ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BAFRA (SAMSUN)'DA BETONARME BİR BİNA TASARIMI VE DEPREM PERFORMANSI AÇISINDAN FARKLI ZEMİN GRUPLARINDAKİ ANALİZLERİ

Ersan AKSOY

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ÇANKIRI
2023

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Ersan AKSOY tarafından hazırlanan **"Bafra (Samsun)'da Betonarme Bir Bina Tasarımı ve Deprem Performansı Açısından Farklı Zemin Gruplarındaki Analizleri"** adlı tez çalışması 01/02/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman **:** Prof. Dr. Ender SARIFAKIOĞLU

Eş Danışman **:** Dr. Öğr. Üyesi Pembe Merve KARABULUT

Jüri Üyeleri **:**

Başkan **:** Prof. Dr. Ender SARIFAKIOĞLU
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Çankırı Karatekin Üniversitesi

Üye **:** Dr. Öğr. Üyesi Başak VARLI BİNGÖL
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Çankırı Karatekin Üniversitesi

Üye **:** Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ERGÜN
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Bayburt Üniversitesi

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. İbrahim ÇİFTÇİ

Enstitü Müdürü

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğine göre hazırlamış olduğum **"Bafra (Samsun)'da Betonarme Bir Bina Tasarımı ve Deprem Performansı Açısından Farklı Zemin Gruplarındaki Analizleri"** konulu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, tezin Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nden başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve bu çalışmanın Çankırı Karatekin Üniversitesi tarafından kullanılan "Bilimsel İntihal Tespit Programı"yla tarandığını, "intihal içermediğini" beyan ederim. Çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması halinde ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm. Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim (01/02/2023).

Ersan AKSOY

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BAFRA (SAMSUN)'DA BETONARME BİR BİNA TASARIMI VE DEPREM PERFORMANSI AÇISINDAN FARKLI ZEMİN GRUPLARINDAKİ ANALİZLERİ

Ersan AKSOY

Çankırı Karatekin Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ender SARIFAKIOĞLU
Eş Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Pembe Merve KARABULUT

Günümüzde, inşaat sektörü özellikle konut inşası alanında hızlı bir büyüme içerisindedir. Artan proje ve yapı denetim firmalarının işlerindeki aksamalar, zemin etüt raporlarındaki yanlışlıklar ve proje aşamasındaki hatalı zemin sınıfı seçimi gibi birçok sebep depreme dayanıksız yapıların sayısını arttırmaktadır. Bu nedenle, bu çalışmanın amacı, tasarımı yapılmış bir betonarme yapıyı farklı zemin sınıflarında analiz ederek yapının deprem performansı açısından nasıl değişkenlik gösterdiğini araştırmaktır. Bu durumu belirlemek üzere 5 katlı betonarme bir yapı için İdeCAD statik analiz programında mod birleştirme yöntemi kullanılarak analizler yapılmıştır. Araştırma alanı Samsun ilinin Bafra İlçesinde Fevzi Çakmak Mahallesinde bir konut projesi olarak tasarlanmış 5 katlı bir betonarme bir yapıdır. Yapı, 1 adet bodrum kat, 1 adet zemin kat ve 3 adet normal kattan oluşmaktadır. Elde edilen bulgular sonucunda deprem yükü değerini birebir etkileyen spektrum ivme değeri, taban kesme kuvveti, göreli kat öteleme değeri, deprem devrilme momenti, kolonlara ve kirişlere ait iç kuvvetler ZA zemin sınıfından ZE zemin sınıfına doğru artış göstermektedir. ZA zemin sınıfı ile ZB zemin sınıfı arasındaki taban kesme kuvveti ve spektrum ivme değerinde belirgin bir artış gözlemlenmezken ZB zemin sınıfından ZE zemin sınıfına gidildikçe artış oranında belirgin bir fark olduğu görülmektedir. Yapıda meydana gelen burulma ve rijitlik düzensizliği ZB, ZC, ZD ve ZE zemin sınıflarına göre ZA zemin sınıfında daha azdır. İkinci mertebe gösterge değeri ise ZA zemin sınıfından ZE zemin sınıfına doğru yapıda meydana gelen deplasmanlar ve kesme kuvvetlerinden dolayı azalmaktadır. Son olarak, her iki deprem doğrultusunda yapılmış olan performans analizi (nonlineer itme analizi) sonucunda ZA, ZB, ZC ve ZD zemin sınıflarında yapı sınırlı hasar performans düzeyindeyken ZE zemin sınıfında kontrollü hasar performans düzeyindedir.

2023, 99 sayfa

ANAHTAR KELİMELER: Deprem performansı, Zemin sınıfı, Betonarme yapı

ABSTRACT

Master of Science Thesis

DESIGN OF A REINFORCED CONCRETE BUILDING IN BAFRA (SAMSUN) AND ANALYSIS OF DIFFERENT SOIL GROUPS IN TERMS OF EARTHQUAKE PERFORMANCE

Ersan AKSOY

Çankırı Karatekin University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering

Advisor: Prof. Dr. Ender SARIFAKIOĞLU
Co-Advisor: Asst. Prof. Dr. Pembe Merve KARABULUT

Today, the construction industry is rapidly growing, especially in the area of building housing. Many reasons, such as disruptions in the work of increasing project and structure control firms, inaccuracies in the ground study reports, and incorrect soil class selection in the project stage, increase the number of earthquake-resistant structures. Therefore, the purpose of this study is to analyze a design-made concrete structure in different soil classes to study how the structure varies in terms of earthquake performance. To determine this case, analysis was performed using the mode merge method in the IdeCAD static analysis program for a 5-ply reinforced structure. The research area is a 5-storey reinforced concrete structure designed as a housing project in Fevzi Çakmak District of Bafra District of Samsun province. The structure consists of 1 basement floor, 1 ground floor and 3 normal floors. The findings show an increase in the spectrum acceleration value, the base cutting force, the relative ply offset, the earthquake tipping moment, the internal forces of the columns and beams from the ZA floor class to the ZE floor class, which directly affects the value of the earthquake load. There is no significant increase in the base shear force and spectrum acceleration value between the ZA floor class and the ZB floor class, but there is a significant difference in the increase rate as ZB soil class goes to the ZE floor class. The torsional and rigidity irregularities in the structure are lower in the ZA floor class than in ZB, ZC, ZD and ZE floor classes. The second level indicator value is reduced due to the displacement and cutting forces that occur in the structure from the ZA floor class to the ZE floor class. Finally, the performance analysis (nonlinear push analysis) based on both earthquakes results in the ZA, ZB, ZC and ZD floor classes, while the structure is at limited damage performance level, while the ZE is at a level of ground-class controlled damage performance.

2023, 99 pages

Keywords: Earthquake performance, Soil class, Reinforced concrete structure

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Çalışma sürecinde danışmanlığımı üstlenerek engin bilgi ve deneyimlerinden yararlanmamı sağlayan değerli hocalarım, sayın Prof. Dr. Ender SARIFAKIOĞLU ve Dr. Öğr. Üyesi Pembe Merve KARABULUT'a şükranlarımı sunarım.

Tez yazım sürecinde yardımlarını esirgemeyen meslektaşım Recep EKER'e ve tezimin uygulama projesinin sahibi Hüseyin ÇELİK'e teşekkür ederim.

Hayatın zorluklarını beraber yüklendiğimiz gibi tez yazım sürecinde de beni yalnız bırakmayan, mesleki bilgilerini benimle paylaşan sevgili eşim Kader AKSOY'a, tüm hayatım boyunca beni okutan ve destekleyen canım aileme, tez sürecinde sıkıntılarıma ortak olan eşimin ailesi ve arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamı sevgili eşime ve oğlum Fahri Yağız'a armağan etmek isterim.

Ersan AKSOY

Çankırı, Şubat 2023

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **i**
ABSTRACT ..... **ii**
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR ..... **iii**
İÇİNDEKİLER ..... **iv**
SİMGELER DİZİNİ ..... **vi**
KISALTMALAR DİZİNİ ..... **vii**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **viii**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **xi**
1. GİRİŞ **1**
2. LİTERATÜR ÖZETİ **3**
3. MATERYAL VE METOT **6**
3.1 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) **6**
3.2 İdeCAD Statik IDS v10 Analiz Programı **9**
3.2.1 Mod birleştirme yöntemi ile deprem hesabı **11**
3.2.2 Tasarım ön bilgileri **12**
3.2.3 İdeCAD parametre girişi **15**
4. BULGULAR **34**
4.1 Taban Kesme Kuvvetlerinin İncelenmesi **34**
4.2 Modal Analiz ile Yapı Periyot ve Frekanslarının İncelenmesi **36**
4.3 Göreli Kat Ötelemelerinin İncelenmesi **39**
4.4 A1 Burulma Düzensizliğinin İncelenmesi **44**
4.5 B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliğinin İncelenmesi **47**
4.6 B1 Zayıf Kat Düzensizliğinin İncelenmesi **50**
4.7 Deprem Devrilme Momenti Kontrolü **53**
4.8 İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü **55**
4.9 Kolon İç Kuvvetlerinin İncelenmesi **59**
4.10 Kiriş İç Kuvvetlerinin İncelenmesi **62**
4.11 Deprem Performans Seviyelerinin Belirlenmesi **65**
5. SONUÇ ve ÖNERİLER **77**
KAYNAKLAR **82**

EKLER.....84
ÖZGEÇMİŞ.....99

SİMGELER DİZİNİ

A_e	Etkili kesme alanı
A_g	Perde enkesit alanı
A_k	Duvar alanı
A_w	Kolon enkesiti etkin gövde alanı
D	Dayanım fazlalığı katsayısı
h	Tabaka kalınlığı
h_i	Kat yüksekliği
I	Bina önem katsayısı
K	Kiriş
M	Eğilme momenti
n	Tabaka sayısı
N	Normal kuvvet
R	Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
U	Yatay yer değiştirme
T	Burulma kuvveti
V	Kesme kuvveti
$(N_{60})_{30}$	Standart penetrasyon darbe sayısı
$(V_S)_{30}$	Kayma dalgası hızı (m/s)
$(C_U)_{30}$	Drenajsız kayma dayanımı
δ	Etkin göreli kat ötelemesi
Δ	Azaltılmış göreli kat ötelemesi
λ	"DD-3" deprem yer hareketine ait spektral ivme değerinin "DD-2" depreminin spektral ivme değerine oranı
η_{ki}	Rijitlik düzensizliği katsayısı
η_{bi}	Burulma düzensizliği katsayısı
η_{ci}	Dayanım düzensizliği katsayısı
θi	İkinci mertebe gösterge değeri

KISALTMALAR DİZİNİ

AFAD	Afet ve acil durum yönetimi
BKS	Bina kullanım sınıfı
BYS	Bina yükseklik sınıfı
DBYBHY	Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmeliği
DD	Deprem düzeyi
DTS	Deprem tasarım sınıfı
GÖ	Göçme öncesi hasar
KH	Kontrollü hasar
MBY	Mod birleştirme yöntemi
SAP	Structural analysis program
SH	Sınırlı hasar
TBDY	Türkiye bina deprem yönetmeliği
SPT	Standart penetrasyon

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Türkiye deprem tehlike haritası[1] (AFAD 2018) 7
Şekil 3.2 Türkiye deprem tehlike haritaları interaktif web uygulaması üzerinde çalışma konumunun enlem ve boylam değerlerine göre gösterilmesi 8
Şekil 3.3 İdeCAD statik analiz programının ara yüzü 10
Şekil 3.4 İnceleme alanı yer bulduru haritası 12
Şekil 3.5 Proje uygulama sahasının yol cephesinden kalıp planı görüntüsü 14
Şekil 3.6 Parsel sorgu uygulaması üzerinde çalışma konumunun ada parsel değerlerine göre gösterilmesi 18
Şekil 3.7 Yatay elastik spektral ivmesinin titreşim periyoduna göre değişimi 20
Şekil 3.8 Tasarlanan yapının tüm zemin sınıflarındaki yatay elastik tasarım spektrumu 21
Şekil 3.9 Düşey elastik tasarım ivmesi $S_{ae}D(T)$'nin titreşim periyoduna göre değişimi 22
Şekil 3.10 Tasarlanan yapının tüm zemin sınıflarındaki düşey elastik tasarım spektrumu 24
Şekil 3.11 Tasarlanan yapının yol cephesindeki kaldırım seviyesine göre kotlandırılmış görüntüsü 26
Şekil 3.12 Taşıyıcı sistem türleri 29
Şekil 3.13 Döşeme tipleri 30
Şekil 3.14 Diyafram tipleri 31
Şekil 4.1 X ve Y doğrultularında tüm zemin sınıfları için hesaplanan taban kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması 35
Şekil 4.2 Yapının periyot ve frekansına göre mod şekilleri 38
Şekil 4.3 X Doğrultusunda tüm zemin sınıfları için hesaplanan göreli kat öteleme değerlerinin karşılaştırılması 43
Şekil 4.4 Y doğrultusunda tüm zemin sınıfları için hesaplanan göreli kat öteleme değerlerinin karşılaştırılması 43
Şekil 4.5 X doğrultusunda tüm zemin sınıfları için hesaplanan burulma düzensizliği katsayı değerlerinin karşılaştırılması 46
Şekil 4.6 Y doğrultusunda tüm zemin sınıfları için hesaplanan burulma düzensizliği katsayı değerlerinin karşılaştırılması 46
Şekil 4.7 X doğrultusunda tüm zemin sınıfları için hesaplanan maksimum rijitlik düzensizliği katsayı değerlerinin karşılaştırılması 49
Şekil 4.8 Y doğrultusunda tüm zemin sınıfları için hesaplanan maksimum rijitlik düzensizliği katsayı değerlerinin karşılaştırılması 49
Şekil 4.9 X doğrultusunda tüm zemin sınıfları için hesaplanan dayanım düzensizliği katsayı değerlerinin karşılaştırılması 52
Şekil 4.10 Y doğrultusunda tüm zemin sınıfları için hesaplanan dayanım düzensizliği katsayı değerlerinin karşılaştırılması 53

Şekil 4.11 X ve Y doğrultularında tüm zemin sınıfları için devirici momentin koruyucu momente oranlarının karşılaştırılması 54
Şekil 4.12 X doğrultusunda tüm zemin sınıfları için hesaplanan ikinci mertebe gösterge değerlerinin karşılaştırılması 58
Şekil 4.13 Y doğrultusunda tüm zemin sınıfları için hesaplanan ikinci mertebe gösterge değerlerinin karşılaştırılması 59
Şekil 4.14 Yapının bodrum katında bulunan tüm zemin sınıfları için S01, S02, S03 ve S04 kolonlarının hesaplanan eğilme momenti değerlerinin karşılaştırılması 61
Şekil 4.15 Yapının bodrum katında bulunan S01, S02, S03 ve S04 kolonlarının tüm zemin sınıfları için hesaplanan kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması 61
Şekil 4.16 Yapının bodrum katında bulunan S01, S02, S03 ve S04 kolonlarının tüm zemin sınıfları için hesaplanan normal kuvvet değerlerinin karşılaştırılması 62
Şekil 4.17 Yapının bodrum katında bulunan K01, K02, K03 ve K04 kirişlerinin tüm zemin sınıfları için hesaplanan eğilme momenti değerlerinin karşılaştırılması 64
Şekil 4.18 Yapının bodrum katında bulunan K01, K02, K03 ve K04 kirişlerinin tüm zemin sınıfları için hesaplanan kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması 64
Şekil 4.19 Yapının bodrum katında bulunan K01, K02, K03 ve K04 kirişlerinin tüm zemin sınıfları için hesaplanan burulma momenti değerlerinin karşılaştırılması 65
Şekil 4.20 İtme şekli ve kapasite eğrisi 66
Şekil 4.21 Kesit hasar sınırları ve hasar bölgeleri 67
Şekil 4.22 ZA zemin sınıfında X ve Y doğrultularında kolon ve kirişlerde oluşan hasar seviyeleri ve yüzdeleri 68
Şekil 4.23 ZA zemin sınıfında elemanlarda oluşan hasar seviyelerini gösteren plastik mafsallar 69
Şekil 4.24 ZB zemin sınıfında X ve Y doğrultularında kolon ve kirişlerde oluşan hasar seviyeleri ve yüzdeleri 70
Şekil 4.25 ZB zemin sınıfında elemanlarda oluşan hasar seviyelerini gösteren plastik mafsallar 70
Şekil 4.26 ZC zemin sınıfında X doğrultusunda kolon ve kirişlerde oluşan hasar seviyeleri ve yüzdeleri 71
Şekil 4.27 ZC zemin sınıfında Y doğrultusunda kolon ve kirişlerde oluşan hasar seviyeleri ve yüzdeleri 71
Şekil 4.28 ZC zemin sınıfında elemanlarda oluşan hasar seviyelerini gösteren plastik mafsallar 72
Şekil 4.29 ZD zemin sınıfında X doğrultusunda kolon ve kirişlerde oluşan hasar seviyeleri ve yüzdeleri 73

Şekil 4.30 ZD zemin sınıfında Y doğrultusunda kolon ve kirişlerde oluşan hasar seviyeleri ve yüzdeleri 73
Şekil 4.31 ZD zemin sınıfında elemanlarda oluşan hasar seviyelerini gösteren plastik mafsallar 74
Şekil 4.32 ZE zemin sınıfında X doğrultusunda kolon ve kirişlerde oluşan hasar seviyeleri ve yüzdeleri 75
Şekil 4.33 ZE zemin sınıfında Y doğrultusunda kolon ve kirişlerde oluşan hasar seviyeleri ve yüzdeleri 76
Şekil 4.34 ZE zemin sınıfında elemanlarda oluşan hasar seviyesini gösteren plastik mafsallar 76

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Tasarlanan yapının genel özellikleri 13
Çizelge 3.2. Deprem yer hareket düzeyleri (TBDY 2018) 15
Çizelge 3.3 Zemin sınıfının belirlenmesi (TBDY 2018) 16
Çizelge 3.4 Tüm zemin sınıflarında kısa periyot için F_S değerleri 19
Çizelge 3.5 Tüm zemin sınıflarında periyodun 1,0 saniye için F_1 değerleri 19
Çizelge 3.6 Tüm zemin sınıfları için hesaplanan S_{DS} ve S_{D1} değerleri 19
Çizelge 3.7 Tüm zemin sınıfları için hesaplanan köşe periyotları (T_A ve T_B) 21
Çizelge 3.8 Tüm zemin sınıfları için hesaplanan köşe periyotları (T_{AD} ve T_{BD}) 23
Çizelge 3.9 Bina kullanım sınıfının tespiti (TBDY 2018) 24
Çizelge 3.10 Bina önem katsayısı 25
Çizelge 3.11 Deprem tasarım sınıfının belirlenmesi (TBDY 2018) 26
Çizelge 3.12 Bina yükseklik sınıfının tespiti (TBDY 2018) 27
Çizelge 3.13 Yeni yapılacak binaların deprem tasarım sınıfına göre performans hedefleri ve uygulanacak tasarım yaklaşımları (TBDY 2018) 28
Çizelge 3.14 Tasarlanan yapının X yönündeki taşıyıcı davranış (R) ve dayanım fazlalığı (D) katsayıları 33
Çizelge 3.15 Tasarlanan yapının Y yönündeki taşıyıcı davranış (R) ve dayanım fazlalığı (D) katsayıları 33
Çizelge 4.1 X ve Y doğrultularında tüm zemin sınıfları için hesaplanan taban kesme kuvveti (kN) değerleri 34
Çizelge 4.2 Tüm zemin sınıfları için mod sayısına göre periyot ve frekans değerleri 36
Çizelge 4.3 X doğrultusunda tüm zemin sınıfları için hesaplanan azaltılmış göreli kat öteleme (mm) maksimum değerleri 39
Çizelge 4.4 Y doğrultusunda tüm zemin sınıfları için hesaplanan azaltılmış göreli kat öteleme (mm) maksimum değerleri 40
Çizelge 4.5 X doğrultusunda tüm zemin sınıfları için hesaplanan etkin göreli kat öteleme (mm) maksimum değerleri 41
Çizelge 4.6 Y doğrultusunda tüm zemin sınıfları için hesaplanan etkin göreli kat öteleme (mm) maksimum değerleri 41
Çizelge 4.7 X doğrultusunda tüm zemin sınıfları için hesaplanan göreli kat öteleme maksimum değerleri 42
Çizelge 4.8 Y doğrultusunda tüm zemin sınıfları için hesaplanan göreli kat öteleme maksimum değerleri 42
Çizelge 4.9 X doğrultusunda tüm zemin sınıfları için hesaplanan burulma düzensizliği katsayı değerleri 45
Çizelge 4.10 Y doğrultusunda tüm zemin sınıfları için hesaplanan burulma düzensizliği katsayı değerleri 45

Çizelge 4.11 X doğrultusunda tüm zemin sınıfları için hesaplanan rijitlik düzensizliği katsayı değerleri 48
Çizelge 4.12 Y doğrultusunda tüm zemin sınıfları için hesaplanan rijitlik düzensizliği katsayı değerleri 48
Çizelge 4.13 X doğrultusunda tüm zemin sınıfları için hesaplanan dayanım düzensizliği katsayı değerleri 51
Çizelge 4.14 Y doğrultusunda tüm zemin sınıfları için hesaplanan dayanım düzensizliği katsayı değerleri 52
Çizelge 4.15 X ve Y doğrultularında tüm zemin sınıfları için devirici momentin koruyucu momente oranları 54
Çizelge 4.16 X ve Y doğrultularında ZA zemin sınıfı için hesaplanan ikinci mertebe gösterge değerleri 56
Çizelge 4.17 X ve Y doğrultularında ZB zemin sınıfı için hesaplanan ikinci mertebe gösterge değerleri 56
Çizelge 4.18 X ve Y doğrultularında ZC zemin sınıfı için hesaplanan ikinci mertebe gösterge değerleri 57
Çizelge 4.19 X ve Y doğrultularında ZD zemin sınıfı için hesaplanan ikinci mertebe gösterge değerleri 57
Çizelge 4.20 X ve Y doğrultularında ZE zemin sınıfı için hesaplanan ikinci mertebe gösterge değerleri 58
Çizelge 4.21 ZA, ZB, ZC, ZD ve ZE zemin sınıflarında yapının bodrum katında bulunan S01, S02, S03 ve S04 kolonlarının iç kuvvet değerleri 60
Çizelge 4.22 Tüm zemin sınıfları için yapının bodrum katında bulunan K01, K02, K03 ve K04 kirişlerinin iç kuvvet değerleri 63
Çizelge 4.23 ZA zemin sınıfında X ve Y doğrultularında kolon ve kirişlerde oluşan hasar seviyeleri ve yüzdeleri 68
Çizelge 4.24 ZB zemin sınıfında X ve Y doğrultularında kolon ve kirişlerde oluşan hasar seviyeleri ve yüzdeleri 69
Çizelge 4.25 ZC zemin sınıfında X ve Y doğrultularında kolon ve kirişlerde oluşan hasar seviyeleri ve yüzdeleri 71
Çizelge 4.26 ZD zemin sınıfında X ve Y doğrultularında kolon ve kirişlerde oluşan hasar seviyeleri ve yüzdeleri 72
Çizelge 4.27 ZE zemin sınıfında X ve Y doğrultularında kolon ve kirişlerde oluşan hasar seviyeleri ve yüzdeleri 75

1. GİRİŞ

Günümüzde zemin ve arazi yapısı nedeniyle meydana gelen yıkıcı doğa olaylarıyla sıkça karşılaşılmaktadır. Özellikle kentsel bölgelerdeki doğa olaylarının bıraktığı acı deneyimler, arazi yapısının önemini ve zemin-yapı etkileşimini önemli kılmaktadır (Neelima vd. 2012). Arazinin zemin yapısı ve bölgesel iklim koşulları göz önünde bulundurulması gerekirken, yanlış projelendirme ve denetimsizlik can ve mal kayıplarına neden olmaktadır. Bu kayıplara neden olan doğa olaylarının başında ise deprem gelmektedir (Karaşin ve Işık 2017).

Yerkabuğundaki fay hatlarının kırılmaları nedeniyle şiddetli bir biçimde ve aniden oluşan titreşimlerin yayılarak, fay hattı boyunca geçtiği tabaka ve yeryüzünü sarsma olayına deprem denir (Döndüren ve Uray 2017). Deprem, yer yüzeyinde bulunan insanların yaşamlarını sürdürdüğü yapılarda hasara neden olarak can kayıplarına yol açabilen bir doğal afettir.

Türkiye geçmişte birçok yıkıcı deprem yaşamıştır. Yıkıcı depremlerin sebep olduğu can ve mal kayıpları, depreme dayanıklı bina tasarım ilkelerinin geliştirilmesi ihtiyacını doğurmuştur (Gökalp 2009). Deprem tehlike potansiyeli tespiti ve deprem tahmini çalışmaları can ve mal kayıplarını minimum seviyelere indirgeme konusunda büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle Türkiye'de bölgesel deprem tehlike potansiyelini ortaya çıkarmak için bölgesel ve zamana dayalı sismik analizler yapılmıştır.

Ülkemizin büyük bir kısmı aktif fay hattı üzerinde bulunmaktadır. Depremler nedeniyle; toprak kaymaları, zeminlerin sıvılaşması ve yapılarda göçmeler oluşmakta, bu nedenle can ve mal kayıpları meydana gelmektedir. Depremin oluşturacağı hasarı azaltmak için bazı parametrelerin binaların deprem dayanıklılığına olan etkisini önceden tespit etmek çok önemlidir (Öztürk 2016).

Deprem sonrasında yapısal elemanlarda (kolon, kiriş, döşeme vs.) oluşabilecek hasarların durumuna göre yapıların depreme karşı güvenlik seviyesi belirlenmektedir.

Deprem sonrasında meydana gelen ağır hasarlı ve yıkılmış yapılar yapı güvenliğinin önemini göstermektedir. Yapıların deprem davranışını incelerken, yapıların depreme karşı dayanımını etkileyen parametrelerin belirlenmesi ve tasarımda göz önünde bulundurulması gerekmektedir (Karaşin ve Işık 2017).

Günümüzde, inşaat sektörü konut inşası alanında büyüme göstermektedir. Yapı denetim firmalarındaki iş yükünden dolayı aksamalar, zemin etüt raporlarındaki yanlışlıklar ve proje aşamasındaki hatalı zemin sınıf seçimi gibi birçok sebep depreme dayanıksız yapıların sayısını arttırmaktadır. Zemin iyileştirilmesine ihtiyaç duyulan zeminlerde iyileştirilme yapılmamakta, sıvılaşma riskine karşı herhangi bir tedbir alınmamaktadır. Bu durumda olası bir deprem anında bu tür sıkışmamış ve gevşek zeminlerde inşaa edilen yapılarda depremin meydana getirdiği hasarlar büyük olmaktadır (Sucuoğlu 2006). Bu nedenle, bu çalışmanın amacı, tasarımı yapılmış bir betonarme yapıyı farklı zemin sınıflarında analiz ederek yapının deprem performansı açısından nasıl değişkenlik gösterdiğini araştırmaktır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Sezgin (2008), SAP2000 programı kullanarak tasarlamış olduğu beş katlı betonarme okul binasının; Z1 ve Z2 zemin sınıflarına göre analiz ederek yapının nasıl bir performans ortaya koyduğunu incelemiştir. Analizde 2007 deprem yönetmeliğini kullanmıştır. Çalışmasının sonucunda, deprem etkisi altındaki yapı elemanlarının x ve y yönlerinde Z1 ve Z2 zemin sınıflarına göre belirgin bir hasar oluşmadığından dolayı istenilen can güvenliği performans seviyesine ulaşılmıştır.

Ukçul (2013), birinci derece deprem bölgesine ait 13 katlı betonarme bir yapıyı SAP 2000 statik analiz programını kullanarak tasarlamıştır. Çalışmasında yapılması planlanan yapının Z1, Z2, Z3 ve Z4 yerel zemin sınıfları için 2007 deprem yönetmeliğine göre deprem hesabı yapmıştır. Bu hesabı mod birleştirme ve eşdeğer deprem yükü yöntemine göre belirlemiştir. Elde edilen sonuçlara göre iç kuvvetler ve düzensizlik durumları bu farklı zemin sınıfları için karşılaştırıp, sonuçların değişimini incelemiştir. Bu incelemeler sonucunda iç kuvvetlerin Z1 zemin sınıfından Z4 zemin sınıfına doğru arttığını ve buna bağlı olarak da deprem kuvvetinin orantılı olarak arttığını tespit etmiştir.

Boru (2015), birinci derece deprem bölgesinde yer alan beş katlı betonarme bir yapının farklı zemin sınıflarını göz önüne alarak deprem performansı açısından "Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü" yöntemini kullanarak incelemiştir. Farklı zemin sınıfları için elde edilen deprem performans değerlendirme sonuçlarını grafik ve tablolar halinde karşılaştırmıştır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda zemin rijitliği azaldıkça bina performans seviyesinin kötüleştiği, kat deplasman ve göreli kat ötelemelerinin ise arttığını ortaya koymuştur.

Dok vd. (2015), SAP2000 analiz programıyla tasarlamış olduğu 8 katlı betonarme bir yapıyı farklı zemin sınıflarında analiz ederek taban kesme kuvveti, göreli kat ötelemesi ve iç kuvvetlerdeki değişimi incelemiştir. Analizinde artımsal tek modlu itme analizi uygulamıştır. Elde edilen sonuçlar neticesinde zeminin rijitliği azaldıkça sisteme

etkiyen taban kesme kuvvetinin, yapı elemanlarındaki iç kuvvetlerin ve göreli kat ötelemelerinin arttığını gözlemlemiştir.

Ögetürk (2016), birinci derece deprem bölgesinde yer alan Burdur ilindeki kamuya ait 7 farklı mevcut betonarme yapıların zemin sınıfındaki değişiminin bina güçlendirmesindeki etkisini incelemiştir. Çalışmanın verilerini 2007 deprem yönetmeliğine göre İdeCAD stataik analiz programında Z1 ve Z4 yerel zemin sınıfları için ayrı ayrı analiz ederek performans sonuçlarını karşılaştırmıştır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda Z4 zemin sınıfına göre güçlendirilen yapının can güvenliği performansını sağladığı ancak güçlendirilen bina Z1 zemin sınıfında analiz yapıldığında ise gerekli performansı sağlamadığını gözlemlemiştir.

Karaşin ve Işık (2017), 2003 yılındaki Bingöl depreminde yıkılan Çeltiksuyu Yatılı Bölge İlköğretim Okulunu örnek bina olarak seçip farklı yapı davranış katsayılarının ve farklı zemin koşullarının yapı performansı üzerindeki etkisini belirlemek için çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında statik adaptif pushover analiz yöntemi kullanmışlardır. 2007 deprem yönetmeliğine göre, farklı yapı davranış katsayıları ile birlikte spektral ivme değerleri belirlenerek analiz gerçekleştirmişlerdir. Yapılan analizler sonucunda taşıma gücünün azaldığı zeminlerde, her iki yöndeki taban kesme kuvvetinin azaldığını, yapı periyod değerlerinin ise arttığını tespit etmişlerdir.

Başaran (2018), ikinci derece deprem bölgesinde bulunan Afyonkarahisar ilindeki 5 ve 10 katlı betonarme yapıları 2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerini esas alıp farklı zemin sınıflarında analiz ederek oluşan eşdeğer deprem yüklerini her iki yönetmeliğe göre karşılaştırmıştır. Analizinde SAP2000 statik analiz programını kullanmıştır. TBDY2018'e göre yapılan analizler sonucunda her iki betonarme yapı için elde edilen eşdeğer deprem yüklerinin DBYBHY2007'e göre azaldığını tespit etmiştir.

Ateş ve Yeşil (2018), Düzce ilindeki beş katlı betonarme bir yapının farklı yerel zemin sınıflarını göz önüne alarak zemin periyodu ile yapı hasarı arasındaki ilişkiyi "Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü" yöntemi kullanarak incelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda,

zemin rijitliği azaldıkça kat deplasman ve göreli kat ötelemelerinin arttığını, bina performansının ise kötüleştiğini ortaya koymuşlardır.

Karabulut (2019), İdeCAD statik analiz programını kullanarak 3 ve 5 katlı betonarme binaları ayrı ayrı tasarlamıştır. Analiz ayarlarını 2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerine göre ele almış ve yeni yönetmeliğe ait parametre veri girişlerinin nasıl belirlendiği hakkında bilgiler vermiştir. Tasarlanan betonarme binalar üzerinde zemin ve deprem parametrelerini değiştirerek bu iki deprem yönetmeliğine göre analizler yapmıştır. Bu analizlerin sonucunda 2018 deprem yönetmeliğindeki maliyetlerin 2007 deprem yönetmeliğine göre daha fazla olduğunu ve yapı elemanlarına ait donatıların da daha fazla kullanıldığını belirtmiştir.

Kayabaş (2021), İzmir ilinde inşa edilecek olan beş farklı yapının 2018 deprem yönetmeliğine göre tüm zemin sınıfları için taşıma gücünü irdelemiştir. Toplam beş farklı proje üzerinden yola çıkmış ve her binanın temelinin uzun ve kısa kenarları için ayrı modeller oluşturmuştur. Bu modelleri farklı taşıma gücü ve farklı zemin malzeme modelleri yöntemleri kullanılarak nümerik analiz programı olan PLAXIS 2D ile analiz etmiştir. Eldeki veriler ışığında en uygun taşıma gücü yöntemini belirlemeye çalışmıştır.

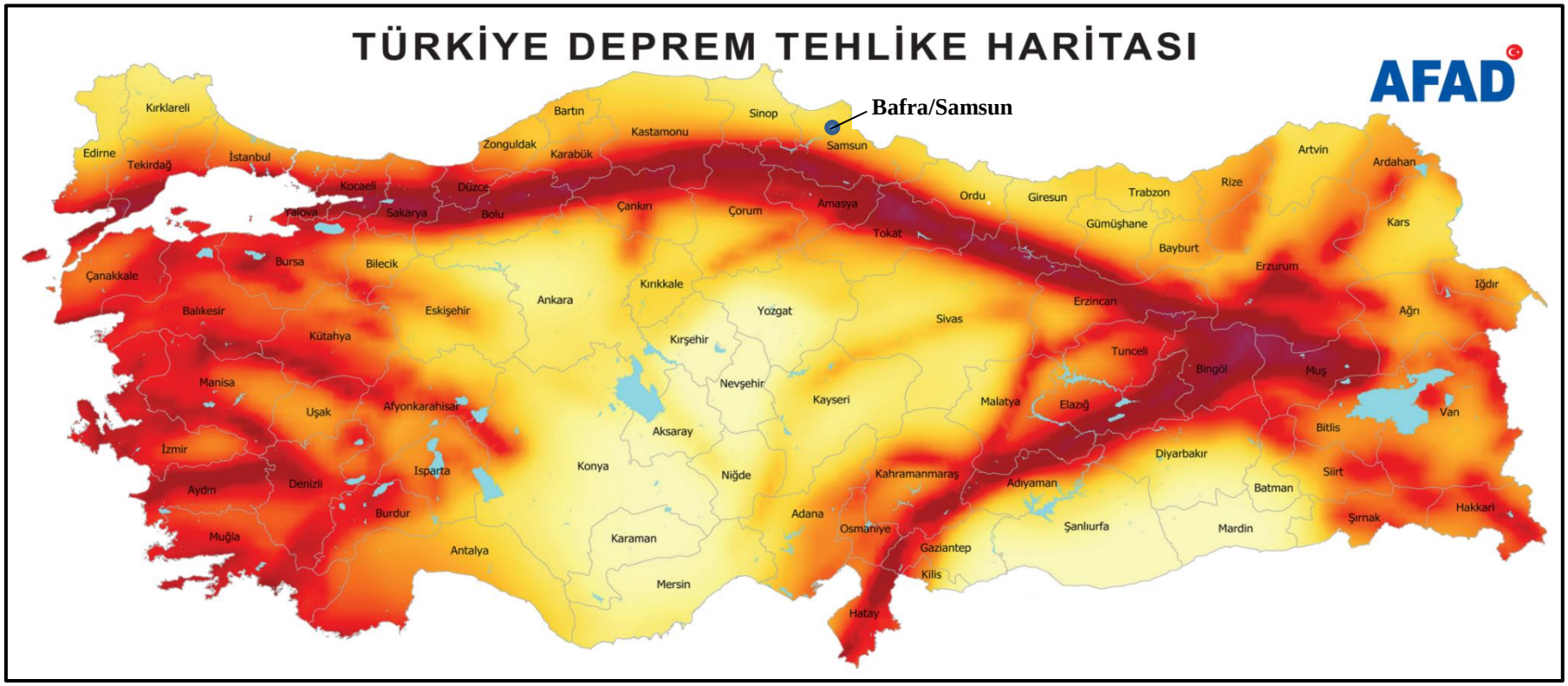
3. MATERYAL VE METOT

3.1 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018)

Deprem yönetmeliklerinin, yeni depremler ve teknolojik gelişmelerden elde edilen yeni bilgiler ışığında güncellenmesi gerekmektedir. Bu nedenle, Türkiye'de bugüne kadar birçok değişiklik yapılmış olup yakın zamanda güncellenen Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) ise bu değişikliğe önemli bir örnektir. Özelikle Van Depremleri (2011) nedeniyle meydana gelen kayıplar bu güncellemenin gerekliliğini göstermiştir.

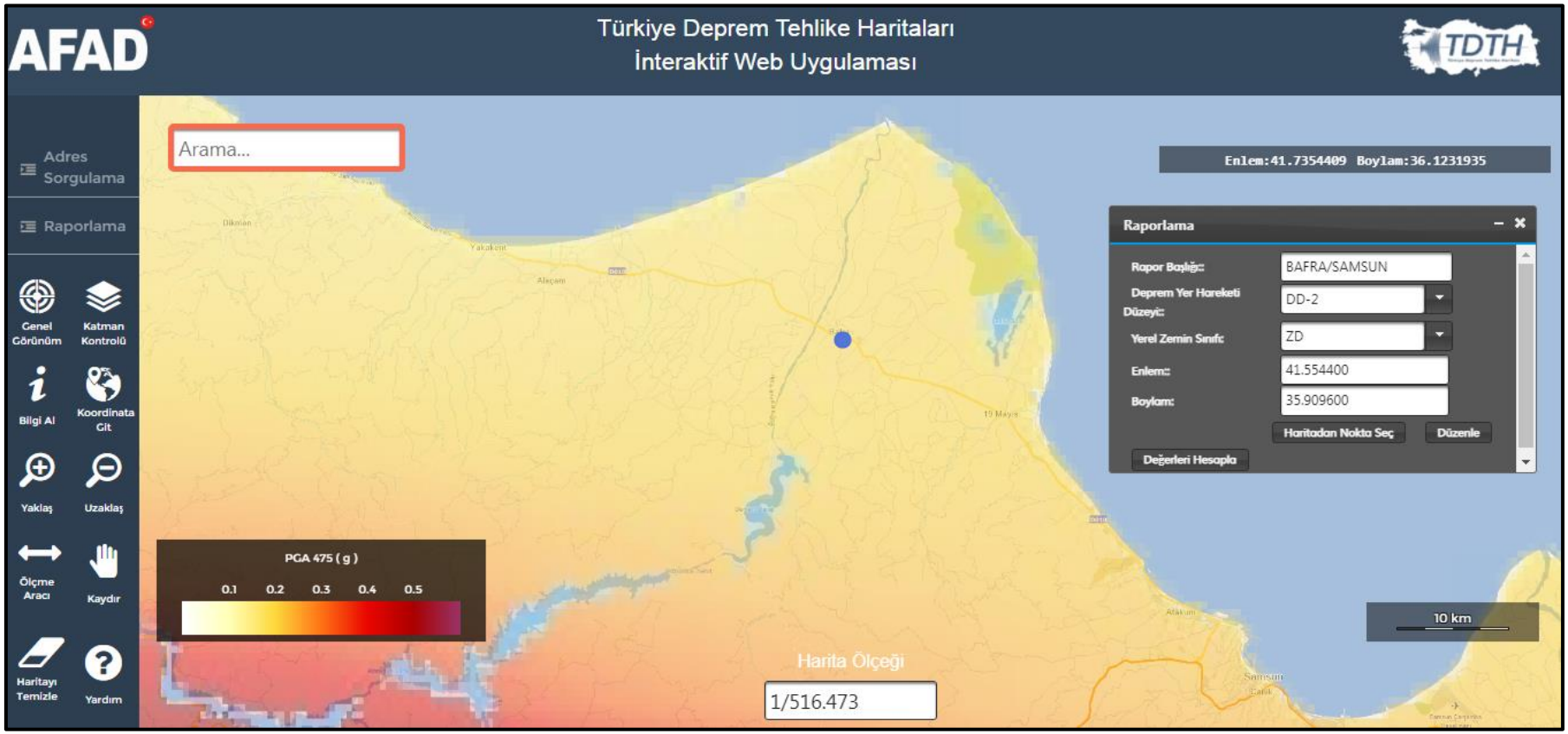
Bölgenin depremsellik parametreleri deprem yükleri altında yapısal analizlerde en önemli veriler arasındadır. Bu parametrelerin doğru belirlenmesi bir deprem esnasında yapı performansını doğrudan etkilemektedir. Yakın zamanda güncellenen deprem tehlike haritası deprem yapı ilişkisi açısından önemli değişiklikler sağlamıştır. Deprem tehlike haritası aracılığıyla herhangi bir özel konum için deprem tasarımı spektrumu elde edilmektedir. TBDY-2018 öncesinde deprem tehlike haritalarında bölgesel bazda değerlendirme yapılırken, TBDY-2018 ile birlikte konum bazlı sahaya özel değerlendirmeler kullanılmaya başlanmıştır (Şekil 3.1).

Yürürlükte olan TBDY-2018 ile günümüzdeki mevcut koşullar düzenlenmiş ve depreme daha dayanıklı yapılar oluşturmak için gerekli analiz yöntemleri kapsamlı bir şekilde açıklanmıştır.



Şekil 3.1 Türkiye deprem tehlike haritası[1] (AFAD 2018)

[1] 2018 Türkiye Deprem Tehlike Haritasına, AFAD'ın resmi internet sayfasından ulaşılabilmektedir. Bu sayfada bulunan İnteraktif Web Uygulamasının raporlama menüsünden zemin sınıfı, deprem düzeyi, enlem ve boylam değerleri girilip yapıya ait gerekli olan parametrelere ulaşılmaktadır. Bu görsel tdth.afad.gov.tr adresinden alınmıştır (Şekil 3.2).



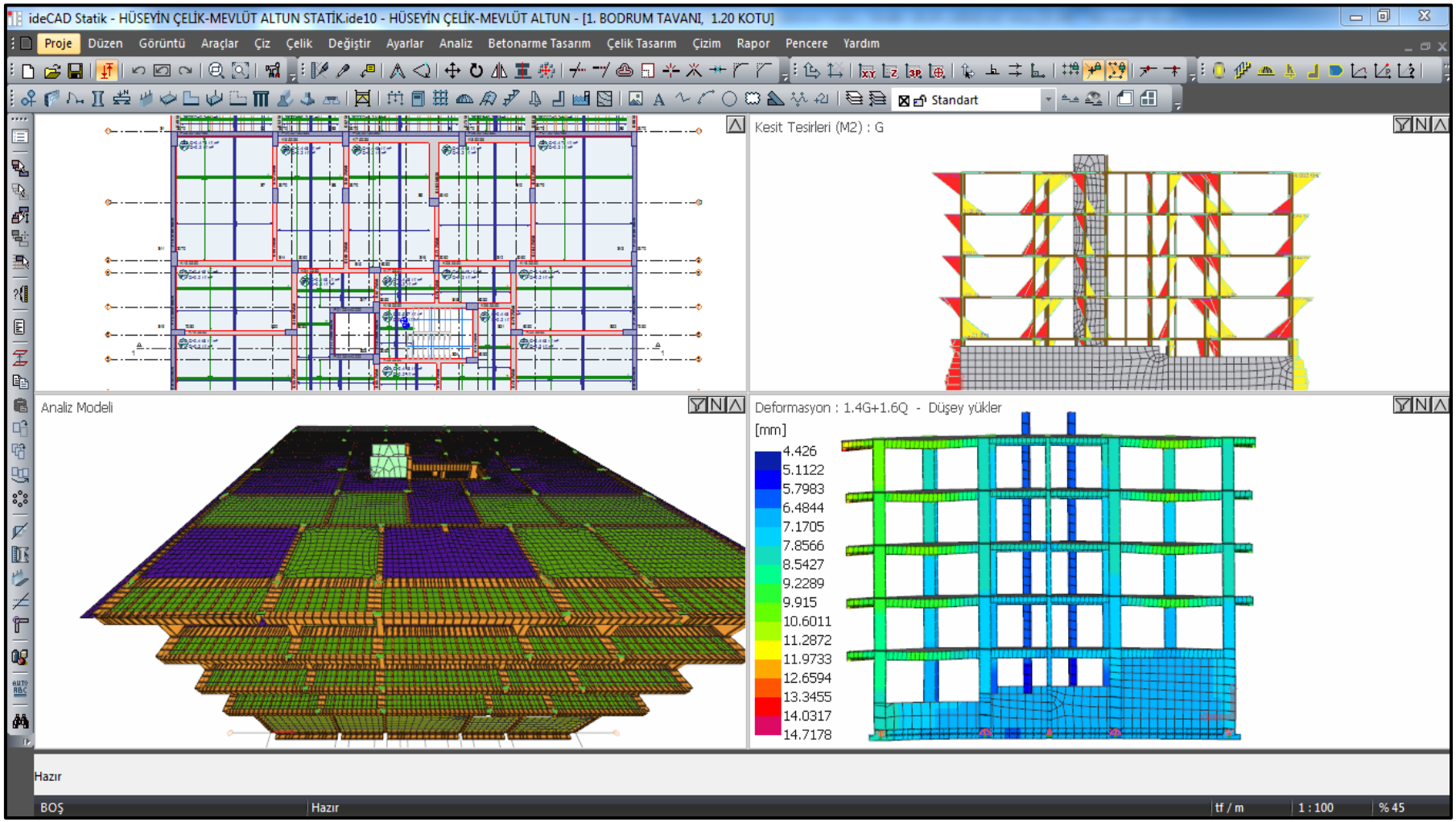
Şekil 3.2 Türkiye deprem tehlike haritaları interaktif web uygulaması üzerinde çalışma konumunun enlem ve boylam değerlerine göre gösterilmesi

3.2 İdeCAD Statik IDS v10 Analiz Programı

Bu çalışmada, 5 katlı betonarme yapının tasarımı için İdeCAD statik analiz programı kullanılmıştır. Bu program, yapının tasarımının yanında analizini ve çizimini gerçekleştiren paket çözümlerde sunmaktadır.

İdeCAD statik analiz programı yardımıyla tüm parametre verileri grafik ortamında mouse veya klavye yardımıyla girilebilmektedir. Yapıyı tasarlarken yapıya ait görseller bize eşlik ederek proje çizim olanağını son derece kolaylaştırmıştır. Kullanıcı, butonlar yardımıyla menülere kısa yoldan ulaşılabilmektedir. İdeCAD statiğin sağladığı sanal gezinti olanağı ile yapıya ait üç boyutlu görselin iç ve dış mekânını kolaylıkla gezebilme imkânı sunmaktadır. Görsel üzerinden çalışma metodu ile projelendirme aşaması büyük oranda hızlanmaktadır. Kiriş, döşeme ve duvar yükleri, İdeCAD statik analiz programının içerisine yönetmelik koşullarına göre tanımlanmış olup otomatik olarak hesaplanır.

İdeCAD bilgisayar programı ile dinamik analiz, burkulma, riskli yapılara ait analizler ve deprem performans analizleri ile yapının rijitlik durumuna göre tüm yapıların statik analizleri yapılabilmektedir. Yapının tasarım aşamasında, döşemelerde oluşan moment değerlerinden kaynaklanan donatı miktarı her bir noktada ayrı ayrı hesaplanmaktadır (Şekil 3.3). İdeCAD bilgisayar programı ile yapılan statik analiz sonucunda yapıya ait genel hesap raporları elde edilmektedir. İdeCAD statik analiz programı, güncel yönetmeliklere göre yapı tasarımı ve analizi yapabilen, gelişmiş raporlama ve çizim özelliklerine sahip kapsamlı bir programdır.



Şekil 3.3 İdeCAD statik analiz programının ara yüzü

3.2.1 Mod birleştirme yöntemi ile deprem hesabı

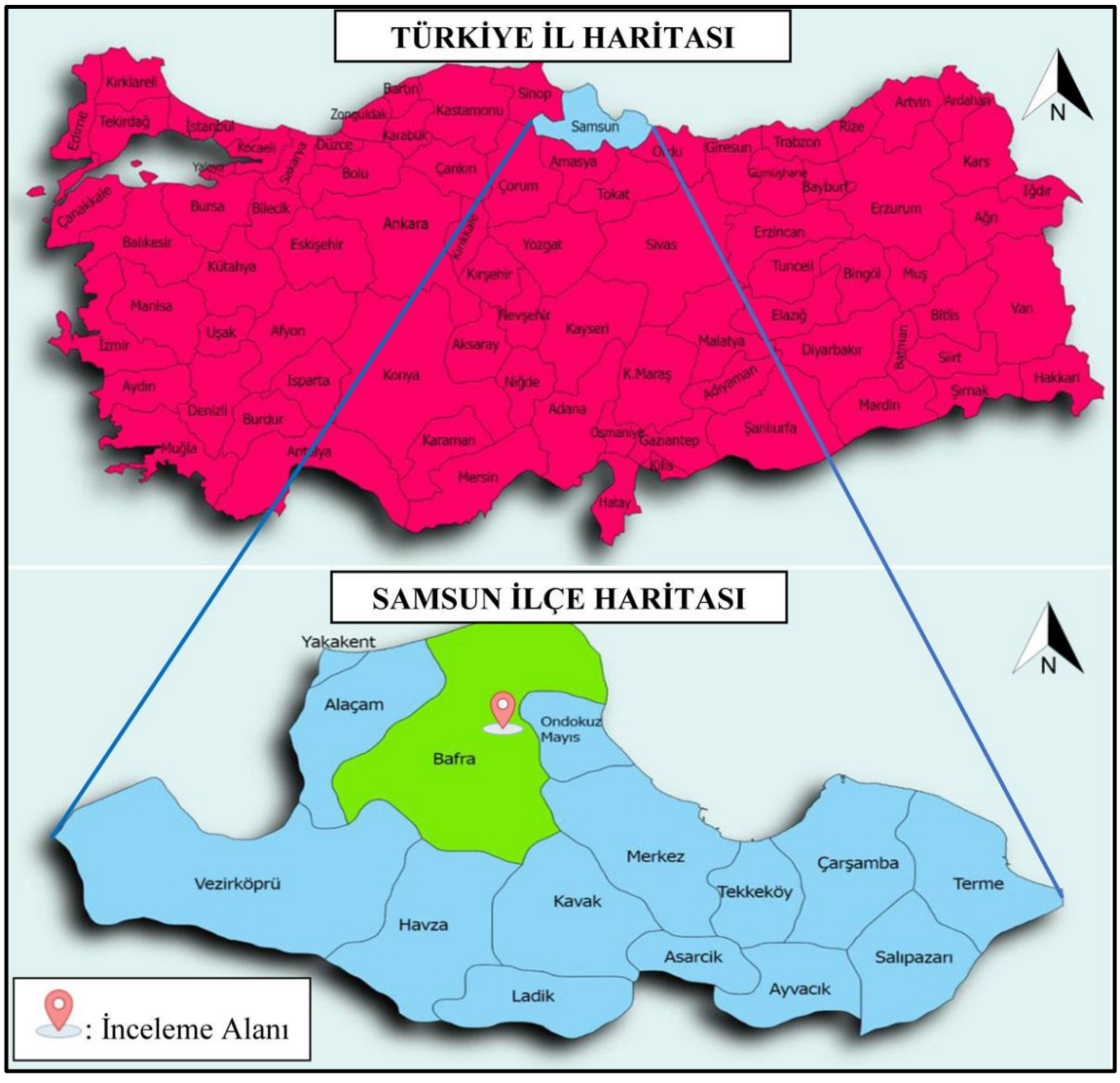
İdeCAD statik analiz programına ait Mod Birleştirme Yöntemi (MBY); yapıda oluşan yer değiştirmeler, iç kuvvetler ve titreşim modları için hesaplanan maksimum katkıların birleştirilmesiyle elde edilir (Turan 2012). Bilgisayar analiz programları tarafından yapılan mod birleştirme yönteminde birleştirilen mod katkılarının, toplam etkin kütlenin %90'ına ulaşıncaya kadar yeterli sayıda mod sayısı hesaba dahil edilmelidir.

Bir binanın temeli, elimizle çekip geri bıraktığımız ve salınım yaparak eski halini alan elastik bir yaya benzemektedir. Bina temelinde oluşan bu salınımlar veya mod şekilleri sönüm oranına göre azalıp zamanla duraklayacaktır. Bu durum tamamen elastik davranışa bağlıdır. Çünkü binalar titreşim halindedir ve bu titreşimler binanın kütlesi ve rijitliği ile ilgili bir durumdur. Bu titreşimler düzgün bir titreşim olmayıp sadece x veya y yönünde olmaz. Bina kütlesinde yatay ve düşey eksende izdüşüm verecek şekilde titreşim meydana gelmektedir. Yapı periyodu yani titreşimi deprem kuvvetiyle bağlantısı olmayıp her zaman sabittir. Yapı periyodunun 1 olması demek yapıda oluşan titreşimin başlayıp bittiği ana kadar geçen sürenin 1 saniye olduğunu göstermektedir.

Deprem kuvveti, binanın titreşim sonucu ve mod birleştirme yönteminde katılan kütleye bağlı olarak kendisinin oluşturduğu kuvvet olup dışardan binaya etki etmez. Deprem kuvveti, yapının kütlesi ile yer hareketinden dolayı binanın kendisinde oluşan ivmenin çarpılmasıyla hesaplanır. Binanın yapısında oluşan ivme ile yer ivmesi birbirinden farklıdır. Binanın titreşim anında x ve y yönündeki hareket eden kütleyi bilirsek ve bu kütleyi binanın yapısında oluşan ivmeyle çarparak her mod için x ve y yönündeki deprem kuvvetlerini bulabiliriz.

3.2.2 Tasarım ön bilgileri

Bu çalışmada, Samsun İli Bafra İlçesi Fevziçakmak Mahallesinde bir konut projesi olarak tasarlanmış 5 katlı bir betonarme yapı ele alınmaktadır. Yapı bodrum kat, zemin kat ve 3 adet normal kattan oluşmaktadır (Şekil 3.4). Tasarımı yapılan betonarme yapıya ait veriler Çizelge 3.1'de belirtilmiştir.



Şekil 3.4 İnceleme alanı yer bulduru haritası

Çizelge 3.1. Tasarlanan yapının genel özellikleri

AÇIKLAMA	BİLGİLER		
Binanın Adresi	Samsun İli Bafra İlçesi Fevziçakmak Mah.		
Kat Adedi	Bodrum+Zemin+3 Normal Kat		
Beton Sınıfı	C25		
Donatı Çeliği	S420		
Bina Taşıyıcı Sistemi	Karma Sistem		
Zemin Sınıfı	ZA, ZB, ZC, ZD, ZE		
Elastisite Modülü E (Mpa)	30000		
Deprem Yer Hareket Düzeyi	DD-2		
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı ($R_X/R_{Y)}$	7/8		
Bina Önem Katsayısı	1		
Hareketli Yük Kütle Kat. Katsayısı	0,3		
Bina Kullanım Sınıfı (BKS)	3		
Dayanım Fazlalığı Katsayısı (D_X/D_Y)	2,5/3		
Bina Kat Yükseklikleri	Bodrum Kat	Zemin Kat	Normal Katlar
	3,20	2,80	2,80
Binanın Toplam Yüksekliği	15,40 m		
Kullanım Amacı	Konut		
Yapı Süneklik Düzeyi	Yüksek		
Enlem	41.5544		
Boylam	35.9096		
Zemin Birim Ağırlığı [tf/m^3]	1,8		
Zemin Yatak Katsayısı [tf/m^3]	2500		
Zemin Taşıma Gücü [tf/m^2]	30		

Yapıya ait bodrum kat planı 23,70 m x 20,00 m ebatlarında olup 474 m^2'dir. Zemin kat planı 23,70 m x 21,50 m ebatlarında olup ~510 m^2'dir. Zemin katta yapının arka cephesine 1,50 metre kapalı çıkma mevcuttur. Normal kat planları ise 23,70 m x 22,50 m ebatlarında olup 533 m^2'dir. Normal katlarda yapının arka cephesinde 1,50 metre, ön cephesinde ise 1,00 metre kapalı çıkma mevcuttur. Yapının dış duvarları 19 cm'lik, iç duvarları da 8,5 cm'lik standart tuğla duvar olarak çizilmiştir.

Yapının kat yüksekliği ve oturacağı alanın deprem oluşma potansiyeli dikkate alındığında temel çeşidi olarak 50 cm yüksekliğinde radye temel yapılmasına karar

verilmiştir. Yapıda X yönünde 2 adet asansör perdesi kullanılmıştır. Kolon ön tasarım aşaması olarak minimum 60 cm x 30 cm ebatları uygulanmıştır. Kirişler ise 25 cm x 50 cm ebatlarında tasarlanmış olup kolonlar arasında bağlantıyı yaparak döşemeden gelen yükleri kolonlara aktarımı sağlanmıştır. Döşeme plak kalınlığı 12 cm'dir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 Proje uygulama sahasının yol cephesinden kalıp planı görüntüsü

Bu tez kapsamında, Samsun Bafra ilçesindeki betonarme konut türü yapının İdeCAD statik analiz programında, farklı zemin sınıflarında analizi yapılarak, zemin sınıfının değişiminin yapının deprem performansına olan etkisi araştırılmıştır.

3.2.3 İdeCAD parametre girişi

Modellemesi tamamlanan yapının İdeCAD statik programında analiz ayarları sihirbazından analiz yapılmadan önce TBDY-2018'e göre gerekli parametre girişleri yapılır.

3.2.3.1 Deprem düzeyi

Deprem yer hareket düzeyi; belirli bir bölgede oluşabilecek depremin meydana gelme sıklığını ifade etmektedir. TBDY-2018'de deprem yer hareket düzeyi DD simgesiyle belirtilmiş olup dört farklı düzeyde tanımlanmıştır (TBDY 2018) (Çizelge 3.2). 2007 deprem yönetmeliğinde deprem düzeyi ayrımı belirtilmemesine karşın, TBDY 2018 ile birlikte yapılarda 50 yılı aşma olasılığı %10, tekrarlanma periyodu 475 yıl olacak şekilde esas alınıp deprem yer hareket düzeyi DD-2'ye göre hesap yapılır.

Çizelge 3.2. Deprem yer hareket düzeyleri (TBDY 2018)

DEPREM DÜZEYİ	TEKRARLANMA PERİYODU (YIL)	AŞMA OLASILIĞI (50 YIL)	DEPREM YER HAREKET AÇIKLAMASI
DD-1	2475	%2	Çok seyrek
DD-2	475	%10	Seyrek
DD-3	72	%50	Sık
DD-4	43	%68	Çok sık

3.2.3.2 Zemin sınıfı

Mart 2007 tarihinde resmi gazetede yayınlanan deprem yönetmeliğine göre 4 farklı zemin grubu ve 4 farklı zemin sınıfı tanımlaması yapılmıştır. TBDY 2018 de ise zemin

grubu kavramı kaldırılmış; ZA, ZB, ZC, ZD, ZE ve ZF olmak üzere beş zemin sınıfı tanımlanmıştır (Çizelge 3.3). ZF zemin sınıfı sahada özel çalışma gerektiren taşıma gücü zayıf zeminleri ifade etmektedir. Bu tür zeminlerde deprem yer hareketi spektrum fonksiyonunu özel çalışma yapılarak tanımlamak gerekmektedir.

Projenin uygulanacağı yerde gerekli saha ve laboratuvar deneylerine dayanan zemin araştırmalarının yapılıp ve bu araştırma sonuçlarını jeoloji ve jeofizik mühendisleri tarafından rapor halinde düzenlenmesi gerekir. Hazırlanan zemin etüd veya geoteknik raporunda zeminin hangi zemin sınıfına girdiği açıkca belirtilmelidir.

Çizelge 3.3 Zemin sınıfının belirlenmesi (TBDY 2018)

ZEMİN SINIFI		**$(V_S)_{30}$ [m/s]**	**$(N_{60})_{30}$ [darbe/30cm]**	**$(C_U)_{30}$ [kPa]**
A)	Sert kayalar	>1500	-	-
B)	Kayalar	750-1500	-	-
C)	Çok sıkı toprak ve zayıf kayalar	360-750	>50	>96
D)	Sert topraklar	180-360	15-50	48-96
E)	Yumuşak killi topraklar	<180	<15	<48
F)	Özel çalışma gerektiren zeminler			

Yerel zemin sınıflarının belirlenmesinde standart penetrasyon deneyi sonuçları, kayma dalgası hızı sonuçları ve drenajsız kayma mukavemeti değerleri esas alınmaktadır. Sınıflandırmada kullanılan 30 değeri temel alt kotundan aşağıya doğru 30 m kalınlığındaki kısmı ifade etmektedir. İlk 30 m kalınlığında birbirinden farklı zemin tabakaları olması durumunda, derinlik i=1 ve i=n olacak şekilde ayrı tabakalara ayrılıp standart penetrasyon darbe sayısı için Denklem (3.1), kayma dalgası hızı için Denklem (3.2) ve drenajsız kayma mukavemeti içinse Denklem (3.3) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\left(\mathbf{N_{60}}\right)_{\mathbf{30}} = \frac{30}{\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{h_i}{N_{60,i}}\right)} \tag{3.1}$$

$$(V_S)_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{h_i}{V_{S,i}}\right)} \tag{3.2}$$

$$(C_U)_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{h_i}{C_{U,i}}\right)} \tag{3.3}$$

$(N_{60})_{30}$: SPT darbe sayısı

$(V_S)_{30}$: Kayma dalga hızı (m/s)

$(C_U)_{30}$: Drenajsız kayma dayanımı

h: Tabaka kalınlığı

n: Tabaka sayısı

3.2.3.3 Tasarım spektrumları

Yeni yönetmeliğin sunduğu tasarım spektrumları; harita spektral ivme katsayıları ve yerel zemin etki katsayılarına bağlı olarak analizlerle belirlenmiştir.

Deprem yer hareketi düzeyi için belirli bir zemin koşulu esas alınarak harita spektral ivmelerinin yerçekimi ivmesine bölünmesi ile oluşan harita spektral ivme katsayısı yatay doğrultudaki deprem kuvvetlerinin geometrik ortalamasına denk gelmektedir.

Harita spektral ivme katsayısı değerleri, kullanıcının E-Devlet üzerinden İnteraktif Web Uygulaması yardımıyla "Türkiye Deprem Tehlike Haritası" kullanılarak projenin uygulanacağı yerin enlem ve boylam değerleri, raporda belirtilen yerel zemin sınıfı ve daha önceden belirlediğimiz Deprem Düzeyi (DD-2) girilerek belirlenir.Ayrıca parsel sorgu uygulaması üzerinden çalışma alanının konumu ada parsel değerleri girilerek de tespit edilir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 Parsel sorgu uygulaması üzerinde çalışma konumunun ada parsel değerlerine göre gösterilmesi

İnteraktif Web Uygulaması ile belirlediğimiz harita spektral ivme katsayıları (S_1 ve S_S) ile zemin sınıfına göre değişkenlik gösteren yerel zemin etki katsayılarının (F_1 ve F_S) çarpılmasıyla tasarımda kullanılacak spektral ivme katsayıları (S_{DS} ve S_{D1}) bulunur (Denklem 3.4, Denklem 3.5) (TBDY 2018).

$$S_D = S_S F_S \tag{3.4}$$

$$S_{D1} = S_1 F_1 \tag{3.5}$$

Yerel zemin sınıfına bağlı olarak yerel zemin etki katsayıları (F_S ve F_1) sırasıyla, Çizelge 3.4 ve Çizelge 3.5'te verilmiştir. Tablolardaki harita spektral ivme katsayılarının ara değerleri için yerel zemin etki katsayıları doğrusal enterpolasyon yapılarak bulunur.

Çizelge 3.4 Tüm zemin sınıflarında kısa periyot için F_S değerleri

KISA PERİYOT SPEKTRAL İVME KATSAYISI		ZEMİN SINIFI					
		ZA	ZB	ZC	ZD	ZE	ZF
S_S = 0,435	$S_S \leq 0,25$	0,8	0,9	1,3	1,6	2,4	Zemin davranışını tespit etmek için özel çalışma gerektirir
	$S_S = 0,50$	0,8	0,9	1,3	1,4	1,7	
	$S_S = 0,75$	0,8	0,9	1,2	1,2	1,3	
	$S_S = 1,00$	0,8	0,9	1,2	1,1	1,1	
	$S_S = 1,25$	0,8	0,9	1,2	1,0	0,9	
	$S_S \geq 1,50$	0,8	0,9	1,2	1,0	0,8	

Çizelge 3.5 Tüm zemin sınıflarında periyodun 1,0 saniye için F_1 değerleri

1,0 SANİYE SPEKTRAL İVME KATSAYISI		ZEMİN SINIFI					
		ZA	ZB	ZC	ZD	ZE	ZF
S_1 = 0,159	$S_1 \leq 0,10$	0,8	0,8	1,5	2,4	4,2	Zemin davranışını tespit etmek için özel çalışma gerektirir
	$S_1 = 0,20$	0,8	0,8	1,5	2,2	3,3	
	$S_1 = 0,30$	0,8	0,8	1,5	2,0	2,8	
	$S_1 = 0,40$	0,8	0,8	1,5	1,9	2,4	
	$S_1 = 0,50$	0,8	0,8	1,5	1,8	2,2	
	$S_1 \geq 0,60$	0,8	0,8	1,4	1,7	2,0	

Spektral ivme katsayıları (S_{DS} ve S_{D1}) tüm zemin sınıfları için Denklem (3.4 ve 3.5) kullanılarak ayrı ayrı hesaplanmış ve bu değerler Çizelge 3.6'da verilmiştir.

Çizelge 3.6 Tüm zemin sınıfları için hesaplanan S_{DS} ve S_{D1} değerleri

$S_{DS} = S_S F_S$ $S_{D1} = S_1 F_1$	ZEMİN SINIFI					
	ZA	ZB	ZC	ZD	ZE	ZF
S_S	0,435	0,435	0,435	0,435	0,435	Zemin davranışını tespit etmek için özel çalışma gerektirir
F_S	0,8	0,9	1,3	1,452	1,882	
S_{DS}	**0,348**	**0,391**	**0,565**	**0,632**	**0,819**	
S_1	0,159	0,159	0,159	0,159	0,159	
F_1	0,8	0,8	1,5	2,282	3,669	
S_{D1}	**0,127**	**0,127**	**0,238**	**0,363**	**0,583**	

3.2.3.3.1 Yatay elastik tasarım spektrumu

Belirlenen deprem yer hareket düzeyinde yatay elastik spektrum eğrisinde ivme değeri $S_{ae}(T)$ olarak tanımlanmakta olup yatay elastik spektrum eğrisinin ordinatı olarak gösterilmektedir. $S_{ae}(T)$ değerine ilişkin tüm hesaplamalar Denklem (3.6, 3.7, 3.8 ve 3.9) kullanılarak yapılmıştır.

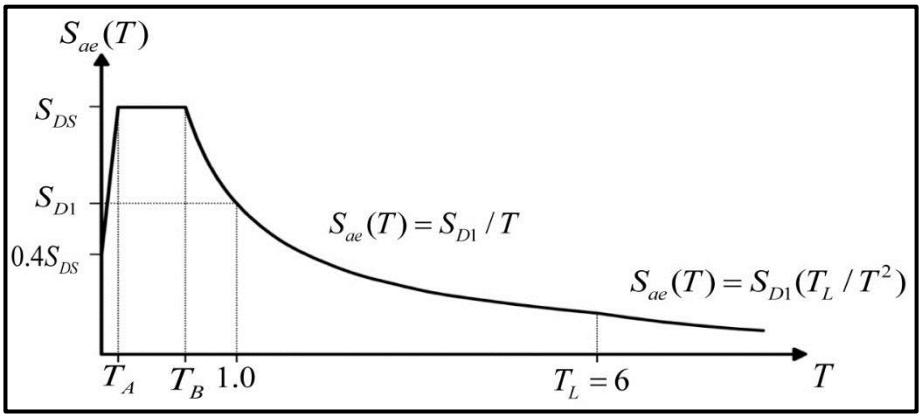
$$(0 \leq T \leq T_A) \quad \Rightarrow \quad S_{ae}(T) = (0{,}4 + 0{,}6T / T_A)S_{DS} \tag{3.6}$$

$$(T_A \leq T \leq T_B) \quad \Rightarrow \quad S_{ae}(T) = S_{DS} \tag{3.7}$$

$$(T_B \leq T \leq T_L) \quad \Rightarrow \quad S_{ae}(T) = S_{D1} / T \tag{3.8}$$

$$(T_L \leq T) \quad \Rightarrow \quad S_{ae}(T) = S_{D1}(T_L / T^2) \tag{3.9}$$

Yatay elastik tasarım spektrumunda T_A ve T_B köşe periyodlarını, SD_1 ve S_{DS} spektral ivme katsayılarını, T titreşim periyodunu, T_L ise yer değiştirme bölgesine geçiş periyodunu ifade etmekte olup T_L=6s alınacaktır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 Yatay elastik spektral ivmesinin titreşim periyoduna göre değişimi

T_A ve T_B, spektral ivme katsayıları S_{D1} ve S_{DS}'e bağlı olarak değişkenlik göstermekte olup aşağıda verilen Denklem (3.10 ve 3.11) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$T_A = 0{,}2S_{D1} / S_{DS} \quad (3.10)$$

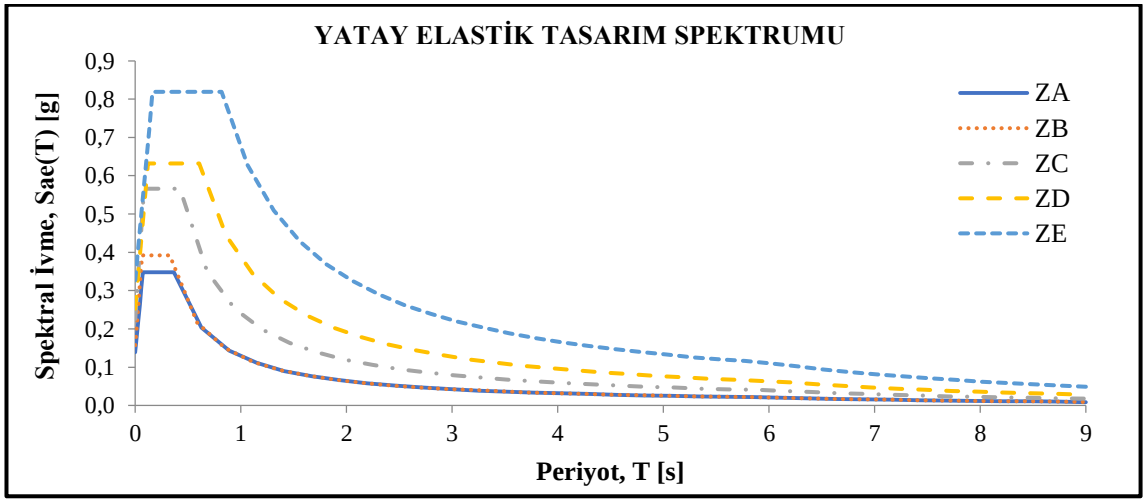
$$T_B = S_{D1} / S_{DS} \quad (3.11)$$

Tüm zemin sınıfları için hesaplanan T_A ve T_B köşe periyotları Çizelge 3.7'de verilmiştir.

Çizelge 3.7 Tüm zemin sınıfları için hesaplanan köşe periyotları (T_A ve T_B)

$T_A = 0{,}2S_{D1} / S_{DS}$ $T_B = S_{D1} / S_{DS}$	ZEMİN SINIFI					
	ZA	**ZB**	**ZC**	**ZD**	**ZE**	**ZF**
S_{DS}	0,348	0,391	0,565	0,632	0,819	Zemin davranışını tespit etmek için özel çalışma gerektirir
S_{D1}	0,127	0,127	0,238	0,363	0,583	
T_A	**0,073**	**0,065**	**0,084**	**0,115**	**0,143**	
T_B	**0,366**	**0,325**	**0,422**	**0,574**	**0,713**	

Tüm zemin sınıfları için yatay elastik tasarım spektrum eğrisini elde etmek amacıyla spektral ivme katsayıları ve spektrum köşe periyotları hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler sonucunda tüm zemin sınıfları için ayrı ayrı yatay elastik tasarım ivmesinin titreşim periyoduna göre değişim eğrisi belirlenmiş olup karşılaştırmalı olarak Şekil 3.8'de verilmiştir.



Şekil 3.8 Tasarlanan yapının tüm zemin sınıflarındaki yatay elastik tasarım spektrumu

3.2.3.3.2 Düşey elastik tasarım spektrumu

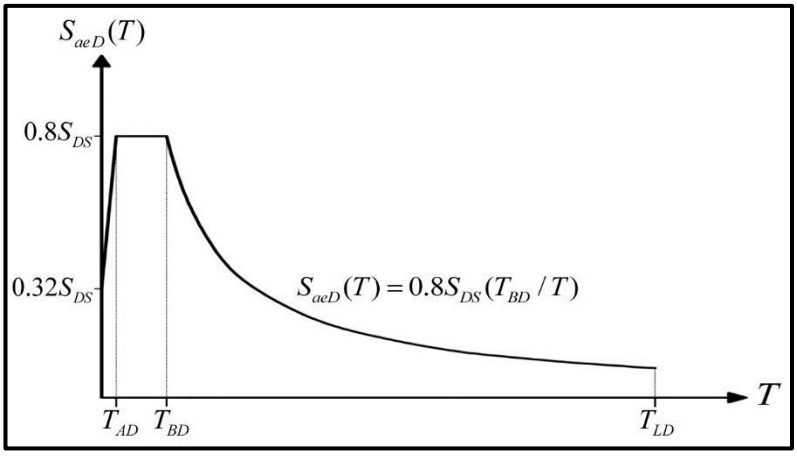
Belirlenen deprem yer hareket düzeyinde düşey elastik tasarım ivme değeri $S_{aeD}(T)$ olarak tanımlanıp düşey elastik tasarım ivme spektrumunun ordinatı olarak gösterilmektedir. $S_{aeD}(T)$ değerine ilişkin tüm hesaplamalar Denklem (3.12, 3.13 ve 3.14) kullanılarak yapılmıştır. TBDY-2018 ile yapı elemanlarına spektrum üzerinden hesaplanan düşey doğrultudaki deprem ivmesi ile etki ettirerek analiz yapılması zorunlu hale gelmiştir.

$$(0 \leq T \leq T_{AD}) \quad \Rightarrow \quad S_{aeD}(T) = (0{,}32 + 0{,}48T / T_{AD})S_{DS} \tag{3.12}$$

$$(T_{AD} \leq T \leq T_{BD}) \quad \Rightarrow \quad S_{aeD}(T) = 0{,}8S_{DS} \tag{3.13}$$

$$(T_{BD} \leq T \leq T_{LD}) \quad \Rightarrow \quad S_{aeD}(T) = 0{,}8S_{DS}(T_{BD} / T) \tag{3.14}$$

Düşey elastik spektrum eğrisinde T_{AD} ve T_{BD} köşe periyodlarını, S_{DS} spektral ivme katsayısını, T titreşim periyodunu, T_{LD} ise yer değiştirme bölgesine geçiş periyodunu ifade etmekte olup T_{LD}=3s alınacaktır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 Düşey elastik tasarım ivmesi $S_{ae}D(T)$'nin titreşim periyoduna göre değişimi

T_{AD} ve T_{BD}, yatay elastik spektrum eğrisinin köşe periyotları T_A ve T_B 'e göre değişkenlik göstermekte olup aşağıda verilen Denklem (3.15 ve 3.16) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$T_{AD} = T_A / 2 \tag{3.15}$$

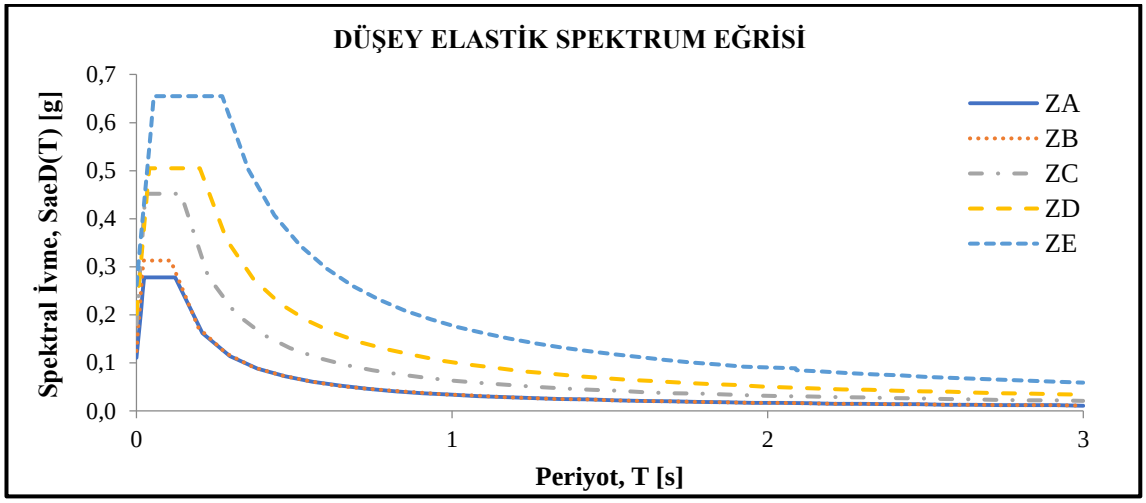
$$T_{BD} = T_B / 2 \tag{3.16}$$

Tüm zemin sınıfları için hesaplanan T_{AD} ve T_{BD} köşe periyotları Çizelge 3.8'de verilmiştir.

Çizelge 3.8 Tüm zemin sınıfları için hesaplanan köşe periyotları (T_{AD} ve T_{BD})

$T_{AD} = T_A / 2$ **$T_{BD} = T_B / 2$**	**ZEMİN SINIFI**					
	ZA	**ZB**	**ZC**	**ZD**	**ZE**	**ZF**
T_A	0,073	0,065	0,084	0,115	0,143	Zemin davranışını tespit etmek için özel çalışma gerektirir
T_B	0,366	0,325	0,422	0,574	0,713	
T_{AD}	**0,037**	**0,033**	**0,042**	**0,058**	**0,072**	
T_{BD}	**0,183**	**0,163**	**0,211**	**0,287**	**0,357**	

Hesaplanan değerler sonucunda tüm zemin sınıfları için ayrı ayrı düşey elastik tasarım ivmesinin titreşim periyoduna göre değişim eğrisi belirlenmiş olup karşılaştırmalı olarak Şekil 3.10'da verilmiştir.



Şekil 3.10 Tasarlanan yapının tüm zemin sınıflarındaki düşey elastik tasarım spektrumu

3.2.3.4 Bina kullanım sınıfı ve önem katsayısı

Bina kullanımı, binaya verilen önem derecesine göre sınıflandırılır. Hastaneler ve acil durum tesisleri, okullar, müzeler, cezaevleri, patlayıcı özellikleri olan maddeleri bulunduran depolar vb. dâhil olmak üzere insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu kritik tesisler birinci grupta yer almaktadır (BKS=1). Konser salonları, stadyumlar, alışveriş merkezleri gibi yoğun nüfusları geçici olarak barındıran binalar ikinci grupta yer almaktadır (BKS=2). Bu iki grup tanımına girmeyen konutlar, işyerleri, oteller vb. yapılar ise üçüncü grupta yer almaktadır (BKS=3). Tasarladığımız yapı konut amacıyla yapıldığı için üçüncü grubun içerisindedir (Çizelge 3.9).

Çizelge 3.9 Bina kullanım sınıfının tespiti (TBDY 2018)

BİNA KULLANIM SINIFI	BİNA KULLANIM ÖZELLİKLERİ	
BKS=1	İnsanların uzun süreli ve yoğun olduğu yapılar	Hastaneler, acil durum tesisleri, okullar, müzeler, cezaevleri, patlayıcı maddeler bulunduran depolar vb.
BKS=2	İnsanların kısa süreli ve yoğun olduğu yapılar	Konser salonları, stadyumlar, tiyatrolar, ibadethaneler, alışveriş merkezleri vb.
BKS=3	İlk iki gruptaki niteliğe girmeyen diğer yapılar	Konutlar, oteller, işyerleri vb.

Bina önem katsayısı, depremden sonra binanın ne kadar güvenli olması gerektiğini gösteren bir faktördür. Bu nedenle bina önem katsayısı yüksek olan bir yapı deprem sonucunda daha az hasarla karşılaşacaktır. Bina önem katsayısı, insanların uzun süreli ve kalabalık olduğu (hastane, okul, müze, cezaevleri vb.) yapılarda 1,5 alınmaktadır. İnsanların kısa zamanlı ve kalabalık olduğu (konser salonu, stadyum, tiyatro, ibadethane, alışveriş merkezi vb.) yapılarda 1,2 alınırken konut, otel, işyeri gibi bu iki gruba girmeyen yapılarda ise bina önem katsayısı 1,0 alınmaktadır. Tasarladığımız yapı konut amacıyla yapıldığı için bina önem katsayısı 1,0 alınacaktır (Çizelge 3.10).

Çizelge 3.10 Bina önem katsayısı

BİNA KULLANIM ÖZELLİKLERİ		**BİNA ÖNEM KATSAYISI**
İnsanların uzun süreli ve yoğun olduğu yapılar	Hastaneler, acil durum tesisleri, okullar, müzeler, cezaevleri, patlayıcı maddeler bulunduran depolar vb.	**1,5**
İnsanların kısa süreli ve yoğun olduğu yapılar	Konser salonları, stadyumlar, tiyatrolar, ibadethaneler, alışveriş merkezleri vb.	**1,2**
İlk iki gruptaki niteliğe girmeyen diğer yapılar	Konutlar, oteller, işyerleri vb.	**1,0**

3.2.3.5 Deprem tasarım sınıfı

Deprem tasarım sınıfı (DTS), DD-2 deprem yer hareket düzeyindeki spektral ivme katsayısı ve binanın kullanım sınıfına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Tüm zemin sınıfları için hesapladığımız spektral ivme katsayısı S_{DS}, deprem tasarım sınıfını belirlememizde önemli rol oynamaktadır. Spektral ivme katsayısı yüksek olan yerlerde deprem tasarım sınıfı yüksek çıkmakta ve bu durumda binayı tasarlarken daha dikkatli olmamız gerekliliğini göz önüne koymaktadır. 1'den 4'e ve 1a'dan 4a'ya olmak üzere 8 adet deprem tasarım sınıfı mevcut olup 1a'dan 4a'ya kadar olan deprem sınıfları insanların uzun süreli ve yoğun olduğu yapıları kapsamaktadır. Tasarladığımız yapı, ZA ve ZB zemin sınıflarında spektral ivme katsayısı (S_{DS}) değerine göre deprem tasarım sınıfı (DTS=3) olarak belirlenmektedir. ZC ve ZD sınıflarında deprem tasarım sınıfı (DTS=2) olurken ZE zemin sınıfında ise bu değerin (DTS=1) olduğu Çizelge 3.11'de görülmektedir.

Çizelge 3.11 Deprem tasarım sınıfının belirlenmesi (TBDY 2018)

ZEMİN SINIFI	DD-2 DEPREM YER HAREKET DÜZEYİNDE SPEKTRAL İVME KATSAYISI (S_{DS})		BİNA KULLANIM SINIFI Konut olduğundan BKS=3 alınacaktır.	
			BKS=1	BKS=2,3
-	-	$S_{DS} \leq 0,33$	DTS=4a	DTS=4
A	0,348	$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	DTS=3a	**DTS=3**
B	0,391			
C	0,565	$0,50 \leq S_{DS} < 0,75$	DTS=2a	**DTS=2**
D	0,632			
E	0,819	$0,75 \leq S_{DS}$	DTS=1a	**DTS=1**
F	Zemin davranışını tespit etmek için özel çalışma gerektirir			

3.2.3.6 Kat kotları

Binanın cephe aldığı yolun kaldırım seviyesi (bordür taşının üst seviyesi) esas alınarak yapıya kotlar verilir. Kaldırım kotu sıfır kabul edilerek bodrum, zemin ve normal katların yüksekliklerine göre kotları belirlenir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11 Tasarlanan yapının yol cephesindeki kaldırım seviyesine göre kotlandırılmış görüntüsü

3.2.3.7 Bina yükseklik sınıfı

Bina yükseklik sınıfı, deprem sınıfına ve yapının toplam yüksekliğine göre belirlenir. Binanın temel üst seviyesinden saçak seviyesine kadar olan mesafeyi ifade etmektedir. Yapının temel üstü -3,00 kotunda, saçak seviyesi +12,40 kotundadır.

Binanın toplam yüksekliği; H_N = 12,40 m + 3,00 m = 15,40 m'dir.

Hesaplanan toplam bina yüksekliği ve deprem tasarım sınıfları dikkate alınarak tasarlanan yapının tüm zemin sınıflarına göre bina yükseklik sınıfları Çizelge 3.12'de verilmiştir. Buna göre ZC, ZD ve ZE zemin sınıflarında bina yükseklik sınıfı BYS=6 olarak, ZA ve ZB zemin sınıflarında ise BYS=7 olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.12).

Çizelge 3.12 Bina yükseklik sınıfının tespiti (TBDY 2018)

ZEMİN SINIFI	**BİNA YÜKSEKLİK SINIFI**	**BİNA YÜKSEKLİK VE DEPREM TASARIM SINIFLARINA GÖRE BİNA YÜKSEKLİK ARALIKLARI [m]**		
		DTS=1,1a,2,2a	**DTS=3,3a**	**DTS=4,4a**
-	BYS=1	$H_N > 70$	$H_N \leq 91,0$	$H_N \leq 105,0$
-	BYS=2	$56,0 < H_N \leq 70,0$	$70,0 < H_N \leq 91,0$	$91,0 < H_N \leq 105,0$
-	BYS=3	$42,0 < H_N \leq 56,0$	$56,0 < H_N \leq 70,0$	$56,0 < H_N \leq 91,0$
-	BYS=4	$28,0 < H_N \leq 42,0$	$42,0 < H_N \leq 56,0$	
-	BYS=5	$17,5 < H_N \leq 28,0$	$28,0 < H_N \leq 42,0$	
ZC, ZD, ZE	BYS=6	$10,50 < H_N \leq 17,50$	$17,50 < H_N \leq 28,0$	
ZA, ZB	BYS=7	$7,0 < H_N \leq 10,50$	$10,50 < H_N \leq 17,50$	
-	BYS=8	$H_N \leq 7,0$	$H_N \leq 10,50$	
ZF	Zemin davranışını tespit etmek için özel çalışma gerektirir			

3.2.3.8 Performans hedefi

TBDY-2018'de yeni inşa edilecek binaların deprem tasarım sınıfına (DTS) göre sismik ve yerçekimi yükü altında sağlaması gereken deprem performans hedefleri ve bu hedeflerin belirlenmesinde uygulanacak tasarım yaklaşımları mevcuttur.

Deprem yer hareket düzeyi (DD-2) ve bina yükseklik sınıfı (BYS ≥ 2) olduğu yeni yapılan binalarda performans hedefi, kontrollü hasar performans düzeyi olarak belirlenirken tasarım yaklaşımında ise dayanımına göre tasarım esas alınmıştır. Bina yükseklik sınıfı (BYS=2,3) olduğu yeni yapılan binalarda ileri performans hedeflenmiştir. Kontrollü hasar performans düzeyi, insanların can güvenliği hedeflenerek binanın taşıyıcı elemanlarında çok ağır olmayıp onarılması mümkün olan hasar düzeyini ifade etmektedir. Dayanıma göre tasarımda ise hesaplanan dış kuvvetler etkisinde taşıyıcı elemanların sahip olması gereken dayanım seviyesine göre tasarım yapılması öngörülmektedir.

Tasarlanan binanın tüm zemin sınıflarındaki deprem tasarım sınıflarına bakıldığında performansa göre kontrollü hasar performans seviyesi olarak belirlendiği ve tasarıma ise dayanım esas alınarak yapıldığı Çizelge 3.13'te görülmektedir.

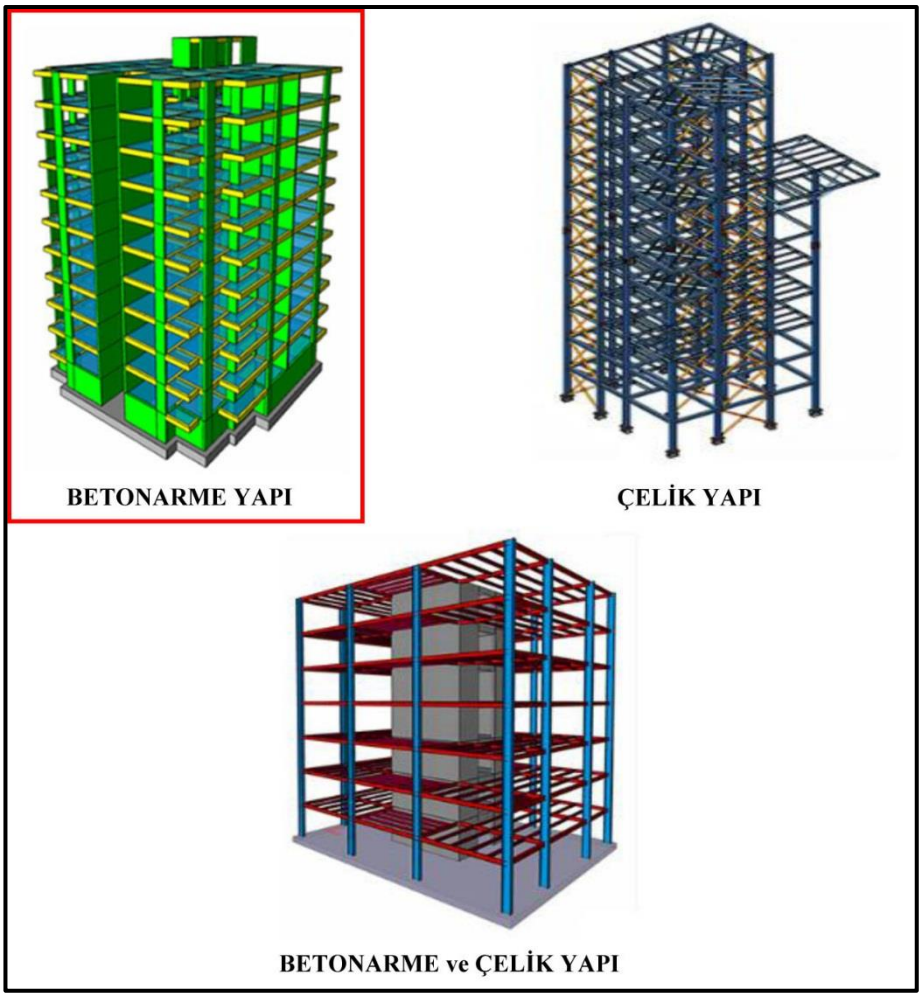
Çizelge 3.13 Yeni yapılacak binaların deprem tasarım sınıfına göre performans hedefleri ve uygulanacak tasarım yaklaşımları (TBDY 2018)

DEPREM DÜZEYİ	DTS=1,1a[1],2,2a[1],3,3a,4,4a		DTS=1a[2],2a[2]	
	NORMAL PERFORMANS HEDEFİ	TASARIM YAKLAŞIMI	İLERİ PERFORMANS HEDEFİ	TASARIM YAKLAŞIMI
DD-3	-	-	Sınırlı Hasar	Şekil Değiştirme Esasına Göre
DD-2	Kontrollü Hasar	Dayanım Esasına Göre	Kontrollü Hasar	Dayanım Esasına Göre
DD-1	-	-	Kontrollü Hasar	Şekil Değiştirme Esasına Göre

[1] BYS > 3 olan binalarda uygulanacaktır.
[2] BYS = 2,3 olan binalarda uygulanacaktır.

3.2.3.9 Taşıyıcı sistem

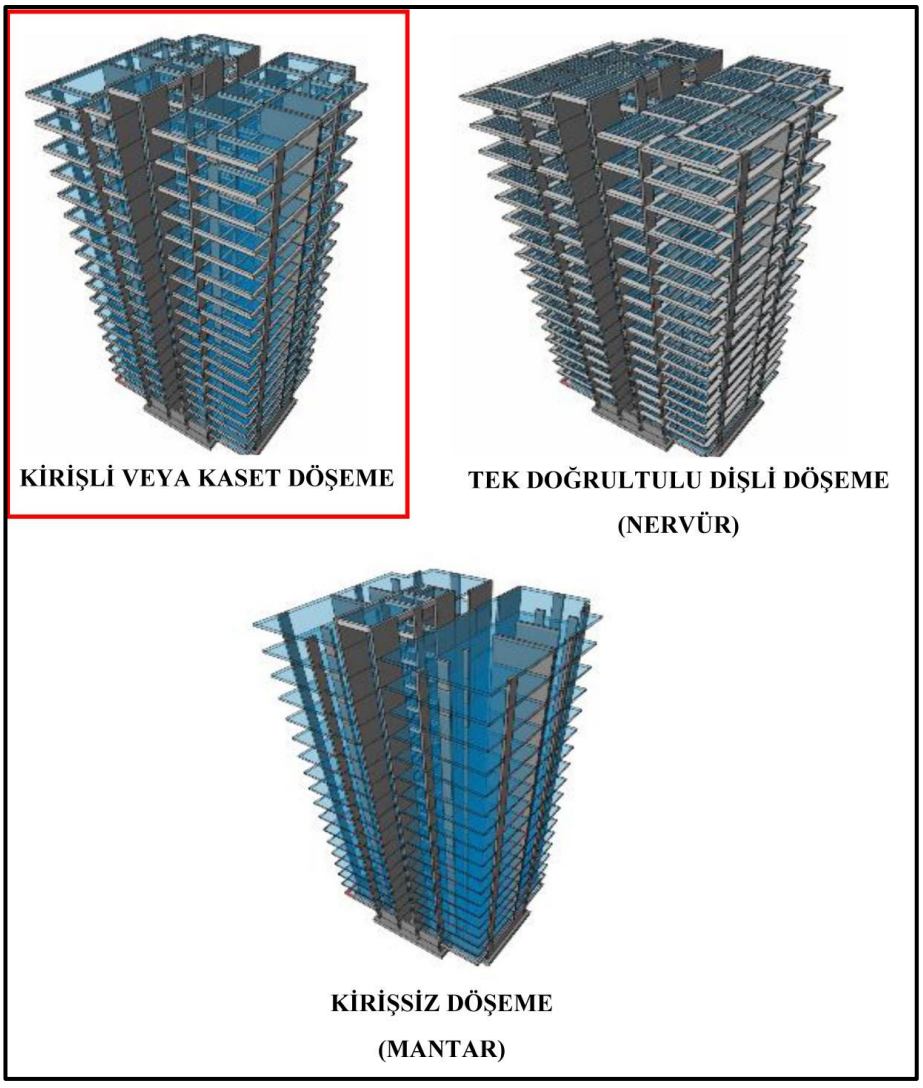
Taşıyıcı sistem türü; çelik, betonarme ve karma (betonarme ve çelik) olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır (Şekil 3.12). Yapının tasarımına uygun olarak taşıyıcı sistem belirlenmektedir. Tasarlanan yapının taşıyıcı sistemi betonarme kolon ve perde elemanlarından oluştuğu için betonarmedir.



Şekil 3.12 Taşıyıcı sistem türleri

3.2.3.10 Döşeme tipi

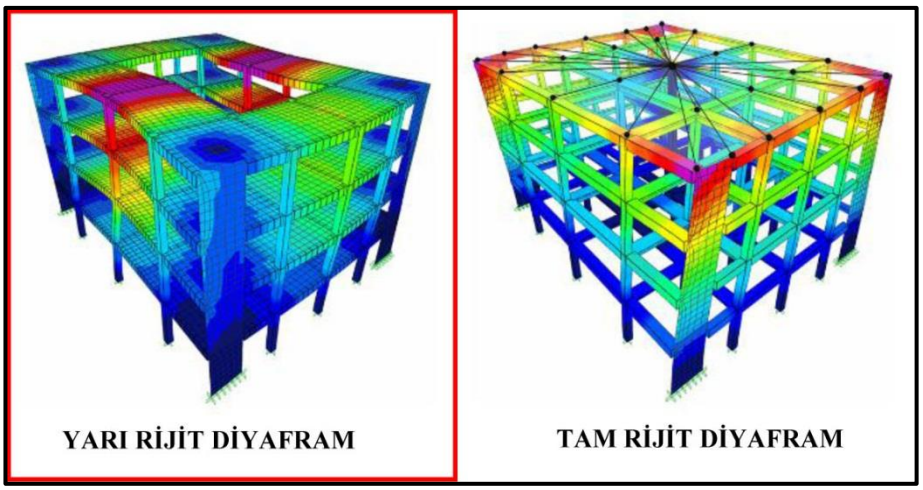
Kirişli veya kaset döşeme, nervür döşeme ve kirişsiz (mantar) döşeme olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır (Şekil 3.13). Yapının tasarımına uygun olarak döşeme tipi belirlenmektedir. Tasarlanan yapının döşeme tipi kirişli döşeme elemanlarından oluştuğu için kirişli veya kaset döşeme grubuna girmektedir.



Şekil 3.13 Döşeme tipleri

3.2.3.11 Diyafram tipi

Diyafram tipi; yarı rijit diyafram ve tam rijit diyafram olarak iki gruba ayrılmaktadır (Şekil 3.14). Yarı rijit diyaframda yapıda yatay yönde oluşan deprem kuvvetinin etkisiyle döşemelerde meydana gelen şekil değiştirmeler ve bu şekil değiştirmelerle oluşan gerilmeler hesaba katılarak yapılır. Ayrıca yapı analizinde döşeme davranışının gerçeğe en yakın davranışı gösterdiği kabulü yapılır. Tam rijit diyaframda ise yatay yönde oluşan deprem kuvvetinin etkisiyle döşemelerde rijitliğin fazla olmasından dolayı şekil değiştirme meydana gelmemekte ve bu durumda gerilmeler oluşmayacağından döşemelerin yapıya herhangi bir etkisi olmamaktadır.



Şekil 3.14 Diyafram tipleri

3.2.3.12 Süneklik düzeyi

Yapı sünekliği, sistemin şekil değiştirerek yani elastik davranış göstererek dayanım kaybına uğramama özelliğidir. Yapı süneklik düzeyi bakımından yüksek, karma ve sınırlı olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. Yüksek sünek yapılarda yatay yöndeki deprem kuvveti şekil değiştirmeyle karşılanmaktadır. Elastik davranan yüksek sünek yapılarda hasar oluşabilir fakat göçme meydana gelmemektedir. TBDY-2018'de aniden göçebilecek yüksek dayanımlı yapılar yerine daha az dayanıma sahip hasar oluşabilen fakat göçme meydana gelmeyecek ve can kaybına neden olmayacak yapıları tercih etmiştir. Ayrıca yönetmelikte süneklik düzeyi yüksek yapılarda göçmenin meydana

gelmemesi için kolonların dayanımına dikkat edilerek güçlü kolon kontrolü yapılmaktadır. Sınırlı süneklik düzeyine sahip yapılarda deprem kuvveti şekil değiştirmeyle değil dayanımla karşılanmaktadır. Dayanımı yüksek elemanlar oluşturulmaktadır. Süneklik düzeyi sınırlı olan dayanımı yetersiz yapılarda deprem anında meydana gelen enerjiyi şekil değiştirme ile karşılayamayacağından ani göçmeler meydana gelmektedir bu durum büyük can kayıplarına neden olmaktadır. Karma sünek yapı, süneklik düzeyi sınırlı olan yapılara süneklik düzeyi yüksek perdelerin eklenmesidir. Süneklik düzeyi karma yapılarda süneklik düzeyi sınırlı olan yapılar gibi dayanıma önem verilmektedir. Tasarlanan yapıda TBDY-2018'in de önermiş olduğu yüksek sünek düzey grubu tercih edilmiştir.

3.2.3.13 Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) ile dayanım fazlalığı katsayısı (D)

Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R), yapıdaki toplam taban kesme kuvvetini azaltma katsayısıdır. Yapıya etkiyen deprem kuvvetinin tamamına göre yapıyı tasarlamak hem ekonomik hem de dayanım olarak sıkıntı yaratmaktadır. Bundan dolayı taşıyıcı sistemin hareket ve şekil değiştirmesinden yararlanıp etkiyen deprem kuvvetini azaltarak yapı tasarlanabilmektedir. Toplam deprem kuvveti taşıyıcı sistem davranış katsayısına (R) bölünerek bulunan değer dayanımla karşılanırken geri kalan değer ise şekil değiştirmeyle sönümlenebilmektedir. Süneklik düzeyi yüksek kolon ve kirişlerden oluşan yapılarda taşıyıcı sistem davranış katsayısı R=8 alınırken süneklik düzeyi yüksek kolon kiriş ve perdeli sistemlerde ise R=7 alınmaktadır (Çizelge 3.14). Perdeli sistemlerde perde elemanları ne kadar fazlaysa rijitlikte o kadar fazla, sistemin deplasman kapasitesi de bu denli düşük olmaktadır.

Dayanım fazlalığı katsayısı (D), yapı elemanlarının gerçek dayanımları ile tasarım dayanımlarına oranı olarak ifade edilmektedir. Yapı elemanlarını gerçek dayanımından daha düşük dayanımla tasarlayıp güvenli tarafta kalınmaktadır. Süneklik düzeyi yüksek kolon ve kirişlerden oluşan yapılarda dayanım fazlalığı katsayısı D=3 alınırken süneklik düzeyi yüksek kolon kiriş ve perdeli sistemlerde ise D=2,5 alınmaktadır (Çizelge 3.15).

Çizelge 3.14 Tasarlanan yapının X yönündeki taşıyıcı davranış (R) ve dayanım fazlalığı (D) katsayıları

BİNA TAŞIYICI TİPİ			
Süneklik düzeyi yüksek kolonlar, kirişler ve perdeler tarafından deprem kuvveti etkilerinin karşılandığı binalar			
DAVRANIŞ KATSAYISI (R)	7	**DAYANIM FAZLALIĞI KATSAYISI (D)**	2,5

Çizelge 3.15 Tasarlanan yapının Y yönündeki taşıyıcı davranış (R) ve dayanım fazlalığı (D) katsayıları

BİNA TAŞIYICI TİPİ			
Süneklik düzeyi yüksek kolon ve kirişler tarafından deprem kuvveti etkilerinin tamamının karşılandığı binalar			
DAVRANIŞ KATSAYISI (R)	8	**DAYANIM FAZLALIĞI KATSAYISI (D)**	3

4. BULGULAR

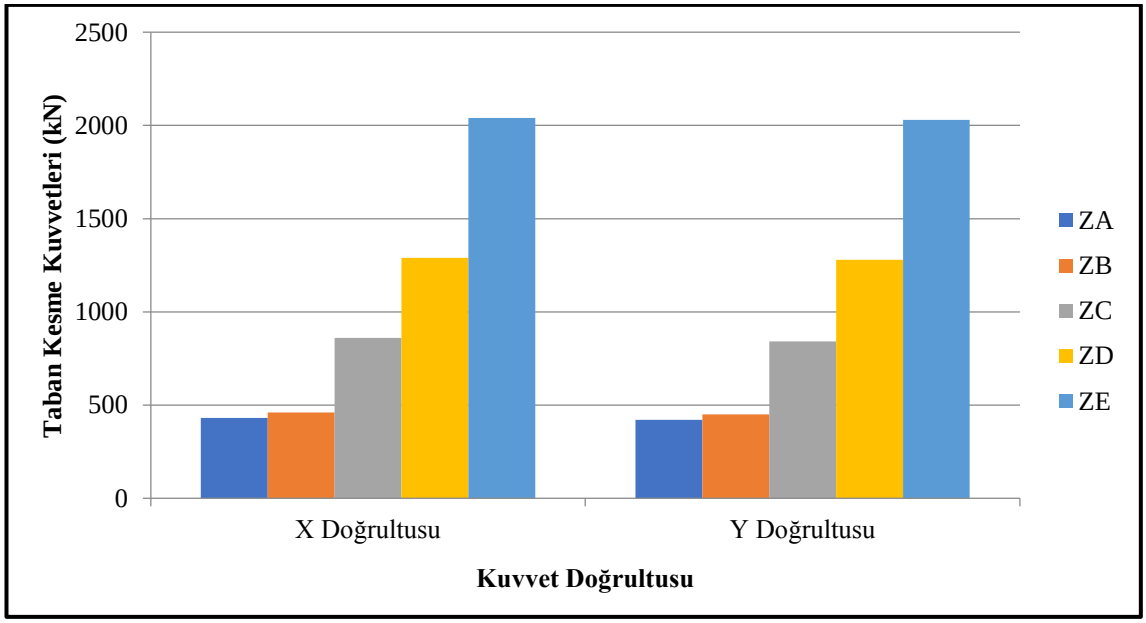
Tasarlanan yapı İdeCAD statik analiz programında mod birleştirme yöntemi kullanılarak farklı zemin sınıflarında analiz edilmiştir. Daha sonra her zemin sınıfı için yapının deprem performans sonuçları elde edilmiş, çizelgeler halinde sunularak yorumlanmıştır.

4.1 Taban Kesme Kuvvetlerinin İncelenmesi

Mod birleştirme yöntemi kullanarak analiz edilen yapının X ve Y doğrultularında etkiyen taban kesme kuvvetleri (deprem yükü), farklı zemin sınıflarında aşağıdaki tabloda gösterilmiştir. Çizelge 4.1'de mod birleştirme yöntemi ile hesaplanan taban kesme kuvvetleri (V_T) tüm zemin sınıfları için ayrı ayrı verilmiştir. Şekil 4.1'de ise taban kesme kuvvetlerinin değişim grafiği gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 X ve Y doğrultularında tüm zemin sınıfları için hesaplanan taban kesme kuvveti (kN) değerleri

V_T (kN)	**ZEMİN SINIFI**				
	ZA	**ZB**	**ZC**	**ZD**	**ZE**
X Doğrultusu	430,71	460,74	860,37	1290,64	2040,17
Y Doğrultusu	420,69	450,70	840,92	1280,14	2030,01



Şekil 4.1 X ve Y doğrultularında tüm zemin sınıfları için hesaplanan taban kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması

Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1'de X ve Y doğrultularında tüm zemin sınıfları için hesaplanan taban kesme kuvvetleri ve bu değerlerin karşılaştırılması verilmiştir. İncelenen tüm zemin sınıfları için X doğrultusundaki taban kesme kuvvetlerinin Y doğrultusundaki taban kesme kuvvetlerinden fazla olduğu görülmektedir.

X doğrultusunda ZB zemin sınıfındaki taban kesme kuvvetinin, ZA zemin sınıfındaki taban kesme kuvvetine göre %7 arttığı görülmektedir. Bu artış oranı ZB ile ZC zemin sınıfları arasında %87, ZC ile ZD zemin sınıfları arasında %50, ZD ile ZE zemin sınıfları arasında ise %58 olarak arttığı görülmektedir. X doğrultusundaki taban kesme kuvvetlerindeki en büyük artış ZB ve ZC zemin sınıfları arasında görülmektedir.

Y doğrultusunda ZB zemin sınıfındaki taban kesme kuvvetinin, ZA zemin sınıfındaki taban kesme kuvvetine göre %7 arttığı görülmektedir. Bu artış oranı ZB ile ZC zemin sınıfları arasında %87, ZC ile ZD zemin sınıfları arasında %52, ZD ile ZE zemin sınıfları arasında ise %59 olarak arttığı görülmektedir. Y doğrultusundaki taban kesme kuvvetlerindeki en büyük artış ZB ve ZC zemin sınıfları arasında görülmektedir.

4.2 Modal Analiz ile Yapı Periyot ve Frekanslarının İncelenmesi

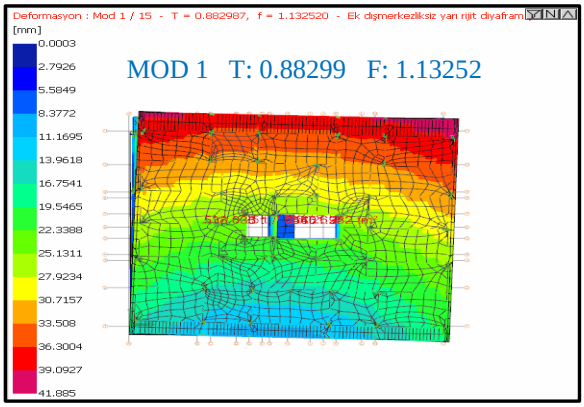
Yapılar belli bir periyota sahip olup kendi rijitliğine ve maruz kaldığı yükler etkisine göre titreşim halindedirler. Yapılar titreşim yaptıktan sonra son konumundan ilk konumuna dönene kadar geçen süre zarfına yapı periyodu denilmektedir.

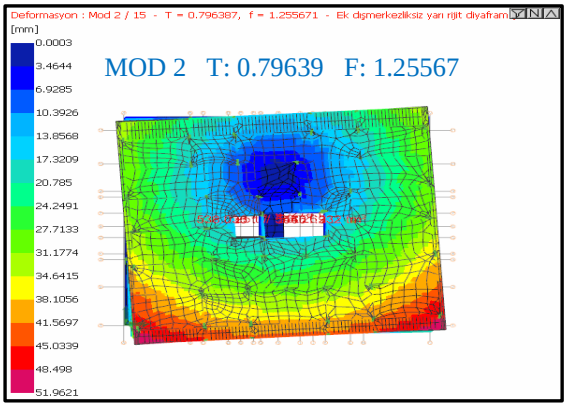
Tasarlanan yapının modal analiz sonucunda elde edilen periyot ve frekansları tüm zemin sınıfları için aynı olup Çizelge 4.2'de verilmiştir.

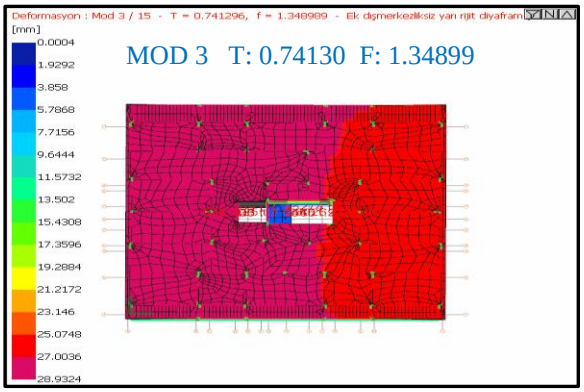
Çizelge 4.2 Tüm zemin sınıfları için mod sayısına göre periyot ve frekans değerleri

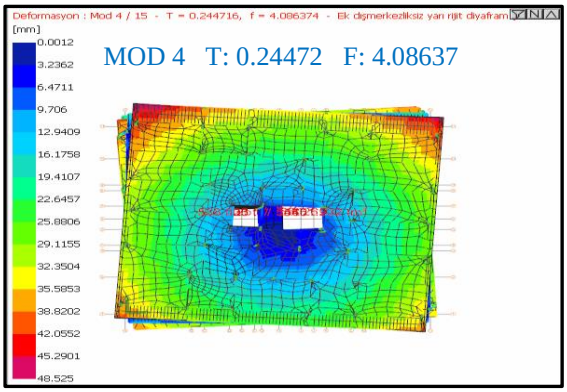
MOD	PERİYOT [S]	FREKANS [HZ]
1	0.88299	1.13252
2	0.79639	1.25567
3	0.74130	1.34899
4	0.24472	4.08637
5	0.21584	4.63300
6	0.21063	4.74763
7	0.12420	8.05158
8	0.10477	9.54445
9	0.10181	9.82245
10	0.07464	13.39698
11	0.05311	18.82869
12	0.04245	23.55990
13	0.03531	28.32426
14	0.02878	34.74844
15	0.02336	42.81111

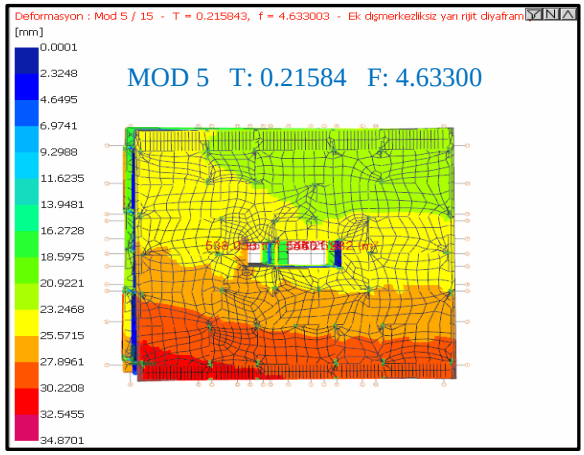
Yapının periyot ve frekans değerlerine göre mod şekilleri Şekil 4.2'de veriliştir.

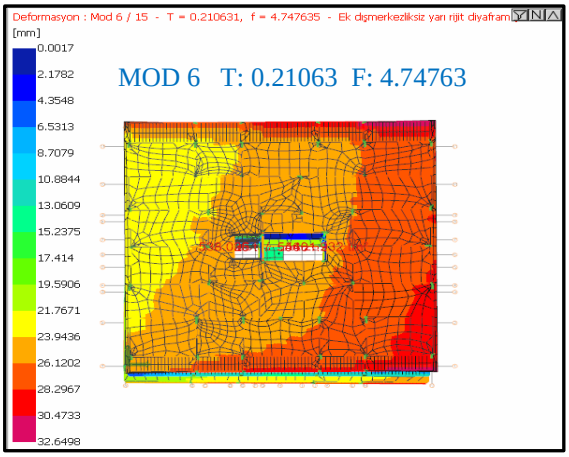

Deformasyon : Mod 1 / 15 - T = 0.882987, f = 1.132520 - Ek dışmerkezliksiz yarı rijit diyafram
[mm]
0.0003
2.7926
5.5849
8.3772
11.1695
13.9618
16.7541
19.5465
22.3388
25.1311
27.9234
30.7157
33.508
36.3004
39.0927
41.885
MOD 1 T: 0.88299 F: 1.13252

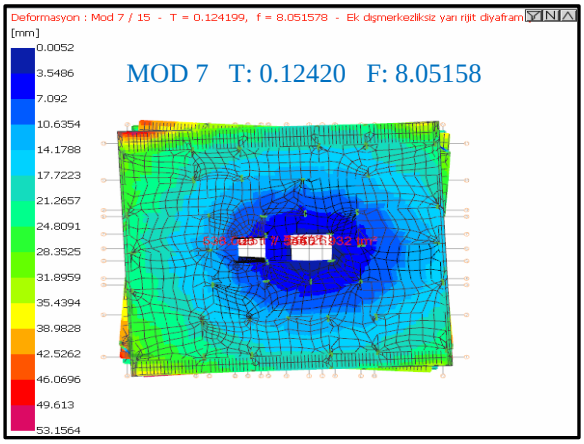

Deformasyon : Mod 2 / 15 - T = 0.796387, f = 1.255671 - Ek dışmerkezliksiz yarı rijit diyafram
[mm]
0.0003
3.4644
6.9285
10.3926
13.8568
17.3209
20.785
24.2491
27.7133
31.1774
34.6415
38.1056
41.5697
45.0339
48.498
51.9621
MOD 2 T: 0.79639 F: 1.25567

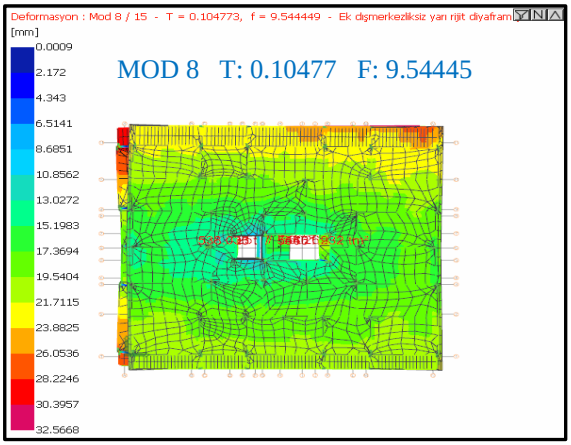

Deformasyon : Mod 3 / 15 - T = 0.741296, f = 1.348989 - Ek dışmerkezliksiz yarı rijit diyafram
[mm]
0.0004
1.9292
3.858
5.7868
7.7156
9.6444
11.5732
13.502
15.4308
17.3596
19.2884
21.2172
23.146
25.0748
27.0036
28.9324
MOD 3 T: 0.74130 F: 1.34899

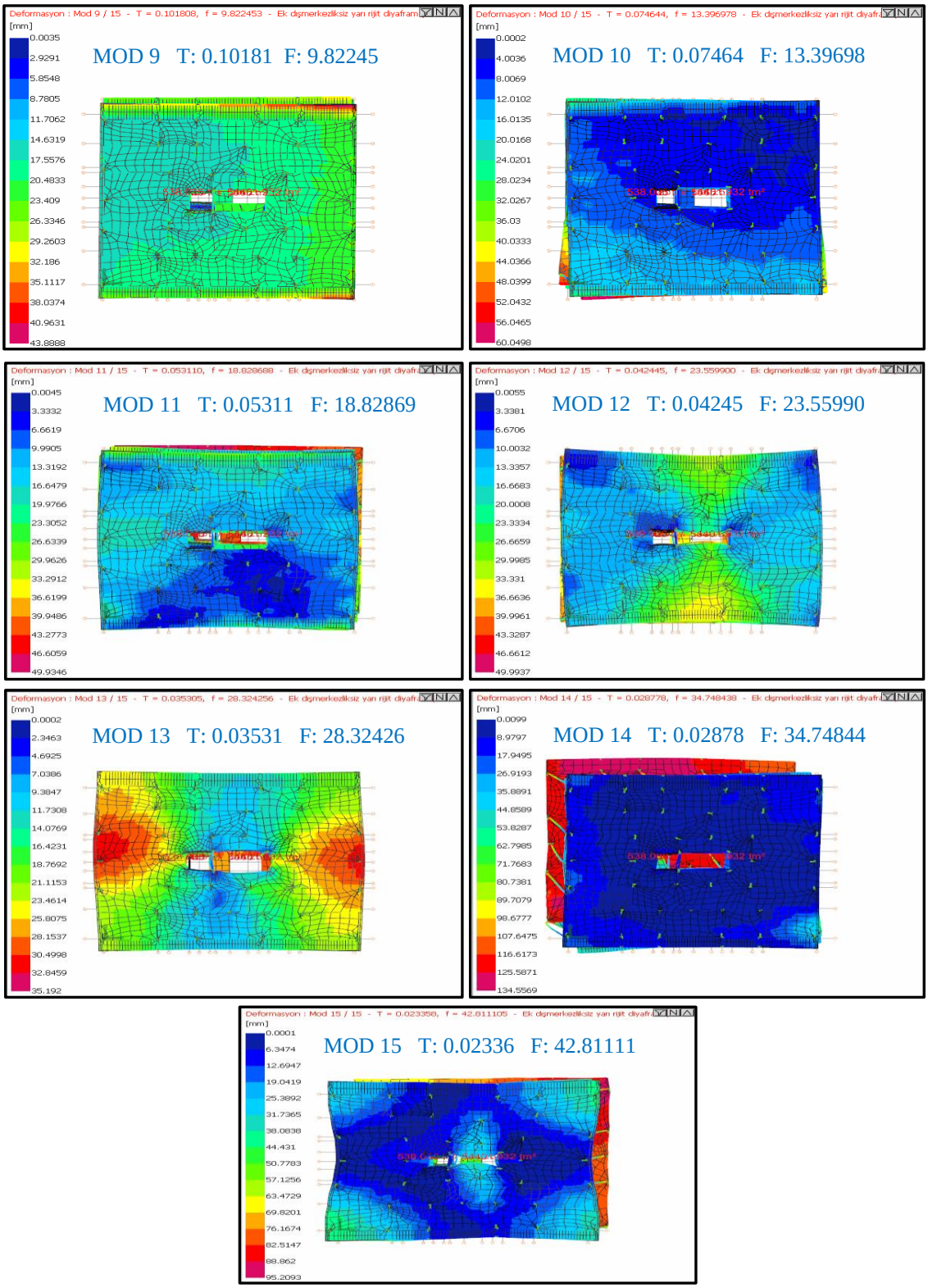

Deformasyon : Mod 4 / 15 - T = 0.244716, f = 4.086374 - Ek dışmerkezliksiz yarı rijit diyafram
[mm]
0.0012
3.2362
6.4711
9.706
12.9409
16.1758
19.4107
22.6457
25.8806
29.1155
32.3504
35.5853
38.8202
42.0552
45.2901
48.525
MOD 4 T: 0.24472 F: 4.08637


Deformasyon : Mod 5 / 15 - T = 0.215843, f = 4.633003 - Ek dışmerkezliksiz yarı rijit diyafram
[mm]
0.0001
2.3248
4.6495
6.9741
9.2988
11.6235
13.9481
16.2728
18.5975
20.9221
23.2468
25.5715
27.8961
30.2208
32.5455
34.8701
MOD 5 T: 0.21584 F: 4.63300


Deformasyon : Mod 6 / 15 - T = 0.210631, f = 4.747635 - Ek dışmerkezliksiz yarı rijit diyafram
[mm]
0.0017
2.1782
4.3548
6.5313
8.7079
10.8844
13.0609
15.2375
17.414
19.5906
21.7671
23.9436
26.1202
28.2967
30.4733
32.6498
MOD 6 T: 0.21063 F: 4.74763


Deformasyon : Mod 7 / 15 - T = 0.124199, f = 8.051578 - Ek dışmerkezliksiz yarı rijit diyafram
[mm]
0.0052
3.5486
7.092
10.6354
14.1788
17.7223
21.2657
24.8091
28.3525
31.8959
35.4394
38.9828
42.5262
46.0696
49.613
53.1564
MOD 7 T: 0.12420 F: 8.05158


Deformasyon : Mod 8 / 15 - T = 0.104773, f = 9.544449 - Ek dışmerkezliksiz yarı rijit diyafram
[mm]
0.0009
2.172
4.343
6.5141
8.6851
10.8562
13.0272
15.1983
17.3694
19.5404
21.7115
23.8825
26.0536
28.2246
30.3957
32.5668
MOD 8 T: 0.10477 F: 9.54445



Şekil 4.2 Yapının periyot ve frekansına göre mod şekilleri

4.3 Göreli Kat Ötelemelerinin İncelenmesi

Yapı sistemindeki kolon ve perde düşey elemanlarında, yatay yükler etkisiyle X ve Y yönünde yer değiştirmeler (deplasmanlar) meydana gelmektedir. Kolon ve perdelerde meydana gelen bu yer değiştirmeler, ardışık katlara göre farklılık göstermekte ve bu durum azaltılmış göreli kat ötelemesi (Δ_i) olarak ifade edilmektedir. Azaltılmış göreli kat ötelemesi (Δ_i), Denklem (4.1) kullanılarak elde edilmektedir.

$$\Delta_i = U_i - U_{i-1} \tag{4.1}$$

Denklem (4.1)'de U_i ve U_{i-1}, her iki yöndeki deprem doğrultusu için yapının i'inci ve (i-1)'inci katlarındaki kolon ve perdelerin uçlarında oluşan azaltılmış deprem kuvvetlerine göre hesaplanan yatay yer değiştirmeleri ifade etmektedir. Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4'te mod birleştirme yöntemi kullanılarak hesaplanan tüm zemin sınıfları için her iki doğrultuda azaltılmış göreli kat ötelemelerinin maksimum değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.3 X doğrultusunda tüm zemin sınıfları için hesaplanan azaltılmış göreli kat öteleme (mm) maksimum değerleri

$\Delta_{i,\,max}$ (mm)	KAT NO	ZEMİN SINIFI				
		ZA	ZB	ZC	ZD	ZE
X Doğrultusu	3. KAT	1,76	2,13	3,31	5,06	7,55
	2. KAT	2,04	2,47	3,87	5,95	8,99
	1. KAT	2,39	2,86	4,54	6,99	10,58
	ZEMİN KAT	2,40	2,91	4,55	7,02	10,62
	BODRUM KAT	1,62	1,84	2,50	2,96	3,96

Çizelge 4.4 Y doğrultusunda tüm zemin sınıfları için hesaplanan azaltılmış göreli kat öteleme (mm) maksimum değerleri

$\Delta_{i,\,max}$ (mm)	KAT NO	ZEMİN SINIFI				
		ZA	ZB	ZC	ZD	ZE
Y Doğrultusu	3. KAT	0,88	0,93	1,64	2,48	3,92
	2. KAT	1,24	1,26	2,33	3,54	5,62
	1. KAT	1,45	1,5	2,75	4,21	5,82
	ZEMİN KAT	1,33	1,5	2,51	3,83	6,10
	BODRUM KAT	0,96	1,15	1,47	1,72	2,23

Depremin her iki yöndeki doğrultusu için, yapının herhangi bir katındaki kolon ve perdelerde meydana gelen etkin göreli kat ötelemesi (δ_i), Denklem (4.2) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\delta_i = \frac{R}{I}\Delta_i \tag{4.2}$$

Yukarıda verilen denklem ifadelerinde:

δ_i: Etkin göreli kat ötelemesi

R: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı

I: Bina önem katsayısı

Δ_i: Azaltılmış göreli kat ötelemesi

Etkin göreli kat ötelemesi (δ_i) hesaplanırken bina önem katsayısı, her iki yönde ve tüm zemin sınıflarında I=1 alınacaktır (Çizelge 3.10). Taşıyıcı sistem davranış katsayısı ise X doğrultusunda tüm katlarda devam eden perde olduğundan R=7 alınacaktır. Y doğrultusunda ise tüm katlarda devam eden perde olmadığından R=8 alınacaktır (Çizelge 3.14).

Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6'da mod birleştirme yöntemi ile hesaplanan etkin göreli kat ötelemeleri tüm zemin sınıfları için her iki doğrultuda Denklem (4.2) kullanılarak ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Çizelge 4.5 X doğrultusunda tüm zemin sınıfları için hesaplanan etkin göreli kat öteleme (mm) maksimum değerleri

$\delta_{i,\,max}$ (mm)	KAT NO	ZEMİN SINIFI				
		ZA	ZB	ZC	ZD	ZE
X Doğrultusu	3. KAT	9,85	11,91	18,55	28,33	42,30
	2. KAT	11,43	13,82	21,66	33,29	50,33
	1. KAT	13,36	16,04	25,40	39,15	59,27
	ZEMİN KAT	13,42	16,32	25,50	39,29	59,49
	BODRUM KAT	4,06	4,61	6,24	7,40	9,91

Çizelge 4.6 Y doğrultusunda tüm zemin sınıfları için hesaplanan etkin göreli kat öteleme (mm) maksimum değerleri

$\delta_{i,\,max}$ (mm)	KAT NO	ZEMİN SINIFI				
		ZA	ZB	ZC	ZD	ZE
Y Doğrultusu	3. KAT	5,65	5,98	10,51	15,87	25,12
	2. KAT	7,94	8,07	14,89	22,65	35,97
	1. KAT	9,30	9,58	17,60	26,97	37,98
	ZEMİN KAT	8,51	9,58	16,04	24,51	39,04
	BODRUM KAT	2,41	2,88	3,67	4,31	5,59

Göreli kat ötelemesi sınır değeri, yapının taşıyıcı elemanları ile dolgu duvarlar arasında esnek derz ile bağlantısı olup olmama durumuna göre farklılık göstermektedir. Esnek derz ile bağlantısı olma durumunda göreli kat ötelemesi sınır değeri olarak Denklem (4.3) ve esnek derz ile bağlantısı olmama durumunda ise Denklem (4.4) kullanılmaktadır.

$$\lambda \frac{\delta_{i,max}}{h_i} \leq 0.016\kappa \tag{4.3}$$

$$\lambda \frac{\delta_{i,max}}{h_i} \leq 0.008\kappa \tag{4.4}$$

Yukarıda verilen denklem ifadelerinde:

λ: "DD-3" deprem yer hareketine ait spektral ivme değerinin "DD-2" depreminin spektral ivme değerine oranıdır.

$\delta_{i,max}$: Etkin göreli kat ötelemelerinin kat içindeki maksimum değeri

h_i : Kat yüksekliği

κ: Çelik binalarda $\kappa = 0,5$; betonarme binalarda ise $\kappa = 1,0$ alınmaktadır.

Tasarlanan yapıda taşıyıcı elemanlar ile dolgu duvarlar arasında esnek derz ile bağlantı olmadığından Denklem (4.4) kullanılacaktır. Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8'de göreli kat öteleme değerleri tüm zemin sınıfları için her iki doğrultuda Denklem (4.4) kullanılarak ayrı ayrı hesaplanmıştır.

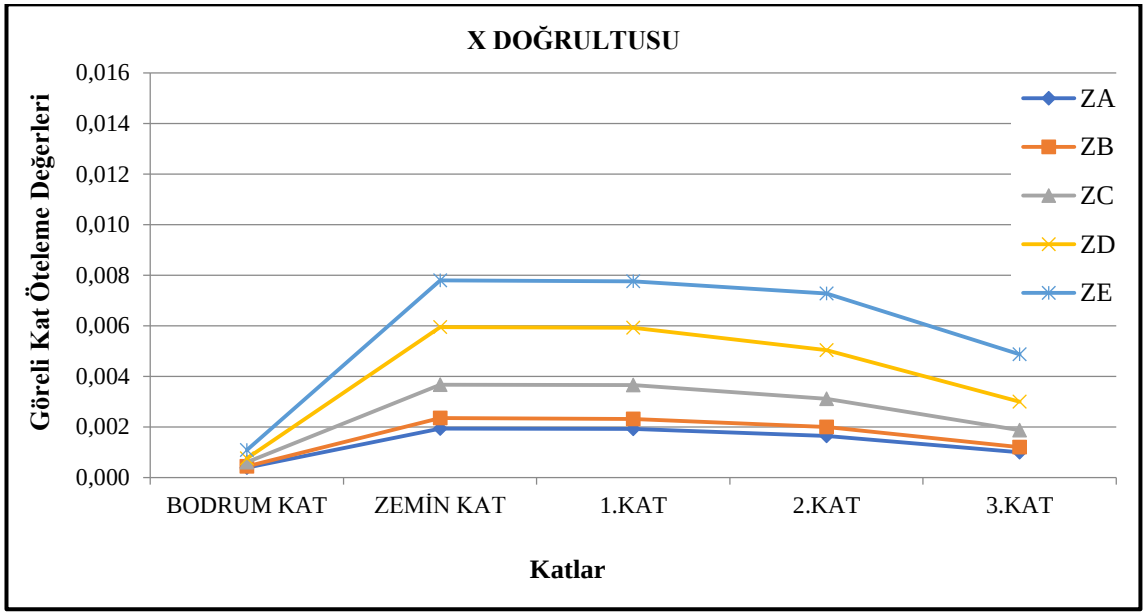
Çizelge 4.7 X doğrultusunda tüm zemin sınıfları için hesaplanan göreli kat öteleme maksimum değerleri

$\lambda \frac{\delta_{i,max}}{h_i}$	**KAT NO**	**Hi (m)**	**ZEMİN SINIFI**				
			ZA	**ZB**	**ZC**	**ZD**	**ZE**
			λ=0,4025	**λ=0,4025**	**λ=0,4025**	**λ=0,4233**	**λ=0,4608**
X Doğrultusu	3. KAT	2,80	0,00099	0,00120	0,00187	0,00300	0,00487
	2. KAT	2,80	0,00164	0,00199	0,00311	0,00503	0,00728
	1. KAT	2,80	0,00192	0,00231	0,00365	0,00592	0,00775
	ZEMİN KAT	2,80	0,00193	0,00235	0,00367	0,00594	0,00779
	BODRUM KAT	4,20	0,00039	0,00044	0,00060	0,00075	0,00109

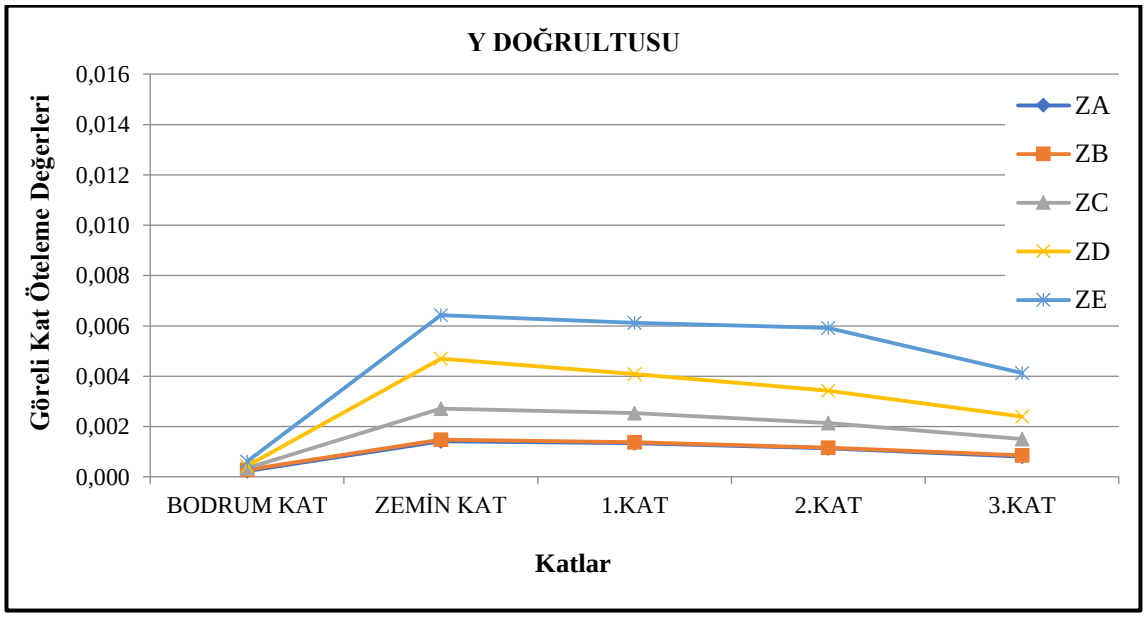
Çizelge 4.8 Y doğrultusunda tüm zemin sınıfları için hesaplanan göreli kat öteleme maksimum değerleri

$\lambda \frac{\delta_{i,max}}{h_i}$	**KAT NO**	**Hi (m)**	**ZEMİN SINIFI**				
			ZA	**ZB**	**ZC**	**ZD**	**ZE**
			λ=0,4025	**λ=0,4025**	**λ=0,4025**	**λ=0,4233**	**λ=0,4608**
Y Doğrultusu	3. KAT	2,80	0,00081	0,00086	0,00151	0,00240	0,00413
	2. KAT	2,80	0,00142	0,00148	0,00271	0,0047	0,00642
	1. KAT	2,80	0,00134	0,00138	0,00253	0,00408	0,00612
	ZEMİN KAT	2,80	0,00122	0,00138	0,00231	0,00370	0,00642
	BODRUM KAT	4,20	0,00023	0,00028	0,00035	0,00043	0,00061

Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'te ise göreli kat öteleme değerlerinin değişimi grafik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.3 X Doğrultusunda tüm zemin sınıfları için hesaplanan göreli kat öteleme değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 4.4 Y doğrultusunda tüm zemin sınıfları için hesaplanan göreli kat öteleme değerlerinin karşılaştırılması

Analizlerde kullanılan tüm zemin sınıflarındaki göreli kat öteleme değerlerine bakıldığında X doğrultusundaki göreli yer değiştirmelerin değerleri, Y doğrultusundaki göreli yer değiştirmelerin değerlerinden fazla olduğu görülmektedir. X doğrultusundaki yer değiştirme, bodrum kattan zemin kata doğru artarken zemin kattan üst katlara doğru azalmaktadır. Y doğrultusundaki yer değiştirmede ise bodrum kattan 1. kata doğru artarken 1. kattan üst katlara doğru azalmaktadır. X ve Y doğrultusunda tüm katlardaki göreli yer değiştirmelerin miktarı, ZA zemin sınıfından ZE zemin sınıfına doğru artmaktadır. X ve Y doğrultusunda en büyük kat öteleme değeri ZE zemin sınıfında ve yapının zemin katında hesaplanırken en küçük kat öteleme değeri ise ZA zemin sınıfında ve yapının bodrum katında hesaplanmıştır. Her iki doğrultuda ve tüm zemin sınıflarındaki göreli kat öteleme değeri, sınır olarak kabul edilen 0,008 değerini geçmediğinden dolayı yapının göreli kat ötelemesinde herhangi bir olumsuz durum mevcut değildir.

4.4 A1 Burulma Düzensizliğinin İncelenmesi

TBDY-2018'de belirtilen tanımına ilişkin burulma düzensizliği, birbirine dik x ve y yönündeki deprem doğrultularından herhangi biri için, herhangi bir katta, maksimum göreli yer değiştirmenin ortalama göreli yer değiştirmeye oranı olarak hesaplanan burulma düzensizliği katsayısı (η_{bi})'nin 1,2'den büyük olması durumudur (Denklem 4.5).

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{ort} > 1{,}2 \qquad (4.5)$$

Yukarıda verilen denklem ifadesinde:
$(\Delta_i)_{max}$: Azaltılmış maksimum göreli kat ötelemesi
$(\Delta_i)_{ort}$: Azaltılmış ortalama göreli kat ötelemesi
η_{bi}: Burulma düzensizliği katsayısı

Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10'da burulma düzensizliği katsayısı tüm zemin sınıfları için her iki doğrultuda Denklem (4.5) kullanılarak ayrı ayrı hesaplanmıştır.

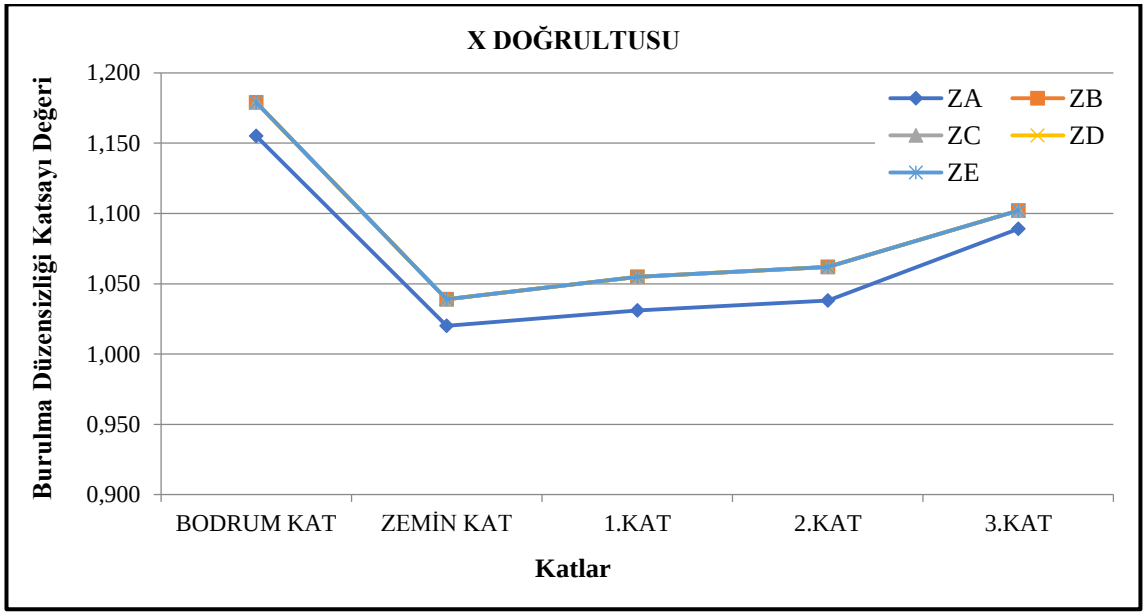
Çizelge 4.9 X doğrultusunda tüm zemin sınıfları için hesaplanan burulma düzensizliği katsayı değerleri

$\eta_{bi} = \frac{(\Delta_i)_{max}}{(\Delta_i)_{ort}}$	**KAT NO**	**ZEMİN SINIFI**				
		ZA	**ZB**	**ZC**	**ZD**	**ZE**
X Doğrultusu	3. KAT	1,089	1,102	1,102	1,102	1,102
	2. KAT	1,038	1,062	1,062	1,062	1,062
	1. KAT	1,031	1,055	1,055	1,055	1,055
	ZEMİN KAT	1,020	1,039	1,039	1,039	1,039
	BODRUM KAT	1,155	1,179	1,179	1,179	1,179

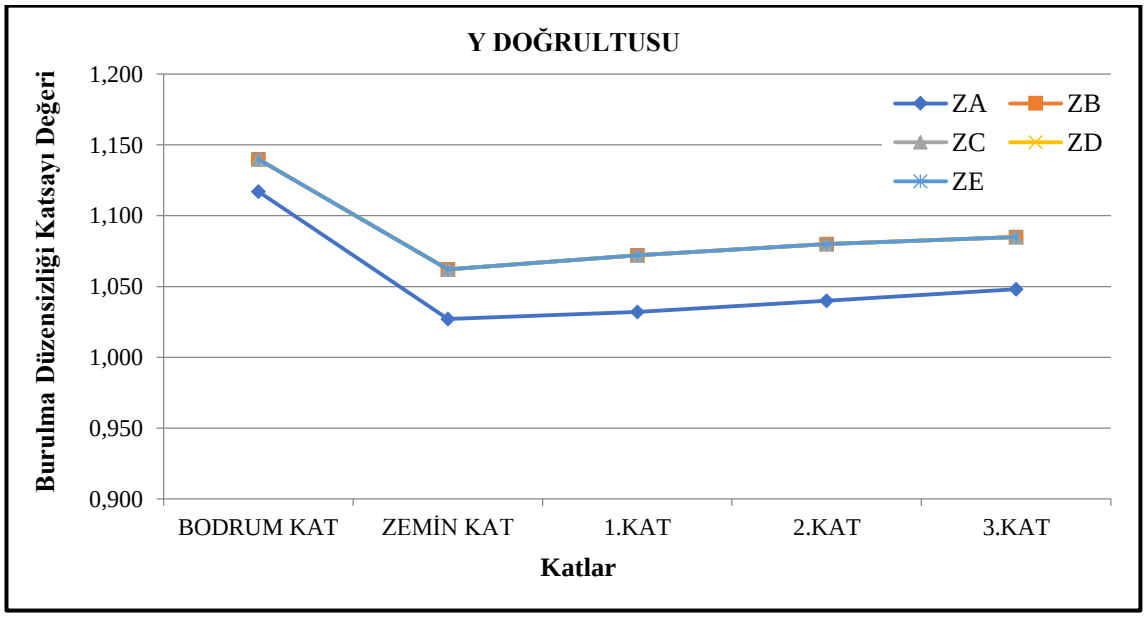
Çizelge 4.10 Y doğrultusunda tüm zemin sınıfları için hesaplanan burulma düzensizliği katsayı değerleri

$\eta_{bi} = \frac{(\Delta_i)_{max}}{(\Delta_i)_{ort}}$	**KAT NO**	**ZEMİN SINIFI**				
		ZA	**ZB**	**ZC**	**ZD**	**ZE**
Y Doğrultusu	3. KAT	1,048	1,085	1,085	1,085	1,085
	2. KAT	1,040	1,080	1,080	1,080	1,080
	1. KAT	1,032	1,072	1,072	1,072	1,072
	ZEMİN KAT	1,027	1,062	1,062	1,062	1,062
	BODRUM KAT	1,117	1,140	1,140	1,140	1,140

Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da ise burulma düzensizliği katsayı değerlerinin değişimi grafik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.5 X doğrultusunda tüm zemin sınıfları için hesaplanan burulma düzensizliği katsayı değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 4.6 Y doğrultusunda tüm zemin sınıfları için hesaplanan burulma düzensizliği katsayı değerlerinin karşılaştırılması

ZA, ZB, ZC, ZD ve ZE zemin sınıflarındaki burulma düzensizliği katsayı değerleri, X ve Y doğrultusunda bodrum kattan zemin kata doğru azalırken zemin kattan üst katlara doğru artmaktadır. X doğrultusunda bodrum kattaki burulma düzensizliği 1,179 değerinde, Y doğrultusunda ise bodrum kattaki burulma düzensizliği 1,140 değerinde olup diğer katlara göre en üst düzeydedir.

X ve Y doğrultusunda burulma düzensizliği katsayı değeri ZB, ZC, ZD ve ZE zemin sınıflarında aynı olup katlara göre farklılık göstermektedir. X ve Y doğrultusunda en büyük burulma düzensizliği katsayı değeri ZB, ZC, ZD ve ZE zemin sınıflarında yapının bodrum katında hesaplanırken en küçük burulma düzensizliği katsayı değeri ise ZA zemin sınıfında ve yapının zemin katında hesaplanmıştır. Her iki doğrultuda zemin sınıflarındaki burulma düzensizliği katsayı değeri, sınır olarak kabul edilen 1,2 katsayı değerini aşmadığından dolayı yapıda herhangi bir burulma düzensizliği mevcut değildir.

4.5 B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliğinin İncelenmesi

Komşu katlar arasındaki rijitlik düzensizliği, birbirine dik x ve y yönündeki deprem doğrultularından herhangi biri için, bodrum kat hariç herhangi bir katta, ortalama göreli yer değiştirmenin bir üst veya bir alt kattaki ortalama göreli yer değiştirmeye oranı olarak hesaplanan rijitlik düzensizliği katsayısı (η_{ki})'nin 2,0'den büyük olması durumudur (Denklem 4.6 ve Denklem 4.7).

$$\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1} / h_{i-1})_{ort} > 2,0 \text{ veya} \quad (4.6)$$

$$\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1} / h_{i+1})_{ort} > 2,0 \quad (4.7)$$

Yukarıda verilen denklem ifadesinde:
$(\Delta_i)_{ort}$: Ortalama azaltılmış göreli kat ötelemesi
h_i: Kat yüksekliği
η_{ki}: Rijitlik düzensizliği katsayısı

Çizelge 4.11 ve Çizelge 4.12'de rijitlik düzensizliği katsayısı ZA, ZB, ZC, ZD ve ZE zemin sınıfları için her iki doğrultuda Denklem (4.6 ve 4.7) kullanılarak ayrı ayrı hesaplanmıştır.

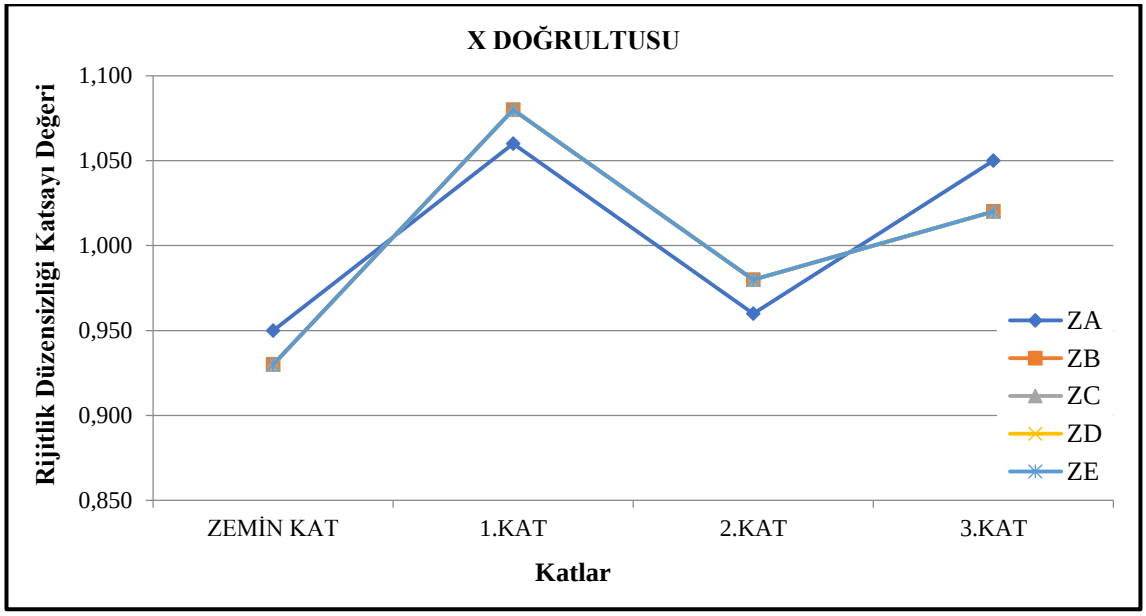
Çizelge 4.11 X doğrultusunda tüm zemin sınıfları için hesaplanan rijitlik düzensizliği katsayı değerleri

$\eta_{ki\,(üst)} = \frac{(\Delta_i / h_i)_{ort}}{(\Delta_{i+1} / h_{i+1})_{ort}}$ veya $\eta_{ki(alt)} = \frac{(\Delta_i / h_i)_{ort}}{(\Delta_{i-1} / h_{i-1})_{ort}}$	**KAT NO**	**ZEMİN SINIFI**				
		ZA	**ZB**	**ZC**	**ZD**	**ZE**
X Doğrultusu	3. KAT	-	-	-	-	-
		1,05	1,02	1,02	1,02	1,02
	2. KAT	0,96	0,98	0,98	0,98	0,98
		0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
	1. KAT	1,06	1,07	1,07	1,07	1,07
		1,05	1,08	1,08	1,08	1,08
	ZEMİN KAT	0,95	0,93	0,93	0,93	0,93
		-	-	-	-	-

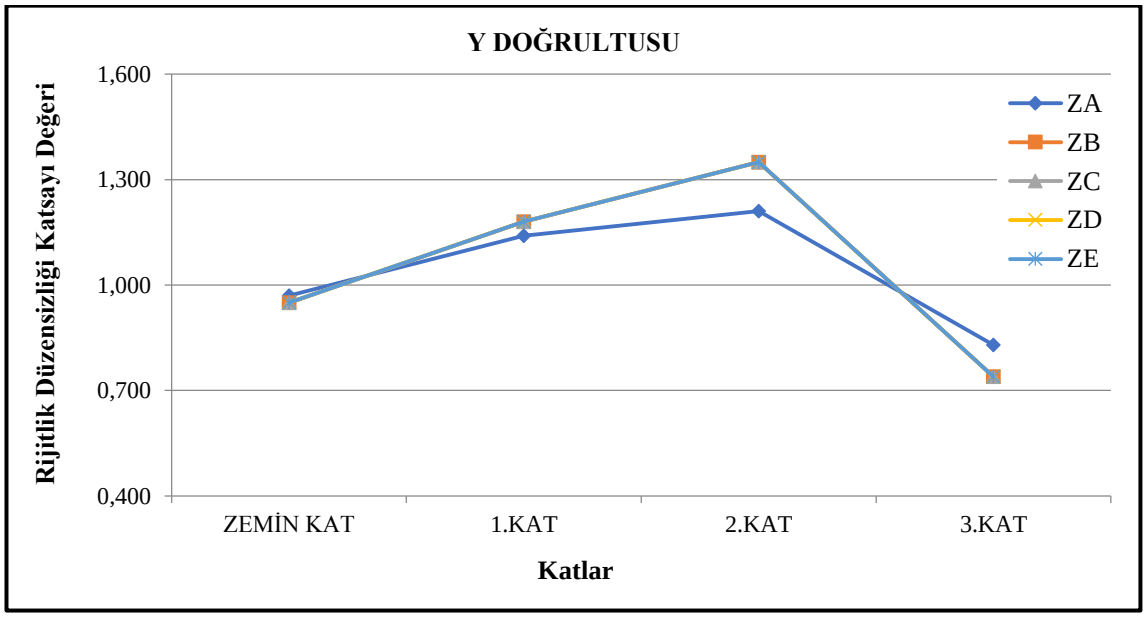
Çizelge 4.12 Y doğrultusunda tüm zemin sınıfları için hesaplanan rijitlik düzensizliği katsayı değerleri

$\eta_{ki\,(üst)} = \frac{(\Delta_i / h_i)_{ort}}{(\Delta_{i+1} / h_{i+1})_{ort}}$ veya $\eta_{ki(alt)} = \frac{(\Delta_i / h_i)_{ort}}{(\Delta_{i-1} / h_{i-1})_{ort}}$	**KAT NO**	**ZEMİN SINIFI**				
		ZA	**ZB**	**ZC**	**ZD**	**ZE**
Y Doğrultusu	3. KAT	-	-	-	-	-
		0,83	0,74	0,74	0,74	0,74
	2. KAT	1,21	1,35	1,35	1,35	1,35
		0,87	0,85	0,85	0,85	0,85
	1. KAT	1,14	1,18	1,18	1,18	1,18
		1,03	1,05	1,05	1,05	1,05
	ZEMİN KAT	0,97	0,95	0,95	0,95	0,95
		-	-	-	-	-

Şekil 4.7 ve Şekil 4.8'de ise maksimum rijitlik düzensizliği katsayı değerlerinin değişimi grafik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.7 X doğrultusunda tüm zemin sınıfları için hesaplanan maksimum rijitlik düzensizliği katsayı değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 4.8 Y doğrultusunda tüm zemin sınıfları için hesaplanan maksimum rijitlik düzensizliği katsayı değerlerinin karşılaştırılması

ZA, ZB, ZC, ZD ve ZE zemin sınıflarındaki rijitlik düzensizliği katsayı değerleri, X doğrultusunda 1. katta 1,08 değerinde, Y doğrultusunda ise 2. katta 1,35 değerinde olup diğer katlara göre en üst düzeydedir.

X ve Y doğrultusunda rijitlik düzensizliği katsayı değeri ZB, ZC, ZD ve ZE zemin sınıflarında aynı olup katlara göre farklılık göstermektedir. X doğrultusunda en büyük rijitlik düzensizliği katsayı değeri ZB, ZC, ZD ve ZE zemin sınıflarında yapının 1. katında hesaplanırken en küçük rijitlik düzensizliği katsayı değeri ise aynı zemin sınıflarında yapının zemin katında hesaplanmıştır. Y doğrultusunda ise en büyük rijitlik düzensizliği katsayı değeri ZB, ZC, ZD ve ZE zemin sınıflarında yapının 2. katında hesaplanırken en küçük rijitlik düzensizliği katsayı değeri ise aynı zemin sınıflarında yapının 3. katında hesaplanmıştır. Her iki doğrultuda ve tüm zemin sınıfları için rijitlik düzensizliği katsayı değeri, sınır olarak kabul edilen 2,0 katsayı değerini geçmediğinden dolayı yapıda herhangi bir rijitlik düzensizliği mevcut değildir.

4.6 B1 Zayıf Kat Düzensizliğinin İncelenmesi

Zayıf kat düzensizliği, birbirine dik x ve y yönündeki deprem doğrultularından herhangi biri için, herhangi bir kattaki toplam etkili kesme alanı ile bir üst kattaki toplam etkili kesme alanına oranı 0,80 değerinden küçük olması durumudur (Denklem 4.8 ve Denklem 4.9).

$$(\sum A_e)_i = (\sum A_w)_i + (\sum A_g)_i + 0{,}15\ (\sum A_k)_i \tag{4.8}$$

$$\eta_{ci} = (\sum A_e)_i / (\sum A_e)_{i+1} < 0{,}80 \tag{4.9}$$

Yukarıda verilen denklem ifadesinde:
$(\sum A_e)_i$: Toplam etkili kesme alanı
$(\sum A_w)_i$: Toplam kolon enkesiti etkin gövde alanları
$(\sum A_g)_i$: Deprem doğrultusundaki toplam perde enkesit alanları
$(\sum A_k)_i$: Deprem doğrultusundaki toplam duvar alanları

η_{ci}: Dayanım düzensizliği katsayısı

Katlar arasındaki kesme alanlarında belli bir oranda azalma meydana gelebilmektedir. Bu azalmalar, genellikle dükkân restoran gibi bölme duvarların az olduğu zemin katlar ile konut olarak kullanılan duvar alanlarının fazla olduğu zemin üstü katlar arasında ani bir şekilde olmaktadır. Zemin katın ticari olarak kullanıldığı durumlarda bölme duvarların az olmasından dolayı bu katta toplam kesme alanları üst kata nazaran düşük çıkmakta ve bu nedenle zemin katta zayıf kat oluşumuna neden olmaktadır. Zayıf kat düzensizliği durumunda deprem anında kesme kuvvetinden dolayı kırılmalar meydana gelmekte, genellikle ticari amaçlı kullanılan zayıf kat çöküp yapının yıkılmasına neden olmaktadır.

Çizelge 4.13 ve Çizelge 4.14'te dayanım düzensizliği tüm zemin sınıfları için her iki doğrultuda Denklem (4.8 ve 4.9) kullanılarak ayrı ayrı hesaplanmıştır.

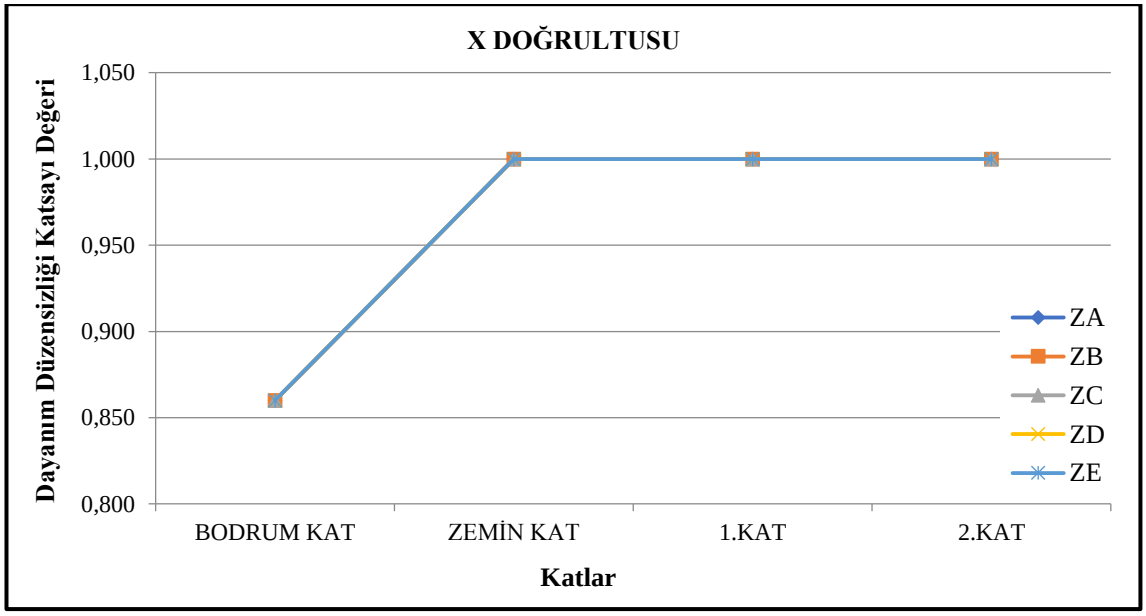
Çizelge 4.13 X doğrultusunda tüm zemin sınıfları için hesaplanan dayanım düzensizliği katsayı değerleri

$\eta_{ci} = \frac{(\sum A_e)_i}{(\sum A_e)_{i+1}}$	**KAT NO**	**ZEMİN SINIFI**				
		ZA	**ZB**	**ZC**	**ZD**	**ZE**
X Doğrultusu	3. KAT	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	2. KAT	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	1. KAT	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	ZEMİN KAT	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	BODRUM KAT	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88

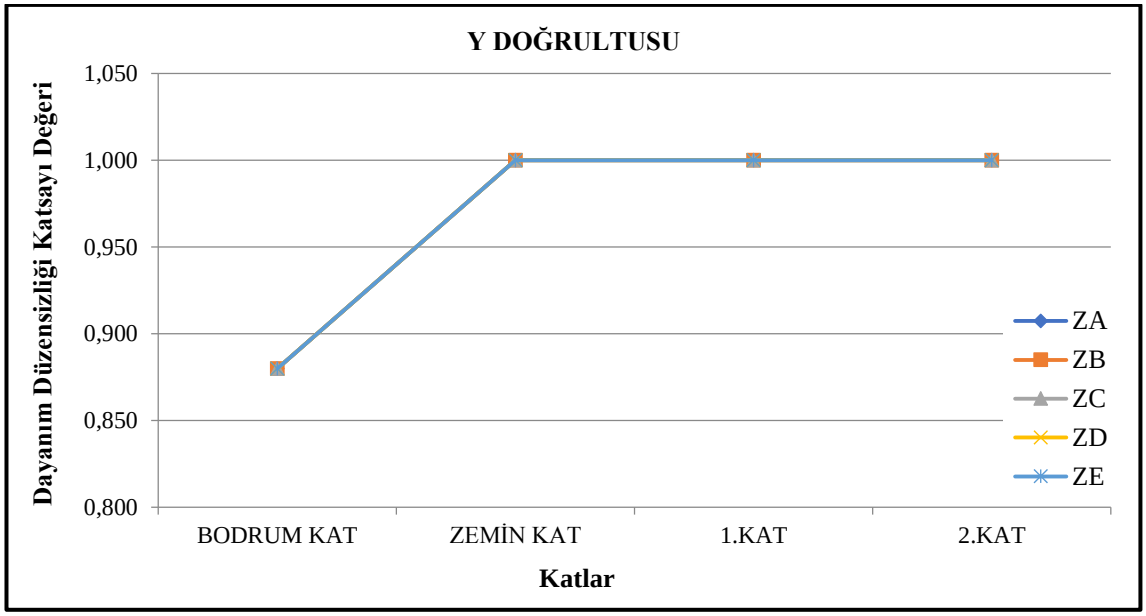
Çizelge 4.14 Y doğrultusunda tüm zemin sınıfları için hesaplanan dayanım düzensizliği katsayı değerleri

$\eta_{ci} = \frac{(\sum A_e)_i}{(\sum A_e)_{i+1}}$	KAT NO	ZEMİN SINIFI				
		ZA	ZB	ZC	ZD	ZE
Y Doğrultusu	2. KAT	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	1. KAT	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	ZEMİN KAT	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	BODRUM KAT	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86

Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'da ise dayanım düzensizliği katsayı değerlerinin değişimi grafik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.9 X doğrultusunda tüm zemin sınıfları için hesaplanan dayanım düzensizliği katsayı değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 4.10 Y doğrultusunda tüm zemin sınıfları için hesaplanan dayanım düzensizliği katsayı değerlerinin karşılaştırılması

ZA, ZB, ZC, ZD ve ZE zemin sınıflarındaki dayanım düzensizliği katsayı değerleri aynı olup yapının bodrum katında diğer katlara göre daha düşük değerlere sahiptir. X doğrultusunda bodrum kattaki dayanım düzensizliği 0,88 değerinde iken diğer katlarda 1,0 değerindedir. Y doğrultusunda ise bodrum kattaki dayanım düzensizliği 0,86 değerinde iken diğer katlarda 1,0 değerindedir. Dayanım düzensizliği katsayısı değerleri sınır olarak kabul edilen 0,8 değerinden büyük olduğu için yapıda herhangi bir dayanım düzensizliği mevcut değildir.

4.7 Deprem Devrilme Momenti Kontrolü

X ve Y yönündeki deprem yüklemelerinden dolayı yapının tabanında oluşan devirici momentin yine aynı doğrultuda düşey yüklemelerinden dolayı oluşan koruyucu momente oranı 0,5 değerinden küçük olmalıdır (Denklem 4.10).

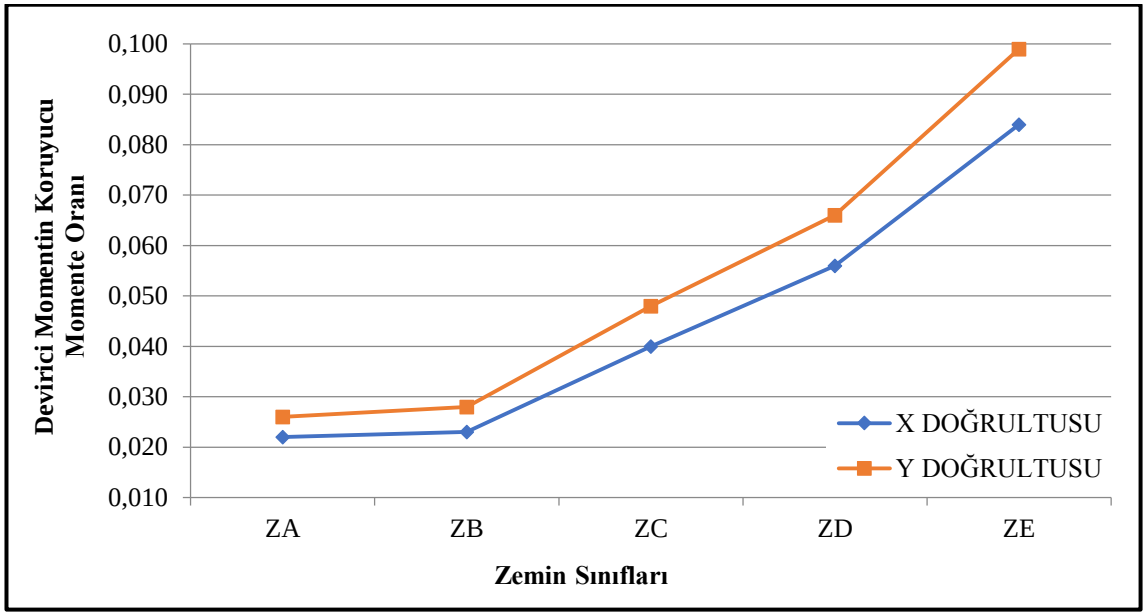
$$M_{devirici} / M_{koruyucu} < 0{,}50 \qquad (4.10)$$

Çizelge 4.15'te deprem devrilme momenti kontrolü tüm zemin sınıfları için her iki doğrultuda Denklem (4.10) kullanılarak ayrı ayrı yapılmıştır.

Çizelge 4.15 X ve Y doğrultularında tüm zemin sınıfları için devirici momentin koruyucu momente oranları

$\frac{M_{devirici}}{M_{koruyucu}}$	ZEMİN SINIFI				
	ZA	**ZB**	**ZC**	**ZD**	**ZE**
X Doğrultusu	0,022	0,023	0,040	0,056	0,084
Y Doğrultusu	0,026	0,028	0,048	0,066	0,099

Şekil 4.11'de ise devirici momentin koruyucu momente oranlarının değişimi grafik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.11 X ve Y doğrultularında tüm zemin sınıfları için devirici momentin koruyucu momente oranlarının karşılaştırılması

ZA, ZB, ZC, ZD ve ZE zemin sınıflarındaki devirici momentin koruyucu momente oranları, X ve Y doğrultularında ZA zemin sınıfından ZE zemin sınıfına doğru artmaktadır. Y doğrultusundaki moment oranları X doğrultusuna göre daha fazladır. X doğrultusundaki maksimum moment oranı ZE zemin sınıfında 0,083 değerinde iken, Y doğrultusundaki maksimum moment oranı yine ZE zemin sınıfında olup 0,099 değerindedir. X doğrultusundaki minimum moment oranı ZA zemin sınıfında 0,022 değerinde iken, Y doğrultusundaki minimum moment oranı yine ZA zemin sınıfında olup 0,026 değerindedir. Tüm analizlerde devirici momentin koruyucu momente oranı

sınır olarak kabul edilen 0,5 değerinden düşük çıktığından devrilme moment kontrolü olumlu şekilde sonuçlanmıştır.

4.8 İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

Normal kuvvetin ve yanal yer değiştirmenin büyük olduğu durumlarda, yapı elemanlarının tasarımında dikkate alınması gereken ek tesirler meydana gelmektedir. Birbirine dik x ve y yönündeki deprem doğrultularından herhangi biri için, herhangi bir kattaki ikinci mertebe gösterge değeri (θ_i), Denklem (4.11) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\theta_i = \frac{(\Delta_i)_{ort} \sum_{k=i}^{N} W_k}{V_i h_i} \tag{4.11}$$

Yukarıda verilen denklem ifadesinde:

$(\Delta_i)_{ort}$: i'inci kattaki ortalama azaltılmış göreli kat ötelemesi

h_i: Kat yüksekliği

V_i: Azaltılmış kat kesme kuvveti

$\sum W_k$: Toplam ağırlık

θ_i: İkinci mertebe gösterge değeri

Maksimum ikinci mertebe gösterge değeri $(\theta_i)_{max}$, Denklem (4.12) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$(\theta_i)_{max} \leq 0.12 \frac{D}{C_h R} \tag{4.12}$$

Yukarıda verilen denklem ifadesinde:

D: Dayanım fazlalığı katsayısı

R: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı

$(\theta_i)_{max}$: Maksimum ikinci mertebe gösterge değeri

C_h: Betonarme binalarda 0,5; çelik yapılarda 1,0

Çizelge 4.16'da ikinci mertebe gösterge değerleri, ZA zemin sınıfı için her iki doğrultuda Denklem (4.12) kullanılarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.16 X ve Y doğrultularında ZA zemin sınıfı için hesaplanan ikinci mertebe gösterge değerleri

$\theta_i = \frac{(\Delta_i)_{ort} \sum_{k=i}^{N} W_k}{V_i h_i}$	**KAT NO**	h_i	$(\Delta_i)_{ort}$	$\sum W_k$	V_i	θ_i
X Doğrultusu	3. KAT	2,80	1,76	578,22	18,42	0,0197
	2. KAT	2,80	2,03	1149,47	31,09	0,0268
	1. KAT	2,80	2,27	1720,71	39,54	0,0353
	ZEMİN KAT	2,80	2,25	2284,60	43,71	0,0421
Y Doğrultusu	3. KAT	2,80	0,83	578,22	17,99	0,0085
	2. KAT	2,80	1,10	1149,47	30,37	0,0148
	1. KAT	2,80	1,28	1720,71	38,62	0,0204
	ZEMİN KAT	2,80	1,27	2284,60	42,69	0,0243

Çizelge 4.17'de ikinci mertebe gösterge değerleri, ZB zemin sınıfı için her iki doğrultuda Denklem (4.12) kullanılarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.17 X ve Y doğrultularında ZB zemin sınıfı için hesaplanan ikinci mertebe gösterge değerleri

$\theta_i = \frac{(\Delta_i)_{ort} \sum_{k=i}^{N} W_k}{V_i h_i}$	**KAT NO**	h_i	$(\Delta_i)_{ort}$	$\sum W_k$	V_i	θ_i
X Doğrultusu	3. KAT	2,80	1,49	578,22	19,69	0,0156
	2. KAT	2,80	1,74	1149,47	33,24	0,0214
	1. KAT	2,80	1,96	1720,71	42,28	0,0284
	ZEMİN KAT	2,80	1,92	2284,60	46,74	0,0335
Y Doğrultusu	3. KAT	2,80	0,75	578,22	19,26	0,0084
	2. KAT	2,80	1,06	1149,47	32,51	0,0133
	1. KAT	2,80	1,25	1720,71	41,34	0,0186
	ZEMİN KAT	2,80	1,18	2284,60	45,70	0,0211

Çizelge 4.18'de ikinci mertebe gösterge değerleri, ZC zemin sınıfı için her iki doğrultuda Denklem (4.12) kullanılarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.18 X ve Y doğrultularında ZC zemin sınıfı için hesaplanan ikinci mertebe gösterge değerleri

$\theta_i = \frac{(\Delta_i)_{ort} \sum_{k=i}^{N} W_k}{V_i h_i}$	**KAT NO**	h_i	$(\Delta_i)_{ort}$	$\sum W_k$	V_i	θ_i
X Doğrultusu	3. KAT	2,80	2,80	578,22	36,39	0,0159
	2. KAT	2,80	3,28	1149,47	61,44	0,0219
	1. KAT	2,80	3,72	1720,71	78,13	0,0292
	ZEMİN KAT	2,80	3,64	2284,60	86,37	0,0344
Y Doğrultusu	3. KAT	2,80	1,40	578,22	35,78	0,0083
	2. KAT	2,80	1,98	1149,47	60,41	0,0135
	1. KAT	2,80	2,36	1720,71	76,82	0,0189
	ZEMİN KAT	2,80	2,23	2284,60	84,92	0,0214

Çizelge 4.19'da ikinci mertebe gösterge değerleri, ZD zemin sınıfı için her iki doğrultuda Denklem (4.12) kullanılarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.19 X ve Y doğrultularında ZD zemin sınıfı için hesaplanan ikinci mertebe gösterge değerleri

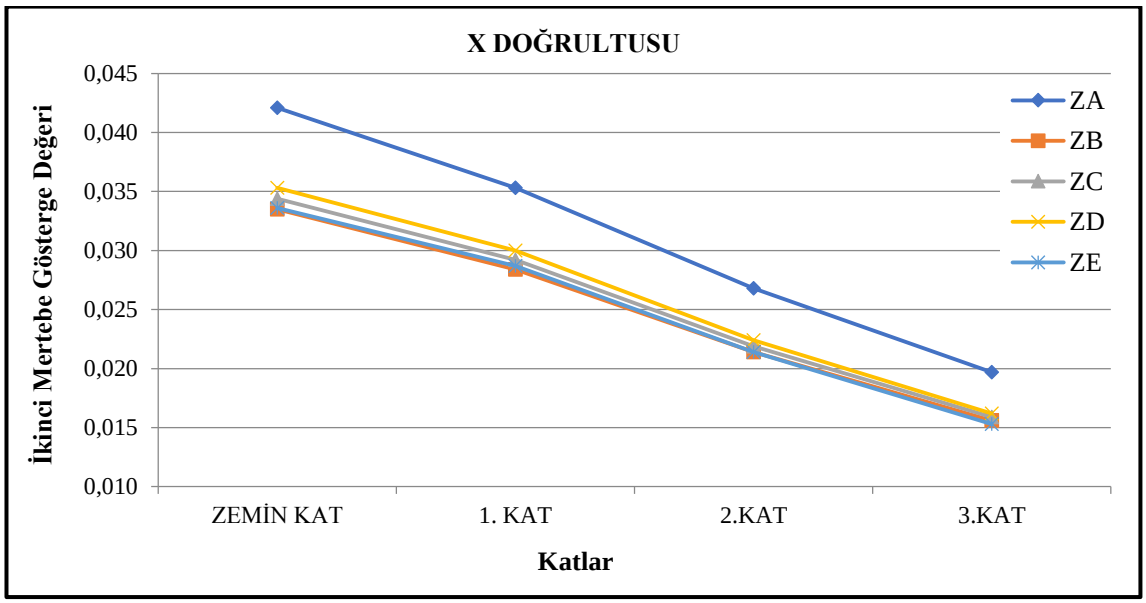
$\theta_i = \frac{(\Delta_i)_{ort} \sum_{k=i}^{N} W_k}{V_i h_i}$	**KAT NO**	h_i	$(\Delta_i)_{ort}$	$\sum W_k$	V_i	θ_i
X Doğrultusu	3. KAT	2,80	4,27	578,22	54,62	0,0162
	2. KAT	2,80	5,04	1149,47	92,21	0,0224
	1. KAT	2,80	5,73	1720,71	117,27	0,0300
	ZEMİN KAT	2,80	5,60	2284,60	129,64	0,0353
Y Doğrultusu	3. KAT	2,80	2,12	578,22	53,99	0,0082
	2. KAT	2,80	3,02	1149,47	91,14	0,0136
	1. KAT	2,80	3,62	1720,71	115,91	0,0192
	ZEMİN KAT	2,80	3,41	2284,60	128,14	0,0217

Çizelge 4.20'de ikinci mertebe gösterge değerleri, ZE zemin sınıfı için her iki doğrultuda Denklem (4.12) kullanılarak hesaplanmıştır.

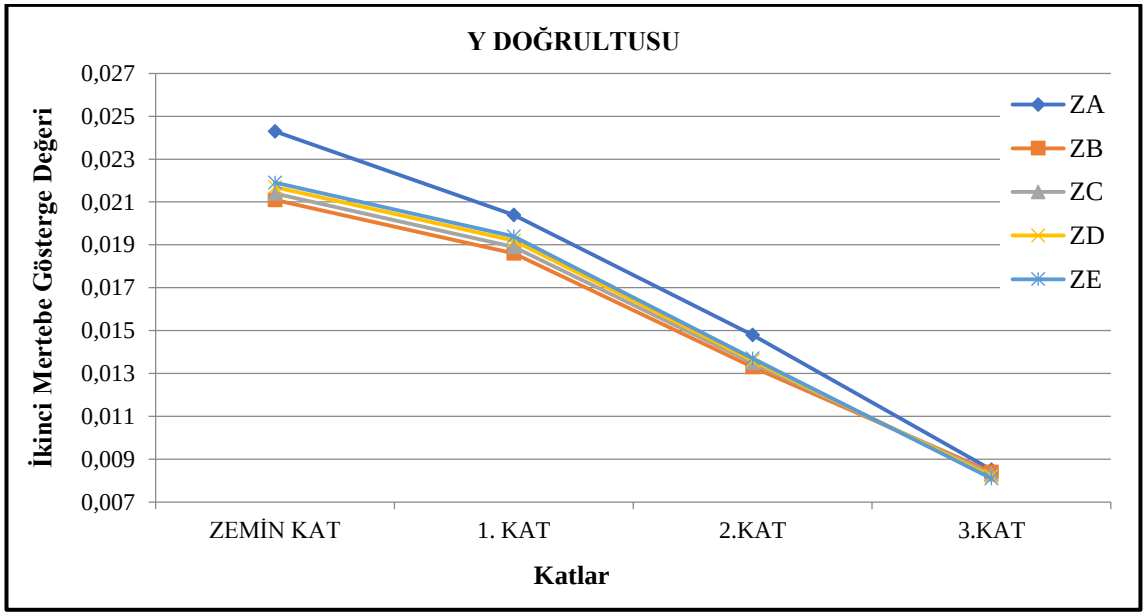
Çizelge 4.20 X ve Y doğrultularında ZE zemin sınıfı için hesaplanan ikinci mertebe gösterge değerleri

$\theta_i = \frac{(\Delta_i)_{ort} \sum_{k=i}^{N} W_k}{V_i h_i}$	**KAT NO**	**h_i**	**$(\Delta_i)_{ort}$**	**$\sum W_k$**	**V_i**	**θ_i**
X Doğrultusu	3. KAT	2,80	6,36	578,22	86,02	0,0153
	2. KAT	2,80	7,57	1149,47	145,22	0,0214
	1. KAT	2,80	8,62	1720,71	184,69	0,0287
	ZEMİN KAT	2,80	8,42	2284,60	204,17	0,0336
Y Doğrultusu	3. KAT	2,80	3,38	578,22	85,54	0,0081
	2. KAT	2,80	4,82	1149,47	144,40	0,0137
	1. KAT	2,80	5,81	1720,71	183,65	0,0194
	ZEMİN KAT	2,80	5,46	2284,60	203,01	0,0219

Şekil 4.12 ve Şekil 4.13'te ise ikinci mertebe gösterge değerlerinin değişimi grafik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.12 X doğrultusunda tüm zemin sınıfları için hesaplanan ikinci mertebe gösterge değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 4.13 Y doğrultusunda tüm zemin sınıfları için hesaplanan ikinci mertebe gösterge değerlerinin karşılaştırılması

ZA, ZB, ZC, ZD ve ZE zemin sınıflarındaki ikinci mertebe gösterge değerleri, X ve Y doğrultularında zemin kattan üst katlara doğru azalmaktadır. X doğrultusunda en büyük ikinci mertebe gösterge değeri 0,0421 olup ZA zemin sınıfında ve yapının zemin katında hesaplanırken en küçük ikinci mertebe gösterge değeri ise 0,0153 olup ZE zemin sınıfında ve yapının 3. katında hesaplanmıştır. Y doğrultusunda ise en büyük ikinci mertebe gösterge değeri 0,0243 olup ZA zemin sınıfında ve yapının zemin katında hesaplanırken en küçük ikinci mertebe gösterge değeri ise 0,0081 olup ZE zemin sınıfında ve yapının 3. katında hesaplanmıştır. Her iki doğrultuda ve tüm zemin sınıfları için ikinci mertebe gösterge değerleri sınır olarak kabul edilen 0,107 değerini aşmadığından dolayı ikinci mertebe etkilerinin kontrolü olumlu sonuçlanmıştır.

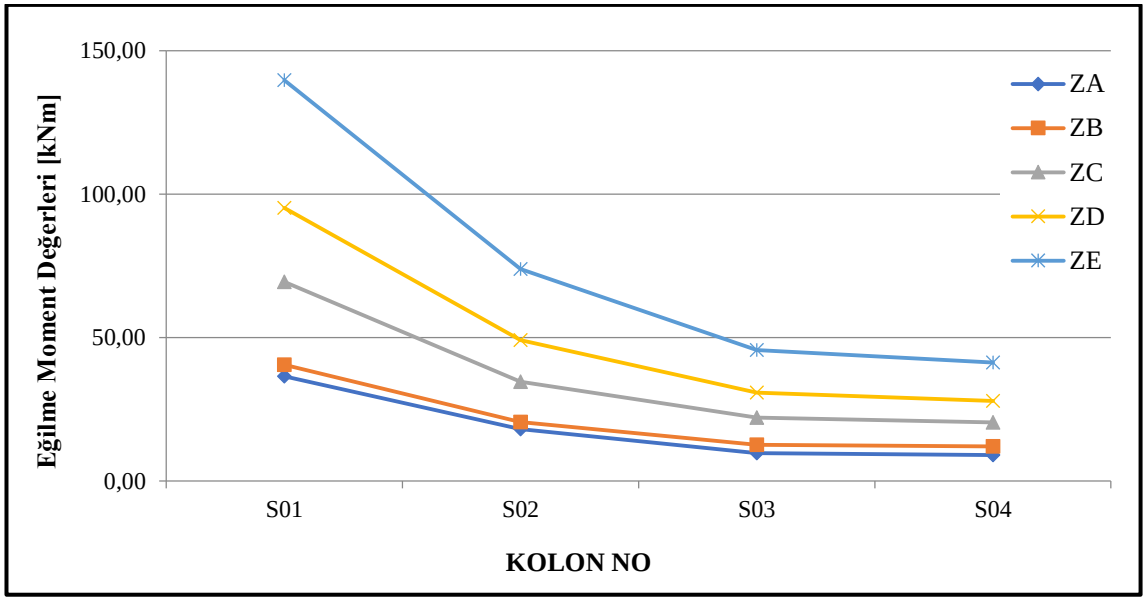
4.9 Kolon İç Kuvvetlerinin İncelenmesi

Mod birleştirme yöntemini kullanarak İdeCAD statik analiz programı ile elde edilen iç kuvvetlerin yani eğilme momentinin (M), kesme kuvvetinin (V) ve normal kuvvetin (N) yapının bodrum katında rastgele seçilen S01, S02, S03 ve S04 kolonları için değerleri tüm zemin sınıflarınca Çizelge 4.21'de belirtilmiştir.

Çizelge 4.21 ZA, ZB, ZC, ZD ve ZE zemin sınıflarında yapının bodrum katında bulunan S01, S02, S03 ve S04 kolonlarının iç kuvvet değerleri

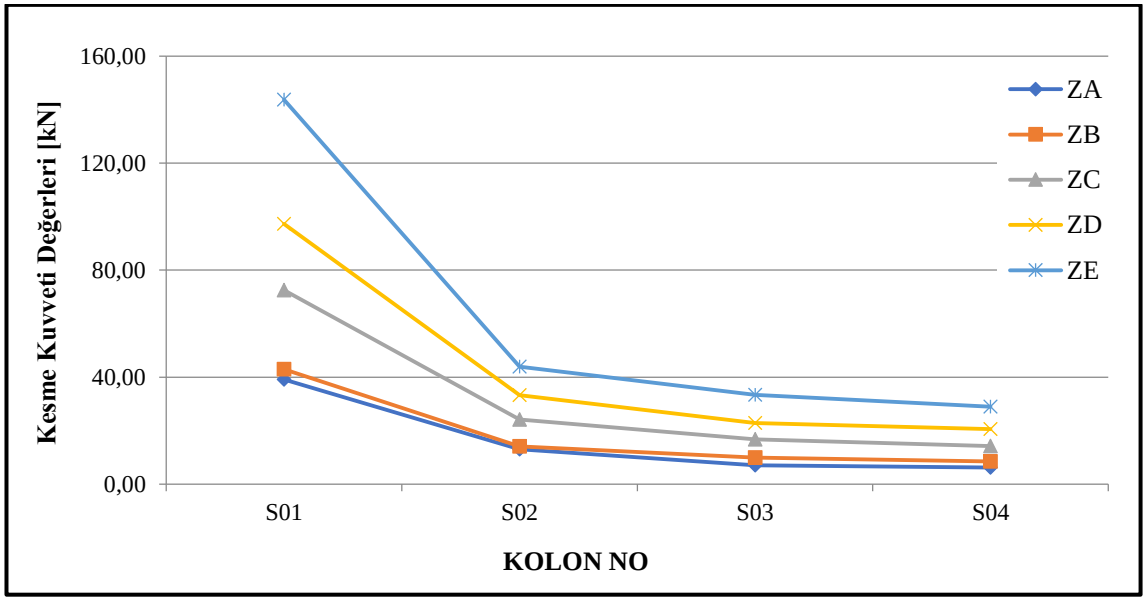
KOLON NO	ZEMİN SINIFI	İÇ KUVVETLER		
		EĞİLME MOMENTİ (M) (kNm)	KESME KUVVETİ (V) (kN)	NORMAL KUVVET (N) (kN)
S01	ZA	36,5	39,1	31,3
	ZB	40,6	43,0	35,5
	ZC	69,5	72,5	49,4
	ZD	95,2	97,3	71,9
	ZE	139,8	143,7	112,5
S02	ZA	18,1	13,0	36,8
	ZB	20,6	14,1	39,9
	ZC	34,6	24,2	54,8
	ZD	49,2	33,3	81,4
	ZE	73,9	43,9	125,4
S03	ZA	9,8	7,1	37,9
	ZB	12,7	9,9	42,0
	ZC	22,1	16,8	63,4
	ZD	30,8	22,9	93,2
	ZE	45,7	33,4	145,9
S04	ZA	9,1	6,2	24,5
	ZB	12,1	8,5	27,8
	ZC	20,5	14,3	46,5
	ZD	28,0	20,6	68,0
	ZE	41,3	29,0	106,6

Şekil 4.14'te yapının bodrum katında bulunan S01, S02, S03 ve S04 kolonlarının eğilme momenti değerlerinin tüm zemin sınıflarınca değişimi grafik olarak gösterilmiştir.



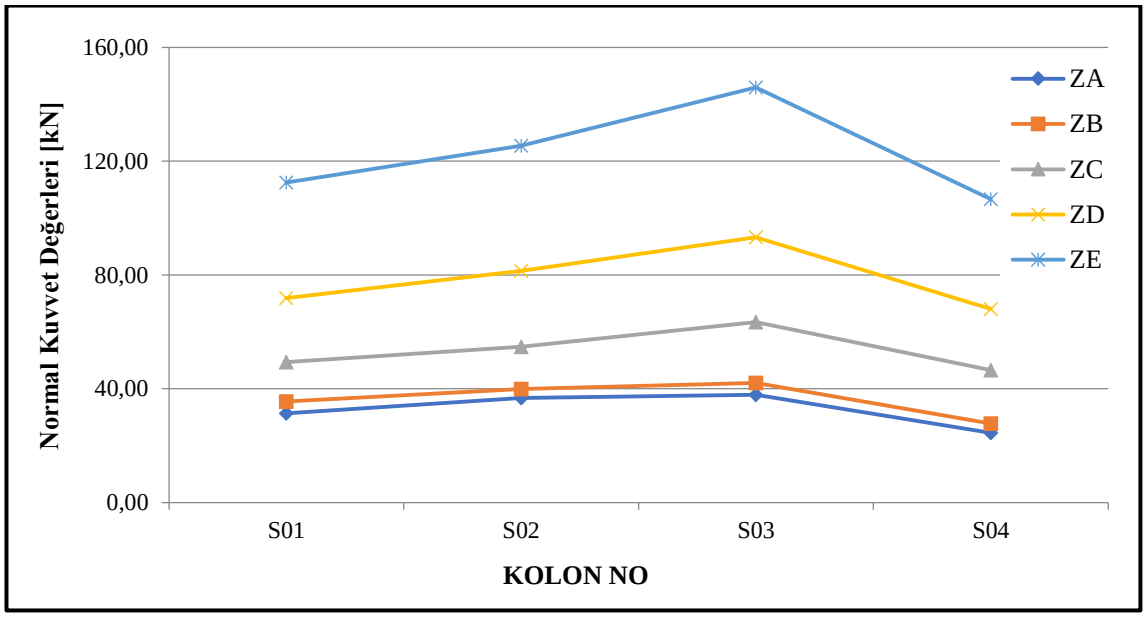
Şekil 4.14 Yapının bodrum katında bulunan tüm zemin sınıfları için S01, S02, S03 ve S04 kolonlarının hesaplanan eğilme momenti değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 4.15'te yapının bodrum katında bulunan S01, S02, S03 ve S04 kolonlarının kesme kuvveti değerlerinin ZA, ZB, ZC, ZD ve ZE zemin sınıflarınca değişimi grafik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.15 Yapının bodrum katında bulunan S01, S02, S03 ve S04 kolonlarının tüm zemin sınıfları için hesaplanan kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 4.16'da yapının bodrum katında bulunan S01, S02, S03 ve S04 kolonlarının normal kuvvet değerlerinin ZA, ZB, ZC, ZD ve ZE zemin sınıflarınca değişimi grafik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.16 Yapının bodrum katında bulunan S01, S02, S03 ve S04 kolonlarının tüm zemin sınıfları için hesaplanan normal kuvvet değerlerinin karşılaştırılması

İdeCAD programıyla yapılan analizler sonucunda elde edilen kolonlara ait iç kuvvetler, zemin taşıma gücünün azalmasıyla ZA zemin sınıfından ZE zemin sınıfına gidildikçe artmaktadır. ZA zemin sınıfı ile ZB zemin sınıfı arasındaki iç kuvvet değerlerinde belirgin bir artış gözlemlenmezken ZB zemin sınıfından ZE zemin sınıfına gidildikçe zemin iç kuvvetlerinde belirgin bir artış görülmektedir.

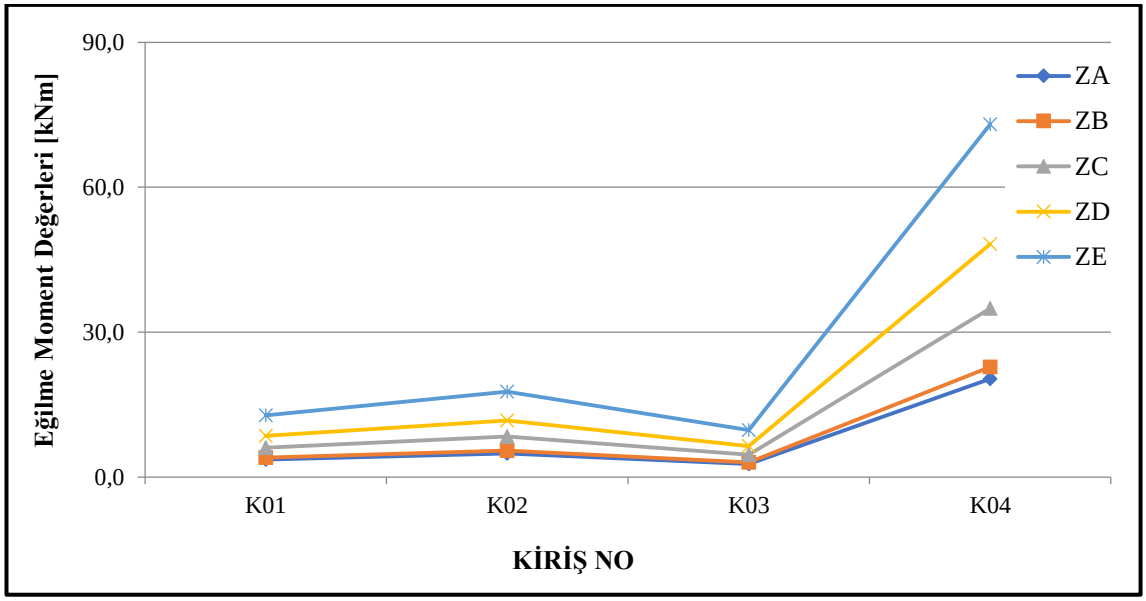
4.10 Kiriş İç Kuvvetlerinin İncelenmesi

Mod birleştirme yöntemi kullanarak İdeCAD statik analiz programı ile elde edilen iç kuvvetlerin yani eğilme momentinin (M), kesme kuvvetinin (V) ve burulma momenti (T) yapının bodrum katında bulunan K01, K02, K03 ve K04 kirişleri için değerleri tüm zemin sınıfları için Çizelge 4.22'de belirtilmiştir.

Çizelge 4.22 Tüm zemin sınıfları için yapının bodrum katında bulunan K01, K02, K03 ve K04 kirişlerinin iç kuvvet değerleri

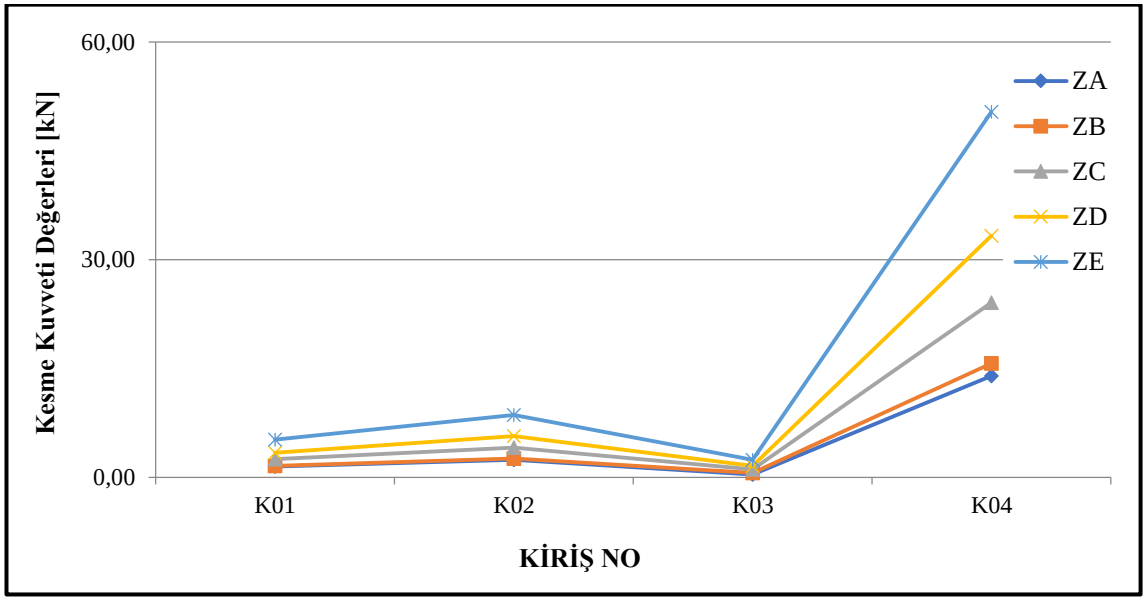
KİRİŞ NO	ZEMİN SINIFI	İÇ KUVVETLER		
		KESME KUVVETİ (V) (kN)	BURULMA MOMENTİ (T) (kNm)	EĞİLME MOMENTİ (M) (kNm)
K01	ZA	1,5	1,3	3,6
	ZB	1,6	1,4	4,0
	ZC	2,5	2,2	6,1
	ZD	3,4	3,0	8,5
	ZE	5,2	4,6	12,8
K02	ZA	2,4	0,4	4,9
	ZB	2,6	0,6	5,5
	ZC	4,1	1,0	8,4
	ZD	5,7	1,3	11,7
	ZE	8,6	2,0	17,7
K03	ZA	0,4	1,4	2,7
	ZB	0,6	1,5	3,0
	ZC	1,1	2,4	4,6
	ZD	1,6	3,3	6,4
	ZE	2,4	5,0	9,7
K04	ZA	14,0	1,9	20,3
	ZB	15,7	2,1	22,8
	ZC	24,1	3,3	34,9
	ZD	33,3	4,5	48,2
	ZE	50,4	6,8	73,0

Şekil 4.17'de yapının bodrum katında bulunan K01, K02, K03 ve K04 kirişlerinin eğilme momenti değerlerinin tüm zemin sınıflarına göre değişimi grafik olarak gösterilmiştir.



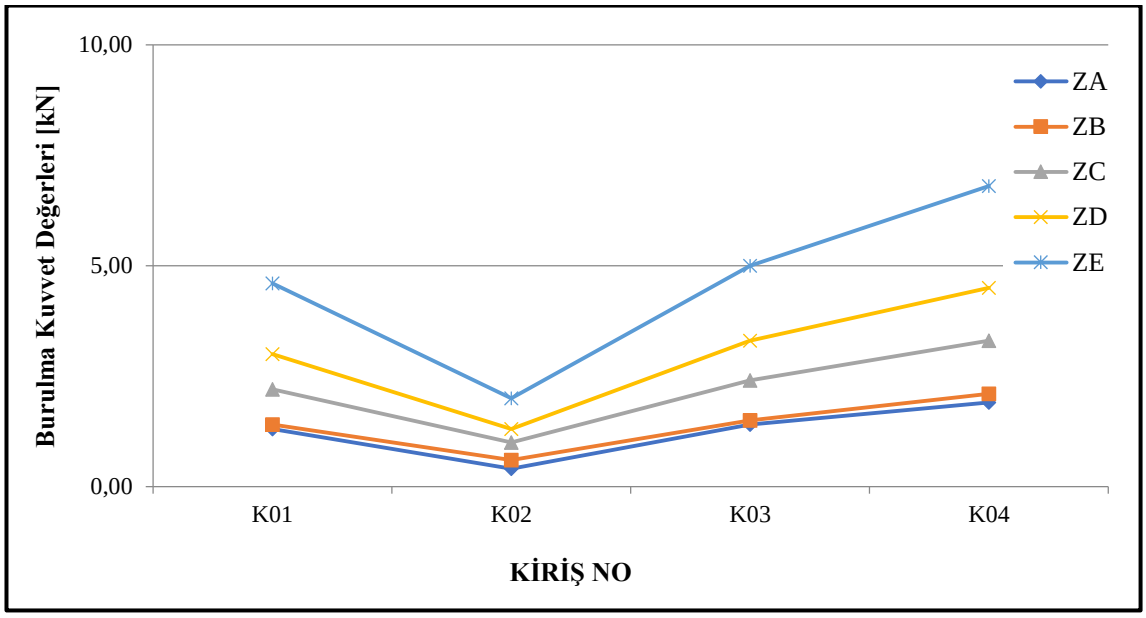
Şekil 4.17 Yapının bodrum katında bulunan K01, K02, K03 ve K04 kirişlerinin tüm zemin sınıfları için hesaplanan eğilme momenti değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 4.18'de yapının bodrum katında bulunan K01, K02, K03 ve K04 kirişlerinin kesme kuvveti değerlerinin tüm zemin sınıfları için değişimi grafik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.18 Yapının bodrum katında bulunan K01, K02, K03 ve K04 kirişlerinin tüm zemin sınıfları için hesaplanan kesme kuvveti değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 4.19'da yapının bodrum katında bulunan K01, K02, K03 ve K04 kirişlerinin burulma momenti değerlerinin tüm zemin sınıflarına göre değişimi grafik olarak gösterilmiştir.



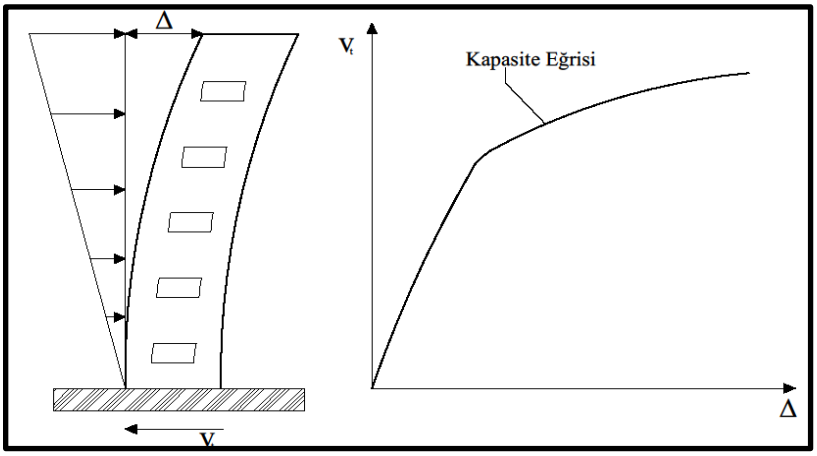
Şekil 4.19 Yapının bodrum katında bulunan K01, K02, K03 ve K04 kirişlerinin tüm zemin sınıfları için hesaplanan burulma momenti değerlerinin karşılaştırılması

İdeCAD programıyla yapılan analizler sonucunda elde edilen kirişlere ait iç kuvvetler, zemin taşıma gücünün azalmasıyla ZA zemin sınıfından ZE zemin sınıfına gidildikçe artmaktadır. ZA zemin sınıfı ile ZB zemin sınıfı arasındaki iç kuvvet değerlerinde belirgin bir artış gözlemlenmezken ZB zemin sınıfından ZE zemin sınıfına gidildikçe kiriş iç kuvvetlerinde belirgin bir artış görülmektedir.

4.11 Deprem Performans Seviyelerinin Belirlenmesi

Yapının depreme karşı performansını belirlemek için doğrusal olmayan bir hesap yöntemi olan statik itme yöntemi tercih edilmiştir. Statik itme yöntemi, mevcut ve güçlendirilmiş binaların sabit düşey yükler ve kademeli olarak artan yanal yükler etkisindeki davranışını tespit etmek ve dayanım değişimini değerlendirmek amacıyla kullanılan analiz modelidir (Ismaeil vd. 2015). Son zamanlarda statik itme yönteminin

doğrusal olmayan yöntemler arasından tercih edilmesinin nedeni basite indirgenmiş olmasıdır. Statik itme analizinin yer değiştirme (Δ) ve taban kesme kuvveti (V) değişkenlere bağlı olarak iki türlü kontrol yöntemi vardır. Yer değiştirme kontrolünde yapının en üst kotunda belirli bir noktaya kademeli olarak yatay kuvvetler etki eder. Bu noktada istenilen yer değiştirmeye ulaşıncaya kadar itme işlemi devam eder. Statik itme analizi yük artırımına bağlı olarak oluşan yük-yerdeğiştirme ilişkisi hakkında detaylı inceleme olanağı verir ve kapasite eğrisi belirlenir (Şekil 4.20). Yapı elemanlarının depreme karşı davranışlarının kontrolü sağlanır.



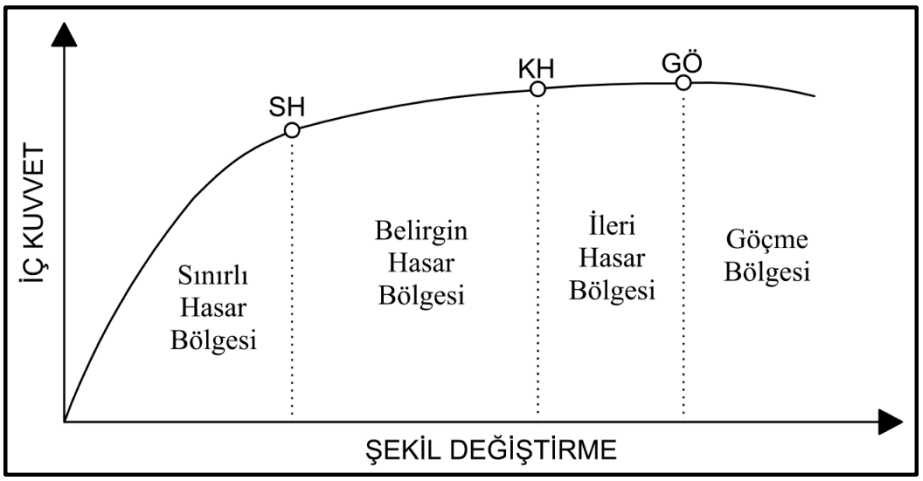
Şekil 4.20 İtme şekli ve kapasite eğrisi

Deprem performans analizinde olası bir depremde yapı elemanlarında oluşan hasarın yeri ve miktarı tespit edilmektedir. Yeni yapılacak yapılarda TBDY-2018'in de istediği gibi deprem performans hedefi olarak kontrollü hasar öngörülmektedir. Yapıların deprem anında hasar alması onların güvenli olmadığı anlamını taşımamaktadır. Yapı elemanlarındaki hasarın ağır olmaması, onarılabilecek ve can güvenliğini sağlayacak düzeyde olması önemli olup yeni deprem yönetmeliği de bize bu durumu öngörmektedir.

TBDY-2018'de kesit bazında üç hasar durumu ve sınırları belirtilmiş olup binaların performans düzeyinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Kesit hasar sınırları, *Kontrollü Hasar* (KH), *Sınırlı Hasar* (SH) ve *Göçme Öncesi Hasar* (GÖ) olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. *Kontrollü Hasar* (KH), binanın yapı elemanlarındaki hasarın çok ağır

olmamakla birlikte onarılabilmesi mümkün olduğu ve can güvenliğinin sağlandığı hasar düzeyini ifade etmektedir. Her iki deprem doğrultusunda yapılmış olan performans analizi (nonlineer itme analizi) sonucunda herhangi bir katta ileri hasar bölgesine geçen kiriş yüzdesi %35 veya altında ise deprem performans düzeyi kontrollü hasardır. *Sınırlı Hasar* (SH), binanın taşıyıcı elemanlarında doğrusal davranışın sınırlı kaldığı hasar düzeyini ifade etmektedir. Her iki deprem doğrultusunda yapılmış olan performans analizi (nonlineer itme analizi) sonucunda herhangi bir katta belirgin hasar bölgesine geçen kiriş yüzdesi %20 veya altında ise deprem performans düzeyi sınırlı hasardır. *Göçme Öncesi Hasar* (GÖ) ise binanın yapı elemanlarındaki hasarın ileri düzeyde ağır olmakla birlikte onarılabilmesi mümkün olduğu ve binanın kısmen veya tamamen göçmesinin önlendiği hasar düzeyini ifade etmektedir. Her iki deprem doğrultusunda yapılmış olan performans analizi (nonlineer itme analizi) sonucunda herhangi bir katta göçme bölgesine geçen kiriş yüzdesi %20 veya altında ise deprem performans düzeyi göçme öncesi hasardır.

TBDY-2018'de tanımlanan kesit hasar sınırları ve bölgeleri Şekil 4.21'de yer almaktadır.



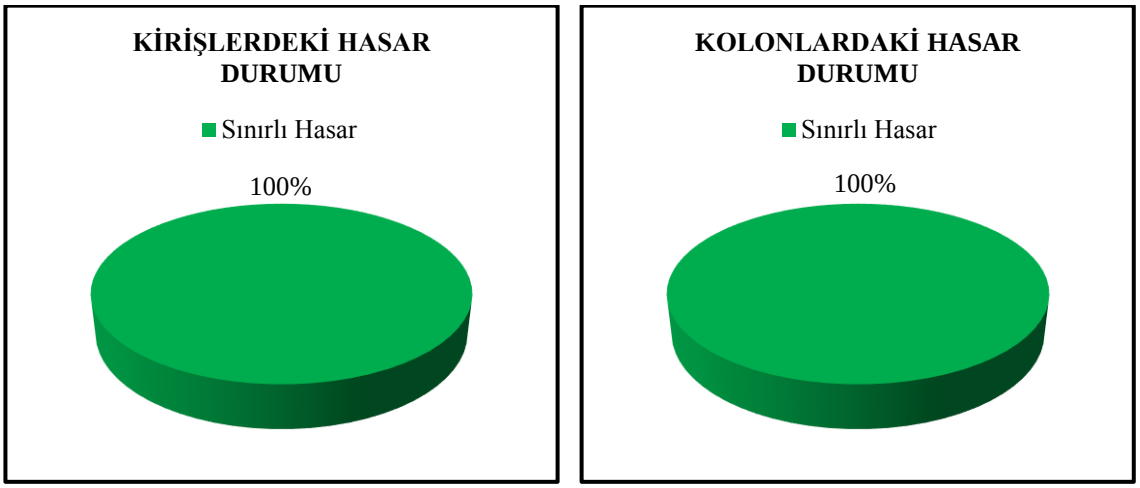
Şekil 4.21 Kesit hasar sınırları ve hasar bölgeleri

İdeCAD analiz programı kullanılarak tüm zemin sınıflarında her iki deprem doğrultusunda statik itme analizinden yararlanarak yapı elemanlarındaki hasar seviyesi tespit edilmiştir.

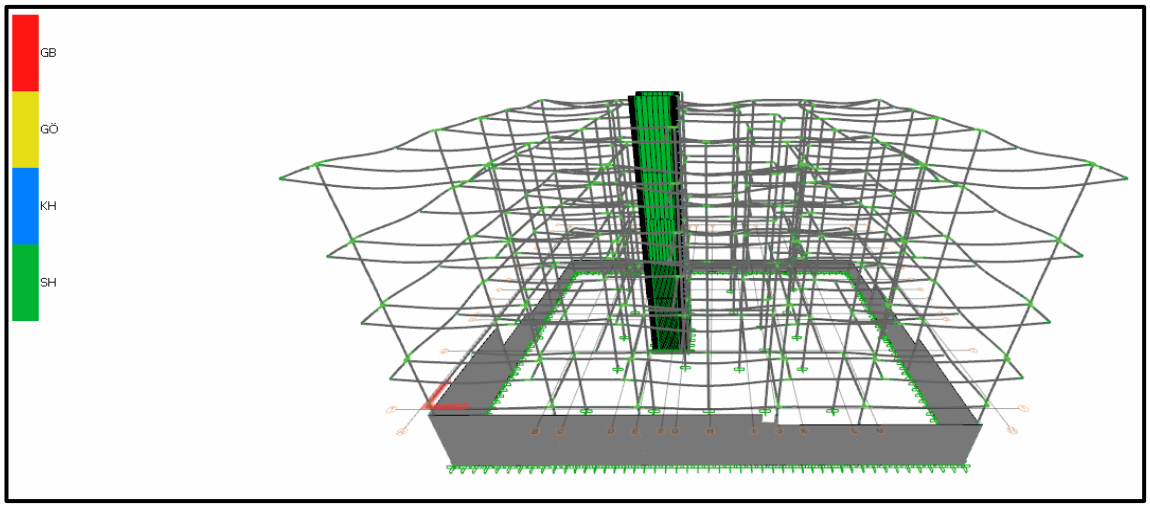
ZA zemin sınıfında nonlineer itme analizi kullanılarak yapının x ve y doğrultularında kolon ve kirişlerde oluşan hasar seviyesi ve yüzdesi Çizelge 4.23, Şekil 4.22 ve Şekil 4.23'te belirtilmiştir.

Çizelge 4.23 ZA zemin sınıfında X ve Y doğrultularında kolon ve kirişlerde oluşan hasar seviyeleri ve yüzdeleri

ELEMANLAR		**HASAR DURUMU**			
			SH	KH	GÖ
X Doğrultusu	KİRİŞLER	ELEMAN SAYISI	439	0	0
		(%)	100	0	0
	KOLONLAR	ELEMAN SAYISI	205	0	0
		(%)	100	0	0
Y Doğrultusu	KİRİŞLER	ELEMAN SAYISI	439	0	0
		(%)	100	0	0
	KOLONLAR	ELEMAN SAYISI	205	0	0
		(%)	100	0	0



Şekil 4.22 ZA zemin sınıfında X ve Y doğrultularında kolon ve kirişlerde oluşan hasar seviyeleri ve yüzdeleri



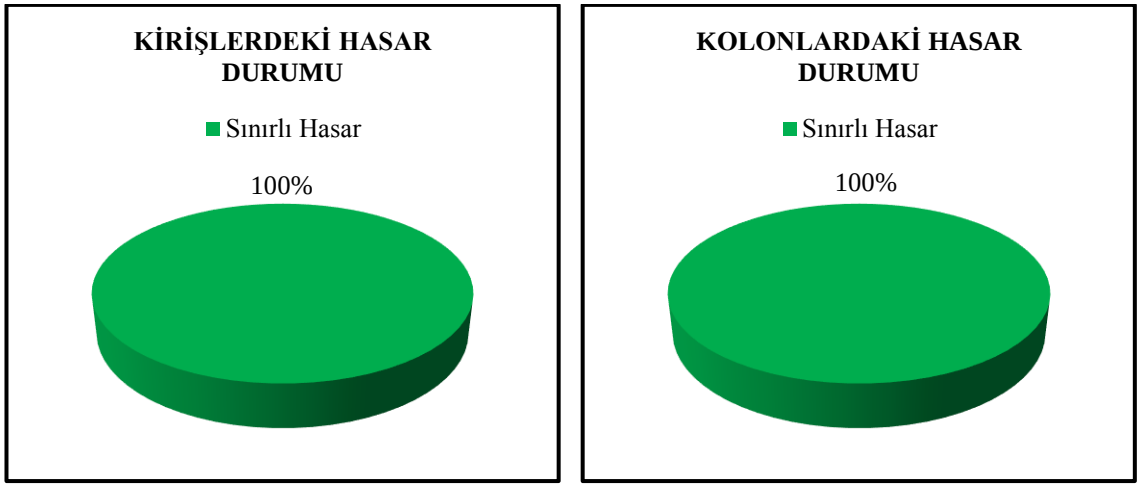
Şekil 4.23 ZA zemin sınıfında elemanlarda oluşan hasar seviyelerini gösteren plastik mafsallar

ZA zemin sınıfında her iki deprem doğrultusunda yapılmış olan performans analizi (nonlineer itme analizi) sonucunda tüm katlarda belirgin hasar bölgesine geçen kiriş yüzdesi %20'nin altında kalmaktadır. Bundan dolayı yapı ***Sınırlı Hasar Performans Düzeyi'***ndedir.

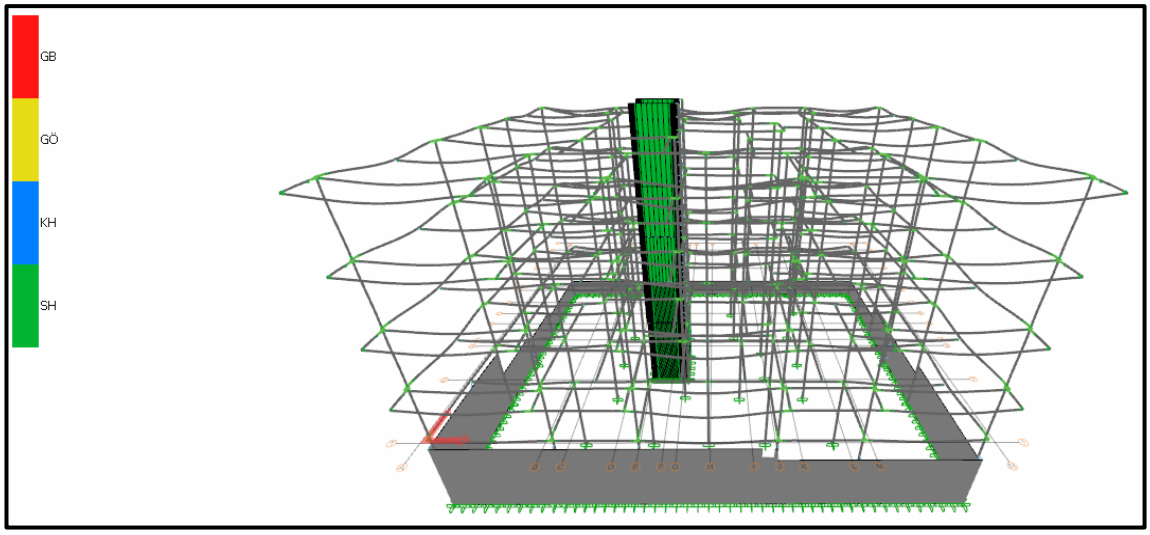
ZB zemin sınıfında nonlineer itme analizi kullanılarak yapının x ve y doğrultularında kolon ve kirişlerde oluşan hasar seviyeleri ve yüzdeleri Çizelge 4.24, Şekil 4.24 ve Şekil 4.25'te belirtilmiştir.

Çizelge 4.24 ZB zemin sınıfında X ve Y doğrultularında kolon ve kirişlerde oluşan hasar seviyeleri ve yüzdeleri

ELEMANLAR		**HASAR DURUMU**			
			SH	KH	GÖ
X Doğrultusu	KİRİŞLER	ELEMAN SAYISI	439	0	0
		(%)	100	0	0
	KOLONLAR	ELEMAN SAYISI	205	0	0
		(%)	100	0	0
Y Doğrultusu	KİRİŞLER	ELEMAN SAYISI	439	0	0
		(%)	100	0	0
	KOLONLAR	ELEMAN SAYISI	205	0	0
		(%)	100	0	0



Şekil 4.24 ZB zemin sınıfında X ve Y doğrultularında kolon ve kirişlerde oluşan hasar seviyeleri ve yüzdeleri



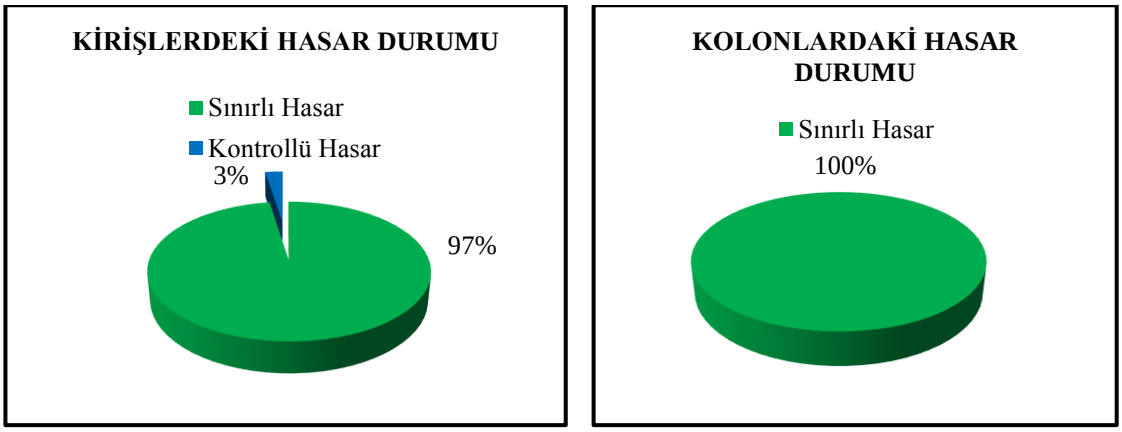
Şekil 4.25 ZB zemin sınıfında elemanlarda oluşan hasar seviyelerini gösteren plastik mafsallar

ZB zemin sınıfında her iki deprem doğrultusunda yapılmış olan performans analizi (nonlineer itme analizi) sonucunda tüm katlarda belirgin hasar bölgesine geçen kiriş yüzdesi %20'nin altında kalmaktadır. Bundan dolayı yapı ***Sınırlı Hasar Performans Düzeyi'***ndedir.

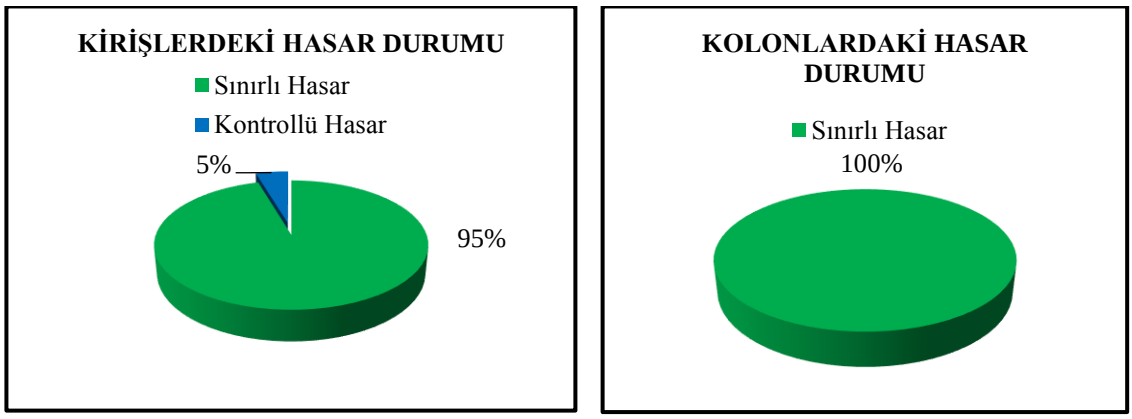
ZC zemin sınıfında nonlineer itme analizi kullanılarak yapının x ve y doğrultularında kolon ve kirişlerde oluşan hasar seviyeleri ve yüzdeleri Çizelge 4.25, Şekil 4.26, Şekil 4.27 ve Şekil 4.28'de belirtilmiştir.

Çizelge 4.25 ZC zemin sınıfında X ve Y doğrultularında kolon ve kirişlerde oluşan hasar seviyeleri ve yüzdeleri

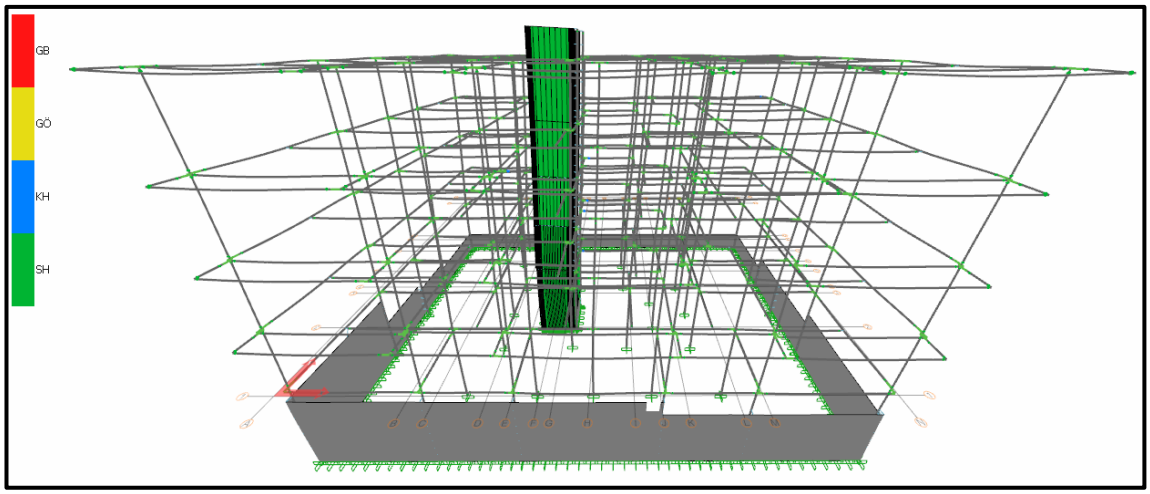
ELEMANLAR		HASAR DURUMU			
			SH	KH	GÖ
X Doğrultusu	KİRİŞLER	ELEMAN SAYISI	428	11	0
		(%)	97	3	0
	KOLONLAR	ELEMAN SAYISI	205	0	0
		(%)	100	0	0
Y Doğrultusu	KİRİŞLER	ELEMAN SAYISI	419	20	0
		(%)	95	5	0
	KOLONLAR	ELEMAN SAYISI	205	0	0
		(%)	100	0	0



Şekil 4.26 ZC zemin sınıfında X doğrultusunda kolon ve kirişlerde oluşan hasar seviyeleri ve yüzdeleri



Şekil 4.27 ZC zemin sınıfında Y doğrultusunda kolon ve kirişlerde oluşan hasar seviyeleri ve yüzdeleri



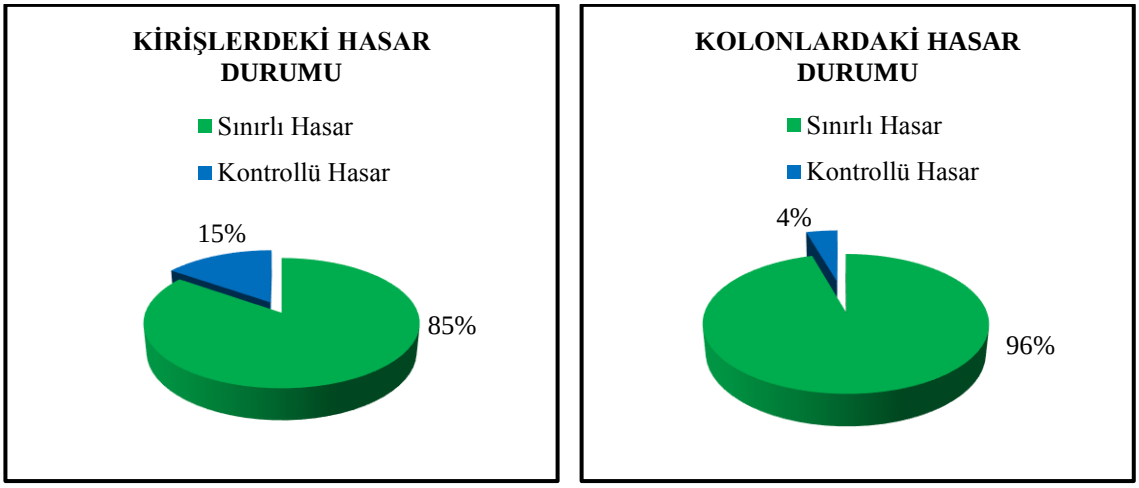
Şekil 4.28 ZC zemin sınıfında elemanlarda oluşan hasar seviyelerini gösteren plastik mafsallar

ZC zemin sınıfında her iki deprem doğrultusunda yapılmış olan performans analizi (nonlineer itme analizi) sonucunda tüm katlarda belirgin hasar bölgesine geçen kiriş yüzdesi %20'nin altında kalmaktadır. Bundan dolayı yapı ***Sınırlı Hasar Performans Düzeyi'***ndedir.

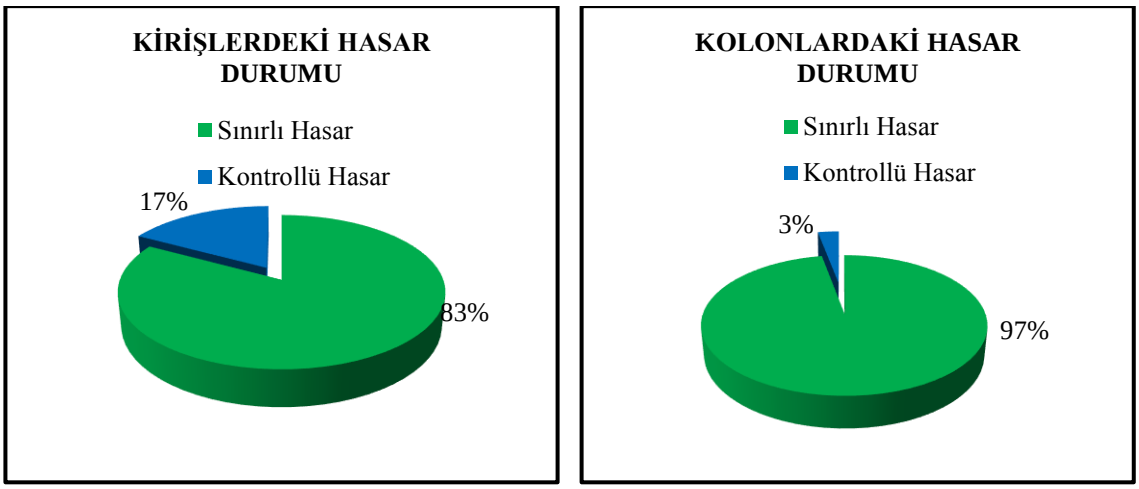
ZD zemin sınıfında nonlineer itme analizi kullanılarak yapının x ve y doğrultularında kolon ve kirişlerde oluşan hasar seviyeleri ve yüzdeleri Çizelge 4.26, Şekil 4.29, Şekil 4.30 ve Şekil 4.31'de belirtilmiştir.

Çizelge 4.26 ZD zemin sınıfında X ve Y doğrultularında kolon ve kirişlerde oluşan hasar seviyeleri ve yüzdeleri

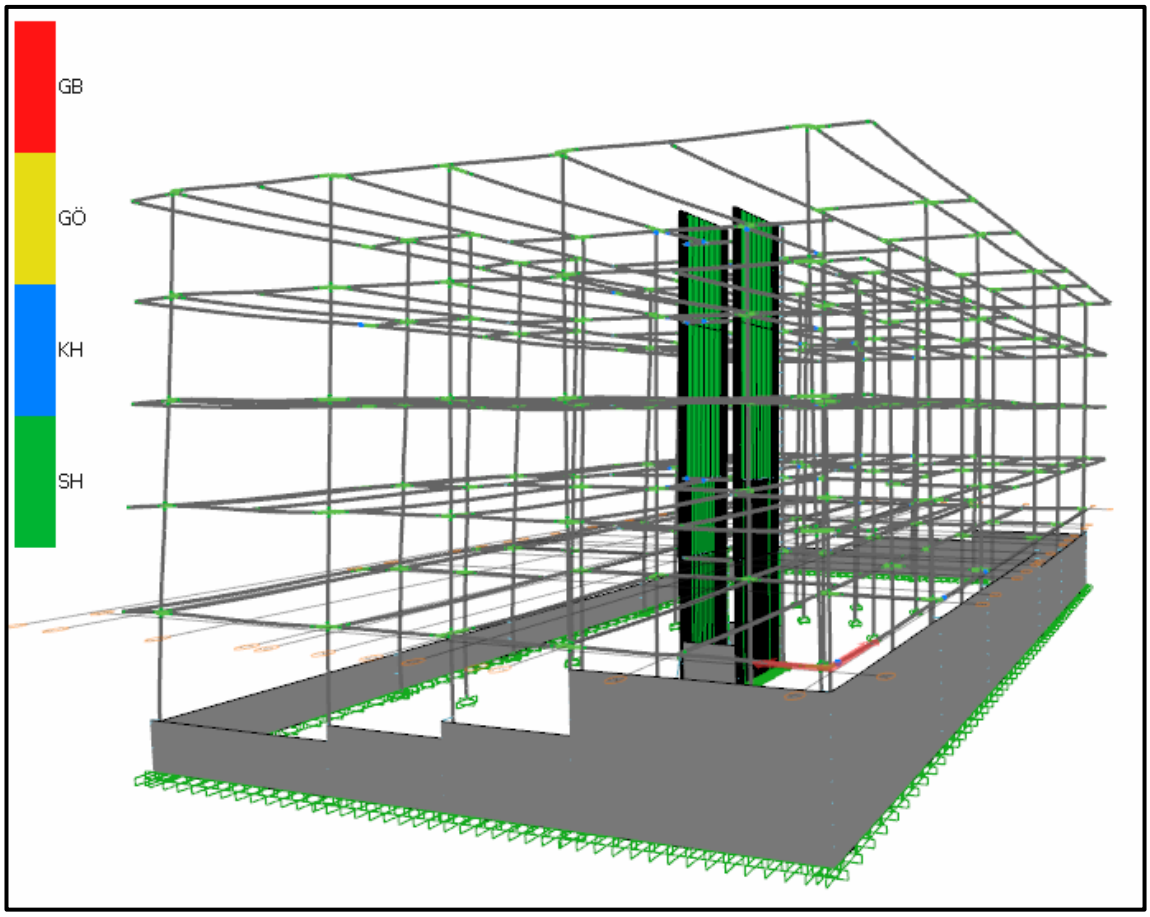
ELEMANLAR		**HASAR DURUMU**			
			SH	KH	GÖ
X Doğrultusu	KİRİŞLER	ELEMAN SAYISI	372	67	0
		(%)	85	15	0
	KOLONLAR	ELEMAN SAYISI	196	9	0
		(%)	96	4	0
Y Doğrultusu	KİRİŞLER	ELEMAN SAYISI	364	75	0
		(%)	83	17	0
	KOLONLAR	ELEMAN SAYISI	199	6	0
		(%)	97	3	0



Şekil 4.29 ZD zemin sınıfında X doğrultusunda kolon ve kirişlerde oluşan hasar seviyeleri ve yüzdeleri



Şekil 4.30 ZD zemin sınıfında Y doğrultusunda kolon ve kirişlerde oluşan hasar seviyeleri ve yüzdeleri



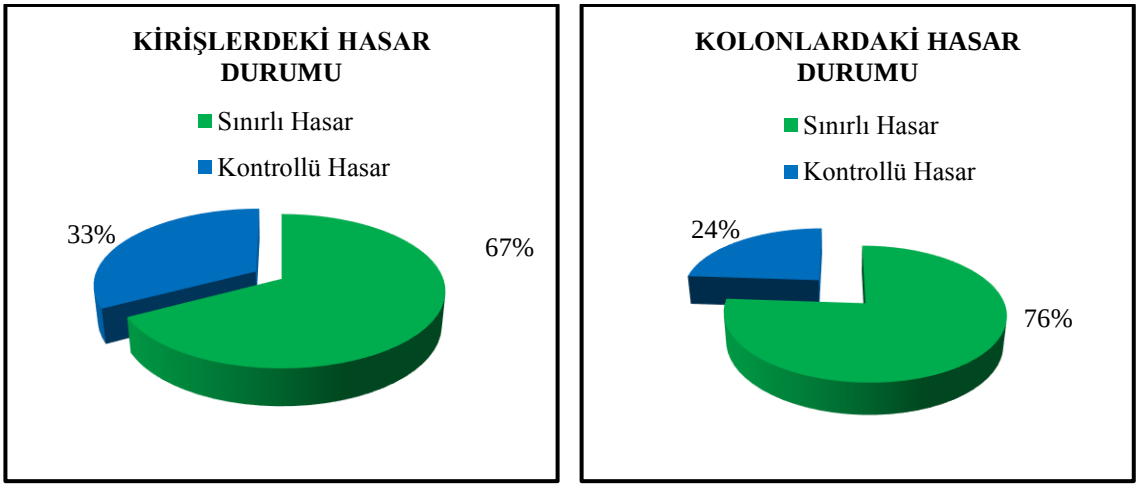
Şekil 4.31 ZD zemin sınıfında elemanlarda oluşan hasar seviyelerini gösteren plastik mafsallar

ZD zemin sınıfında her iki deprem doğrultusunda yapılmış olan performans analizi (nonlineer itme analizi) sonucunda tüm katlarda belirgin hasar bölgesine geçen kiriş yüzdesi %20'nin altında kalmaktadır. Bundan dolayı yapı ***Sınırlı Hasar Performans Düzeyi'***ndedir.

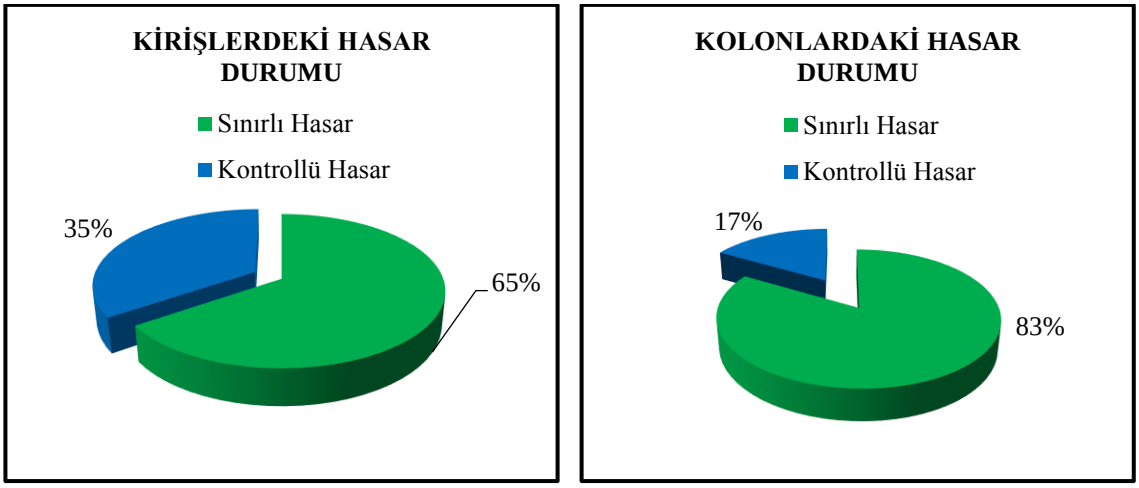
ZE zemin sınıfında nonlineer itme analizi kullanılarak yapının x ve y doğrultularında kolon ve kirişlerde oluşan hasar seviyeleri ve yüzdeleri Çizelge 4.27, Şekil 4.32, Şekil 4.33 ve Şekil 4.34'te belirtilmiştir.

Çizelge 4.27 ZE zemin sınıfında X ve Y doğrultularında kolon ve kirişlerde oluşan hasar seviyeleri ve yüzdeleri

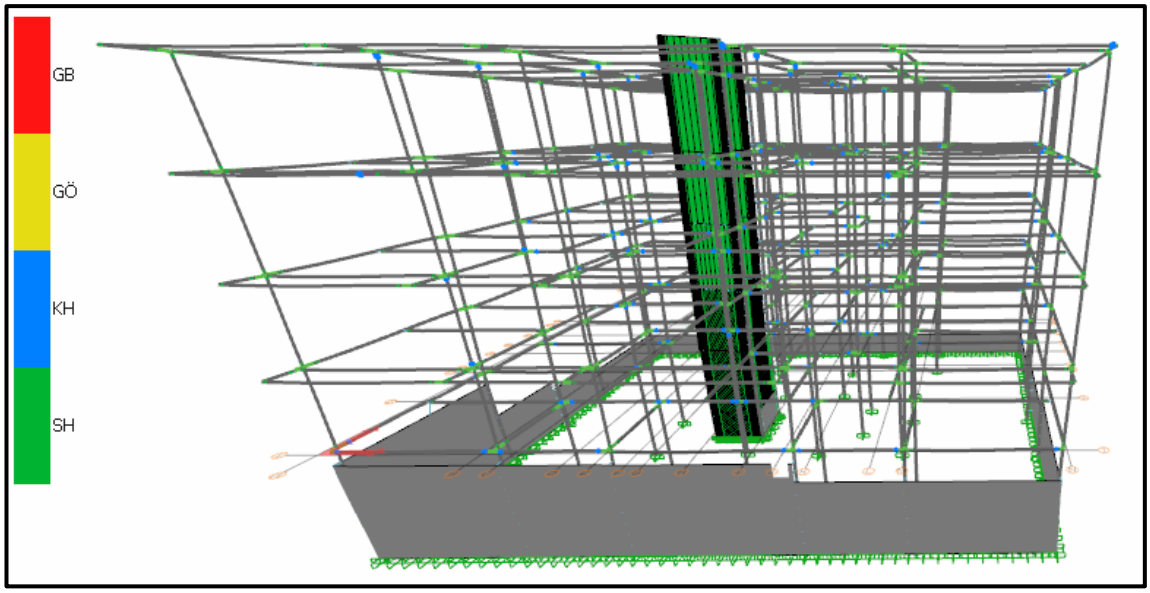
ELEMANLAR		HASAR DURUMU			
			SH	KH	GÖ
X Doğrultusu	KİRİŞLER	ELEMAN SAYISI	295	144	0
		(%)	81	19	0
	KOLONLAR	ELEMAN SAYISI	156	49	0
		(%)	76	24	0
Y Doğrultusu	KİRİŞLER	ELEMAN SAYISI	287	152	0
		(%)	79	21	0
	KOLONLAR	ELEMAN SAYISI	171	34	0
		(%)	83	17	0



Şekil 4.32 ZE zemin sınıfında X doğrultusunda kolon ve kirişlerde oluşan hasar seviyeleri ve yüzdeleri



Şekil 4.33 ZE zemin sınıfında Y doğrultusunda kolon ve kirişlerde oluşan hasar seviyeleri ve yüzdeleri



Şekil 4.34 ZE zemin sınıfında elemanlarda oluşan hasar seviyesini gösteren plastik mafsallar

ZE zemin sınıfında her iki deprem doğrultusunda yapılmış olan performans analizi (nonlineer itme analizi) sonucunda tüm katlarda belirgin hasar bölgesine geçen kiriş yüzdesi %20'nin üzerindedir. Bundan dolayı yapı ***Kontrollü Hasar Performans Düzeyi'***ndedir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Günümüzde, inşaat sektörü konut inşası alanında hızlı bir büyüme içerisindedir. Yapı denetim firmalarındaki iş yükünden dolayı aksamalar, zemin etüt raporlarındaki yanlışlıklar ve proje aşamasındaki hatalı zemin sınıf seçimi gibi birçok sebep depreme dayanıksız yapıların sayısını arttırmaktadır. Zemin iyileştirilmesine ihtiyaç duyulan zeminlerde iyileştirilme yapılmamakta, sıvılaşma riskine karşı herhangi bir tedbir alınmamaktadır. Bu durumda olası bir deprem anında bu tür sıkışmamış ve gevşek zeminlerde inşaa edilen yapılarda depremin meydana getirdiği hasarlar büyük olmaktadır (Sucuoğlu 2006). Bu nedenle, bu çalışmanın amacı, tasarımı yapılmış bir betonarme yapıyı farklı zemin S analiz ederek yapının deprem performansı açısından nasıl değişkenlik gösterdiğini araştırmaktır.

Depremler sonucunda yapısal elemanlarda (kolon, kiriş, döşeme vs.) oluşabilecek hasarların durumuna göre yapıların depreme karşı güvenlik seviyesi belirlenmektedir. Depremler sonucunda oluşan ağır hasarlı ve yıkılmış yapılar, yapı güvenliği konusunun önemini göstermiştir. Yapıların deprem davranışlarını incelerken, deprem dayanımını etkileyen bu parametrelerin tasarımda göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Bu çalışmada, Samsun İli Bafra İlçesi Fevziçakmak Mahallesinde konut olarak kullanılması planlanan 5 katlı bir betonarme yapı, TBDY-2018'e göre İdeCAD statik analiz programı kullanılarak analiz edilmiştir. Bu analizde binaya ait deprem yer hareket düzeyi, yatay ve düşey tasarım spektrumu, deprem tasarım sınıfı, bina performans düzeyi, taşıyıcı sistem, döşeme tipi, diyafram tipi, bina yükseklik sınıfı, süneklik düzeyi, bina kullanım sınıfı, taşıyıcı sistem davranış ve dayanım fazlalığı katsayısı belirlenip farklı zemin sınıflarında analiz edilerek her zemin sınıfı için karşılaştırılmalı olarak inceleme yapılmıştır.

Zemin sınıfı değişiminin yapıda oluşan iç kuvvetler üzerindeki etkisi, binaların deprem performansları üzerindeki etkisi ve taban kesme kuvvetleri ile kat ötelemeleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Tasarlanan yapının deprem kuvvetleri etkisinde taşıyıcı elemanlarının deprem performanslarını belirleyebilmek için yeni deprem

yönetmeliğinde bulunan doğrusal olmayan hesap yöntemi olan statik itme yöntemi kullanılmıştır.

Yapılan analiz sonucunda elde edilen sonuçlar tüm zemin sınıflarında karşılaştırmalı olarak aşağıda verilmiştir.

- Deprem yükü değerini birebir etkileyen spektrum ivme değeri $S_{ae}(T)$, ZA zemin sınıfından ZE zemin sınıfına doğru artış göstermektedir. Zemin sınıfının rijitlik değeri azaldıkça sisteme etkiyen ivme değeri artmaktadır. ZA zemin sınıfı ile ZB zemin sınıfı arasındaki spektrum ivme değerlerinde belirgin bir artış gözlemlenmezken ZB zemin sınıfından ZE zemin sınıfına gidildikçe zemin sınıfları arasındaki artış oranında belirgin bir fark görülmektedir.

- Tüm zemin sınıflarında elde edilen taban kesme kuvveti, Y doğrultusuna göre X doğrultusunda daha fazladır. Bunun nedeni, X doğrultusundaki azaltılmış spektral ivme değerinin Y doğrultusundan fazla olmasıdır. X doğrultusunda ZA zemin sınıfı ile ZE zemin sınıfı arasında taban kesme kuvvetinde %374 artış görülürken Y doğrultusunda ise bu artış oranının %383 olduğu belirlenmiştir. Zeminin rijitliği azaldıkça yapıya etkiyen taban kesme kuvveti artmaktadır. X ve Y doğrultusunda en yüksek artış oranı %87 ile ZB ve ZC zemin sınıfları arasında olurken, en düşük artış oranı ise %7 ile ZA ve ZB zemin sınıfları arasında görülmüştür.

- Göreli kat ötelemesi ardışık iki kat arasındaki deplasman farkını ifade etmektedir. Tüm zemin sınıflarındaki göreli kat öteleme değerleri, yatay yönde etkiyen deprem kuvveti ve sistemin rijitliğinden dolayı değişkenlik göstermektedir. Yapının bodrum katında yer değiştirmeyi engelleyici perdeli sistem kullanıldığından göreli kat öteleme değeri tüm zemin sınıflarında ve her iki doğrultuda en düşük seviyededir. Yapının zemin katında ise yer değiştirmeye engel olmayan çerçeve sisteme geçiş ve yapının bodrum katında göreli kat öteleme değerinin düşük çıkmasından dolayı zemin kat ile bodrum kat arasındaki deplasman farkı yüksek çıkacağından yapının zemin katındaki göreli kat öteleme değeri tüm zemin sınıflarında ve her iki doğrultuda en yüksek seviyededir. Göreli kat öteleme değeri, Y doğrultusuna göre X

doğrultusunda daha fazladır. X ve Y doğrultusunda en büyük kat öteleme değeri ZE zemin sınıfında ve yapının zemin katında hesaplanırken en küçük kat öteleme değeri ise ZA zemin sınıfında ve yapının bodrum katında hesaplanmıştır. Her iki doğrultuda ve tüm zemin sınıflarındaki göreli kat öteleme değeri, sınır olarak kabul edilen değeri geçmediğinden dolayı yapının göreli kat ötelemesinde herhangi bir olumsuz durum mevcut değildir.

- Burulma düzensizliği katsayısı, herhangi bir kattaki göreli kat öteleme maksimum değerinin ilgili kattaki ortalama göreli kat öteleme değerine oranı olarak ifade edilmektedir. Yapının bodrum katında çevre taşıyıcı perdeler mevcut olup göreli kat öteleme ortalama değerinin düşük çıkmasına neden olmaktadır. Bu nedenle yapının bodrum katında her iki doğrultuda ve tüm zemin sınıflarında burulma düzensizliği katsayı değeri en üst düzeydedir. Yapının zemin katında göreli kat öteleme ortalama değerinin diğer katlara nazaran yüksek olmasından dolayı burulma düzensizliği katsayı değeri en düşük seviyededir. ZA zemin sınıfında yapıyı etkiyen deprem kuvvetinin ZB, ZC, ZD ve ZE yerel zemin sınıflarına göre az olduğundan ZA zemin sınıfındaki göreli kat öteleme ortalama değeri daha az çıkmaktadır. Bu nedenle burulma düzensizliği katsayı değeri ZA zemin sınıfında en düşük seviyededir. Her iki doğrultuda ve tüm zemin sınıflarındaki burulma düzensizliği katsayı değeri, sınır olarak kabul edilen değeri geçmediğinden dolayı yapıda herhangi bir burulma düzensizliği mevcut değildir.

- Rijitlik düzensizliği katsayısı, herhangi bir kattaki bodrum kat hariç göreli kat öteleme ortalama değerinin ardışık katlardaki göreli kat öteleme ortalama değerine oranı olarak ifade edilmektedir. X doğrultusunda en büyük rijitlik düzensizliği katsayı değeri ortalama yer değiştirmeye bağlı olup ZB, ZC, ZD ve ZE zemin sınıflarında ve yapının 1. katında hesaplanırken en düşük rijitlik düzensizliği katsayı değeri ise aynı zemin sınıflarında ve yapının zemin katında hesaplanmıştır. Y doğrultusunda ise en büyük rijitlik düzensizliği katsayı değeri ZB, ZC, ZD ve ZE zemin sınıflarında ve yapının 2. katında hesaplanırken en küçük rijitlik düzensizliği katsayı değeri ise aynı zemin sınıflarında ve yapının 3.katında hesaplanmıştır. Her iki doğrultuda ve tüm zemin sınıflarındaki rijitlik düzensizliği katsayı değeri, sınır

olarak kabul edilen değeri geçmediğinden dolayı yapıda herhangi bir rijitlik düzensizliği mevcut değildir.

- Zayıf kat düzensizliği, birbirine dik x ve y yönündeki deprem doğrultularından herhangi biri için, herhangi bir kattaki toplam etkili kesme alanı ile bir üst kattaki toplam etkili kesme alanına oranı olarak ifade edilmektedir. Tüm zemin sınıflarındaki dayanım düzensizliği katsayısı aynı olup bodrum katında çevre taşıyıcı perdeler mevcut olduğundan diğer katlara göre olumlu yönde farklılık göstermektedir. Dayanım düzensizliği katsayısı sınır olarak kabul edilen değerden düşük çıkmadığından dolayı yapıda herhangi bir dayanım düzensizliği mevcut değildir.

- Deprem kuvvetinin etkisiyle yapının tabanında oluşan devirici moment ile yine aynı doğrultuda düşey yüklemelerinden dolayı oluşan koruyucu momente oranı, X ve Y doğrultusunda ZA zemin sınıfından ZE zemin sınıfına doğru yapıyı etkiyen deprem kuvvetinden dolayı artış göstermektedir. Devirici momentin koruyucu momente oranı sınır olarak kabul edilen değerden düşük çıkmasından dolayı devrilme moment kontrolü olumlu şekilde sonuçlanmıştır.

- Normal kuvvetin ve yanal yer değiştirmenin büyük olduğu durumlarda, yapı elemanlarının tasarımında dikkate alınması gereken ek tesirler meydana gelmektedir. Tüm zemin sınıflarında ek tesirler olarak ifade edilen ikinci mertebe gösterge değeri, X ve Y doğrultusunda zemin kattan üst katlara doğru yapı ağırlığından dolayı azalmaktadır. X ve Y doğrultusunda ikinci mertebe gösterge değeri ZA zemin sınıfından ZE zemin sınıfına doğru yapıda meydana gelen deplasmanlar ve kesme kuvvetlerinden dolayı azalmaktadır. Her iki doğrultuda ve tüm zemin sınıflarındaki ikinci mertebe gösterge değeri, sınır olarak kabul edilen değeri geçmediğinden dolayı ikinci mertebe etkilerinin kontrolü olumlu sonuçlanmıştır.

- Kolonlara ve kirişlere ait iç kuvvetler, ZA zemin sınıfından ZE zemin sınıfına gidildikçe artış göstermektedir. Zemin sınıfının rijitlik değeri azaldıkça sistemi etkiyen ivme değeri artmaktadır. Bu durum yapı elemanlardaki iç kuvvetleri

arttırmaktadır. ZA zemin sınıfı ile ZB zemin sınıfı arasındaki iç kuvvet değerlerinde belirgin bir artış gözlemlenmezken ZB zemin sınıfından ZE zemin sınıfına gidildikçe zemin sınıfları arasındaki artış oranında belirgin bir fark görülmektedir.

- Her iki deprem doğrultusunda yapılmış olan performans analizi (nonlineer itme analizi) sonucunda ZA, ZB, ZC ve ZD zemin sınıflarında herhangi bir katta belirgin hasar bölgesine geçen kiriş yüzdesi %20'nin altında olduğu için yapı, ***Sınırlı Hasar Performans Düzeyi'***ndedir. ZE zemin sınıfında ise herhangi bir katta belirgin hasar bölgesine geçen kiriş yüzdesi %20'nin üzerinde olduğu için yapı, ***Kontrollü Hasar Performans Düzeyi'***ndedir.

KAYNAKLAR

Afet ve Acil Durum Başkanlığı, 2018. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, AXAnkara.

Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı, 2018. Türkiye deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik, Ankara.

Ateş, A. ve Yeşil, B. 2018. Düzce ilindeki farklı zemin sınıfları dikkate alınarak zemin sınıfının yapı hasarı ve deprem performansına etkisi. İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, 7(3): 48-56.

Başaran, V. 2018. Türkiye bina deprem yönetmeliğine (TBDY2019) göre Afyonkarahisar için deprem yüklerinin değerlendirilmesi. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 18(3): 1028-1035.

Boru, E. O. 2015. Farklı zemin sınıflarının bina deprem performansına etkisi. ISITES2015, Valencia-Spain, 1865-1872.

Çevre Şehircilik Bakanlığı, 2019. Riskli yapıların tespit edilmesi ilişkin esaslar, Resmî Gazete, Sayı: 30688, Ankara.

Dok, G., Öztürk, H. ve Aydın, D. 2015. Farklı zemin koşullarındaki betonarme yapıların davranışının statik itme analizi ile incelenmesi: 8 katlı çerçeve örneği. ISITES2015, Valencia-Spain, 1697- 1704.

Döndüren, M. S. ve Uray, K. 2017. Eurocode 8 ve Tdy 2007'nin depreme dayanıklı yapı tasarımı için temel ilke ve koşullarının karşılaştırılması. Selçuk-Teknik Dergisi, 16(3): 184-197.

Gökalp, E. 2009. Betonarme yapıların performans analizlerinde kullanılan yöntemlerin karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, 97 sayfa, Manisa.

Insapedia, 2018. Web sitesi. http://www.insapedia.com. Erişim Tarihi: 07.09.2021.

Ismaeil, M., Sobaih, M. & Akl, A. 2015. Seismic Capacity Assessment of Existing RC Buildings in The Sudan by Using Pushover Analysis. Open Journal of Civil Engineering, 5: 154-174.

Karabulut, Z. 2019. Farklı zemin parametreleri kullanılarak oluşturulmuş betonarme binaların 2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerine göre statik analizi ve maliyet hesabı. Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, 130 sayfa, Van.

Karaşin, İ. B. ve Işık, E. 2017. Farklı yapı davranış katsayıları için zemin koşullarının yapı performansına etkisi. Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 8(4): 661-673.

Kayabaş, B. 2021. İzmir ilinde farklı zemin sınıfları üzerine inşa edilen yapıların çeşitli zemin modelleri ile analizi. Yüksek Lisans Tezi, İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, 100 sayfa, İzmir.

Neelima, B., Pandu Ranga Rao, B., Kodanda Rama Rao, P. & Reddy, S.R.K. 2012. Earthquake Response Of Structures Under Different Soil Conditions. International Journal of Engineering Research & Technology, 1(7).

Ögetürk, E. 2016. Yerel zemin grubu değişiminin bina güçlendirme çalışmalarına etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, 99 sayfa, Isparta.

Öztürk, G. 2016. Betonarme binalarda kat yüksekliğinin yapı deprem performansına etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Bitlis Eren Üniversitesi, 64 sayfa, Bitlis.

Sezgin, G. 2008. Mevcut betonarme bir yapının doğrusal olmayan yöntem kullanılarak performans seviyesinin belirlenmesi ve farklı zemin sınıfları için karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 98 sayfa, İstanbul.

Sucuoğlu, H. 2006. 2007 deprem yönetmeliği performans esaslı hesap yöntemlerinin karşılıklı değerlendirmesi. Mühendislik Haberleri, 444-445: 267-284.

Turan, D. 2012. Betonarme bir yapının eşdeğer deprem yükü yöntemi ve mod birleştirme yöntemine göre tasarımı. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 128 sayfa, İstanbul.

Ukçul, E. 2013. Betonarme bir yapıda farklı zemin sınıflarının deprem davranışına etkisi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 235 sayfa, İstanbul.

Yıldırım, F. G. 2011. Bodrum ve sekiz katlı bir konut binasının betonarme perde ve kolonlardan oluşan taşıyıcı sisteminin deprem performansının belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 245 sayfa, İstanbul.

EKLER

EK 1. Yapıya ait normal kat mimari planı

EK 2. Yapıya ait zemin kat mimari planı

EK 3. Yapıya ait bodrum kat mimari planı

EK 4. Yapıya ait temel aplikasyon planı

EK 5. Yapıya ait bodrum kat kolon aplikasyon planı

EK 6. Yapıya ait zemin ve normal kat kolon aplikasyon planı

EK 7. Yapıya ait zemin ve normal kat kalıp planı

EK 8. Yapıya ait bodrum kat kalıp planı

EK 9. Yapıya ait ön görünüşü

EK 10. Yapıya ait arka görünüşü

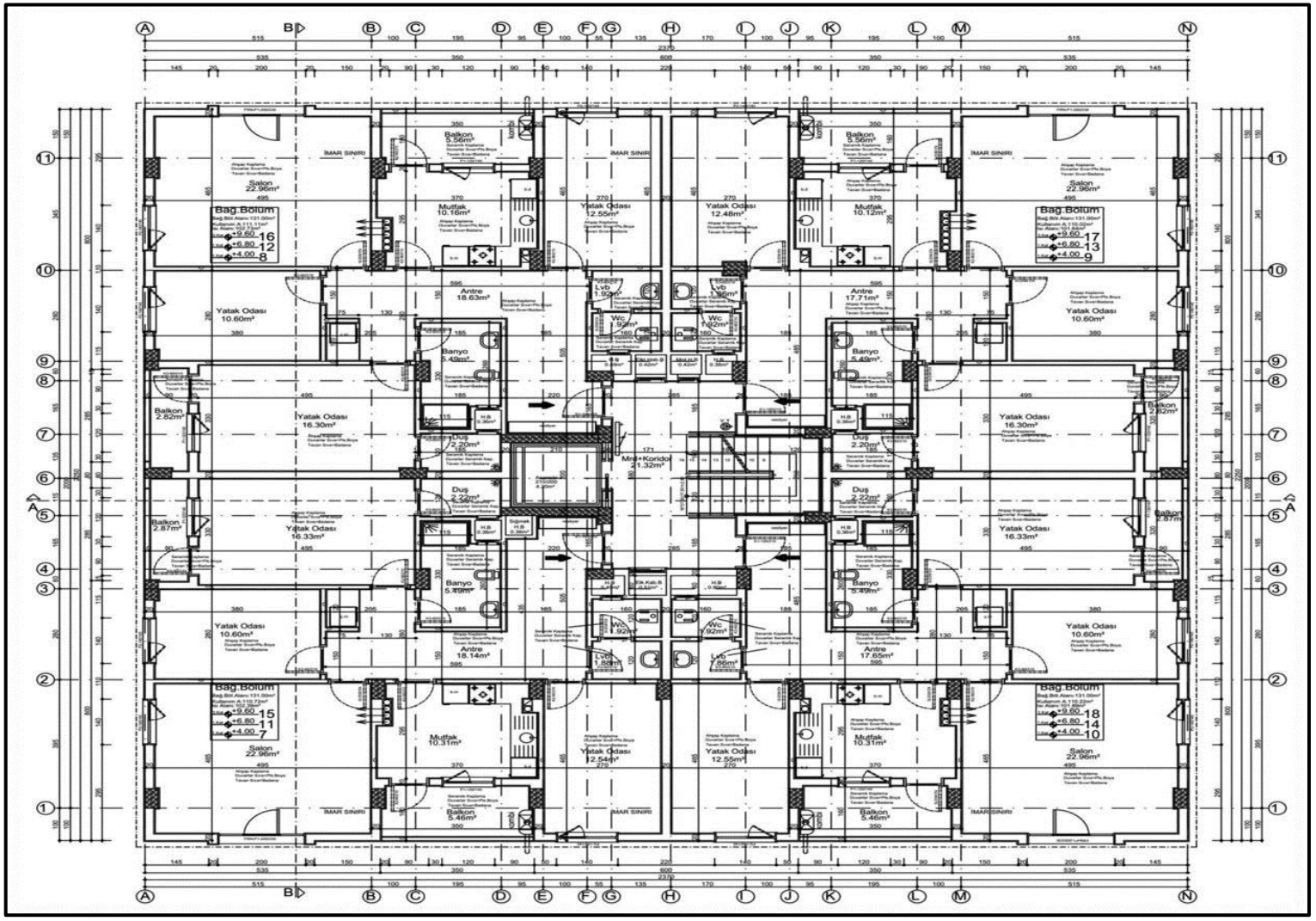
EK 11. Yapıya ait sol yan görünüş

EK 12. Yapıya ait sağ yan görünüş

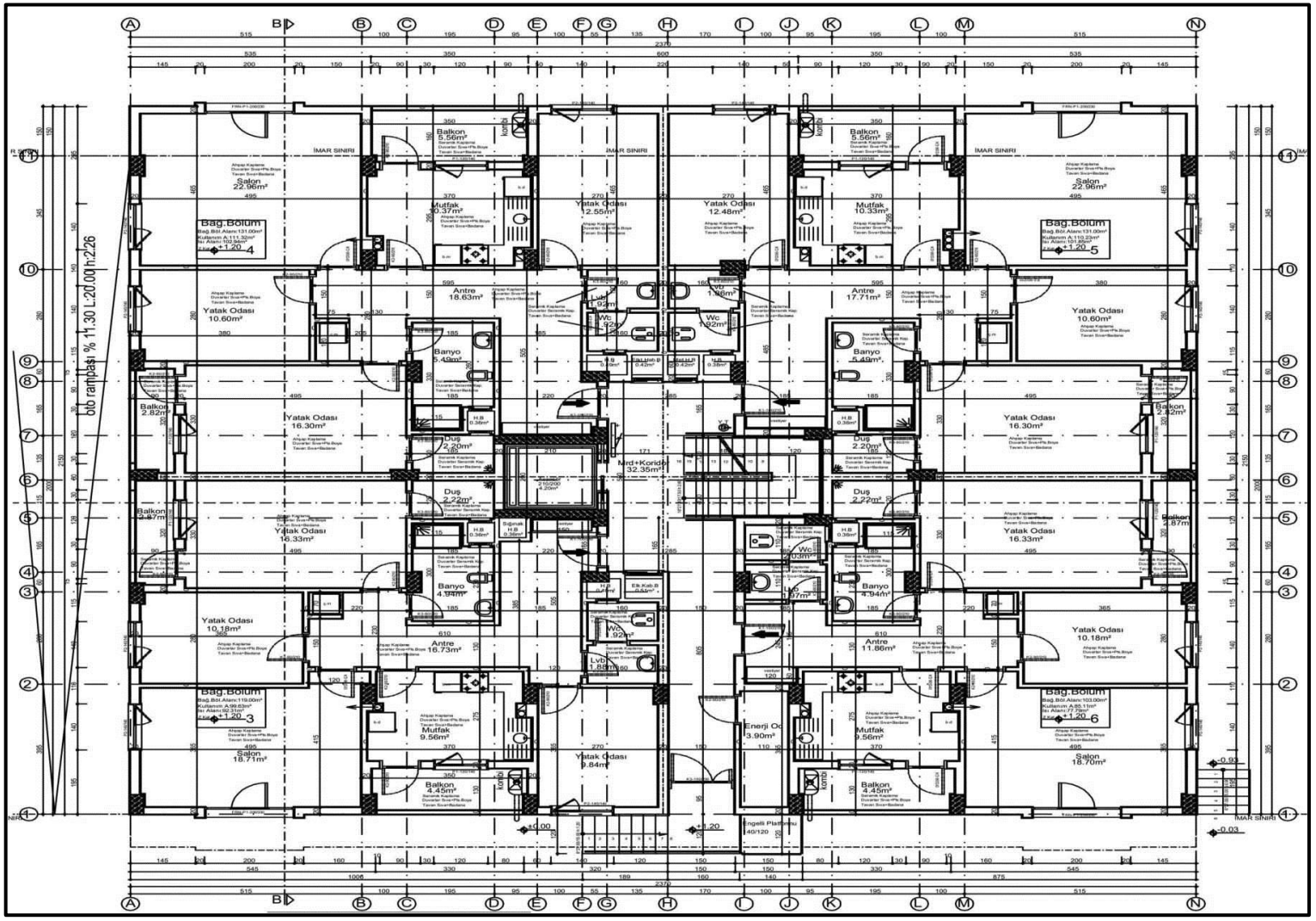
EK 13. Yapıya ait A-A kesiti

EK 14. Yapıya ait B-B kesiti

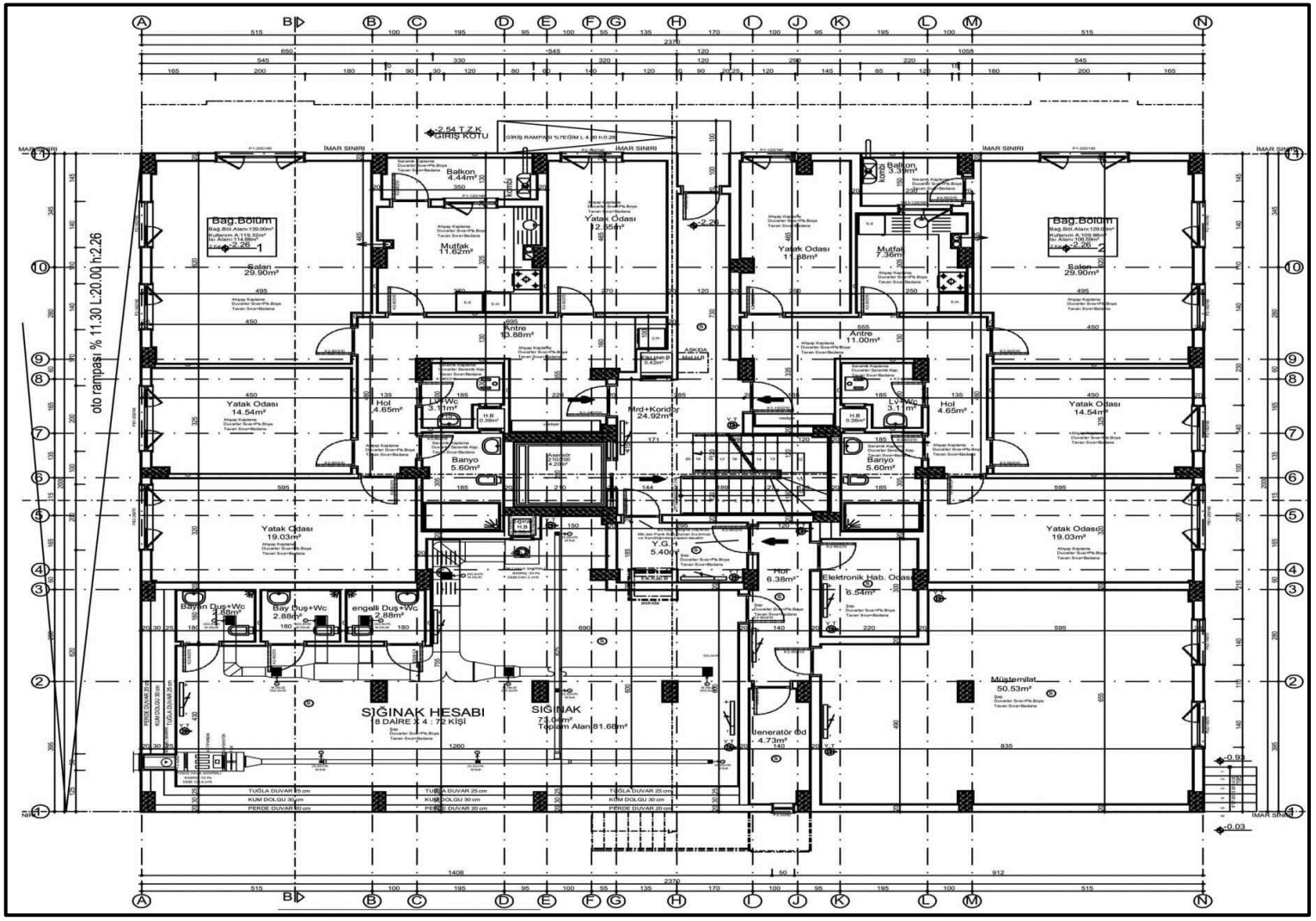
EK 1. Yapıya ait normal kat mimari planı



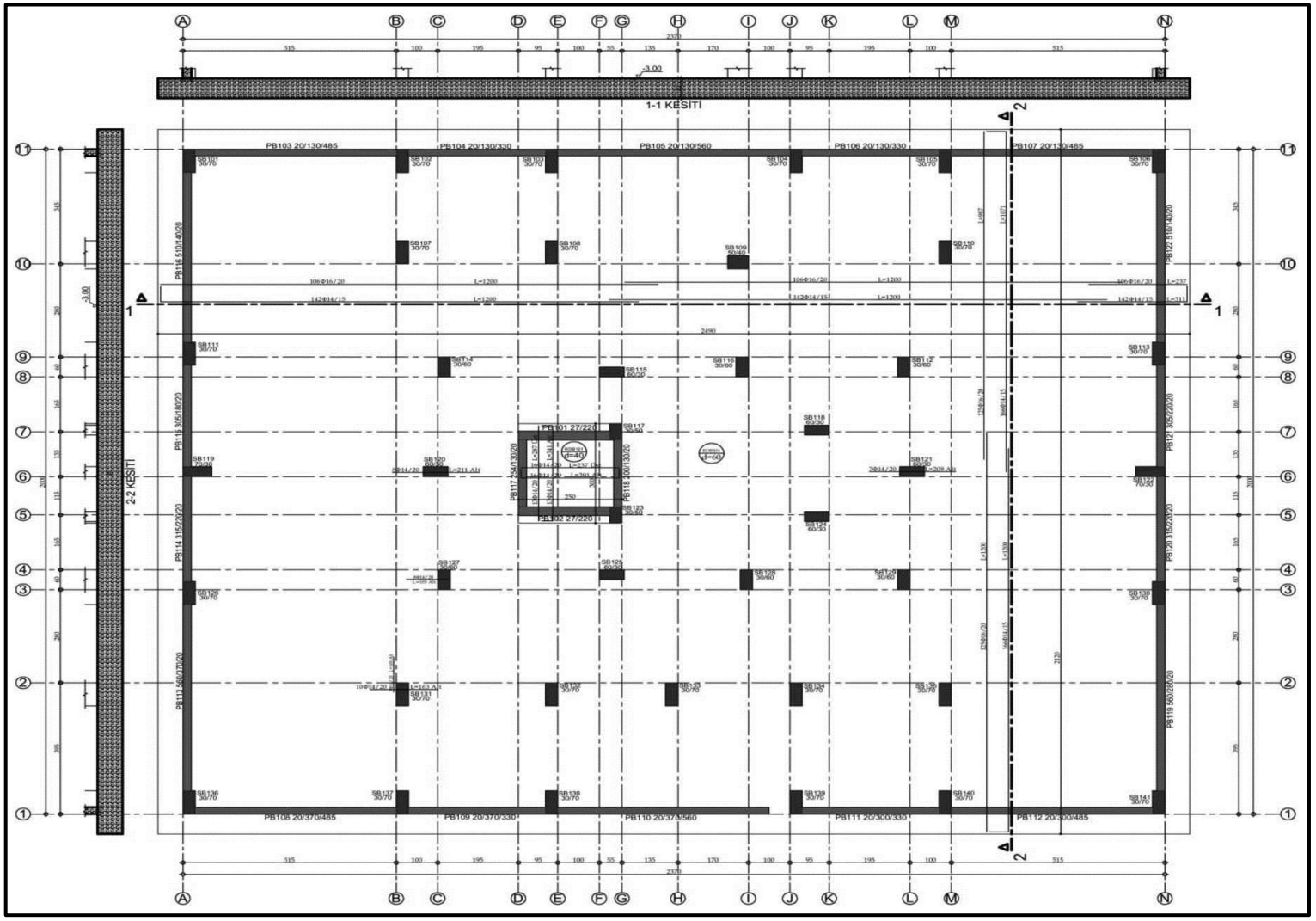
EK 2. Yapıya ait zemin kat mimari planı



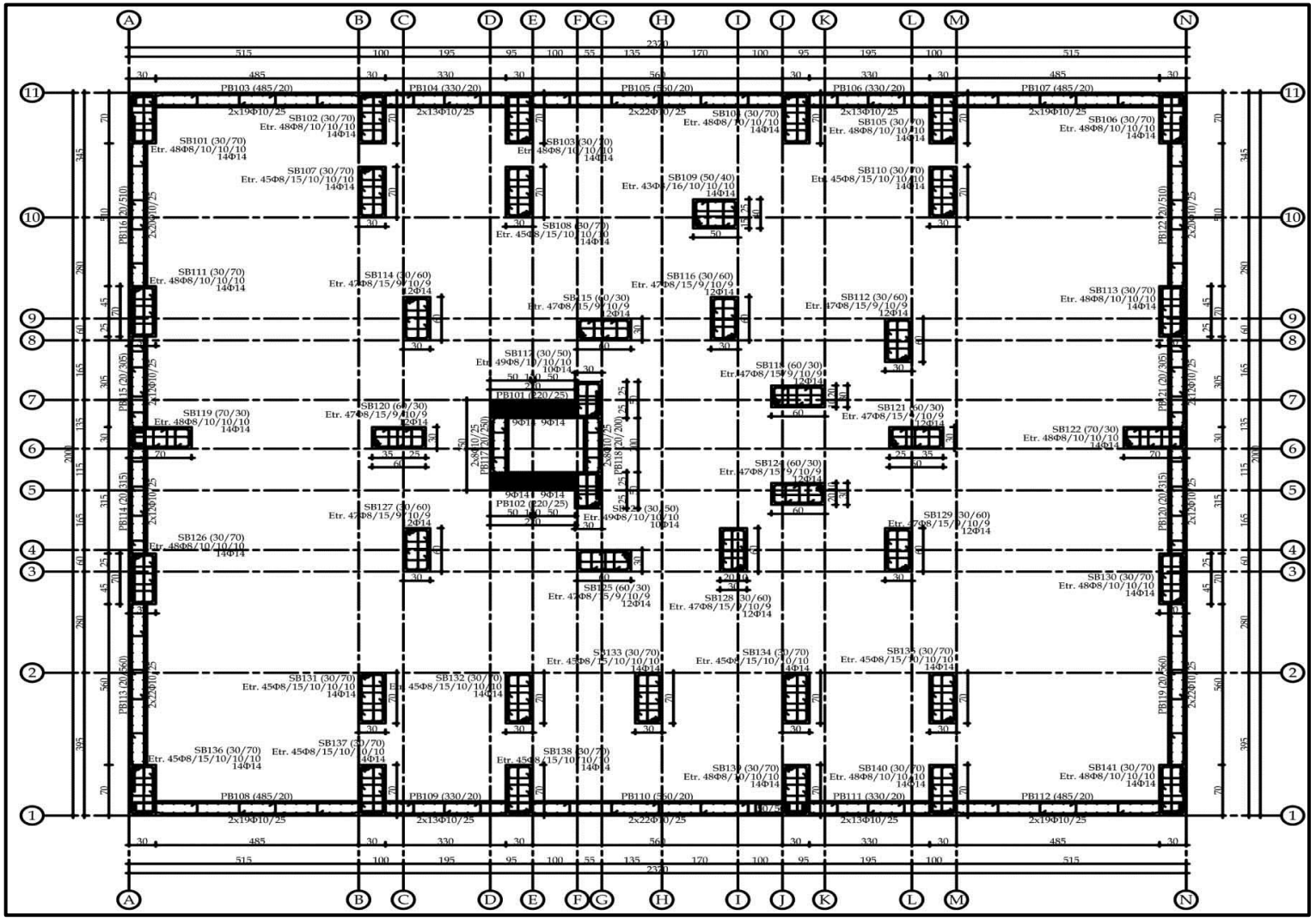
EK 3. Yapıya ait bodrum kat mimari planı



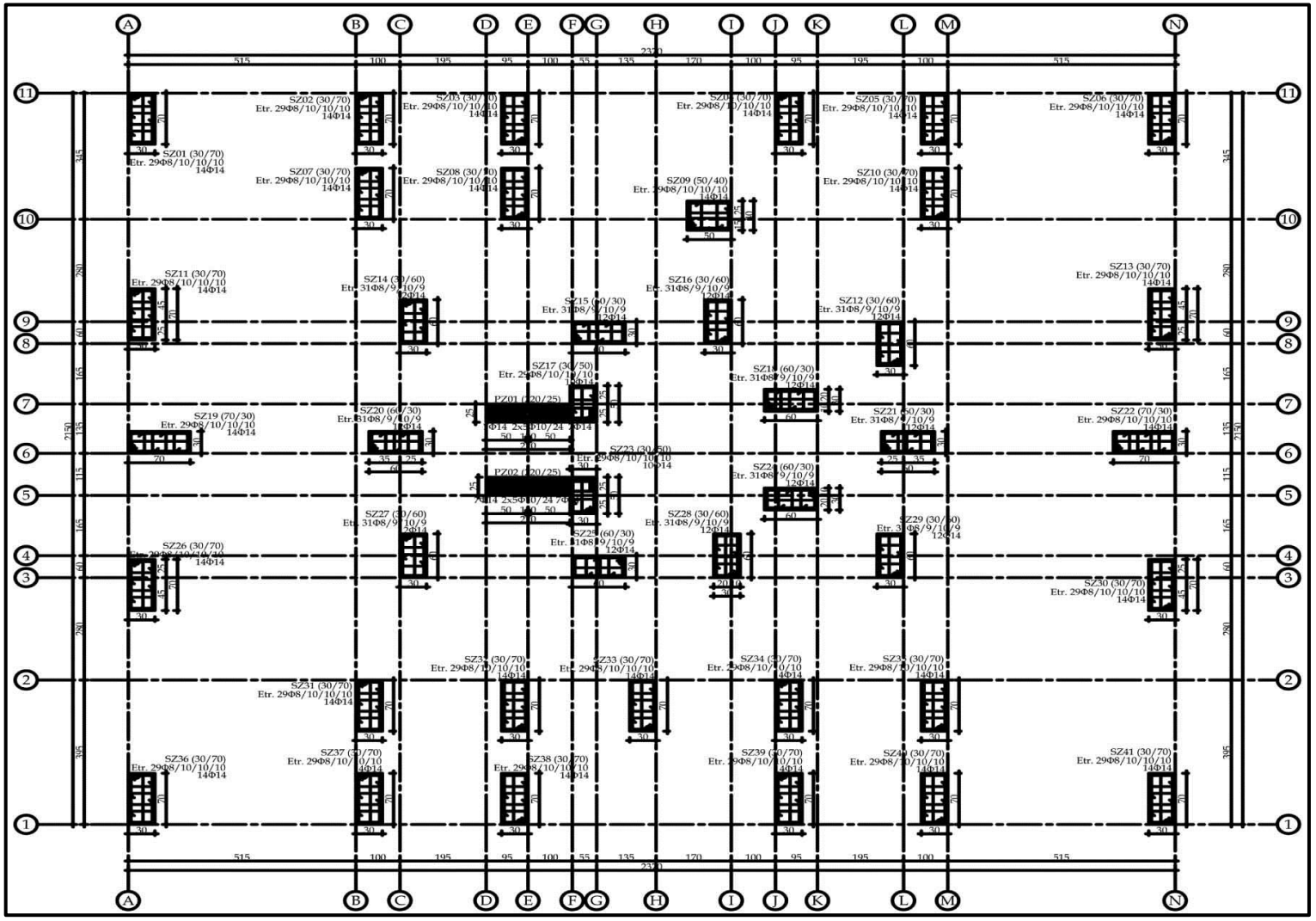
EK 4. Yapıya ait temel aplikasyon planı



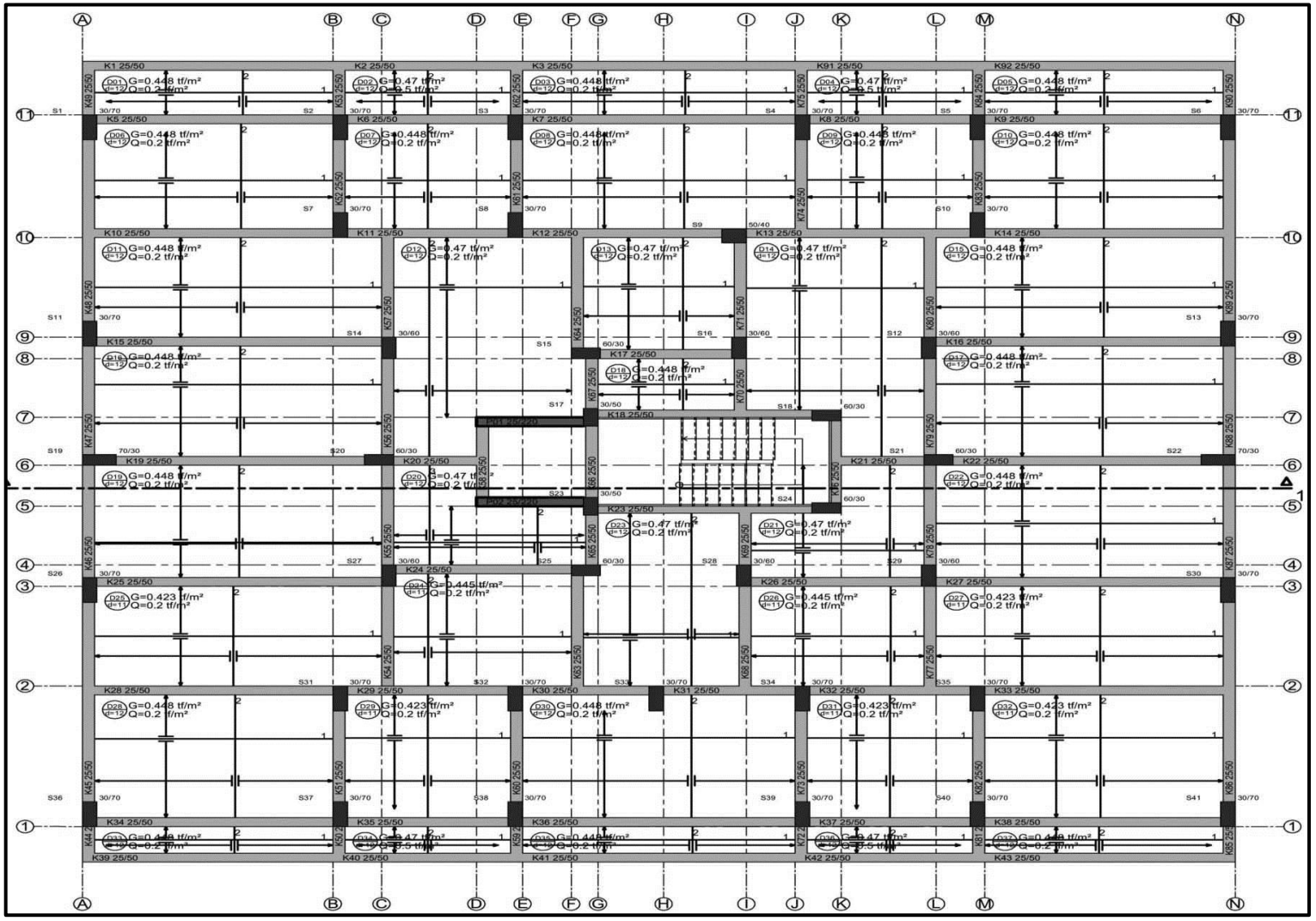
EK 5. Yapıya ait bodrum kat kolon aplikasyon planı



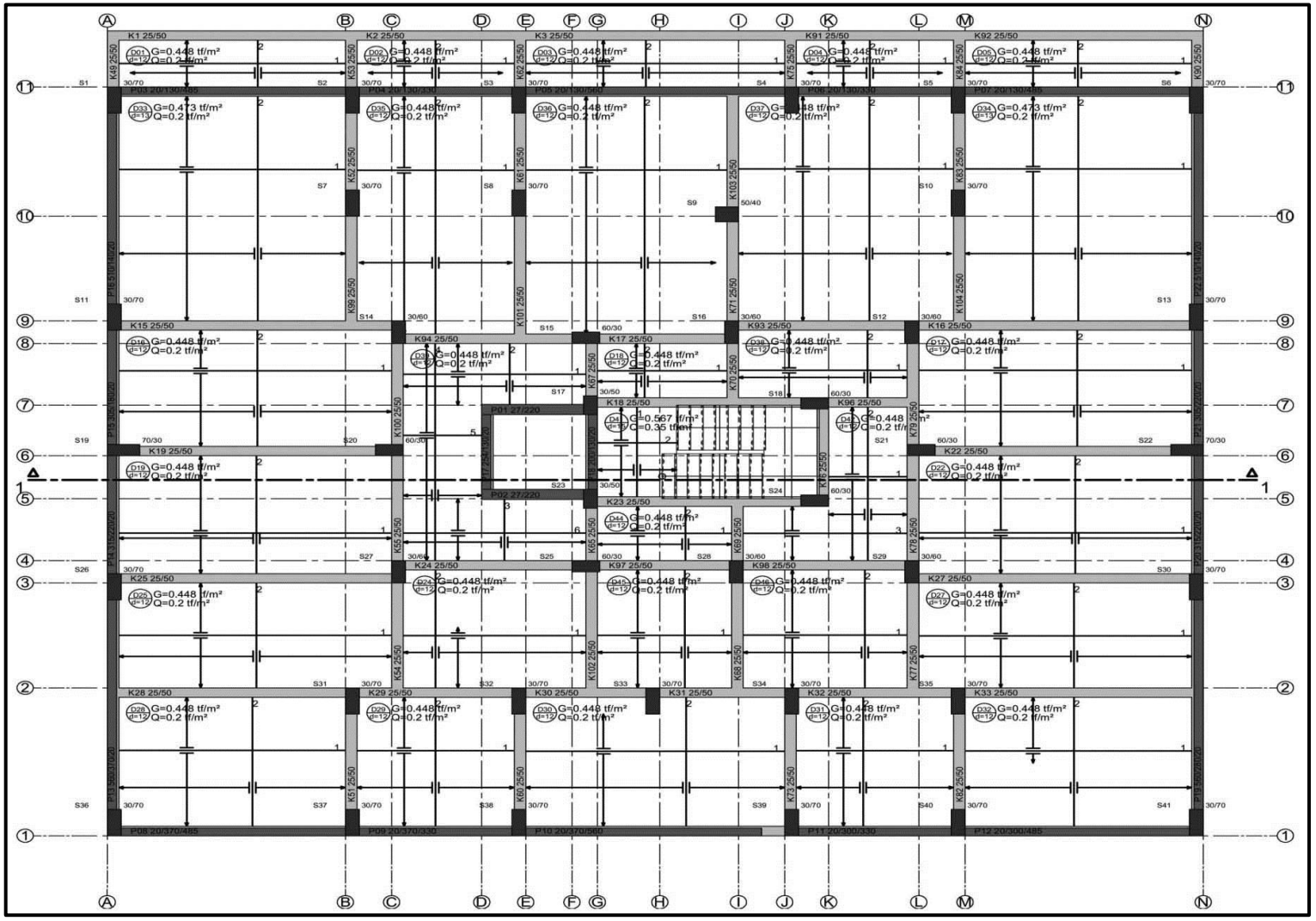
EK 6. Yapıya ait zemin ve normal kat kolon aplikasyon planı



EK 7. Yapıya ait zemin ve normal kat kalıp planı



EK 8. Yapıya ait bodrum kat kalıp planı



EK 9. Yapıya ait ön görünüşü



EK 10. Yapıya ait arka görünüşü



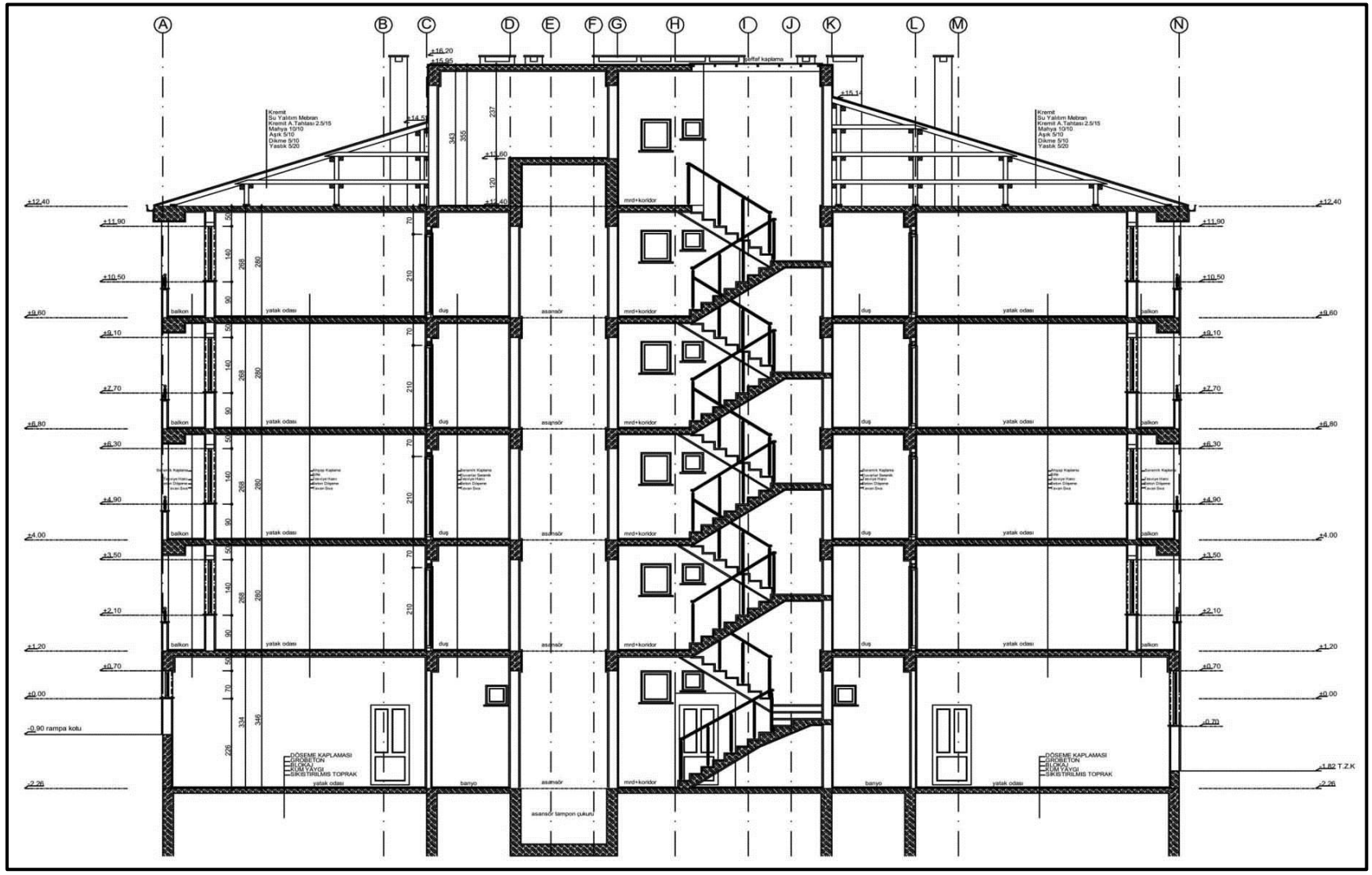
EK 11. Yapıya ait sol yan görünüş



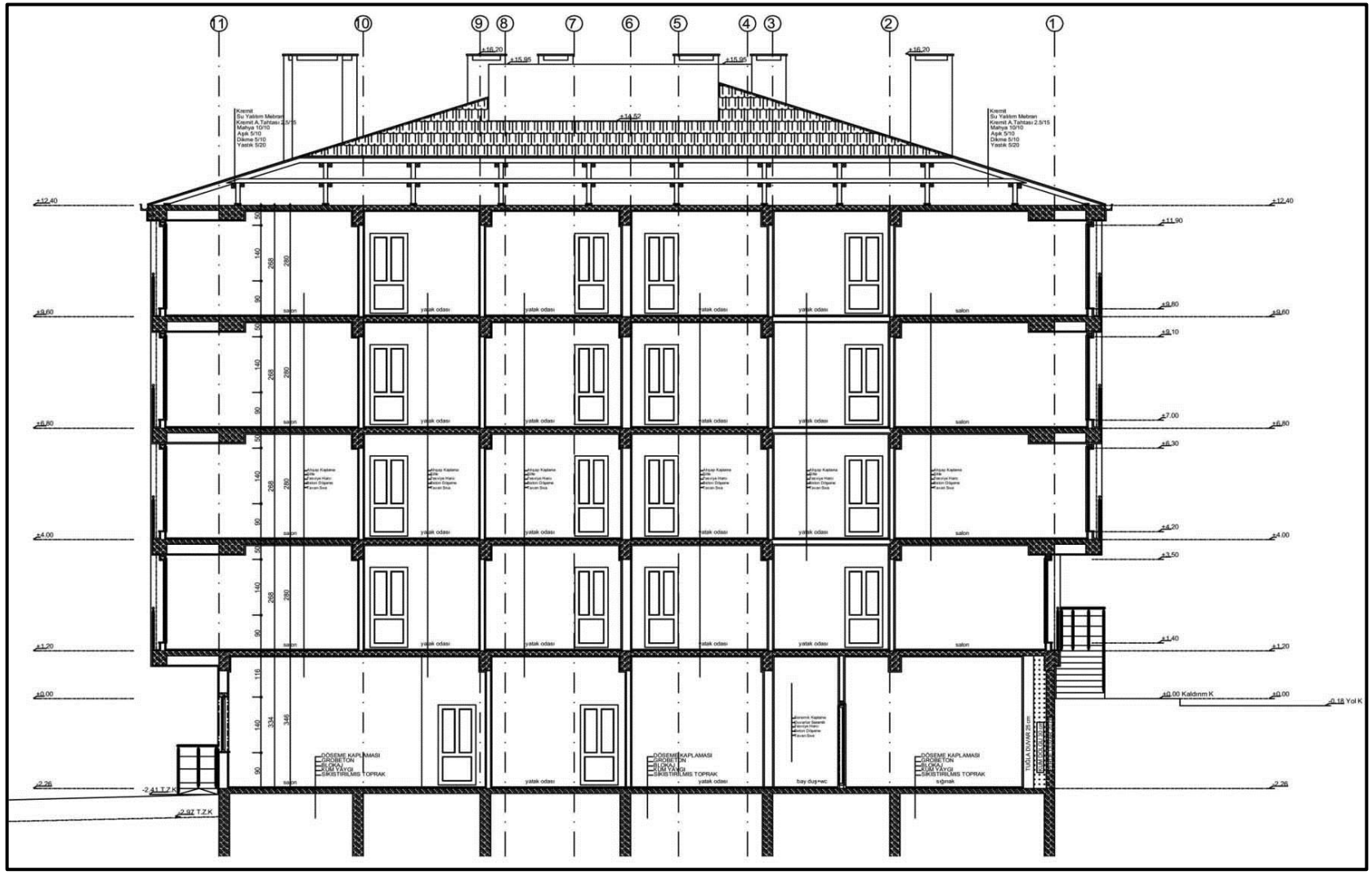
EK 12. Yapıya ait sağ yan görünüş



EK 13. Yapıya ait A-A kesiti



EK 14. Yapıya ait B-B kesiti



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı ve Soyadı : Ersan AKSOY

Eğitim

Yüksek Lisans	Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı	2019-Halen
Lisans	Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü	2006-2011

İş Deneyimi

Yıl	**Kurum**	**Görev**
2012-2014	Kurşunoğlu Yapı	Şantiye Şefi
2014-2020	Topkaya İnşaat	Plan-Proje
2020-Halen	Aksoy Mühendislik	Plan-Proje