



T.C.

BATMAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

FARKLI ZEMİN TÜRLERİ ÜZERİNE YAPILAN
BİNALARIN YAPISAL TASARIM HESABI VE
MALİYET ANALİZİ

Recep ALPER

YÜKSEK LİSANS

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Kasım 2023
BATMAN
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Recep ALPER tarafından hazırlanan “FARKLI ZEMİN TÜRLERİ ÜZERİNE YAPILAN BİNALARIN YAPISAL TASARIM VE MALİYET ANALİZİ” adlı tez çalışması 17/11/2023 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oy birliği ile Batman Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Doç. Dr. Recep Kadir PEKGÖKGÖZ

.....

Danışman

Prof. Dr. Ziraddin MAMMADOV

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Nuray ALPASLAN

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Osman PAKMA

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

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

DECLARATION PAGE

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

Recep ALPER

BATMAN-2023

ÖZET**YÜKSEK LİSANS TEZİ****FARKLI ZEMİN TÜRLERİ ÜZERİNE YAPILAN BİNALARIN
YAPISAL TASARIM HESABI VE MALİYET ANALİZİ****Recep ALPER****BATMAN ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI****Danışman: Prof. Dr. Ziraddin Mammadov****2023, 101 Sayfa****Jüri****Danışman: Prof. Dr. Ziraddin MAMMADOV****Doç. Dr. Recep Kadir PEKGÖKGÖZ****Dr. Öğr. Üyesi Nuray ALPASLAN**

Günümüzde artan depremler nedeniyle bir yapının yapıldığı yer yani zemini ve inşaatın yapım aşamasında kullanılan malzemeler, işçilik, imalat ve montaj çok önemlidir. Son yıllarda yapı mühendisliğinin uygulama alanlarında da bu çeşitlilik ihtiyaç halini almıştır. Bu çeşitlilikler nedeniyle farklı hesap metotları geliştirilmiş ve yeni hesap arayışları geliştirilmiştir.

Bu tez çalışmasında, bina türü yapıların yapısal çözümlemesi ve statik tasarımlarına dair bir fikir oluşturmak üzerinde durulmuştur. Çalışma kapsamında dört farklı zemin sınıfı ile (ZB, ZC, ZD, ZE) betonarme yapının maruz kaldığı yükler, tasarım gereksinimleri ve yönetmelikler ile ilgili hususların değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Yapılan analizler için Batman kent merkezi Çamlıtepe mahallesindeki 4 katlı bir yapı ele alınmıştır. Tüm taşıyıcı elemanlarının boyutları ve özellikleri incelenmiş ve ülkemizde yaygın olarak kullanılan statik programlardan İdecad ile modeller oluşturulmuştur. Bu modeller kullanılarak ve yatay deprem kuvvetleri ile karşılaştırılmıştır.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre, yapının beton kalıp ve donatı miktarı etkisinin en az ZB zemin sınıfında, en fazla ise ZE zemin sınıfında görülmüştür. Yapıya gelen yatay deprem kuvvet etkisinin de en az ZB zemin sınıfında en fazla ise ZE zemin sınıfında olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Batman, Deprem Kuvveti, İdecad, Yapı Analizi, Yapısal Tasarım, Zemin sınıfı

ABSTRACT**MS THESIS****STRUCTURAL DESIGN CALCULATION AND COST ANALYSIS OF
BUILDINGS BUILT ON DIFFERENT SOIL TYPES****Recep ALPER****INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES
OF BATMAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN CIVIL ENGINEERING****Advisor: Prof.Dr. Ziraddin MAMMADOV****2023, 101 pages****Jury****Advisor: Prof. Dr. Ziraddin MAMMADOV****Asst. Prof. Dr. Recep Kadir PEKGÖKGÖZ****Asst. Prof. Dr. Nuray ALPASLAN**

Nowadays, due to increasing earthquakes, the place where a building is built, i.e. the soil and the materials, workmanship, construction and installation used in the building construction phase are very important. In recent years, this variety has become a necessity in the application areas of structural engineering. Due to these differences, various calculation methods have been developed and new calculation methods have been developed.

This thesis focuses on structural analysis and static design of building type structures. Within the scope of the study, it is aimed to evaluate the loads to which the reinforced concrete structure is exposed with four different soil classes (ZB, ZC, ZD, ZE), design requirements and regulations. A four-storey building located in Çamlıtepe neighborhood of Batman city center is considered for the analysis. The dimensions and properties of all structural elements were examined and models were created with Idecad, one of the widely used static programs in our country. Also, the magnitudes and horizontal earthquake forces are compared.

According to the results obtained in this study, the effect of concrete formwork and reinforcement amount of the structure is the least in ZB soil class and the most in ZE soil class. It is also determined that the effect of horizontal earthquake force on the structure is the least in ZB soil class and the most in ZE soil class.

Keywords: Batman, Idecad, Building Analysis, Structural Design, Soil Class

ÖNSÖZ

Farklı Zemin türleri üzerine yapılan binaların yapısal tasarım hesabı ve maliyet analizi adlı çalışmamda desteği ve tecrübesini her zaman benimle paylaşan değerli danışman hocam Prof. Dr. Ziraddin MAMMADOV 'a ve danışmanım olmamasına rağmen bir danışmanmış gibi benimle ilgilenen Doç. Dr. İslam GÖKALP hocama ve zemin ile ilgili yön gösterici fikirleri ve tezi düzenleme konusundaki yardımları için Dr. Öğr. Üyesi Nuray ALPASLAN hocama ve tez savunma günü tezimle ilgili düşünceleri için Doç. Dr. Recep Kadir PEKGÖKGÖZ hocama sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Zemin ile ilgili yardımlarını esirgemeyen ve Batman belediyesinde çalışan inşaat mühendisi Barış ÇETİNKAYA Bey'e ve Yapının bilgisayar destekli hesap programında çözülmesinde emeği geçen inşaat mühendisi Mehmet Ali ASLAN Bey'e teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamda her daim maddi ve manevi desteğiyle yanımda olan başta Babam Hüseyin ALPER ve Annem Meryem ALPER olmak üzere sevgili aileme teşekkür ederim.

Recep ALPER
BATMAN -2023

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	4
SİMGELER-KISALTMALAR	6
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı	2
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
3.MATERYAL ve YÖNTEM	6
3.1. Zemin Etütü.....	6
3.2. Yapı Malzemesinin Etkileri.....	7
3.2.1. Darbe dayanıklılığı	10
3.2.2. Aşınma dayanımı	10
3.2.3. Sertlik	11
3.2.4. Sünme özelliği.....	11
3.2.5. Yorulma	12
3.3. Zeminin Fiziksel Parametreleri ile Zemin Yatak Katsayısı Arasındaki ilişki.....	12
3.3.1. Yatak katsayısı.....	12
3.4. Taşıma Gücü Yaklaşımı.....	15
3.5. Zeminde Sıvılaşma	15
3.5.1. Deprem durumunda zeminde sıvılaşma.....	15
3.5.1.1. Statik durum.....	16
3.5.1.2. Deprem durumunda zeminde sıvılaşma.....	17
3.5.2. Sıvılaşma potansiyeli.....	17
3.5.3. Türkiye’deki zemin sıvılaşmasına örnekler.....	17
3.6. TBDY 2018’e Göre Yerel Zemin Sınıfı Belirleme	18
3.7. Geoteknik Arazi İncelemelerinde Sahada Yapılan Dinamik Sonda Deneyi	20
3.7.1. Standart penetrasyon test (SPT).....	20
3.8. Geoteknik Arazi İncelemelerinde Yapılan Laboratuvar Deneyleri.....	21
3.8.1 Konsolidasyon teorisi ve konsolidasyon (ödometre) deneyi	21
3.8.1.1. Konsolidasyon süreci..	23
3.8.2. Kesme kutusu deneyi	25
3.8.3. Üç eksenli basınç deneyi	26
3.8.3.1. Deneyin amacı.....	26
3.9 Taşıyıcı Elemanlar	27
3.9.1 Temel	27
3.9.2 kolon.....	28

3.9.3 Kiriş	28
3.9.4. Döşeme.....	29
3.10. Yapıda Kullanılan Malzemeler.....	29
3.10.1. Plywood kalıp.....	29
3.10.2. Beton	30
3.10.3. Betonarme çeliği.....	31
3.11. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı Genel İlkeler.....	32
3.12. Harita Spektral İvme Katsayıları Ve Tasarım Spektral İvme Katsayıları	33
3.12.1. Yerel zemin etki katsayıları.....	34
3.12.2. Yatay elastik tasarım spektrumu	35
3.13. Deprem Etkisi Altında Binaların Değerlendirme ve Tasarımı İçin Genel Esaslar	38
3.13.1. Bina önem katsayıları.....	38
3.13.2. Deprem tasarım sınıfı.....	39
3.13.3. Bina yükseklik sınıfı.....	39
3.13.4. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R)	40
3.13.5. Bina performans düzeyleri.....	41
3.13.5.1. Kesintisiz kullanım (KK) performans düzeyi.....	41
3.13.5.2. Sınırlı hasar (SH) performans düzeyi.....	41
3.13.5.3. Kontrollü hasar (KH) performans düzeyi.....	42
3.13.5.4. Göçmenin önlenmesi (GÖ) performans düzeyi.....	42
3.13.6. Uygulanacak değerlendirme/tasarım yaklaşımları.....	42
3.13.7. Deprem yer hareketi düzeyleri.....	43
3.13.7.1. Deprem yer hareketi düzeyi-1 (DD-1).....	43
3.13.7.2. deprem yer hareketi düzeyi-2 (DD-2)	43
3.13.7.3. deprem yer hareketi düzeyi-3 (DD3)	43
3.13.7.4. deprem yer hareketi düzeyi-4 (DD-4)	43
3.14. Yapı Üzerine Etki Eden Yükler.....	44
3.14.1. Sabit yükler – ölü yükler- kalıcı yükler.....	44
3.14.2. Hareketli yükler.....	45
3.15. Diyafram.....	46
3.15.1. Tam rijit diyafram.....	46
3.15.2. Yarı rijit diyafram.....	47
3.15.3. Rijit diyaframına ve yarı rijit diyaframın binanın periyoduna etkisi	48
3.16. Süneklilik Düzeyi ve Deprem Yayıllara Etkisi.....	48
3.17. İdecad.....	49

4.ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....51

4.1. Çalışma Sahasındaki Yapı ve Zemin Özellikleri	51
4.2. Farklı Zemin Sınıflarına Göre Taşıma Gücü ve Yatak Katsayısı Belirleme	57
4.3. ZB ve ZC Zemin Sınıflarına Göre Deprem Parametreleri	60
4.4. ZB ve ZC Zemin Sınıflarına Göre Zemin Parametreleri.....	61
4.5. ZD ve ZE Zemin Sınıflarına Göre Deprem Parametreleri.....	66
4.6. ZD ve ZE Zemin Sınıflarına Göre Zemin Parametreleri)	67
4.7. Metraj	70
4.8. Binaya Etki Eden Kesme Kuvvetleri (Yatay Deprem Kuvvetleri).....	74

5.SONUÇLAR.....81

KAYNAKLAR.....	84
ÖZGEÇMİŞ.....	89

SİMGELER

g	: Zati birim yük
q	: Hareketli birim yük
F_d	: Tasarım kuvveti
h_f	: Döşeme kalınlığı
L_s	: Döşeme en boyu
f_{yd}	: Çelik çekme dayanımı
M_d	: Tasarım Momenti
a	: Beton basınç bloğu yüksekliği
A_s	: Çelik kesit alanı
E	: Deprem kuvveti
k	: Kat rijitlik katsayısı
I	: Eylemsizlik momenti
F_{fi}	: Fiktif deprem kuvveti
V_t	: Deprem kat kesme kuvveti
d_f	: Kat deplasmanı
N_d	: Tasarım normal kuvveti
V_d	: Tasarım kesme kuvveti
A_c	: Beton kesit alanı
f_{ck}	: Beton karakteristik basınç dayanımı
f_{cd}	: Beton basınç dayanımı
e	: Temel dış merkezliliği
V_{cr}	: En büyük kesme kuvveti
F_s	: Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı

F_1	: 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayısı
g	: Yerçekimi ivmesi [$g = 9.81 \text{ m/s}^2$]
$S_{ae}(T)$	: Yatay elastik tasarım spektral ivmesi [g]
$S_{aeD}(T)$	: Düşey elastik tasarım spektral ivmesi [g]
$S_{de}(T)$	: Yatay elastik tasarım spektral yer değiştirmesi [m]
S_{DS}	: Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
S_{D1}	: 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
S_S	: Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
S_1	: 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
T	: Doğal titreşim periyodu [s]
T_A	: Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]
T_{AD}	: Düşey elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]
T_B	: Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]
T_{BD}	: Düşey elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]
T_p	: Binanın hâkim doğal titreşim periyodu [s]
$(V_s)_{30}$	: Üst 30 metredeki ortalama kayma dalgası hızı [m/s]
BKS	: Bina Kullanım Sınıfı
BYS	: Bina Yükseklik Sınıfı
DTS	: Deprem Tasarım Sınıfı
GÖ	: Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi
NH	: Bina Toplam Yüksekliği [m]
h_i	: Binanın i'inci katının kat yüksekliği [m]
KH	: Kontrollü Hasar Performans Düzeyi
KK	: Kesintisiz Kullanım Performans Düzeyi

- I : Bina Önem Katsayısı
- SH : Sınırlı Hasar Performans Düzeyi
- DSS : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

KISALTMALAR

- TS 498 : Yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değerleri
- TS 500 : Betonarme yapılarının tasarım ve yapım kuralları
- TBDY 2018: Türkiye bina deprem yönetmeliği 2018
- D : Betonarme Döşeme
- S : Betonarme Kolon
- T : Betonarme Temel

1.GİRİŞ

Yapı türleri üzerine inşaatının yapılabileceği yerlerin statik ve dinamik yükleri taşıyabilmelerine göre farklı mühendislik çözümler gerekir ve yapı için bu çözümler önem arz eder.

Türkiye konum olarak aktif deprem kuşağında yer almaktadır. Ülkemizde iki önemli fay hattı Kuzey Anadolu Fayı (KAF) ve Doğu Anadolu Fayı (DAF) bulunmaktadır. Dolayısıyla Depremler gibi dinamik yükler altında zemin davranış ve karakterinin belirlenmesi yapıların projelendirilmesinin yanı sıra mühendislik amaçlı tüm çalışmalarda önemli bir yere sahiptir. Depremlerden kaynaklanan tekrarlanmalı gerilmeler, özellikle gevşek zemin birimlerinde daha büyük problemlere yol açmaktadır. Depremlerin tektonik olarak bıraktığı etkilerin yanı sıra deprem titreşimlerinin yol açtığı çok sığ derinliklerdeki zemin davranışlarının araştırılması da büyük önem teşkil etmektedir. Zemin katmanları, içindeki oluşan deprem dalgalarının özelliklerini etkilediği kadar, deprem dalgaları da örneğin sıvılaşma ve şev kaymalarında gözlemlendiği gibi, zemin tabakalarının mukavemet ve şekil değiştirme özelliklerini etkiler (Ansal, 2004; Das,1993, Gündoğdu ve Özcep, 2003, Kramer, 1996, Richard ve ark., 1970).

Bunlara ek olarak yapıların üzerine gelecek zeminlerinde çeşitleri ve mühendislik özellikleri deneylerle ve gözlemlerle ayrıntılı bir şekilde irdelenmemiştir. Buradaki kayıpların önemli nedeni yapıyı yapacak mühendisin yeterli bilgiye sahip olmaması ve oradaki insanlara deprem hakkında yeterli bilginin aktarılamamasıdır ve tabi ki yapılacak zeminde önceden zemin etüdünün yapılıp ona göre yapının nasıl yapılacağı hakkında fikir birliğine varmaktır.

Herhangi bir zemin üzerine yapılacak yapının öncelikle depremselliğine, erozyona, çökme değerlerine ve aşınıp aşınmayacağına dair fikir elde edebilmek için zemin etüdü değerleri iyi analiz edilmelidir. Bina türü yapıların üzerindeki hesaplar ve statik çözümler basit bir hal almıştır. Bunlara ek olarak hesaplarında ve statik çözümlerinde bilgisayar destekli programlar hazırlanmıştır. Konutlar, istinat duvarları, prefabrik yapılar ve çelik yapılara ait çözümler ile veriler oluşturulmuştur. Bu programlarla birlikte yapılacak yapının hesapları ve kesitleri yapılmıştır. Fakat bazen normalden çok farklı yapı sistemleri bu programlara aktarıldığı zaman hatalı sonuçlar ortaya çıkabilmektedir. Ancak bu yapıları çözebilmek için uluslararası standartta olan paket programlar olmakla birlikte bu programlar pratik kullanım ve ekonomik açılarından elverişli değildir. Bunlara bağlı olarak, çok farklı

yapılarda normal olan klasik yöntemle çözümlene yapılacaktır. Bunların çözümü içinde yönetmelikler oluşturulmuştur. TS 498, TS 500 ve TBDY (Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği) gibi belgelerle ile bina hesaplamaları normal olacaktır. Ancak çok farklı binalara ait bir yönetmelik ve belge yoktur. Ayrıca TS 498 ve TS 500 gibi yönetmeliklerde zaten yapılara ait sınıflandırmalar mevcuttur.

1.1 Amaç ve Kapsam

Günümüzde artan depremler nedeniyle bir yapının yapıldığı yer yani zemini ve inşaatın yapım aşamasında kullanılan malzemeler, işçilik, imalat ve montaj çok önemli olmakla birlikte zamanla yapı mühendisliğinin uygulama alanları da çeşitlilik kazanmıştır. Bu çeşitliliklere bağlı olarak hesap metotları değişmiş ve farklı hesap çözümleri yaygınlaşmıştır. Bina gibi yapılarda yapılacak yapısal çözümlere ait statik tasarım üzerine bir yön oluşturmak amacıyla bu tez hazırlanmıştır.

Bu tez çalışmasında tüm özellikleri belirlenmiş bir yapı üzerinde zemin sınıfının etkisi araştırılmıştır. Tez çalışması kapsamında, dört farklı zemin sınıfı için bir yapının ne tür tasarım gereksinimlerine ihtiyaç olduğu ve analiz aşamalarında uygulanacak adımların neler olduğu analizleri yapılarak değerlendirilmiştir. Bununla birlikte farklı zemin sınıflarıyla analizler gerçekleştirilmiş ve zemin sınıfının yapı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu kapsamda, Batman kent merkezinde ve ZD zemin sınıfına sahip bir yapının diğer zemin grupları için maliyet hesabı ve yapıya etki eden taban kesme kuvvetleri (yatay deprem kuvvetleri) analizleri İdecad programı kullanılarak karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlarda, farklı durumlar için yapının metrajında (beton, kalıp, donatı) oluşabilecek durumlar irdelenmiştir.

2.KAYNAK ARAŞTIRMASI

Tezin bu bölümünde tez çalışması konusu ile ilgili önceki ve güncel çalışmalara yer verilmiştir.

Çağlar ve ark. (2005) yaptıkları çalışmada, deprem etkisindeki betonarme yapıların davranışına zemin özelliklerinin etkisini araştırmışlar ve bu amaçla, zemin-yapı modelinin zaman tanım alanında sonlu elemanlar yöntemini kullanarak dinamik analizlerini yapmışlardır. Zemin-yapı modeli kurulurken aynı rijitliğe sahip 5 farklı betonarme binanın 6 farklı zemin durumu için deprem etkisi altındaki davranışını değerlendirmişlerdir.

Dorum ve ark. (2006) yaptıkları çalışmada; konut türü betonarme bir binanın taşıyıcı sistem maliyetinin; deprem bölgelerine ve zemin sınıfına bağlı değişimini araştırmışlardır. Çalışmada üç farklı proje 5 katlı olarak incelenmiştir. Projelerin dört farklı zemin sınıfına ve dört farklı deprem bölgesine göre statik ve betonarme analizi yapılarak her bir veriye göre analizi yapılan projelerin beton, demir ve kalıp metrajlarında genel olarak zemin sınıfı Z1 ile Z4 arasında %22 düzeylerinde; 1. Bölge ve 4. Bölge arasında %14 düzeylerinde maliyet değişimi görüldüğü sonucuna varmışlardır.

Türkmen ve tekeli (2009) yaptıkları çalışmada; konut türü betonarme bina taşıyıcı sistem maliyetinin; kat adedi, deprem bölgesi ve yerel zemin sınıflarına bağlı değişimlerini incelemişlerdir. İki daireli, betonarme bir bina; dört, altı ve sekiz katlı olarak oluşturulan modeller, Probina Orion 2000 analiz programı yardımıyla çözülmüştür. Çalışma sonucunda, konut türü, betonarme binaları depreme dayanıklı olarak tasarlamak ve yapmak, bina toplam maliyetinin % 4-8 gibi bir yüzdesine tekabül etkidiğini tespit etmişlerdir.

Öztürk ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada, SAP2000 paket programı kullanılarak farklı zemin koşullarında 8 katlı betonarme bir çerçeve modeli, doğrusal elastik olmayan zaman tanım alanında hesap yöntemi kullanılarak incelemişler. Analizle sonucunda taban kesme kuvveti, tepe noktası yer değiştirmesi, görelî kat ötelemesi ve elemanlardaki içî kuvvet değişimi ile plastik mafsâl oluşum mekanizmaları karşılaştırmışlardır. Analizlerde kullanılan betonarme çerçeve modeli 3 açıklıklı, 8 katlı ve 25 m yüksekliğinde olup kolon boyutları 250x600 mm,

kiriş boyutları 250x500 mm olarak seçmişlerdir. Elde edilen veriler ışığında zeminin rijitliği azaldıkça yapıda oluşan deprem etkilerinin arttığı gözlemlenmiştir.

Siyahi ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada, zemin-temel-yapı etkileşimi analizlerini ve değerlendirilmelerini günümüzde geline nokta ile ele alınmış ve geoteknik bakışını irdelemişler. Bildiride, ayrıca, zemin-temel-yapı dinamik etkileşiminde önemli rol oynayan “kinematik etkileşim” ve “eylemsizlik etkileşimi” hem teorik hem uygulama açısından incelenmiş ve tartışılmıştır.

Karaşin ve ışık (2017) yaptıkları çalışmada, farklı zemin sınıfları ve farklı yapı davranış katsayılarının yapı performansına etkilerinin ortaya koyulmasını amaçlamışlardır. Bu amaç çerçevesinde 1 Mayıs 2003 Bingöl depreminde yıkılan Çeltik suyu Yatılı Bölge İlköğretim Okulunu örnek bina olarak seçmiş ve yapı performansı hesaplanırken statik adaptif pushover analiz metodunu kullanılmışlardır.

Kılıçer ve Özgan (2017) yaptıkları çalışmada, 1999 Kocaeli deprem kaydı dikkate alınarak 12 katlı betonarme bir yapı örneği, rijit temel varsayımı, Winkler ve Geliştirilmiş Vlasov modelleri ile analiz edilmiştir. MATLAB’te yazılan bir ara yüz ile SAP2000 ve MATLAB programlarının eş zamanlı veri alışverişi sağlanmış ve bu sayede SAP2000 programının bünyesinde var olmayan Geliştirilmiş Vlasov Modeli entegre edilerek analizler gerçekleştirilebilmiştir. Çalışmanın sonunda zemin etkisinin betonarme yapıların taşıyıcı sistem tasarımında göz ardı edilemeyecek kadar önemli bir faktör olduğu görülmüştür.

Yeşil ve Ateş (2018) yaptıkları çalışmada, Düzce ilindeki farklı zemin sınıfları dikkate alınarak zemin sınıfının yapı hasarı ve deprem performansına etkisini araştırmışlardır. Hesaplamaları sonucunda, Düzce ilindeki farklı zemin sınıfları dikkate alınarak zemin periyodu ile yapı hasarı deprem performansı etkisi belirlenerek sonuçları sunulmuştur.

Akyıldız ve ark. (2021) tarafından Bitlis iline ait herhangi bir coğrafi noktada, beş farklı yerel zemin sınıfı için (ZA, ZB, ZC, ZD ve ZE) öncelikle deprem parametrelerinin değişimi incelenmiştir. Her bir zemin sınıfı için kısa harita spektral ivme katsayıları, en büyük yer ivmesi, en büyük yer hızı, spektral ivme katsayıları yatay ve düşey elastik tasarım ivme

spektrum köşe periyotları elde edilmiştir. Her bir yerel zemin sınıfı için elde edilen değerler kullanılarak iki katlı bir betonarme yapı için hesaplamalar yapılarak deprem kesit tesirleri hesaplanmıştır. Bu çalışma ile yeni yönetmelikteki zemin sınıflarının değişimi dikkate alınarak deprem parametreleri ve kesit tesirleri üzerindeki etkileri hesaplanmıştır.

Karaca (2022) çalışmasında, zemin parametrelerinin etkisini incelemek üzere örnek binalar derlenmiş, düşey taşıyıcı elemanların boyutları değiştirilerek farklı zemin sınıflarına göre uyarlanmış ve yapıların düşey elemanlarının boyutlarının, kullanılan donatının ve çatı katı yanal ötelemelerinin nasıl değiştiği gözlemlenmiş. Böylelikle, yeni zemin sınıflarının yapıların tasarımı aşamasında ne kadar etkin bir parametre olabileceği irdelenmiş. Çalışma sonucunda yeni zemin sınıflarının tasarımcılar, yatırımcılar ve yetkililer açısından önemli bir parametre olma potansiyelinin bulunduğu sonucuna varmıştır.

Yönet (2022) yaptığı çalışmada, zemin sınıfının ve bina kat sayısının yapı-zemin etkileşimine etkisi Sap2000 ve İdeCAD ticari programları ile sonlu eleman analizi yapılarak incelemişler. 4, 8 ve 12 katlı yapılar için gerçekleştirilen sonlu eleman analizleri sonucu elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak çizelgeler ve grafikler halinde vermiştir.

3.MATERYAL YÖNTEM

3.1. Zemin Etüdü

Bir temelle ilgili verilerin durumu oranın yeri, jeolojik yapı hakkında bilgisi, derinliği, kalınlığı, yoğunluğu, tabakaların elektrik direnci ve sismik hızları, birim zamanda hızı yani ivmesi, yeraltı su derecesi ve bu yerler hakkında geriye kalan zeminin dinamik verilerinden olabilecek bir deprem hakkında yapının vereceği tepkiyi ölçmek için yapılan çalışmalara zemin etütü denir. Zemin etüdü, jeolojik ve jeofizik yöntemleri kullanarak yapılan çalışmalarla zeminin cinsine ait bilgileri verir.

Zemin etüt çalışmalarının amacı; zeminin tabakalarının, bunların kalınlıklarının, yeraltı su durumunun, zemin-temel etkileşiminin irdelenmesi ve yapı temellerinin tasarlanmasında gerekli zemin özelliklerinin belirlenmesidir. Zemin etüt çalışmasının boyutu, çalışılacak alanın büyüklüğü, arazi yapısı ve tasarlanan işin büyüklüğüne bağlıdır. Bir zemin etüt çalışması; büro çalışması, arazinin tanınması hidrolojik, topoğrafik ve jeolojik araştırmaları ayrıntılı incelemeyi içerir (Yıldırım,2004).

Zemin etüt çalışmasını gerçekleştirecek geoteknik mühendisi; araştırmada kazı, sondaj, sondalama, örselenmiş ve örselenmemiş numune alma, arazi ve laboratuvar deney çalışmaları ve jeofizik ölçümlerden faydalanır. Bu çalışmaların gerçekleştirilmesi ve yorumlanması ile çalışılan sahanın zemin özellikleri belirlenmiş olur. Böylece çalışılan sahada olası mühendislik problemleri açığa çıkartılarak, ekonomik ve güvenli bir yapı tasarımı için gerekli zemin parametreleri elde edilmiş olacaktır.

Zemin ve kayaya oturtulacak yapı temellerinin boyutlandırma ve analizinde başarı, ortam özelliklerinin doğru ve amaca yönelik olarak ölçümünden geçer. Gelişen teknolojilere bağlı olarak günümüzde mühendisin elinde çok çeşitli ölçüm olanakları bulunmaktadır. Amaç, bu olanakları gereğince kullanmak ve zemin incelemelerini etkin biçimde gerçekleştirmektir (Ergun ve ark. ,2005). Şekil 3.1’de zemin araştırmaları kapsamında yapılan sondaj çalışması görülmektedir.



Şekil 3.1. Zemin araştırmalarında yapılan sondaj çalışmaları (Keskinler,2008)

3.2. Yapı Malzemesi Etkileri

Yapı malzemelerinin en önemli özelliklerinden biri mekanik özellikleridir. Özellikle yapının projelendirme aşamasında mekanik özellik bilgisi önem arz eder. Deprem gibi bir etkide yapının statik olarak güçlü ve servis ömrünün fazla olması gereklidir ki malzeme mukavemeti depremde hasara maruz kalmassın.

Malzeme bilimi dayanıklı ve ekonomik malzeme üretimini amaçlamaktadır. Depreme dayanıklı yapıların yapılmasında yapısal malzemeler oldukça önemli rol oynamaktadır. Hafif malzemeler bina yükünü büyük miktarda azaltmaktadır (Bayülke,1998). Gözenekli ve hafif doğal kayalar, inşaat sektöründe hafif yapı elemanları elde etmek amacıyla kullanılmaktadır. Ayrıca hafif, gözenekli malzemeler ısı ve ses yalıtımı açısından da faydalı olduğu gibi ucuz ve fazla işçilik gerektirmedinden tercih edilen yapısal malzemelerdir. İnşaat malzemelerinin seçiminde malzemenin mekanik özellikleri, ısı ve ses yalıtımı, ekonomiklik, sağlamlık, işçilik ve dayanım oldukça önemlidir (Köktürk,1997).

Mekanik özellik yapının içiyle ilgilidir bu nedenle malzemeler arasındaki farklar oluşur. Mekanik özellik söylenince aklımıza gerilme, şekil değiştirme darbe dayanıklılığı, aşınma derecesi, sertliği, sünme dayanımı ve yorulma gibi bilgilerdir. Ele alınacak bir malzeme kesitten

kesitte farklılık gösterir ve etki eden kuvvete karşılık direnç gerilme olarak tanımlanır. Kesitte oluşacak kuvvetten dolayı gerilme iç direnci aşarsa malzeme o noktada kırılır veya kopar. Böylece istediğimiz sonucu elde edemeyiz. Malzeme kesitinde oluşacak gerilme Denklem (3.1) ile ifade edilir (Olgun, 2007).

$$\sigma = P/A \quad (3.1)$$

Burada;

σ : Gerilme (kgf / cm²),

P : Kuvvet (kgf),

A : Kesit alanı (cm²)

Buradaki gerilme birim alanda oluşan kuvvet anlamına gelir eşitlikten de anlaşıldığı gibi dış kuvvette oluşacak gerilmeler iki türdür bunlar normal gerilme ve kesme gerilmesidir. Kesite dik bir şekilde etki eden gerilme normal gerilme, paralel etki eden gerilme ise kesme gerilmedir. Kesitte eğik olarak oluşan gerilmeler her zaman yatay ve düşey değerlerine ayrılarak belirlenir.

Herhangi bir elemanda oluşabilecek gerilme veya kabul edilebilir gerilme (emniyet gerilmesi) ile o malzemenin en büyük gerilmesi arasındaki bağ emniyet katsayısıdır ve Denklem (3.2) ile ifade edilir (Olgun, 2007).

$$n = \sigma_{max}/\sigma_{em} \quad (3.2)$$

Burada;

n : Emniyet katsayısı,

σ_{max} : Maksimum gerilme (kgf /cm²),

σ_{em} : Emniyet gerilmesi (kgf /cm²)

Yığma yapıların tercih edilmesinin nedeni, yerel malzemelerden kolaylıkla yapılabilir ve ekonomik olmalarıdır. Bu tür yapılar, genellikle, yeterli mühendislik bilgisi olmadan standartlara bakılmaksızın gelişigüzel olarak inşa edilmektedirler. Belirtildiği üzere, yığma yapılar, tuğla ve harç gibi gevrek malzemelerden oluştukları için, süneklikleri düşüktür. Geleneksel yapıların ve özellikle kırsal kesimlerde konut ve hayvan barınağı olarak sıklıkla

kullanılan bu yapı türünün hasar şekillerinin incelenmesi ve bu doğrultuda önlemler alınması gerekmektedir (Aytekin, 2000).

Tüm yapı malzemelerinde oluşabilecek yük etkisi altında küçük veya büyük göçmeler görülebilir daha iyi bir ifade ile şekil değişikliği olur. Şekil değiştirme şiddeti, yükün büyüklüğü ve dış etki durumuna elemanın kesitine ve yapıldığı malzemenin sertlik durumuna göre değişebilir. Şekil değiştirme ile kuvvet arasındaki bağ arazi değil de laboratuvar deneyleri ile belirlenir. Örnek verecek olursak çelik çubuğa artacak şekilde bir kuvvet uygularsak istediğimiz bir anda uyguladığımız kuvvet durumuna göre ortaya çıkabilecek boyut değişikliği hesaplanırsa malzemedeki şekil değiştirme ve birim deformasyon Denklem (3.3) ile ifade edilir (Olgun, 2007).

$$e = \Delta L / L \quad (3.3)$$

Burada;

e : Şekil değiştirme sayısı,

ΔL : Boy değişikliği,

L : Malzemenin ilk durumdaki uzunluk değerleridir.

Buna değerlendirmeler sonucunda birim uzunluktaki deformasyona şekil değiştirme denir. Eksen hizasında uygulanan bir yük etkisi altında cisimde sadece eksen hizasında değil bir de yan taraf olan yanal (laterel) hizada boyutsal bir değişiklik meydana gelir. Basınç kuvvetinin etkisindeki cisimde boy kısalması olurken çekme kuvvetin etki ettiği cisimde ise boy uzaması oluşur.

Cismin hacmi sabit olduğundan, cismin boyundaki azalma yanal doğrultuda boyut fazlalaşmasına cismin boyundaki uzama ise yanal doğrultuda boyut azalmasına neden olacaktır. Yanal şekil değiştirme sayısının eksen hizasında şekil değiştirme sayısına olan oranına poisson oranı Denklem (3.4) ile ifade edilir (Olgun, 2007).

$$\mu = e_L / e \quad (3.4)$$

Burada;

μ : Poisson oranı,

e_L : Yanal şekil değiştirme sayısı,
 e . Eksenel şekil değiştirme sayısıdır

3.2.1. Darbe dayanıklılığı

Yapı malzemelerinin üzerine güçlü bir cismin düşmesi sonucu ile etki etmesi darbe düzeyinde kalırlar. Darbe dayanımı, standart şekillerde kayaçların belirli bir hızdaki darbelere karşı gösterdiği dirençtir. Kayacın uygulanabilirliği darbe dayanımının anlaşılıp ve bilinmesi uygulanabilirliği için önemli bir konudur.

Beton bileşenleri, beton içerisindeki katkılar ve deney koşulları beton darbe dayanımını etkileyen ana unsurlardır. **Beton bileşenlerini**; agrega mineralojik ve fiziksel özellikleri, su-çimento oranı, **Beton katkılarını**; katkı çeşidi, kullanılan miktar, fiziksel ve mekanik özellikleri, **Deney koşullarını** ise betonun sıcaklığı ve yükleme hızı oluşturmaktadır (Oltulu ve Altun, 2018). Beton elemanların darbe dayanımını arttırmak için genellikle ana iki yaklaşım vardır. İlk yaklaşım, dayanımını arttırmak ve lif ekleyerek tokluğunu artırarak beton özelliklerini geliştirmektir. İkinci yaklaşım ise betonun dışını koruyucu malzemelerle kaplamaktır. Bu malzemeler, darbe uygulayan cismin kinetik enerjisinin büyük bölümünü soğurabilen tampon bir kaplama görevindedir. Ayrıca, bunlar beton elemanın etrafını kapladığı için çatlama ve parçalanma sonucu oluşabilecek kalıntıları tutma yeteneği vardır (Aliabdo ve ark., 2013).

Beton darbe dayanımını arttırmak için bazı öneriler de şunlardır (Soufeiani ve ark., 2016):

- Yüksek matris dayanımı
- Düşük çimento hamuru içeriği
- Betonda yüksek miktarda ince agrega içeriği
- Düşük boyutta maksimum agrega çapı ve tercihen kırma taş agrega kullanımı

3.2.2. Aşınma dayanımı

Aşınma, sürtünme halinde bulunan yüzeylerde malzemenin mekanik etkenler etkisiyle kopup ayrılmasıdır (Ludema,1996). DIN 50320'de "aşınma; malzeme yüzeylerinden, mekanik nedenlerle küçük parçacıkların ayrılması sonucu, arzu edilmeyen şekilde meydana gelen

değişiklik” olarak tanımlanmaktadır. Aşınma nedeniyle yüzeyler ilk şekillerini kaybederler, parçalar arasındaki boşluklar artar ve amaçlanan fonksiyon normal şekilde yerine getirilemez. Yüzeylerin talaş kaldırarak işlenmesi, taşlanması, parlatılması vb. işlemlerin aşınma olayı olarak kabul edilmeyişinin nedeni ise bu işlemlerin istenilerek ve kontrollü yapılmasıdır. Kimyasal, termal, elektriksel ve fiziksel nedenlerle eskime veya yüzeyden büyük parçaların kırılarak ayrılması da aşınma olayı olarak düşünülmemektedir.

Mühendislik malzemelerinde görülen yıpranmanın aşınma sayılabilmesi için aşağıdaki şartların mevcut olması gerekir (Akkurt, 1986):

1. Mekanik bir etken olması,
2. Sürtünmenin (bağıl hareketin) olması,
3. Hareketin devamlı olması,
4. Malzeme yüzeyinde değişiklik meydana getirmesi,

3.2.3. Sertlik

Malzeme yüzeyinde oluşabilecek uzun süreli şekil bozukluğuna karşı gösterdiği dayanıma sertlik denir. Diğer bir ifadeyle malzemenin üzerinde oluşabilecek cisme karşı gösterdiği etki olan dirençtir. Malzemelerin sertlikleri, hızlı bir şekilde ve kolayca belirlenebildiğinden kalite işlemleri çok sık kullanılan bir özelliktir. Malzemelerin sertliğinin belirlenmesi ile malzemenin, dayanımlı bilirliliği ve işlenebilirliği gibi değerlerle ilgili bilgilere ihtiyaç vardır.

3.2.4. Sünme özelliği

Malzemelerin hepsi aynı zaman süresinde aynı gerilmeye artan şekil değişimine uğrar. Bu olaya başka bir ifadeyle sünme denir. Genelde bir cisme belli olan büyüklükle uygulanan kuvvetle uzun süre uygulanırsa iki farklı şekil değişimi oluşur. Bunlardan ilki kuvvetin ilk anda uygulandığı zamandaki şekil değiştirme diğeri ise zamana bağlı olarak artan şekil değiştirmedir.

Sünme sonucunda malzeme, statik yüklemeye bağlı mukavemetine kıyasla daha düşük bir gerilme altında kırılmakta ve statik yüklemeye bağlı şekil değiştirmesine kıyasla daha büyük şekil değiştirmeler yapmaktadır. Kalıcı yükler altında betonda oluşan gerilmelerin basınç dayanımının %40'ından az olduğu durumlarda, sünmenin gerilme ile orantılı olarak arttığı,

gerilmenin daha fazla olduğu durumlarda ise bu orantının kaybolduğu ve sünmenin daha hızlı arttığı bilinmektedir. Sünme, ancak betonda basınç gerilmeleri oluşturan, kalıcı yükler altında meydana gelir. Eğer iki özdeş numuneden birisi yüklenmeden, diğeri kalıcı bir yük altında saklanır ve bu numunelerde belli bir süre içinde oluşan birim kısalmalar ölçülürse, sünme deformasyonu, yüklenmiş numune deformasyonundan yüklenmemiş numunenin deformasyonu çıkarılarak hesaplanabilir (Ersoy,1987).

3.2.5. Yorulma

Malzemeler, genellikle ölü veya sabit ve hareketli yüklere maruz kalır. Hareketli yükler yerden yere değiştiği için malzeme üzerinde farklı gerilmeler oluşturur. Elastik sınır denen sınırın altında oluşan gerilmeler belli aralıklarla uygulanır ve oluşan ani şekildeki kırılmaya yorulma olarak tanımlanır. Malzemede yorulma ile birlikte kırılma olarak görülen etkisizlik oluşmadan önce herhangi bir bozukluk gözlenmez ancak yorulma değerleri ile kırılma hemen gerçekleşebilir. Özellikle metalik malzemeler bunların ilkleridir (UKS yapı, 2012).

3.3. Zeminin Fiziksel Parametreleri ile Zemin Yatak Katsayısı Arasındaki İlişki

Zeminin kayma direnci, zeminle ilgili oluşabilecek en büyük kayma gerilmesi şeklinde ifade edilir. Kayma direnciyle ilgili hesaplamalarda zeminin kayma direnci parametreleri olan c (kohezyon), Φ (içsel sürtünme açısı) öncelikle bilinmelidir. Bu parametreler laboratuvar deneyleri olan kesme kutusu deneyi, üç eksenli basınç deneyi, serbest basınç deneyi, vane deneyi, içi boş silindir deneyleriyle ve arazide yapılan vane deneyi, kesme aleti, konik parametreler ve sondaj kuyusu deneyleriyle belirlenir (Aytekin, 2000). Bunlara ek olarak temel altındaki zeminde göçme durumlarıyla ilgili belli güvenlik standartları olması gerekir. Zeminin taşıma gücü zeminde oluşabilecek kırılma gerçekleşmeden ve yapıda kötü bir durum oluşturacak oturmalar meydana gelmeden zeminin taşıyabileceği en güvenli değerdir. Taşıma gücünün belirlenmesi için de birçok taşıma gücü teorileri bulunmaktadır.

3.3.1. Yatak katsayısı

Yatak katsayısı tanımını ilk olarak karauyanıkbaşaran (1867) ifade etmiştir. Bu tanımın temel ifadesi zemindeki elastik yer olan ve birbirine bağlı sonsuz sayıdaki farklı farklı yaydan

oluştugu kabulüne dayanmaktadır. K_s ; zeminde oluşacak basınç (q) ile basıncın etkilendiği noktanın oturması (ΔH) arasındaki oransal ifadedir (Şekil 3.2) (Uzuner, 2000; Kanıt, 2003). Yatak katsayısı Denklem (3.5) ile ifade edilir (Winkler, 1867).

$$k_s = \frac{q}{\Delta H} \quad (3.5)$$

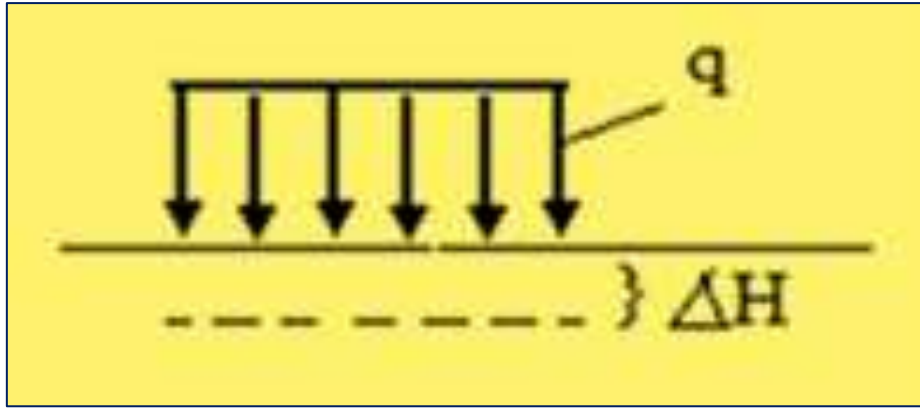
Burada;

k_s :Yatak katsayısı

q : Zeminde oluşacak basınç

ΔH :Basıncın etkilendiği noktanın oturmasıdır.

Bu oran Winkler tarafından doğrusal olarak ifade edilmiş ve zemindeki elastik davranış biçimi olan ve yükleme sınırlarında Hooke kanunu uygun olarak değiştiği çeşitli çalışmalarla belirlenmiş olup bunlar deneylerle de gösterilmektedir.



Şekil 3.2. Yatak Katsayısı (Uzuner, 2000)

Yapılan birçok çalışmada elastik zeminde oturacak plaklar ve kirişler üzerinde durulmuştur ve bu çalışmalardan en önemlileri Hayashi, Hetenyi, Vlasov ve Leontiev, Wölfer ve Sherif tarafından yapılan çalışmalardır. Yatak katsayısı ifadesi homojen ve izotop olup zemin içinde yatay bir şekilde ve sabit olabileceği veya değişik değerlerde olabilir. Düşey doğrultuda oluşabilecek yatak katsayısı kavramı ise derinlik durumuna göre değişebilir ve değerlendirilen belirli bir değere kadar derinlik artışı ile paralellik gösterip artabilir. Yatak katsayısı ifadesi daha çok arazide yapılacak yükleme deneyleri ile belirlenir ama laboratuvarında yapılan

deneyler ve o bölgedeki daha önce yapılmış deneylerde bu ifadenin belirlenmesinde etkilidir. Bu değerlerle ilgili Bowles tarafından yapılmış olan Tablo 3.1’de farklı zemin cinsleriyle ilgili oluşabilen yatak katsayısı değerleri ve değer aralıkları verilmiştir (Bowles, 1996).

Tablo 3.1. Çeşitli zeminler için yatak katsayısı sayısı (Bowles,1996)

Zemin Türü	Yatak katsayısı (k_s), kN/m^3
Gevşek Kum	4.800- 16.000
Orta Sıkılıkta Kum	9.600- 80.000
Sert Kum	64.000- 128.000
Siltli Orta Sıkı Kum	24.000-48.000
Killi Zemin ($q_u < 0.2$ Mpa)	12.000-24.000
Killi Zemin ($q_u = 0.2-0.4$ Mpa)	24.000-48.000
Killi Zemin ($q_u > 0.8$ Mpa)	>48.000

Temel zemininde yapıda oluşan yükler doğrudan yayılır ya da temeler yardımıyla zemin ortamına taşınır. Bu nedenle, taşıma gücü değeri doğru bir şekilde bulunması çok önemlidir. Normal değerinden çok daha küçük alınan taşıma gücü, temel boyutunun çok büyük olmasına neden olur. Bu durum ekonomik olarak hiç istemeyen durumdur. Gerçek değerinin üstünde alınan taşıma gücü değerinin de temel boyutunun küçük olmasına neden olacağı için bu değerinde değerde güvenlik için alınmaması gereklidir. Dolayısıyla taşıma gücü hesabının sağlıklı ve güvenilir olarak o yapı için çok daha değerlidir. Ayrıca zemin yatak katsayısına etki eden diğer etkenlerde zeminin elastik özelliği, boyutları ve temel zemin cinsi değerlerine göre de belirlenmesi bu değerlerin ancak deneyle yapılması mümkün olmaktadır. Yapı mühendisleri için yapılacak yapının zemin deney sonuçları yok ise basit yapılarla ilgili meslekte öğrendikleri bilgiler ışığında yatak katsayısı değerini Bowles (1996) tarafından oluşturulan tablodan da alınabilir bu ilk koşul için yeterlidir. Ancak yapılacak zemindeki oturma miktarının önemli olduğu yapılarda mutlaka deneyler yapıp bu deney sonuçlarına göre ve o bölgede daha önceden elde edilen yatak katsayısı değerlerinin de kullanılması doğru sonuç vermede etkilidir (Karaca ve ark., 2016).

3.4. Taşıma Gücü Yaklaşımı

Geoteknik mühendisliğinde yapılan zemin araştırmalarında üzerine yapılması planlanan yapı tabakalarının fiziksel ve mekanik özelliklerinin incelenip yorumlanması ilk hedeftir. Bundan dolayı zemin üzerine yapılacak yapı hakkında birçok yöntemler kullanılarak zemin analiz edilir. Bu analizler içinde taşıma gücü katsayısı kavramı en önemli yere sahiptir. Derin ve sıkı temellerdeki taşıma gücü katsayısı göçmeye karşı gösterdiği direnç ve sınır değerinin emniyet şartlarına ve en yüksek değere göre belirlenmesi ilkesine bağlıdır. Zemindeki taşıma gücü birçok şekilde hesaplanabilir ancak en yaygın olarak kullanılan taşıma gücü belirleme yöntemleri ise arazi ve laboratuvarında yapılacak deneylerle ve bunlar arasındaki ilişkilere göre belirlenir. Bu belirlenen değerler arasındaki ilişki ile ilgili Terzaghi (1943) taşıma gücü hesabında temel ifade olarak ele alan yeni katsayı önerilmiştir. Bu önermede daha önceki veri tabanlarının etkisi de ele alınmıştır. Elde edilecek yeni bağıntı deneyler ve birçok bağıntıyla karşılaştırıp değerlendirilmiştir (Dinç,2017).

3.5. Zeminde Sıvılaşma

Zemin sıvılaşması, yeraltında oluşabilecek su seviyesi değerinin altında değerlerde zemindeki geçici mukavemet kaybı olarak düşünülür. Zemin katı davranış yerine sıvı şekilde hareket eder. Sıvılaşma gevşek daneli olan zeminlerde yani kumlu-siltli zeminlerde deprem gibi dinamik bir şekilde etki eden yüklemelerde oluşabilen bir durumdur.

3.5.1. Deprem durumunda zeminde sıvılaşma

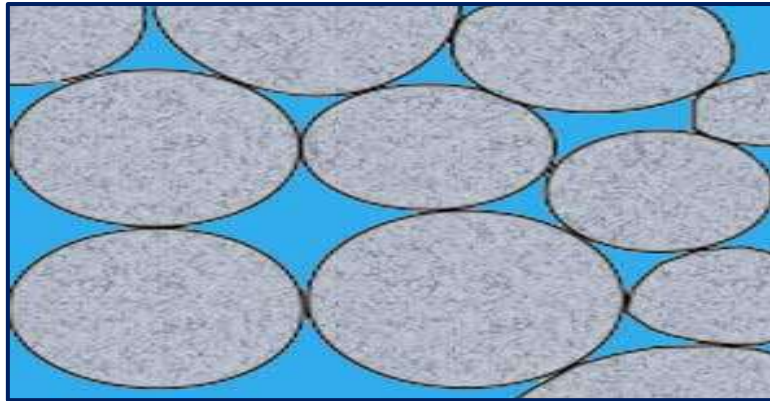
Deprem süresince sismik dalgalar, özellikle kayma dalgaların etkisi ile genellikle drenajsız suya doymuş ve gevşek zeminler içinde yayılırken birbirine göre kayma kuvvetleri yaratarak zemin partiküllerinin yer değiştirmesine neden olurlar. Bu koşullar altında doymuş ve gevşek zemin partikülleri birbirine yaklaşma eğilimi gösterirler. Bu durumdaki partiküllerin temas noktalarındaki gerilim partikülleri çevreleyen suya iletilir. Deprem süresince sismik dalgalar ani ve çok kısa süreli hareketlere neden olmasından dolayı, partiküller arası suyun drene olması için gereken yeterli süreye olanak tanımamaktadır. Dolayısıyla ortamdan uzaklaşamayan gözenek suyunun basıncı aniden artmaktadır. Gözenek suyundaki bu ani artış, zemin partiküllerini bir arada tutan temas kuvvetlerini yok ederek partikülleri birbirinden

uzaklaştırır (Şekil 2.1). Böylece zemin dayanımını yitirir. Efektif düşey basıncın sıfır olduğu bu koşullar altında zemin, deprem öncesinde gösterdiği katı zemin davranışı yerine, bir sıvı gibi davranarak suyla birlikte yüzeye doğru hareket eder ve yüzeyden fışkırmaya başlar. Zeminin dinamik yükler sonucunda ortaya koyduğu bu davranış biçimi sıvılaşma olarak tanımlanır (Uyanık,2002).

Deprem etkisindeki bir yapıda depremde oluşacak kayma dalgalarının suya doymun olarak oluşmuş daneli zeminlerden geçerken dane (zemin parçası) yapının etkileşim düzenini değiştirip bu yerleşme esnasında da su bu daneler içinden kendine yol bulup bu etkiyle boşluk suyu basıncının yükselmesine neden olur. Ancak bu basınç daha yukarıdaki tabakaların ağırlık durumuna yakın oluşan bir seviyede gerçekleşirse bu daneli tabaka kendini belli bir süre sıvı sanıp sıvılaşma olayını gerçekleştirir. Dolayısıyla ani bir şekilde yapılan yükleme sonucunda suya doymun olan daneli zeminde yapı bozulabilir ve ayrı olan zemin daneleri arasındaki etki kuvveti azalarak tekrar boşluk suyu basıncı yükselir ve zemindeki direnç kaybolur.

3.5.1.1. Statik durum

Daneler arasındaki boşluk çok azdır ve suda bu boşlukları doldurup daneler arasında oluşabilen sürtünme tabakasının da bir arada durmasına sebep olur. Zemindeki yapı yükünü taşımak ancak zemin statik durumda olduğunda oluşur (Şekil 3.3).

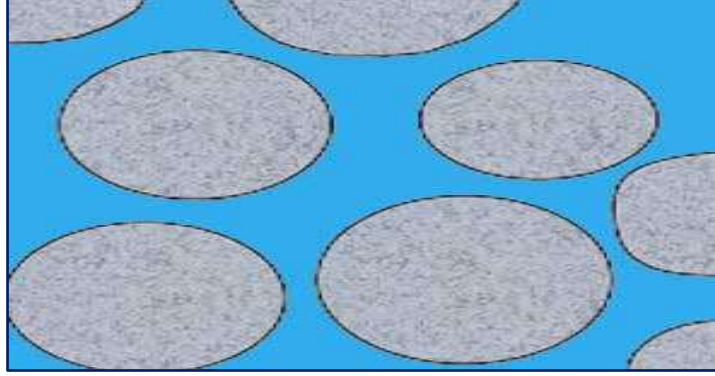


Şekil 3.3. Statik durumda iken sıvılaşmanın olmaması hali (<https://www.movea.com>)

3.5.1.2. Deprem durumunda zeminde sıvılaşma

Daneler arasındaki boşluk çok fazladır ve su bu boşlukları tamamen doldurmuş durumdadır deprem dalgaları danelerin yer değiştirmesine neden olacağı için daneler arasında

oluşabilecek sürtünmenin yok denecek seviyeye düşmesine neden olur. Bu durumda zemin parçaları sıvı gibi davranır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Dinamik (Deprem) durumunda zeminde sıvılaşma olması (<https://www.movea.com.tr>)

3.5.2. Sıvılaşma potansiyeli

Sıvılaşmanın oluşabileceği potansiyele sahip zemin bölgelerinde zeminin hareket durumuna göre zeminin yapısı hakkında bilgi elde edilebilir ancak deprem durumu olduğu zaman sıvılaşmayı tahmin etmek zor bir durum olur. Zeminin türü, yoğunluk değeri, ivme değeri ve yeraltındaki su seviyesi değerlerine göre zemindeki sıvılaşma potansiyeli yüksek yerler hakkında fikir sahibi oluruz. Bunlarla birlikte depremin büyüklüğü ve ne aralıklarla oluşabileceği de zemin türünün belirlenmesinde etkilidir.

3.5.3. Türkiye’deki zemin sıvılaşmasına örnekler

Ülkemizde yaşanan depremlerden olan 1999 Kocaeli depreminde de meydana gelen zemindeki sıvılaşma binalarda çok büyük hasarlara neden olmuştur. Özellikle ülkemizde en iyi zemin sıvılaşma 17 Ağustos 1999 depreminde Adapazarı ilinde görülmüştür. Şekil 3.5’de Adapazarı ilinde zemin sıvılaşması sonucu bir binanın göçmesi ve Şekil 3.6’da yapının oturması görülmektedir.



Şekil 3.5. Adapazarı depremi zemin sıvılaşması bina göçmesi (Akgün,2012)



Şekil 3.6. Adapazarı depremi sıvılaşma ile yapı oturması (Akgün,2012)

3.6. TBDY (2018)'e göre Yerel Zemin Sınıfı

Ülkemiz, bulunduğu coğrafi konum sebebiyle aktif bir deprem kuşağı üzerinde yer almaktadır ve yıl içerisinde de farklı büyüklüklerde yüzlerce deprem meydana gelmektedir. Gerekli dayanım şartları sağlanmadığı takdirde bu depremler yapılara az, orta ya da büyük hasarlar verebilmektedir. Ülkemizin deprem bölgesi oluşu da üzerinde yapı düşünülen bütün nokta ve zeminlerin özelliklerini ve sınıflarını önemli kılmaktadır. Bu kapsamda hazırlanan

deprem haritaları ve noktasal deprem spektrumları yapıların inşa edileceği zeminlerin ne tür özellikte ve yapıda olduğu hakkında bilgiler vermektedir. Bu kapsamda, 2018 yılında Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY, 2018) yapıların daha güvenli ve dayanımlı olmalarını sağlamak açısından geliştirilerek güncellenmiştir. 2007’de yayımlanan Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelikte (DBYBHY,2007) tabaka kalınlığı ve kayma dalga hızına göre dört adetle sınırlandırılan zemin sınıflandırılması, yeni yönetmelikte en iyi zeminden en kötü zemine göre sıralanarak altıya çıkarılmıştır (ZA, ZB, ZC, ZD, ZE ve ZF). Bu sınıflandırmada ZA sınıfı en iyi zemini temsil etmektedir (TBDY,2018). ZF sınıfı zemin bu sıralamadaki en kötü zemin sınıfını ifade etmekle birlikte, bu zemin sınıfı için bir takım özel analizlerin yapılması ve yer hareket spektrumlarının kullanılması zorunluluğu getirilmiştir.

Yeni yönetmelikle birlikte daha detaylı incelemeye tabi tutulan yerel zemin şartları ve deprem yer hareketi düzeyleri farklı yapılar üzerinde deprem yükleri, taban kesme kuvveti, eğilme momentleri, görelî kat ötelemeleri gibi parametreleri de etkilemektedir. Özellikle eşdeğer deprem yükleri ele alındığında DBYBHY,2007’e göre azalma görülmektedir (Başaran,2020). TBDY 2018’e göre yerel zemin sınıfı Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2. Yerel zemin sınıfları (TBDY, 2018)

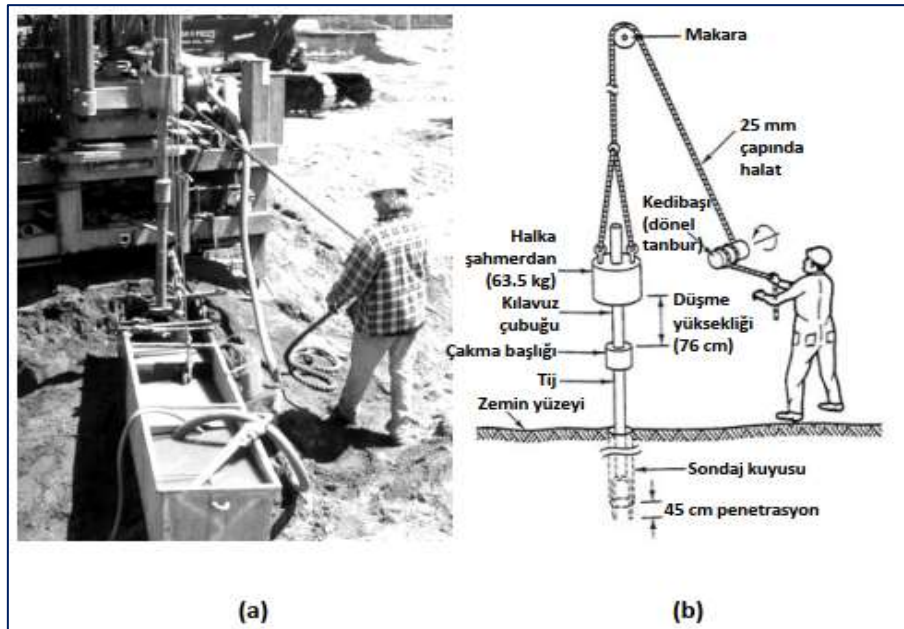
Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Cinsi	Üst 30 metrede ortalama		
		$(V_s)_{30}$ [m/s]	$(N_{60})_{30}$ [darbe /30 cm]	$(c_u)_{30}$ [kPa]
ZA	Sağlam, sert kayalar	> 1500	–	–
ZB	Az ayrılmış, orta sağlam kayalar	760 – 1500	–	–
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrılmış, çok çatlaklı zayıf kayalar	360 – 760	> 50	> 250
ZD	Orta sıkı – sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	180 – 360	15 – 50	70 – 250
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak – katı kil tabakaları veya $PI > 20$ ve $w > \% 40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası ($c_u < 25$ kPa) içeren profiller	< 180	< 15	< 70
ZF	Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler: 1) Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler (sıvılaştırılabilir zeminler, yüksek derecede hassas killeri, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb.), 2) Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killeri, 3) Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli ($PI > 50$) killeri, 4) Çok kalın (> 35 m) yumuşak veya orta katı killeri.			

3.7. Geoteknik Arazi İncelemelerinde Sahada Yapılan Dinamik Sonda Deneyi

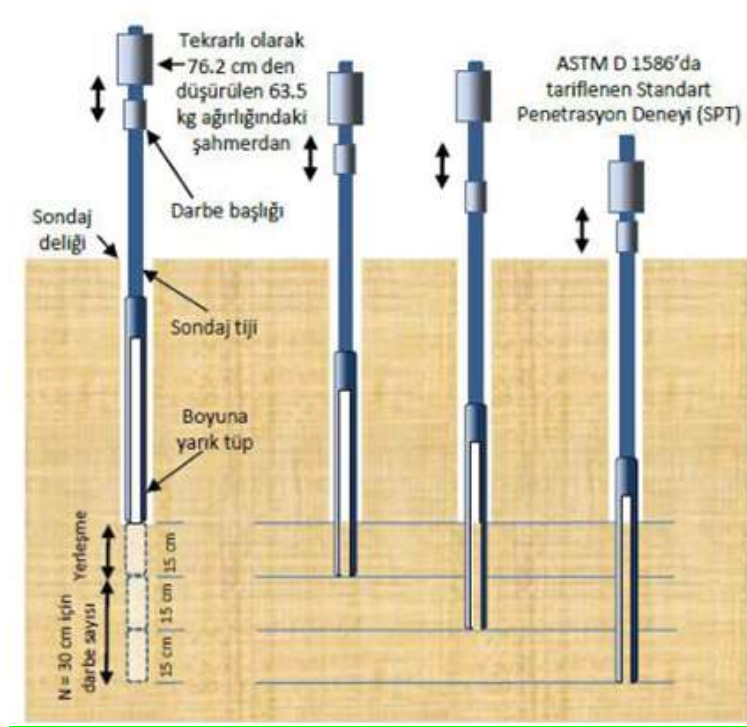
3.7.1. Standart penetrasyon test (SPT)

Zeminde oluşacak mukavemet durumlarını ifade etmek için örselenmemiş zemin örneği alınarak yapılan sondaj kuyusu deneyleriyle yaptırılan dinamik kesme deneyidir. Günümüzde zemin türünü, kohezyonlu ve kohezyonsuz zeminlerin sıkılık, mukavemet, kıvam ve sıvılaşma durumu ile temel zemini taşıma kapasitesi ve tahmini oturmayı belirlemekte kullanılan bu deney için ‘Standart Penetrasyon Deneyi’ terimi ilk olarak terzaghi tarafından 1947’de düzenlenen teksas zemin mekaniği konferansı’nda kullanılmış ve bir örnek alıcı tüpün zeminin içersine çıkılması olarak tanımlanmıştır (Clayton ve ark., 1995).

SPT en genel anlamda sondaj kuyusunun içerisinde yapılan (Şekil 3.7), en uçta ‘boyuna yarık tüp’ olarak bilinen standart örnek alıcısının bağlı olduğu tijlerin üzerine, 140 lb(63,5 kg) ağırlığındaki bir şahmerdanın 76,2 cm yükseklikten tekrarlı bir şekilde bırakılarak kuyu tabanından toplamda 45 cm’lik penetrasyon sağlanana kadar çakılması (Şekil 3.8) ve bunun için gerekli olan darbe sayısı (SPT-N) değerlerinin belirlenmesi olarak tanımlanabilir (Erol ve Çekinmez, 2014).



Şekil 3.7. (a) ve (b) halatla kaldırmalı sistemin uygulaması (Coduto,2000)



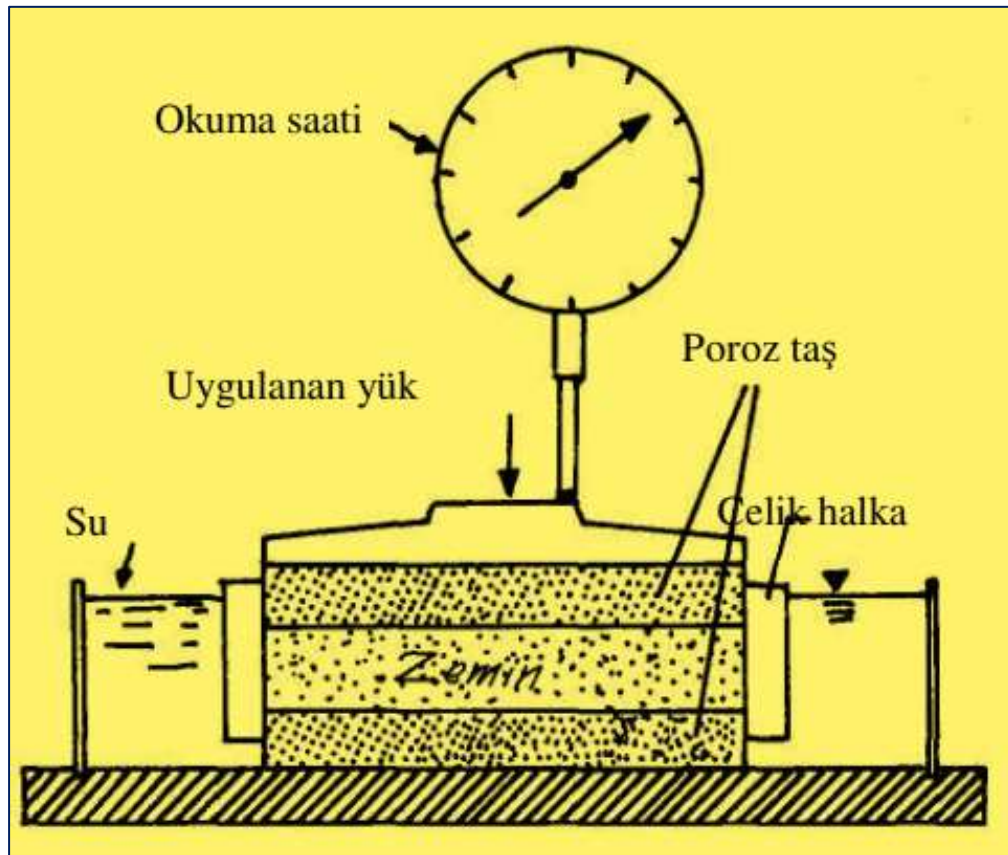
Şekil 3.8. Standart penetrasyon deneyi aşamaları (FHWA, 2002b)

3.8. Geoteknik Arazi İncelemelerinde Yapılan Laboratuvar Deneyleri

3.8.1. Konsolidasyon teorisi ve konsolidasyon (Ödometre) deneyi

Suya doymun zeminlerde, havada oluşan etkilerle zemin içerisindeki havanın suya dönmesine bağlı olarak su içeriğindeki düşmeye konsolidasyon denir. Bir üst yapıda ve toprak dolgulu zeminlerde ağırlığa bağlı olarak efektif düşey gerilmelerde ve zamana bağlı olarak zemin yüzeyinde artış meydana gelir. Konsolidasyon, zeminlerle ilgili ele alınan en önemli konulardandır. Zemin daneleri arasında oluşabilecek boşluklarda yer alacak düşük su geçirimsizliğine ince daneli zeminlerde yükleme durumuna göre su hemen oradan ayrılamaz. Buna bağlı olarak boşluk suyu basıncıda artışa geçer. Artan bu basınç değerine bağlı olarak zeminde bir su döngüsü oluşturur. Boşluk suyu da zamana bağlı olarak ortadan kaybolmaktadır. Konsolidasyonun ana durumu zamanla oluşabilen bir durum olmakla birlikte bazı zeminlerde bu değer çok büyük değere sahiptir. Zeminlerdeki geçirimsizlik ve boşluk durumu arttıkça konsolidasyon hızları da bu durumlara bağlı olarak artar. Zemindeki gerilme-şekil değiştirme durumu beton ve çelik gibi değildir Bunlara göre daha basittir ve zeminin cinsine göre de farklı durumlar oluşabilir. İnce daneli zeminlerde oluşabilecek şekil değiştirmeler zamana bağlı olarak oluşur. Bu yüzden özellikle zeminin zamanla ilişkisi, şekil değiştirmesi ince daneli

zeminlerde görülür. Konsolidasyon deneyi ödometre denilen deney aleti ile yapıp konsolidasyon deneyi gerçekleşir (Şekil 3.9). Tek boyutta oluşan ödometre deneyini kullanan ilk kişi terzaghidir. O yüzden bu deney ince daneli zeminlerde tek boyutlu bir şekilde konsolidasyon davranışının belirlenmesinde etkili olmuştur. Arazideki zeminlerin katmanları arasındaki düşey yükleme arasındaki sıkılmaya bağlı olarak laboratuvar da ise doymuş zemin numunelerine yatay genişleme durumuna göre engelleme istenmektedir. Bu durumlarla ilgili önce numuneler çelik bir halka içine yerleştirilir daha sonra numune alt ve üst yüzeylerine gözenekli taşlar ile zemin içindeki suyun düşey doğrultuda olması gerekir

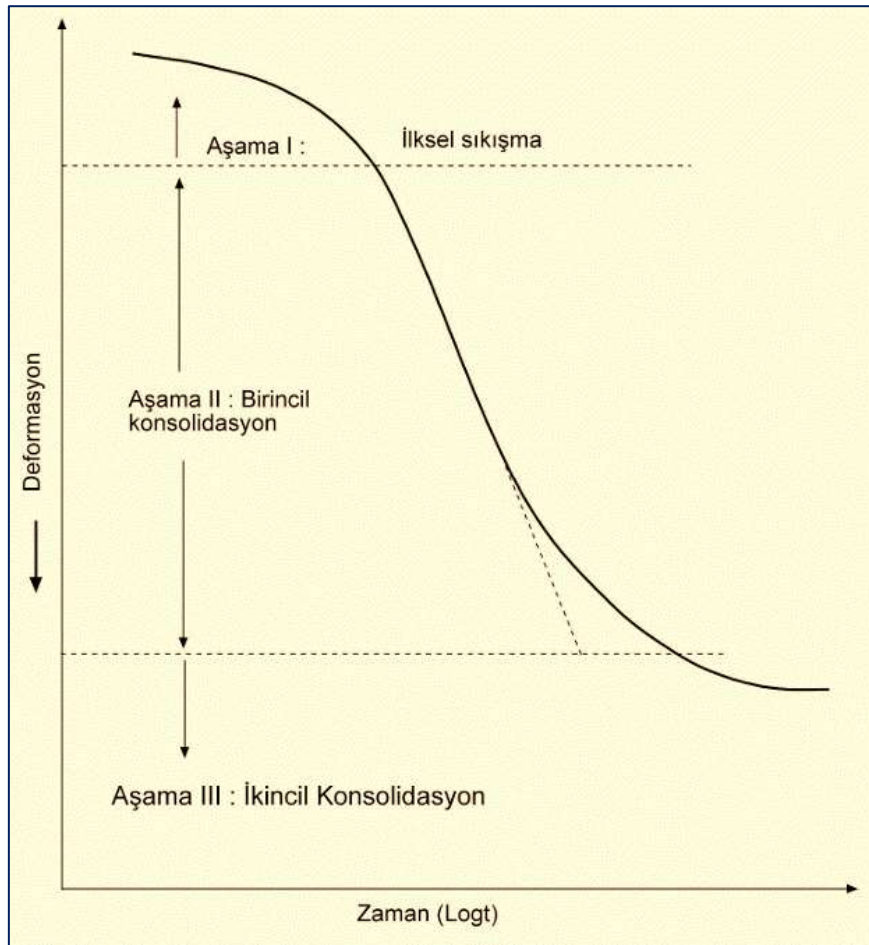


Şekil 3.9. Ödometre deney aleti (Özaydın, 1997)

Bunlara ek olarak zemin tabakasındaki sıkışma etkisi düşey olarak etkidiği için tek boyutlu olarak yapılmak istenmektedir yani yanal gerilmelere maruz kalması durumuna engel olunmaktadır.

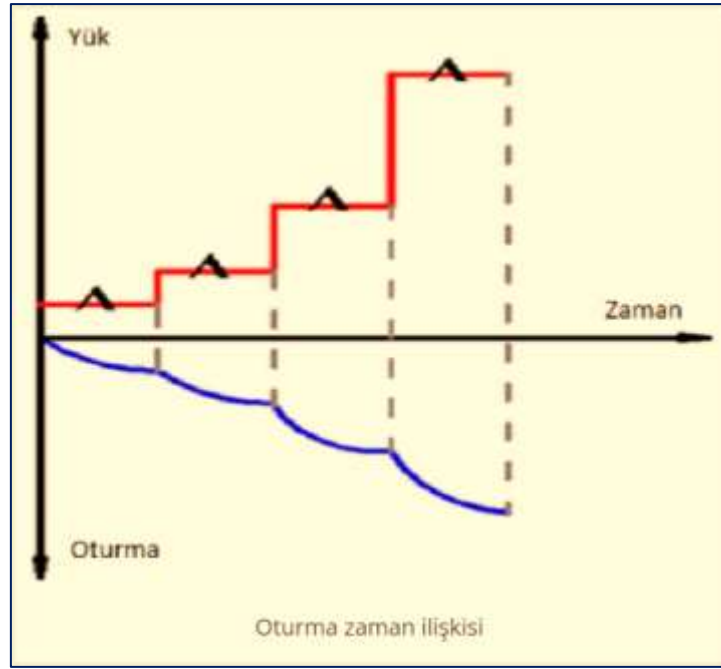
3.8.1.1. Konsolidasyon süreci

Terzaghinin yapmak istediği konsolidasyon teorisi, permeabilitesine düşük olacak zeminlerin sıkışma durumları ve yüklenmenin birden oluşmaması düşünülerek ve boşluk suyu basınçlarının fazla olması zamana bağlı olarak bitmesi durumuna göre belirlenmektedir (Şekil 3.10).



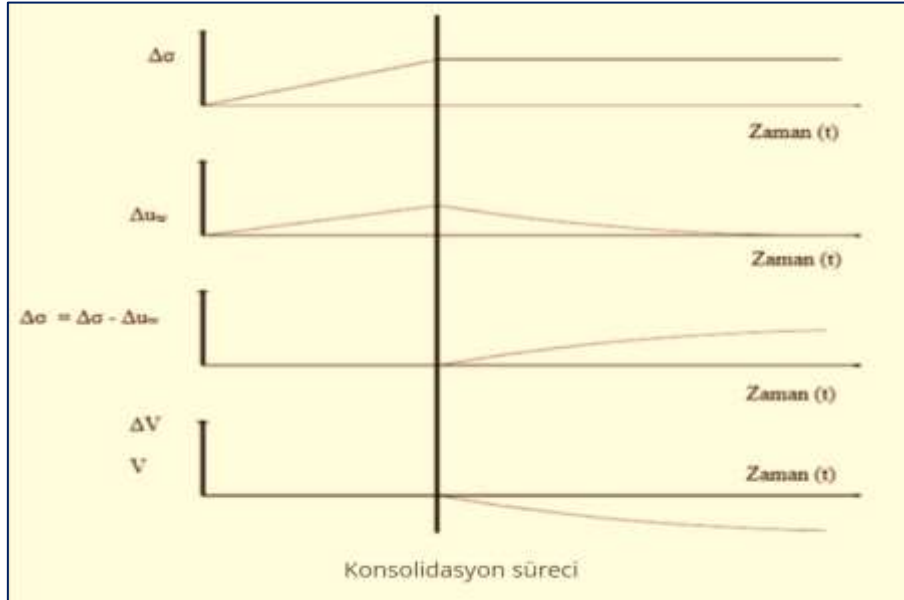
Şekil 3.10. Konsolidasyon türleri zaman ilişkisi (<http://acikders.ankara.edu.tr>)

Zemin permeabilitesi sıfır değil ve sıfırdan fazla ise boşluk suyu basıncının zamana bağlı olarak düşünülmediği kabulü sayılır. İlk olarak uygulanacak tüm gerilme su ile sağlanırken boşluk suyu basıncı ele alınmayabilir ve buna bağlı olarak boşluk suyu basıncı sıfır kabul edilebilir ve toplam gerilme ile efektif gerilme aynı değere sahip olur ve sonuç olarak hacimde bir azalma meydana gelir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Oturma-zaman ilişkisi (<http://açikders.ankara.edu.tr>)

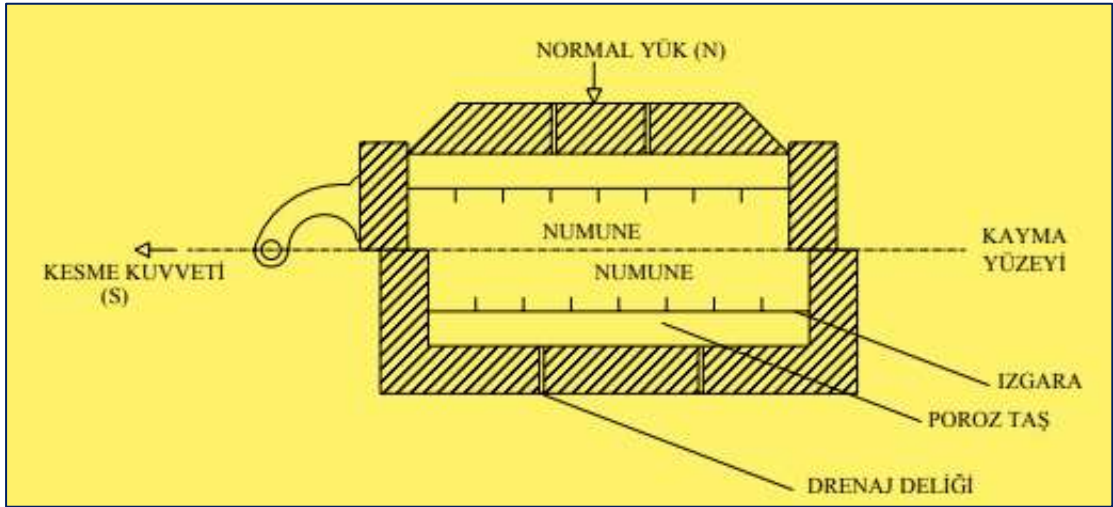
Sıkışmadaki etki, boşluklarda oluşan suyun dışarı atılması sonucuna göre zemin üzerindeki hacim değişim değerlerinden oluşmaktadır. Bundan dolayı boşluğun değeri büyük öneme sahiptir (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Konsolidasyon süreci (<http://açikders.ankara.edu.tr>)

3.8.2. Kesme kutusu deneyi

Kesme kutusu deneyi, öncelikle zemin numunesinin kesme etkisi dikkate alınarak ve kayma direncinin, kayma açısıyla bağlantısını belirlemek amacıyla yapılan bir deneydir. Genelde kumlu zeminde yapılır. Bu deneyler ancak kum ile kil karışımı olan zeminlerde de yapılabilir. Düşük permeabiliteye sahip olan kil ve silt gibi zeminlerde kısa zamanlı stabilite analizlerinde toplam gerilmelere göre, drenajın sağlanacağı kabul edilerek uzun zamanlı stabilite analizlerinde ise efektif gerilmelere göre çalışılmalıdır (Mitchell, 1993). Bu deney yönteminde zemin numunesi iki farklı şekilde ele alınır bunlar dairesel ve dikdörtgendir. Zemin rijit olarak yapılmış kutu içinde ele alınır. Kutunun üst bölümü sabit tutulur ancak alt bölümüne kuvvet uygulanır ve kesme kutusuna bağlı olarak zemin hareket ettirilip kayması sağlanır. Şekil 3.13'de deney aletinin görseli mevcuttur ve farklı dikdörtgen kesitlere bağlı olarak kesme kutusu cihazları örneklendirilir.



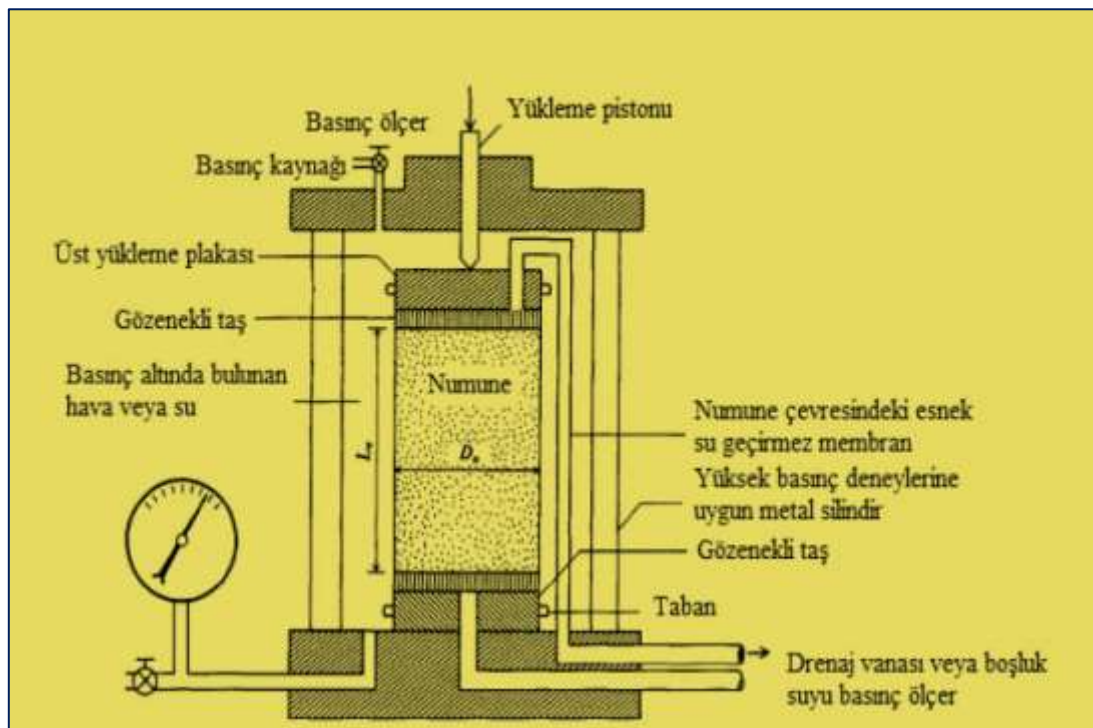
Şekil 3.13. Kesme kutusu deneyi (Önalp, 2007)

Ele alınacak zemin numunesi örneği önce 6×6 cm boyutundaki ve 2 cm yüksekliğindeki çelik kutu içine en düşük olarak 3 katman olacak şekilde doldurulur. Numune düz olacak şekilde bir spatula yardımı ile düzenlenir daha sonra alttaki gözenekli levhadaki taşlar numuneyi iterek deney içine atılır. Sonra tekrar taşlar sırasıyla levhaya yerleştirilir. Sonra en üste gelen deney düzeneği oturtulur ve üstü halka ile kapatılır ve deney programı tekrar başa gelir. Önce 2 kg'lık yük yerleştirilir ve kesme hızı aktif edilir. Böylece deney başlamış olur. Sonra yüklemeye devam edilir. Deney ve grafiklerde bozulmalardaki artış devam eder ve sonra

düşmeye başlar sonra aynı bu işlemler 4 kg ve 8 kg'lık yüklerle de yapılır ve kohezyon ve içsel sürtünme açısı elde edilir.

3.8.3. Üç eksenli basınç deneyi

Zeminlerin zamana bağlı olarak yapılan drenajsız kayma mukavemeti parametrelerinin belirlenmesi için uygulanabilen bir deneydir. Kayma mukavemeti, zeminde oluşabilecek deformasyonlara karşı oluşan en büyük kayma gerilmesidir. Zeminlerin kayma mukavemeti farklı etkenlere bağlıdır bu etkenlerden üç basınçlı deney aleti ile yapılan (kohezyonlu zeminlere uygundur) yöntemde birtakım değişiklik yapıp kohezyonsuz zeminler içinde uygun hale getirilir ve akıcı zemin olur. Şekil 3.14’de üç eksenli basınç deney düzeneği görülmektedir.



Şekil 3.14. Üç eksenli basınç deney düzeneği (Bowles, 1996)

3.8.3.1. Deneyin amacı

Zemin tabakaları arazinin durumuna göre belirlenen jeolojik yüklere bağlıdır. Bundan dolayı alınan numune deneyden önce tüm yönlerde hidrostatik gerilme uygulanarak arazi etkileri belirlenir. Sonra numuneye tek doğrultuda oluşacak basınç uygulanarak numunedeki

göçmeler kayıt altına alınır. Göçmenin meydana geldiği gerilme değerleri bulunup onlarda kayıt altına alınır ve yükleme hızı belirlenir. Drenaja izin verilmediği takdirde boşluk suyunda birtakım değişiklik oluşabilir hacim değişikliği gibi. Bu deney farklı drenaj ve konsolidasyon durumları için uygulanabilir olduğu ifade edilir. Deneyde önce numuneye birbirlerine bağlı olan üç doğrultuda asal gerilmeler uygulanmaktadır Denklem (3.6) Bunlardan en büyük olanına σ_1 en küçüğüne σ_3 ortada kalana ise σ_2 denir ve ilk başta;

$$\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3 \quad (3.6)$$

Denklemine eşittir Deney süresince Denklem (3.7) ile ifade edilir;

$$\sigma_2 = \sigma_3 \quad (3.7)$$

σ_1 ise kırılmanın durmasına kadar artacak şekildedir. Deneyin devam ettiği sürede en büyük gerilme olan σ_1 eksenel gerilme şeklinde uygulanır ve hücredeki basınçların tamamına eşittir. Numuneye etkileyen σ_1 - σ_3 eksenel yönündeki gerilmeye deviator gerilme denir. Kayma mukavemeti değerlerinin hesabı için ise gerilme parametreleri bilinmelidir. Bu değerlere göre konsolidasyonsuz-drenajsız üç eksenli basınç deneyi yapılır ve oluşabilecek hataları en aza indirmek içinde 3 kez yapılır.

3.9. Taşıyıcı Elemanlar

3.9.1 Temel

Temeller, düşey doğrultudaki kolon ve perdelerin üzerlerine gelen yükleri, oturduğu zemine güvenli bir şekilde aktarılmasını sağlayan yapı elemanlarına denilmektedir. Betonarme yapılarda yapı üzerine etkileyen yüklerin sistematik bir yaklaşımla döşemelerden kirişlere, kirişlerden kolonlara, kolonlardan temellere ve temellerden zemine aktarılması gerekmektedir. Bu bağlamda betonarme yapıların temelleri yapı üzerindeki tüm yüklerin emniyetli bir şekilde zemine aktarılmasını sağlayan en önemli taşıyıcı yapı elemanıdır. Bir yapının temelini sağlam olması ve temel-zemin etkileşiminin uyumlu olması yapıların servis ömürleri boyunca güvenli hizmet verebilmeleri için önem arz etmektedir. Yaşanan depremler ve bu depremlerde görülen yapı hasarlarında temel-zemin etkileşimi kaynaklı hasarlar ele alınarak temellere ilişkin kurallara da yönetmelikler değişikçe değişim göstermiştir. Zemin üzerine doğru temel seçimi yapılması,

yapının durabilitesini (kalıcılık) önemli ölçüde etkilemektedir. Bundan dolayı uygun temel seçimi ve yönetmeliğin öngördüğü şartların yerine getirilmesi önemlidir (Akbaş,2023).

3.9.2. Kolon

Kolon veya sütun, taşıyıcı sistemde düşey yapı elemanlarına verilen isimdir. Yapıda dış ve iç etkilere oluşan kuvvetleri (moment, kesme kuvveti vb.) temellere, dolayısı ile zemine aktarırlar. Boyutlandırılmaları gelen kuvvetlere göre yapılan hesaplamaların dışında; yönetmeliklerde malzeme cinsine göre belirtilen minimum boyutlardan küçük olamaz. Taş veya tuğla örülerek yapılan taşıyıcı ayaklar ise paye olarak adlandırılır (Rahmaty, 2021). Bir başka deyişle, kolonlar yapı sistemlerinde, genellikle kirişlerden gelen yükleri temele, oradan da zemine aktaran elemanlardır. Farklı kolon tipleri ve çeşitleri vardır. Kolonlarda meydana gelen bir hasar, yapının sisteminin bozulması yani göçmesine neden olacak çok büyük bir etki yapar.

3.9.3. Kiriş

Kiriş, ilk olarak yapıya gelen yatay yükleri ve yatay eksenli yüklere karşı kuvvet oluşturan yapı elemanıdır. Kirişte boy uzunluğu çok önemli bir etkidir ve uzunlukları boyunca etkilenirler ve etkiyen yükler taşınıp kolonlara kadar gider ve kolonla birlikte daha güçlü ve kuvvetli bir birleşim ortaya çıkar ve bu noktada en büyük tepki kuvveti oluşur. Kirişteki kuvvetler kesme kuvveti şeklinde ve eğilme momenti olarak kirişte gerilme oluştururlar.

Kirişler düşey olarak yerleştirilmiş olan kolonların üzerine yatay olarak oturtulur. Betonarme yapılarda karkas denilen ve döşeme, temel, kolon ve kirişlerden oluşan bir taşıyıcı sistem vardır ve her katta aynıdır. Bu sistem içerisine kirişin nasıl ve hangi bölgelere koyulacağı projede bellidir. Binalarda kullanılan kirişlere zemin kattan başlayarak en üst katlardaki de dahil olmak üzere yük binmektedir. Bu yük aktarımının gerekli hesap ve uygulamaları çok iyi yapıp binada yaşayan insanların güvenliğinin sağlanması zorunludur. Kirişlere uzunluğu boyunca binada yer alan ölü ve hareketli yüklerin büyüklüğü, döşemenin kenar oranlarına ve mesnet koşullarına göre değişmektedir. Kiriş üzerine gelen yükler; kirişin kendi öz yükü, üzerindeki duvar yükü, döşemelerden gelen hareketli ve ölü yükler olarak sayılmaktadır (Rahmaty,2021).

3.9.4. Döşeme

Yapının üzerine gelecek taşıyıcı elemanlardan kolon, kiriş ve taşıyıcı olmayan duvarları taşıyan bu özelliklere ek olarak yapı üzerine gelecek sabit ve hareketli yükleri kolon ve kirişlere aktaran yapı elemanına döşeme denir. Döşemeye ait ana iki görev vardır: birinci görevi belirli bir alanı kapatmak ve diğeri ise gelen yükleri mesnetlere aktarmaktır. Döşemenin üzerine gelen yükler çok farklı ve değişkenlik gösterdiği için hesaplama yapılırken bunların hepsini tek bir yönde ve düzgün olacak şekilde etkimesi kabul edilir. Döşemeler farklı özelliklerine göre çeşitlidir.

Döşemeler üç boyutlu yapısal elemanlardır, ancak diğeri iki boyutu kalınlık boyutuna göre çok büyüktür. Döşemeler kısa kenarları doğrultusunda daha fazla yük taşırlar. Üzerlerinde bulunan yükleri etraflarında tasarlanan kirişlere farklı biçimlerde aktarırlar. Bu farklılıklar döşeme sistemin çalışma yönüyle alakalıdır. Ayrıca döşemelerin rijit diyafram gibi davranarak yatay yükleri (deprem ve rüzgâr) çerçevelere aktarma özellikleri de vardır. Döşeme sistemleri farklı geometrilerde olabilir, uygulamada en çok karşımıza çıkan şekilleri ise kare ve dikdörtgen formlarıdır. Döşeme sistemlerinin kalınlıklarını açıklık ve yükler belirlemektedir (Rahmaty, 2021).

3.10. Yapıda Kullanılan Malzemeler

3.10.1 Plywood kalıp

İnce ahşap tabakaların yapıştırılması ile birleşip üretilir. Yüzeyleri dış etkilerden korunmasını sağlamak için polimer membran ile kaplanmaktadır. Kalıplarının üzerine gelen betona yapışmaması için yüzeylerine ayırıcı maddeler etki eder. Bu maddelerde çok dayanıklı, hafif, esnek ve çevreye zarar vermeyen malzemelerdir. Su emmesi düşük olduğu için betonlar bu kalıplar sayesinde çok düzgün bir şekilde oluşturulur. Kullanım ömürleri de 5-6 inşaatla sınırlıdır. Plywood kalıplar, yüksek ihtiyaçları karşılayabilen ve kullanımı çok kolay olan inşaat kalıp Sistemleri'dir. Şekil 3.15'de plywood'a ait görüntü gösterilmiştir.

İnşaat kalıplarında defalarca kullanılabilmesinden dolayı kalıp maliyetleri daha aza indirilebilmekte, ayrıca sıva gerektirmeyen yüzeyler elde edildiğinden sıva maliyeti de düşük olmaktadır (Çalışkan, 2008).



Şekil 3.15. Plywood kalıp (Phttps://plywoodkontrplak.com)

3.10.2. Beton

Çimento su ve agregadan oluşan kimyasal özellikli ve mineral katkıli olarak üretilen yapı malzemesine beton denir (Şekil 3.16) ve yapıyı dayanımına göre çok değiştirir. Beton basınç dayanımı yüksek ve ısıya dayanıklı bir yapı malzemesi olduğundan yaygın olarak kullanılmaktadır. Geçirimsizdir. İşçiliği kolay ve şantiyede dökümü rahattır (Baradan ve ark., 2015).

Betonu günümüzün en yaygın taşıyıcı yapı malzemesi yapan özellikleri aşağıda belirtildiği gibi sıralamak mümkündür (<https://www.thbb.org/>).

- Ekonomik olması
- Yaygın üretim ve dağıtım ağına sahip olması
- Yerel malzemeler ile üretilmesi
- İşlevsel olması
- Kolay şekil verilebilir olması
- Çelik donatı ile kuvvetli bir uyuma sahip olması
- Yüksek basınç dayanımına sahip olması
- Yangın direncinin yüksek olması
- Fiziksel ve kimyasal dış etkilere karşı dayanıklılığı



Şekil 3.16. Beton (<https://www.thbb.org/>)

3.10.3. Betonarme çeliği

Betonlar basınç etkisini karşılar ancak betonun çekme değeri düşük olduğu için, betonun içine çekme ve kayma gerilme değerleri yüksek olan özel hazırlanmış çelikten yapılmış inşaat demiri yerleştirilir ve buna betonarme denir. Donatıların boyları standart olacak şekilde 12 m olarak üretilir ve nervürlü bir şekilde soğukta haddelenerek hazırlanır. Böylece betonla, donatının birlikte çalışması sağlanır. Donatı çapına göre uzunluk ve ağırlık değerleri Tablo 3.3’de gösterilmiştir.

Günümüzde kullanılan betonarme çeliklerinden beklenen özellikler şu şekildedir (Ersoy, 2000):

- Yüksek akma dayanımı
- Süneklik
- İleri geri eğme özellikleri
- Kaynak edilebilirlik

Tablo 3.3. Demir çapları-uzunluk/ağırlık (<https://www.ekdemdemircelik.com.tr/>)

ap	Mt/kg	12 Mt/kg
8 mm	0.395	4.750
10 mm	0.617	7.404
12 mm	0.888	10.657
14 mm	1.208	14.496
16 mm	1.578	18.936
18 mm	1.998	23.976
20 mm	2.466	29.592
22 mm	2.984	35.808
24 mm	3.551	42.612
25 mm	3.853	46.236
26 mm	4.168	50.016
28 mm	4.834	58.008
30 mm	5.549	66.588
32 mm	6.313	75.756
36 mm	7.990	95.880
40 mm	9.865	118.380

3.11 Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı Genel İlkeler

Deprem etkisinin düşürölmesi durumları ele alındığında, yapılan fazlaca kabul olduğu anlaşılır. Bu durum depremin nasıl geleceği ve nasıl olduğu gibi belirsizliklerde yapının tepkisini ölçülemez kılar. Bunları çözmekte çok ayrıntı isteyen bir durumdur ve bunlara bağlı kabuller yapmak daha uygulanabilir olmaktadır. Bu nedenle çözüm için elde edilebilen sonuçlara göre sayısal ifadelerin değeriendirilmesi ve daha önceden elde edilmiş deprem kayıtları önemli bir yere sahiptir. Bu etkilerden dolayı betonarme yapıda aşğıdaki bazı önemli noktalara değinilmiştir (Solak, 2022).

1-) Taşıyıcı sistemin hazırlık aşamasında iki yönden de gelebilecek yatay yükler için çerçeve sistemleri oluşturulmalıdır. Bu etkiler yapının depreme dayanım tasarımında çok önemli bir yere sahiptir. Bu oluşturulacak çerçeveler için de birleşeceği yerlerde kolon ve doğal olarak kirişlerin bulunması çok önemlidir ve bunların kolon perde süreksizliği gibi etkilere maruz kalmadan temelden en üst kata kadar aktarılması sağlanmalıdır.

2-) Depremde belki de en zorlanan yerlerden biri kolon kiriş birleşim bölgeleridir. Bu bölgedeki demir ve o donatının devamlılığı yani sürekliliği çok önemlidir. Ayrıca bu bölgedeki demir sıklığına bağlı olarak betonun iyice yerleştiğinden emin olunmalıdır.

3-) Depremın zorlandığı bölgelerden diğeri ise alt katlar olduğu bu nedenle estetik ve görünüş amaçlı yapılacak kolon yeri değişikliği olmamalıdır. Kolonun kaldırılması hiç olmaması gereken durumlardandır.

4-) Taşıyıcı sistemde, rijitlik düzenine ve dayanımına bağlı olarak depremde oluşabilecek hasarları tek bölgeye değil de her yere en asgari olacak şekilde dağıtılmalıdır.

5-) Taşıyıcı sistemin simetrik olması deprem anında fazladan oluşabilecek etkilerini ortadan kaldırmak için çok önemlidir.

6-) Kolon ve perde kesitlerinin, iki doğrultu içinde oluşabilecek rijitlikleri sağlayacak şekilde birbirine yaklaştırılmalı ve depreme karşı birlikte hareket etmesini sağlamak gerekir.

7-) Perdelerin yapının planında dış kenarlara yakın yerleştirilmesi oluşacak burulma rijitliğini artıracak şekilde ve kesitteki etkilerin daha düşük olması anlamında çok etkili olacaktır.

8-) Kolon ve kirişlerin kesiştiği yer olan sarılma bölgeleri depremde çok etkilendiği için buradaki etriyelerin sıkı bir şekilde yerleştirilmesi ve gelecek betonun dayanımı ile sünekliliğin artmasına neden olacak. Bundan dolayı da depremde oluşacak hasarda en düşük seviyeye indirilmesi sağlanacaktır.

9-) Taşıyıcı sistemde oluşabilecek deprem hasar nedenleri;

- Taşıyıcı sistemin iyi tasarlanmamış olması,
 - Kullanılan malzemelerin dayanımın değerinin düşük olması,
 - Önemli farklılıklar hesap edilmemiş ve düşünölmemiş olması,
 - Statik ve betonarme hesapların düzgün ve istenilen düzeyde olmaması,
- Olarak söylenebilir.

3.12 Harita Spektral İvme Katsayıları ve Tasarım Spektral İvme Katsayıları

TBDY (2018)'e göre, boyutu olmayan ivme katsayılarında, dört farklı deprem yer hareketi düzeyine göre oluşturulan deprem tehlike haritası oluşturulmuştur (TBDY,2018).

- (a) Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı S_s
- (b) 1,0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı S_1

Harita spektral ivme katsayıları S_s ve S_1 , aşağıdaki verilecek durumlar göz önüne alınarak tasarım spektral ivme katsayıları S_{DS} ve S_{D1} 'e dönüştürülür (TBDY,2018):

$$\begin{aligned} S_{DS} &= S_s * S_F \\ S_{D1} &= S_1 * F_1 \end{aligned} \quad (3.8)$$

İfade de F_s ve F_1 yerel zemin üzerindeki etki katsayılarını ifade etmektedir. Yatayda ve düşeyde oluşan elastik tasarım spektrumları, Denklem (3.8) ile oluşturulan tasarım spektral ivme katsayıları düşünülerek yapılmıştır.

3.12.1. Yerel zemin etki katsayıları

Yerel zemin sınıflarına bağlı olarak yerel zemin etki katsayıları (TBDY,2018) F_s ve F_1 sırası ile, Tablo 3.4 ve Tablo 3.5’de verilmiştir. Tablolarda harita spektral ivme katsayılarının ara değerleri için doğrusal enterpolasyon yapılabilir.

Tablo 3.4. Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları (TBDY, 2018)

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_s					
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.00$	$S_s = 1.25$	$S_s \geq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır					

Tablo 3.5. 1.0 Saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları (TBDY, 2018)

Yerel Zemin Sınıfı	1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_1					
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \geq 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır					

3.12.2. Yatay elastik tasarım spektrumu

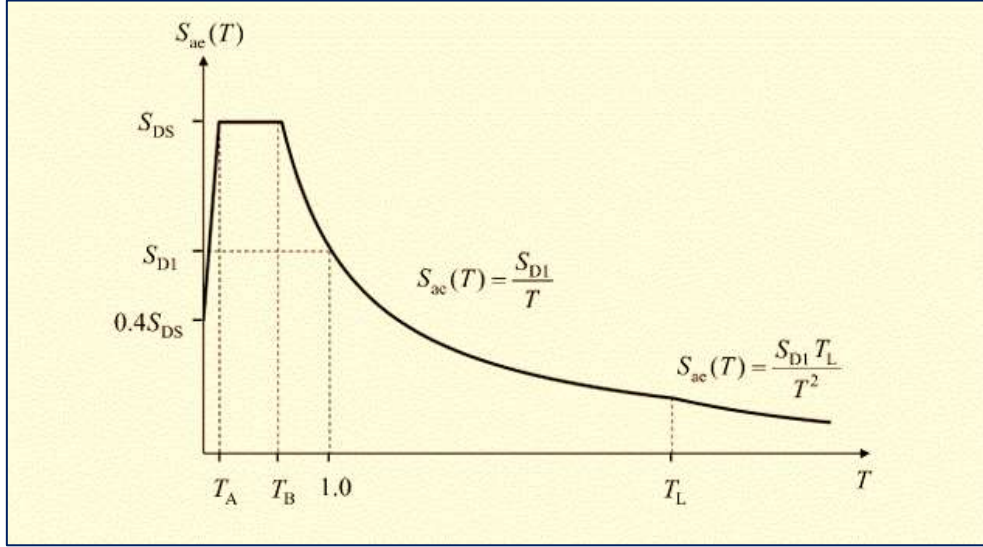
TBDY (2018)'e göre, ele alınacak herhangi bir depremde yer hareket düzeyleri ve yatayda oluşan tasarım ivme spektrumunun ordinatları arasındaki yatay elastik tasarım spektral ivmeleri $S(T)_{ae}$, doğal titreşim periyoduna bağlı olarak yerçekimi ivmesi katsayısı [g] olarak Denklem (3.9)'da tanımlanmıştır (TBDY, 2018).

$$\begin{aligned}
 S_{ae}(T) &= (0,4 + 0,6 * \frac{T}{T_A}) * S_{DS} & (0 \leq T \leq T_A) \\
 S_{ae}(T) &= (S_{DS}) & (T_A \leq T \leq T_B) \\
 S_{ae}(T) &= (\frac{S_{D1}}{T}) & (T_A \leq T \leq T_L) \\
 S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1} * T_L}{T^2} & (T_L \leq T)
 \end{aligned} \tag{3.9}$$

Burada S_{DS} ve S_{D1} tasarım spektral ivme katsayılarının, T ise doğal titreşim periyodunu göstermektedir (Şekil 3.17). Yatay tasarım spektrumu köşe periyotları T_A ve T_B Denklem (3.10) ile S_{DS} ve S_{D1} 'e bağlı olarak tanımlanır (TBDY, 2018):

$$T_A = 0,2 * \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad ; \quad T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \tag{3.10}$$

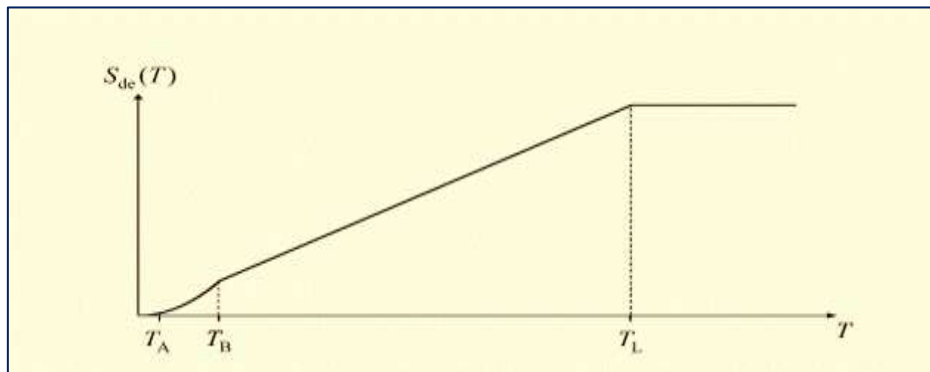
Sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodu $T_L = 6$ s alınacaktır.



Şekil 3.17. Yatay elastik tasarım spektral ivme-zaman ilişkisi (TBDY, 2018)

Gözönüne alınan herhangi bir deprem yer hareketi düzeyi için yatay elastik tasarım yer değiştirme spektrumunun ordinatları olan yatay elastik tasarım spektral yer değiştirmeleri $S(T)_{de}$, doğal titreşim periyoduna bağlı olarak metre [m] cinsinden Denklem (3.11) ile tanımlanır ve spektral yer değiştirme ve zaman ilişkisi grafiği Şekil 3.18’de gösterilmiştir (TBDY, 2018).

$$S_{de}(T) = \frac{T^2}{4\pi^2} * g * S_{ae} * (T) \quad (3.11)$$



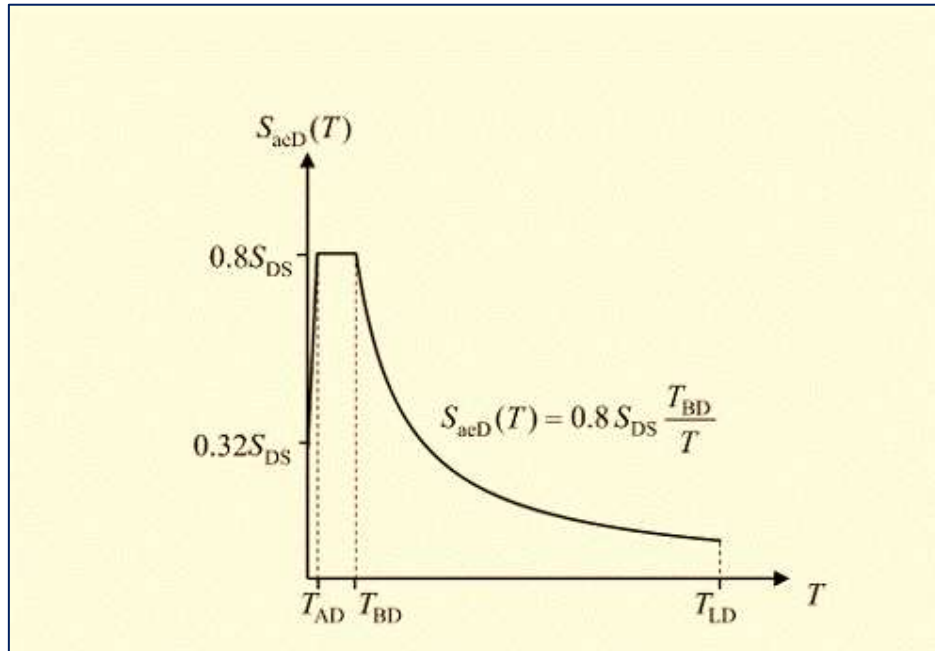
Şekil 3.18. Yatay elastik tasarım spektral yer değiştirme -zaman ilişkisi (TBDY, 2018)

Düşey Elastik Tasarım Spektrumu göz önüne alınan herhangi bir deprem yer hareketi düzeyi için düşey elastik tasarım ivme spektrumunun ordinatları olan düşey elastik tasarım spektral ivmeleri $S_{aeD}(T)$, yatay deprem yer hareketi için tanımlanan kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısına ve doğal titreşim periyoduna bağlı olarak yerçekimi ivmesi $[g]$ cinsinden Denklem (3.12) ile tanımlanır (TBDY,2018).

$$\begin{aligned}
 S_{aeD}(T) &= (0,32 + 0,48 * \frac{T}{T_{AD}}) * S_{DS} & (0 \leq T \leq T_{AD}) \\
 S_{aeD}(T) &= 0,8 * S_{DS} & (T_{AD} \leq T \leq T_{BD}) \\
 S_{aeD}(T) &= 0,8 * S_{DS} \frac{T_{BD}}{T} & (T_{BD} \leq T \leq T_{LD})
 \end{aligned} \tag{3.12}$$

Denklem (3.12)'te yer alan T_{AD} ve T_{BD} düşeyde oluşan spektrum köşe periyotları ile T_{LD} periyodu Denklem (3.13)'de ifade edilmiş ve Şekil 3.19'da gösterilmiştir (TBDY, 2018).

$$T_{AD} = \frac{T_A}{3} \quad ; \quad T_{BD} = \frac{T_B}{3} \quad ; \quad T_{LD} = \frac{T_L}{3} \tag{3.13}$$



Şekil 3.19. Düşey elastik tasarım spektral ivme-zaman ilişkisi (TBDY, 2018)

3.13. Deprem Etkisi Altında Binaların Değerlendirmesi ve Taşıma İçin Genel Esaslar

3.13.1. Bina önem katsayıları

TBDY (2018)'e göre, depreme dayanıklı bina yapım aşamasında binaya gelebilecek yükleri oluşturmak ve bina türü veya kullanım durumuna göre farklılık gösteren katsayıya bina önem katsayısı denilmektedir. Bina önem katsayısında temel amaç depremden sonra kullanılması çok önemli yapılar için hasarsız veya çok az hasarla ve o hasarında kısa sürede onarılması için yapılacak hasarın minimum seviyesi için bina tasarımı yapmaktır. Böyle yerlere örnek verilecekse okullar depremden hemen sonra açılması gereken yerlerdendir (BKS=1) ve bina önem katsayısı 1,5 olarak alınırken insanların kısa süre olarak durduğu yerlerden alışveriş merkezlerinin (BKS=2) bina kullanım sınıfı 1,2 olarak alınır. Bunların dışında kalan yerler içinse (BKS=3) bina önem katsayısı 1 olarak alınır ve değerler Tablo 3.6'da gösterilmektedir.

Tablo 3.6. Bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayıları (TBDY, 2018)

Bina Kullanım Sınıfı	Binanın Kullanım Amacı	Bina Önem Katsayısı (I)
BKS = 1	Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) b) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. c) Müzeler d) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
BKS = 2	İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Alışveriş merkezleri, spor tesisleri, sinema, tiyatro, konser salonları, ibadethaneler, vb.	1.2
BKS = 3	Diğer binalar BKS=1 ve BKS=2 için verilen tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.)	1.0

3.13.2. Deprem tasarım sınıfı

TBDY (2018)'e göre, Deprem Tasarım Sınıfı (DTS), depremin bulunduğu bölge ile ilgili ivme katsayıları ve ne amaçla kullanıldığına göre değişiklik gösterir. Önce binaya ait kullanım sınıfı sonra kısa sürede oluşabilecek ivme katsayıları ve bu iki değere göre deprem sınıfı belirlenir (Tablo 3.7). Deprem tasarım sınıf değeri arttıkça deprem tehlikesi daha az olan bölge anlaşılır değer azaldığı zaman ise deprem tehlikesi oluşabilecek bölge anlaşılır. En tehlikeli deprem tasarım sınıfının olduğu yerdir.

Tablo 3.7. Deprem Tasarım Sınıfları (DTS) (TBDY, 2018)

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

3.13.3. Bina yükseklik sınıfı

TBDY (2018)'e göre, Bina Yüksekliği (HN) deprem hesaplarında binanın taban yerinden başlayarak en son geldiği yere kadar olan yükseklik olarak ifade edilir. Depreme bağlı oluşacak bina tasarımında binalar, Bina Yükseklik Sınıfına (BYS) göre düzenlenmiş Tablo 3.8'de gösterilmiştir.

Tablo 3.8. Bina yükseklik sınıfları ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik aralıkları (TBDY, 2018)

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

3.13.4. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R)

Yapıda oluşabilecek elastik olmayan davranışlar da enerji yutma anlamına gelir. Enerji yutma yapıda oluşabilecek sönüm değeri düşünüldüğünde kuvvette meydana gelen azalmaz. Buradaki amaç doğrusal olmayan davranışlarda taşıyıcı sistemi güçlendirmek ve deprem etkisi altında hareketini düzenlemektir. Doğrusal elastik deprem yüklerinin azaltılması ifadesinde uygulanacak belirlemeler Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı R_a (T) olarak ifade edilir (Tablo 3.9).

Tablo 3.9. Bina taşıyıcı istemleri için taşıyıcı sistem davranış katsayısı, Dayanım Fazlalığı Katsayısı ve izin verilen Bina Yükseklik Sınıfları (TBDY, 2018)

Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R	Dayanım Fazlalığı Katsayısı D	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları BYS
A. YERİNDE DÖKME BETONARME BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
A1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
A11. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar	8	3	$BYS \geq 3$
A12. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdelerle karşılandığı binalar	7	2.5	$BYS \geq 2$
A13. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar	6	2.5	$BYS \geq 2$
A14. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	8	2.5	$BYS \geq 2$
A15. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	7	2.5	$BYS \geq 2$
A16. Deprem etkilerinin tamamının çatı düzeyindeki bağlantıları mafsallı olan ve yüksekliği 12 m'yi geçmeyen <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme kolonlar tarafından karşılandığı tek katlı binalar	3	2	–

3.13.5. Bina performans düzeyleri

Binaya ait performans hedeflerinin ifadesine esas olarak Bina Performansının ifade edildiği Düzeyleri TBDY (2018)' de konu başlıklarında ifade edilmiştir.

3.13.5.1. Kesintisiz kullanım (KK) performans düzeyi

Bu performans düzeyleri, bina taşıyıcı sisteminde çok küçük yani ihmal edilebilir bir hasar oluşumunu kabul eden performans düzeyindedir.

3.13.5.2. Sınırlı hasar (SH) performans düzeyi

Bu performans düzeyleri, hasar oluşuyor ama belli sınırlar içinde yani fazla bir etkiye sahip değildir hatta buna doğrusal olmayan davranış da denir.

3.13.5.3. Kontrollü hasar (KH) performans düzeyi

Bu performans düzeyleri, bina taşıyıcı sisteminde oluşabilecek büyük etki değil de onarılabilen bir etkidir.

3.13.5.4. Göçmenin önlenmesi (GÖ) performans düzeyi

Bu performans düzeyleri, bina taşıyıcı sisteminde çok büyük bir etki olduğunda meydana gelen performans düzeyidir. Bu düzeyde tam olarak göçme veya belli bölümlerde göçme olabilmektedir.

3.13.6. Uygulanacak tasarım /değerlendirme yaklaşımları

Deprem yer hareketi düzeyi ve deprem tasarım sınıfına göre yapının performans hedefi ve tasarım yaklaşımı Tablo 3.10'da gösterilmiştir.

Tablo 3.10. Deprem tasarım sınıflarına göre deprem yalıtımlı binalar için performans hedefleri ve uygulanacak değerlendirme/tasarım yaklaşımları (TBDY, 2018)

(a) Yeni Yapılacak Deprem Yalıtımlı Binalar – Üstyapı

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-2	SH	DGT	KK	DGT
DD-1	—	—	—	—

(b) Deprem Yalıtımı Yapılarak Güçlendirilecek Mevcut Binalar – Üstyapı

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-2	KH	DGT	SH	DGT
DD-1	—	—	—	—

(c) Yeni Yapılacak ve Güçlendirilecek Deprem Yalıtımlı Binalar – Yalıtım Sistemi ve Altyapı

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-2	—	—	—	—
DD-1	KK	ŞGDT ⁽¹⁾ -DGT ⁽²⁾	KK	ŞGDT ⁽¹⁾ -DGT ⁽²⁾

3.13.7. Deprem yer hareketi düzeyleri

TBDY (2018)'de aşağıdaki gibi dört farklı deprem yer hareket düzeyi ele alınmıştır.

3.13.7.1. Deprem yer hareketi düzeyi-1 (DD-1)

DD-1 Deprem Yer Hareketi, oluşacak spektral ivme büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının % 2 ve değere karşı oluşabilecek tekrarlanma periyodunun **2475 yıl** olduğu çok az deprem yer hareketini ifade etmektedir.

3.13.7.2. Deprem yer hareketi düzeyi-2 (DD-2)

DD-2 Deprem Yer Hareketi, spektral ivme büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %10 ve bu değere karşı oluşabilecek tekrarlanma periyodunun **475 yıl** olduğu az deprem Yer hareketini ifade etmektedir. Bu düzeydeki depreme tasarım depremi de denmektedir.

3.13.7.3. Deprem yer hareketi düzeyi-3 (DD-3)

DD-3 Deprem Yer Hareketi, spektral ivme büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının % 50 ve bu değere karşı oluşabilecek tekrarlanma periyodunun **72 yıl** gibi sıklıkta deprem yer hareketini ifade etmektedir.

3.13.7.4. Deprem yer hareketi düzeyi-4 (DD-4)

DD-4 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının % 68 (30 yılda aşılma olasılığı % 50) ve bu değere karşı gelebilecek tekrarlanma periyotlarının **43 yıl** olduğu çok sık deprem yer hareketini ifade etmektedir. Kullanım ömürleri boyunca yapılarda oluşabilecek etkiler ve tasarım aşamasında dikkatli olup göz ardı edilmemesi gereken yükler bulunmaktadır. Yapıların amacına uygun olarak yapıp kullanılabilmesi için bir yapının etkisi altında kalan bu yüklerle karşı yeterli dayanımı gösterebilmesi beklenmektedir.

Yapının konumlandığı bölge, zemin ve yapı özelliklerinin durumuna bağlı olarak birçok farklı karakteristik özelliğe sahip olan bu yüklerin yapı tasarımlarında kullanılması ve dikkate alınabilmesi için aşağıda gösterilen yönetmelikler yayınlanmıştır.

Ülkemizde yüklerle ilgili yönetmelikler;

1. TS 500: Sıcaklık değişimi, büzülme ve sünme etkilerine ilişkin değerler,
2. TS 498: Rüzgâr, kar ve zemin basınçlarına ilişkin hareketli yük değerleri,
3. TS-EN 1991-1-3: Kar yükü değerleri,
4. TBDY: Deprem yükü değer ve hesaplamaları,
5. TS ISO 9194: Yapılarda kullanılan malzemelere ilişkin yoğunluk değerleri

Yapılara gelen yükler düşey yükler ve ölü yükler (Sabit Yükler) olarak söylenebildiği gibi kalıcı yükler ile hareketli yükler olarak da ifade edilir. Yapıların deprem hesabına ilişkin esas kütlelerinin belirlenmesinde de bu yükler göz önüne alınır.

3.14. Yapı Üzerine Etki Eden Yükler

3.14.1. Sabit yükler – ölü yükler- kalıcı yükler

Kullanım dönemlerine göre yapı üzerinde her zaman olarak bulunan yükler sabit yük, kalıcı yük ya da ölü yükler olarak adlandırılır (Baradan ve ark, 2015). Sabit yükleri oluşturan yapı elemanları aşağıdaki gibidir;

- Taşıyıcı sistemin kendi ağırlıkları (kolon, kiriş, döşeme, perde, temel),
- Çatı (kiremit, çelik, ahşap malzemeler),
- Sıvalar,
- Kaplama malzemeleri,
- Duvarlar,
- Elektrik, su tesisatı elemanları,
- Dolgu malzemeleri,
- Tesviye harçları, şap,

Etkili olduğu dönemler ele alındığında yapılara etkiyen farklı yükler arasında sabit yükler, gerçekte en bağlantılı olan yükler arasındadır. Yukarıda sıralanan yapı elemanlarının boyutları ve hacimleri hesaplanır ve bu değerler malzeme yoğunlukları ile çarpılarak kütleleri bulunmuş olur ve yapı malzemesinin yoğunlukları Tablo 3.11’de gösterilmiştir.

Tablo 3.11. Yük- yoğunluk ilişkisi (Baradan ve ark., 2015)

Malzeme	Yoğunluk (kg/m3)
Kayın Ağacı	680
Kara çam	570
Lifli Plaka-Sert	900-1100
Lifli Plaka-Yarı Sert	600-850
Kontrplak	750-850
Pişmiş Toprak Dolu Tuğla	1600-1800
Boşluklu Tuğla	820-1350
Delikli Tuğla	1150-1450

3.14.2. Hareketli yükler

Kullanım dönemlerine göre yapı üzerinde sabit olarak bulunmayan, sürekli hareketli olan bazen bulunup bazen bulunmayan yüklerde hareketli yükler olarak adlandırılır (TS498).

Hareketli Yükler,

- Yapı üzerinde bulunana canlılar,
- Makineler,
- Depolama malzemeleri,
- Taşıtlar
- Yağmur
- Vinçler,
- Araç ve gereçler
- Kar eşyaları
- Kar (Deprem etkisi hesabında ayrı tanımlanmaktadır), (Kar Yüğü Hesabı)

Hareketli yükler çok farklı şekilde ifade edilebildiği gibi yapıya etkiyecek kesin hareketli yük değerlerinin hesaplanabilmesi mümkün değildir. Bundan dolayı bu değerler belli bir standartta olmalıdır. Hareketli yük değerleri TS 498 Standartlarına uygun olarak Tablo 3.12’de gösterilmiştir.

Tablo 3.12. TS498’ e göre hareketli yük değerleri (TS498)

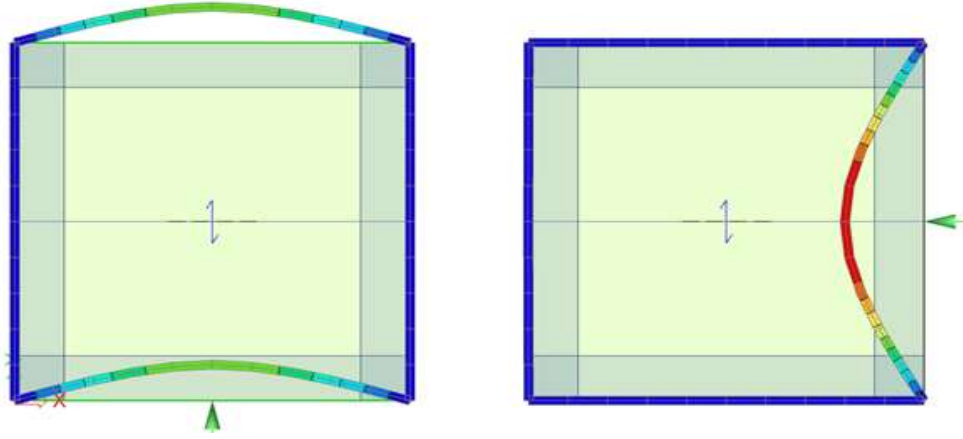
Kullanma Şekli			Hesap Değeri
ÇATILAR Yatay veya 1/20’ye kadar eğimli	Döşemeler	MERDİVENLER (Sahanlık ve merdiven girişi dahil)	kN/m ²
1	Çatı arası odalar		1.5
2	Zaman zaman kullanılan çatılar	Konut, teras oda ve koridorlar, bürolar, konutlardaki 50 m ² ’ye kadar olan dükkanlar, hastane odaları	2
ÇATILAR Yatay veya 1/20’ye kadar eğimli	Döşemeler	MERDİVENLER (Sahanlık ve merdiven girişi dahil)	Hesap Değeri kN/m ²
3	Konut toleranslarının kullanılması ve çiçeklik (bahçe yapılması)	Hastanelerin mutfakları, muayene odaları, poliklinik odaları, sınıflar, yatakhaneler, anfiler	Konut Merdivenleri 3.5

3.15. Diyafram

3.15.1. Tam rijit diyafram

Tam rijit diyafram (Şekil 3.20), oluşabilecek yatay yük değerleri aralığında eğilmesi ve bükülme etkilerine bağlı olarak gelen yükü diğer taşıyıcı sistemlerine aktarır. Eğer döşeme tam rijitse yatay düzlemde eğilme ve bükülme olmadan hareket eder ve diğer taşıyıcılara aktarır. X ve y eksenlerinde oluşan yükler doğrusal olarak yer değiştirme, z eksenindeki ise açılmal yer

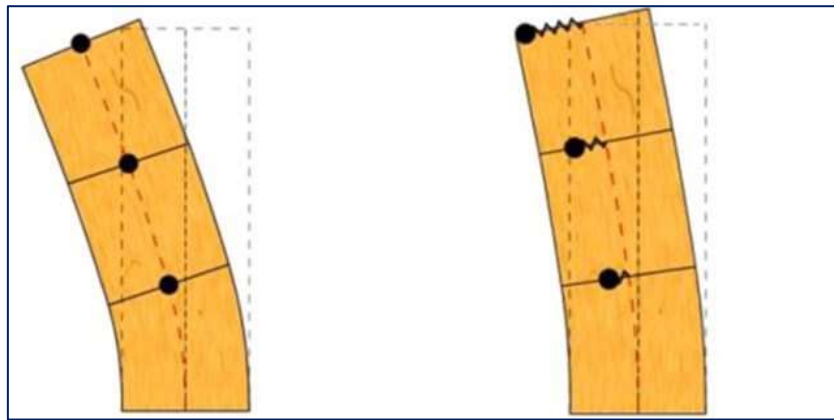
değiştirme yaptığı kabul edilir. Tam rijit diyafram hesabında düzlem içi rijitliklerinin çok büyük olduğu kabul edilir. Döşeme düzlem içi hareketin yok olduğu varsayılır (Özpınar, 2006).



Şekil 3.20. Tam rijit diyafram (Özpınar, 2006)

3.15.2. Yarı rijit diyafram

Yarı rijit diyafram döşemelerde (Şekil 3.21), rijitliklerinin göz önüne alınıp yapılması istenen döşemelerin sonlu elemanlar metodu ile modellenmesi düzlem içi gerilmelerin ve hareketin oluşabileceği diyafram kabulü yapılır. Eğer döşeme yarı rijitse yatay yük altında döşeme az da olsa eğilip bükülebilir ve kuvvet aktarımı tam gerçekleşmez (Özpınar, 2006).



Şekil 3.21. Yarı rijit diyafram (Özpınar, 2006)

3.15.3. Rijit diyaframın ve yarı rijit diyaframın binanın periyoduna etkisi

Taşıyıcı sistemi üzerinde modelleme yapılırken diyaframların (döşeme) rijit alınması ya da yarı rijit alınması çok önemlidir. Diyaframlara gelebilecek yüklerin rijit alınması sistemsel yapıyı oldukça azaltırken yarı rijit diyafram kabulünde ise fazla çıkmasına neden olur. Bu durumun yapıdaki deprem kuvvetlerinin büyüklüğüne etkisi çoktur. Bunu şöyle anlatmak gerekirse, periyot büyürse spektrumda görülen deprem kuvveti de azalır. Periyot küçülürse de sistem rijit hale gelmiş sayılır ve deprem kuvvetleri artar. Eğer siz rijit diyafram kabulü yapmışsanız, yapıda oluşacak deprem kuvvetleri artacak demektir. Eğer siz yarı rijit diyafram kabulü yapmışsanız ise yapınızda az da olsa daha düşük deprem kuvvetleri oluşacaktır. Kabulden ziyade gerçekte durum ne ise o kabulü yapmak daha doğru sonuçlar doğurur. Yarı rijit diyafram kabulünde ise kiriş mesnet donatıları dahi hemen hemen yarı yarıya azalmış olur. Çünkü burada ele alınacak deprem kuvvetlerinin daha az olduğu söylenir. Dolayısıyla daha az donatı gerekir. Tam rijit diyafram kabulünde ise, özellikle mesnet donatıları yarı rijit diyaframa göre çok fazla olması sağlanır. Bu açıklamalardan görüleceği gibi, tam rijit ya da yarı rijit diyafram kabulleri bilinçsiz olarak yapılmamalı, sistem neyse o değerler göz önüne alınmalıdır. Daha az deprem kuvveti çıkıyor olması ve daha az donatı kullanımı ile yarı rijit diyafram kabulü yapmak doğru olmaz. Deprem yönetmeliğine baktığımız zaman ‘sürekli olarak bir yerlerde rijit diyafram olarak çalışan döşemelerde’ ifadesi ele alınmıştır. Karar vermemiz gereken şey ne zaman ne yapacağımız ve hangi durumda yarı rijit hangi durumda tam rijit kabulü yapmamız gerektiğidir (Özpınar, 2006).

3.16. Süneklik Düzeyi ve Depremi Yapılara Etkisi

Süneklik düzeyi yapıda oluşabilecek hareketi ve dayanımındaki güç azalmalarına yetebilecek deformasyonlar yapabiliyor olmasıdır. Yapılacak tasarımlarda plastik mafsallık şeklinde ele alınmıştır. Plastik davranan yapıda hasar olması normaldir ancak göçme olmaması lazım bundan dolayı süneklik kavramı çok önemli bir yere sahiptir. Süneklik, bir malzemenin, kesitin, elemanla birlikte taşıyıcı elemanlarının gerilmedeki hareketidir (Şekil 3.22).

Betonarmenin sünek olması için: Kirişlerde sünek kırılma esaslarına kesinlikle uyulmalı ve kirişlerde önce moment kırılması oluşması (moment kırılması sünek kırılmadır) sağlanmalı dolayısıyla önce kesme kırılmasının meydana gelmesi önlenmelidir (Kesme kırılması gevrek

kırılmadır). Kolonlarda aşırı gevrek kırılma kesinlikle önlenmeli, kolonların ve kolon-kiriş birleşim bölgelerinin kesme güvenliği sağlanmalı, enine donatıya gereken önem verilmelidir. Detaylara gereken önem verilmelidir (Cumhur,2017).



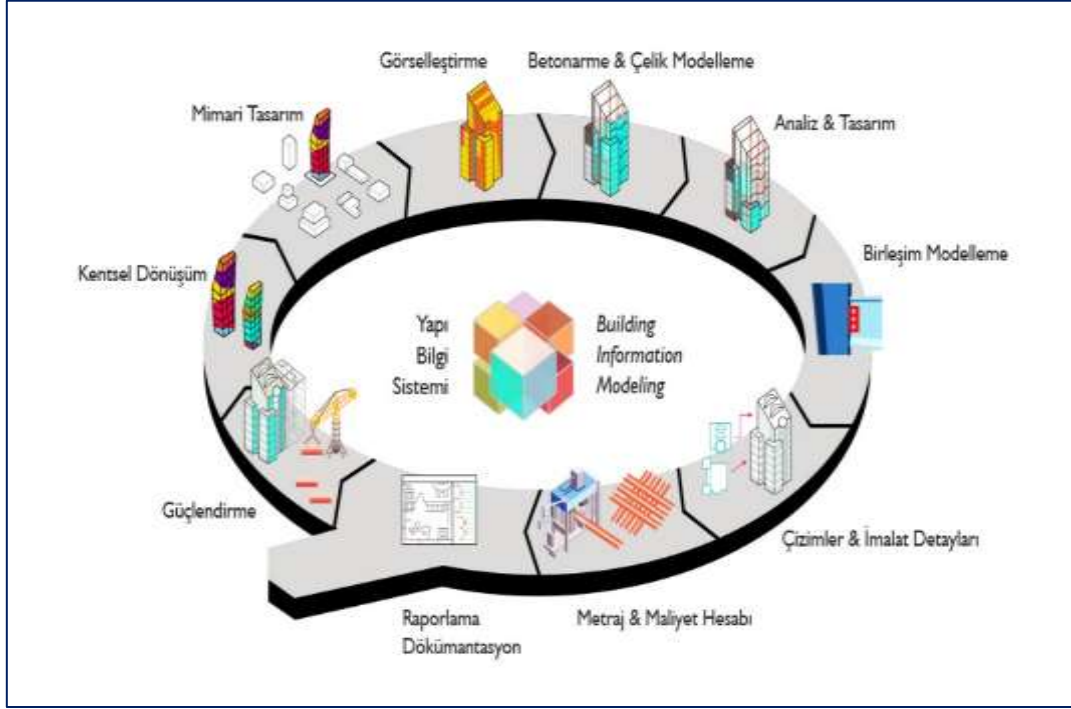
Şekil 3.22. Süneklik etkisi (Cumhur, 2017)

3.17. İdecad

İdecad programı betonarme ve çelik yapı sistemlerinin tasarımını ve analizini yapan aynı zamanda istenilen çizimleri vererek kullanıcıya büyük kolaylık sağlayan paket programdır. Programda kat sayısı fark etmeksizin katlar tamamen rijit diyafram, yarı rijit diyafram ya da rijit diyaframsız olarak çözülebilmektedir. Ayrıca programda endüstriyel betonarme yapı sistemleri, nervür ya da kaset döşemesi olan sistemler, tünel kalıp olarak tasarlanan yapılar ile A2 ve A3 düzensizliğine sahip sistemlerin modellenmesi TBDY 2018'e göre kolaylıkla yapılabilmektedir. Çubuk elemanlarla birlikte, aynı çalışma içine tanımlanmış kabuk elmanlar kullanılabilmektedir (www.idestatik.com).

İdecad Statik; yapı sistemlerinin hazırlanması, modellenmesi, sonlu elemanların çözüm analizi, yönetmeliğe uyum bilgisine göre tasarımı, performansının değerlendirme çalışmaları ve güçlendirilmesi için özel olarak hazırlanmış çok kapsamlı ve çözümleme hesapların yapıldığı bilgisayar destekli bir paket programıdır. Betonarme çelik ve kompozit yapı elemanları üzerinde tek bir model şeklinde kullanılarak, tasarım sürecinizi kolay hale getirir. Betonarme, çelik ya da karma çok katlı yapılar, endüstriyel yapılar ile bina türü belli olmayan

yapılar, deprem yönetmeliğine belirtilen koşullara göre düzenlenerek modellenebilir. İdecad'ın ara yüzü Şekil 3.23'de gösterilmiştir.



Şekil 3.23. İdecad ara yüzü (İdecad, 2023)

Yapının 3 boyutlu modellenmesinde, kullanılması planlanan malzemelerin neler olacağı ve hangilerinin nasıl etki vereceği gibi durumları, malzemede oluşabilecek kayıpları en aza düşürmek için yapılması gerekenleri bununla birlikte, yapının inşaatına başlamadan önce binaya uygun mimari ve statik projelendirme yapılmasını sağlayan bilgisayar destekli bir programdır (Fırarı ve Günaydın, 2021).

4.ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında farklı zemin tiplerinde betonarme yapıların maruz kaldığı yükler, tasarım gereksinimleri ve bu konudaki yönetmelikler ile ilgili hususların belirlenmesi amaçlanmıştır.

Çalışma sahası olarak Batman kenti merkez ilçesi sınırlarında kalan henüz projelendirilmemiş veya inşaat aşamasına geçmiş bir yapının farklı zemin sınıflarındaki tasarım durumu araştırılmıştır.

Bununla birlikte yapının tüm taşıyıcı elemanlarının boyutları ve özellikleri ayrıntılı olarak değerlendirilmiştir. Ülkemizde yaygın olarak kullanılan statik programlardan faydalanılarak modeller oluşturulmuş ve analizler yapılmıştır. Elde edilen modeller ve analizler sonucunda karşılaştırmalar yapıp yorumlanmıştır.

4.1. Çalışma Sahasındaki Yapı ve Zemin Özellikleri

Tez çalışması kapsamında tasarımı yapılacak yapı Batman ili merkez ilçesi 37,925881 enlem 41,144318 boylamda ve Çamlıtepe mahallesi sınırları içerisindedir. Yapının temel boyutları 18,28 m ve 15,36 m olacak şekilde Radye temel tasarlanıp toplam taban oturum alanı 277,567 m² dir. Toplam kat adedi B+Z+4 olmakla birlikte toplam kat yüksekliği ise 21,60 m'dir. Bodrum ve normal kat yüksekliği 3 m çatı katı ise 3,6 m olacak şekilde tasarlanmıştır. Çalışma sahasındaki yapının üç boyutlu görünümü Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Çalışma sahasında yapılan zemin etüt araştırmalarında, yerel zemin sınıfı ZD olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.1. Çalışma sahasındaki yapının üç boyutlu görünümü (SKETCHUP ve PHOTOSHOP programlarından faydalanarak çizilmiştir.)

Yapının konumu Tablo 4.1 ve Tablo 4.2 de, geometrik bilgileri Tablo 4.3’de, kullanılan malzemelerin bilgisi ise Tablo 4.4’de verilmiştir. Yapının temel planı Şekil 4.1’de kalıp planı Şekil 4.2’de ve iki farklı yöndeki kesitleri Şekil 4.3 ve Şekil 4.4’de gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Batman ili için ele alınan yerin konumu

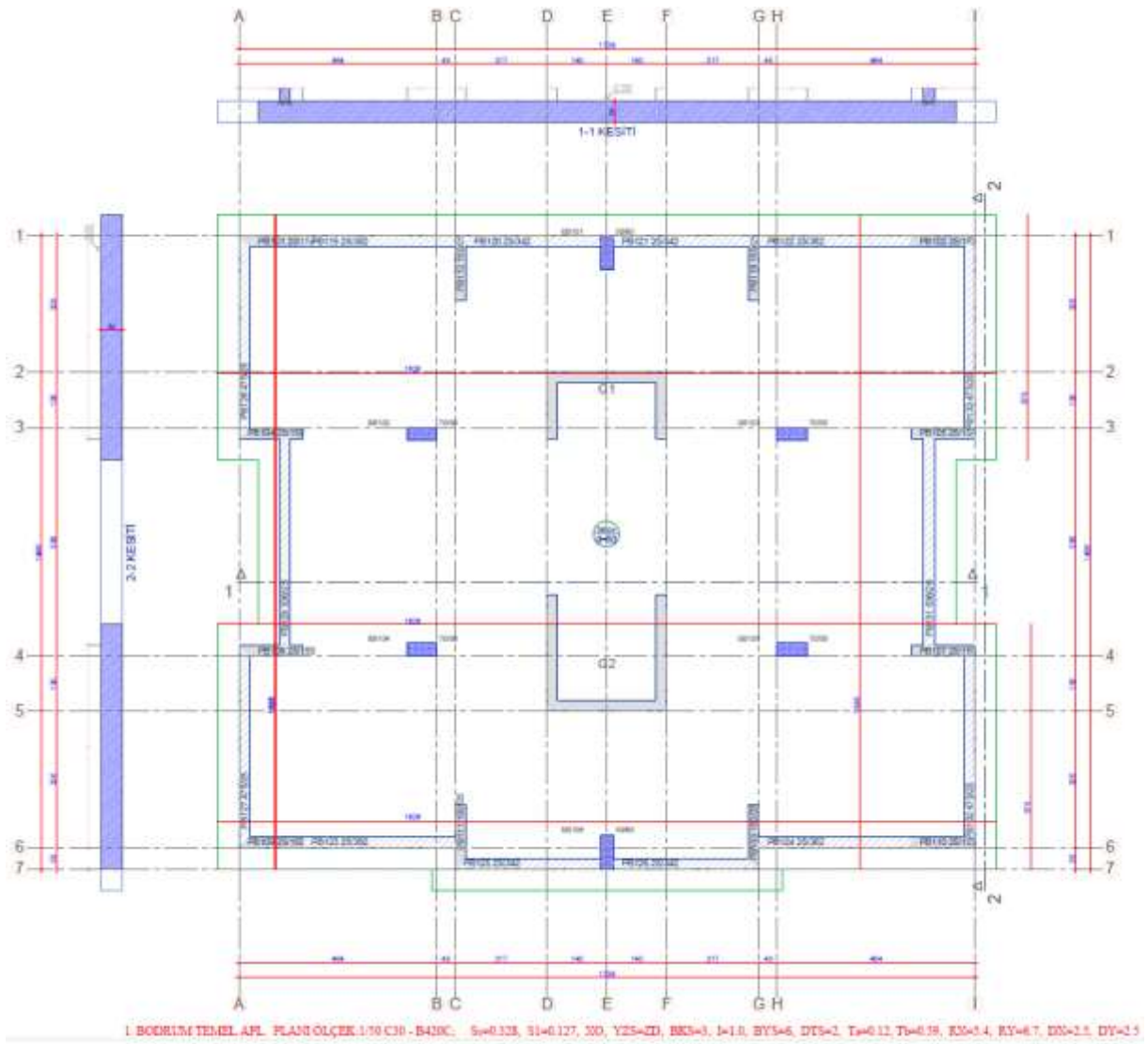
Yapı ili	Batman
Yapı ilçesi	Merkez
Enlem	37.925881
Boylam	41.144318

Tablo 4.2. Yapı geometrik bilgileri

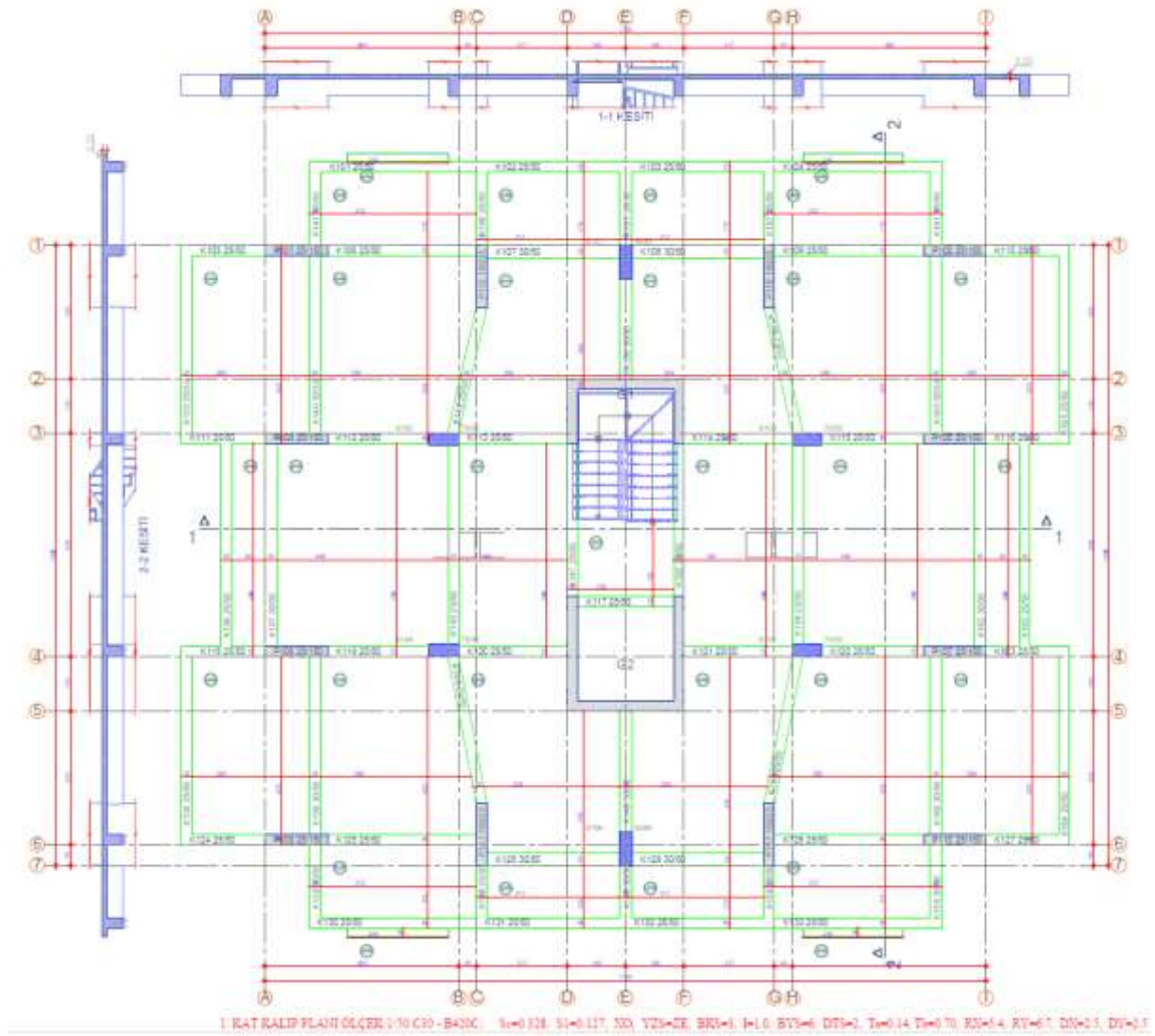
Katsayısı	7
Yapı yüksekliği	21.60 (m)
Rijit bodrum üstü yapı yüksekliği	18.60 (m)
Rijit bodrum katı sayısı	1
Temel boyutları	18,28 m -15,36 m
Maksimum kat yüksekliği	3.60 (m)
Maksimum giriş açıklığı	4.86 (m)
Planlanan kullanım	KONUT
Rijit diyafram sayısı	7

Tablo 4.3. Malzeme bilgisi

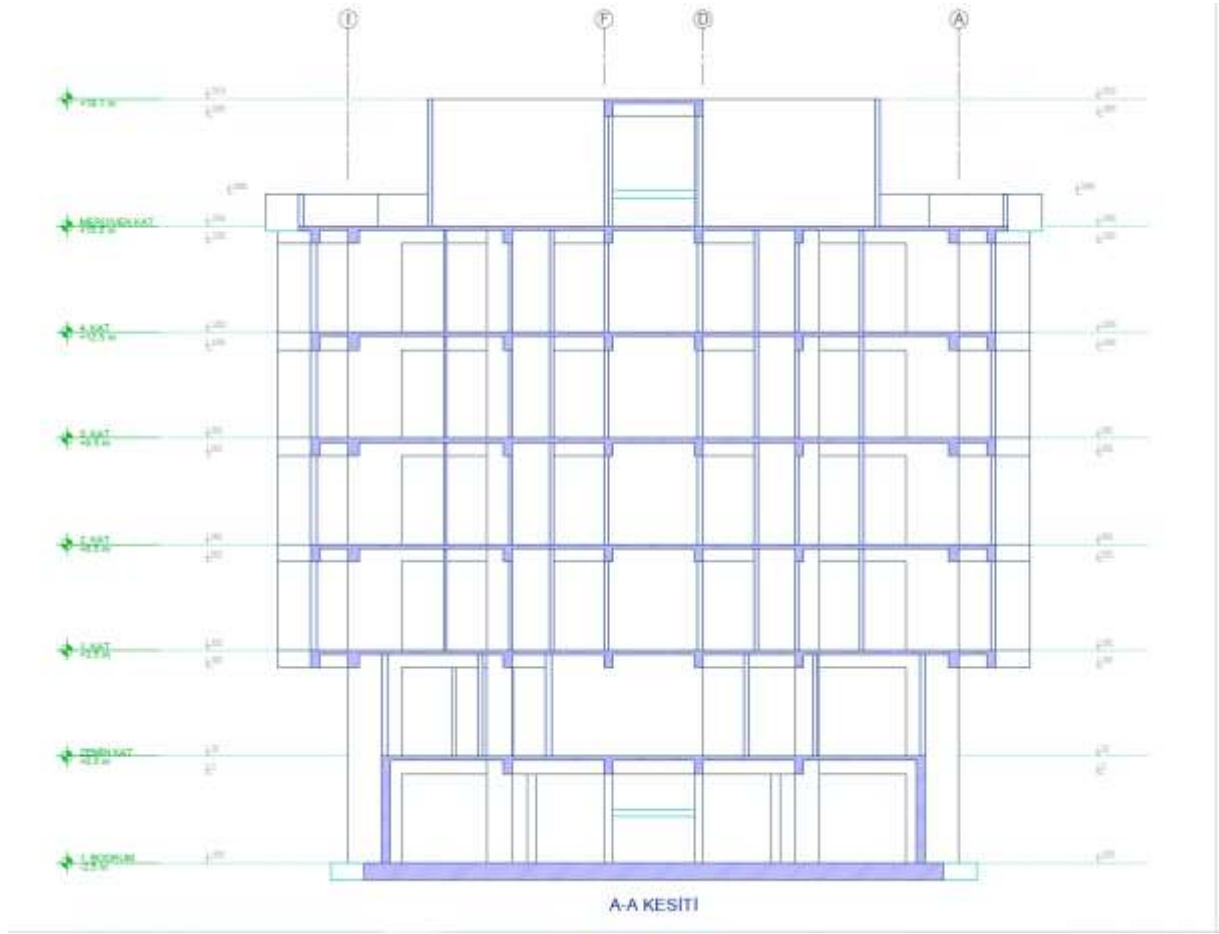
Kolonlar	C30 B420C
Perdeler	C30 B420C
Kirişler	C30 B420C
Döşemeler	C30 B420C
Temeller	C30 B420C
Statik Malzeme Adı	C30 B420C
Betonun Karakteristik Basınç Dayanımı	30 Mpa
Betonun Karakteristik Çekme Dayanımı	195.483 tf/m ²
Beton Güvenlik Katsayısı	1.5
k1 Sabiti	0.82
Eğilme Donatısı Akma Dayanımı	420 Mpa
Etriye Donatısı Akma Dayanımı	420 Mpa
Çelik Güvenlik Katsayısı	1.15
Elastisite Modülü	3242797.807 tf/m ²
Kayma Modülü	1351165.753 tf/m ²
Poisson Oranı	0.2
Birim Ağırlık	2.5 tf/m ³
Isıl Genleşme Katsayısı	1E-05



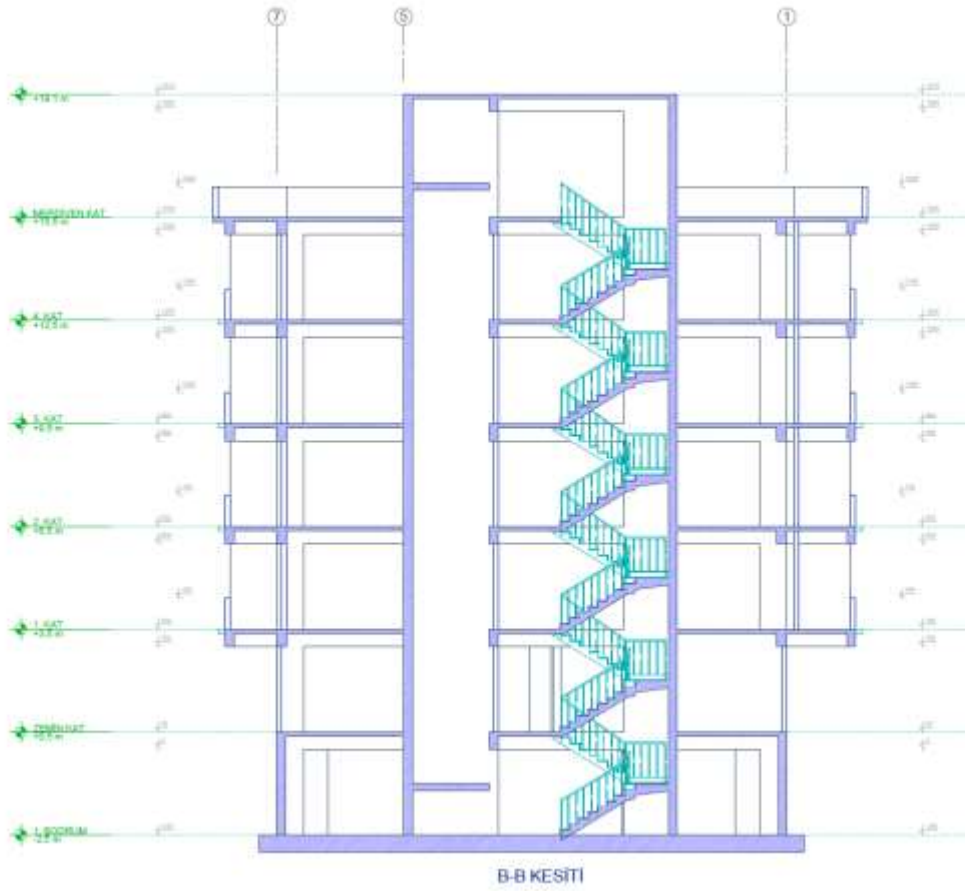
Şekil 4.2. ZD zemin sınıfına ait temel planı (AUTOCAD programından faydalanarak çizilmiştir)



Şekil 4.3. ZD zemin sınıfına ait Kalıp planı (AUTOCAD programından faydalanarak çizilmiştir)



Şekil 4.4. Yapının A-A kesiti (AUTOCAD programından faydalanarak çizilmiştir)



Şekil 4.5.Yapının B-B kesiti (AUTOCAD programından faydalanarak çizilmiştir)

4.2. Farklı Zemin Sınıflarına Göre Taşıma Gücü ve Yatak Katsayısı Belirleme

Çalışma sahasındaki yapı sırasıyla ZB, ZC, ZD ve ZE zemin sınıflarına göre değerlendirildiğinde, zemin taşıma gücü 50 t/m^2 , 31 t/m^2 , $29,01 \text{ t/m}^2$, 26 t/m^2 ve yatak katsayısı değerleri 2800 t/m^3 , 1736 t/m^3 , 1625 t/m^3 , 1456 t/m^3 olarak hesaplanmıştır. Tablo 4.4’de hesaplama sonuçları verilmiştir.

Tablo 4.4. Zemin sınıflarına göre taşıma gücü ve yatak katsayısı değerleri

Zemin sınıfı	Taşıma gücü (t/m^2)	Yatak katsayısı (t/m^3)
ZB	50 t/m^2	2800 t/m^3
ZC	31 t/m^2	1736 t/m^3
ZD	$29,01 \text{ t/m}^2$	1625 t/m^3
ZE	26 t/m^2	1456 t/m^3

Ele aldığımız bina konut olarak kullanılacağı için, TBDY (2018)'e göre bina kullanım sınıfı (BKS) 3 dır ve Tablo 4.5'de gösterildiği üzere bina kullanım sınıfına göre bina önem katsayısı (I) 1 olarak seçilmiştir.

ZB ve ZC zemin sınıfı için harita spektral ivme katsayılarından kısa periyot tasarım spektral ivme (Sds) değeri 0,33-0,5 arasında bir değer olduğu için Tablo 4.7'de gösterildiği üzere Deprem Tasarım Sınıfı (DTS) 3, ZD ve ZE zemin sınıfları için ise kısa periyot tasarım spektral ivme (Sds) değeri 0,5- 0,75 arasında bir değer olduğu için Tablo 4.15'da gösterildiği üzere Deprem Tasarım Sınıfı (DTS) 2 olarak seçilmiştir.

Tablo 4.5. Bina önem katsayısı (TBDY, 2018'den faydalanılarak hazırlanmıştır)

Bina Kullanım Sınıfı	Binanın Kullanım Amacı	Bina Önem Katsayısı (I)
BKS = 1	Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) b) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. c) Müzeler d) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
BKS = 2	İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Alışveriş merkezleri, spor tesisleri, sinema, tiyatro, konser salonları, ibadethaneler, vb.	1.2
BKS = 3	Diğer binalar BKS=1 ve BKS=2 için verilen tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.)	1.0

Tablo 4.6. ZD-ZE için deprem tasarım sınıfları (TBDY, 2018'den faydalanılarak hazırlanmıştır)

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

Tablo 4.7. ZB-ZC için bina yükseklik sınıfları ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik aralıkları (TBDY, 2018'den faydalanılarak hazırlanmıştır)

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

Tablo 4.8. Bina performans hedefi-değerlendirme/tasarım yaklaşımı (TBDY, 2018'den faydalanılarak hazırlanmıştır)

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1, 1a ⁽¹⁾ , 2, 2a ⁽¹⁾ , 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a ⁽²⁾ , 2a ⁽²⁾	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT ⁽⁵⁾	KH	DGT ^(3,4)
DD-1	—	—	KH	ŞGDT

Tablo 4.9. Bina bilgileri

Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DD-2
Normal Performans Hedefi	Kontrollü Hasar
Değerlendirme / Tasarım Yaklaşımı	Dayanıma Göre Tasarım
Diyafram Tipi	Yarı Rijit
Bina Sistemi	Betonarme
Döşeme Tipi	Kirişli ya da Kaset Döşeme
Süneklik Düzeyi	Yüksek

Tablo 4.10. X yönündeki R-D-BYS ilişkisi (TBDY, 2018'den faydalanılarak hazırlanmıştır)

Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R	Dayanım Fazlalığı Katsayısı D	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları BYS
A. YERİNDE DÖKME BETONARME BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
A1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
A15. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	7	2.5	$BYS \geq 2$

Tablo 4.11. Y yönündeki R-D-BYS ilişkisi (TBDY, 2018'den faydalanılarak hazırlanmıştır)

Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R	Dayanım Fazlalığı Katsayısı D	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları BYS
A. YERİNDE DÖKME BETONARME BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
A1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
A15. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	7	2.5	$BYS \geq 2$

4.3. ZB ve ZC Zemin Sınıflarına Göre Deprem Parametreleri

Çalışma sahasındaki yapı için ZB ve ZC zemin sınıflarına göre kullanılan deprem parametreleri Tablo 4.12'de verilmiştir.

Tablo 4.12. ZB ve ZC zemin sınıfına ait deprem parametre değerleri

Bina önem katsayısı	1
Bina kullanım sınıfı	3
Taşıyıcı sistem davranış katsayısı(girilen) (x/y)	7/7
Taşıyıcı sistem davranış katsayısı(seçilen) (x/y)	5.36/6.7
Dayanım fazlalığı katsayısı	2.5/2.5
Eksantriste oranı	0.05
Süneklik oranı	Yüksek
Deprem yer hareketi düzeyi	DD2
Deprem tasarım sınıfı (DTS)	3
Bina yükseklik sınıfı (BYS)	7
Normal performans düzeyi	Kontrollü hasar
Değerlendirme/tasarım yaklaşımı	Dayanıma göre tasarım

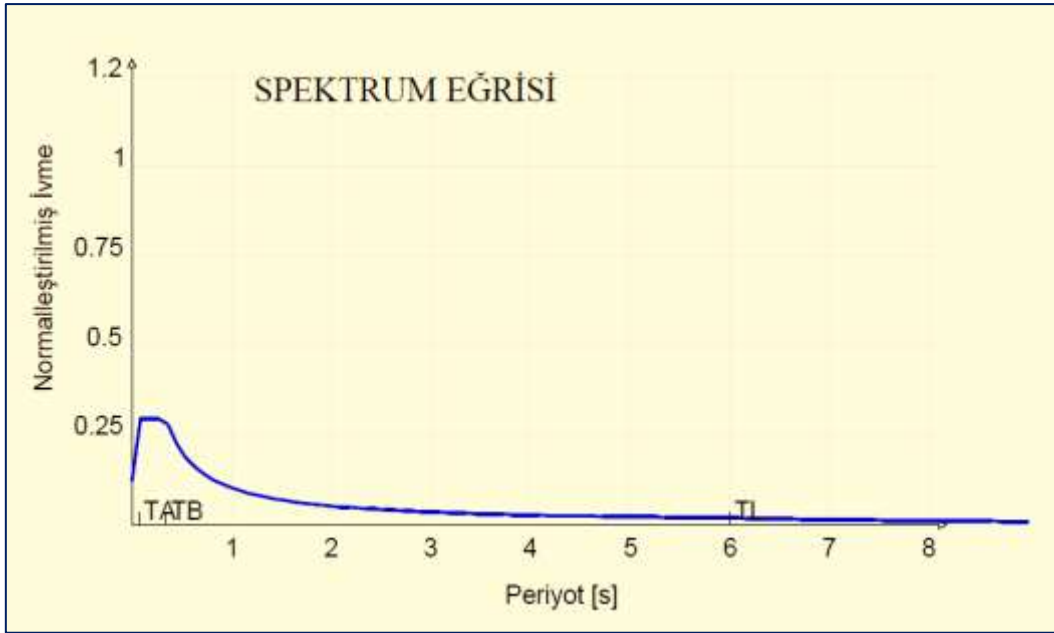
4.4. ZB ve ZC Zemin Sınıflarına Göre Zemin Parametreleri

Çalışma sahasındaki yapı için ZB ve ZC zemin sınıflarına göre kullanılan zemin parametreleri Tablo 4.13 ve Tablo 4.14’de verilmiştir. Bu parametrelerle oluşturulan spektrum eğrisi ise Şekil 4.6 ve Şekil 4.8’ de gösterilmiştir.

Spektrum eğrilerinde yapıya etki eden ivme değeri gösterilmektedir. $F=m.a$ formülünden de anlaşılacağı gibi yapıya etki eden kuvveti hesaplamada yapının ivmesi ve kütlesi etkilidir, yapıya etki eden kütle aynı olduğu için yapıya gelen ivme ne kadar fazla ise yapıda oluşacak kuvvette o kadar fazla olur ve yapı deprem anında daha fazla zorlanmış olur.

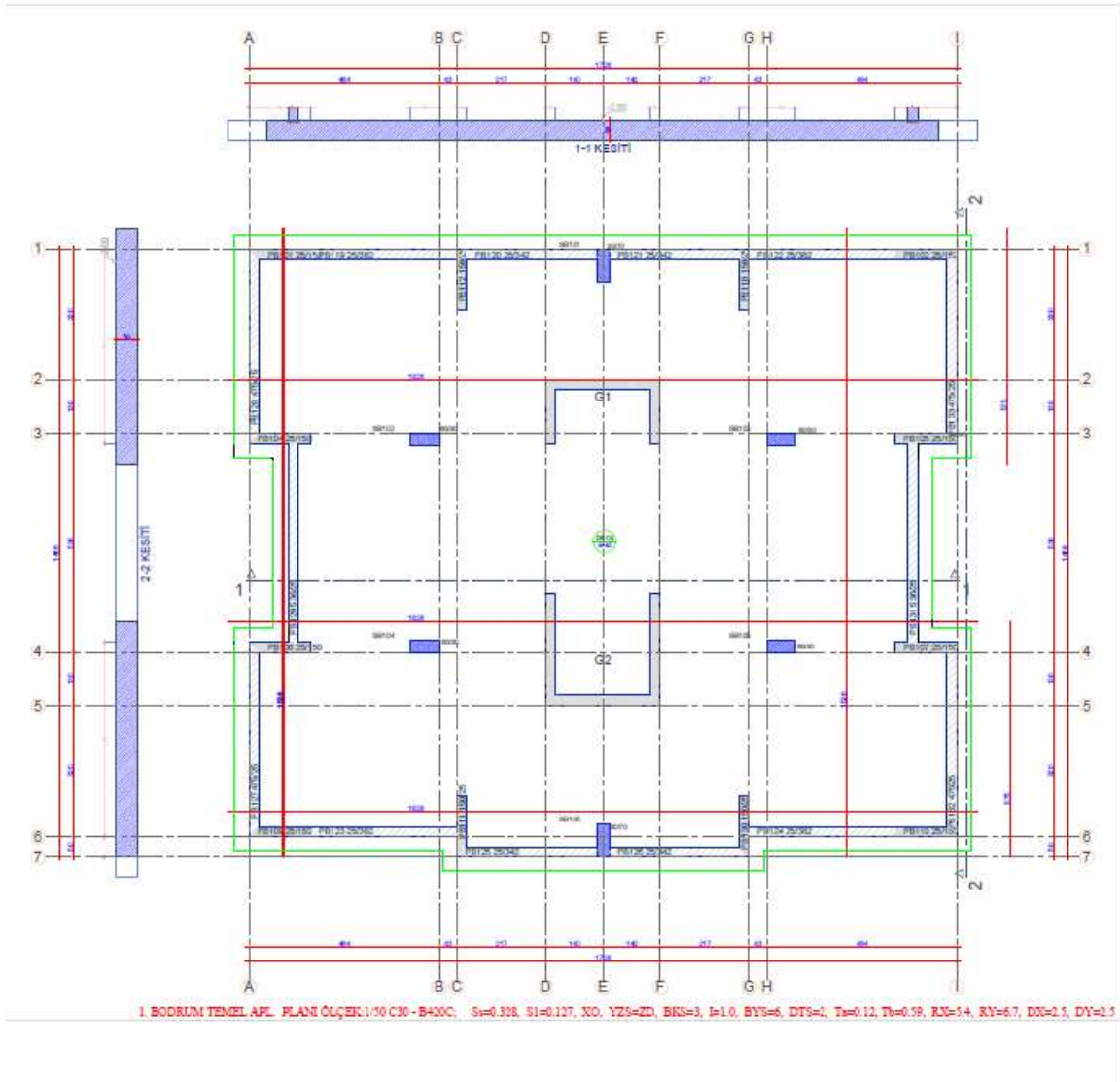
Tablo 4.13. ZB zemin sınıfına ait zemin parametreleri

Zemin Tipi	ZB
Spektrum Karakteristik Periyotları	Ta : 0.069, Tb : 0.344
Zemin taşıma gücü	50.00 [tf/m²]
Yatak Katsayısı	2800 [tf/m³]
Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı (Ss)	0.328
1,0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı (S1)	0.127
Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (SDs)	0.3452
1,0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı (SD1)	0.1016
En Büyük Yer İvmesi (g) (PGA)	0.146
En Büyük Yer Hızı (PGV)	10.025



Şekil 4.6. ZB zemin sınıfına ait spektrum eğrisi

Ele aldığımız yapıda yerel zemin sınıfı ZD dir. Aynı yapı için ZB zemin sınıfına göre yapılan analizler sonucunda, normal ampatman değeri 50 cm iken 35 cm'e kadar düşürülmüş ve kolon boyutları da minimum olacak şekilde hesaplanarak daha küçük boyutları sağladığı görülmüştür (Şekil 4.7). Dolayısıyla maliyet analizlerinin de daha tutarlı sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

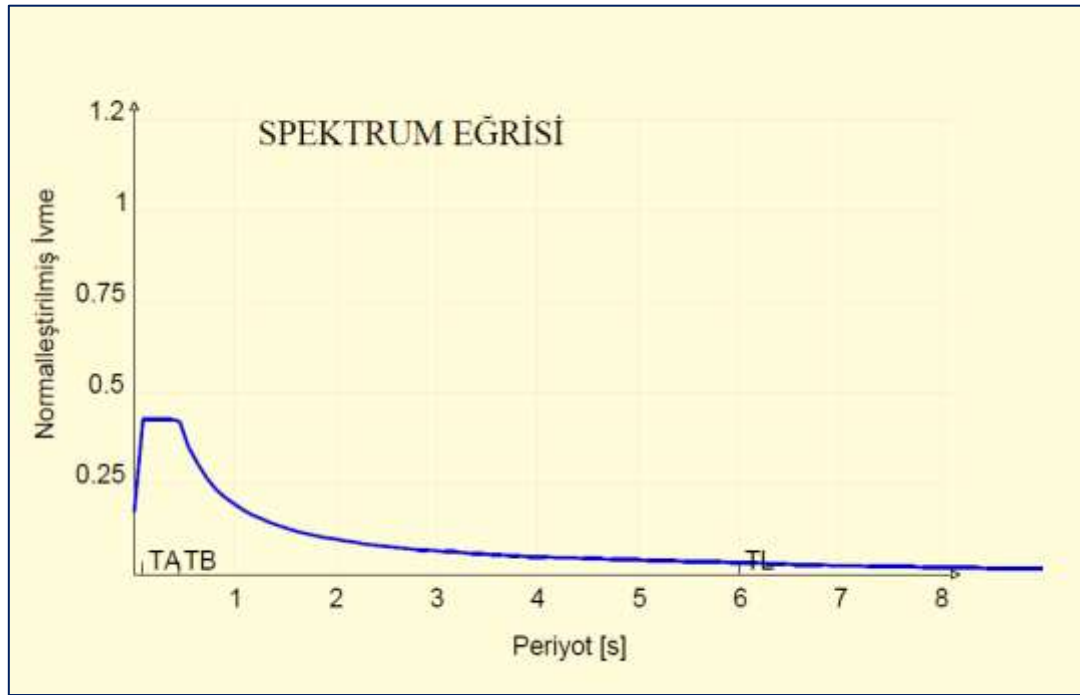


Şekil 4.7. ZB zemin sınıfına ait temel planı

Ele aldığımız yapıda, yerel zemin sınıfı ZD dir. Yapılan analizlerde elde edilen parametrelerle oluşturulan spektrum eğrisi ise Şekil 4.8’de gösterilmiştir. Aynı yapı için ZC zemin sınıfına (Tablo 4.14) göre yapılan analizler sonucunda, normal ampatman değeri 50 cm iken 40 cm’e kadar düşürülmüş ve kolon boyutları da minimum olacak şekilde hesaplanarak daha küçük boyutları sağladığı görülmüştür (Şekil 4.9) Dolayısıyla maliyet analizlerinin de daha tutarlı sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

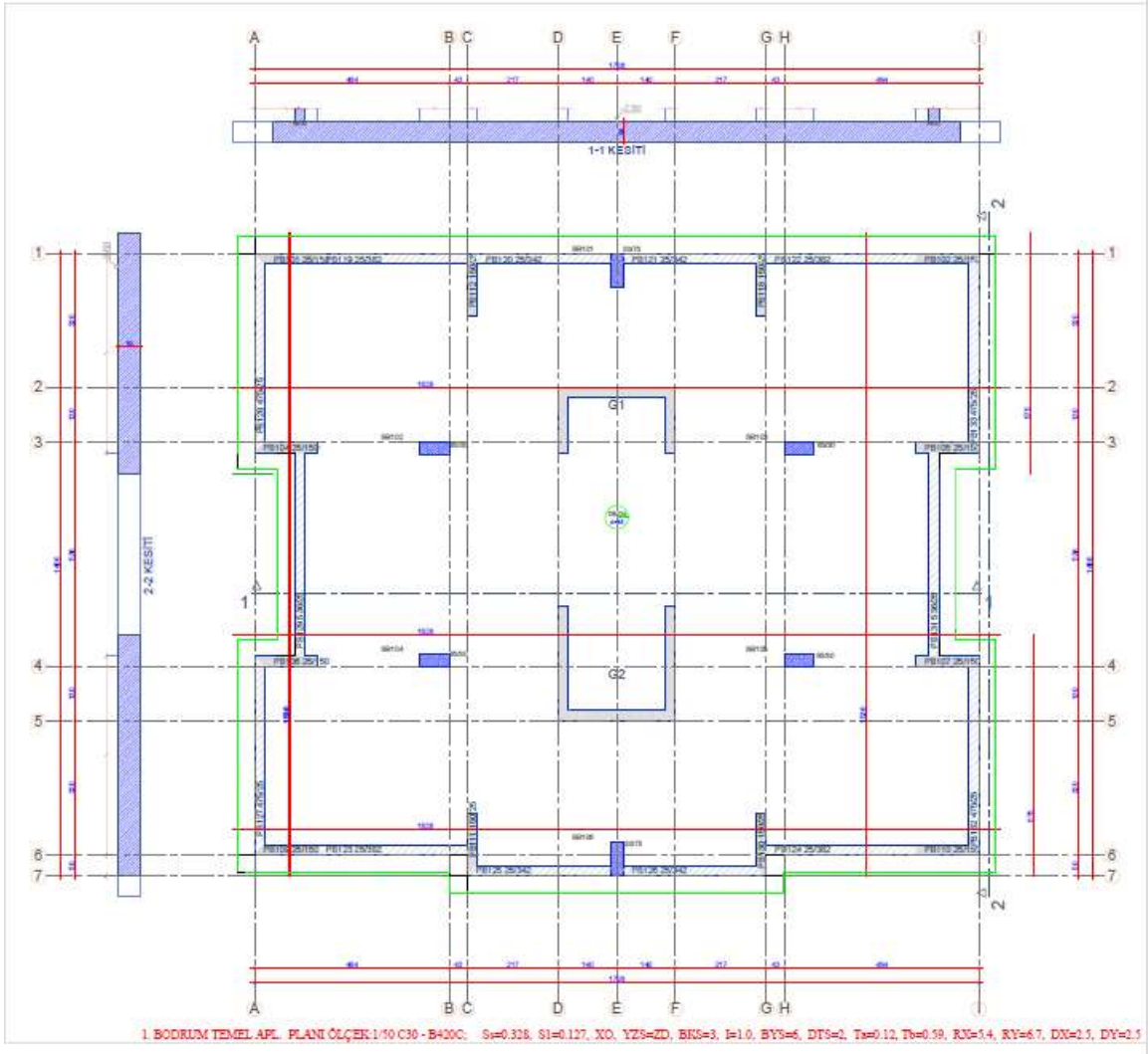
Tablo 4.14. ZC zemin sınıfına ait zemin parametreleri

Zemin Tipi	ZC
Spektrum Karakteristik Periyotları	Ta: 0.089, Tb: 0.447
Zemin taşıma gücü	33.56 [tf/m ²]
Yatak Katsayısı	1736 [tf/m ³]
Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı (Ss)	0.328
1,0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı (S1)	0.127
Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (SDs)	0.4264
1,0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı (SD1)	0.1905
En Büyük Yer İvmesi (g) (PGA)	0.146
En Büyük Yer Hızı (PGV)	10.025



Şekil 4.8. ZC zemin sınıfına ait spektrum eğrisi

Spektrum eğrilerine bakıldığında, ZB zemin sınıfına gelen ivme değeri $0,3452 \text{ m/s}^2$ ve ZC zemin sınıfına gelen ivme değeri ise $0,4264 \text{ m/s}^2$ olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçtan da anlaşılacağı üzere, ZC zemin sınıfına gelen deprem kuvvetleri, ZB zemin sınıfından daha fazladır dolayısıyla ZC zemin sınıfı deprem durumunda daha fazla zorlanmış olacaktır.



Şekil 4.9. ZC zemin sınıfına ait temel planı

Tablo 4.15. ZD-ZE için deprem tasarım sınıfları

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

Tablo 4.16. ZD-ZE için bina yükseklik sınıfları ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik aralıkları

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

4.5. ZD ve ZE Zemin Sınıflarına Göre Deprem Parametreleri

Çalışma sahasındaki yapı için ZD ve ZE zemin sınıflarına göre kullanılan deprem parametreleri Tablo 4.17’de verilmiştir. Bu parametrelerle oluşturulan spektrum eğrisi ise Şekil 10’da gösterilmiştir.

Tablo 4.17. ZD-ZE için deprem parametreleri

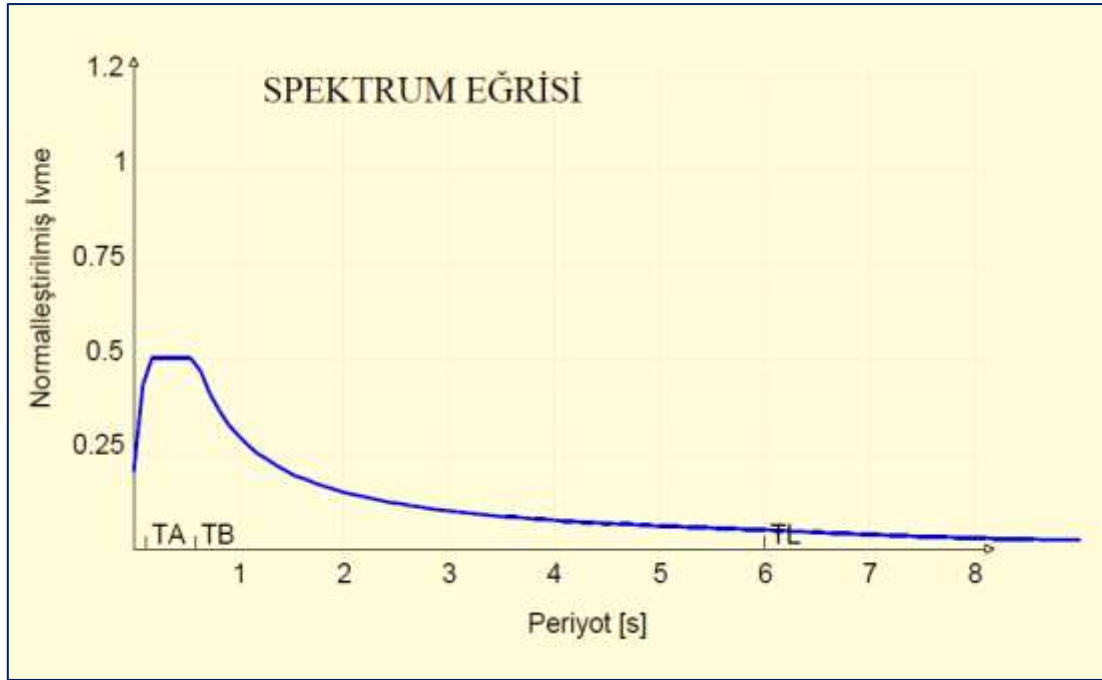
Bina önem katsayısı	1
Bina kullanım sınıfı	3
Taşıyıcı sistem davranış katsayısı(girilen) (x/y)	7/7
Taşıyıcı sistem davranış katsayısı(seçilen) (x/y)	5.36/6.7
Dayanım fazlalığı katsayısı	2.5/2.5
Eksantriste oranı	0.05
Süneklik oranı	Yüksek
Deprem yer hareketi düzeyi	DD2
Deprem tasarım sınıfı (DTS)	2
Bina yükseklik sınıfı (BYS)	6
Normal performans düzeyi	Kontrollü hasar
Değerlendirme/tasarım yaklaşımı	Dayanıma göre tasarım

4.6. ZD ve ZE Zemin Sınıflarına Göre Zemin Parametreleri

Çalışma sahasındaki yapı için ZB ve ZC zemin sınıflarına göre kullanılan zemin parametreleri Tablo 4.18 ve Tablo 4.19’da verilmiştir. Bu parametrelerle oluşturulan spektrum eğrisi ise Şekil 4.10 ve Şekil 4.11’de gösterilmiştir.

Tablo 4.18. ZD zemin sınıfı için zemin parametreleri

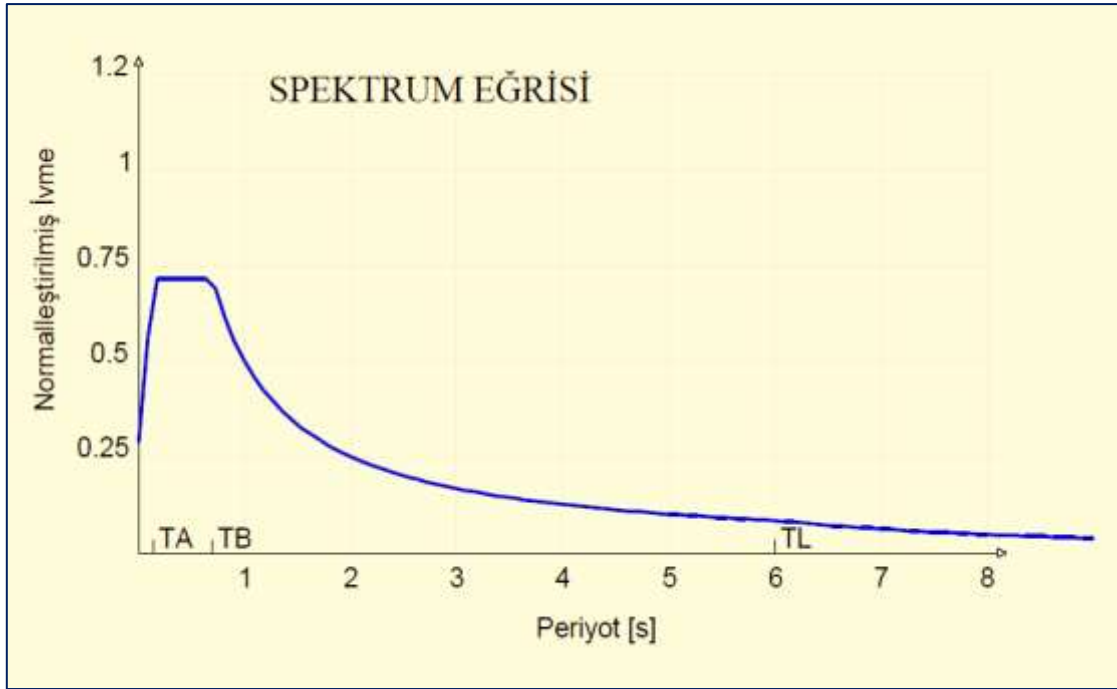
Zemin Tipi	ZD
Spektrum Karakteristik Periyotları	Ta: 0.118, Tb: 0.591
Zemin tasıma gücü	29.01 [tf/m ²]
Yatak Katsayısı	1625 [tf/m ³]
Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı (Ss)	0.328
1,0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı (S1)	0.127
Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (SDs)	0.504333
1,0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı (SD1)	0.297942
En Büyük Yer İvmesi (g) (PGA)	0.146
En Büyük Yer Hızı (PGV)	10.025



Şekil 4.10. ZD zemin sınıfına ait spektrum eğrisi

Tablo 4.19. ZE zemin sınıfına ait zemin parametreleri

Zemin Tipi	ZE
Spektrum Karakteristik Periyotları	Ta: 0.140, Tb: 0.702
Zemin taşıma gücü	26.70 [tf/m ²]
Yatak Katsayısı	1495.20 [tf/m ³]
Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı (Ss)	0.328
1,0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı (S1)	0.127
Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (SDs)	0.715565
1,0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı (SD1)	0.502539
En Büyük Yer İvmesi (g) (PGA)	0.146
En Büyük Yer Hızı (PGV)	10.025

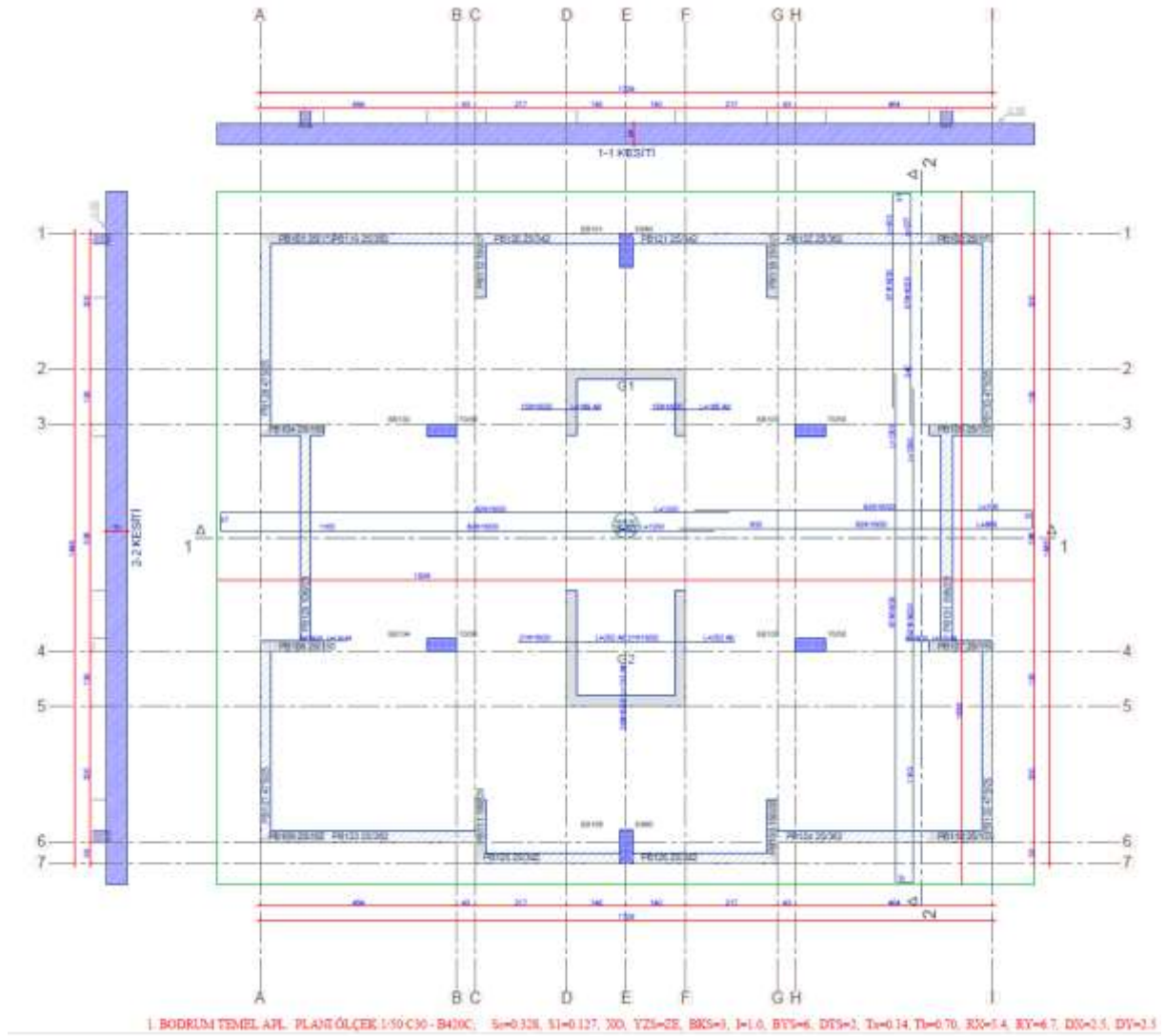


Şekil 4.11. ZE zemin sınıfına ait spektrum eğrisi

Spektrum eğrilerine göre, ZD zemin sınıfına gelen ivme değeri $0,5043 \text{ m/s}^2$ ve ZE zemin sınıfına gelen ivme değeri ise $0,7155 \text{ m/s}^2$ olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlardan da anlaşılacağı üzere, ZE zemin sınıfına gelen deprem kuvvetleri ZD zemin sınıfından daha fazladır ve ZE zemin sınıfı deprem durumunda daha fazla zorlanmış olacaktır. Ele aldığımız yapıda yerel zemin sınıfı ZD dir. Aynı yapı için ZE zemin sınıfına göre yapılan analizler sonucunda Tablo 4.20’de gösterilen hatalar saptanmıştır. Bu hataları çözümlemek üzere, normal ampatman değeri 50 cm iken 100 cm’e kadar çıkarılmış (Şekil 4.12) ve kolon boyutları da minimum olacak şekilde hesaplanarak daha büyük boyutları sağladığı görülmüştür. Dolayısıyla maliyet analizlerinin de daha maliyetli sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Tablo 4.20. ZE zemin sınıfına ait hata raporları

P08	1. KAT Kesme güvenliği sağlanmıyor
D24	1. BODRUM Zemin taşıma gücü yetersiz
P08	1. KAT Donatı yetersiz



Şekil 4.12. ZE zemin sınıfına ait temel planı

4.7. Metraj

Ele aldığımız tüm zemin sınıfları için, yapıya gelen yükler doğrultusunda yapının boyutlandırmasına göre beton, kalıp ve donatı miktarlarında değişimler görülmüştür, Tablo 4.22 ve Şekil 4.17-Şekil 4.22’de verilmiştir. Şekil 4.13’de görüldüğü üzere, en yüksek beton, kalıp, donatı miktarlarının etkileri ZE ve en düşük ZB zemin sınıfında hesaplanmıştır. Zemin sınıflarının betona göre oransal değerlerine bakıldığında, ZB ve ZC zemin sınıfları oranı 0.9558, ZB ve ZD zemin sınıfları oranı ise 0.9069 olarak hesaplanmıştır. Dolayısıyla, ZC zemin sınıfına göre daha kötü bir zemin sınıfı olan ZD’de elde edilen değerlerin oran olarak düştüğü görülmüştür (Şekil 4.14).

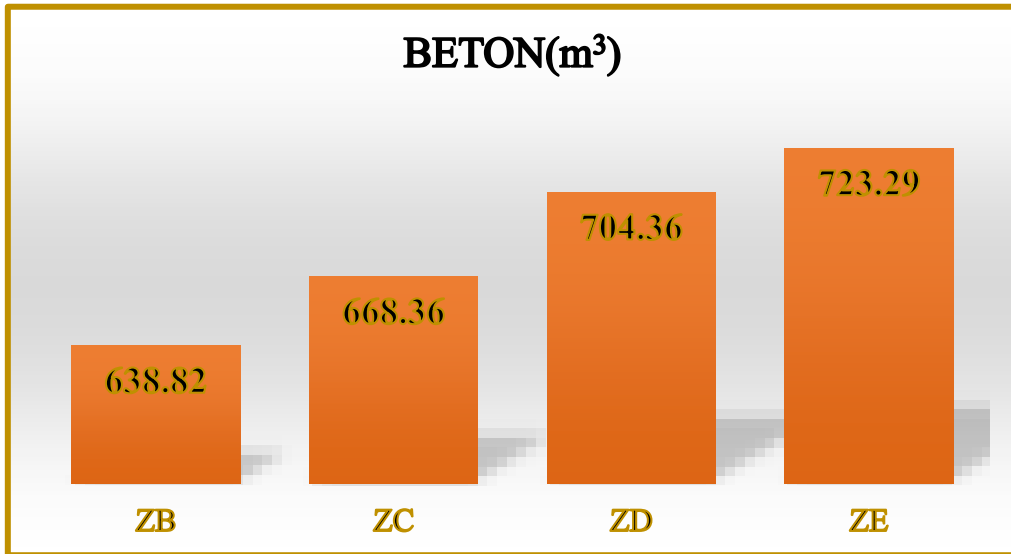
ZB ve ZC zemin sınıfları oranı 0.9558, ZB ve ZE zemin sınıfları oranı ise 0.8832 olarak hesaplanmıştır. Dolayısıyla, ZC zemin sınıfına göre daha kötü bir zemin sınıfı olan ZE’de elde edilen değerlerin oran olarak azaldığı görülmüştür. Buna ek olarak, bu azalma değerinin ZD zemin sınıfı oranındaki azalmadan daha fazla olduğu belirlenmiştir ve buradan çıkarılacak sonuçta ZD zemin sınıfının ZE zemin sınıfına göre düşük beton miktarına sahip olmasıdır (Şekil 4.14). ZC ve ZD zemin sınıfları oranı 0.9488, ZC ve ZE zemin sınıfları oranı ise 0.924 olarak hesaplanmıştır. Dolayısıyla, ZD zemin sınıfına göre daha kötü bir zemin sınıfı olan ZE’de elde edilen değerlerin oran olarak düştüğü görülmüştür (Şekil 4.14). Zemin sınıflarının kalıp’a göre oransal değerlerine bakıldığında, ZB ve ZC zemin sınıfları oranı 0.9938, ZB ve ZD zemin sınıfları oranı ise 0.9886 olarak hesaplanmıştır. Dolayısıyla, ZC zemin sınıfına göre daha kötü bir zemin sınıfı olan ZD’de elde edilen değerlerin oran olarak düştüğü görülmüştür (Şekil 4.16).

Zemin sınıflarının kalıp’a göre oransal değerlerine bakıldığında, ZB ve ZD zemin sınıfları oranı 0.9886, ZB ve ZE zemin sınıfları oranı ise 0.9863 olarak hesaplanmıştır. Dolayısıyla, ZD zemin sınıfına göre daha kötü bir zemin sınıfı olan ZE’de elde edilen değerlerin oran olarak düştüğü görülmüştür. Buna ek olarak, bu azalmanın ZD zemin sınıfındaki azalmadan daha fazla olduğu görülmüştür ve buradan çıkarılacak sonuçta ZD zemin sınıfının ZE zemin sınıfına göre düşük beton miktarına sahip olmasıdır (Şekil 4.16). ZC ve ZD zemin sınıfları oranı 0.9947, ZC ve ZE zemin sınıfları oranı ise 0.9924 olarak hesaplanmıştır. Dolayısıyla, ZD zemin sınıfına göre daha kötü bir zemin sınıfı olan ZE’de elde edilen değerlerin oran olarak düştüğü görülmüştür (Şekil 4.16). Zemin sınıflarının donatıya göre oransal değerlerine bakıldığında, ZB ve ZC zemin sınıfları oranı 0.9071, ZB ve ZD zemin sınıfları oranı ise 0.8662 olarak hesaplanmıştır. Dolayısıyla, ZC zemin sınıfına göre daha kötü bir zemin sınıfı olan ZD’de elde edilen değerlerin oran olarak düştüğü görülmüştür (Şekil 4.18). Zemin sınıflarının kalıp’a göre oransal değerlerine bakıldığında, ZB ve ZD zemin sınıfları oranı 0.8662, ZB ve ZE zemin sınıfları oranı ise 0.7942 olarak hesaplanmıştır. Dolayısıyla, ZD zemin sınıfına göre daha kötü bir zemin sınıfı olan ZE’de elde edilen değerlerin oran olarak düştüğü görülmüştür. Buna ek olarak, bu azalmanın ZD zemin sınıfındaki azalmadan daha fazla olduğu görülmüştür ve sonuçta ZD zemin sınıfı ZE zemin sınıfına göre düşük beton miktarına sahip olması şeklinde açıklanabilir (Şekil 4.18).

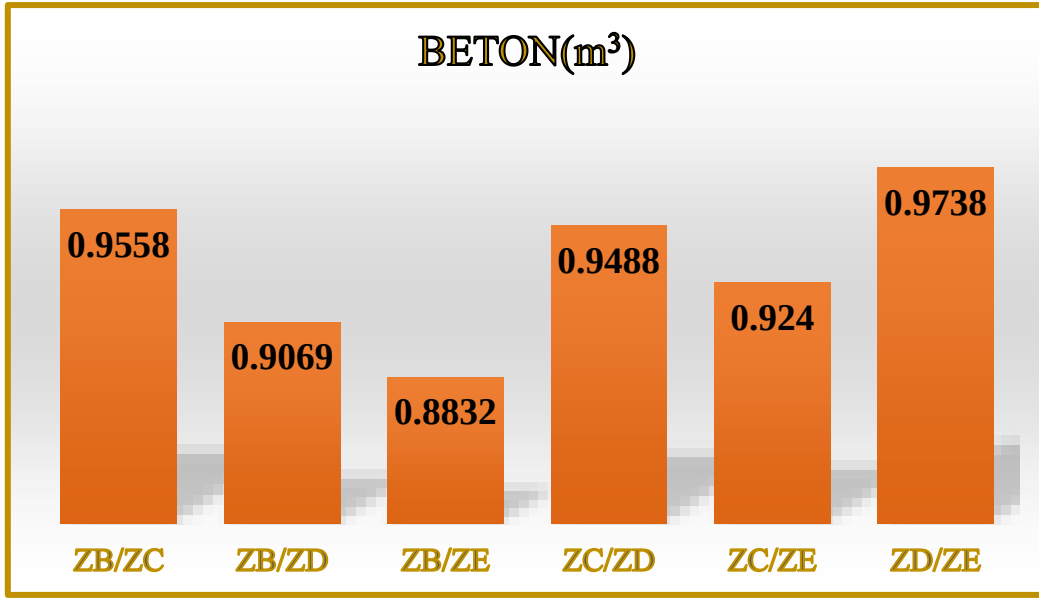
ZC ve ZD zemin sınıfları oranı 0.9549, ZC ve ZE zemin sınıfları oranı ise 0.8756 olarak hesaplanmıştır. Dolayısıyla, ZD zemin sınıfına göre daha kötü bir zemin sınıfı olan ZE’de elde edilen değerlerin oran olarak düştüğü görülmüştür (Şekil 4.18).

Tablo 4.22. Tüm zemin sınıfı durumları için beton- kalıp- donatı metraj değerleri

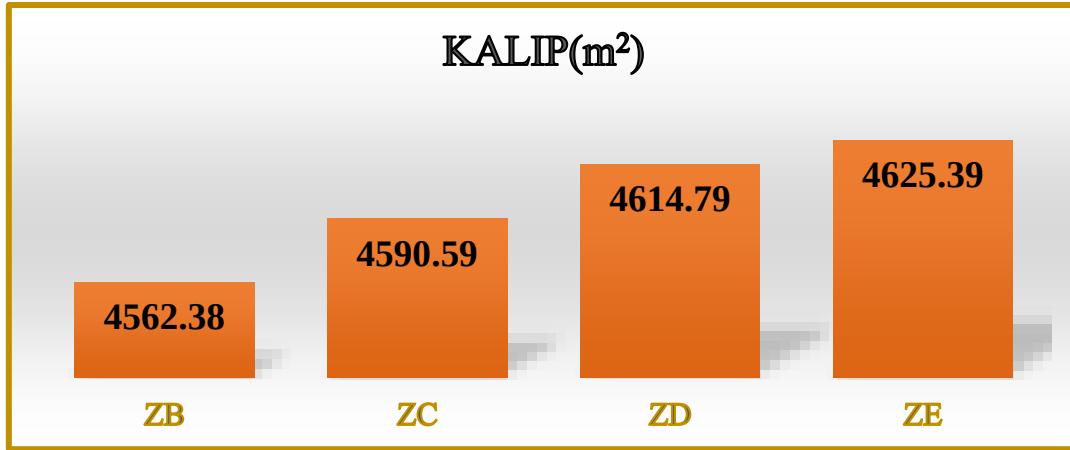
Metraj	Beton (m ³)	Kalıp (m ²)	Donatı kg
ZB	638.82	4562.38	59128. 13
ZC	668.36	4590.59	65181. 48
ZD	704.36	4614.79	68255. 22
ZE	723.29	4625.39	74440. 77



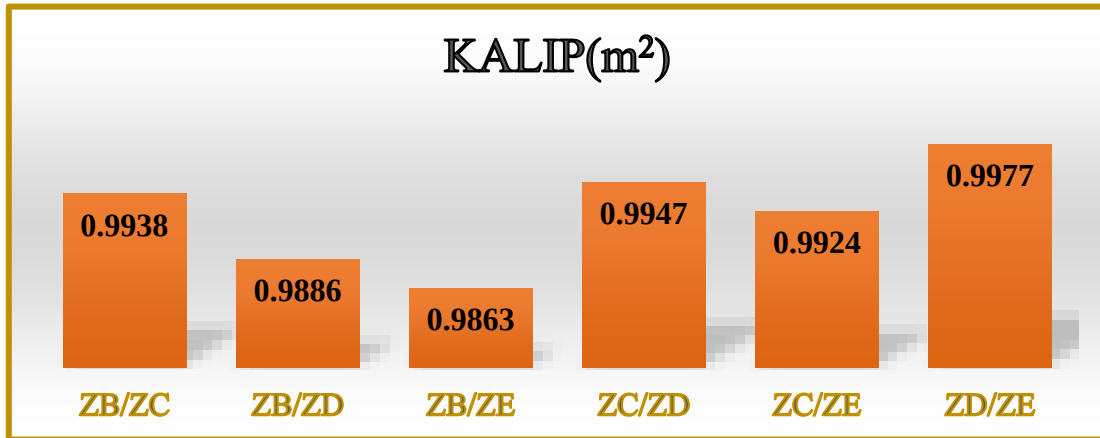
Şekil 4.13. Tüm zemin sınıfı durumları için beton değerleri gösterimi



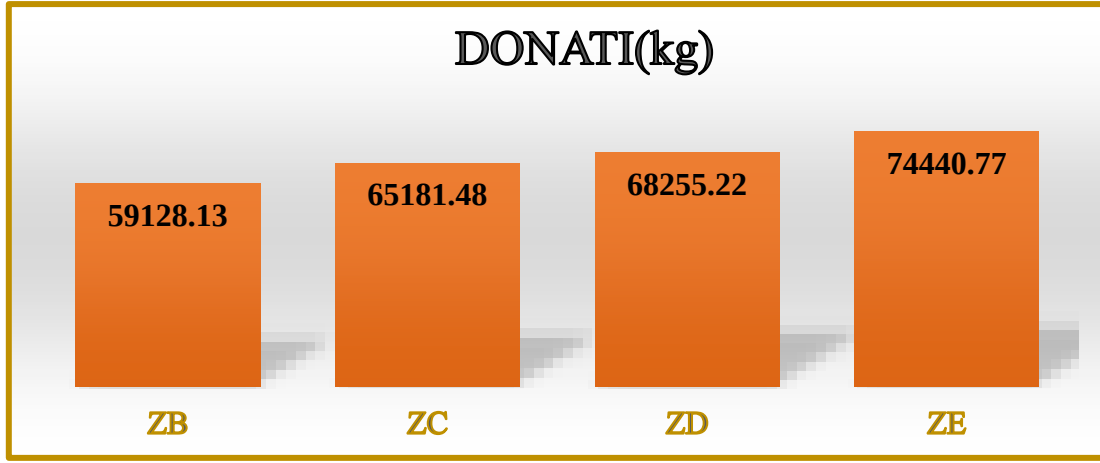
Şekil 4.14. Tüm zemin sınıfı durumları için beton miktarlarının zemin sınıflarına oranı



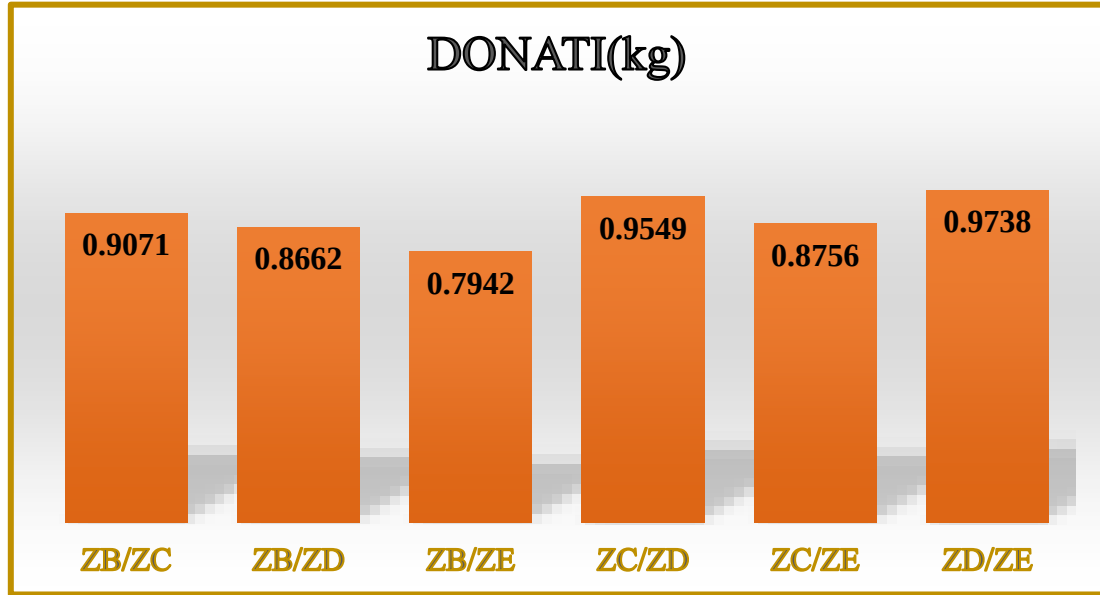
Şekil 4.15. Tüm zemin sınıfı durumları için kalıp miktarı değerlerinin gösterimi



Şekil 4.16. Tüm zemin sınıfı durumları için Kalıp miktarlarının zemin sınıflarına oranı



Şekil 4.17. Tüm zemin sınıfı durumları için donatı miktarı değerlerinin gösterimi

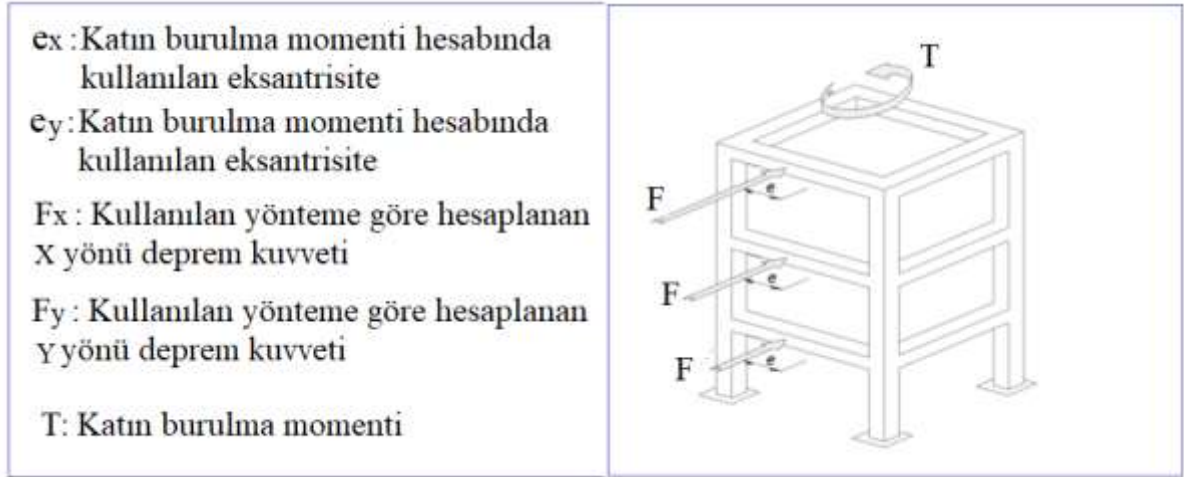


Şekil 4.18. Tüm zemin sınıfı durumları için donatı miktarlarının zemin sınıflarına oranı

4.8. Yapıya Etki Eden Taban Kesme Kuvvetleri (Yatay Deprem Kuvvetleri)

Yapının statik projesi bir bilgisayar yazılımı olan IDECAD programında yapının boyutları, zemin ve deprem parametreleri kullanılarak çizilmiş ve yine bu programla modelleme hesapları yapılmıştır. Farklı zemin sınıfları için yapıya etki eden x ve y yönlerindeki yatay deprem kuvvetleri Şekil 4.19’da verilmiştir. Elde ettiğimiz analiz hesaplamaları sonucunda x yönündeki deprem kuvveti ve y yönündeki deprem kuvveti değişimlerinin grafiksel gösterimleri sırasıyla Şekil 4.20 ve Şekil 4.21’de gösterilmiştir. Kullanılan değerler ve

hesaplama sonuçları ise Tablo 4.23-Tablo 4.28’de verilmiştir. Elde edilen hesaplama sonuçlarına göre, yapının bodrum katına en yüksek kuvvetin geldiği görülmüştür. Bununla birlikte, kuvvetin yapının en alt katından en üst katına doğru gidildikçe arttığı tespit edilmiştir. Dolayısıyla bir deprem olması durumunda yapının bodrum katından sonra en üst katını daha fazla kuvvetin etkileyebileceği söylenebilir.



Şekil 4.19. Binaya etki eden yatay kuvvetler (TBDY,2018’den düzenlenmiştir)

Tüm zemin sınıfları için yapının 4.katına yani tüm kuvvetin toplandığı bodrum dışında en fazla kuvvetin geldiği deprem kuvvetlerine bakıldığında ZB zemin sınıfına etki eden deprem kuvveti 17,4960 ton, ZC zemin sınıfına etki eden deprem kuvveti 29,4011 ton, ZD zemin sınıfına etki eden deprem kuvveti 43,6690 ton, ZE zemin sınıfına etki eden deprem kuvvetine ise 72,7878 ton olarak hesaplanmıştır. Buradan çıkarılabilecek sonuç, yapının zemin sınıfı kötüye doğru gittikçe yapıya etki eden deprem kuvvetinde de artış olduğudur.

Tablo 4.23. ZB zemin sınıfı için x yönünden yapıya etki eden yatay deprem kuvvetleri

Kat	h(m)	ex (cm)	ey (cm)	Fx (tf)	Fy (tf)	T (tfm)
Merdiven kat	3.60	0	39.8	2.3894	0	0.9510
4.kat	3.00	0	95.33	17.4960	0	16.6782
3.kat	3.00	0	93.8	12.6633	0	11.8782
2.kat	3.00	0	93.8	9.5002	0	8.9112
1.kat	3.00	0	93.8	6.3320	0	5.9394
Zemin kat	3.00	0	93.8	3.1669	0	2.9706
1.bodrum	3.00	0	74.3	39.8962	0	29.6429

Tablo 4.24. ZB zemin sınıfı için y yönünden yapıya etki eden yatay deprem kuvvetleri

kat	h(m)	ex (cm)	ey (cm)	Fx (tf)	Fy (tf)	T (tfm)
Merdiven kat	3.60	14	0	0	1.8694	0.2617
4.kat	3.00	109.94	0	0	13.6883	15.0488
3.kat	3.00	106.4	0	0	9.9073	10.5414
2.kat	3.00	106.4	0	0	7.4326	7.9083
1.kat	3.00	106.4	0	0	4.9540	5.2710
Zemin kat	3.00	106.4	0	0	2.4777	2.6363
1.bodrum	3.00	86.4	0	0	41.0142	35.4363

Tablo 4.25. ZC zemin sınıfı için x yönünden yapıya etki eden yatay deprem kuvvetleri

Kat	h (m)	ex (cm)	ey (cm)	Fx (tf)	Fy (tf)	T (tfm)
Merdiven kat	3.60	0	39.8	4.0152	0	1.5890
4.kat	3.00	0	95.33	29.4011	0	28.0268
3.kat	3.00	0	93.8	21.2800	0	19.9606
2.kat	3.00	0	93.8	15.9645	0	14.9747
1.kat	3.00	0	93.8	10.6406	0	9.9809
Zemin kat	3.00	0	93.8	5.3219	0	4.9919
1.bodrum	3.00	0	74.3	54.8730	0	40.7706

Tablo 4.26. ZC zemin sınıfı için y yönünden yapıya etki eden yatay deprem kuvvetleri

Kat	h (m)	ex (cm)	Ey (cm)	Fx (tf)	Fy (tf)	T (tfm)
Merdiven kat	3.60	14	0	0	3.1275	0.4379
4.kat	3.00	109.94	0	0	22.9014	25.1775
3.kat	3.00	106.4	0	0	16.5756	17.6364
2.kat	3.00	106.4	0	0	12.4352	13.2321
1.kat	3.00	106.4	0	0	8.2883	8.8187
Zemin kat	3.00	106.4	0	0	4.1454	4.4107
1.bodrum	3.00	86.4	0	0	56.4614	48.7826

Tablo 4.27. ZD zemin sınıfı için x yönünden yapıya etki eden yatay deprem kuvvetleri

Kat	h (m)	ex (cm)	ey (cm)	Fx (tf)	Fy (tf)	T (tfm)
Merdiven kat	3.60	0	39.8	5.9637	0	2.3735
4.kat	3.00	0	95.33	43.6690	0	41.6277
3.kat	3.00	0	93.8	31.6068	0	29.6472
2.kat	3.00	0	93.8	23.7119	0	22.2417
1.kat	3.00	0	93.8	15.8043	0	14.8244
Zemin kat	3.00	0	93.8	7.9045	0	7.4144
1.bodrum	3.00	0	74.3	59.8259	0	44.4507

Tablo 4.28. ZD zemin sınıfı için y yönünden yapıya etki eden yatay deprem kuvvetleri

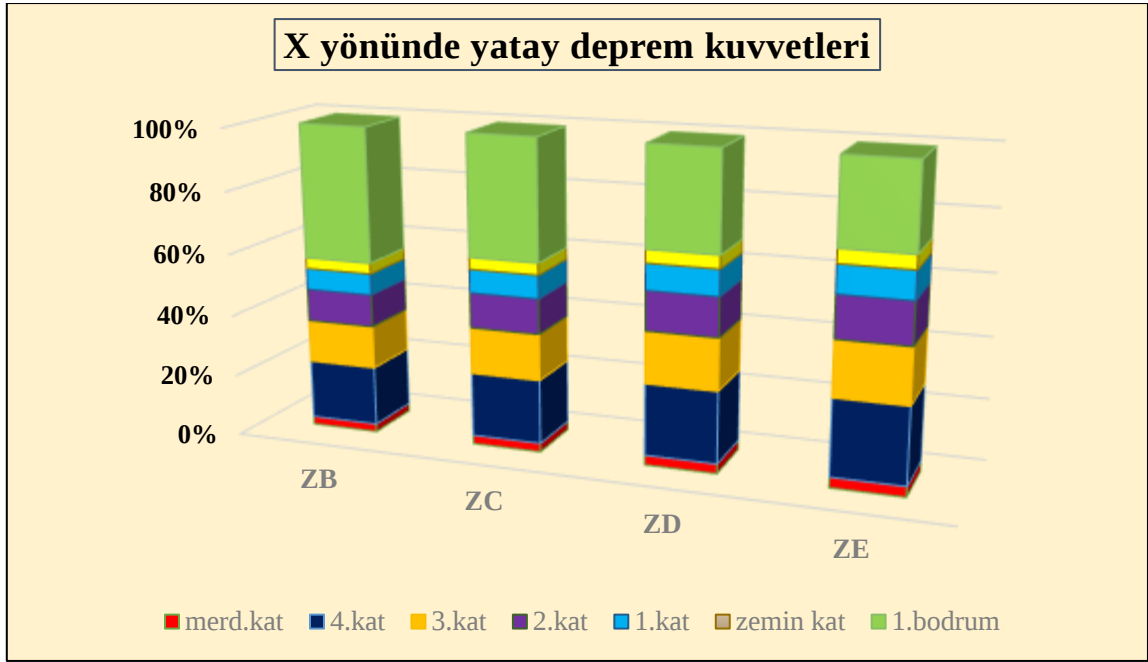
Kat	h (m)	ex (cm)	ey (cm)	Fx (tf)	Fy (tf)	T (tfm)
Merdiven kat	3.60	14	0	0	4.6515	0.6512
4.kat	3.00	109.94	0	0	34.0604	37.4456
3.kat	3.00	106.4	0	0	24.6223	26.2300
2.kat	3.00	106.4	0	0	18.4945	19.6781
1.kat	3.00	106.4	0	0	12.3268	13.1158
Zemin kat	3.00	106.4	0	0	6.1652	6.5598
1.bodrum	3.00	86.4	0	0	61.2892	52.9539

Tablo 4.29. ZE zemin sınıfı için x yönünden yapıya etki eden yatay deprem kuvvetleri

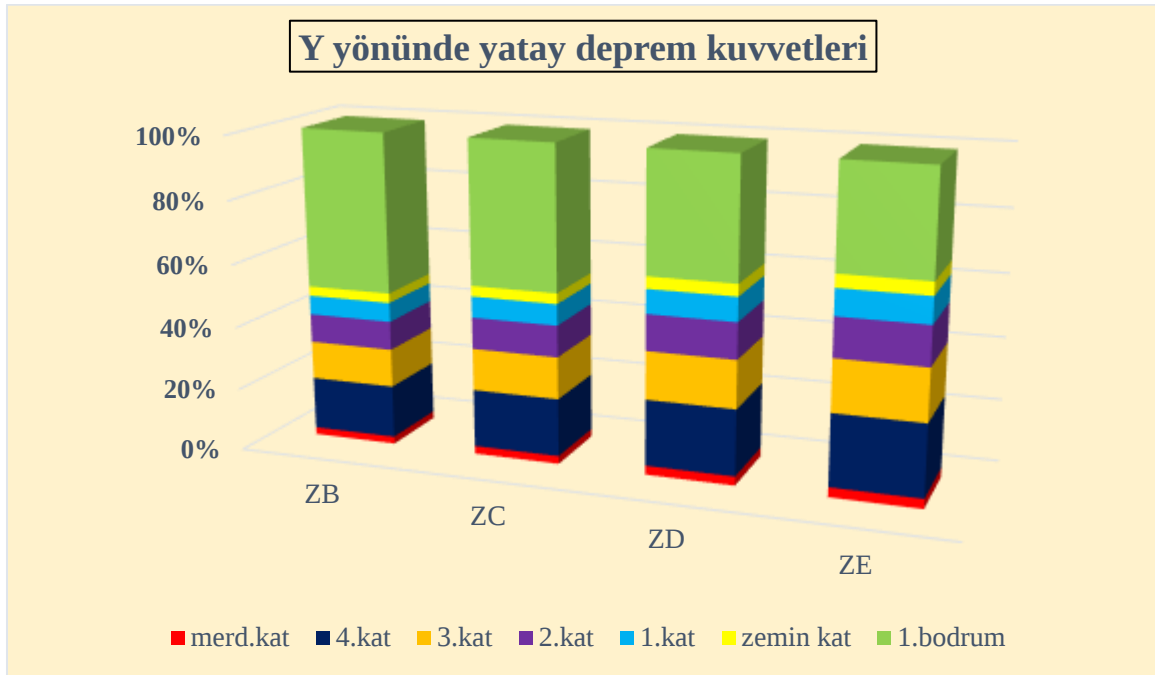
Kat	h (m)	ex (cm)	ey (cm)	Fx (tf)	Fy (tf)	T (tfm)
Merdiven kat	3.60	0	39.8	9.9403	0	3.9562
4.kat	3.00	0	95.33	72.7878	0	69.3855
3.kat	3.00	0	93.8	52.6825	0	49.4162
2.kat	3.00	0	93.8	39.5232	0	37.0727
1.kat	3.00	0	93.8	26.3428	0	24.7095
Zemin kat	3.00	0	93.8	13.1753	0	12.3584
1.bodrum	3.00	0	74.3	79.3181	0	58.9334

Tablo 4.30. ZE zemin sınıfı için y yönünden yapıya etki eden yatay deprem kuvvetleri

Kat	h (m)	ex (cm)	ey (cm)	Fx (tf)	Fy (tf)	T (tfm)
Merdiven kat	3.60	14	0	0	7.8326	1.0966
4.kat	3.00	109.94	0	0	57.3543	63.0547
3.kat	3.00	106.4	0	0	41.5120	44.1688
2.kat	3.00	106.4	0	0	31.1429	33.1360
1.kat	3.00	106.4	0	0	20.7572	22.0856
Zemin kat	3.00	106.4	0	0	10.3816	11.0461
1.bodrum	3.00	86.4	0	0	81.5676	70.4744



Şekil 4.20. Tüm zemin sınıflarına ait x yönündeki yatay deprem kuvvetleri



Şekil 4.21. Tüm zemin sınıflarına ait y yönündeki yatay deprem kuvvetleri

5.SONUÇLAR

Bu tez çalışması, dört farklı zemin sınıfı için bir yapının ne tür tasarım gereksinimlerine ihtiyaç olduğu ve analiz aşamalarında uygulanacak adımların neler olduğu hakkında yön gösterir bir belge niteliği taşımaktadır. Tez çalışması kapsamında, farklı zemin sınıflarıyla analizler gerçekleştirilmiş ve zemin sınıfının yapı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu kapsamda, Batman kent merkezinde ve ZD zemin sınıfına sahip bir yapının diğer zemin grupları için maliyet hesabı ve yatay deprem kuvvetleri analizleri İdecad programı kullanılarak karşılaştırılmıştır.

Elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

1) Deprem Yönetmeliği ve TS500 tasarım şartları düşünüldüğünde tasarlanması düşünülen dört katlı bina projesinde yapının istenilen tasarım hesap ve gereklerini yerine getirdiğimizde olası bir deprem anında güvenli değerde olduğumuzu elde ettiğimiz sayısal sonuçlarla da desteklediği tespit edilmiştir.

2) Ele aldığımız yapının zemin etüt araştırmalarından elde edilen zemin sınıfı ZD ve farklı zemin sınıfları (ZB ve ZC) olarak yapılan analizlerde yapının boyutlarında bir değişiklik olmadığı görülmüştür.

3) Ele alınan yapı için yapılan maliyet analizlerinde, ZB ve ZC zemin sınıfında sonuçların hata vermediği ancak minimum koşulları sağlayacak şekilde ZB zemin sınıfı için ampatman değeri 50 cm'den 35 cm'ye, ZC zemin sınıfı için ise 50 cm'den 40 cm'ye indirilmiş ve minimum sağlayacağı aralık bu aralık saptanmıştır.

4) Aynı yapı ZE zemin sınıfı olarak ele alınıp analiz yapıldığında;

- Kesme güvenliğinin kurtarmadığı hatası
- Zemin taşıma gücünün yetersiz olduğu hatası
- Donatı miktarının yetersiz olduğu hatası

Olduğu görülmüştür. Bu kapsamda hataları düzeltmek için ilk olarak ele alınan ambatman değeri 50 cm'den 100 cm'e çıkarılıp tekrar analiz yapıldığında hata vermediği görülmüştür.

5) ZD zemin sınıfında ele alınan yapı için daha iyi zemin sınıfı olan ZB zemin sınıfında analiz yapıldığında hata vermediği, ancak minimum koşulları sağlayacak şekilde boyutları küçültüldüğünde yapıdaki beton yüzde 9.3, kalıp yüzde 1.14 ve donatı yüzde 15,43 azalma olduğu görülmüştür.

6) ZD zemin sınıfında ele alınan yapı daha iyi zemin olan ZC olan zemin sınıfında analiz yapıldığında hata vermediği, ancak minimum koşulları sağlayacak şekilde boyutları küçültülerek yapıdaki beton yüzde 5.1, kalıp yüzde 0.52 ve donatı yüzde 4.71 azalma olduğu dolayısıyla bu azalmanın ZB zemin sınıfında daha düşük olduğu görülmüştür.

7) ZD zemin sınıfından daha kötü bir zemin olan ZE zemin sınıfında analiz yapıldığında hata verdiği belirlenmiştir. Bu sonuca bağlı olarak ambatman arttırılmış ve beton yüzde 2.68, donatı yüzde 8.30 ve kalıp yüzde 0.229 miktarında artış meydana geldiği görülmüştür.

8) Ele alınan tüm zemin sınıflarında, uygulanan yatay deprem kuvvetlerinin x yönündeki etkimesinin y yönündeki etkimesine göre daha fazla olduğu görülmüştür.

9) Yatay deprem kuvvetlerini ele aldığımızda, en fazla kuvvetin bodrum katında olduğu bir başka değişle zemine en yakın olan yerde olduğu tespit edilmiştir.

10) Yatay deprem kuvvetlerinde, üst katlardan alt katlara doğru gelindikçe yapıda oluşan deprem kuvvetlerinin düştüğü görülmüştür.

11) ZD zemin sınıfında gelen yatay deprem kuvvetleri daha iyi zemin olan ZB zemin sınıfında yüzde 149,59 azaldığını ve ZC zemin sınıfında ise yüzde 48,52 azaldığı görülmüştür.

12) ZD zemin sınıfına sahip yapı için, ZE zemin sınıfına göre yapılan analiz sonucunda, yapıya gelen yatay deprem kuvvetlerinin yatay deprem kuvvetlerinin yüzde 40 arttığı gözlemlenmiştir.

13) ZE zemin sınıfında hata veren rapora göre yapıya gelen yatay deprem kuvvetlerinin ambatman değeri ve donatı miktarı arttırıldığında, bir başka değişle yapıdaki hatalar düzeltilindiğinde yapıya gelen kuvvetin düştüğü görülmüştür.

14) Tüm zemin sınıfları ve yapı ilişkisi ele alındığında, en iyi zemin sınıfı ZB en kötü zemin sınıfı ise ZE olarak saptanmıştır ve bu saptamaların maliyet için çok önemli olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

- Akbaş, B., 2023, Betonarme Taşıyıcı Yapı Elemanlarının Yönetmeliklere Gore İncelenmesi *Deprem Kuvveti ders notu*
- Akgün, M., 2012, Zemin–Yapı–Deprem–Jeofizik Arasındaki İlişkinin Önemi Vurgulayabilecek Şekiller *Zemin Yapı Deprem Kuvveti ders notu*
- Akkurt, M., 1986, Makina Elemanları ve Konstrüksiyonu Kürsüsü, Cilt 2, İstanbul: *Birsen Yayınevi*.
- Akyıldız, H., Ulu, E., Adar, K., 2021, TBDY-2018’deki Yerel Zemin Koşullarının Deprem Kesit Tesirlerine Etkisi
- Aliabdo, A. A., Abd_Elmoaty, A. M., & Hamdy, M. 2013, Effect Of İnternal Short Fibers, Steel Reinforcement, And Surface Layer On İmpact And Penetration Resistance Of Concrete. *Alexandria Engineering Journal*, 52(3), 407-417.
- Alim, C., 2006, “Arazi zemin dinamik davranışının bir ve iki boyutlu analizlerle karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul
- Ansal, A., 2004, (Ed.); Recent Advances in Earthquake Geotechnical Engineering and Microzonation, *Kluwer Academic Publishers*, netherlans
- Ateş, A., Yeşil, B., 2018, ‘Düzce İlindeki Farklı Zemin Sınıfları Dikkate Alınarak Zemin Sınıfının Yapı Hasarı ve Deprem Performansına Etkisi’, *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*
- Aytekin, M., 2000, Deneysel Zemin Mekaniği: 1. Baskı, *Akademi Yayınevi*.
- Baradan, B., Yazıcı, H., Aydın, S. 2015, Beton. *D.E.Ü. Müh. Fak. Yayınları*.
- Başaran, V., Hiçyılmaz, M., 2020, Betonarme Çerçevelerde Farklı Deprem Yer Hareketi Düzeyi Etkilerinin İncelenmesi, *Journal of Innovations in Civil Engineering and Technology*, 2(1), 27-41.
- Bayülke, N., 1998, ‘Depreme Dayanıklı Betonarme ve Yığma Yapı Tasarımı’. *İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Yayın No:27*, 245s. İzmir.
- Bowles, J. E., 1996. Foundation Analysis and Design: *McGraw-Hill Companies*, Inc., New York, USA
- Celep, Z., 2014, Yapı Dinamiği, *Beta Basım Yayım*, 5.Basım, İstanbul
- Celep, Z., 2020, Betonarme Yapılar, *Beta Basım Yayım*, İstanbul
- Clayton, C.R.I., Matthews, M.C. & Simons, N.E., 1995, “Jeoteknik Saha İncelemesi (Çetin, H., Kayabalı, K. ve Arman, H., Çev)” *Gazi Kitabevi*, Ankara

- Coduto, D. P. 2000, "Foundation Design, Principles and Practices" 2nd edition, *Prentice Hall*, Inc., New Jersey.
- Cumhur, A., 2017, Depreme Dayanıklı Betonarme Yapı Tasarımı Ders Notları *Sakarya Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü*
- Çağlar, N., Garip, Z, Ş., Yaman, Z, D., "Deprem etkisinde Betonarme Yapılarda Yapı- Zemin Etkileşimi", *Deprem Sempozyumu, Kocaeli*, 2005.
- Çalışkan, M., 2008, Kontrplak, *Laminart Dergisi*. 10 (59): 71.
- Das, B.M, 1993, Principles o f Soil Dynamics, *H W S Publ*, USA.
- Dinç, B., Ger, M., 2017, Zemin taşıma gücünün belirlenmesi için bir yaklaşım *İstanbul Aydın Üniversitesi Dergisi* 33, (2017) (1-8)
- Doğan, A., 2019, Kitabeye Ait Zemin Etüt Raporu. *Batman*.
- Doğangün, A., 2019, *Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı*.
- Dorum, A., Özkan, Ö., Erdal, M., 2006, Farklı Deprem Bölgeleri ve Farklı Zemin Sınıflarının Kaba Yapı Maliyetine Etkisi *Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü*, 06500, Teknikokullar, Ankara
- Ergun, U., Özkan, Y., Önalp, A., & Keçeli, A., 2005, Parsel Bazında Zemin – Temel Etütleri ve Zemin İyileştirme Yöntemleri Hakkında Yönetmelik Taslağı Ön Raporu
- Erol, O., Çekinmez, Z., 2014, *Yüksel Proje Yayınları* No: 14 -01 Ankara
- Ersoy, K., 2000, Üretim Parametrelerinin Beton Çeliklerinin Özelliklerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul
- Ersoy, U., 1987, 'Betonarme, Cilt 1', *İstanbul, Evrim kitapevi*, 643s.
- FHWA-NHI-01-031 2002b, "Subsurface Investigations (Geotechnical Site Characterization)" Federal Highway Administration, *U.S. Department of Transportation*
- Fırarı, L., Günaydın, I., 2008, Betonarme yapıların farklı paket programlar ile analizi ve karşılaştırılması *Free Civil Engineer*, Rize
- Girgin, C.S., Mısır, S., Özden, G. & Kahraman, S., 2008, Yapı-Zemin Etkileşiminin Yapısal Tasarımındaki Rolü. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, İzmir, sy. 10- 1, s. 27-37.
- Gündoğdu, O., Özçep, F., 2003, Jeofizikte Zemin Davranışı, *İstanbul Üniversitesi, Jeofizik Müh. Böl.*, (Ders Notları), 978 Sayfa; İstanbul.

- Kanıt, R., 2003, Temel İnşaatı: *Gazi Kitabevi*, Ankara
- Karaca, Z., Kasımcı, A., & Ak, M., 2016, Zemin fiziksel parametreleri ile zemin yatak katsayıları arasındaki bağlantı ve zemin yapı etkileşiminde uygulama *Ondokuz Mayıs Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü*, Samsun,
- Karaca, H., 2022, ‘Örneklerle TBODY 2019 zemin parametrelerinin kullanılan yapısal malzeme miktarına ve çatı katı yanal ötelenmesine etkisi’, *Politeknik Dergisi*
- Karaşin, İ., Işık, E., 2017 International Conference on Multidisciplinary, Science, *Engineering and Technology* (IMESET’17 Bitlis)
- Kılıçer, S., Özgan, K., 2017 Deprem Yüğü Etkisindeki Betonarme Yapıların Tasarımında Yapı-Zemin Etkileşiminin İncelenmesi
- Köktürk, U., 1997, Endüstriyel Hammaddeler, *Dokuz Eylül Üniversitesi Yayını*, Yayın No:205.
- Kramer, S.L., 1996, Geotechnical Earthquake Engineering. *Prentice-Hall*, Inc. New Jersey
- Ludema, C.K. 1996, Friction, Wear, Lubrication, *A Textbook in Tribology*, 107108
- Mammadov, Z., Pekgökgöz, R. K., Ulugerger, K., & Alifov, A., 2013, *Yapı Statiğı II*. Şanlıurfa.
- Mitchell, J.K., 1993. “Fundamentals of Soil Behaviour”, Second Edition, *John Wiley & Sons*, New York
- MTA,1992, Batman İli belde Mahallesi çöküntü alanında yapılan ES-1,2,3,4 zemin sondajları kuyu bitirme raporu, *MTA Genel Müdürlüğü*
- MTA,1992, Batman İli çamlıtepe Mahallesi çöküntü alanında yapılan ES-1,2,3,4 zemin sondajları kuyu bitirme raporu, *MTA Genel Müdürlüğü*
- Oltulu, M., Altun, M. G., 2018, Betonun Darbe Dayanımının Tespitinde Ağırlık Düşürme Deney Yöntemi ve Yapılan Çalışmalar. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8(1), 155-163.
- Olgun, M., 2007 İnşaat Malzeme Bilgisi *Ankara Üniversitesi*
- Önalp, A. 2007. Geoteknik Bilgisi I - Çözümlü Problemlerle Zeminler ve Mekaniğı (3. Baskı). *Birsan Yayınevi*
- Özaydın, K., 1997, Zemin Mekaniğı, *Birsan Yayınevi*, İstanbul, 140-16
- Özaydın, K., 2018, Deprem Etkisi Altında Zemin Davranışı ve Temel Tasarımı. *TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi*, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğı’nin Esasları Semineri, İstanbul, 59s

- Özpınar, Ö., 2006, Doğrusal olmayan taşıyıcı sistemlerde rijit diyafram kabulünün araştırılması *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi*
- Öztürk, H., Dok, G., Demir, A., 2015, Farklı Zemin Koşullarındaki Betonarme Yapıların Davranışının Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi ile İncelenmesi: 8 Katlı Çerçeve Örneği Mühendislik Fakültesi, *İnşaat Mühendisliği Bölümü Sakarya Üniversitesi, Türkiye*
- Rahmaty, M. N. 2021, Betonarme perdeli çerçeveli yapılarda perde yerlerindeki değişimlerin yapıların davranışlarına etkisinin incelenmesi (Master's thesis, Sakarya Üniversitesi)
- Richards, R., Elms, D.G., Budhu, M., 1993, Seismic bearing capacity and settlements of foundations, *Journal of Geotechnical Engineering*, ASCE, Vol. 119, no: 4, pp.662-674.
- Solak, A. 2022, Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımının İnşaat Mühendisliği ve Mimarlık Eğitimindeki Yeri ve Önemi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (38), 76-87
- Siyahi, B., Çetin, Ö., Bilge, T., 2015, Geoteknik Deprem Mühendisliği Açısından Zemin-Temel-Yapı Etkileşimine Kritik Bakış TMH- 484- 2015/1
- Soufeiani, L., Raman, S. N., Jumaat, M. Z. B., Alengaram, U. J., Ghadyani, G., & Mendis, P. 2016, Influences Of The Volume Friction And Shape Of Steel Fibers On FiberReinforced Concrete Subjected To Dynamic Loading–A Review. *Engineering Structures*, 124, 405-417.
- TBDY 2018., 2018, *Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği*. Ankara: Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı
- TS 498., 1997, Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri. *Ankara: Türk Standartlar Enstitüsü*
- TS 500., 2000, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları. *Ankara: Türk Standartlar Enstitüsü*
- Türkmen, M., Tekeli, H., 2009, ‘Deprem Bölgesi ve Yerel Zemin Sınıflarının Bina Maliyetine Etkileri’ *Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Isparta*
- Uyanık, O., 2002, “Kayma Dalga Hızına Bağlı Potansiyel Sıvılaşma Analiz Yöntemi”, *DEU. Fen Bilimleri Enstitüsü (Doktora Tezi)*, s.190, İzmir (yayınlanmamıştır).
- Uzuner, B.A., 2000, Temel Mühendisliğine Giriş: *Derya Kitabevi, Trabzon*.

Yakut, A., Binici, B., Topkaya, C., Canbay, E., Sucuoğlu, H., Tuncay, K., & Gülkan, P., 2018, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği Örnekler Kitabı. Ankara: *Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı*.

Yıldırım, S., 2004, Zemin İncelemesi ve Temel Tasarımı, *Birsan Yayınevi*, İstanbul

Yönet, Y., 2022, Yapı-Zemin Etkileşiminin Binaların Deprem Davranışına Etkisinin Sonlu Elemanlar Yöntemiyle İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*

<https://www.autodesk.com.tr/>

<http://açıkders.ankara.edu.tr>

<http://www.idestatik.com>,

<https://www.uksyapi.com/tr>

<https://www.thbb.org/>

<https://www.ekdemdemircelik.com.tr/>

<https://www.movea.com.tr>

<https://plywoodkontrplak.com>

<http://www.jeofizikmuhendisleri.com>

ÖZGEÇMİŞ**Kişisel Bilgiler**

Adı Soyadı: Recep ALPER

Uyruğu: T.C.

Doğum Yeri ve Tarihi: Batman – 27.11.1997

Telefon: 05360272460

E-mail: recep.alper35@gmail.com

EĞİTİM

Lise: Raman Anadolu Lisesi (2015)

Lisans: Dokuz Eylül Üniversitesi (2019)

Yüksek Lisans: Batman Üniversitesi (2023)