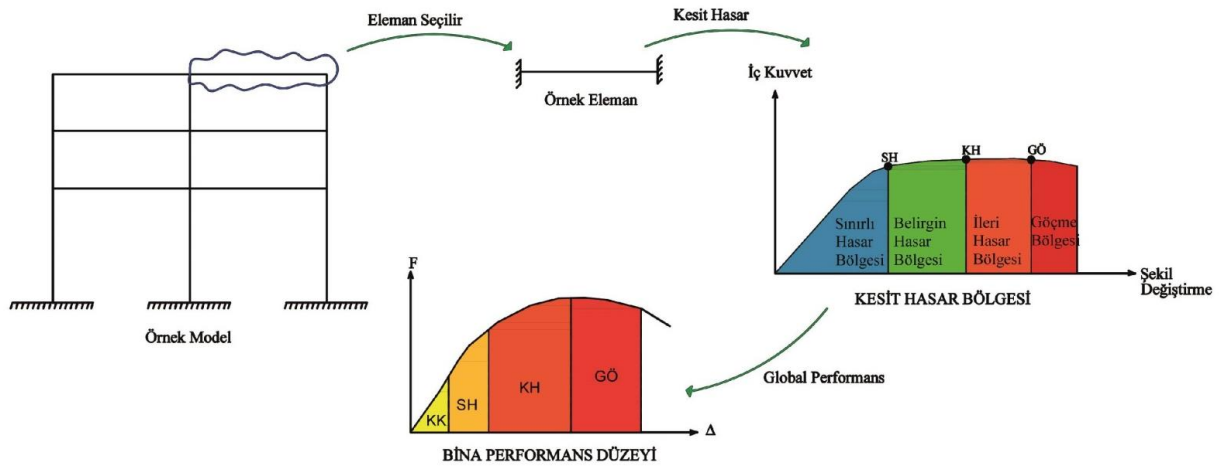
Çizelge 3.7. Bina performans düzeyleri ve tanımları.

Bina performans Düzeyleri
Binalarda Sınırlı Hasar Performans Düzeyi
- Betonarme binaların herhangi bir katında, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %20’si Belirgin Hasar Bölgesi’ne geçebilir. - Ancak diğer taşıyıcı elemanlarının tümü Sınırlı Hasar Bölgesi’ndedir. - Eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile, bu durumdaki binaların Sınırlı Hasar Performans Düzeyi’nde olduğu kabul edilir.
Binalarda Kontrollü Hasar Performans Düzeyi
- Betonarme binaların herhangi bir katında, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %35’i İleri Hasar Bölgesi’ne geçebilir. - İleri Hasar Bölgesi’ndeki düşey elemanların, her bir katta düşey elemanlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20’nin altında olmalıdır. - En üst katta İleri Hasar Bölgesi’ndeki düşey elemanların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm düşey elemanların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir. - Diğer taşıyıcı elemanların tümü Sınırlı Hasar Bölgesi veya Belirgin Hasar Bölgesi’ndedir. - Eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile koşulları sağlayan binaların Kontrollü Hasar Performans Düzeyi’nde olduğu kabul edilir.
Binalarda Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi
- Betonarme binaların herhangi bir katında, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %20’si Göçme Bölgesi’ne geçebilir. - Diğer taşıyıcı elemanların tümü Sınırlı Hasar Bölgesi, Belirgin Hasar Bölgesi veya İleri Hasar Bölgesi’ndedir. - Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Belirgin Hasar Sınırı aşılmış olan düşey elemanlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm düşey elemanlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30’u aşmaması gerekir. - Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

Çizelge 3.7. (Devam) Bina performans düzeyleri ve tanımları.

Bina performans Düzeyleri
Göçme Durumu
- Bina Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi'ni sağlayamıyorsa Göçme Durumu'ndadır. - Binanın kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

Deprem performansı belirlenirken betonarme binaların herhangi bir katında, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda yapının taşıyıcı sistem elemanlarının hasar seviyelerine göre kesit hasar bölgeleri belirlenmektedir. Taşıyıcı elemanların kesit hasar bölgelerinden yola çıkarak mevcut binaların deprem performansı yönetmelikte yer alan dört farklı performans düzeyinden hangisine ait olduğu değerlendirilmektedir. Mevcut binaların deprem performansının belirlenmesi aşamaları Şekil 3.8'de ayrıntılı olarak gösterilmektedir.



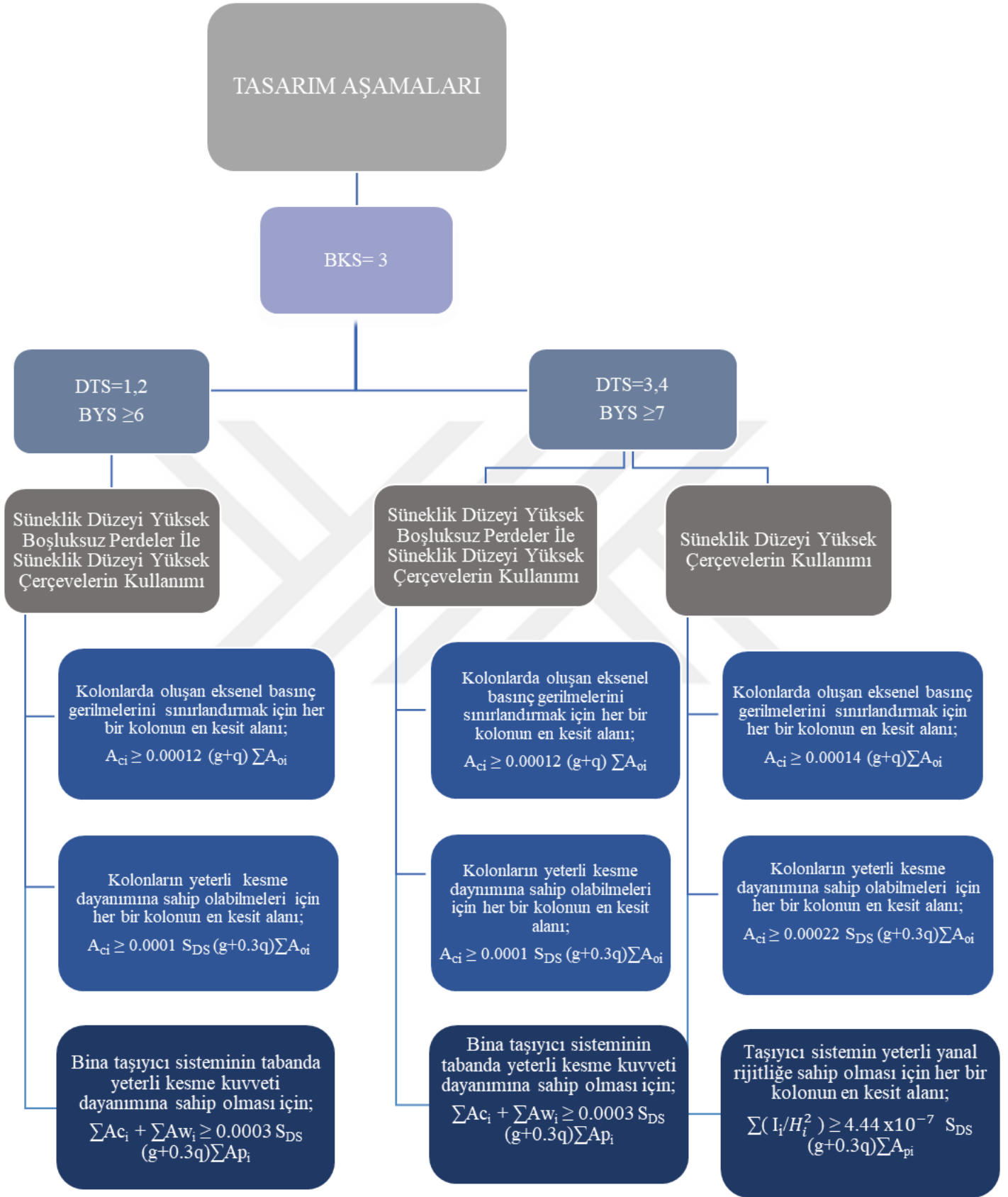
Şekil 3.8. Binaların performans düzeyinin belirlenmesi.

3.3. Düzenli Yerinde Dökme Binalar İçin Basitleştirilmiş Tasarım Kuralları

Yapılara etki eden en önemli kuvvetlerden biri deprem kuvvetidir. Ülkemizde çok fazla sayıda aktif fay hattı bulunduğu için deprem kuvveti bizi yakından ilgilendirmektedir. Meydana gelen depremler sonucunda çok fazla sayıda can ve mal kaybı yaşanmaktadır. Depremin yıkıcı etkisi ile oluşan hasarları en aza indirmek için depreme karşı alabileceğimiz en önemli önlem ise depreme dayanıklı, güvenilir yapılar

inşa etmektir. Depreme dayanıklı, güvenilir ve belirli standartlarda yapılar inşa etmek için yönetmelikler kullanılmaktadır. Yönetmeliklerin öngördüğü şartlar doğrultusunda belirli kurallar çerçevesinde yapılar tasarlanmaktadır. Yaşanan depremler sonrasında elde edilen bulgular, teknolojik gelişmeler, bilgi birikimleri ve ekonomiklik gibi sebepler doğrultusunda kullandığımız yönetmelikler güncellenmektedir. Ülkemizde de geçmişten günümüze belirli aralıklarla yönetmelikler güncellenmiştir. Son olarak 2018 yılında Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği güncellenmiştir.

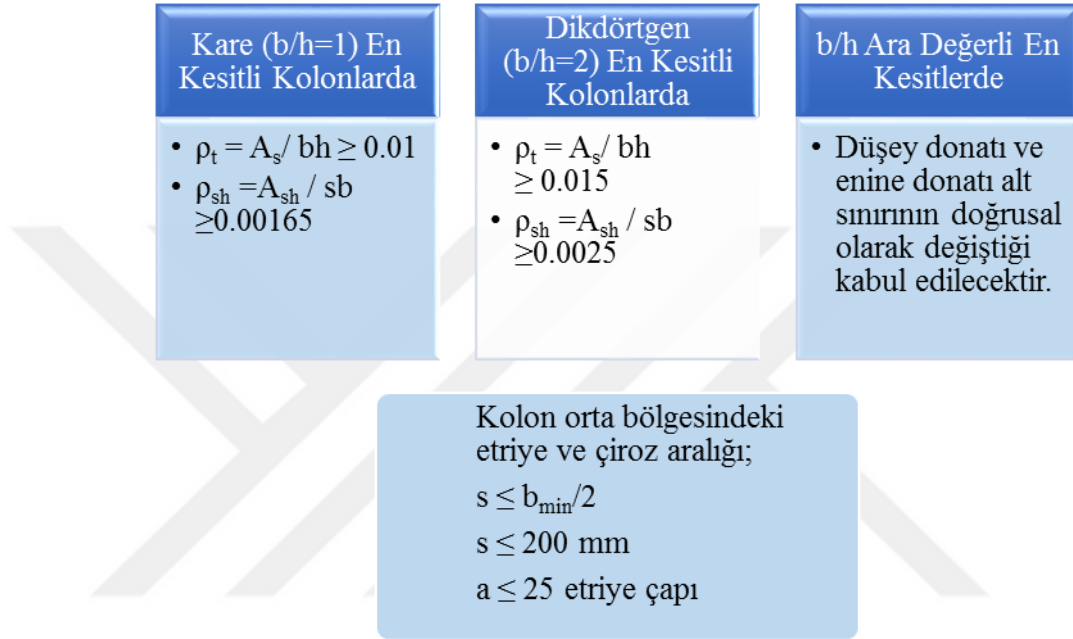
Depreme dayanıklı yapı tasarımı ise oldukça karmaşık ve detaylarda takibi zor bir konudur. Mühendisler ise hesap yığınlarından ziyade basit hesaplamalar ile sonuca gidilebilecek uygulamaya yönelik hesaplamalar beklemektedir. Güncellenen deprem yönetmeliği 17. Bölümde “Düzenli Yerinde Dökme Betonarme Binalar İçin Basitleştirilmiş Tasarım Kuralları” başlıklı yeni bir bölüm bulunmaktadır. Yönetmeliğin ilgili bölümü mühendislerin bina tasarımında kullanabileceği basit formüller içermektedir. Bu bölümde basit bir kat planına sahip, düzensizlik içermeyen ve bina yüksekliği çok fazla olmayan yapıların tasarımında basitleştirilmiş tasarım kuralları kullanabileceği öngörülmektedir. İlgili bölümün oldukça basit tasarlanmış ve ülkemizin yapı stoku içinde önemli bir kısmı oluşturan betonarme binalar için daha pratik bir çözüm önerisi getirmesi mühendisler için yapı tasarımı aşamalarını kolaylaştırması bakımından önem arz etmektedir. TBDY-2018’de yer alan basitleştirilmiş tasarım kurallarını uygulayabilmek için bina modelinin sahip olması gereken deprem tasarım sınıfları, bina kullanım sınıfları, bina yükseklikleri, bina kat planı modeli sınır değerleri vb. genel kurallar, yapı elemanlarının boyutlandırılması ve elemanların donatı alt sınır değerleri bu bölümde açıklanmaktadır. İlgili bölüm tasarım aşamaları Şekil 3.9’da gösterilmektedir.



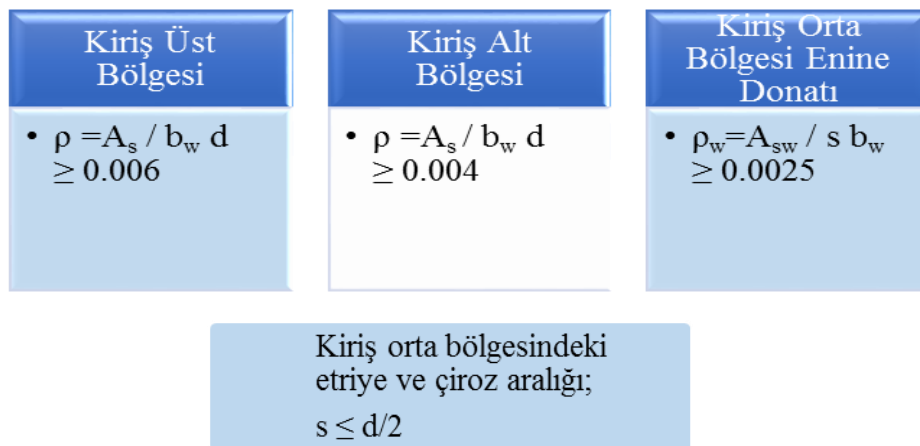
Şekil 3.9. Düzenli betonarme binalarda basitleştirilmiş tasarım kuralları uygulama akış şeması.

3.3.1. Taşıyıcı sistem elemanları için donatı alt sınırları

TBDY-2018 17. Bölüm kapsamında basitleştirilmiş tasarım kuralları kullanılarak tasarlanan yapılarda kullanılması öngörülen boyuna ve enine donatı miktarları, donatı mesafeleri verilmektedir. TBDY-2018 17. Bölüm kapsamında verilen taşıyıcı sistem elemanları donatı alt sınırları Şekil 3.10. ve Şekil 3.11’de verilmiştir.



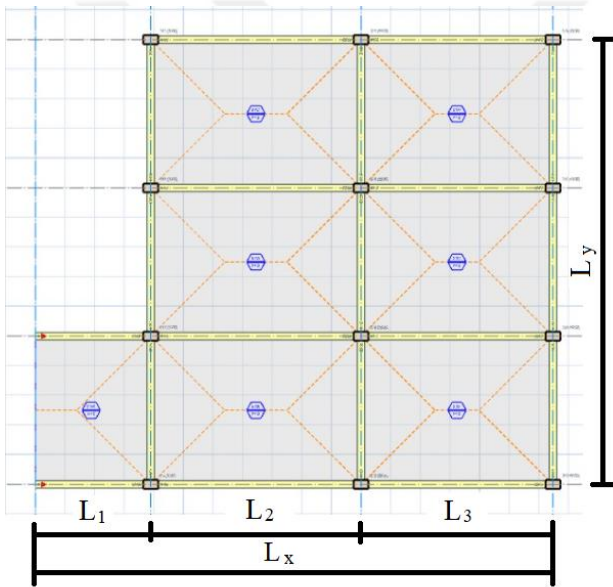
Şekil 3.10. Kolonlar için donatı alt sınırları.



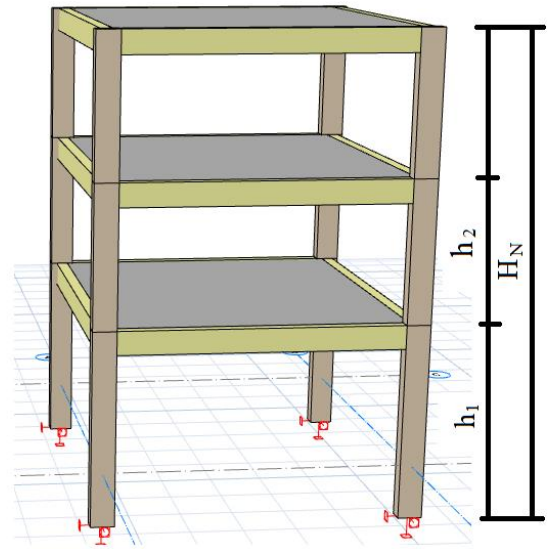
Şekil 3.11. Kirişler için donatı alt sınırları.

3.3.2. Bina geometrik sınır değerleri

TBDY-2018 ilgili bölüm kapsamında basitleştirilmiş tasarım kurallarının kullanılabileceği modellerin bina kat planındaki açıklık, konsol uzunlukları, bina kat yüksekliği ve toplam bina yüksekliği ile ilgili sahip olması gereken şartlar verilmektedir. Yönetmelikte verilen plan sınır şartlarını sağlayan modellerde basitleştirilmiş tasarım kurallarının kullanılabileceği öngörülmektedir. Basitleştirilmiş tasarım kuralları ile tasarlanacak binalar için yönetmelikte taşıyıcı sistemin her bir doğrultusunda en az iki açıklık bulunması öngörülmektedir. TBDY-2018 17. Bölüm kapsamında verilen bina kat planı ve bina yükseklik sınır değerleri Şekil 3.12’de verilmektedir.



$$\begin{array}{lll} L_x, L_y \leq 30 \text{ m} & 3 \text{ m} \leq L_2, L_3 \leq 7.5 \text{ m} & L_2 > L_3 \text{ için,} \\ L_x / L_y \leq 4 & L_1 \leq 2 \text{ m} & L_2 - L_3 \leq L_2 / 5 \\ & L_1 \leq L_2 / 3 & \end{array}$$



$$\begin{array}{ll} \text{DTS} = 1,2 & \text{DTS} = 3,4 \\ \text{BYS} \geq 6 & \text{BYS} \geq 7 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} h_1, h_2 \leq 4 \text{ m} \\ h_1 > h_2 \text{ için,} \\ h_1 - h_2 \leq h_1 / 5 \text{ m} \end{array}$$

Şekil 3.12. Bina kat modeli planı sınır değerleri ve deprem tasarım sınıflarına göre bina yükseklik sınırları.

3.3.3. Diğer alt sınırlar

TBDY-2018 17. Bölüm kapsamında verilen taşıyıcı sistem elemanları en kesit alt sınırları bu bölümde yer almaktadır. Düşey taşıyıcı elemanların en kesit alanlarının uygulanılacak denklemlerle belirlenmesinde kullanılacak ortalama yayılı sabit yük ve ortalama yayılı hareketli yük değerlerinin toplamı olan $(g+q)$ değeri 15 kN/m^2 'den, $(g+0.3q)$ değeri ise 13 kN/m^2 'den az alınmayacaktır. En küçük kare kolon en kesiti $30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$ boyutlarında olacaktır. Dikdörtgen kolon en kesitlerinde kısa kenar en az 30 cm uzunluğunda olacaktır. Kolonların uzun kenarının kısa kenarına oranı 2'den fazla olmayacaktır.

Kiriş en kesitleri için en az genişlik 30 cm , en az yükseklik 50 cm olacaktır. Kiriş yüksekliği, taşıyıcı sistemi çerçevelerden oluşan binalarda açıklığın $1/11$ 'inden, taşıyıcı sistemi perde ve çerçevelerden oluşan binalarda ise açıklığın $1/12$ 'sinden az olmayacaktır. Kiriş yüksekliği ayrıca serbest açıklığın $1/4$ 'ünden fazla olmayacaktır. Dikdörtgen perde kalınlığı, perdenin plandaki uzunluğunun $1/25$ 'inden ve 25 cm 'den az olmayacaktır.

Binada kirişli plak döşeme sistemi kullanıldığında döşeme kalınlığı en az 15 cm olmalıdır. Dişli döşeme sistemleri kullanıldığında ise plak kalınlığı en az 7 cm olmalıdır. Yönetmelikte basitleştirilmiş tasarım kuralları ile tasarlanacak binalarda C25'ten düşük veya C50'den yüksek dayanımlı beton sınıfı ve B420C veya S420 sınıfları dışında donatı çeliği kullanılamayacağı yer almaktadır.

4. MATERYAL – YÖNTEM

TBDY-2018’de “Düzenli Yerinde Dökme Betonarme Binalar İçin Basitleştirilmiş Tasarım Kuralları” adlı başlığa sahip olan 17. Bölüm dikkat çekmektedir. Bu bölüm kapsamında basit bir kat kat planına sahip, düzensizlik içermeyen ve çok fazla yüksekliğe sahip olmayan betonarme yapıların tasarımında kullanılmak üzere basit hesaplamalar öngörülmektedir. İlgili bölümde yer alan basit hesaplamalar kullanılarak tasarlanan yapıların davranışlarını incelemek ve kontrol etmek üzere farklı parametrelere sahip modeller hazırlanmıştır. Bina modelleri DTS, bina kat sayısı, zemin sınıfı, bina açıklık sayısı ve kolon en kesit hesaplama formülü olmak üzere 5 farklı parametreye göre tasarlanmıştır. Modellerin taşıyıcı sistem tipi sünelik düzeyi yüksek çerçeveli sistem olarak seçilmiş ve yönetmelikte sünelik düzeyi yüksek çerçeveli sistem için verilen 3 farklı kolon en kesit formülüne göre modellerin kolonları boyutlandırılmıştır. Çalışmanın amacı minimum değerler için binanın nasıl bir davranış sergilediğini görmek olduğu için kolon, kiriş ve döşemeler yönetmelik şartlarını sağlayan minimum değerlere göre boyutlandırılmış ve donatılandırılmıştır. Modellerde beton sınıfı olarak C35, donatı sınıfı olarak B420C seçilmiştir. Tasarlanan binaların performans düzeyini belirlemek için analizler yapılmıştır. Zemin sınıfları seçiminde çok kötü zemin sınıflarından olan sıvılaşma ihtimallinin fazla olduğu ZE ve ZF türü zeminler seçilmemiştir. Modellerin tasarımında kullanılan parametreler Çizelge 4.1’de detaylı olarak açıklanmaktadır.

Çizelge 4.1. Bina modelleri tasarımında kullanılan parametreler.

Bina Açıklık Sayısı / Açıklık (m)	DTS	Zemin Sınıfı	Bina Kat Sayısı ve Bina Yüksekliği (H _N)	Kolon En Kesit Hesabında Kullanılan Formül
3 / 6.66	DTS= 3	ZA	3 Kat (10.5 m)	1. Formül
4 / 5	DTS= 4	ZB	4 Kat (14 m)	2. Formül
		ZC	5 Kat (17.5 m)	3. Formül
		ZD		

4.1. Bina Kat Planı Modeli Tasarımı

Bina kat planı modeli oluşturulurken TBDY-2018 17. Bölümde yer alan tasarım kuralları sınır değerleri ve kapsamına dikkat edilmiştir. İki farklı bina kat planı modeli tasarlanmıştır. İlk modelde açıklık sayısı her iki yönde üç adet, ikinci modelde ise açıklık sayısı her iki yönde dört adet olmak üzere tasarlanmıştır. Bina modelleri tasarlamak için yönetmeliğin verdiği sınır değerler ile tasarlanan bina modellerine ait değerler Çizelge 4.2’de detaylı olarak açıklanmaktadır. Bina modellerini tasarlamada kullanılmak üzere yönetmelik BKS, BYS, DTS ve taşıyıcı sistem türüne göre kolon en kesitlerini hesaplamak için basitleştirilmiş tasarım kuralları sunmaktadır. Kolon en kesitlerini hesaplarken bu değerler doğrultusunda kullanılacak formüller seçilmiştir. Bina kat planı modellerinde kullanılacak basitleştirilmiş hesaplara ait akış şeması Şekil 4.1’ de detaylı olarak açıklanmaktadır.

Çizelge 4.2. TBDY-2018 17. bölüm genel kurallarına göre seçilen değerler.

Yönetmelik Sınır Değerleri	Modeller	
TBDY-2018	3 Açıklıklı Model	4 Açıklıklı Model
Bina dikdörtgene yakın bir kat planına sahip olmalıdır.	Bina kare şeklinde bir kat planına sahiptir.	Bina kare şeklinde bir kat planına sahiptir.
Kat planında binanın uzun kenarı en fazla 30 m uzunluğunda olmalıdır.	Kat planında binanın uzun kenarı 20 m uzunluğunda seçilmiştir.	Kat planında binanın uzun kenarı 20 m uzunluğunda seçilmiştir.
Kat planında uzun kenarın kısa kenara oranı ise en fazla 4 olmalıdır.	Kat planında uzun kenarın kısa kenara oranı 1’dir. (20m/20m)	Kat planında uzun kenarın kısa kenara oranı 1’dir. (20m/20m)
Taşıyıcı sistem eksenlerinde süreksizlik veya eksen dışına kayma bulunmamalıdır.	Taşıyıcı sistem eksenlerinde süreksizlik veya eksen dışına kayma bulunmamaktadır.	Taşıyıcı sistem eksenlerinde süreksizlik veya eksen dışına kayma bulunmamaktadır.
Bina kat planındaki en büyük açıklık 7.5 m, en küçük açıklık ise 3 m olmalıdır.	Bina kat planında tüm açıklıklar 6.66 m olarak alınmıştır.	Bina kat planında tüm açıklıklar 5 m olarak alınmıştır.

Çizelge 4.2. (Devam) TBDY-2018 17. bölüm genel kurallarına göre seçilen değerler.

Yönetmelik Sınır Değerleri	Modeller	
TBDY-2018	3 Açıklıklı Model	4 Açıklıklı Model
Taşıyıcı sistemin her bir doğrultusunda en az iki açıklık bulunmalıdır.	Taşıyıcı sistemin her bir doğrultusunda üç açıklık bulunmaktadır.	Taşıyıcı sistemin her bir doğrultusunda dört açıklık bulunmaktadır.
Binada 4 m'den daha yüksek kat bulunmamalıdır.	Binada her kat 3.5 m yüksekliğinde seçilmiştir.	Binada her kat 3.5 m yüksekliğinde seçilmiştir.
Tasarımı yapılacak binalarda C25'ten düşük veya C50'den yüksek dayanımlı beton sınıfı ve B420C veya S420 sınıfları dışında donatı çeliği kullanılamaz.	Beton sınıfı C35, donatı çeliği B420C olarak seçilmiştir.	Beton sınıfı C35, donatı çeliği B420C olarak seçilmiştir.
Düşey taşıyıcı elemanların en kesit alanlarının verilen denklemlerle belirlenmesinde kullanılacak ortalama yayılı sabit yük ve ortalama yayılı hareketli yük değerlerinin toplamı olan (g+q) değeri 15 kN/m^2 'den, (g+0.3q) değeri ise 13 kN/m^2 'den az alınmayacaktır.	$g = 13 \text{ kN/m}^2$, $q = 2 \text{ kN/m}^2$ olarak seçilmiştir. $(g+q) = 15 \text{ kN/m}^2$ $(g+0.3q) = 13.6 \text{ kN/m}^2$	$g = 13 \text{ kN/m}^2$, $q = 2 \text{ kN/m}^2$ olarak seçilmiştir. $(g+q) = 15 \text{ kN/m}^2$ $(g+0.3q) = 13.6 \text{ kN/m}^2$
Binada kirişli plak döşeme sistemi kullanıldığı durumda döşeme kalınlığı en az 150 mm olmalıdır.	Döşeme kalınlığı 150 mm olarak seçilmiştir.	Döşeme kalınlığı 150 mm olarak seçilmiştir.

TASARIM AŞAMALARI

BKS = 3

DTS = 3,4
BYS ≥ 7

Süneklik Düzeyi
Yüksek
Çerçevelerin
Kullanımı

1. Formül

Kolonlarda oluşan aksel basınç gerilmelerini sınırlandırmak için her bir kolonun en kesit alanı;

$$A_{ci} \geq 0.00014 (g+q) \sum A_{oi}$$

2. Formül

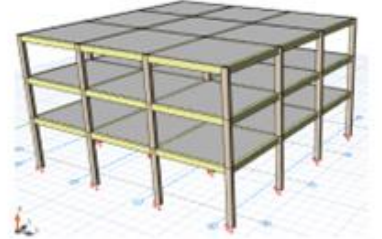
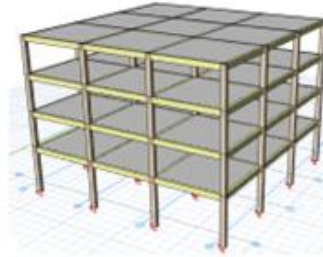
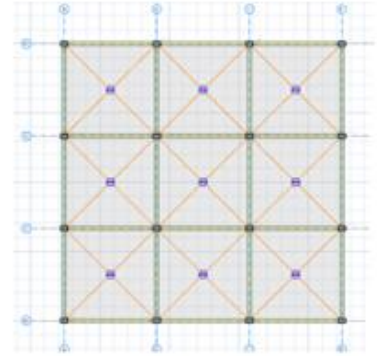
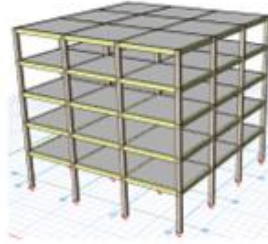
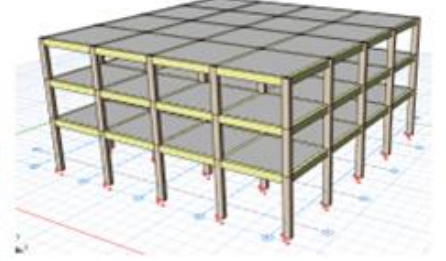
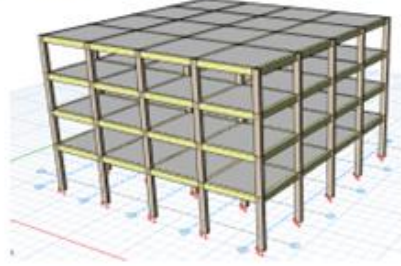
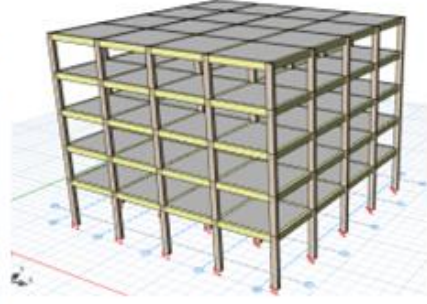
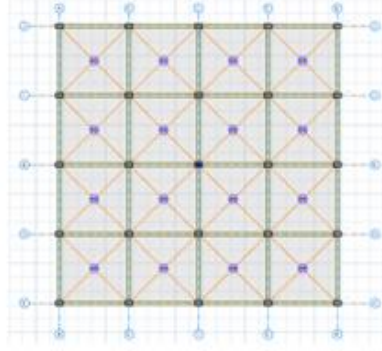
Kolonların yeterli kesme kuvveti dayanımına sahip olabilmeleri için her bir kolonun en kesit alanı;

$$A_{ci} \geq 0.00022 S_{Ds} (g+0.3q) \sum A_{oi}$$

3. Formül

Taşıyıcı sistemin yeterli yanal rijitliğe sahip olması için her bir kolonun en kesit alanı;

$$\sum (I_i / H_i^2) \geq 4.44 \times 10^{-7} S_{Ds} (g+0.3q) \sum A_{pi}$$



Şekil 4.1. Bina kat planında kullanılan formüllere ait akış şeması.

4.2. Kirişlerin Boyutlandırılması ve Donatı Seçimi

TBDY-2018’de yer alan “Düzenli Yerinde Dökme Betonarme Binalar İçin Basitleştirilmiş Tasarım Kuralları” bölümü taşıyıcı sistem elemanları için en kesit alt sınırı değerleri kapsamına göre kiriş en kesitleri hesaplanmıştır. TBDY-2018’de yer alan kiriş yüksekliği, taşıyıcı sistemi çerçevelerden oluşan binalarda açıklığın 1/11’inden az olmayacağı şartından dolayı kiriş yüksekliği üç açıklıklı modellerde 610 mm, dört açıklıklı modellerde ise 500 mm olarak seçilmiştir. İlgili bölüm şartlarını sağlayan minimum en kesit ve donatı miktarı ile yapı performansı inceleneceği için yönetmelik bölüm şartlarını sağlayan en küçük kiriş yüksekliği ve genişliği direkt alınmıştır. Kirişlerin donatı seçiminde gerekli donatı alanını sağlayan minimum donatı değerleri seçilmeye çalışılmıştır. Seçilen sınır kiriş en kesit ve donatı değerleri Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4’te yer almaktadır.

Çizelge 4.3. TBDY-2018 17.bölüm genel kurallarına göre kiriş boyutlarının seçilmesi.

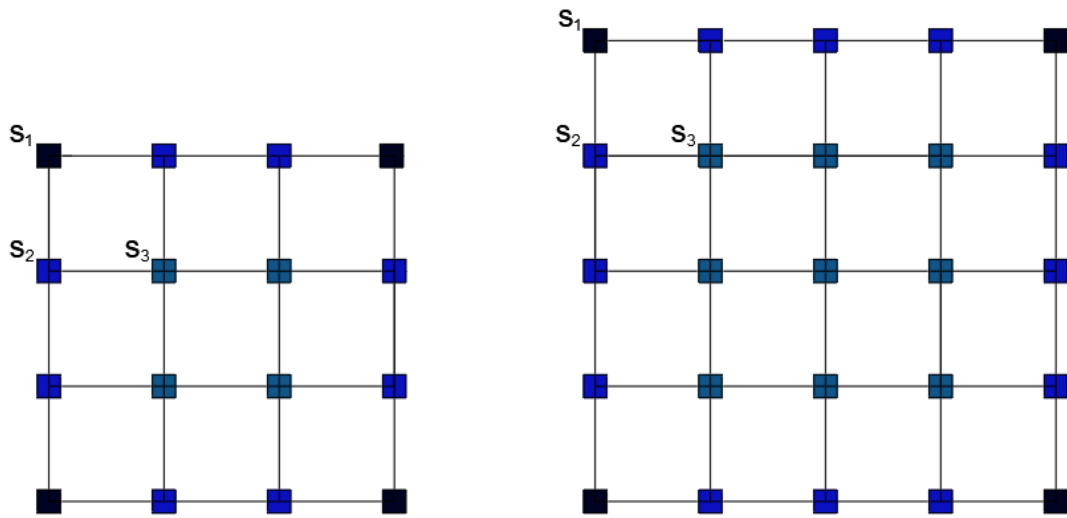
	TBDY-2018 Sınır Değerleri	3 Açıklı Model İçin	4 Açıklı Model İçin
En küçük kiriş en kesiti	300 mm	300 mm	300 mm
En küçük kiriş yüksekliği	500 mm	610 mm	500 mm
Paspayı	----	3 cm	3 cm

Çizelge 4.4. TBDY-2018 17.bölüm genel kurallarına göre kiriş donatılarının seçilmesi.

Bina Modeli	Kiriş Donatıları		
	Üst Donatı	Alt Donatı	Etriye
3 Açıklıklı Model	6Φ16	4Φ16	Φ8/13/10
4 Açıklıklı Model	6Φ14	4Φ14	Φ8/13/10

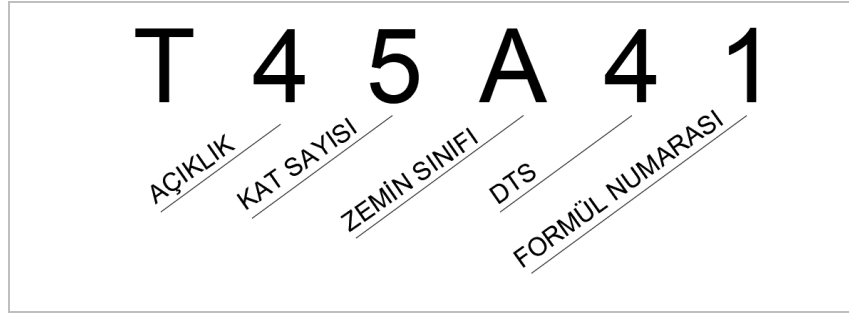
4.3. Kolonların Boyutlandırılması ve Donatı Seçimi

TBDY-2018’de yer alan “Düzenli Yerinde Dökme Betonarme Binalar İçin Basitleştirilmiş Tasarım Kuralları” bölümü düşey taşıyıcı elemanların boyutlandırılması kapsamında yer alan formüller kullanılarak modellerin kolon en kesitleri hesaplanmıştır. Kolon en kesitleri hesaplanırken göze alınan kolon için kolonun taşıdığı tüm katlar boyunca biriken alan payları toplamı eşit olan kolonlara aynı isimler verilmiştir. Tüm katlar boyunca biriken alan payları eşit olan kolonlar aynı renk ile gösterilmiştir. Üç açıklıklı bina modelleri ve dört açıklıklı bina modelleri için tüm katlar boyunca biriken alan payları toplamı eşit olan kolonlar Şekil 4.2’de gösterilmektedir. Kolonların donatılandırılmasında ilgili bölüm sınır değerleri göz önüne alınarak donatı alanını sağlayan minimum donatılar seçilmeye çalışılmıştır.



Şekil 4.2. Üç açıklıklı ve dört açıklıklı bina modelleri için en kesitleri hesaplanan S₁, S₂ ve S₃ kolonlarının plandaki yerleri.

Çalışmada tüm parametreler doğrultusunda toplamda 144 model hazırlanmıştır. Hazırlanan modeller parametrelere bağlı olarak adlandırılmıştır. Bina modellerinin parametreler doğrultusunda adlandırılma kriterleri Şekil 4.3’te detaylı olarak gösterilmektedir.



Şekil 4.3. Bina modellerinin adlandırılma kriterleri.

İlgili bölümde taşıyıcı sistem tipi süneklik düzeyi yüksek çerçeve sistem olarak seçilen modellerde kullanılmak üzere verilen düşey taşıyıcı elemanların boyutlandırılması kapsamındaki üç formül ve donatı alt sınırları kullanılarak kolonlar boyutlandırılmış ve donatılandırılmıştır. Bina modellerinin kolon en kesit hesaplamalarında kullanılan üç adet formül Şekil 5.1’de gösterilmektedir. Kolon boyutları ve donatı miktarları zemin sınıfına bağlı olarak değişmemektedir. ZA, ZB, ZC ve ZD olmak üzere dört farklı zemin sınıfı içinde basit hesaplamalar sonucu aynı kolon boyutları ve donatı miktarları elde edildiği için çizelgelerde 3 katlı, 4 katlı ve 5 katlı bina modellerine ait kolon en kesitleri ve donatı miktarları gösterilmektedir. Modellerin kolon boyutları ve seçilen donatıları Çizelge 4.5’ten başlayarak gösterilmektedir.

Çizelge 4.5. 5 katlı bina modellerine ait kolon boyutları ve donatıları.

Model Adı	Kolon Ebatları			Kolon Düşey Donatıları			Kolon Etriye Donatıları		
	S1 (cm)	S2 (cm)	S3 (cm)	S1	S2	S3	S1	S2	S3
T45A41	30	36	51	8Φ14	6Φ14+2Φ16	8Φ16+4Φ18	Φ8/15/10	Φ8/16/10	Φ8/20/10
T45A42	30	30	31	8Φ14	8Φ14	8Φ14	Φ8/15/10	Φ8/15/10	Φ8/15/10
T45A43	36	36	36	6Φ14+2Φ16	6Φ14+2Φ16	6Φ14+2Φ16	Φ8/16/10	Φ8/16/10	Φ8/16/10
T35A41	34	48	68	8Φ14	12Φ16	16Φ18+4Φ14	Φ8/17/10	Φ8/20/10	Φ8/20/10
T35A42	30	30	41	8Φ14	8Φ14	2Φ14+6Φ18	Φ8/15/10	Φ8/15/10	Φ8/20/10
T35A43	41	41	41	2Φ14+6Φ18	2Φ14+6Φ18	2Φ14+6Φ18	Φ8/20/10	Φ8/20/10	Φ8/20/10
T45A31	30	36	51	8Φ14	6Φ14+2Φ16	8Φ16+4Φ18	Φ8/15/10	Φ8/16/10	Φ8/20/10
T45A32	30	31	43	8Φ14	8Φ14	8Φ18	Φ8/15/10	Φ8/15/10	Φ8/20/10
T45A33	43	43	43	8Φ18	8Φ18	8Φ18	Φ8/20/10	Φ8/20/10	Φ8/20/10
T35A31	34	48	68	8Φ14	10Φ14+4Φ16	16Φ18+4Φ14	Φ8/17/10	Φ8/20/10	Φ8/20/10
T35A32	30	41	58	8Φ14	2Φ14+6Φ18	4Φ14+14Φ16	Φ8/15/10	Φ8/20/10	Φ8/20/10
T35A33	48	48	48	10Φ14+4Φ16	10Φ14+4Φ16	10Φ14+4Φ16	Φ8/20/10	Φ8/20/10	Φ8/20/10

Çizelge 4.6. 4 katlı bina modellerine ait kolon boyutları ve donatıları.

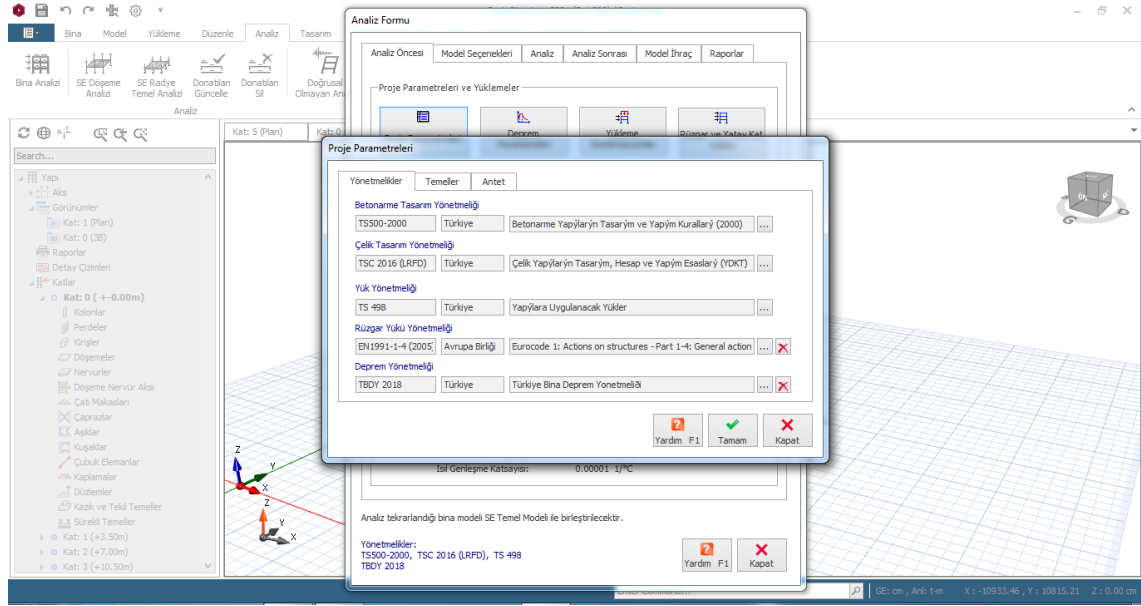
Model Adı	Kolon Ebatları			Kolon Düşey Donatıları			Kolon Etriye Donatıları		
	S1 (cm)	S2 (cm)	S3 (cm)	S1	S2	S3	S1	S2	S3
T44A41	30	32	46	8Φ14	8Φ14	6Φ16+4Φ18	Φ8/15/10	Φ8/16/10	Φ8/19/10
T44A42	30	30	30	8Φ14	8Φ14	8Φ14	Φ8/15/10	Φ8/15/10	Φ8/15/10
T44A43	35	35	35	8Φ14	8Φ14	8Φ14	Φ8/17/10	Φ8/17/10	Φ8/17/10
T34A41	31	43	61	8Φ14	8Φ18	10Φ16+4Φ24	Φ8/15/10	Φ8/20/10	Φ8/19/10
T34A42	30	30	36	8Φ14	8Φ14	6Φ14+2Φ16	Φ8/15/10	Φ8/15/10	Φ8/16/10
T34A43	39	39	39	8Φ16	8Φ16	8Φ16	Φ8/15/10	Φ8/15/10	Φ8/15/10
T44A31	30	32	46	8Φ14	8Φ14	4Φ14+8Φ16	Φ8/15/10	Φ8/16/10	Φ8/19/10
T44A32	30	30	39	8Φ14	8Φ14	8Φ16	Φ8/15/10	Φ8/15/10	Φ8/15/10
T44A33	41	41	41	2Φ14+6Φ18	2Φ14+6Φ18	2Φ14+6Φ18	Φ8/20/10	Φ8/20/10	Φ8/20/10
T34A31	30	43	61	8Φ14	8Φ18	10Φ16+4Φ24	Φ8/15/10	Φ8/20/10	Φ8/19/10
T34A32	30	36	52	8Φ14	6Φ14+2Φ16	8Φ18+4Φ16	Φ8/15/10	Φ8/16/10	Φ8/20/10
T34A33	46	46	46	4Φ14+8Φ16	4Φ14+8Φ16	4Φ14+8Φ16	Φ8/19/10	Φ8/19/10	Φ8/19/10

Çizelge 4.7. 3 katlı bina modellerine ait kolon boyutları ve donatıları.

Model Adı	Kolon Ebatları			Kolon Düşey Donatıları			Kolon Etriye Donatıları		
	S1 (cm)	S2 (cm)	S3 (cm)	S1	S2	S3	S1	S2	S3
T43A41	30	30	40	8Φ14	8Φ14	8Φ16	Φ8/15/10	Φ8/15/10	Φ8/20/10
T43A42	30	30	30	8Φ14	8Φ14	8Φ14	Φ8/15/10	Φ8/15/10	Φ8/15/10
T43A43	32	32	32	8Φ14	8Φ14	8Φ14	Φ8/16/10	Φ8/16/10	Φ8/16/10
T33A41	30	37	53	8Φ14	8Φ16	14Φ16	Φ8/15/10	Φ8/16/10	Φ8/20/10
T33A42	30	30	32	8Φ14	8Φ14	8Φ14	Φ8/15/10	Φ8/15/10	Φ8/16/10
T33A43	36	36	36	6Φ14+2Φ16	6Φ14+2Φ16	6Φ14+2Φ16	Φ8/16/10	Φ8/16/10	Φ8/16/10
T43A31	30	30	40	8Φ14	8Φ14	8Φ16	Φ8/15/10	Φ8/15/10	Φ8/20/10
T43A32	30	30	33	8Φ14	8Φ14	8Φ14	Φ8/15/10	Φ8/15/10	Φ8/15/10
T43A33	38	38	38	8Φ16	8Φ16	8Φ16	Φ8/15/10	Φ8/15/10	Φ8/15/10
T33A31	30	37	53	8Φ14	8Φ16	4Φ16+8Φ18	Φ8/15/10	Φ8/16/10	Φ8/20/10
T33A32	30	31	45	8Φ14	8Φ14	4Φ16+8Φ14	Φ8/15/10	Φ8/15/10	Φ8/20/10
T33A33	43	43	43	8Φ18	8Φ18	8Φ18	Φ8/20/10	Φ8/20/10	Φ8/20/10

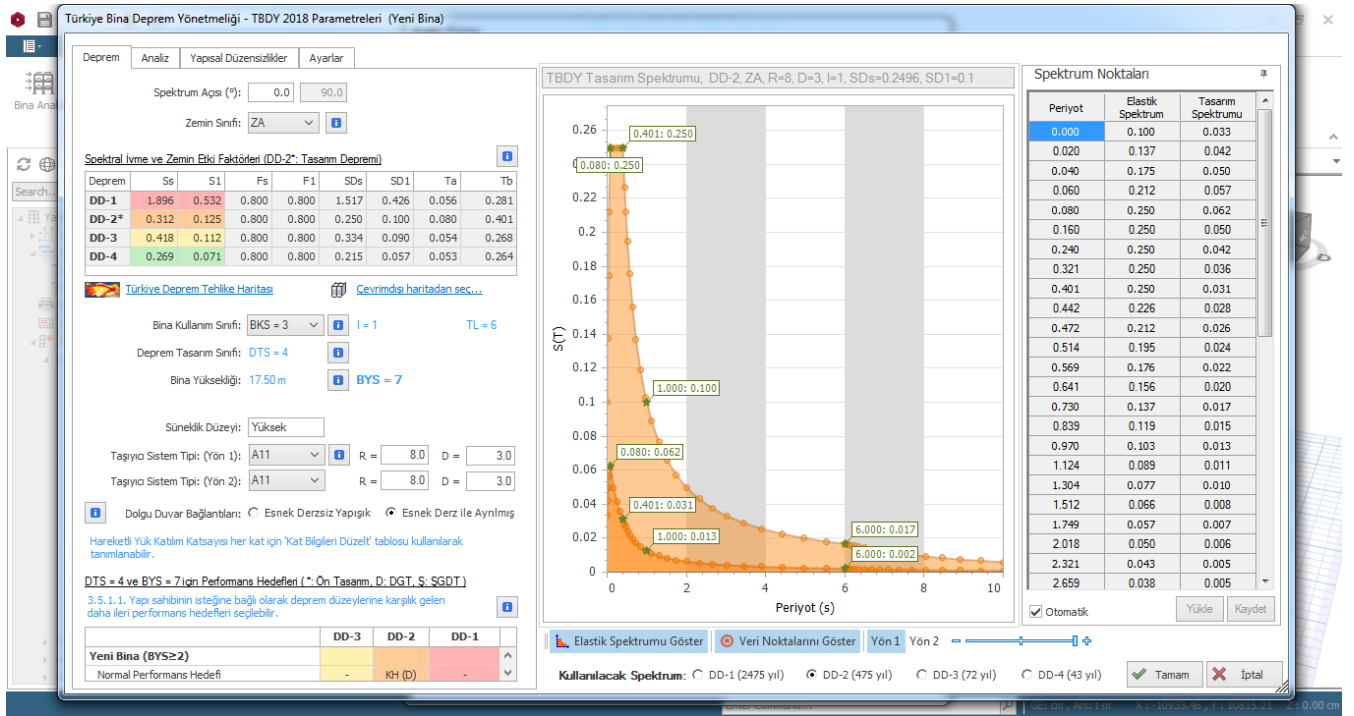
4.4. Hesap Kabulleri

Modellerin analizleri ProtaStructure 2021 programında yapılmıştır. Bina modelleri Lineer Analiz Yöntemi ve Nonlineer Analiz Yöntemi olmak üzere iki farklı analiz yöntemine tabii tutulmuştur. Bu bölümde model çizim ve analizlerinde yapılan sınırlar ve kabuller yer almaktadır.

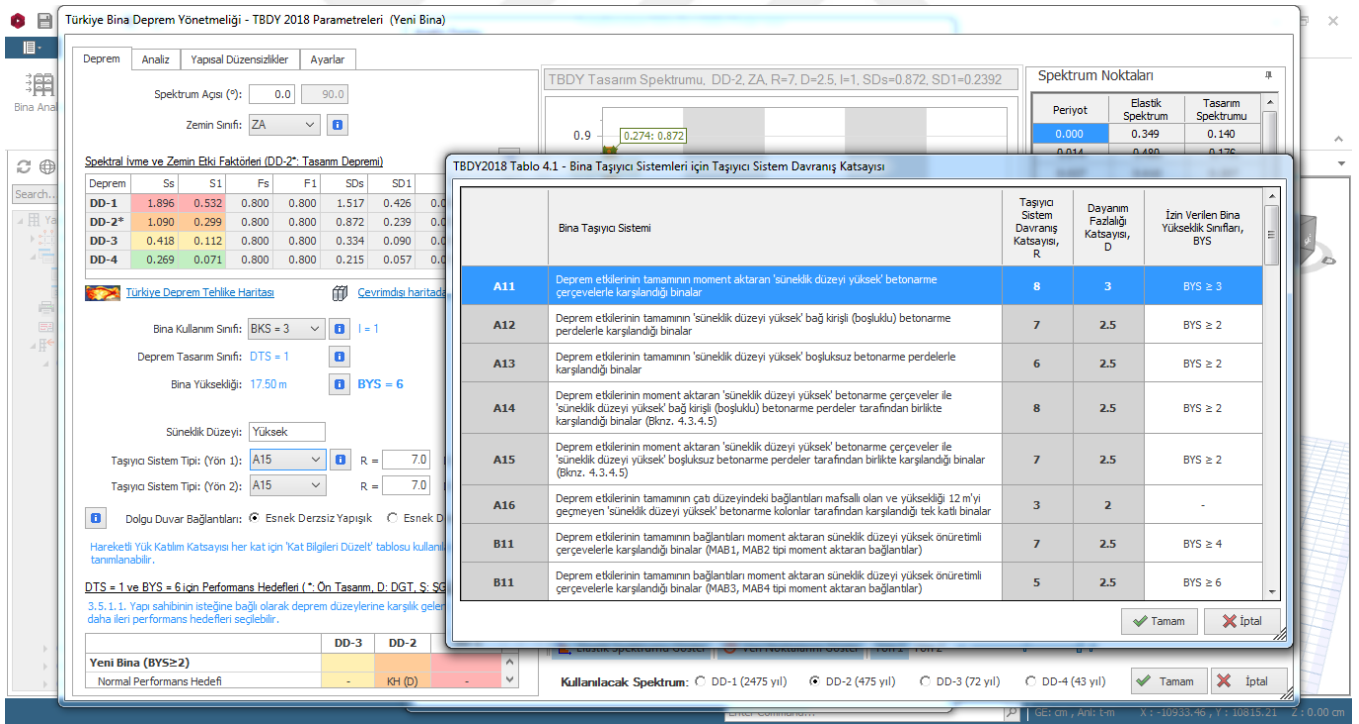


Şekil 4.4. Bina modeller için seçilen proje parametreleri.

Modellerde seçilen proje parametreleri Şekil 4.4'te detaylı olarak gösterilmektedir. Bina modellerinde deprem yönetmeliği olarak 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği seçilmiştir. Bina modellerinde betonarme tasarım yönetmeliği olarak ise TS 500-2000 Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları yönetmeliği seçilmiştir. Modellerde seçilen TBDY-2018 parametreleri Şekil 4.5'te detaylı olarak gösterilmektedir. Bina modelinin SD_s değerine ait S_5 ve S_1 değerleri DD-2 değerine ait olan satıra girilmiştir. BKS = 3 olarak seçilmiştir. Bina süneklik düzeyi yüksek olarak seçilmiştir. Taşıyıcı sistem tipi “ Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile karşılandığı binalar” olarak A11 seçilmiştir. Taşıyıcı sistem tipi seçimi Şekil 4.6'da detaylı olarak gösterilmektedir. Deprem yer hareketi düzeyi ise DD-2 olarak seçilmiştir.



Şekil 4.5. Bina modelleri için seçilen TBDY-2018 parametreleri.



Şekil 4.6. Bina modelleri için taşıyıcı sistem tipi seçimi.

ProtaStructure programında mevcut bina değerlendirme yöntemlerinden Doğrusal Elastik Analiz ve Artımsal İtme Analizi yöntemleri modellere uygulanmıştır. Analiz yöntemlerini uygularken modellerin projeleri ve detayları elimizde olduğu için Bina Bilgi Düzeyi kapsamlı olarak seçilmiştir. Modellerde deprem yer hareketi olarak DD-2 seçildiği için hedef performans olarak Kontrollü Hasar Performansı seçilmiştir. Mevcut bina değerlendirme yöntemleri ile ilgili yapılan kabuller Şekil 4.7’de ayrıntılı olarak gösterilmektedir.

Deprem Düzeyi	Performans Hedefi
☐ DD1	Kontrollü Hasar
☒ DD2	Kontrollü Hasar
☐ DD3	Sınırlı Hasar
☐ DD4	Sınırlı Hasar

Şekil 4.7. Mevcut bina değerlendirme yöntemleri kabulleri.

Programın mevcut bina değerlendirme sekmesinde yer alan yük kat sayıları kısmında Sabit yükler, hareketli yükler ve deprem yükleri kat sayıları 1 olarak seçilmiştir. Yük katsayı kabulü Şekil 4.8’ de detaylı olarak gösterilmektedir.

Şekil 4.8. Mevcut bina değerlendirme yöntemleri yük kat sayıları kabulleri.

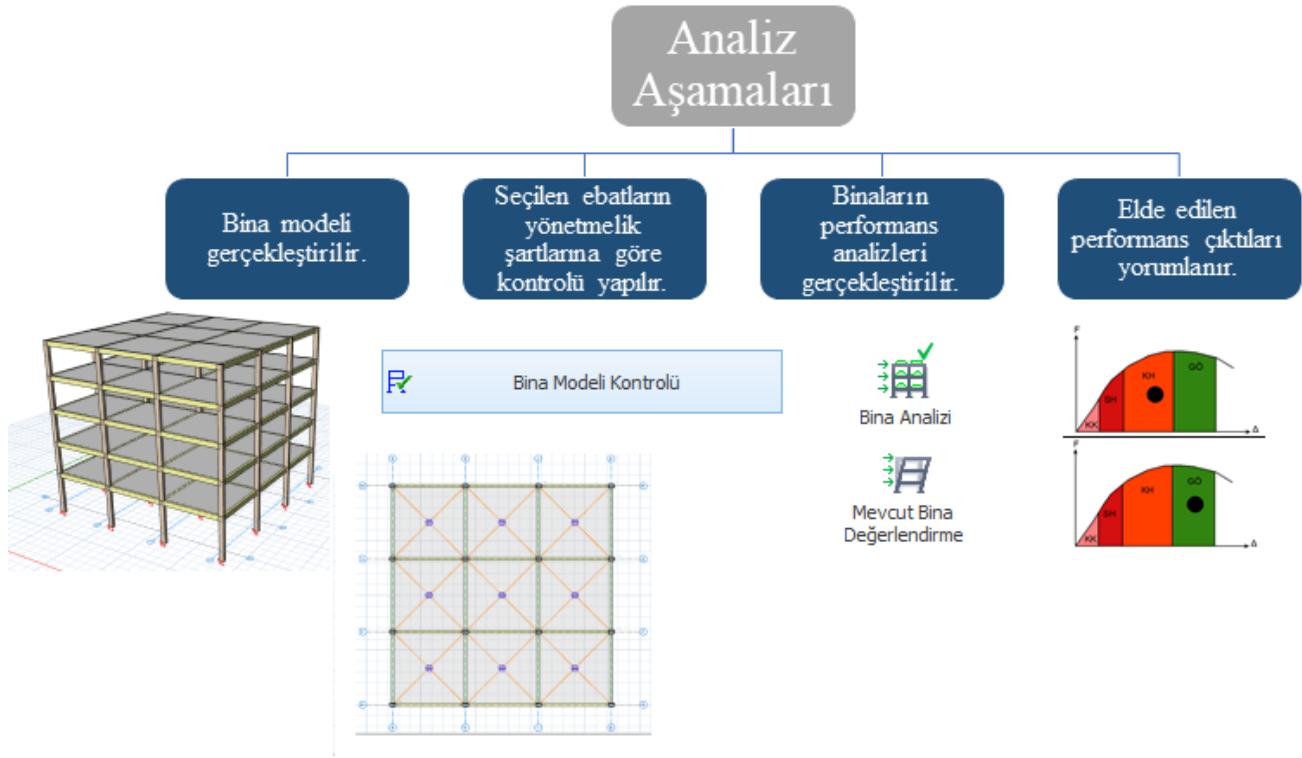
5. ANALİZ – SONUÇLAR

TBDY-2018 17. Bölüm şartlarına uygun olarak ve seçilen parametreler doğrultusunda tasarlanan toplamda 144 bina modelinin çizimleri ve analizleri ProtaStructure programı kullanılarak yapılmıştır. Bu bölümde 144 bina modelinin analizleri ve analizler ile elde edilen sonuçlar yer almaktadır.

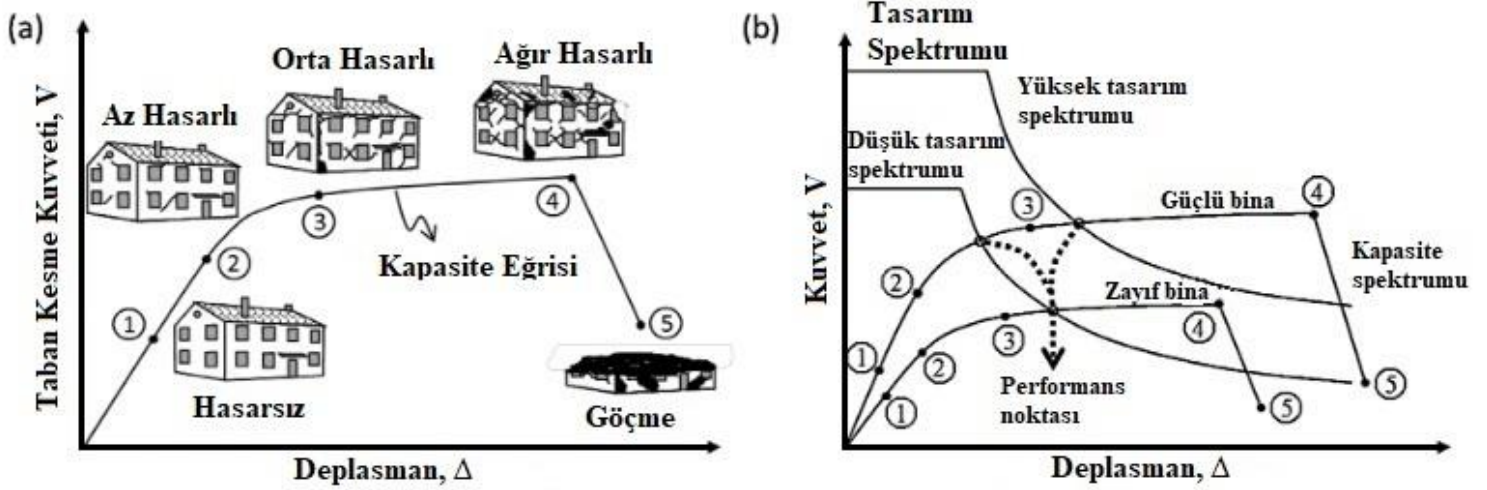
5.1. Genel Açıklama

Bina performans analizleri ProtaStructure programı 2021 5.1.208 sürümü ile yapılmıştır. Modellere hem Lineer Analiz hem de Nonlineer Analiz Yöntemi uygulanmıştır. Bina zemin sınıfı olarak ZA (sağlam, sert kayalar), ZB (az ayrıışmış, orta sağlam kayalar), ZC (çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrıışmış, çok çatlaklı zayıf kayalar) ve ZD (orta sıkı - sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları) olarak dört farklı zemin sınıfı seçilmiştir. Deprem yer hareketi düzeyi, DD-2 olarak seçilmiştir. Bu tez kapsamında basit binaların TBDY-2018 17. Bölüm basitleştirici kurallarına göre analizi irdeleneceği için sadece 50 yılda aşılma ihtimali %10 olan (475 yılda bir oluşacak olan) tasarım depremi için (DD-2) analizler gerçekleştirilmiştir. Yönetmelik konut türü binalar için DD-2 deprem düzeyini benimsemiş ve bu deprem düzeyi için KH hasar seviyesinin yeterli olacağını ilgili bölümde söylemiştir.

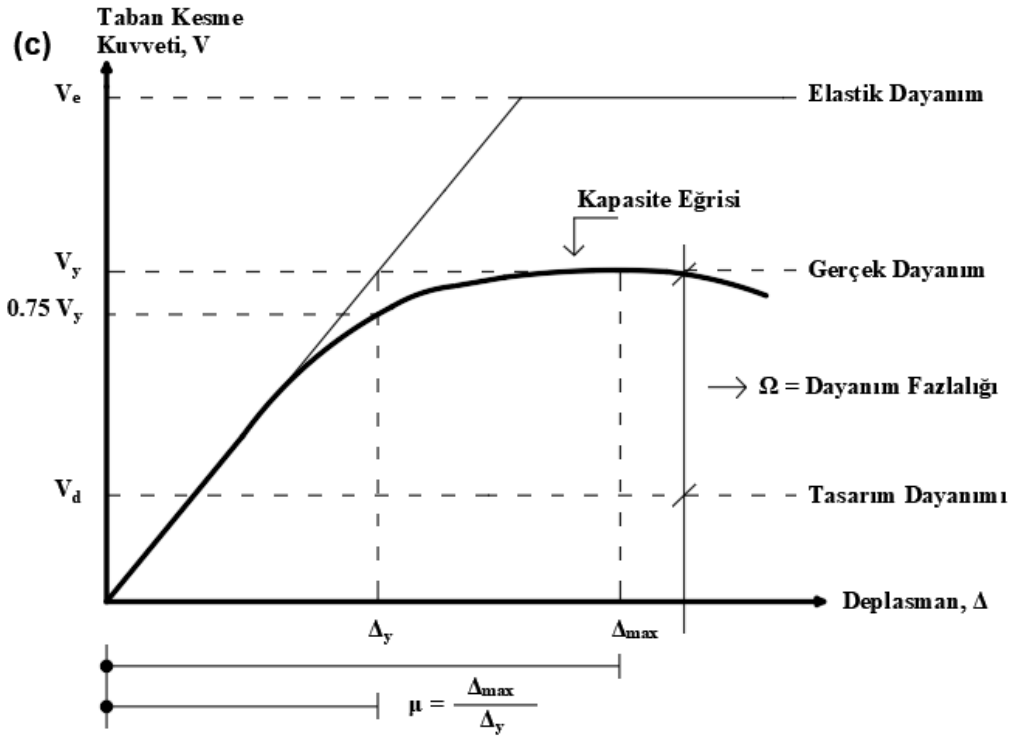
Ayrıca yönetmelikte performans analizi için iki farklı yöntem seçilebileceği ilgili bölümde bahsedilmektedir. Bu nedenle bu tez kapsamında yapılan modellere Doğrusal Elastik Analiz Yöntemi ve Artımsal İtme Yöntemi uygulanmıştır. Bina bilgi düzeyi kapsamlı olarak seçilmiştir. Sabit yükler, hareketli yükler ve deprem yükleri kat sayıları 1 olarak seçilmiştir. G+Q+E kombinasyonu için analizler yapılmıştır. Modellerde kar yükü ihmal edilmiştir. Düşey deprem etkisinin küçük olduğu düşünülerek yapıların düşey depreme maruz kalmadığı varsayılmıştır. Binaların performans hedefi ise TBDY-2018'e bağlı olarak Kontrollü Hasar olarak seçilmiştir. Modellere ait analiz aşamalarında izlenen adımlar Şekil 5.1'de detaylı olarak gösterilmektedir.



Şekil 5.1. Analiz aşamaları.



Şekil 5.2. Deprem etkisi altında yapının yük – deplasman grafikleri ve performans noktasının tayini.



Şekil 5.2. (Devam) Deprem etkisi altında yapının yük – deplasman grafikleri ve performans noktasının tayini.

Şekil 5.2’de yer alan grafikler incelendiğinde (a) grafiğinde, yapının deprem kuvveti etkisi altındaki deplasmanına bağlı olarak çizilen kapasite eğrisi üzerinde yapının bulunduğu noktaya göre hasar durumu ifade edilmektedir. (b) grafiğinde, güçlü bina ve zayıf binanın kapasite eğrileri karşılaştırılmaktadır. Spektrum eğrileri elastik eğrilerdir. Binaların Kuvvet – Yer değiştirme grafiği ile spektrum eğrileri kesişmemektedir. İtme analizleri sonucunda elde edilen Kuvvet - Yer değiştirme grafikleri lineerleştirilerek Elastik Tasarım Spektrumlarını kestikleri yerden Kuvvet – Yer değiştirme grafiğine dikmeler çizilerek deprem anında yapılara gelen kuvvet etkisi altında yapılarda oluşacak yer değiştirme değerleri görülmektedir. Lineerleştirilen Kuvvet – Yer değiştirme grafiği ile spektrum eğrisinin kesiştiği nokta ise Performans Noktası olarak adlandırılmaktadır. (c) grafiğinde ise yapıya deprem etkisi altında gelebilecek kuvvetin (V_d), yapının tasarlandığı gerçek dayanımının (V_y) ne kadar altında kaldığını göstermektedir. Yapının gerçek dayanımının tasarım dayanımına oranı Dayanım Fazlalığı Katsayısı olarak tanımlanmaktadır. Dayanım fazlalığı katsayısı, yapının tasarlandığı kuvvetin aslında yapıya gelebilecek kuvvete göre fazlalığını ifade etmektedir. TBDY-2018’de dayanım fazlalığı katsayıları için bina taşıyıcı sistem türüne göre değerler öngörülmektedir. Çalışmada tasarlanan bina modellerine ait dayanım

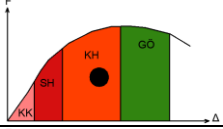
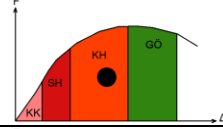
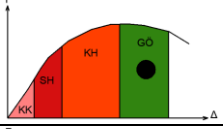
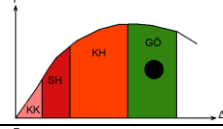
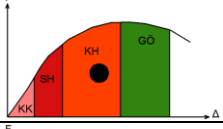
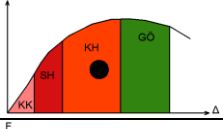
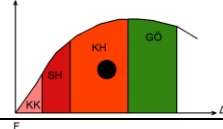
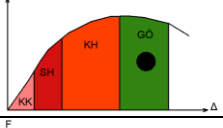
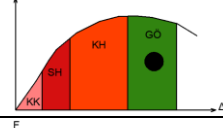
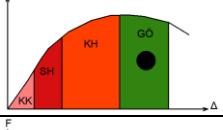
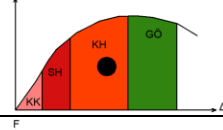
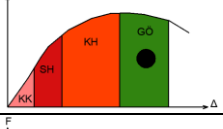
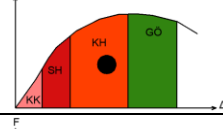
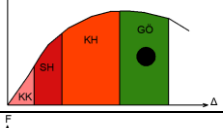
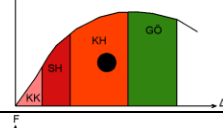
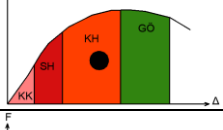
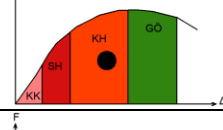
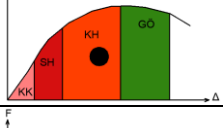
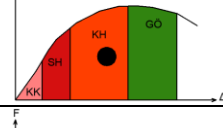
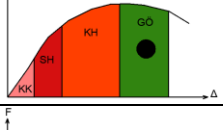
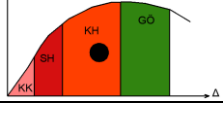
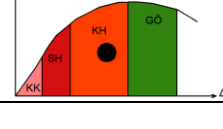
fazlalığı katsayısı ise TBDY-2018’de “Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran süneklilik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile karşılandığı binalar” için 3 olarak öngörülmektedir. TBDY-2018’de dayanım fazlalığı katsayısı için öngörülen değer ile çalışma sonucunda elde edilen değerler sonraki bölümlerde kıyaslanacaktır.

5.2. Binaların Performans Parametreleri

Mevcut binaların analizleri her iki analiz yöntemine göre de yapılmıştır. Bina kat sayısı, zemin sınıfı, DTS, kolon en kesit formülü ve bina kat planı açıklık sayısı parametrelerine bağlı olarak değişen modellerin davranışları incelenmiştir. Farklı parametrelere sahip binaların analizi sonucunda bina kesme kapasiteleri (V_r) ve taban kesme kuvvetleri (V_t) belirlenmiştir. Binaların kesme kapasitelerinin taban kesme kuvvetlerine oranından (V_r/V_t) dayanım fazlalığı katsayıları hesaplanmıştır. Mevcut binaların performans analizleri sonucunda hasar durumlarına göre bina performans düzeyleri belirlenmiştir.

TBDY-2018’de DD-2 deprem yer hareketi düzeyine sahip betonarme binalar için performans hedefi Kontrollü Hasar olarak öngörülmektedir. Analiz sonuçlarında Kontrollü Hasar veya Göçmenin Önlenmesi Durumu bina performans düzeyleri elde edilmiştir. Binaların yer değiştirmelerinin yüksekliklerine oranından görelî kat öteleme değeri belirlenmiştir. Binaların Lineer ve Nonlineer performans analizleri sonuçlarından elde edilen değerler detaylı olarak Çizelge 5.1’den başlayarak Çizelge 5.12’ye kadar tüm modeller için sırasıyla bu bölümde yer almaktadır.

Çizelge 5.1. ZA zemin sınıfına sahip 5 katlı modellere uygulanan lineer ve nonlinear analiz sonuçları.

Model Adı	Bina Kesme Kapasitesi V_r (kN)	Taban Kesme Kuvveti V_t (kN)	Lineer Analiz	Nonlinear Analiz	V_r / V_t	Görelî Kat Ötelemesi
T45A41	1552.424	336.45			4.6141	0.0039
T45A42	1429.131	328.41			4.3516	0.0068
T45A43	1505.907	332.27			4.5321	0.0047
T35A41	1458.769	335.86			4.3433	0.0040
T35A42	1155.194	325.91			3.5445	0.0073
T35A43	1342.899	329.79			4.0719	0.0051
T45A31	1672.016	651.63			2.5658	0.0044
T45A32	1611.119	642.93			2.5059	0.0055
T45A33	1760.382	654.76			2.6885	0.0044
T35A31	1568.045	648.44			2.4181	0.0045
T35A32	1466.533	641.5			2.2860	0.0055
T35A33	1581.09	646.8			2.4444	0.0051

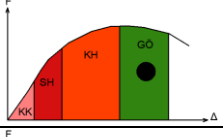
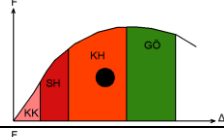
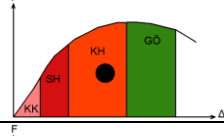
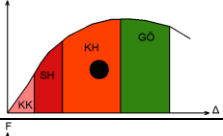
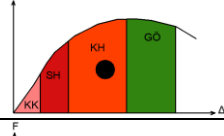
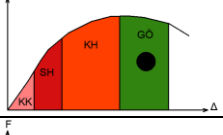
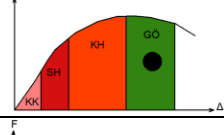
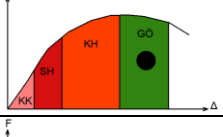
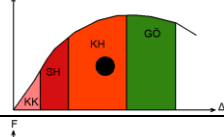
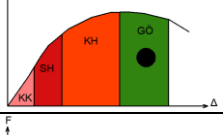
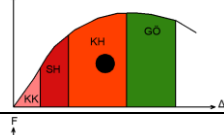
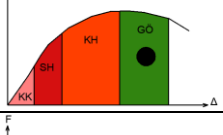
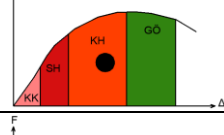
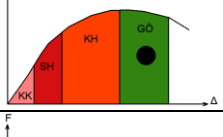
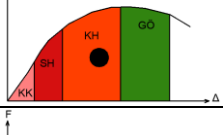
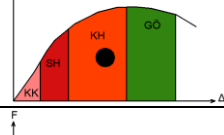
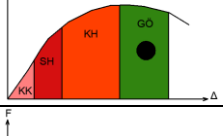
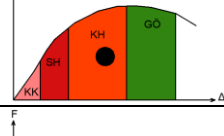
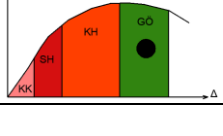
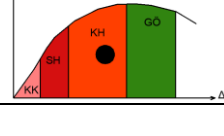
Çizelge 5.2. ZB zemin sınıfına sahip 5 katlı modellere uygulanan lineer ve nonlineer analiz sonuçları.

Model Adı	Bina Kesme Kapasitesi V_r (kN)	Taban Kesme Kuvveti V_t (kN)	Lineer Analiz	Nonlinear Analiz	V_r / V_t	Görelî Kat Ötelemesi
T45B41	1102.825	325.56			3.3874	0.0024
T45B42	1064.46	317.78			3.3496	0.0042
T45B43	1084.896	321.51			3.3743	0.0029
T35B41	1030.707	324.99			3.1715	0.0024
T35B42	873.0632	315.36			2.7684	0.0045
T35B43	998.477	319.11			3.1289	0.0031
T45B31	1600.23	655.73			2.4403	0.0041
T45B32	1549.378	646.98			2.3947	0.0051
T45B33	1656.973	658.88			2.5148	0.0039
T35B31	1503.95	654.59			2.2975	0.0042
T35B32	1367.771	645.55			2.1187	0.0049
T35B33	1474.351	650.88			2.2651	0.0045

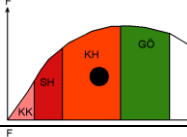
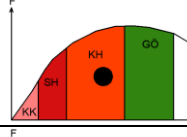
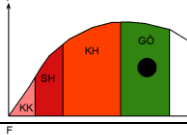
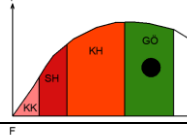
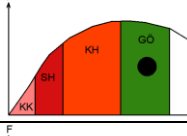
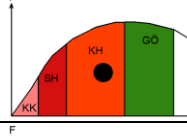
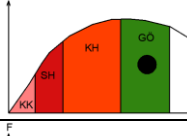
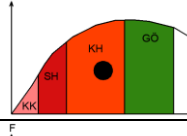
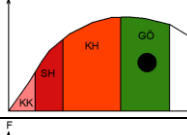
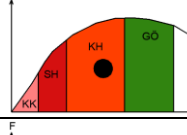
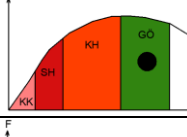
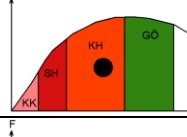
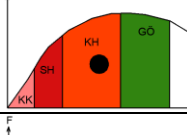
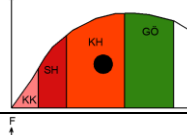
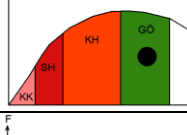
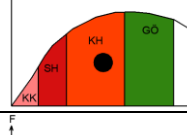
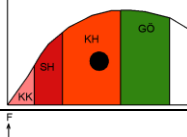
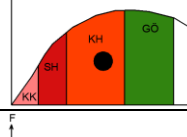
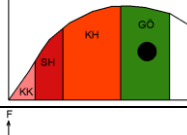
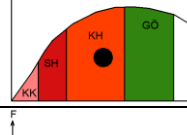
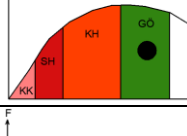
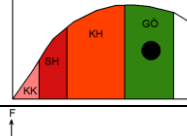
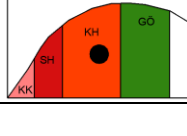
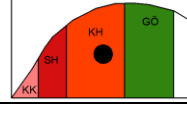
Çizelge 5.3. ZC zemin sınıfına sahip 5 katlı modellere uygulanan lineer ve nonlinear analiz sonuçları.

Model Adı	Bina Kesme Kapasitesi V_r (kN)	Taban Kesme Kuvveti V_t (kN)	Lineer Analiz	Nonlinear Analiz	V_r / V_t	Görelî Kat Ötelemesi
T45C41	1928.103	476.77			4.0440	0.0056
T45C42	1416.894	465.38			3.0445	0.0097
T45C43	1768.659	470.84			3.7563	0.00676
T35C41	1808.659	475.93			3.8002	0.0057
T35C42	1169.977	461.83			2.5333	0.0076
T35C43	1511.45	467.32			3.2342	0.0063
T45C31	2123.445	796.07			2.6674	0.0093
T45C32	1819.835	785.44			2.3169	0.0079
T45C33	2063.541	744.86			2.7703	0.0083
T35C31	2268.429	794.68			2.8545	0.0095
T35C32	1854.569	729.78			2.5412	0.0089
T35C33	2057.153	735.81			2.7957	0.0096

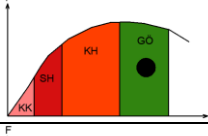
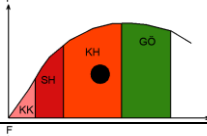
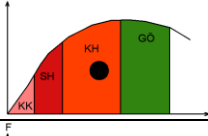
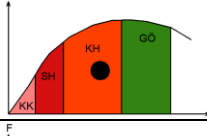
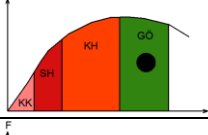
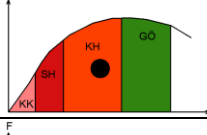
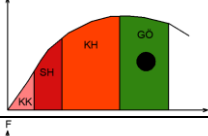
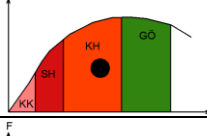
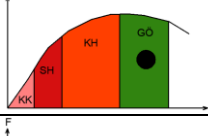
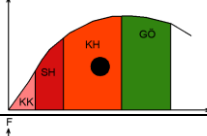
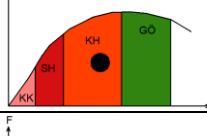
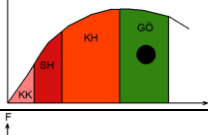
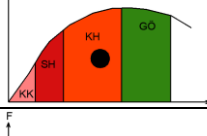
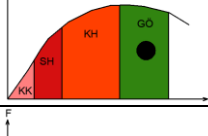
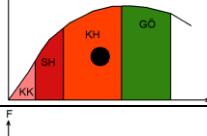
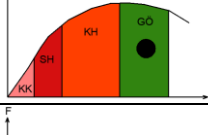
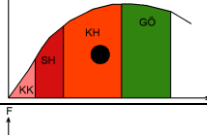
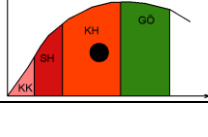
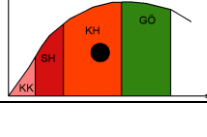
Çizelge 5.4. ZD zemin sınıfına sahip 5 katlı modellere uygulanan lineer ve nonlinear analiz sonuçları.

Model Adı	Bina Kesme Kapasitesi V_r (kN)	Taban Kesme Kuvveti V_t (kN)	Lineer Analiz	Nonlinear Analiz	V_r / V_t	Görelî Kat Ötelemesi
T45D41	1974.25	498.54			3.9600	0.0058
T45D42	1373.548	486.64			2.8225	0.0062
T45D43	1783.501	492.35			3.6224	0.0070
T35D41	1857.416	497.67			3.7322	0.0059
T35D42	1169.2	482.92			2.4211	0.0076
T35D43	1645.865	488.67			3.3680	0.0076
T45D31	2090.604	1069.23			1.9552	0.0126
T45D32	1542.943	1193.93			1.2923	0.0051
T45D33	2067.98	1143.1			1.8090	0.0074
T35D31	2286.151	1207.96			1.8925	0.0145
T35D32	1589.142	1119.96			1.4189	0.0063
T35D33	1760.928	1129.21			1.5594	0.0061

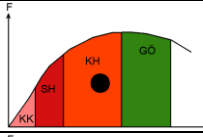
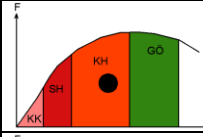
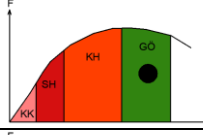
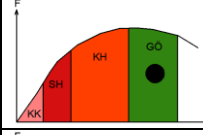
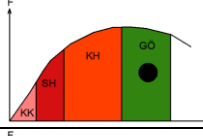
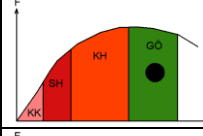
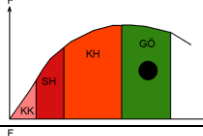
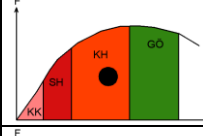
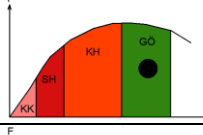
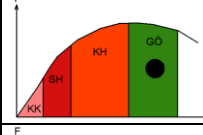
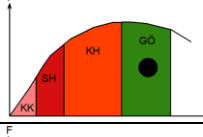
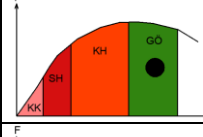
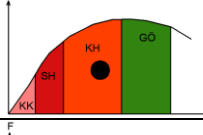
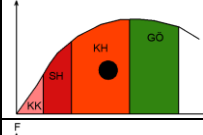
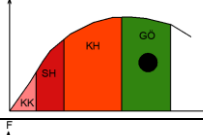
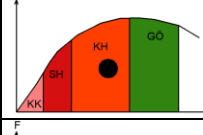
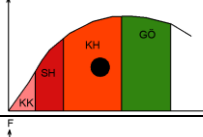
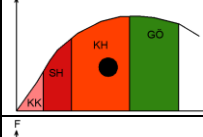
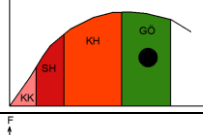
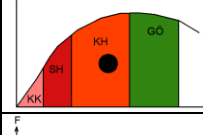
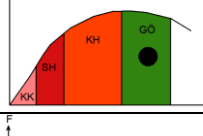
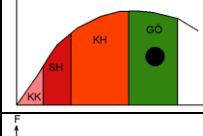
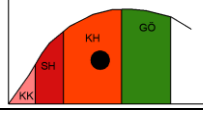
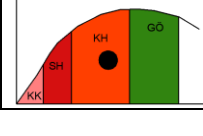
Çizelge 5.5. ZA zemin sınıfına sahip 4 katlı modellere uygulanan lineer ve nonlinear analiz sonuçları.

Model Adı	Bina Kesme Kapasitesi V_r (kN)	Taban Kesme Kuvveti V_t (kN)	Lineer Analiz	Nonlinear Analiz	V_r / V_t	Görelî Kat Ötelemesi
T44A41	1458.459	314.81			4.6328	0.0040
T44A42	1423.367	310.02			4.5912	0.0066
T44A43	1535.755	313.18			4.9037	0.0048
T34A41	1386.973	314.07			4.4161	0.0041
T34A42	866.7091	247.65			3.4997	0.0046
T34A43	1350.202	310.52			4.3481	0.0053
T44A31	1580.272	516.37			3.0603	0.0045
T44A32	1585.337	512			3.0963	0.0057
T44A33	1702.782	521.06			3.2679	0.0041
T34A31	1480.34	515			2.8744	0.0046
T34A32	1402.834	509.54			2.7531	0.0057
T34A33	1510.431	515.48			2.9301	0.0045

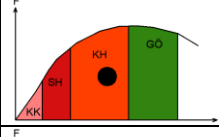
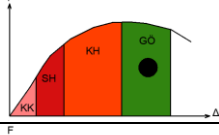
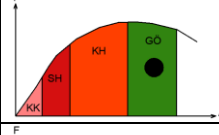
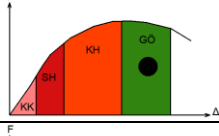
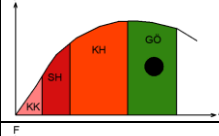
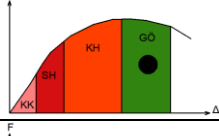
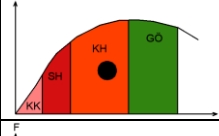
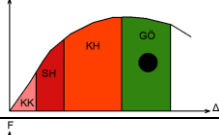
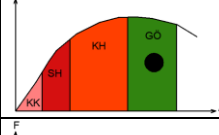
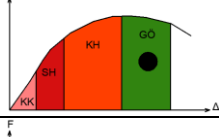
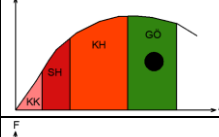
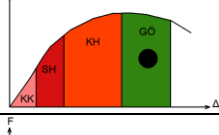
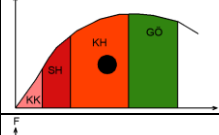
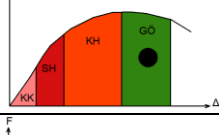
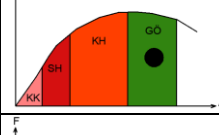
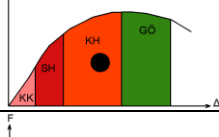
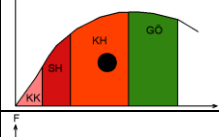
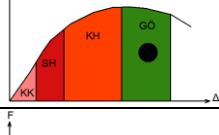
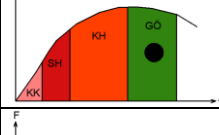
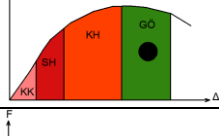
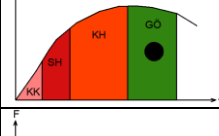
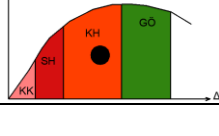
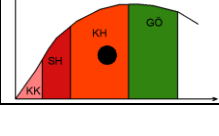
Çizelge 5.6. ZB zemin sınıfına sahip 4 katlı modellere uygulanan lineer ve nonlinear analiz sonuçları.

Model Adı	Bina Kesme Kapasitesi V_r (kN)	Taban Kesme Kuvveti V_t (kN)	Lineer Analiz	Nonlinear Analiz	V_r / V_t	Görelî Kat Ötelemesi
T44B41	1018.325	257.98			3.9473	0.0025
T44B42	1035.777	254.06			4.0768	0.0041
T44B43	1074.741	256.64			4.1877	0.0029
T34B41	972.5917	257.37			3.7789	0.0025
T34B42	866.6176	251.81			3.4415	0.0046
T34B43	984.2991	254.47			3.8680	0.0032
T44B31	1504.832	519.62			2.8960	0.0042
T44B32	1520.623	515.22			2.9514	0.0053
T44B33	1639.862	524.35			3.1274	0.0038
T34B31	1421.572	518.24			2.7430	0.0043
T34B32	1350.702	512.75			2.6342	0.0054
T34B33	1446.368	518.73			2.7882	0.0042

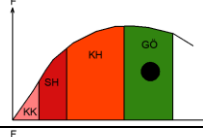
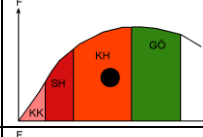
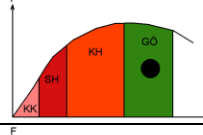
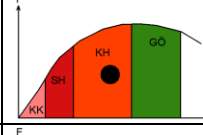
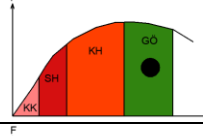
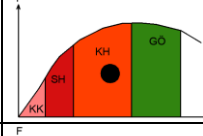
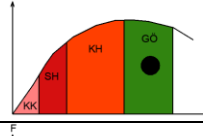
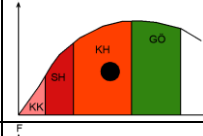
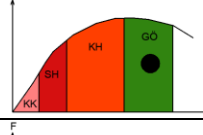
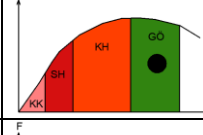
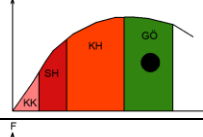
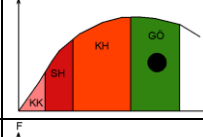
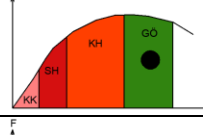
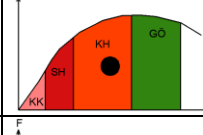
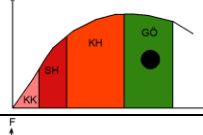
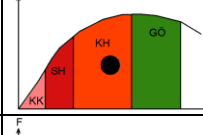
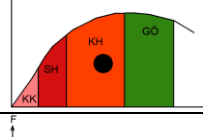
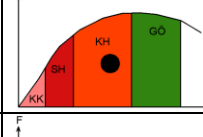
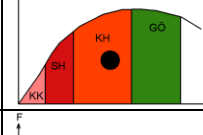
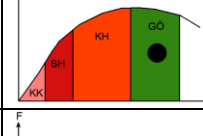
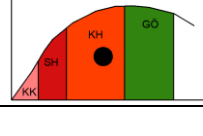
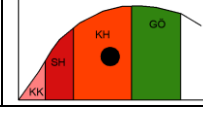
Çizelge 5.7. ZC zemin sınıfına sahip 4 katlı modellere uygulanan lineer ve nonlinear analiz sonuçları.

Model Adı	Bina Kesme Kapasitesi V_r (kN)	Taban Kesme Kuvveti V_t (kN)	Lineer Analiz	Nonlinear Analiz	V_r / V_t	Görelî Kat Ötelemesi
T44C41	1852.019	448.16			4.1324	0.0058
T44C42	1452.69	441.34			3.2915	0.0094
T44C43	1763.91	445.83			3.9564	0.0068
T34C41	1511.37	362			4.1750	0.0047
T34C42	1142.229	354.18			3.2249	0.0087
T34C43	1526.528	442.05			3.4532	0.0075
T44C31	1983.562	743.34			2.6684	0.0096
T44C32	1665.678	737.04			2.2599	0.0120
T44C33	2215.014	750.09			2.9529	0.0087
T34C31	1870.915	741.36			2.5236	0.0073
T34C32	1640.881	733.5			2.2370	0.0086
T34C33	2062.809	742.06			2.7798	0.0095

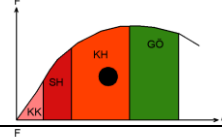
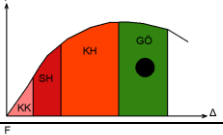
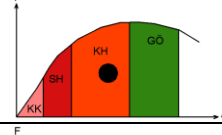
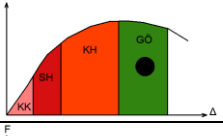
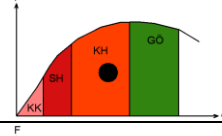
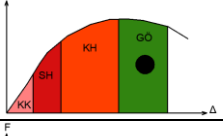
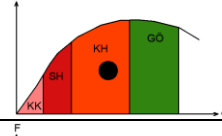
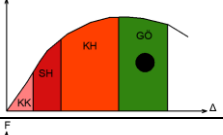
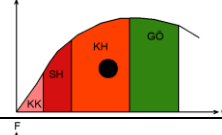
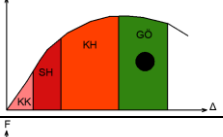
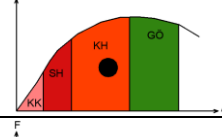
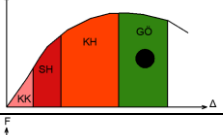
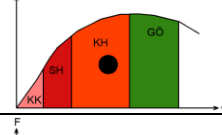
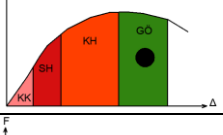
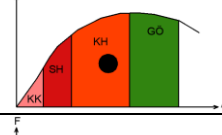
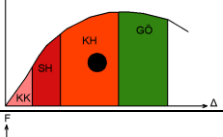
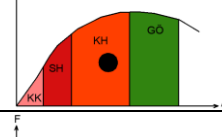
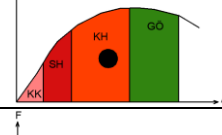
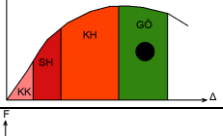
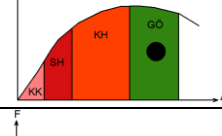
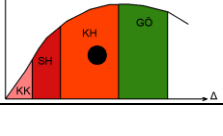
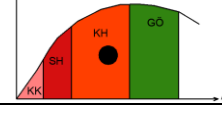
Çizelge 5.8. ZD zemin sınıfına sahip 4 katlı modellere uygulanan lineer ve nonlinear analiz sonuçları.

Model Adı	Bina Kesme Kapasitesi V_r (kN)	Taban Kesme Kuvveti V_t (kN)	Lineer Analiz	Nonlinear Analiz	V_r / V_t	Görelî Kat Ötelemesi
T44D41	1897.131	467.73			4.0560	0.0060
T44D42	1442.363	460.62			3.1313	0.0098
T44D43	1759.391	711.86			2.4715	0.0109
T34D41	1739.93	466.63			3.7287	0.0061
T34D42	1110.082	565.6			1.9626	0.0074
T34D43	1617.453	705.83			2.2915	0.0101
T44D31	1812.493	1000.42			1.8117	0.0056
T44D32	1534.304	991.95			1.5467	0.0162
T44D33	2221.451	1009.51			2.2005	0.0117
T34D31	2075.886	1130.28			1.8366	0.0150
T34D32	1630.833	987.18			1.6520	0.0084
T34D33	2074.787	998.7			2.0774	0.0098

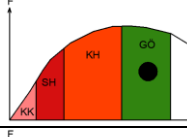
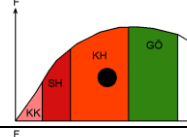
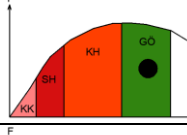
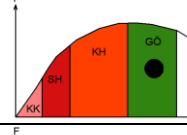
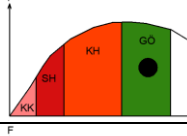
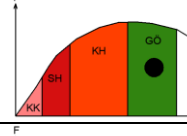
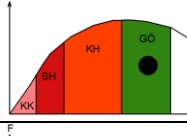
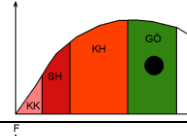
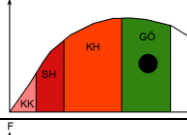
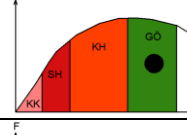
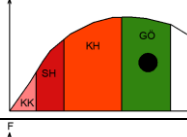
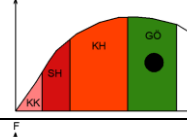
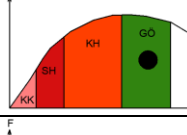
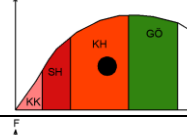
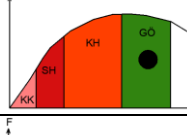
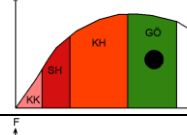
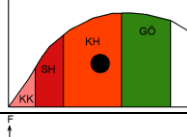
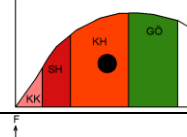
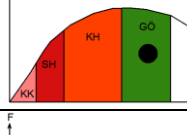
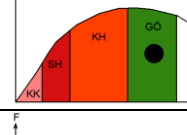
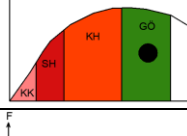
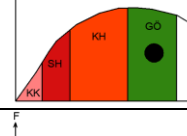
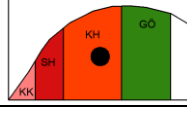
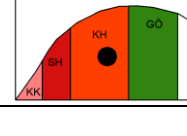
Çizelge 5.9. ZA zemin sınıfına sahip 3 katlı modellere uygulanan lineer ve nonlinear analiz sonuçları.

Model Adı	Bina Kesme Kapasitesi V_r (kN)	Taban Kesme Kuvveti V_t (kN)	Lineer Analiz	Nonlinear Analiz	V_r / V_t	Görelî Kat Ötelemesi
T43A41	1399.263	290.41			4.8182	0.0043
T43A42	1404.621	288.18			4.8741	0.0061
T43A43	1424.009	289.3			4.9222	0.0050
T33A41	1258.211	289.12			4.3518	0.0043
T33A42	1059.218	285.26			3.7131	0.0079
T33A43	1257.616	287.35			4.3766	0.0053
T43A31	1515.169	326.75			4.6370	0.0049
T43A32	1508.378	382.17			3.9468	0.0062
T43A33	1643.299	387.91			4.2362	0.0042
T33A31	1389.437	382.63			3.6312	0.0050
T33A32	1257.437	379.6			3.3125	0.0063
T33A33	1498.535	384.53			3.8970	0.0044

Çizelge 5.10. ZB zemin sınıfına sahip 3 katlı modellere uygulanan lineer ve nonlinear analiz sonuçları.

Model Adı	Bina Kesme Kapasitesi V_r (kN)	Taban Kesme Kuvveti V_t (kN)	Lineer Analiz	Nonlinear Analiz	V_r / V_t	Görelî Kat Ötelemesi
T43B41	957.3631	192.02			4.9857	0.0027
T43B42	970.4171	190.54			5.0929	0.0037
T43B43	952.2614	191.28			4.9783	0.0031
T33B41	872.5268	191.17			4.5641	0.0026
T33B42	857.7323	188.61			4.5476	0.0049
T33B43	899.8906	189.99			4.7365	0.0033
T43B31	1454.177	386.76			3.7598	0.0046
T43B32	1474.065	384.58			3.8329	0.0058
T43B33	1568.311	390.35			4.0177	0.0039
T33B31	1337.753	385.04			3.4743	0.0046
T33B32	1209.549	381.99			3.1664	0.0059
T33B33	1435.75	386.96			3.7103	0.0041

Çizelge 5.11. ZC zemin sınıfına sahip 3 katlı modellere uygulanan lineer ve nonlinear analiz sonuçları.

Model Adı	Bina Kesme Kapasitesi V_r (kN)	Taban Kesme Kuvveti V_t (kN)	Lineer Analiz	Nonlinear Analiz	V_r / V_t	Görelî Kat Ötelemesi
T43C41	1685.476	413.46			4.0765	0.0062
T43C42	1473.92	410.28			3.5924	0.0087
T43C43	1603.817	411.87			3.8939	0.0072
T33C41	1540.534	411.62			3.7426	0.0061
T33C42	1063.568	406.13			2.6187	0.0113
T33C43	1410.15	409.09			3.4470	0.0076
T43C31	1745.025	688.6			2.5341	0.0103
T43C32	1533.396	684.72			2.2394	0.0130
T43C33	1979.162	695			2.8477	0.0088
T33C31	1738.697	685.55			2.5362	0.0105
T33C32	1461.207	680.11			2.1484	0.0133
T33C33	1972.993	688.95			2.8637	0.0093

Çizelge 5.12. ZD zemin sınıfına sahip 3 katlı modellere uygulanan lineer ve nonlinear analiz sonuçları.

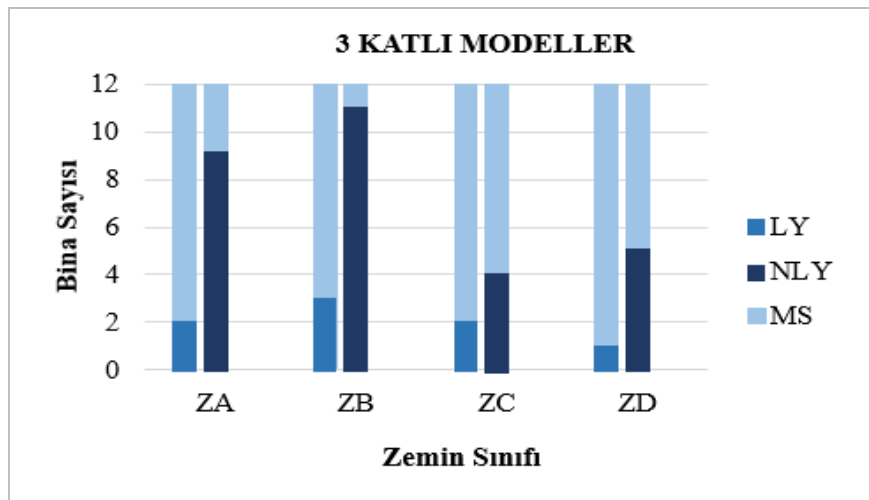
Model Adı	Bina Kesme Kapasitesi V_r (kN)	Taban Kesme Kuvveti V_t (kN)	Lineer Analiz	Nonlinear Analiz	V_r / V_t	Görelî Kat Ötelemesi
T43D41	1706.248	431.28			3.9562	0.0065
T43D42	1475.063	427.97			3.4466	0.0090
T43D43	1610.509	429.62			3.7486	0.0075
T33D41	1561.983	429.37			3.6378	0.0064
T33D42	1049.332	423.63			2.4770	0.0118
T33D43	1419.679	426.73			3.3268	0.008
T43D31	1690.32	923.38			1.8305	0.0139
T43D32	1573.462	918.18			1.7136	0.0079
T43D33	1937.502	931.96			2.0789	0.0119
T33D31	1764.855	919.28			1.9198	0.0141
T33D32	1393.218	919.99			1.5143	0.0179
T33D33	1905.957	923.85			2.0630	0.0079

5.3. Verilerin Yorumlanması

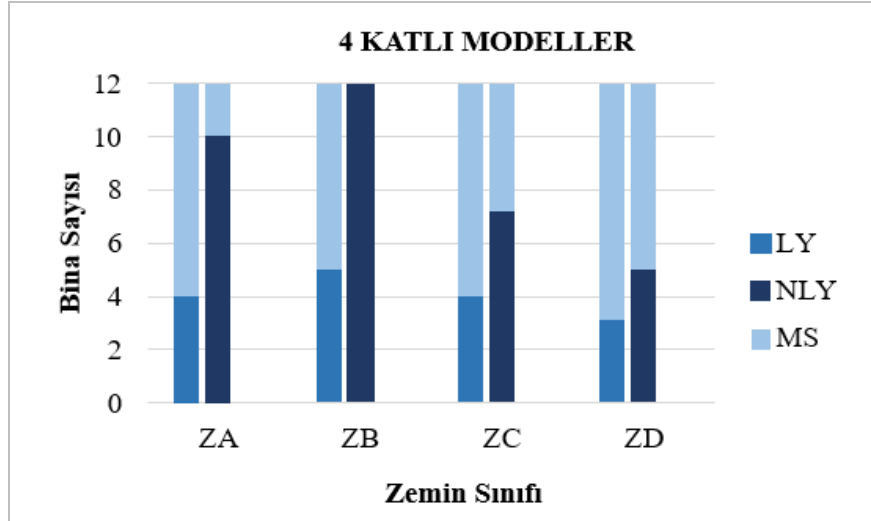
Bina modelleri için yapılan analizler ile elde edilen sonuçlar ve modellerin sahip olduğu DTS, bina kat sayısı, bina kat planı açıklık sayısı, zemin sınıfı ve kullanılan kolon en kesit formülü gibi farklı parametrelerin bina performansına etkisi bu bölümde incelenmiştir. TBDY-2018’de öngörülen performans hedefleri ve dayanım fazlalığı katsayısı gibi değerler ile analiz sonuçlarında elde edilen değerler kıyaslanmıştır.

Şekil 5.3 - Şekil 5.5’te sırası ile 3 katlı, 4 katlı ve 5 katlı modellere ait performans analizi sonuçları verilmiştir. Şekillerde KH seviyesine (yani yeterli performans seviyesi) sahip bina sayısı, ilgili zemin sınıfı ve kullanılan yöntemlere bağlı olarak gösterilmiştir. Sütunlarda her zemin sınıfı için tasarlanan toplam model sayısı ve bu modellerin kaç tanesinin Lineer Yöntemde ve Nonlineer Yöntemde KH seviyesine ulaştığı gösterilmektedir.

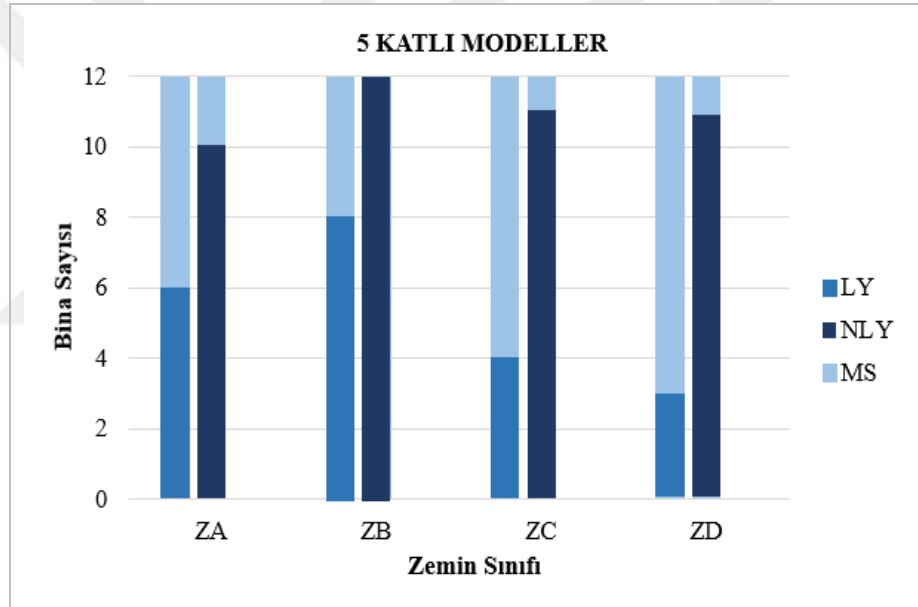
Bina kat sayısı yönünden bakıldığında 5 katlı modellerin performans hedefini 3 ve 4 katlı modellere kıyasla daha çok sağladığı görülmektedir. Üç farklı bina kat sayısı içinde ZA ve ZB zemin sınıfına ait modellerin hedef performansı sağlama miktarının daha fazla olduğu görülmektedir. 3 katlı modellerin ZC ve ZD zemin sınıflarına ait hedef performansı sağlama miktarının oldukça düşük olduğu görülmektedir. Üç farklı bina kat sayısına ait modeller için yapılan lineer analiz sonuçlarına bakıldığında özellikle 3 katlı modellerde hedef performansı sağlayan bina miktarının az olduğu görülmektedir. ZC ve ZD zemin sınıfında nonlineer analiz sonucunda hedef performansı sağlayan model sayısının 5 katlı modeller için oldukça fazla olduğu görülmektedir.



Şekil 5.3. 3 katlı modeller için yeterli performansı gösteren binaların bina sayısı-zemin sınıfı parametrelerine göre dağılımı.



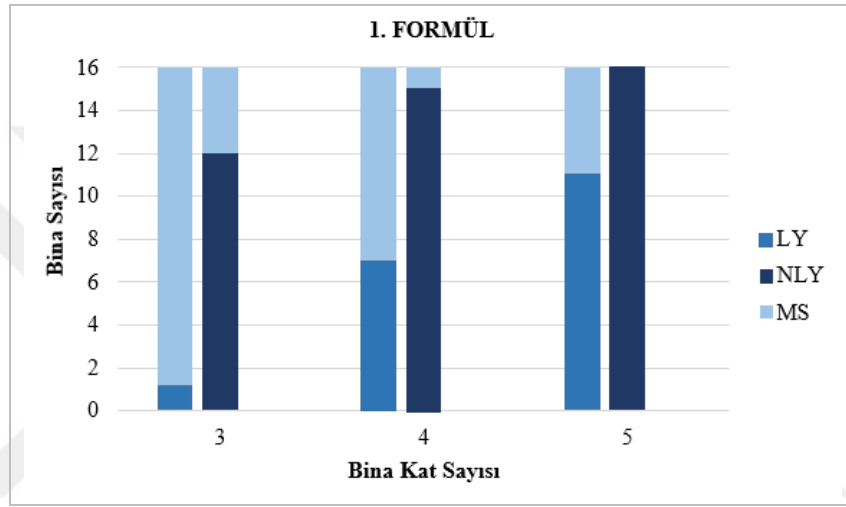
Şekil 5.4. 4 katlı modeller için yeterli performansı gösteren binaların bina sayısı-zemin sınıfı parametrelerine göre dağılımı.



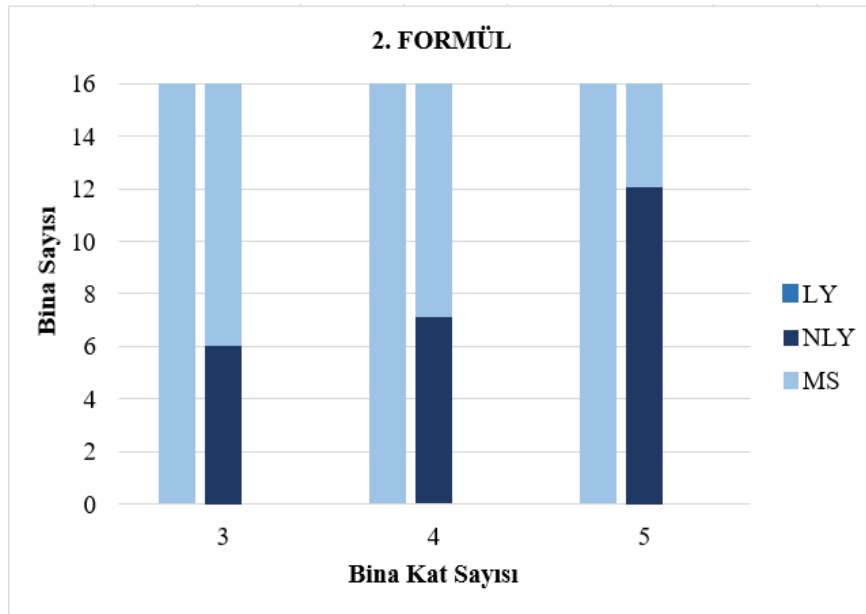
Şekil 5.5. 5 katlı modeller için yeterli performansı gösteren binaların bina sayısı-zemin sınıfı parametrelerine göre dağılımı.

Şekil 5.6 - Şekil 5.8’de sırası ile kolon en kesiti hesaplamak için TBDY-2018’in öngördüğü 1. formül, 2. formül ve 3. formül kullanılması ile elde edilen modellerin analiz sonuçları yer almaktadır. Şekillerde KH seviyesine (yani yeterli performans seviyesi) sahip bina sayısı, ilgili bina kat sayısı ve kullanılan yöntemlere bağlı olarak gösterilmiştir. Sütunlarda her kolon en kesit formülü için tasarlanan toplam model sayısı ve bu modellerin kaç tanesinin Lineer Yöntemde ve Nonlinear Yöntemde KH seviyesine ulaştığı gösterilmektedir. Üç farklı kolon en kesit formülü kullanarak tasarlanan modellerde 1. ve 3. formül kullanılarak hesaplanan binalarda lineer ve

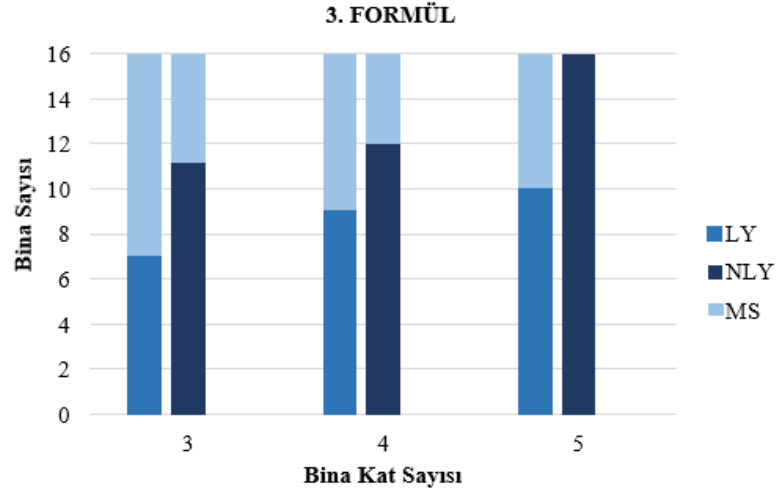
nonlineer analizler sonucunda hedef performans değerini sağlayan bina modeli sayısının daha fazla olduğu görülmektedir. 2. formül ile tasarlanan modellerin analiz sonuçları incelendiğinde ise 2 numaralı formülün çok yeterli olmadığı görülmektedir. 3 numaralı formül ile tasarımda 1 ve 2 numaralı formüldeki kenar ve köşe kolonlara göre kenar ve köşe kolonlar daha büyük değerler almaktadır. Kolon en kesit formülünde 2. formül kullanımı ile hesaplanan kolonlarda ise daha küçük en kesitler elde edilmektedir. 2. formül kullanımı ile tasarlanan modellerde daha küçük kolon en kesit değerleri elde edildiği için bu modellerin hedef performansı sağlayamadığı düşünülmektedir.



Şekil 5.6. 1.formül kullanılarak elde edilen bina modelleri için yeterli performansı gösteren binaların bina sayısı-bina kat sayısı parametrelerine göre dağılımı.

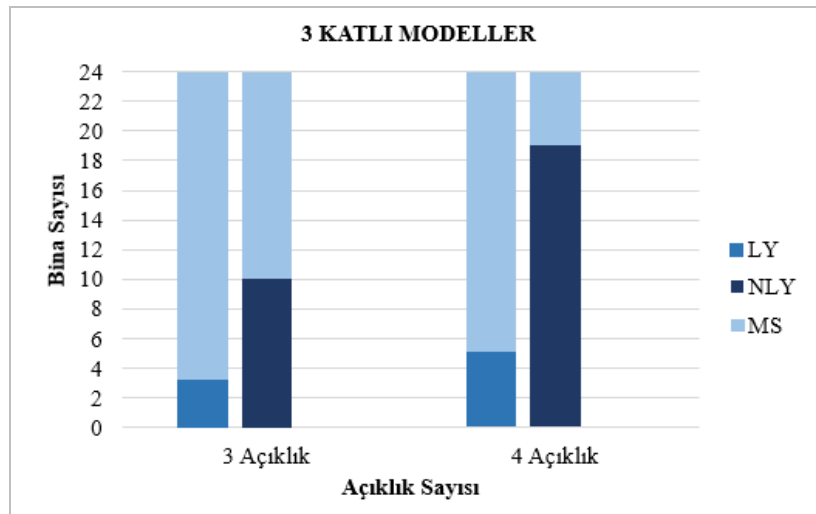


Şekil 5.7. 2.formül kullanılarak elde edilen bina modelleri için yeterli performansı gösteren binaların bina sayısı-bina kat sayısı parametrelerine göre dağılımı.

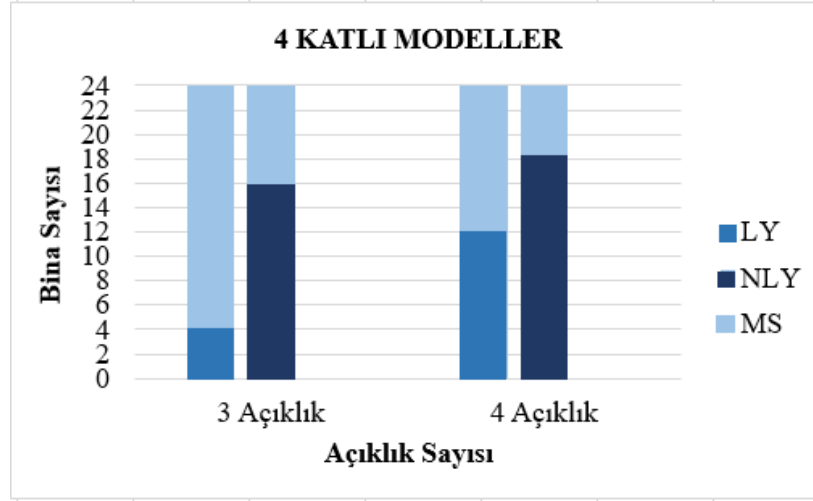


Şekil 5.8. 3.formül kullanılarak elde edilen bina modelleri için yeterli performansı gösteren binaların bina sayısı-bina kat sayısı parametrelerine göre dağılımı.

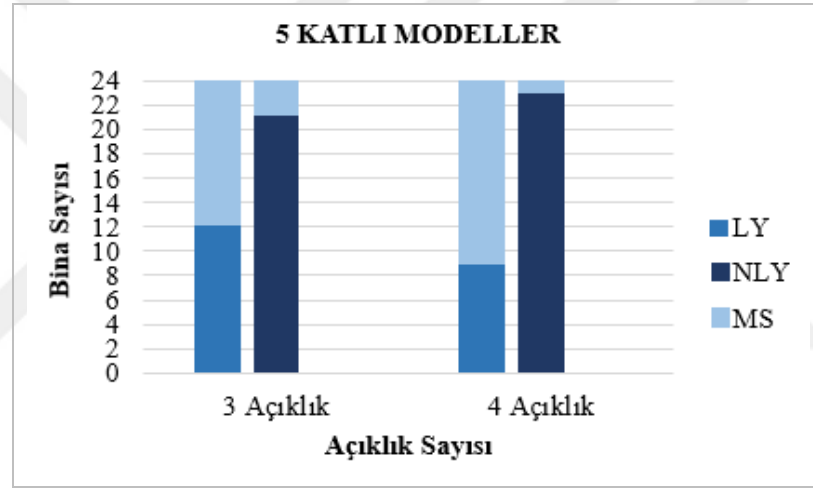
Şekil 5.9 - Şekil 5.11’de üç açıklığa (6.66 m) ve dört açıklığa (5 m) sahip 3 katlı, 4 katlı ve 5 katlı bina modelleri için yapılan analiz sonuçları yer almaktadır. Şekillerde KH seviyesine (yani yeterli performans seviyesi) sahip bina sayısı, ilgili açıklık sayısı ve kullanılan yöntemlere bağlı olarak gösterilmiştir. Sütunlarda her açıklık sayısı için tasarlanan toplam model sayısı ve bu modellerin kaç tanesinin Lineer Yöntemde ve Nonlineer Yöntemde KH seviyesine ulaştığı gösterilmektedir. Açıklık sayısına bağlı olarak grafikler incelendiğinde dört açıklıklı modellerde hedef performansı sağlayan bina sayısının daha fazla olduğu görülmektedir. İki açıklık içinde bina kat sayılarına bakıldığında ise 5 katlı modellerde hedef performansı sağlayan model sayısının daha fazla olduğu görülmektedir.



Şekil 5.9. 3 katlı bina modelleri için yeterli performansı gösteren binaların bina sayısı-açıklık sayısı parametrelerine göre dağılımı.



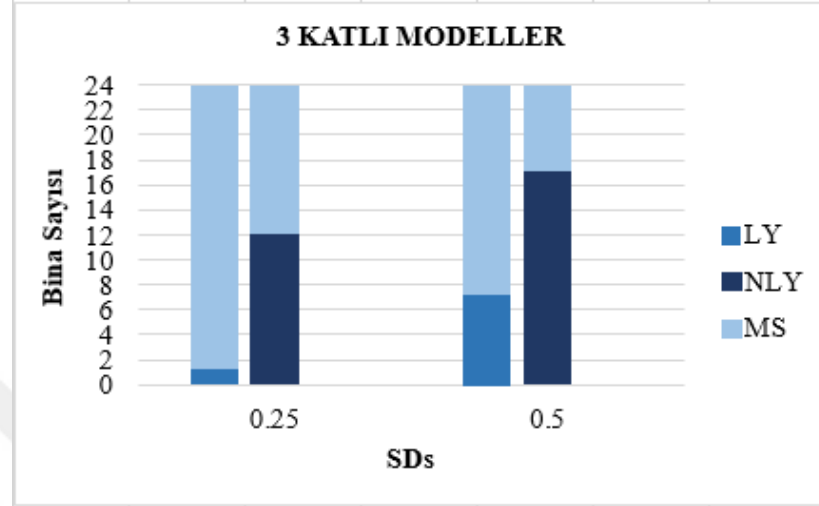
Şekil 5.10. 4 katlı bina modelleri için yeterli performansı gösteren binaların bina sayısı-açıklık sayısı parametrelerine göre dağılımı.



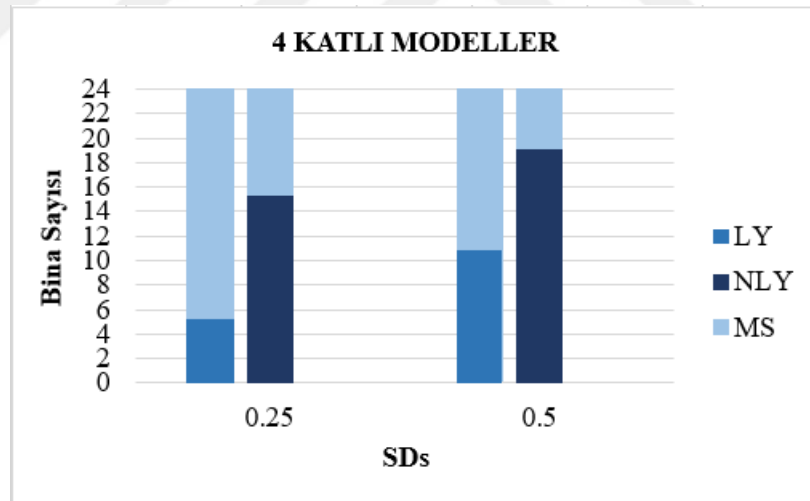
Şekil 5.11. 5 katlı bina modelleri için yeterli performansı gösteren binaların bina sayısı-açıklık sayısı parametrelerine göre dağılımı.

Şekil 5.12 - Şekil 5.14'te 3 katlı, 4 katlı ve 5 katlı modellerin $SD_s=0.25$ ve $SD_s=0.5$ değerleri için yapılan analiz sonuçları yer almaktadır. Şekillerde KH seviyesine (yani yeterli performans seviyesi) sahip bina sayısı, ilgili SD_s sınıfı ve kullanılan yöntemlere bağlı olarak gösterilmiştir. Sütunlarda her SD_s değeri için tasarlanan toplam model sayısı ve bu modellerin kaç tanesinin Lineer Yöntemde ve Nonlineer Yöntemde KH seviyesine ulaştığı gösterilmektedir. $SD_s=0.25$ ve $SD_s=0.5$ değerleri için tasarlanan 5 katlı modellerde her iki SD_s sınıfı için benzer sayılarda bina hedef performansı sağlamaktadır. Her iki SD_s değeri için 5 katlı modellere ait hedef performansı sağlayan bina modeli sayısı, 3 ve 4 katlı bina modellerine ait hedef performansı sağlayan bina sayısına göre daha fazla olduğu görülmektedir. 3 ve 4 katlı modeller için bakıldığında

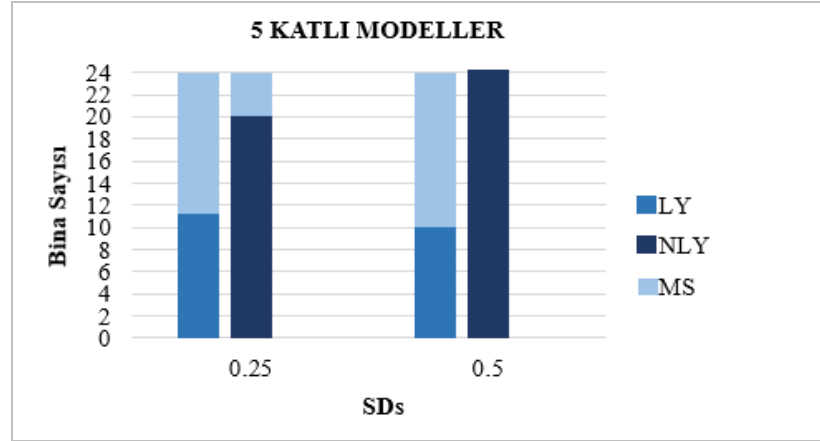
ise $SD_s=0.5$ değerine ait modellerin hedef performansı sağlayan bina modeli sayısı özellikle lineer analizde, $SD_s= 0.25$ değerine ait bina modellerinin hedef performansı sağlayan model sayısına kıyasla daha fazla olduğu görülmektedir.



Şekil 5.12. 3 katlı bina modelleri için yeterli performansı gösteren binaların bina sayısı- SD_s parametrelerine göre dağılımı.

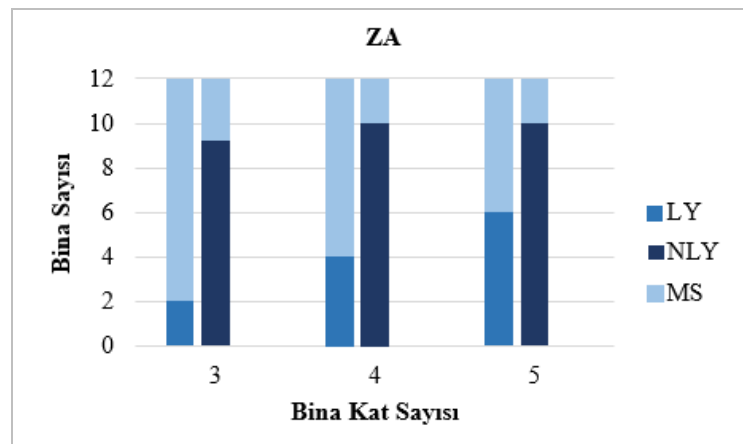


Şekil 5.13. 4 katlı bina modelleri için yeterli performansı gösteren binaların bina sayısı- SD_s parametrelerine göre dağılımı.

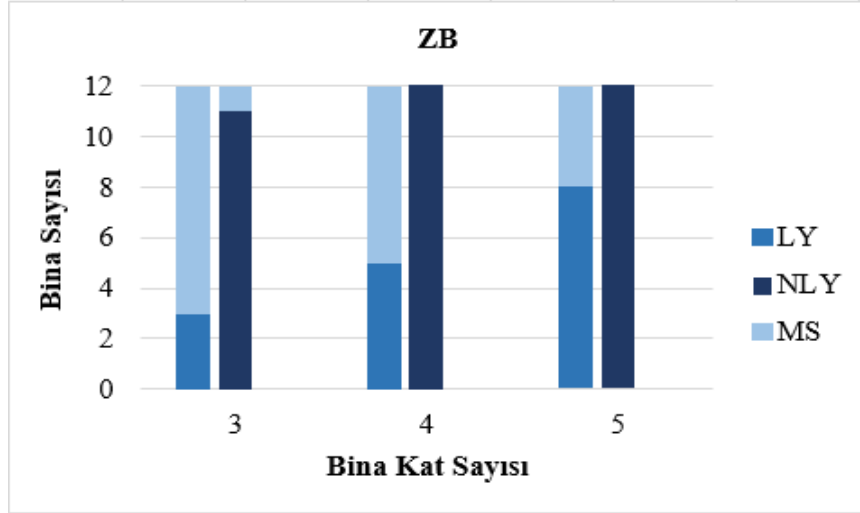


Şekil 5.14. 5 katlı bina modelleri için yeterli performansı gösteren binaların bina sayısı-SD_s parametrelerine göre dağılımı.

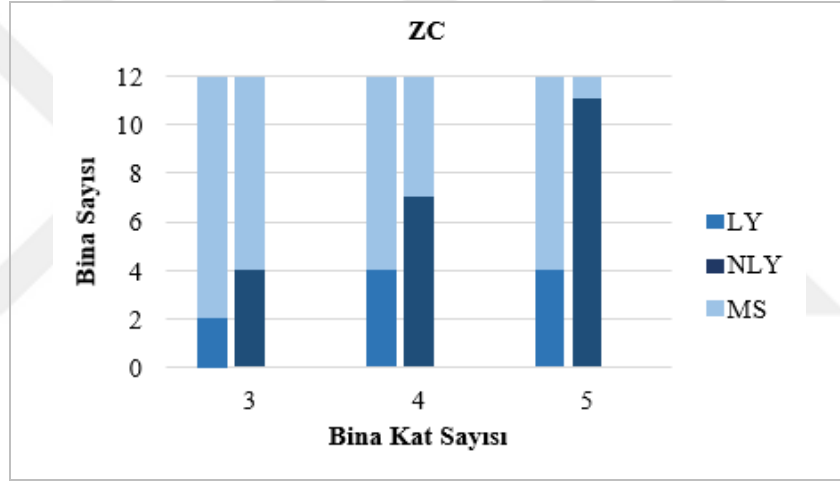
Şekil 5.15 - Şekil 5.18’de dört farklı zemin sınıfına ait modeller için yapılan analiz sonuçları yer almaktadır. Şekillerde KH seviyesine (yani yeterli performans seviyesi) sahip bina sayısı, ilgili zemin sınıfları için bina kat sayısı ve kullanılan yöntemlere bağlı olarak gösterilmiştir. Sütunlarda her zemin sınıfına ait farklı bina kat sayısı için tasarlanan toplam model sayısı ve bu modellerin kaç tanesinin Lineer Yöntemde ve Nonlineer Yöntemde KH seviyesine ulaştığı gösterilmektedir. Üç farklı kat sayısına sahip modeller içinde ZA ve ZB zemin sınıflarında hedef performansı sağlama oranı daha fazladır. ZC ve ZD sınıfına sahip modellerde ise 5 katlı binalar için hedef performansı sağlama miktarının yüksek olduğu görülürken 3 ve 4 katlı modellerde bu miktarın çok daha düşük olduğu görülmektedir. Genel olarak dört farklı zemin sınıfı içinde 5 katlı modellerde hedef performansı sağlayan bina modeli sayısının daha fazla olduğu görülmektedir. Zemin sağlamlaştıkça modellerin hedef performansı sağlama miktarının arttığı yorumu yapılabilmektedir.



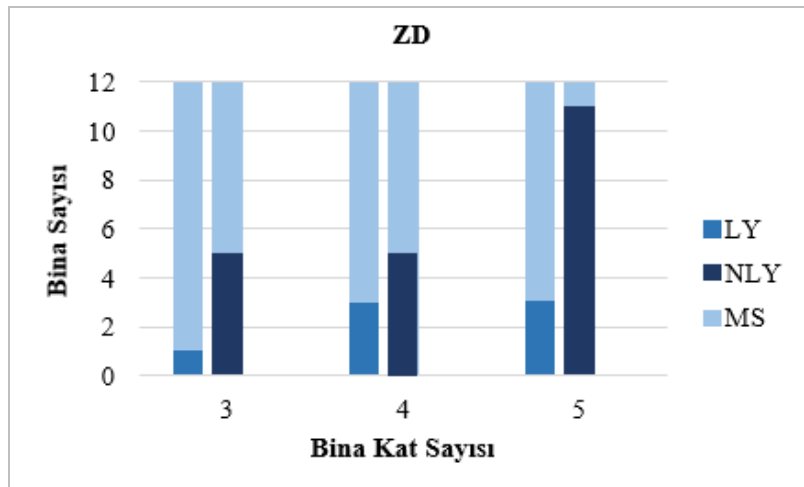
Şekil 5.15. ZA zemin sınıfına ait modeller için yeterli performansı gösteren binaların bina sayısı-bina kat sayısı parametrelerine göre dağılımı.



Şekil 5.16. ZB zemin sınıfına ait modeller için yeterli performansı gösteren binaların bina sayısı-bina kat sayısı parametrelerine göre dağılımı.

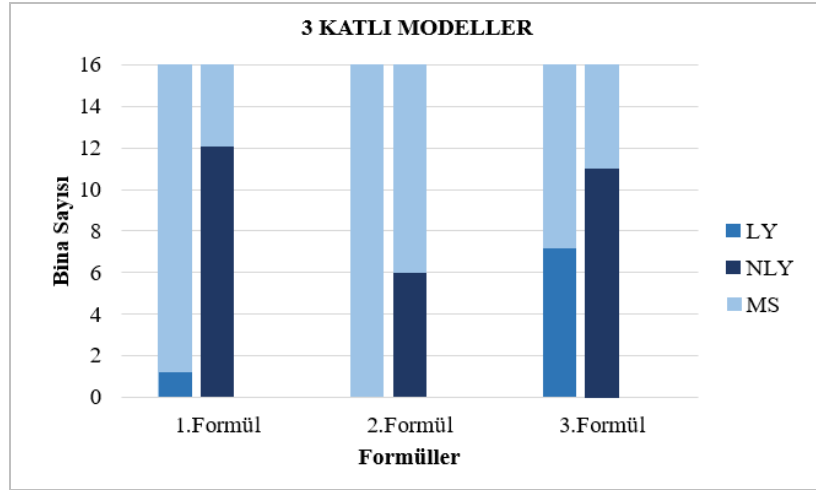


Şekil 5.17. ZC zemin sınıfına ait modeller için yeterli performansı gösteren binaların bina sayısı-bina kat sayısı parametrelerine göre dağılımı.

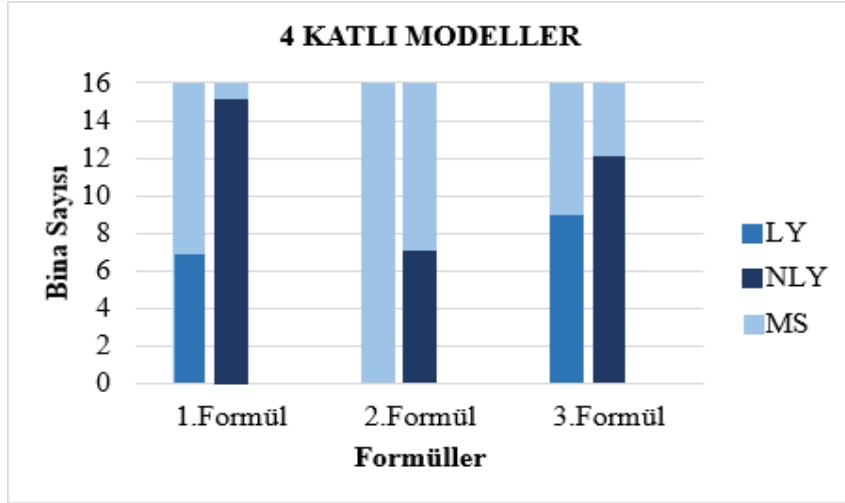


Şekil 5.18. ZD zemin sınıfına ait modeller için yeterli performansı gösteren binaların bina sayısı-bina kat sayısı parametrelerine göre dağılımı.

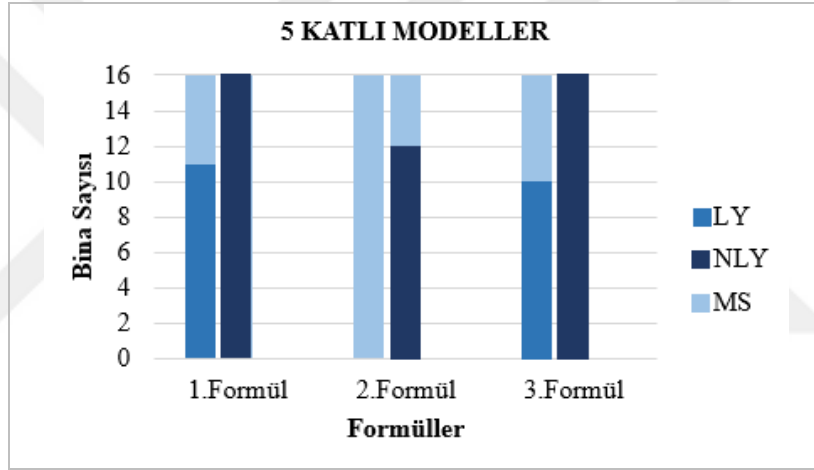
Şekil 5.19 - Şekil 5.21’de TBDY-2018’de öngörülen üç farklı kolon en kesit formülü kullanılarak hesaplanan 3 katlı, 4 katlı ve 5 katlı bina modellerine ait analiz sonuçları yer almaktadır. Şekillerde KH seviyesine (yani yeterli performans seviyesi) sahip bina sayısı, ilgili bina kat sayısı için kolon en kesit formüllerine ve kullanılan yöntemlere bağlı olarak gösterilmiştir. Sütunlarda her kolon en kesit formülü için tasarlanan toplam model sayısı ve bu modellerin kaç tanesinin Lineer Yöntemde ve Nonlineer Yöntemde KH seviyesine ulaştığı gösterilmektedir. Genel olarak bakıldığında üç farklı bina kat sayısı içinde 1. ve 3. formül kullanımı ile tasarlanan modellerin hedef performansı sağlama miktarının daha fazla olduğu görülmektedir. 2. Formül kullanımı ile tasarlanan modellerde lineer analiz sonucu hedef performansı sağlayan bina modelinin olmadığı görülmektedir. Üç farklı bina kat sayısı içerisinde 5 katlı modellerin hedef performansı daha çok sağladığı görülmektedir. 1. ve 3. kolon en kesit formülü kullanımı ile tasarlanan 4 katlı ve 5 katlı modellerde her iki analiz yöntemini de sağlayan model sayısının fazla olduğu görülmektedir. Üç farklı formül ile hesaplanan kolon en kesit değerlerinin 5 katlı modellerde biriken alan payının daha fazla olmasından dolayı daha büyük olduğu gözlemlenmiştir. Bu nedenle 5 katlı modellerin hedef performansı daha çok sağladığı düşünülmektedir.



Şekil 5.19. Farklı kolon en kesit formülleri ile tasarlanan 3 katlı modeller için yeterli performansı gösteren binaların bina sayısı-formül parametrelerine göre dağılımı.



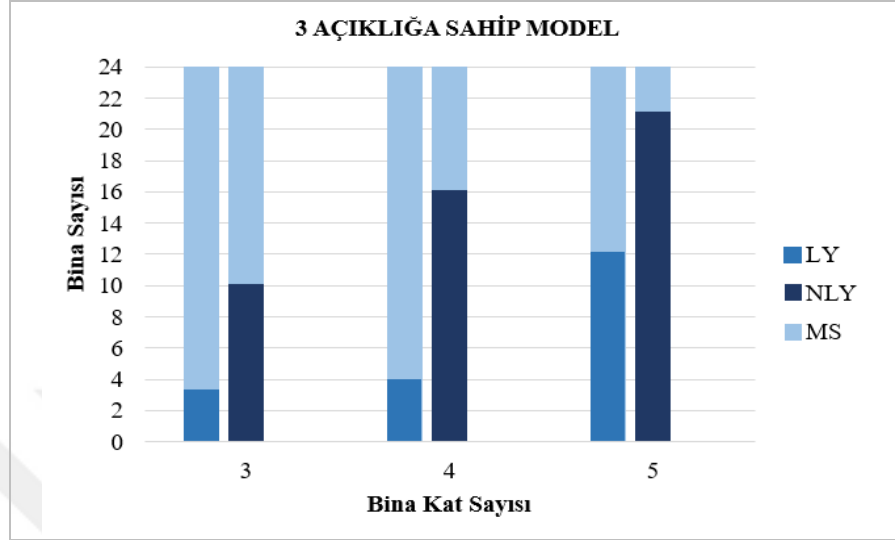
Şekil 5.20. Farklı kolon en kesit formülleri ile tasarlanan 4 katlı modeller için yeterli performansı gösteren binaların bina sayısı-formül parametrelerine göre dağılımı.



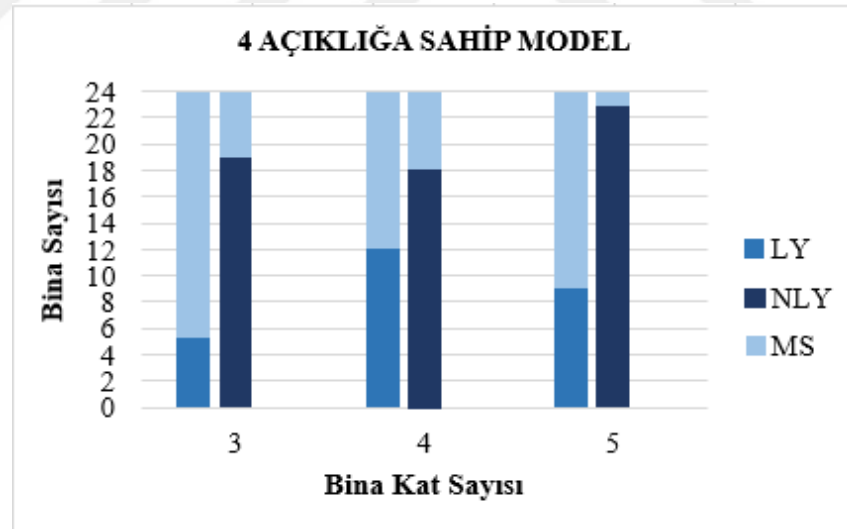
Şekil 5.21. Farklı kolon en kesit formülleri ile tasarlanan 5 katlı modeller için yeterli performansı gösteren binaların bina sayısı-formül parametrelerine göre dağılımı.

Şekil 5.22 - Şekil 5.23'te üç farklı bina kat sayısına sahip modellerin üç açıklığa (6.66 m) ve dört açıklığa (5 m) göre tasarlanması ile elde edilen analiz sonuçları yer almaktadır. Şekillerde KH seviyesine (yani yeterli performans seviyesi) sahip bina sayısı, ilgili açıklık sayısı için bina kat sayısı ve kullanılan yöntemlere bağlı olarak gösterilmiştir. Sütunlarda her açıklık sayısı için tasarlanan bina kat sayılarına göre toplam model sayısı ve bu modellerin kaç tanesinin Lineer Yöntemde ve Nonlinear Yöntemde KH seviyesine ulaştığı gösterilmektedir. Dört açıklığa sahip modellerin üç farklı bina kat sayısı içinde üç açıklıklı modellere göre daha fazla hedef performansı sağladığı görülmektedir. Dört açıklığa sahip modellerde üç farklı bina kat sayısı içinde nonlinear analiz sonuçlarında hedef performansı sağlayan bina sayısının birbirine yakın olduğu görülmektedir. Açıklık mesafesi arttıkça hedef performansı sağlayan bina

sayısının azaldığı düşünülmektedir. Özellikle üç katlı modellerde açıklık mesafesinin artması ile birlikte hedef performansı sağlayan model sayısının oldukça azaldığı görülmektedir.



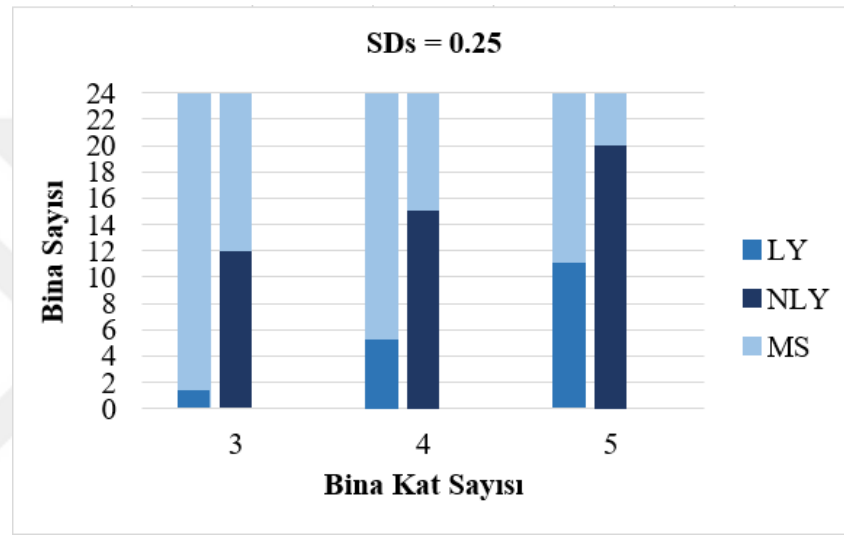
Şekil 5.22. Üç açıklığa sahip modeller için yeterli performansı gösteren binaların bina sayısı-bina kat sayısı parametrelerine göre dağılımı.



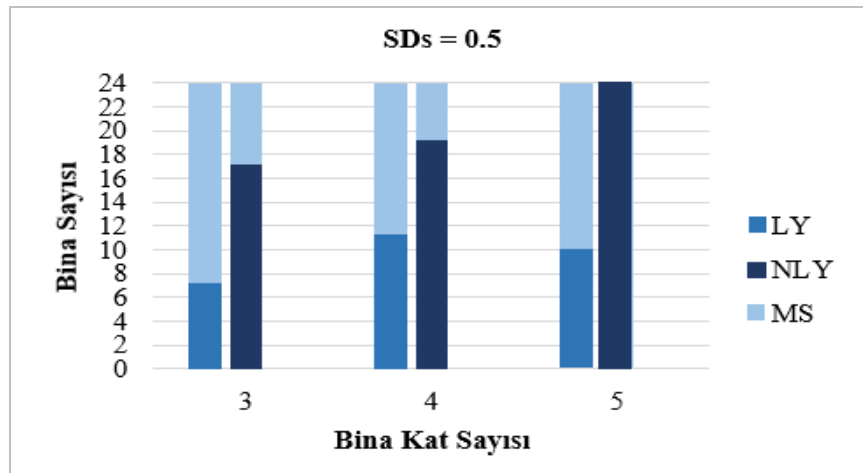
Şekil 5.23. Dört açıklığa sahip modeller için yeterli performansı gösteren binaların bina sayısı-bina kat sayısı parametrelerine göre dağılımı.

Şekil 5.24 - Şekil 5.25'te üç farklı bina kat sayısının $SD_s=0.25$ ve $SD_s=0.5$ değerlerine bağlı olarak tasarlanması ile elde edilen analiz sonuçları yer almaktadır. Şekillerde KH seviyesine (yani yeterli performans seviyesi) sahip bina sayısı, ilgili SD_s değeri için bina kat sayısı ve kullanılan yöntemlere bağlı olarak gösterilmiştir.

Sütunlarda her SD_s değeri için tasarlanan toplam model sayısı ve bu modellerin kaç tanesinin Lineer Yöntemde ve Nonlinear Yöntemde KH seviyesine ulaştığı gösterilmektedir. $SD_s=0.5$ değeri için tasarlanan modellerde hedef performansı sağlayan bina modeli sayısının daha çok olduğu görülmektedir. Özellikle 2. ve 3. formül SD_s değerine bağlı olduğu için SD_s değerinin artmasının kolon en kesitinin artmasına katkısı olduğu düşünülmektedir. Bina kat sayısı arttıkça her iki SD_s değeri içinde hedef performansı sağlayan model sayısının arttığı görülmektedir.

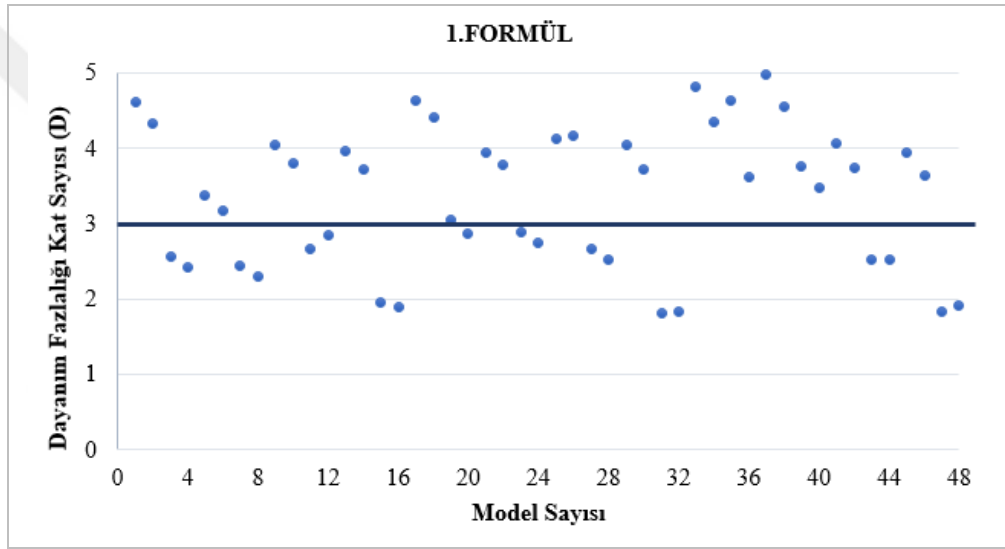


Şekil 5.24. $SD_s=0.25$ değerine sahip modeller için yeterli performansı gösteren binaların bina sayısı-bina kat sayısı parametrelerine göre dağılımı.

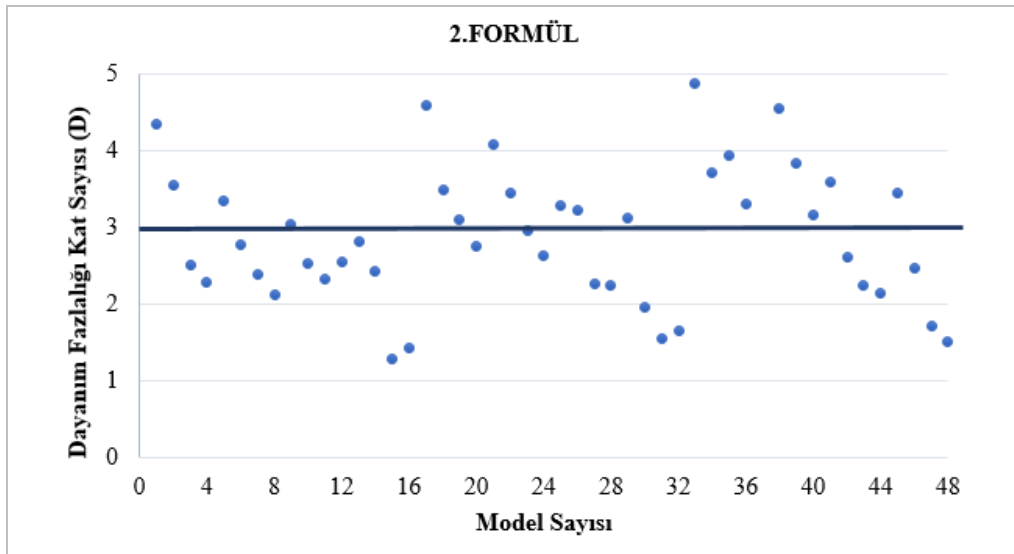


Şekil 5.25. $SD_s=0.5$ değerine sahip modeller için yeterli performansı gösteren binaların bina sayısı-bina kat sayısı parametrelerine göre dağılımı.

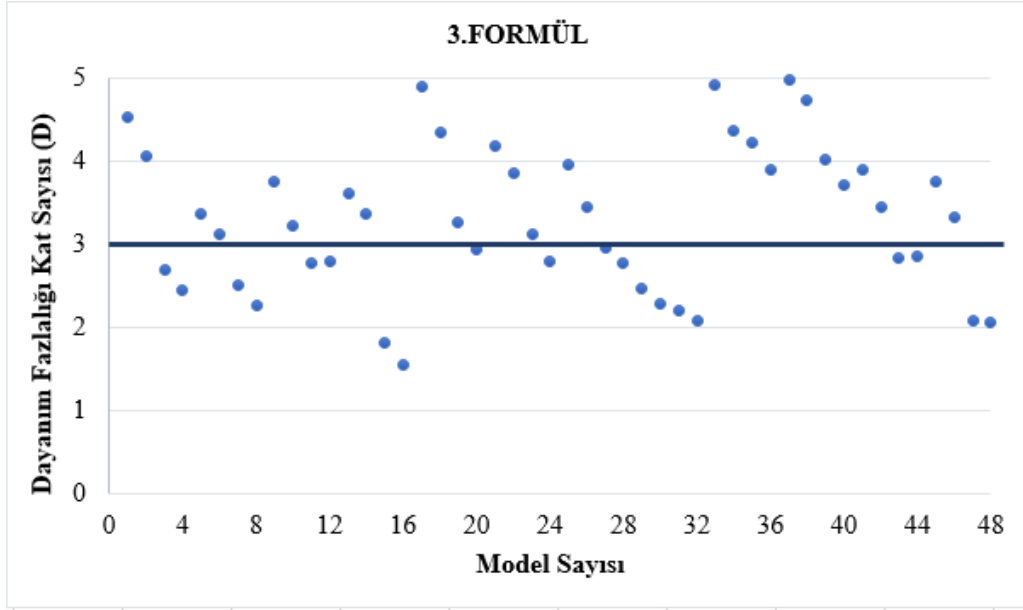
Şekil 5.26 - Şekil 5.28’de TBDY-2018’in öngördüğü üç farklı kolon en kesit formülü kullanımı ile elde edilen modellerin analizleri sonucunda elde edilen dayanım fazlalığı kat sayıları yer almaktadır. TBDY-2018’de taşıyıcı sistem tipi çerçeveli olan betonarme binalar için dayanım fazlalığı kat sayısı 3 olarak öngörülmektedir. Grafikler incelendiğinde 1.formül ve 3. formül kullanımı ile tasarlanan modellerin büyük bir kısmının dayanım fazlalığı kat sayısının 3 ve 3’ün üzerinde olduğu görülmektedir. 2. formül kullanımı ile tasarlanan modellerin yaklaşık olarak yarısının dayanım fazlalığı kat sayısının 3 ve 3’ün üzerinde olduğu görülmektedir. Bu durumun sebebinin 2. formül kullanılması sonucunda diğer formüllere göre daha küçük kolon en kesitleri elde edilmesinin olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 5.26. 1.formül kullanımı ile tasarlanan modellerin dayanım fazlalığı kat sayısı değerleri dağılımı.

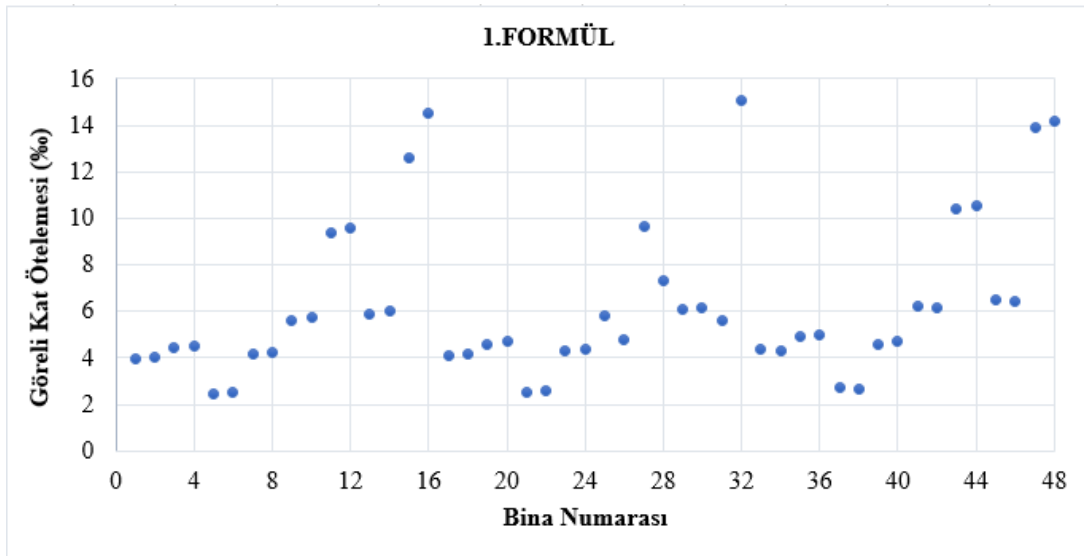


Şekil 5.27. 2.formül kullanımı ile tasarlanan modellerin dayanım fazlalığı kat sayısı değerleri dağılımı.

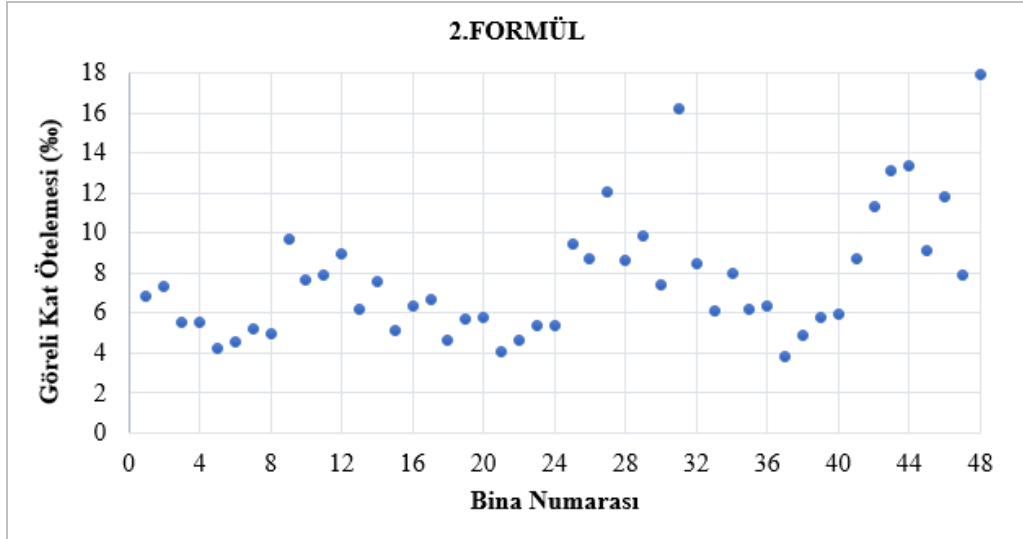


Şekil 5.28. 3.formül kullanımı ile tasarlanan modellerin dayanım fazlalığı kat sayısı değerleri dağılımı.

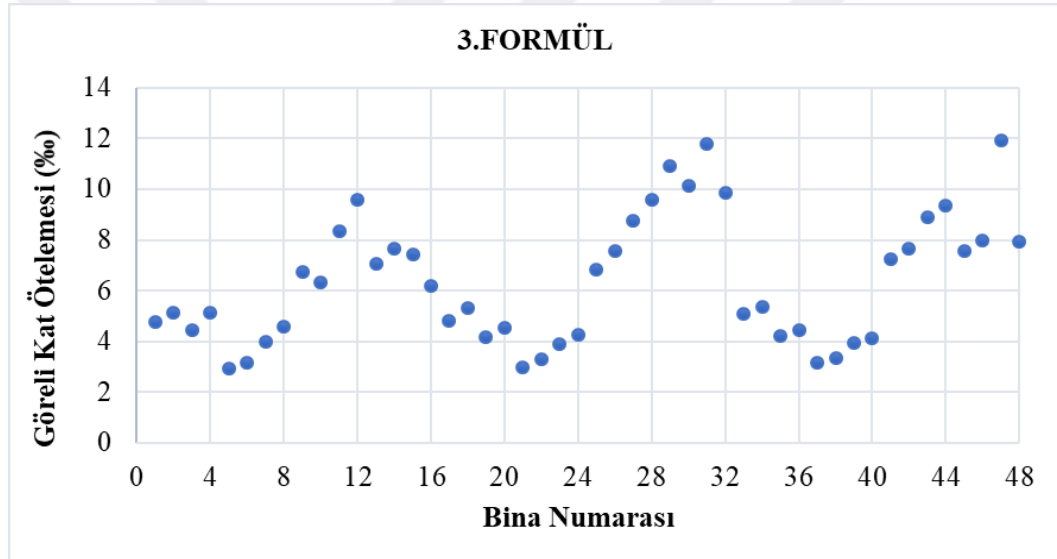
Şekil 5.29 - Şekil 5.31’de üç farklı kolon en kesit formülü ile tasarlanan modellerin analizleri sonucunda elde edilen görelî kat ötelemesi değerleri yer almaktadır. Modellerin görelî kat ötelemeleri değerlerinin büyük çoğunluğunun genel olarak % 2-10 olduğu görülmektedir. Değerler incelendiğinde en yüksek görelî kat ötelemesi değerleri 2. formül ile tasarlanan modellerde görülmektedir. 1. formül ve 3. formül ile tasarlanan modellerin görelî kat ötelemesi değerlerinin 2. formül ile tasarlanan modellere kıyasla daha küçük olduğu görülmektedir.



Şekil 5.29. 1.formül kullanımı ile tasarlanan modellerin görelî kat ötelemesi değerleri dağılımı.



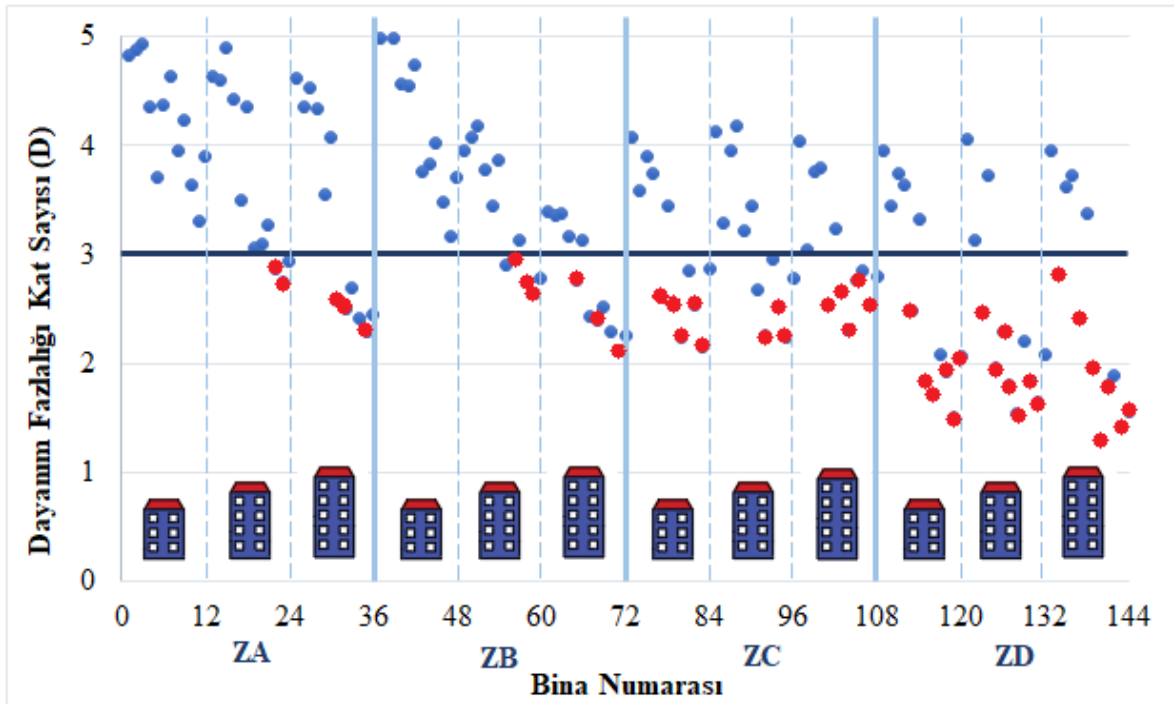
Şekil 5.30. 2.formül kullanımı ile tasarlanan modellerin görel kat ötelemesi değerleri dağılımı.



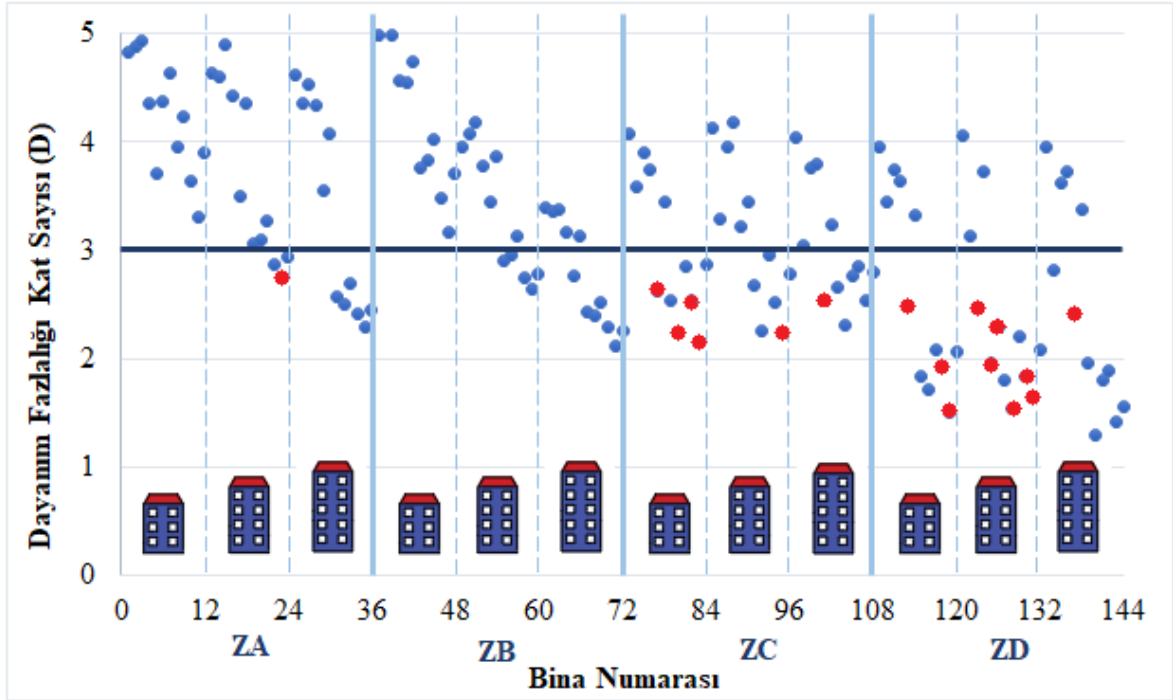
Şekil 5.31. 3.formül kullanımı ile tasarlanan modellerin görel kat ötelemesi değerleri dağılımı.

Şekil 5. 32- Şekil 5.33'te tasarlanan tüm modellerin dört farklı zemin sınıfına ve bina kat sayılarına göre elde edilen dayanım fazlalığı kat sayısı değerleri grafiği yer almaktadır. Dayanım fazlalığı katsayısı TBDY-2018'de 3 olarak öngörülmektedir. Grafiklerden Şekil 5.32'de dayanım fazlalığı katsayısı 3 değerinin altında olan ve Lineer Analiz sonucunda hedef performansı (KH) sağlayamayan modeller kırmızı renk ile taranmıştır. Şekil 5.33'te ise dayanım fazlalığı katsayısı 3 değerinin altında olan ve Nonlinear Analiz sonucunda hedef performansı (KH) sağlayamayan modeller kırmızı renk ile taranmıştır. Genel olarak modellerin analiz sonuçlarına bakıldığında ise 5 katlı modellerde ZA için 2.28-4.6, ZB için 2.11-3.38, ZC için 2.31-4, ZD için ise 1.29-3.96 arasında değişmektedir. ZD için bu oran oldukça farklı sonuçlar verip istenen değerin

altında kalabilmektedir. 4 katlı modellerde ZA, ZB ve ZC için 2.5-4 aralığında olup genel olarak istenen değer sağlanmaktadır. ZD zemin sınıfına sahip modellerde ise birkaç model 2.5-4 aralığında olup modellerin büyük bir kısmının dayanım fazlalığı kat sayısı istenen değer altındadır. 3 katlı modellerde ZA, ZB ve ZC zemin sınıflarına ait modellerin büyük bir kısmının dayanım fazlalığı katsayısı genel olarak 3 ve 3'ün üstünde olduğu görülmektedir. ZD zemin sınıfı için ise dayanım fazlalığı kat sayısı 3'ün üstünde olan modeller olduğu gibi çok aşağısında 1.5-2 aralığında olan modellerinde olduğu görülmektedir. Genel olarak 3 ve 4 katlı modellerde ZA ve ZB zemin sınıfına ait modellerin dayanım fazlalığı kat sayısının istenen değerden büyük olduğu ve 3 ve 4 katlı modellerin dayanım fazlalığı kat sayısının 5 katlı modellere kıyasla daha büyük olduğu görülmektedir. ZD zemin sınıfına ait modellerin dayanım fazlalığı kat sayısının ise oldukça düşük olduğu görülmektedir.

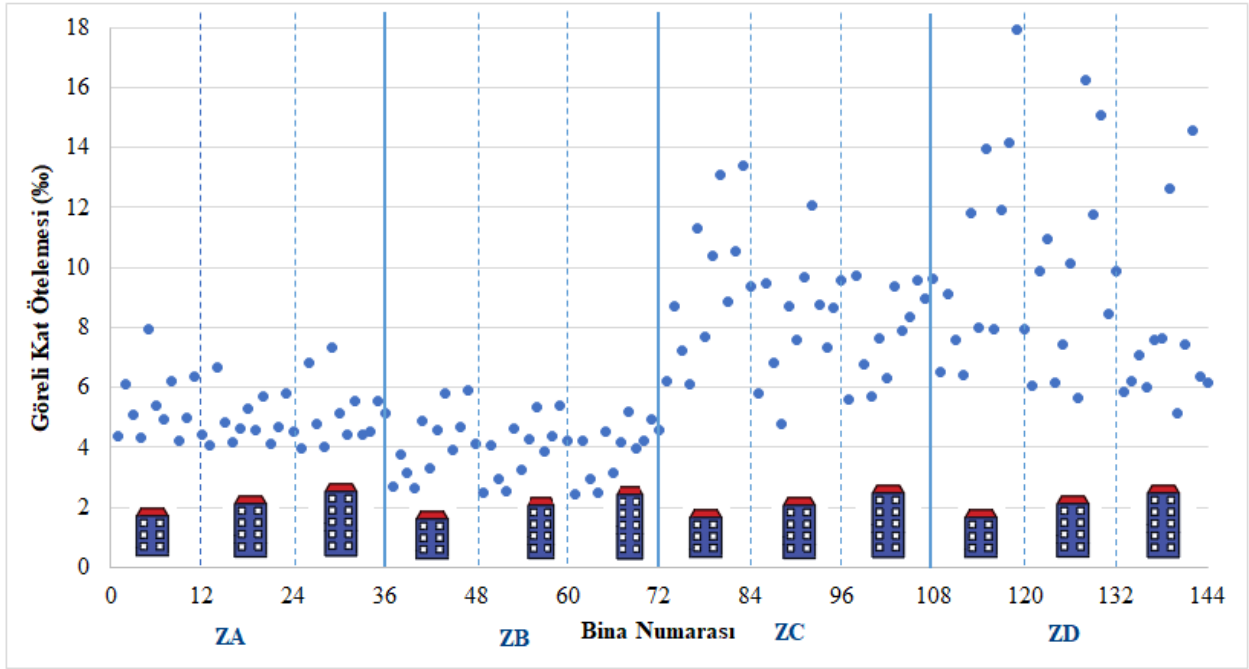


Şekil 5.32. Tüm modellerin bina kat sayıları ve zemin sınıflarına göre dayanım fazlalığı kat sayısı değerleri dağılımı.



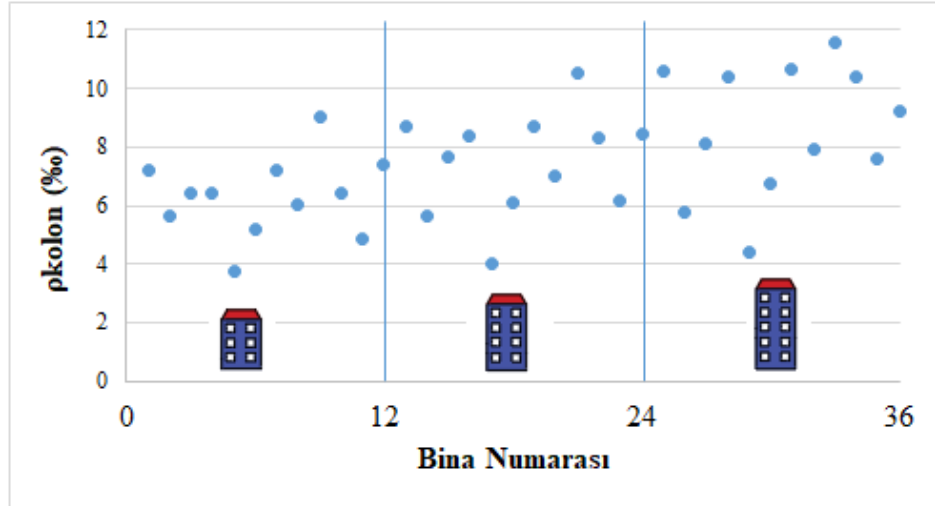
Şekil 5.33. Tüm modellerin bina kat sayıları ve zemin sınıflarına göre dayanım fazlalığı kat sayısı değerleri dağılımı.

Şekil 5.34'te tasarlanan tüm modellerin dört farklı zemin sınıfına ve bina kat sayılarına göre elde edilen görelî kat ötelemesi değerleri grafiğı yer almaktadır. ZA ve ZB zemin sınıfı için görelî kat ötelemesi değerlerinin üç farklı bina kat sayısı için de daha az olduğı görölmektedir. ZD zemin sınıfı için ise bu değerin diğeri zemin sınıflarına kıyasla daha fazla olduğı görölmektedir. 3 ve 4 katlı modellerde ise özellikle ZC ve ZD sınıfında görelî kat ötelemesi değerlerinin oldukça fazla olduğı görölmektedir. Genel olarak 5 katlı modellerin görelî kat ötelemesi değerlerinin daha az olduğı görölmektedir.



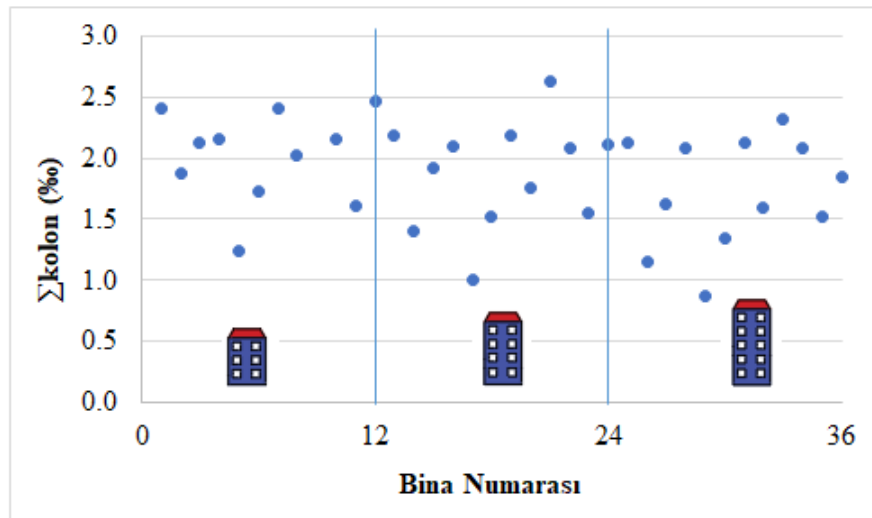
Şekil 5.34. Tüm modellerin bina kat sayıları ve zemin sınıflarına göre görelî kat ötelemesi değeri dağılımı.

Şekil 5.35'te $\rho_{\text{kolon-bina}}$ sayısı grafiği yer almaktadır. ρ_{kolon} değeri, zemin kat kolon alanları toplamının zemin kat taban alanına oranı ile elde edilmektedir. Kolon en kesit hesabında kullanılan üç farklı formül, binaların zemin sınıflarına bağlı değildir. Bu nedenle farklı zemin sınıfları için aynı kolon en kesitleri elde edilmektedir. Şekildeki grafikte zemin sınıfına bağlı olmaksızın tasarladığımız farklı kolon en kesitlerine sahip 3 katlı, 4 katlı ve 5 katlı modeller için toplamda 36 adet modelin ρ_{kolon} değeri yer almaktadır. Grafik incelendiğinde bina kat sayısı artması ile ρ_{kolon} değerinin arttığı görülmektedir. Bu durumun sebebinin ise formülde yer alan ilgili kolonun tüm katlar boyunca biriken alan payının artması ile kolon en kesit büyüklüğünün artması olarak düşünülmektedir. Tüm katlar boyunca biriken alan payının artması ile 5 katlı modellerin ρ_{kolon} değerinin daha büyük olduğu düşünülmektedir. Modellerin görelî kat ötelemesi değerlerine bakıldığında 5 katlı modellerin görelî kat ötelemesi değerlerinin daha az olduğu gözlemlenmiştir. Modellerin dayanım fazlalığı kat sayısına bakıldığında ise 3 ve 4 katlı modellerin dayanım fazlalığı kat sayısının 5 katlı modellere kıyasla daha büyük olduğu gözlemlenmiştir. 5 katlı modellerin dayanım fazlalığı kat sayısının zemin sınıfına bağlı olarak ZA ve ZB zemin sınıfında birkaç model dışında genel olarak 3 ve 4 katlı modellere yakın olduğu düşünülmektedir.



Şekil 5.35. Modellerin ρ_{kolon} - bina numarası parametrelerine göre dağılımı.

Şekil 5.36'da Σ_{kolon} - bina numarası grafiği yer almaktadır. Σ_{kolon} değeri, zemin kat kolon alanlarının toplam bina taban alanına oranı ile elde edilmektedir. Yönetmeliğin öngördüğü kolon en kesit değerlerini hesaplamada kullandığımız üç farklı formül zemin sınıfına bağlı olmadığı için bu grafikte de kolon en kesit değerleri farklı olan 36 model temel alınmıştır. Grafik incelendiğinde 3 ve 4 katlı modellerin Σ_{kolon} değerinin 5 katlı modellere kıyasla nispeten daha büyük olduğu görülmektedir. Bu durumun zemin kat kolon alanları toplamının toplam bina kat alanına bölünmesi ve 5 katlı modellerin daha büyük bir toplam bina kat alanına sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Σ_{kolon} değerinin 3 ve 4 katlı modellerde daha fazla olduğu için dayanım fazlalığı kat sayısının da 3 ve 4 katlı modellerde 5 katlı modellere kıyasla daha fazla olduğu düşünülmektedir.



Şekil 5.36. Modellerin Σ_{kolon} - bina numarası parametrelerine göre dağılımı.

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada TBDY-2018'in 17. Bölümü ile imal edilmiş olan 144 adet Betonarme binanın performans analizleri ile kapsamlı bir nümerik çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın temel bulguları aşağıda özetlenmiştir;

- Çalışmaya genel olarak bakıldığında, Nonlineer Yöntem ile analiz edilen ve KH performansı sağlayan modellerin sayısının Lineer Yöntem ile analiz edilen ve KH performansı sağlayan modellerin sayısına göre fazla olduğu görülmektedir.
- Farklı zemin sınıfları için, üç farklı bina kat sayısına sahip modeller içinde ZA ve ZB zemin sınıflarında hedef performansı sağlama oranının daha fazla olduğu görülmektedir. ZC ve ZD sınıfına sahip modellerde ise 5 katlı bina için hedef performansı sağlama miktarının yüksek olduğu görülürken 3 ve 4 katlı modellerde bu miktarın çok daha düşük olduğu görülmektedir.
- Üç farklı kolon en kesit formülü kullanılarak tasarlanan modeller için, 1. ve 3. formül kullanılarak hesaplanan binalarda Lineer ve Nonlineer analizler sonucunda hedef performans değerini sağlayan bina modeli sayısının daha fazla olduğu görülmektedir. 2. formül ile tasarlanan modellerin analiz sonuçları incelendiğinde ise 2 numaralı formül ile daha küçük kolon en kesit değerleri elde edilmesinden dolayı çok yeterli olmadığı düşünülmektedir.
- İki farklı açıklık ile tasarlanan modeller için, dört açıklığa sahip (5 m) ve üç açıklığa sahip (6.66 m) binalar incelendiğinde performans hedefini sağlayan bina modelinin dört açıklıklı modellerde daha fazla olduğu görülmektedir.
- İki farklı SDS değeri ile tasarlanan modeller için, $SDS=0.5$ değeri ile tasarlanan modellerin hedef performansa daha çok ulaştığı görülmektedir. Her iki SDS değeri için 5 katlı modellere ait hedef performansı sağlayan bina modeli sayısı, 3 ve 4 katlı bina modellerine ait hedef performansı sağlayan bina sayısına göre daha fazla olduğu görülmektedir.

- Dayanım fazlalığı kat sayısı için, 3 ve 4 katlı modellerde özellikle ZA ve ZB zemin sınıfı için dayanım fazlalığı kat sayısı değeri genel olarak TBDY-2018’de istenen 3 değerine ulaştığı ve geçtiği görülmektedir. 5 katlı modellerde yine genel olarak dayanım fazlalığı kat sayısı 3 değerine ulaşmıştır ancak 3 ve 4 katlı modellerdeki kadar yüksek sonuçlar görülmemiştir. Dayanım fazlalığı kat sayısı değerinin 1. ve 3. formül ile tasarlanan modellerde daha fazla olduğu görülmektedir. Ayrıca dayanım fazlalığı katsayısının 3’ün ’altında olan binaların yönetmeliğin istemiş olduğu performans seviyesini büyük olasılıkla sağlayamayacağı da elde edilen önemli bulgular arasındadır.
- Göreli kat ötelemesi değerleri için, 5 katlı modellerin göreli kat ötelemesi değerlerinin 3 ve 4 katlı modellere kıyasla daha az olduğu görülmektedir. Zemin sınıfı açısından bakıldığında göreli kat ötelemesi değerlerinin ZA ve ZB zemin sınıfı için daha az olduğu görülmektedir. 2 numaralı formül ile tasarlanan modellerin göreli kat ötelemesi değerlerinin nispeten daha büyük olduğu görülmektedir.
- Farklı bina kat sayıları için, sonuçlara bakıldığında 5 katlı bina modellerinde performansı sağlayan model sayısının 3 ve 4 katlı modellere göre daha fazla olduğu görülmektedir. Bu durumun 3 ve 4 katlı modellerin dayanım fazlalığı kat sayısının büyük olmasına rağmen deplasmanlarının daha fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

6.1. Yorum /Tartışma/Öneri

Bu çalışma kapsamında yapısal çözümleme ve tasarım aşamaları ile uygulama sırasında yapılabilecek hataları en aza indirgeyerek az katlı ve düzenli betonarme binaların depreme dayanıklı tasarımı için geliştirilmiş alternatif yöntem sunulmuş ve yeni örnekler ile hem tasarım hem de artımsal itme analizi kullanılarak yapılan performans değerlendirme yöntemleri ile doğrulanmıştır. Çalışmadan ulaşılan temel bulgular şu şekildedir;

- 1) 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 17. Bölümde “Düzenli Yerinde Dökme Betonarme Binalar İçin Basitleştirilmiş Tasarım Kuralları” konulu

yeni bir başlık içermektedir. İlgili bölümde basitleştirilmiş tasarım kurallarının uygulama kapsamı ve genel kuralları verilmiştir. Türkiye’de betonarme bina stokunun önemli bir kısmı bu yönetmeliğin ilgili bölümüne uymaktadır.

- 2) 17. Bölümde temel sınırlar yapının BKS=3 olan konut ve iş yeri türü olması, yüksekliğinin maksimum 17.5 m olması planının düzgün olması, düzensizlik içermemesi ve yüklerin alışlagelmiş yük seviyelerinin üzerinde olmamasıdır.
- 3) Analiz sonuçlarına bakıldığında toplamda 144 adet modelden Lineer yöntemde KH performans düzeyini sağlayan model sayısı 44 adet, Nonlineer yöntemde ise 107 adet olarak görülmektedir. Sonuç olarak basitleştirilmiş kurallara göre tasarlanan binada yönetmelik performans kriterleri en azından bir yönetime göre sağlanamamaktadır. Yönetmeliğin öngördüğü iki analiz yöntemi için bu kadar farklı sonuçlar elde edilmesi dikkat çekmektedir.
- 4) TBDY-2018’in kolon en kesiti hesaplamak için öngördüğü üç farklı basit formül ile tasarlanan modellerin sonuçlarına bakıldığında 2. formül ile tasarlanan modellerin hedef performans düzeyini sağlamada yetersiz kaldığı görülmektedir. TBDY-2018’in öngördüğü 1. ve 3. formül ile daha büyük en kesitler elde edildiği için daha iyi sonuçlar verdiği düşünülmektedir. Modellerin görelî kat ötelemelerinin de bu nedenle 1. ve 3. Formül ile tasarlanan modellerde daha küçük olduğu düşünülmektedir.
- 5) Analiz sonuçlarında zemin sınıfları içerisinde özellikle ZA ve ZB gibi daha dayanıklı zeminlerde daha güvenilir sonuçlar elde edildiği görülmüştür.
- 6) 5 katlı modellerde formülde yer alan tüm katlar boyunca biriken alan payı arttığı için kolon en kesit değerlerinin arttığı bunun sonucunda görelî kat ötelemesinin 3 ve 4 katlı modellere göre daha az olduğu düşünülmektedir.
- 7) Çalışmada ele alınan yapılar yeni yapılacak yapılar olduğu için modellemelerde seçilen 35 MPa karakteristik basınç dayanımına sahip betonun performans analizlerinde beklenen basınç dayanımı olarak 45.5 MPa değerinin baz alınması halinde elde edilen sonuçların olumlu yönde değişeceği de düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Anonim.(2020).Wazira:https://www.researchgate.net/figure/FEMA-356-decision-variables-taken-from-7_fig2_278414146
- Aksoy H B., ve Avşar Ö., 2015, Dolgu duvarların betonarme çerçeve davranışına etkisinin basitleştirilmiş bir yöntemle dikkate alınması, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 21, 115-122.
- Aydınoğlu M. N., (2005), "Mevcut veya Güçlendirilen Köprü ve Viyadüklerinin Deprem Performanslarının Nonlinear Analiz Yöntemleri ile Değerlendirilmesi", TC Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü Raporu, İstanbul.
- Aykaç, S., Aykaç, B. ve Böcek M., 2014, Dikdörtgen kesitli betonarme kolonların yaklaşık hesabı için basit bir formül, *International Journal of Engineering Research and Development*, 6 (2).
- Börekçi, M., 2020, Günümüz tasarım yöntemlerinin betonarme binaların deprem performansına etkisinin park-ang hasar indeksi ile belirlenmesi, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 25 (1), 325-340.
- Crisinel, M. ve Marimon, F., 2004, A new simplified method for the design of composite slabs, *Journal of Constructional Steel Research*, 60, 481-491.
- Çavdar, Ö., Köse Sunca G Ç. ve Sunca F., 2020, Betonarme binaların deprem performanslarına dolgu duvarların etkisinin incelenmesi, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 25 (1), 465-481.
- Çelebi, O. ve Aydın, A C., 2021, Tarihi şenkaya yünören köprüsünün deprem performansının incelenmesi, *Niğde Ömer Halis Demir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 10(1), 284-300.
- Çolakoğlu, H E., 2019, U şekilli betonarme perdelerin farklı yatay yük etkileri altında doğrusal olmayan davranışı, *Teknik Dergi*, 8887-8912.
- Dalyan, İ. ve Şahin, B., 2019, Mevcut betonarme bir binanın 2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerine göre deprem yükleri altındaki taşıyıcı sistem performansının değerlendirilmesi, *Türk Deprem Araştırma Dergisi*, 1 (2), 134-147.
- Düzgün, M. ve Bozdağ, Ö., 2013, Betonarme yapıların deprem performansının belirlenmesi, *Seminer*, Manisa.
- Erdil B, 2017, Dikdörtgen kesitli betonarme perde duvarların taşıma gücü momenti hesabı için basit bir yaklaşım, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 23, 209-220.
- Evan C Bentz., Vecchio F J., ve Collins M P., 2006, Simplified modified compression field theory for calculating shear strength of reinforced concrete elements, *ACI Structural Journal*, 103, 614-624.

- Fırat Alemdar, Z., 2020, Seismic performance assessment of prefabricated industrial buildings with semi-rigid connections, *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 25 (1), 247-267.
- Gao, W Y., Dai, J G., ve Teng, J G., 2016, Simple Method for Predicting Temperatures in Reinforced Concrete Beams Exposed to a Standard Fire, *All Issues - Advances in Structural Engineering*, 17, 573-589.
- İlki, A., Orakçal, K., Cömert, M. ve Gülkan, P., 2015, Az katlı, düzenli ve yerinde dökülmüş betonarme binalar için basitleştirilmiş deprem tasarımı kuralları, *Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, İzmir.
- Keyik, T Z. 2019, ASCE 41-17 ve Türk deprem yönetmelikleri kapsamında mevcut betonarme bir binanın performans analizi ve sonuçlarının karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 1-7.
- Kondakcı, K., 2014. Yapı dinamik davranışının yönetmelik çerçevesinde tanımlanmış deprem yükleri için doğrusal elastik olmayan yöntemlerle incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kocaeli.
- Mutlu, E O. 2019, UPE ve IPE çelik konsol kirişlerin yanal burulmalı burkulmasının nonlinear sonlu elemanlar yöntemi ile analizi, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-2.
- Özaydın, Y. 2019, 30 katlı betonarme yüksek bir binanın 2018 TBDY kapsamında tasarımı ve performans analizi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Deprem Mühendisliği ve Afet Yönetimi Enstitüsü*, İstanbul, 1-2.
- Özbayrak, A., 2019, Deprem etkisi altındaki betonarme kirişsiz plak döşemelerin eğilme momentlerinin ysa analizi ile tahmin edilmesi, *Ömer Halis Demir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8 (2), 979-991.
- Özer, Ö. ve Yüksel, S B., 2020, Farklı betonarme bağ kirişi modellerinin TBDY (2018)'e göre yapı performansına etkisi, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 25, 1169- 1186.
- Özmen, A. ve Sayın, E., 2020, Tarihi yığma bir köprünün deprem davranışının değerlendirilmesi, *Niğde Ömer Halis Demir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 9 (2), 956-965.
- Saiidi M, Sozen M.A, 1979, Simple and complex models for nonlinear seismic response of reinforced concrete structures, *Civil Engineering Studies Structural Research Series No.465*, University Of Illinois at Urbana.
- TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, 2018, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü, 2002, Karot Basınç Dayanımı TS EN 12504-1, Ankara.
- Yıldızoğlu, H. 2019, Tarihi yığma yapıların performans analizi: okul binası örneği, Yüksek Lisans Tezi, *Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bayburt, 1.

Zaky, M A. 2019, Oyulma etkisi altındaki köprü kazıklarının modellenmesi ve zaman tanım alanı analiz yöntemiyle davranışının belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Antalya, 1-4.

