



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN
ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



YAPI-ZEMİN ETKİLEŞİMİNİN BİNALARIN
DEPREM DAVRANIŞINA ETKİSİNİN SONLU
ELEMANLAR YÖNTEMİYLE İNCELENMESİ

YÜKSEL YÖNET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Mayıs-2022
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Yüksel Yönet tarafından hazırlanan “**Yapı-Zemin Etkileşiminin Binaların Deprem Davranışına Etkisinin Sonlu Elemanlar Yöntemiyle İncelenmesi**” adlı tez çalışması **09/05/2022** tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof.Dr. Musa Hakan ARSLAN

.....

Danışman

Dr.Öğr.Üyesi Yunus DERE

.....

Üye

Dr.Öğr.Üyesi Ali Serdar ECEMİŞ

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun .../.../2022 gün ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. İbrahim KALAYCI
FBE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

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

DECLARATION PAGE

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

Yüksel YÖNET

Tarih: 09 Mayıs 2022

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YAPI-ZEMİN ETKİLEŞİMİNİN BİNALARIN DEPREM DAVRANIŞINA ETKİSİNİN SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİYLE İNCELENMESİ

YÜKSEL YÖNET

Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Yapı Anabilim Dalı

Danışman: Dr.Öğr.Üyesi Yunus DERE

2022, 80 Sayfa

Jüri

Prof.Dr. Musa Hakan ARSLAN
Dr.Öğr.Üyesi Yunus DERE
Dr.Öğr.Üyesi Ali Serdar ECEMİŞ

Bu çalışmada zemin sınıfının ve bina kat sayısının yapı-zemin etkileşimine etkisi Sap2000 ve İdeCAD ticari programları ile sonlu eleman analizi yapılarak incelenmiştir. Temelin ankastre olması durumunda yanında, temel altındaki zeminin yaylar kullanılarak modellendiği Winkler yöntemi ile analizler gerçekleştirilmiştir. Sonlu elemanlar analizleri sonucu yapının doğal frekansları ve periyotları gibi dinamik parametrelerinin zemin-yapı etkileşiminden nasıl etkilendiği irdelenmiştir. Temel altındaki zeminin yaylar ile sonlu eleman modellenmesi sırasında dikkate alınan zemin sınıfları için zemin etüdü raporlarından alınan zemin yatak katsayıları kullanılmıştır. 4, 8 ve 12 katlı yapılar için gerçekleştirilen sonlu eleman analizleri sonucu elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak çizelgeler ve grafikler halinde verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Zemin-Yapı Etkileşimi, Winkler, Periyot, Sonlu Elemanlar.

ABSTRACT

MS THESIS

INVESTIGATING THE EFFECT OF SOIL-STRUCTURE INTERACTION ON THE EARTHQUAKE BEHAVIOR OF BUILDINGS BY FINITE ELEMENT METHOD

Yüksel YÖNET

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN CIVIL ENGINEERING**

Advisor: Assist.Prof. Yunus DERE

2022, 80 Pages

Jury

Assist.Prof. Yunus DERE

Prof.Dr. Musa Hakan ARSLAN

Assist.Prof. Ali Serdar ECEMİŞ

In this study, the effect of the ground class and the number of floors of buildings on the soil-structure interaction was investigated by performing finite element analysis with Sap2000 and IdeCAD commercial programs. In addition to the fixed supported foundation condition, analyses were carried out using the Winkler method, in which the soil under the foundation was modeled using springs. As a result of finite element analyses, how the dynamic parameters of the structure such as natural frequencies and periods are affected by the soil-structure interaction has been examined. The soil bearing coefficients taken from the soil survey reports were used for the soil classes considered during the finite element modeling of the soil under the foundation with springs. The results obtained as a result of the finite element analyses carried out for 4, 8 and 12 storey buildings are given comparatively by tables and graphics.

Keywords: Soil-Structure Interaction, Winkler, Period, Finite Elements.

ÖNSÖZ

Tez çalışması boyunca benden desteğini esirgemeyen değerli hocam Dr. Yunus DERE 'ye ve her daim yanımda olan aileme sonsuz teşekkür ediyorum.

Yüksel YÖNET
KONYA-2022

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
ŞEKİL LİSTESİ	xi
ÇİZELGE LİSTESİ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
3. ZEMİN-YAPI ETKİLEŞİMİ	6
3.1. Zemin-Yapı Etkileşim Türleri	8
3.1.1. Eylemsizlik etkileşimi.....	8
3.1.2. Kinematik etkileşim	8
3.1.3. Dinamik etkileşim.....	9
3.2. Üst Yapı-Zemin Davranış Yaklaşımları	9
3.2.1. Rijit taban yaklaşımı	9
3.2.2. Esnek taban yaklaşımı	9
3.3. Zemin-Üst Yapı Çözümleme Yöntemleri.....	10
3.3.1. Alt sistemlere ayırma yöntemi	10
3.3.2. Direkt metot	10
4. ZEMİN HESAP MODELLERİ	11
4.1. Winkler Yöntemi	11
4.2. Flinenko-Brodich Yöntemi	12
4.3. Heteyni Yöntemi.....	12
4.4. Pasternak Yöntemi	13
4.5. Vlasov Yöntemi	13
4.6. Sonlu Elemanlar Yöntemi.....	14
5. ZEMİN PARAMETRELERİ	16
5.1. ZEMİN MUKAVEMETİ	16
5.1.1. SPT Deneyi	17
5.1.2. Koni Penetrasyon (CPT) Deneyi	18
5.1.3. Presiyometre (PMT) Deneyi.....	18

5.2. Yatak Katsayısı	19
6. MODEL BİNALARIN ANALİZİ İLE ZEMİN-YAPI ETKİLEŞİMİNİN İNCELENMESİ	21
6.1. İdeCAD Programı ile Winkler Katsayılarının Hesabı	24
6.2. Sap2000 Programı ile Winkler Katsayılarının Hesabı.....	26
6.3. İdeCAD Programı İle Analiz	28
6.3.1. Analiz ayarları penceresi	32
6.3.2. Analizde seçilen parametreler.....	39
6.4. Sap2000 Programı İle Analiz.....	39
6.4.1. Sap2000'de analiz ayarları	44
7. ANALİZ SONUÇLARININ İNCELENMESİ	50
7.1. Temelin Ankastre Olması Durumu.....	50
7.2. Temelin Winkler Yöntemi İle Çözümü	51
7.3. Deplasman Sonuçları	60
7.4. Sonuçların Değerlendirilmesi	67
8. SONUÇLAR.....	69
9. KAYNAKLAR	71
ÖZGEÇMİŞ	Error! Bookmark not defined.

SİMGELER VE KISALTMALAR

- Ac** Kolonun veya perde uç bölgesinin brüt kesit alanı
BKS Bina kullanım sınıfı
BYS Bina yükseklik sınıfı
cm Santimetre
cu ortalama drenajsız kayma dayanımı
D Dayanım fazlalığı katsayısı
D0 Döşeme
DD Deprem yer hareketi düzeyi
DP Plak eğilme rijitliği
DR Rijitlik matrisini
D_{(x)alt} Binanın alt bölümüne n.inci modda uygulanan eşdeğer dayanım fazlalığı katsayısı
Ex X yönünde ek dış merkezlikli deprem yüklemesi(Tam rijit diyafram çözümü için)
Ey Y yönünde ek dış merkezlikli deprem yüklemesi(Tam rijit diyafram çözümü için)
Ex' X yönünde ek dış merkezlikli deprem yüklemesi(Yarı rijit diyafram çözümü için)
Ey' Y yönünde ek dış merkezlikli deprem yüklemesi(Yarı rijit diyafram çözümü için)
Ez(G) Düşey deprem
Es Zemin elastisite modülü
Ep Beton elastisite modülü
ex X yönündeki eksantrisite
ey Y yönündeki eksantrisite
F Düğüm noktası yük vektörünü
FX X yönündeki deprem kuvveti
FY Y yönündeki deprem kuvveti
F₁ 1.0 saniye için yerel zemin etki katsayısı
F_s Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı
f_{ck} Beton karakteristik basınç dayanımı
G Sabit yük
G' Sabit yük(Tam rijit diyafram çözümü için)
H En fazla etkili zemin derinliği
H_i i'nci kat yüksekliği(m)
Hz Frekans
h Plak kalınlığı
I Bina önem katsayısı
K Kiriş
K_{nw} Sabit sayı
k Winkler yatak katsayısı
m Metre
N_{dm} Düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan aksenal basınç kuvvetlerinin en büyüğü
N₆₀ standart penetrasyon darbe sayısı
Q Hareketli yük
Q' Hareketli yük(Tam rijit diyafram çözümü için)
R Taşıyıcı sistem davranış katsayısı.
RD Rayde temel
r Plak karakteristik uzunluğu
R_{alt} Binanın alt bölümüne uygulanan eşdeğer deprem yükü azaltma katsayısı
R_{üst} Binanın üst bölümüne uygulanan eşdeğer deprem yükü azaltma katsayısı

S_s Kısa periyot harita spektrum ivme katsayısı
S₁ 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı
S Kolon
S_{DS} Kısa periyot için tasarım spektral ivme katsayısı(boyutsuz)
S_{D1} 1.0 saniye için tasarım spektral ivme katsayısı(boyutsuz)
s Periyot
T Katın burulma momenti
TBDY Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
TDY Türk Deprem Yönetmeliği
T_{nn} inci noktaya ait doğal titreşim periyodu
t,tf Ton
V_{S(x)nüst} n. inci modda binanın üst bölümünden alt bölümüne aktarılan iç kuvvetler
V_p Beton poisson oranı
V_s üst 30 m'de ortalama kayma dalgası hızı
U Deplasman vektörünü
u_i Herhangi bir kolon perde için alınan azaltılmış yer değiştirmeler, deplasman
δ_{i(x)} X deprem doğrultusu için, i'inci katındaki kolon ve perdeler için etkin görel kat ötelemesi(m)
λ Görel kat ötelemelerinin, sınıflandırılmasında kullanılan ampirik katsayısı
κ İzin verilen görel kat tanımında betonarme ve çelik taşıyıcı sistemler için farklı olarak kullanılan katsayı

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 Zemin-üst yapı ekileşimi (Url-1).....	1
Şekil 1.2 Zemin-üst yapı ekileşiminin sonucu oluşan deplasman (Url-2).....	2
Şekil 3.1 Sert zemin-üst yapı etkileşimi (Siyahi B. v.d., 2015).....	6
Şekil 3.2 Yumuşak zemin-üst yapı etkileşimi (Siyahi B. v.d., 2015).....	7
Şekil 3.3 Eylemsizlik ekileşimi (Url-3).....	8
Şekil 3.4 Kinematik etkileşimi (Url-3).....	8
Şekil 3.5 Rijit taban yaklaşımı (Çetinkaya M.Y. v.d., 2015).....	9
Şekil 3.6 Esnek taban yaklaşımı (Çetinkaya M.Y. v.d., 2015).....	10
Şekil 4.1 Winkler Modeli (Mamuk F., 2010).....	12
Şekil 4.2 Flinenko-Brodich Modeli (Mamuk F., 2010).....	12
Şekil 4.3 Heteyni Modeli (Mamuk F., 2010).....	13
Şekil 4.4 Pasternak Modeli (Mamuk F., 2010).....	13
Şekil 4.5 Vlasov Modeli (Kılıçer S., 2016).....	14
Şekil 4.6 Sonlu Elemanlar Yönteminin Şematik Gösterimi (Polat A. vd., 2018).....	15
Şekil 5.1 TBDY 2018 Tablo 16.1.....	16
Şekil 5.2 SPT Deneyi (Url-4).....	17
Şekil 5.3 CPT Deneyi (Sert S. vd., 2015).....	18
Şekil 5.4 PMT Deneyi (Url-5).....	19
Şekil 6.1 TBDY 2018 7.3.1.2 Maddesi.....	21
Şekil 6.2 Dört katlı binanın kat kalıp planı.....	22
Şekil 6.3 Sekiz katlı binanın kat kalıp planı.....	23
Şekil 6.4 Oniki katlı binanın kat kalıp planı.....	24
Şekil 6.5 İdeCAD Winkler analiz bölümü.....	25
Şekil 6.6 Sap2000'de verilen gap tanımının şematik gösterimi.....	27
Şekil 6.7 İdeCAD 12 katlı binanın katı modeli.....	29
Şekil 6.8 İdeCAD 8 katlı binanın katı modeli.....	29
Şekil 6.9 İdeCAD 4 katlı binanın katı modeli.....	30
Şekil 6.10 İdeCAD malzeme özellikleri.....	31
Şekil 6.11 İdeCAD analiz-genel ayarlar sekmesi.....	32
Şekil 6.12 TBDY 2018 4.8.2.....	32
Şekil 6.13 TBDY 2018 4.3.6.2.....	33
Şekil 6.14 TBDY seçenekleri sekmesi.....	34
Şekil 6.15 Bina kullanım sınıfı, bina kullanım amacı, bina önem katsayısı tablosu (TBDY 2018 Tablo 3.1).....	35
Şekil 6.16 TBDY 2018'e göre deprem yer hareketi düzeyleri (DD).....	35
Şekil 6.17 TBDY 2018'e göre taşıyıcı sistem davranış katsayıları.....	36
Şekil 6.18 TBDY 2018 'Esnek derz veya bağlantı yok, tamamen bitişik(4.9.1.3.a)' sekmesi.....	37
Şekil 6.19 İdeCAD analiz-TBDY 2018 tasarım spektrum sekmesi.....	37
Şekil 6.20 TBDY 2018 kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları tablosu ...	38
Şekil 6.21 İdeCAD analiz-temel zemin sekmesi.....	38
Şekil 6.22 Sap2000 12 katlı binanın katı modeli.....	40
Şekil 6.23 Sap2000 8 katlı binanın katı modeli.....	40
Şekil 6.24 Sap2000 4 katlı binanın katı modeli.....	41
Şekil 6.25 Sap2000 beton malzeme özellikleri.....	41
Şekil 6.26 Sap2000 donatı malzemesi özellikleri.....	42
Şekil 6.27 Sap2000 mass source.....	43

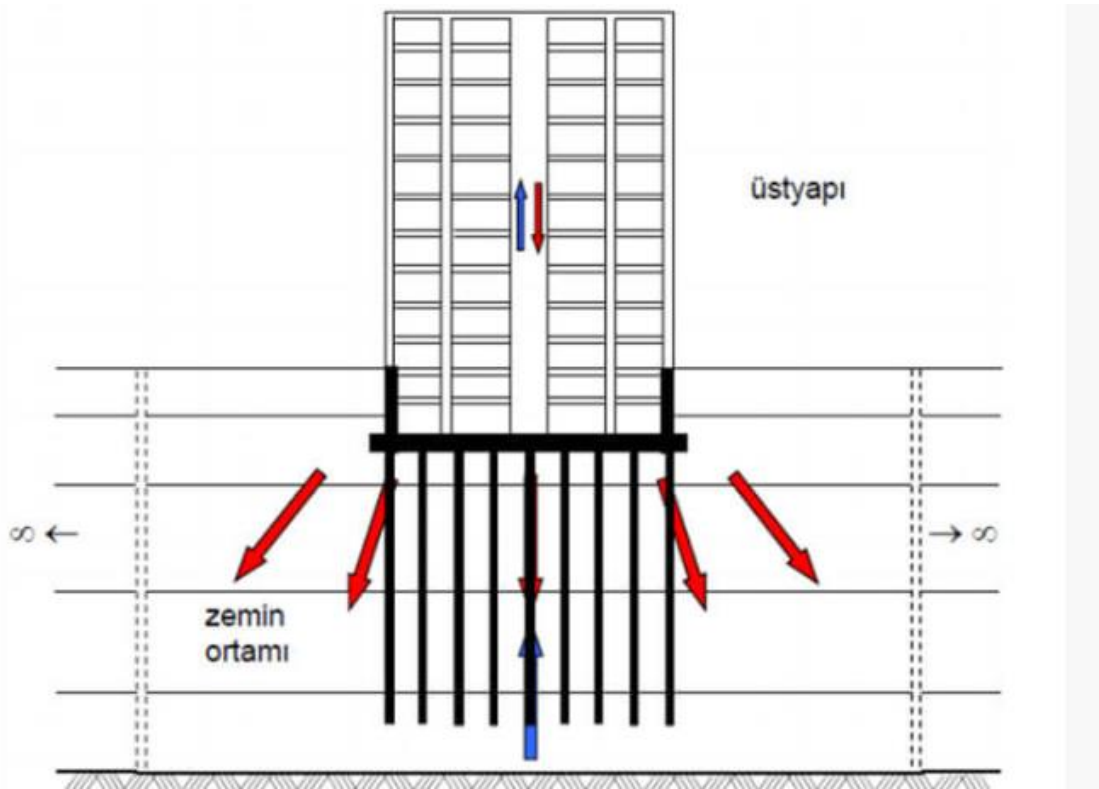
Şekil 6.28 Sap2000 response spectrum eğrisi tanımı	43
Şekil 6.29 Sap2000 TBDY 2018 yük tanımı	44
Şekil 6.30 Sap2000 mesh bölümlenmesi	45
Şekil 6.31 Sap2000 rijit diyafram tanımlaması	45
Şekil 6.32 TBDY 2018 etkin rijitlik çarpanları	46
Şekil 6.33 Sap2000 kolon etkin rijitlik katsayısı	46
Şekil 6.34 Sap2000 giriş etkin rijitlik katsayısı	47
Şekil 6.35 Ankastre mesnet tanımı	47
Şekil 6.36 Sap2000 gaplink tanımı	48
Şekil 6.37 Sap2000 gaplink rijitlik tanımı	48
Şekil 6.38 Sap2000 spring tanımı	49
Şekil 7.1 İdecad 1.Mod Periyot (saniye).....	55
Şekil 7.2 Sap2000 1.Mod Periyot (saniye)	55
Şekil 7.3 İdecad 1.Mod Frekans (Hz)	56
Şekil 7.4 Sap2000 1.Mod Frekans (Hz).....	56
Şekil 7.5 İdecad 3.Mod Periyot (saniye).....	57
Şekil 7.6 Sap2000 3.Mod Periyot (saniye)	57
Şekil 7.7 İdecad 3.Mod Frekans (Hz)	58
Şekil 7.8 Sap2000 3.Mod Frekans (Hz).....	58
Şekil 7.9 İdecad 4.Mod Periyot (saniye).....	59
Şekil 7.10 Sap2000 4.Mod Periyot (saniye)	59
Şekil 7.11 İdecad 4.Mod Frekans (Hz)	60
Şekil 7.12 Sap2000 4.Mod Frekans (Hz).....	60
Şekil 7.13 4 Kat Maksimum Deplasman Görüntüsü	61
Şekil 7.14 8 Kat Maksimum Deplasman Görüntüsü	61
Şekil 7.15 12 Kat Maksimum Deplasman Görüntüsü	62
Şekil 7.16 4 Kat Deplasman (mm).....	66
Şekil 7.17 8 Kat Deplasman (mm).....	66
Şekil 7.18 12 Kat Deplasman (mm).....	67

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 5.1 Terzaghi yatak katsayı çizelgesi	20
Çizelge 5.2 Ersoy yatak katsayı çizelgesi	20
Çizelge 5.3 Keskinel yatak katsayı çizelgesi	20
Çizelge 6.1 İdeCAD yükleme durumları	31
Çizelge 6.2 İdeCAD yükleme kombinasyonları	31
Çizelge 6.3 Sap2000 yükleme durumları.....	42
Çizelge 6.4 Sap2000 yükleme kombinasyonları.....	42
Çizelge 7.1 4 Kat Ankastre İdeCAD-Sap2000 Sonuçları.....	50
Çizelge 7.2 8 Kat Ankastre İdeCAD-Sap2000 Sonuçları.....	50
Çizelge 7.3 12 Kat Ankastre İdeCAD-Sap2000 Sonuçları.....	51
Çizelge 7.4 4 Kat ZD Zemin Grubu İdeCAD-Sap2000 (Gaplink) Sonuçları.....	51
Çizelge 7.5 4 Kat ZC Zemin Grubu İdeCAD-Sap2000 (Gaplink) Sonuçları.....	51
Çizelge 7.6 4 Kat ZB Zemin Grubu İdeCAD-Sap2000(Gaplink) Sonuçları.....	51
Çizelge 7.7 4 Kat ZD Zemin Grubu Sap2000(Spring)-Sap2000(Gaplink) Sonuçları	52
Çizelge 7.8 4 Kat ZC Zemin Grubu Sap2000(Spring)-Sap2000(Gaplink) Sonuçları	52
Çizelge 7.9 4 Kat ZB Zemin Grubu Sap2000(Spring)-Sap2000(Gaplink) Sonuçları	52
Çizelge 7.10 8 Kat ZD Zemin Grubu İdeCAD-Sap2000(Gaplink) Sonuçları.....	52
Çizelge 7.11 8 Kat ZC Zemin Grubu İdeCAD-Sap2000(Gaplink) Sonuçları.....	52
Çizelge 7.12 8 Kat ZB Zemin Grubu İdeCAD-Sap2000(Gaplink) Sonuçları.....	53
Çizelge 7.13 8 Kat ZD Zemin Grubu Sap2000(Spring)-Sap2000(Gaplink) Sonuçları ..	53
Çizelge 7.14 8 Kat ZC Zemin Grubu Sap2000(Spring)-Sap2000(Gaplink) Sonuçları ..	53
Çizelge 7.15 8 Kat ZB Zemin Grubu Sap2000(Spring)-Sap2000(Gaplink) Sonuçları ..	53
Çizelge 7.16 12 Kat ZD Zemin Grubu İdeCAD-Sap2000(Gaplink) Sonuçları.....	53
Çizelge 7.17 12 Kat ZC Zemin Grubu İdeCAD-Sap2000(Gaplink) Sonuçları.....	54
Çizelge 7.18 12 Kat ZB Zemin Grubu İdeCAD-Sap2000(Gaplink) Sonuçları.....	54
Çizelge 7.19 2 Kat ZD Zemin Grubu Sap2000(Spring)-Sap2000(Gaplink) Sonuçları	54
Çizelge 7.20 12 Kat ZC Zemin Grubu Sap2000(Spring)-Sap2000(Gaplink) Sonuçları	54
Çizelge 7.21 12 Kat ZB Zemin Grubu Sap2000(Spring)-Sap2000(Gaplink) Sonuçları	54
Çizelge 7.22 4 Kat ZB Winkler Maksimum Deplasman Sonuçları.....	62
Çizelge 7.23 4 Kat ZC Winkler Maksimum Deplasman Sonuçları.....	62
Çizelge 7.24 4 Kat ZD Winkler Maksimum Deplasman Sonuçları	62
Çizelge 7.25 4 Kat Ankastre Maksimum Deplasman Sonuçları	63
Çizelge 7.26 8 Kat ZB Winkler Maksimum Deplasman Sonuçları.....	63
Çizelge 7.27 8 Kat ZC Winkler Maksimum Deplasman Sonuçları.....	63
Çizelge 7.28 8 Kat ZD Winkler Maksimum Deplasman Sonuçları	63
Çizelge 7.29 8 Kat Ankastre Deplasman Sonuçları.....	64
Çizelge 7.30 12 Kat ZB Winkler Maksimum Deplasman Sonuçları.....	64
Çizelge 7.31 12 Kat ZC Winkler Maksimum Deplasman Sonuçları.....	64
Çizelge 7.32 12 Kat ZD Winkler Maksimum Deplasman Sonuçları	65
Çizelge 7.33 12 Kat Ankastre Maksimum Deplasman Sonuçları	65

1. GİRİŞ

Zemin-yapı etkileşimi, özellikle de deprem sırasında, deprem dalgalarının yarattığı etki ile üst yapının zemini, zeminin üst yapıyı karşılıklı etkilemesidir. Temelde kazık var ise, temel kazığının da üst yapı ve zemini etkilemesi zemin yapı etkileşimi kapsamına girmektedir (Şekil 1.1) Zemin-yapı etkileşimi binaların deprem davranış biçimleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Ayrıca binaların tasarımı sırasında gözönünde bulundurulması gereken önemli bir etkidir.

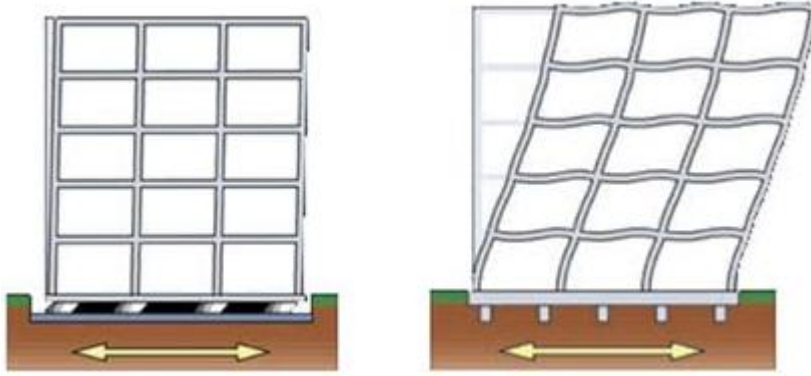


Şekil 1.1 Zemin-üst yapı etkileşimi (Url-1)

Yıllar boyunca insanlar barınma ihtiyacını karşılamak ve rahat yaşam sürdürebilmek için binalar inşa etmektedirler. Son zamanlarda teknolojinin gelişmesiyle insanoğlu betonarme, çelik ve farklı malzeme ve metodlarla inşaat yapmaya başlamıştır. Yalnız toprak altındaki fay hatlarının hareketi sonucu meydana gelen depremlerde binaların oldukça hasar aldığı yeri geldiğinde yıkıldığı görülmüştür. Hem mal kaybı hem de can kaybı olduğundan bina yapımı öncesinde binanın projelendirilmesi ve bu projelerin yapılması için uygun yönetmeliğin hazırlanması öncelik olmuştur.

Zemin yapı etkileşimini sadece yönetmeliklere bakarak irdelemek doğru olmayacaktır. Farklı zeminleri dikkate alarak analizler yapılması ve karşılaştırılması zemin yapı etkileşimini incelemek için daha uygun bir yöntem olacaktır. Genel olarak

analizler sırasında temel rijit bir yapı olarak kabul edilip zemine ankastre olarak bağlandığı varsayılmaktadır. Böylece temel altındaki deprem hareketlerinin üst yapıyla zeminin etkileşimi sonucu doğrudan aktarılacağı varsayılmış olur. Yapı zemin etkileşimini incelemek için bir yapının sert zemin ve gevşek zemin üzerinde depreme vereceği tepkilere bakılabilir. Zemin üst yapı etkileşimini daha iyi irdelemek için analizler sonucu elde edilecek periyot ve frekansların, deplasmanların incelenmesi uygun olacaktır. Bu üç kavramın deprem başlığı altındaki tanımları yapılabilir. Deprem sırasında yer küre belli aralıklarla hareket eder ve yer kabuğunda dalgalar meydana getirir. Periyot bu dalgaların bir tanesi için geçen süre olup frekans ise birim zamandaki devir sayısı anlamına gelmektedir. Deplasman deprem kuvvetlerinin etkisi ile binaların az da olsa eski haline nazaran yer değiştirmesi demektir (Şekil 1.2). Bu yer değiştirmeler genellikle milimetre mertebesindedir. Ancak bu değerlerin artışı binanın hasar görebileceği anlamına gelmektedir.



Şekil 1.2 Zemin-üst yapı etkileşiminin sonucu oluşan deplasman (Url-2)

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Mamuk (2010), çalışmasında betonarme çok katlı bir çerçeve yapı sistemi ile elastik zemin arasındaki dinamik etkileşimi incelemiştir. Bunu yaparken sonlu elemanlar teorisinden yararlanmış, Sap2000 programıyla analizini yapmıştır. Genellikle matematiksel formüller üzerinde durmuştur. Zemini katı bir sonlu eleman olarak modellemiştir.

Coşandal (2015), çalışmasında beton temel üzerine örülen tek sıralı duvarların düşey yükleme altında davranışlarını sıkışabilir bir zemin üzerine yerleştirerek incelemiş ve sayısal analizini yapmıştır. Yapı malzemesi olarak beton, zemin malzemesi olarak kum kullanmıştır. Plaxis 3D programını kullanmıştır. Zemin için Hardening Soil Small Model, harçlar için Mohr-Coulomb Model kullanılmıştır.

Erginsoy (2019), çalışmasında yedi katlı bir binayı bir, iki ve üç bodrum katlı olarak ayrı ayrı olarak modellemiş ve dört farklı deprem düzeyi etkisi altında zemin yapı etkileşimini incelemiştir. Plaxis 3D programını kullanarak dinamik analizlerini yapmıştır.

Naiboğlu (2019), çalışmasında farklı zemin koşullarında kazık-zemin-yapı etkileşimini incelemiştir. Farklı boy ve çapta kazıklar kullanmış, taban kayası derinliği artmasıyla birlikte kazıklarda dinamik etkiler nedeniyle deplasmanın etkilerini incelemiştir. Ayrıca TBDY 2018' e göre DD2 ve DD1 deprem düzeyleri için kesit tesirlerini incelemiştir. Sap2000 programını yani sonlu elemanlar yöntemini kullanmıştır.

Altun (2019), çalışmasında TDY 2007 ve TBDY 2018 deprem yönetmeliklerini ayrı ayrı ele alarak minarelerin zemin yapı etkileşimini göz önünde bulundurarak projelendirmesini yapmıştır. Sta4CAD programı yardımıyla sonlu elemanlar metodu kullanarak minareyi tasarlamıştır. Farklı zemin gruplarıyla analizleri tekrarlayarak yapının periyotlarını karşılaştırmıştır.

Kara (2019), çalışmasında beş farklı zemin sınıfı üzerine oturan yapıların dinamik davranışını incelemiştir. Düzlem çerçeve ve perde-çerçeve yapı örnekleri ele alınarak her iki taşıyıcı sistem türü için yapı zemin etkileşimini farklı modeller kullanarak incelemiştir. Sonlu elemanlar yöntemi kullanmıştır. Sap2000, Matlab, Scilab programlarından yararlanmışır. Zemini ise shell/kabuk eleman olarak modellemiştir.

Çomaklı (2019), çalışmasında farklı normal ve zemin kat yüksekliklerine sahip yapıların zemin-yapı etkileşimini sonlu elemanlar yöntemiyle incelemiştir. Yumuşak kat düzensizliklerini ve katlarda meydana gelen deplasmanları irdelemiştir. Analiz için Sap2000 programından faydalanmıştır.

Ada (2020), çalışmasında farklı çok katlı binaların yapı zemin etkileşimini incelemiş, bunu yaparken üç, altı ve on iki katlı binaların modellenmesini yapmıştır. Aynı zamanda binaların yan yana olacak şekilde analizini yapmış, ötelenme oranlarını incelemiştir. Analizlerde sonlu elemanlar yönteminden faydalanılmıştır. ANSYS programından faydalanmıştır.

Kılıçer (2016), çalışmasında üç farklı bina modeli, farklı zemin sınıfları ve deprem bölgeleri ile yapının zemin etkileşimini incelemiştir. Zemin olarak winkler yay modeli, gelişmiş vlasov yöntemlerini kullanmıştır. Matlab ve Sap2000 programlarını eş zamanlı olarak kullanmıştır. Formüller Matlab'dan hesaplanıp çıkan sonuçları Sap2000 de modellemede kullanmıştır. Kolon aksenal kuvvetlerini, kolon eğilme momentlerini, periyotları herbir zemin modeli için ayrı ayrı karşılaştırmasını yapmıştır.

Kılıç (2019), çalışmasında beş ve on bir katlı yapı modellerini birinci deprem bölgesinde hem Sap2000'de hem de İdecad programlarında ayrı ayrı analizlerini yapmıştır. Tezdeki amaç modellere uygun ve ekonomik olacak şekilde perde yerleştirilmesidir. Aynı zamanda zemin üst yapı etkileşimi sonucu ve perde seçimleriyle periyotların karşılaştırmasını yapmıştır.

İnel, Çaycı, Kemal (2017), çalışmalarında zeminin üst yapıyla etkileşimi ile beraber zemin rijitliklerini değiştirerek sismik talep üzerindeki etkisini araştırmayı amaçlamışlardır. 1975 ve 1998 Deprem Yönetmeliklerine göre iki adet ve yedi katlı yapı modellerini üç boyutlu şekilde bilgisayar ortamlarında analizlerini yapmışlardır. Dört farklı zemin grubu ve yedi farklı ivme kaydıyla analizlerini yapmışlardır. Bir modelde zemin ankastre olarak diğer modelde ise zemin üst yapıyla beraber çözümlemesini yapmışlardır. Çıkan sonuçları karşılaştırmışlardır.

Kahraman, Mısır, Özden (2007), çalışmalarında dört katlı çerçeve sistemlerine sahip yapı modellerini farklı zemin gruplarıyla ilk olarak Winkler yay modelini kullanarak statik analizini yapmışlardır. Ardından zemin radyeli ve üç boyutlu olacak şekilde tasarlanıp analizini yapmışlardır. Bu analiz sonuçlarını kıyaslamışlardır.

Çömlekçioğlu, Sert (2018), çalışmalarında beş katlı yapı modelini değişen farklı kalınlıktaki temeller ile Sta4cad programını kullanarak Winkler yöntemine göre analizini yapmışlardır. Farklı yatak katsayılarını kullanmışlardır. Çıkan sonuçları irdelleyip karşılaştırmışlardır.

Korkmaz, Demir (2012), çalışmalarında beş katlı bina modelini zeminini yaylı ve ankastre yapıp analizini yapmışlardır. Sap2000 programını kullanmışlardır. Farklı zemin

gruplarının kullanarak çıkan sonuçta periyotlarını,görelî kat ötelemelerini, temeldeki dönmeleri ve deplasmanları karşılaştırmışlardır.

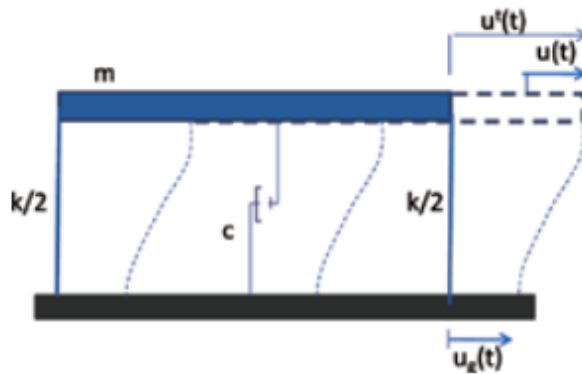
3. ZEMİN-YAPI ETKİLEŞİMİ

Zemin üst yapıyla her zaman bir etkileşim içerisinde. Yer hareketlerinden kaynaklanan titreşimler zemin ve temelle beraber üst yapıya direk olarak etki etmektedir.

Zeminin üst yapı üzerinde bazı etkileri aşağıdaki gibidir:

- Zeminde oluşabilecek ufak hareketler dahi üst yapıda kesit tesirlerinin oluşmasına neden olabilmektedir.
- Zemin üst yapının periyot ve frekansı değiştirebilmektedir.
- Zemin içerisinde bulunan ufak boşluklar bazen çöküntülere neden olup binanın oturumunu etkilemektedir.
- Zemin içerisinde fazla su boşluğu bulunursa sıvılaşmaya neden olup yapının aniden devrilmesine yol açabilmektedir.
- Zeminin zayıf olması durumunda deprem kuvvetlerini doğrudan üst yapıya aktarır üst yapının tamamının deprem kuvvetine maruz bırakabilmektedir.
- Zeminin mukavemetinin düşük olması durumunda binanın yer hareketlerine karşı sergilediği deplasmanlar artabilmektedir.
- Zemin, üst yapı üzerinde eylemsizlik kuvveti oluşmasına neden olabilmektedir.

Sert ve yumuşak zemin ile üst yapı etkileşimi Şekil 3.1 ve Şekil 3.2' de şematik olarak gösterilmiştir.



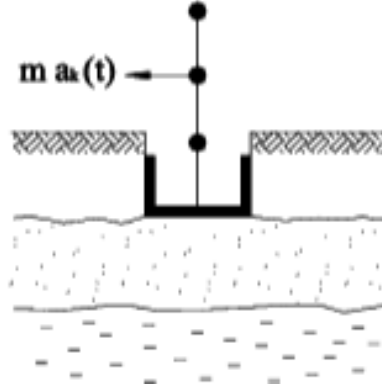
Şekil 3.1 Sert zemin-üst yapı etkileşimi (Siyahi B. v.d., 2015)

bunlardan bazılarıdır. Flinonke-Brodich yöntemi, Hetenyi yöntemi, Pastrenak yöntemide diğer zeminin etkisini inceleyen yöntemlerdendir.

3.1. Zemin-Yapı Etkileşim Türleri

3.1.1. Eylemsizlik etkileşimi

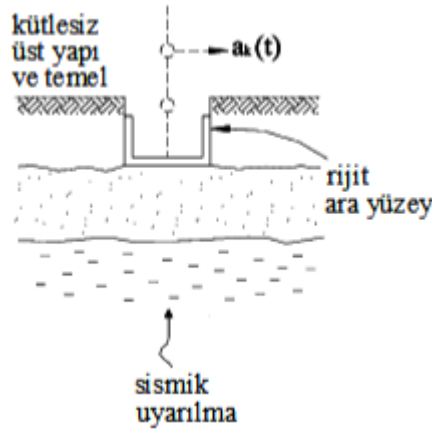
Zeminden gelen hareketler üst yapıda titreşimlere yol açmaktadır. Bu titreşimler temel ve üst yapıda kesme kuvvetleri, moment ve burulmalara yol açmaktadır. Bunun yanı sıra üst yapıda önemli derecede yer değiştirmelerine neden olabilmektedir. Bu yer değiştirmeler histerisiz ve geometrik sönümlenmelerle önemli derecede enerji tüketimini sağlar. Bu enerji tüketim, eylemsizlik etkileşimidir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Eylemsizlik etkileşimi (Url-3)

3.1.2. Kinematik etkileşim

Serbest zemin içerisinde titreşimleri zemin tanecikleri arasında yaymaktadır. Bu zemine kazı yapıлып temel konulduğu vakit bu temel serbest zemin içerisinde hareketlerin değişimine neden olmaktadır (Şekil 3.4). Bu değişim temelin rijitliğine, boyutlarına ve temelin gömüldüğü derinliğe bağlıdır.



Şekil 3.4 Kinematik etkileşimi (Url-3)

3.1.3. Dinamik etkileşim

Deprem dalgaları karşısında üst yapı ve zemin birlikte hareket etmektedirler. Üst yapı ve zemin arasındaki bağlantıyı sağlayan en önemli yapı unsuru temeldir. Temelin rijitliğinin artması ile birlikte zeminden üst yapıya gelen etki azalabilmektedir.

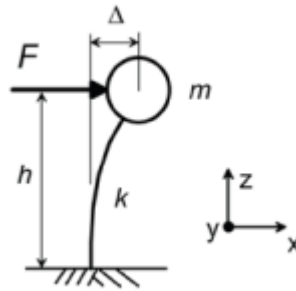
Deprem dalgası geldiğinde zemin temel aracılığıyla üst yapıya bu dalgaları iletmektedir. Dalgalar yukarıya doğru ilerlerken bir miktar dalga tekrar zemine yansımaktadır. Temel bu dalgayı zemine iletirken aynı zamanda üst yapıdan gelen yükü de zemine iletmektedir. Üst yapıda ilerleyen dalgalar uzun süreli kaldığında üst yapıda titreşime ve yer değiştirmelere neden olabilmektedir. Tabii taşıyıcı sistem en sonunda durağan hale gelecektir. Bu zamana kadar harcanan enerji kaybı ‘geometrik sönüm’ olarak ifade edilmektedir.

Dinamik etkileşimde en önemli unsurlar zeminin özelliği, temelin rijitliği, üst yapının rijitliği ve özellikleridir. Zeminin sağlam olması temeli ve üst yapıyı etkileyebileceği gibi, temelin ve yapının rijitliği ve özellikleri de zemini etkileyecektir.

3.2. Üst Yapı-Zemin Davranış Yaklaşımları

3.2.1. Rijit taban yaklaşımı

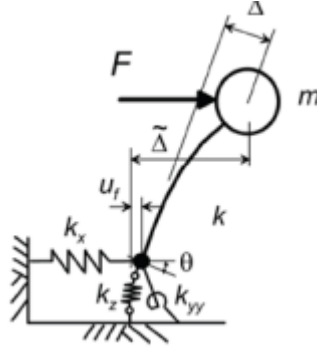
Dış yükler ve zemin hareketleri sırasında zeminin sonsuz rijit kabul edildiği yaklaşımdır (Şekil 3.5). Bu durumda zemin alttaki hareketin bütününden bağımsız olarak üst yapıda sadece yanal ötelenmelere neden olmaktadır.



Şekil 3.5 Rijit taban yaklaşımı (Çetinkaya M.Y. v.d., 2015)

3.2.2. Esnek taban yaklaşımı

Dış yükler ve zemin hareketleri sonucu oluşan zemindeki ötelenmeler de dikkate alınarak üst yapının, temellerin dönme ve şekil değiştirmesinden etkilenerek beraber hareket ettiği yaklaşımdır. Burada üst yapı sadece yatay yönde değil düşey yönde de hareket edebilmektedirler.



Şekil 3.6 Esnek taban yaklaşımı (Çetinkaya M.Y. v.d., 2015)

3.3. Zemin-Üst Yapı Çözümleme Yöntemleri

Zemin ve üst yapı çözümlemesi yapılırken çeşitli yöntemler ile sistemin analizi yapıpıp gerçekçi sonuç elde edilmeye çalışılmıştır. Burada üst yapıda meydana gelecek kesit tesirleri, yer değiştirmeler incelenirken zeminde oluşabilecek oturmalar ve sistem açısından periyot, frekans vs. veriler elde edilmektedir. İki farklı yöntem kullanılmıştır; alt sistemlere ayırma ve direk metot.

3.3.1. Alt sistemlere ayırma yöntemi

Bu yöntemde üst yapıda kesit tesirleri, momentler, yer değiştirmeler ayrı ayrı formüllerle hesaplanmaktadır. Zeminde ise oturmalar, periyot vs. ayrı ayrı denge denklemleriyle bulunmuştur. Üst yapıda yapılan denge denklemleriyle zeminde yapılan denge denklemleri ortak noktada birleştirilip sonuçlar elde edilmektedir.

3.3.2. Direkt metot

Bu yöntemde statik ve dinamik etkiler ele alınmaktadır. İlk olarak yapı ve zemin düğüm noktalarına bölünmektedir. Ardından statik etki olarak zemin basit bir düğüm noktası olarak gözönüne alınarak mesnet atamasıyla sonuçlar elde edilmektedir. Dinamik olarak ise zemin belli sınırlarda ele alınıp yayılan dalgaların sönümlenmesi gibi enerjiyi kapsayan formüller ile analiz sonuçları elde edilmektedir. Dinamik etki statik etkiye göre daha kapsamlı ve karmaşık formüller içermektedir.

4. ZEMİN HESAP MODELLERİ

Zemin ve üst yapı etkileşimini incelerken en önemli husus zeminin modellenmesidir. Eski zamanlarda karayolları ve demiryollarında zemin modellenmesi yapılmıştır. En önemli zemin modellerinden olan Winkler modeli günümüzde en çok kullanılan yöntemlerdendir. Oldukça basit matematiksel formüllerle ifade edilen bu model zamanla yetersiz hale gelmeye başlamıştır. Bu modeldeki eksiklikleri tamamlamak amacıyla Flınenko-Brodich, Vlasov, Hetenyi, Pasternak bu modele ilave matematiksel kurallar koymuşlardır.

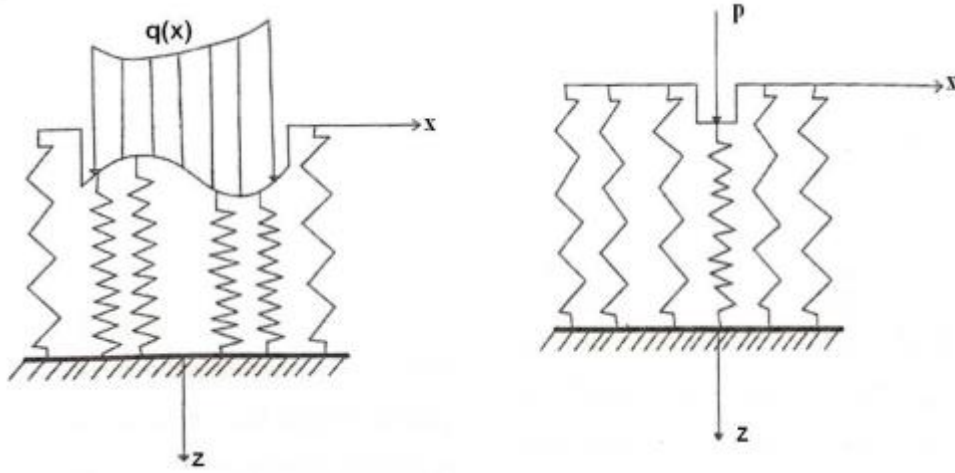
4.1. Winkler Yöntemi

Önceleri zemin ile üst yapı etkileşimi incelenirken zemin ankastre şeklinde modellenmiştir. Sonrasında ise zemin işin içine dahil edilirken Winkler yay modelinden yararlanılmıştır. Bu modelde zemin birbirinden bağımsız, sonsuza yakın ve lineer ve elastik yaylarla temsil edilmektedir.

Winkler modeli oldukça basit ve yetersiz olmakla beraber oldukça tercih edilen bir yöntemdir. Yaylar sadece yükleme altında şekil değiştirmekte ancak birbirlerini etkilememektedir. Bu sebeple yetersiz kalmıştır. Sonrasında farklı yöntemler ortaya çıkmıştır. Bunlar zemin parçacıklarının, yani yayların birbirini etkilediği Vlasov gibi yöntemlerdir. Winkler yönteminde zemin süreksiz bir ortam olarak kabul edilmektedir. Winkler modeli basit matematiksel işlemlerle zemin ile üst yapı etkileşimini çözen bir modeldir. Winkler'de kullanılan parametre ve formüller şöyle verilmektedir.

$$DP = \frac{Ep \times h^3}{12 \times (1 - Vp^2)} \quad r = \sqrt[4]{\frac{DP \times H}{Es}} \quad k = \frac{Knw \times DP}{r^4}$$

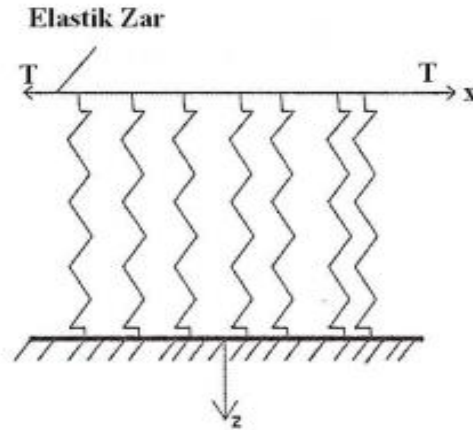
Bu formüllerde; DP: Plak eğilme rijitliği, r: Plak karakteristik uzunluğu, H: En fazla etkili zemin derinliği, Ep: Beton elastisite modülü, Vp: Beton poisson oranı, Es: Zemin elastisite modülü, h: Plak kalınlığı, Knw: sabit sayı, k: Winkler yatak katsayısı



Şekil 4.1 Winkler Modeli (Mamuk F., 2010)

4.2. Flınenko-Brodich Yöntemi

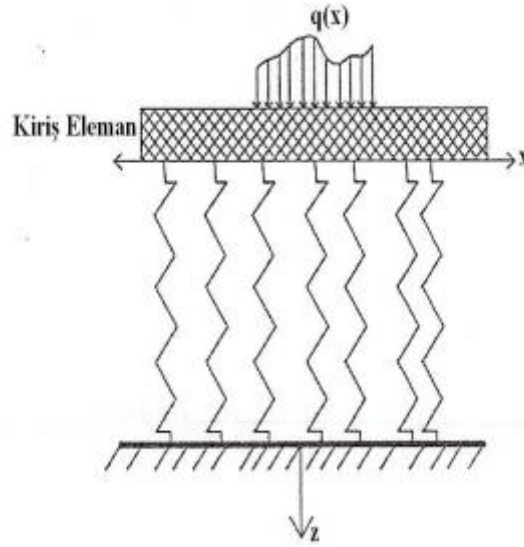
Bu yöntemde Winkler yöntemindeki yaylar eksik görülmüş olup bu yayların üzerinde elastik bir zar olduğu varsayılmış, bu zardaki gerilmeler dikkate alınıp matematiksel formüllerle bulunmuştur.



Şekil 4.2 Flınenko-Brodich Modeli (Mamuk F., 2010)

4.3. Heteyni Yöntemi

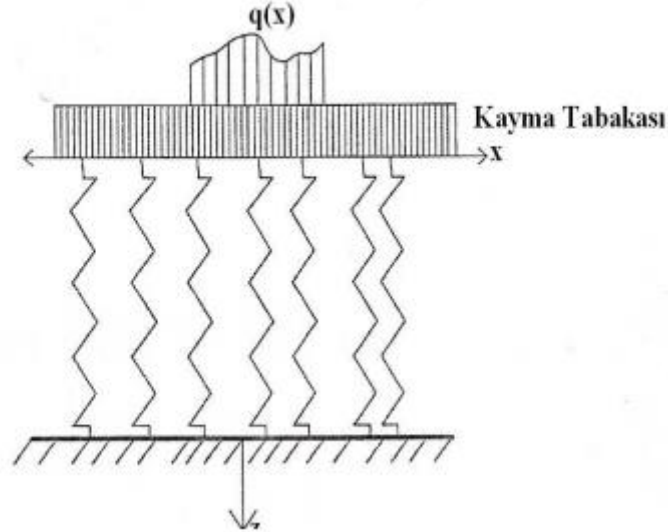
Bu yöntem; Winklerdeki yayların üzeri iki boyutlu düşünülüğünde ve plak tek boyutlu düşünülüğünde, elastik bir kiriş varmış gibi varsayım yapmaktadır. Bu kirişin hareketleri matematiksel formüllerle irdelenmiştir.



Şekil 4.3 Heteyni Modeli (Mamuk F., 2010)

4.4. Pasternak Yöntemi

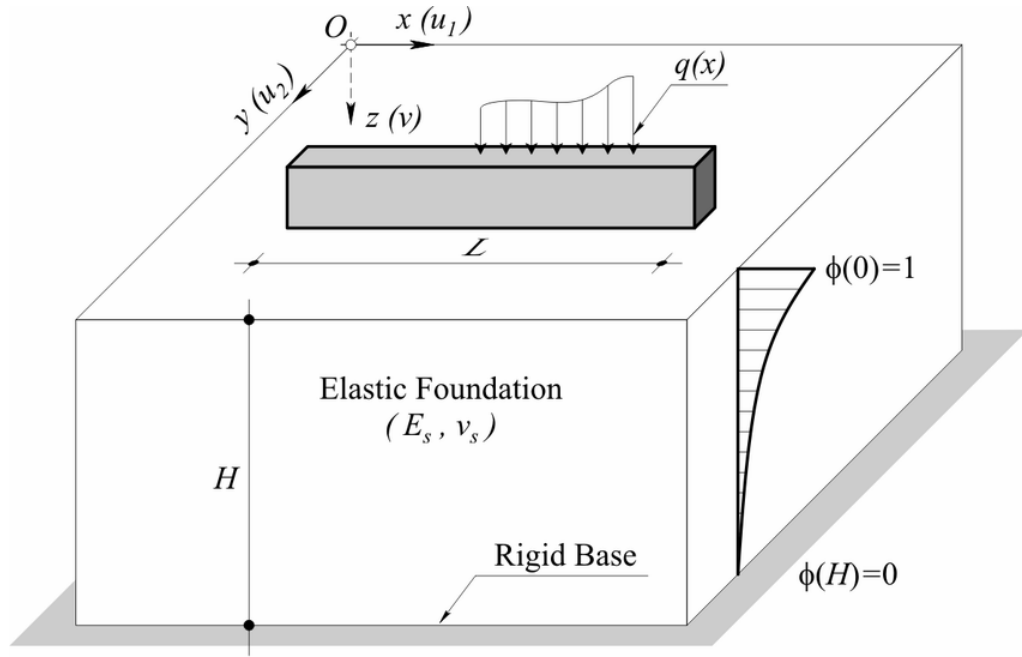
Bu yöntemde, Winklerdeki yayların üzerinde sadece düşeyde hareket edebilen ve sıkışmayan bir kayma tabakası olduğu varsayılmıştır. Bu tabakanın hareketleri basit matematiksel formüllerle irdelenmiştir.



Şekil 4.4 Pasternak Modeli (Mamuk F., 2010)

4.5. Vlasov Yöntemi

Bu yöntemde, zemin kendi içerisinde homojen, izotrop sayılmaktadır. Winklerde ihmal edilen kayma şekil değiştirmeleri bu yöntemde ele alınmıştır. Matematiksel formülleri diğer yöntemlere nazaran oldukça zordur. Ayrıca taban basıncıda bu yöntemle elde edilebilmektedir.



Şekil 4.5 Vlasov Modeli (Kılıçer S., 2016)

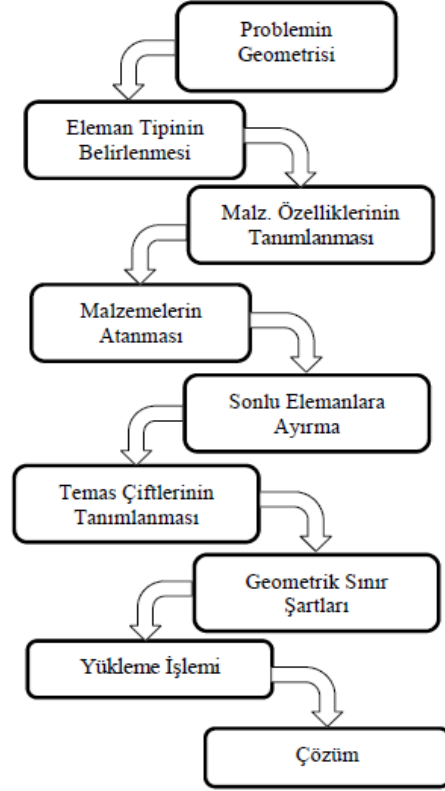
4.6. Sonlu Elemanlar Yöntemi

Sonlu elemanlar yöntemi 19. yüzyılın ortalarından günümüze kadar kullanılan ve artık inşaat mühendisliğinin temelini oluşturan bir yöntemdir. Sonlu elemanlar yöntemi ile yapı birçok eleman ve düğüm noktaları ile temsil edilir. Düğüm noktalarındaki serbestlik derecesi ile ifade edilen deplasman ve dönmelerin kuvvet dengesi denklemleri ile çözümlenmesi ile analizin gerçekleştirildiği bir yöntemdir. Günümüzde çoğu ticari bina analizi paket programlarında kullanılan bir yöntemdir.

Bu yöntem sayesinde geometrisi düzgün olmayan yapılar dahi kolayca modellenip analizi yapılabilir. Farklı özellikte malzemeler barındıran problemlerin analizi yapılabilir. Yapıların dış yük ve çevresel etkiler altında oluşacak deplasmanları, eğilme momentleri, kesme kuvvetleri ve burulma momentleri vs. hesaplanabilmektedir. Sonlu elemanlar yöntemi parçanın bütünü yerine bölünmüş çok sayıda eleman üzerine çözüm yapar. Herbir birleşim düğüm noktası için:

$$\{DR\} \cdot \{U\} = \{F\}$$

formülü uygulanır. Bu formülde DR rijitlik matrisini, U deplasman vektörünü, F ise düğüm noktası yük vektörünü temsil etmektedir. Sonlu elemanlar yönteminde Şekil 4.6 da gösterilen akış diyagramındaki işlem basamakları mevcuttur.



Şekil 4.6 Sonlu Elemanlar Yönteminin Şematik Gösterimi (Polat A. vd., 2018)

5. ZEMİN PARAMETRELERİ

5.1. ZEMİN MUKAVEMETİ

Zemin - üst yapı etkileşiminde zeminin mukavemetinin rolü oldukça fazladır. Zeminin sağlamlığı binanın deprem kuvveti karşısında olan direncini artırmaktadır. Zemin türleri TBDY 2018 yönetmeliğine göre 6 gruba ayrılmaktadır (Şekil 5.1). İyiden kötüye sıralayacak olursak ZA,ZB,ZC,ZD,ZE,ZF'dir. ZA; sağlam ve sert kayalar, ZB; az ayrılmış orta sağlam kayalar, ZC; çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya arıymış çok çatlaklı zayıf kayalar, ZD; orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları, ZE; gevşek kum,çakıl veya yumuşak katı kil tabakaları, ZF; sahaya özel araştırma ve değerlendirme gereken zeminlerdir. Bu sınıflandırma TBDY 2018 Tablo 16.1'de gösterilmektedir.

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 killer, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb.), 2) Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killer, 3) Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli ($PI > 50$) killer, 4) Çok kalın (> 35 m) yumuşak veya orta katı killer.			

Şekil 5.1 TBDY 2018 Tablo 16.1

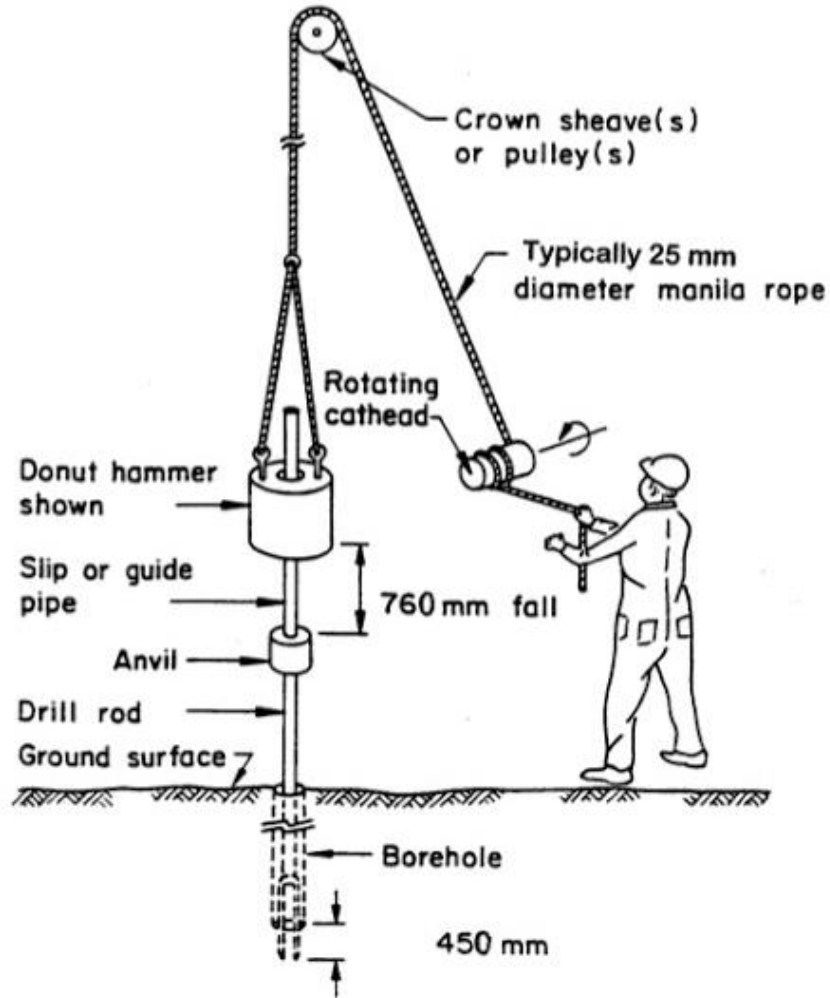
Bu tabloda verilen V_s (üst 30 m'de ortalama kayma dalgası hızı), N_{60} (standart penetrasyon darbe sayısı) ve c_u (ortalama drenajsız kayma dayanımı) değerleri ise TBDY 2018 Denklem 16.2 ile şu şekilde hesaplanmaktadır.

$$(V_S)_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \left(\frac{h_i}{V_{S,i}} \right)} ; (N_{60})_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \left(\frac{h_i}{N_{60,i}} \right)} ; (c_u)_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \left(\frac{h_i}{c_{u,i}} \right)} \quad (16.2)$$

Zeminin mukavemetini belirleyip sınıflandırılırken bazı arazi deneyleri kullanılmaktadır. Bunlar; SPT deneyi, Koni Penetrasyon deneyi, Presiyometre deneyi bunlardan bazılarıdır.

5.1.1. SPT Deneyi

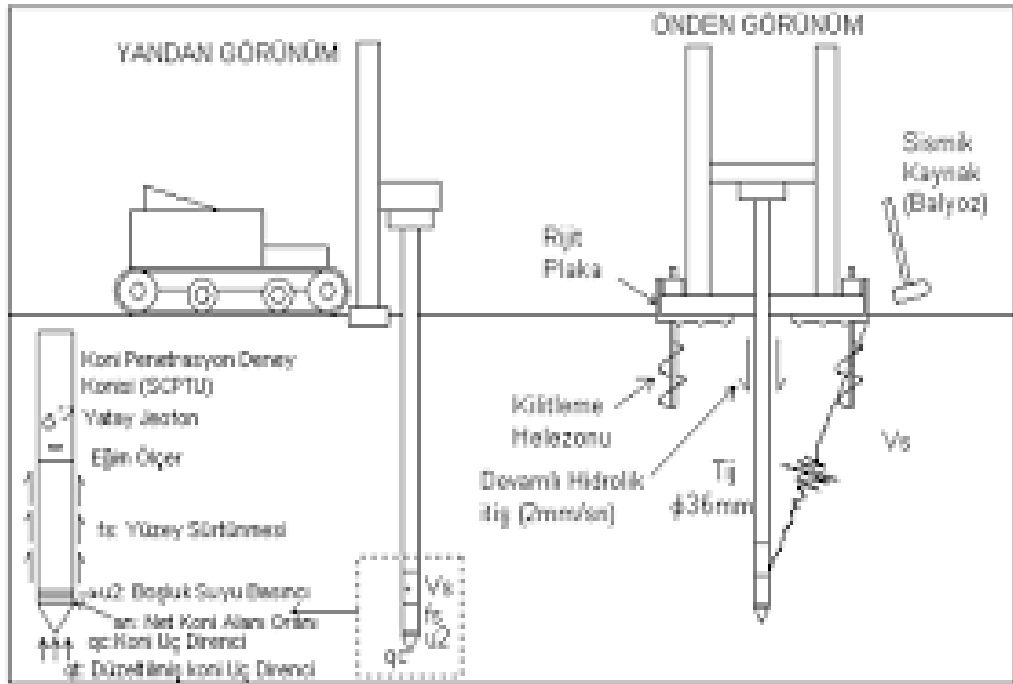
SPT deneyi daha önce sondaj kuyusu açılan yerde yapılan bir deneydir (Şekil 5.2). Bu deneyde kullanılan düzenekte 63.5 kg tokmağın 76 m yükseklikte serbest düşüme bırakılarak standart tijlere vurulmasıyla yapılan deneydir. Bu deneyde sonda 15 cm ilk olarak yere çakılır. Sonrasında 30 cm daha yere çakılır. Bu 15 cm'den 30 cm'e kadar geçen süreçteki vuruş sayısına SPT-N sayısı olarak adlandırılmaktadır. Bu sayıyla zeminin sınıflandırmasında formüller kullanılarak bulunabilmektedir.



Şekil 5.2 SPT Deneyi (Url-4)

5.1.2. Koni Penetrasyon (CPT) Deneyi

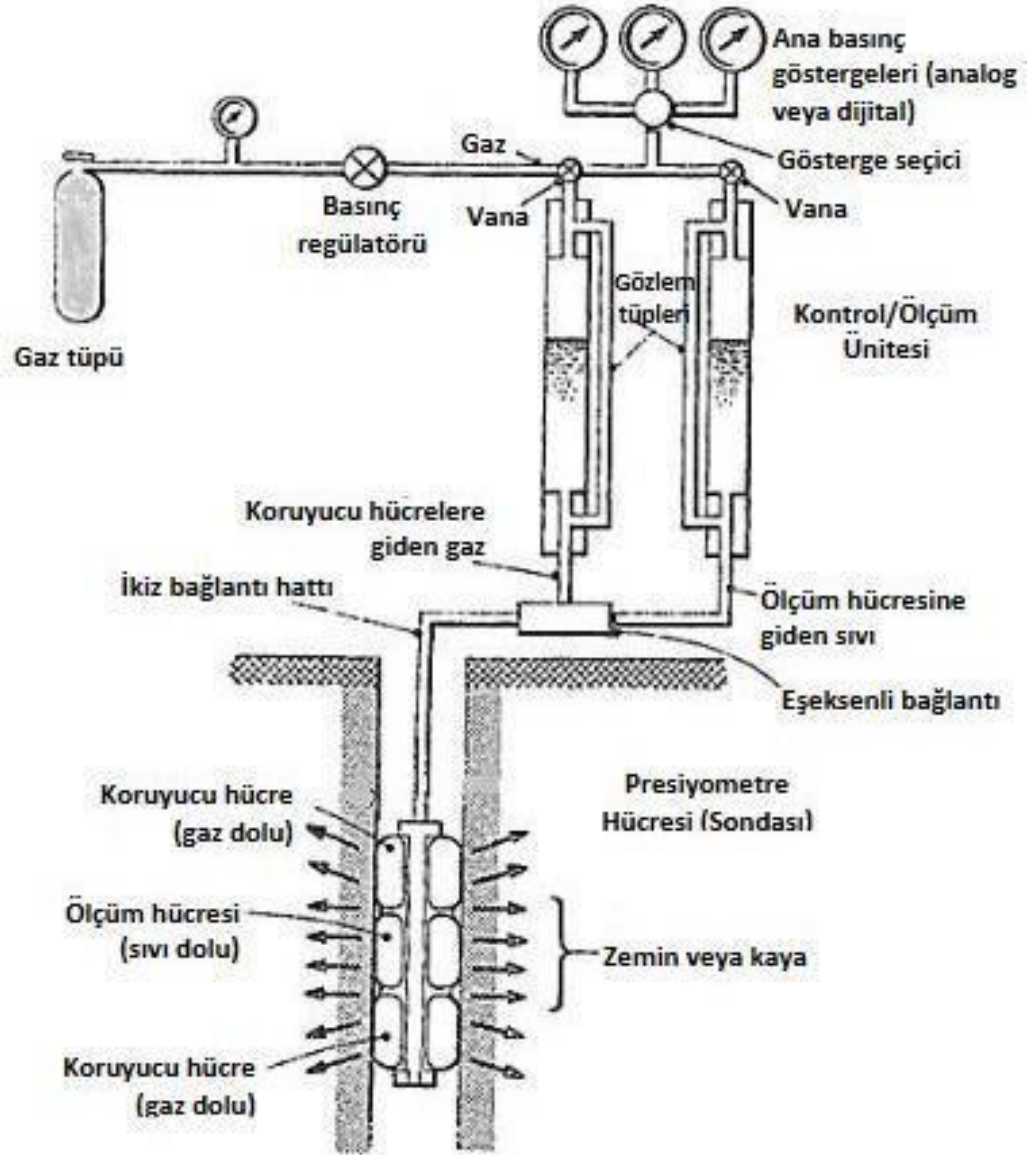
CPT deneyi bir itme deneyidir (Şekil 5.3). Sonda üzerine hidrolik kriko ve yük halkası konumlandırılır. Bu yük halkası üzerinde kiriş yerleştirilir. Kirişin her iki tarafında ankraj kazıkları bulunmalıdır. Sonda çapı 35.7 mm ve tepe açısı 60 derece olan metal koniden oluşmaktadır. Kirişin aşağıya doğru itilmesiyle metal koninin birkaç cm itilmesinden emin olunduktan sonra hidrolik kriko yük halkasına zeminin tersi yönde baskı yapar ve yük halkasında zeminin direnci(q_c) ölçülür. Bu dirençle beraber formüllerde kullanılarak zemin sınıfı hakkında yorum yapılabilir.



Şekil 5.3 CPT Deneyi (Sert S. vd., 2015)

5.1.3. Presiyometre (PMT) Deneyi

PMT deneyinde sondaj açıldıktan sonra sondaj kuyusuna altta ve üstte olmak üzere iki adet koruyucu hücre yerleştirilir (Şekil 5.4). Bu hücre basınçlı gazla şişirip topraktan gelen zararlı etkileri ortadan kaldırmaktadır. Ardından bu iki hücre ortasına ölçüm hücresi yerleştirilir. Bu ölçü hücresi basınçlı su ile şişirilip bu basınca karşılık gelen yanıl şekil değiştirmeler belirlenir. Bu basınç ve yer değiştirmeler formüller kullanarak zemin sınıfı hakkında yorum yapılabilir.



Şekil 5.4 PMT Deneyi (Url-5)

5.2. Yatak Katsayısı

Yatak katsayısı zemin gerilmesi ile deformasyonu arasındaki ilişkiyi ifade eden bir zemin parametresidir. Diğer bir ifadeyle; zeminin herhangi bir noktasındaki basıncın oradaki oturmaya oranı olarak tabir edilir.

1800'lü yıllarda Winkler'in çıkardığı yasayla Almanya'da tren rayları yapımında kullanılmaya başlanmıştır. Yatak katsayısı genellikle zeminin özelliğini ifade eden basit matematiksel formülle hesaplanmaktadır. Genel olarak yatak katsayısı belirli rijitliğe sahip yaylarla ilişkilendirilir. Winkler yöntemi tam olarak yatak katsayısı tanımıyla ilişkilidir. Noktasal olarak yayların bir miktar oturma yaptığı ve noktasal olarak yükün etki ettiği yaylar yatak katsayısının bulunmasında birebir bir etkindir.

Yatak katsayıları birçok bilim adamı tarafından araştırılmış olup kendilerine göre tablo hazırlamışlardır. Bunlardan bazıları aşağıdaki gibidir.

Çizelge 5.1 Terzaghi yatak katsayı çizelgesi

Zemin Sınıfı	Yatak Katsayısı (kN/m ³)
Katı Kil	<24000-48000
Sert Kil	48000-96000
Çok Sert Kil	>96000
Gevşek Kum	8000-12800
Orta Sıkı Kum	19600-41600
Sıkı Kum	96000-160000

Çizelge 5.2 Ersoy yatak katsayı çizelgesi

Zemin Sınıfı	Yatak Katsayısı (kN/m ³)
Balçık, Turba	<2000
Plastik Kil	5000-10000
Yarı Sert Kil	10000-15000
Sert Kil	15000-30000
Dolma Toprak	10000-20000
Gevşek Kum	10000-20000
Orta Sıkı Kum	20000-50000
Sıkı Kum	50000-100000
Sıkı Kumlu Çakıl	100000-150000
Sağlam Şist	>500000
Kaya	>2000000

Çizelge 5.3 Keskinel yatak katsayı çizelgesi

Zemin Sınıfı	Yatak Katsayısı (kN/m ³)
Balçık, Turba	<2000
Plastik Kil	5000-10000
Yarı Sert Kil	10000-15000
Sert Kil	15000-30000
Dolma Toprak	10000-20000
Gevşek Kum	10000-20000
Orta Sıkı Kum	20000-50000
Sıkı Kum	50000-100000
Sıkı Kumlu Çakıl	100000-150000
Sağlam Şist	>500000

6. MODEL BİNALARIN ANALİZİ İLE ZEMİN-YAPI ETKİLEŞİMİNİN İNCELENMESİ

Bu tez çalışmasında basit bir çerçeve sistemi ele alınmış olup farklı boyutlarda kolon kullanılıp 4, 8 ve 12 katlardan oluşan yapıların sonlu elemanlar yönteminden yararlanılarak analizleri yapılmıştır. Bu analizler Sap2000 ve İdeCAD programlarında yapılmıştır. Zemin ankastre ve tek boyutlu yay modeli (winkler yöntemi) olarak tasarlanmıştır. 4 katlı binada köşe ve kenar kolonlar 30×30 cm orta kolonlar 40×40 cm; 8 katlı binada köşe kolonlar 30×30 cm, orta kolonlar 60×60 cm, kenar kolonlar 45×45 cm; 12 katlı binada köşe kolonlar 40×40 cm, orta kolonlar 70×70 cm, kenar kolonlar 55×55 cm olarak tasarlanmıştır. Kolon boyutlarının farklı olmasının sebebi TBDY 2018'in 7.3.1.2. maddesinde bulunan kolon aksel kesme kuvvetinin katlara göre hesabından kaynaklanmaktadır.

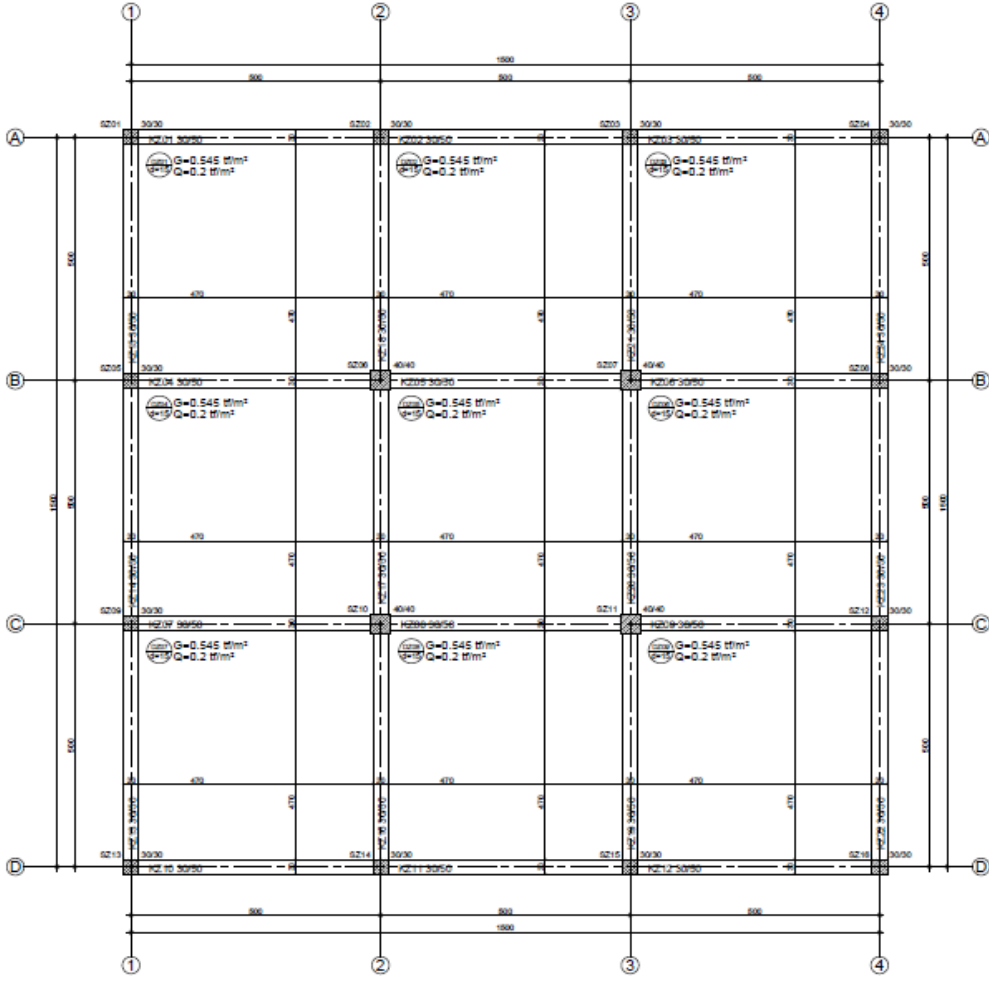
7.3.1.2 – Kolonun brüt enkesit alanı, N_{dm} TS 498'de hareketli yükler için tanımlanmış olan hareketli yük azaltma katsayıları da dikkate alınarak, G ve Q düşey yükler ve E deprem etkisinin ortak etkisi $G+Q+E$ altında hesaplanan aksel basınç kuvvetlerinin en büyüğü olmak üzere, $A_c \geq N_{dm}/(0.40 f_{ck})$ koşulunu sağlayacaktır.

Şekil 6.1 TBDY 2018 7.3.1.2 Maddesi

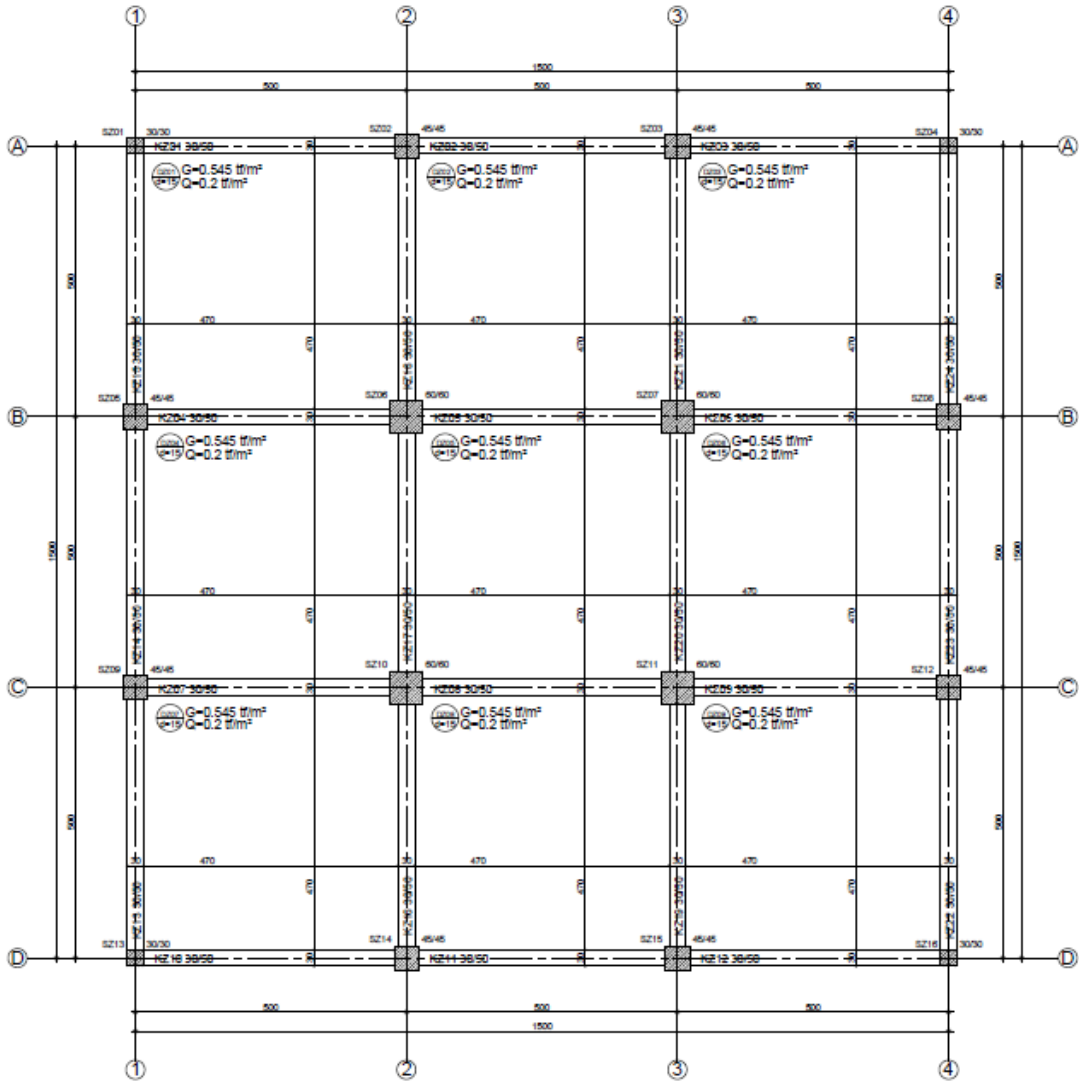
Kirişler 30×50 cm (genişlik:30 cm, yükseklik:50 cm) , döşemeler 15 cm olarak tasarlanmıştır. Döşeme ölü yükü 0.17 t/m², (fayans yükü), hareketli yükü 0.2 t/m², (konut,teraz ve koridorlar TS498); kiriş ölü yükü 0.32 t/m²(19 cm tuğla yükü) ve hareketli yükü 0 t/m², olarak seçilmiştir. Akslar düşey ve yatay yönde 4'er adet konulup açıklıkları eşit ve 5 m olarak tasarlanmıştır. Kolonlar aksa hem yatay hem de düşey yönde ortalı olacak şekilde yerleştirilmiştir. Temel radye olup akslardan 1'er m ampattan verilmiştir. Radye ölü yükü 0.17 t/m², hareketli yükü 0.2 t/m², olarak seçilmiştir. Radye temelin derinliği 50 cm yapılmıştır.

3 adet belediye onaylı zemin etüdü raporlarından yararlanılmıştır. Bu raporlardan 3 farklı zemin grubu kullanılıp aynı şekilde 3 farklı yatak katsayısı kullanılmıştır. B grubu zemin etüdü Konya İlinin, Kadınhanı İlçesi, Kolumısamecit Mahallesi K28c16b pafta 236 Ada 38 Parselde, C grubu zemin etüdü Konya İlinin, Cihanbeyli İlçesi, Zaferiye Mahallesi 142 Ada 36 Parselde, D grubu zemin etüdü Konya İlinin, Cihanbeyli İlçesi, Gölyazı Mahallesi 628 Ada 1 Parselde yapılmış olup deprem ve zemin değerleri bu raporlardan alınmıştır. B grubu zemin yatak katsayısı: 2500 t/m³, Ss:0.374, S1:0.085, FS:0.9, F1:0.80, SDS:0.337, SD1:0.068; C grubu zemin yatak katsayısı: 1700 t/m³,

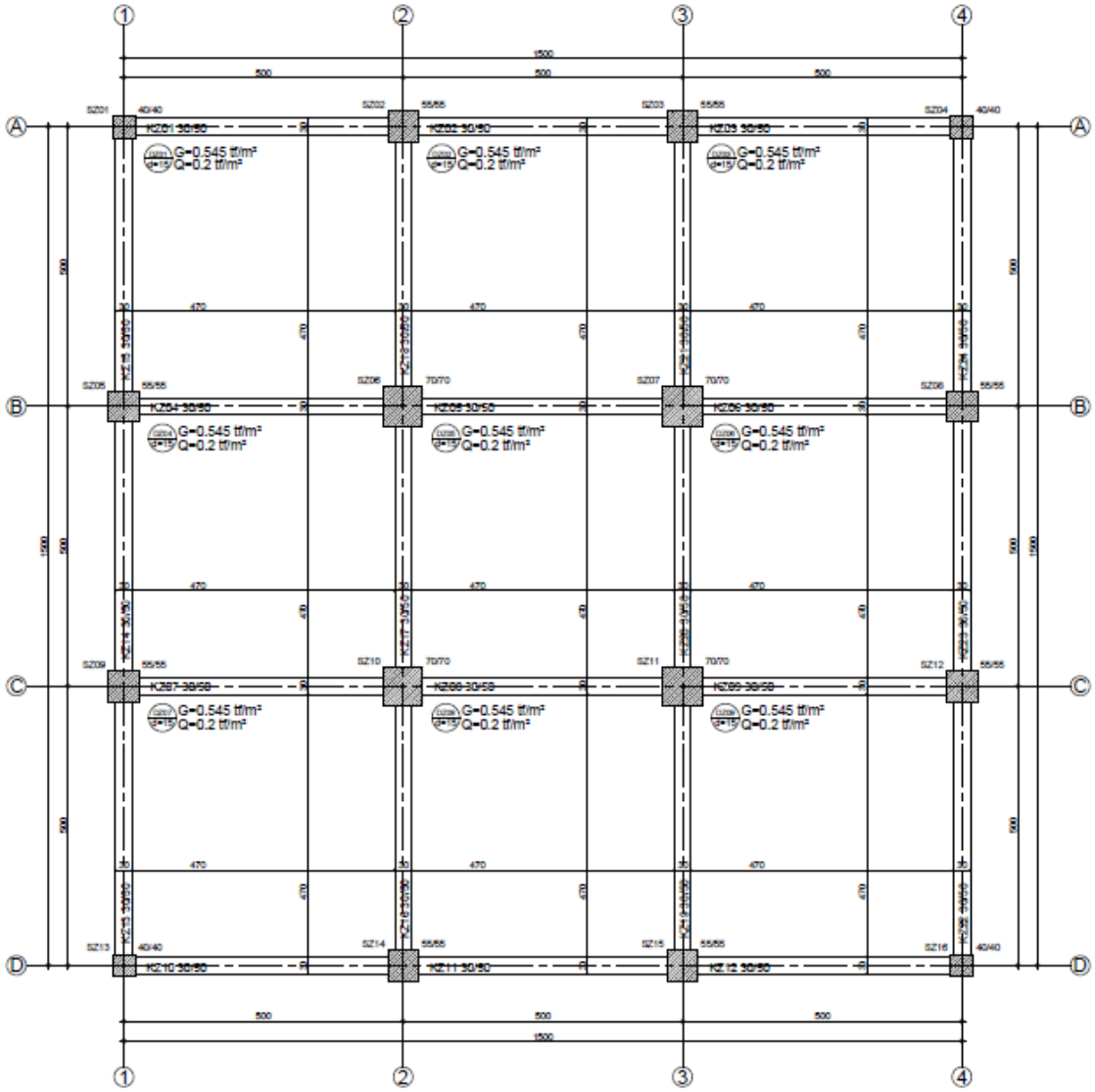
Ss:0.420, S1:0.092, FS:1.3, F1:1.5, SDS:0.546, SD1:0.138; D grubu zemin yatak katsayısı: 1200 t/m³, Ss:0.306, S1:0.071, FS:1.555, F1:2.400, SDS:0.476, SD1:0.170 'tir.



Şekil 6.2 Dört katlı binanın kat kalıp planı



Şekil 6.3 Sekiz katlı binanın kat kalıp planı



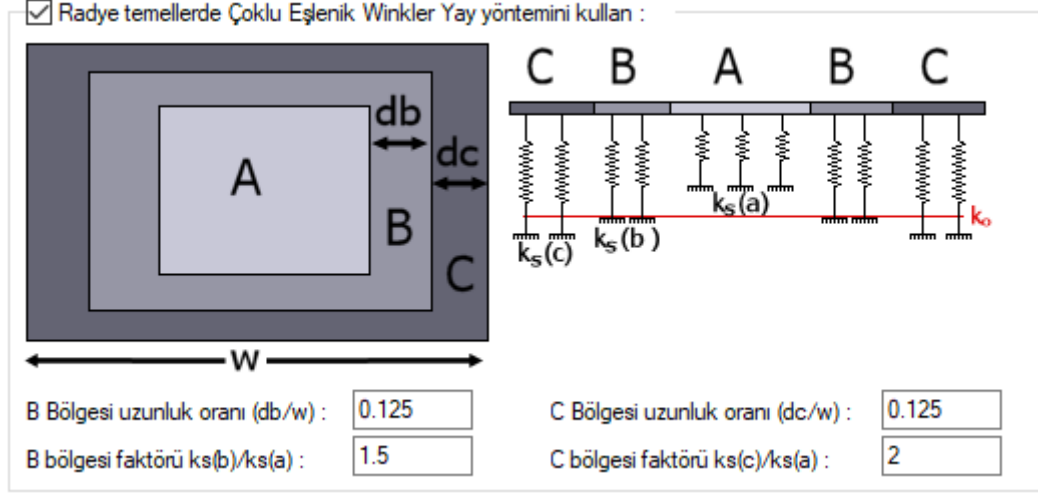
Şekil 6.4 Oniki katlı binanın kat kalıp planı

İdeCAD'de 24 adet (4,8,12 kat için $3 \times 2 = 6$ adet ankastre, 4,8,12 katlar için ZB,ZC,ZD grupları için $3 \times 3 \times 2 = 12$ adet) , Sap2000' de 21 adet (4,8,12 kat için 3 adet ankastre, 4,8,12 katlar için ZB,ZC,ZD grupları için $3 \times 3 \times 2 = 18$) adet analiz yapılmıştır. İdeCAD'de ankastre(üst yapı seçeneği kaldırılıp), ve üst yapı, Winkler yöntemi seçilerek analizler yapılmıştır. Sap2000' de ise ankastre, gaplink ve spring (winkler yöntemi) seçilerek analizler yapılmıştır. Tüm bu analizler sonucu çıkan sonuçlar irdelenmiş olup periyot, frekans ve deplasman karşılaştırılmaları yapılmıştır.

6.1. İdeCAD Programı ile Winkler Katsayılarının Hesabı

İdeCAD paket programı diğer paket programlarında olduğu gibi Winkler yönteminden yararlanmıştır. Bu yöntemde zemin belli sınırlar dahilinde üç ayrı bölgeye alınıp dıştan içe doğru üç katmandan oluşmuştur. Dış katman C bölgesi, orta katman B

bölgesi, iç katman ise A bölgesi olarak adlandırılmıştır. Aşağıda verilen şekil İdeCAD'den alınan Winkler yöntemine ait ekran görüntüsüdür.



Şekil 6.5 İdeCAD Winkler analiz bölümü

Burada yatak katsayıları her bir bölge için ayrı ayrı bulunup üst yapıya o katsayılar kullanılarak etki ettirilmektedir. Zemin etüdlerinde verilen yatak katsayıları zeminin tamamını kapsamaktadır. Oysa ki Winkler zemini üç ayrı bölgeye böldüğü için zemin etüdünden alınan değerde bu üç katmana göre hesabı yapılması gerekmektedir. Hesabı anlatmak gerekirse; radye temelin eni W , temelin boyu H olsun. Ortalama yatak katsayısı şöyle bulunur.

$$\text{Ortalama_Yatak_Katsayısı} = \frac{Aa + Ba + Ca}{Aa + \text{Faktör}_b \times Ba + \text{Faktör}_c \times Ca}$$

Burada Aa ; A bölgesinin alanını, Ba ; B bölgesinin alanını, Ca ; C bölgesinin alanını temsil etmektedir. Faktör_b, Faktör_c terimleri ve db/W , dc/W oranları İdeCAD'de verilen katsayı kabulleridir. Bu alanlar aşağıdaki formüllerden hesaplanmaktadır.

$$y_{db} = \frac{W \times d}{W} \quad h_{db} = \frac{H \times db}{W} \quad y_{dc} = \frac{W \times dc}{W} \quad h_{dc} = \frac{H \times dc}{W}$$

$$Aa = A \text{ bölgesi alan değeri} = (W - y_{db} - y_{dc}) \times (H - h_{db} - h_{dc})$$

$$Ba = B \text{ bölgesi alan değeri} = (W - y_{dc}) \times (H - h_{dc}) - Aa$$

$$Ca = C \text{ bölgesi alan değeri} = W \times H - Ba - Aa$$

Ardından ortalama yatak katsayısı her bir bölge için verilen faktörlerle çarpılıp katsayılar bulunmaktadır. Sadece A bölgesi için K_0 yani zemin etüdünde verilen değer kullanılmaktadır.

$$K_s(a) = \text{Ortalama_Yatak_Katsayısı} \times K_0$$

$$K_s(b) = b_{\text{faktör}} \times K_s(a)$$

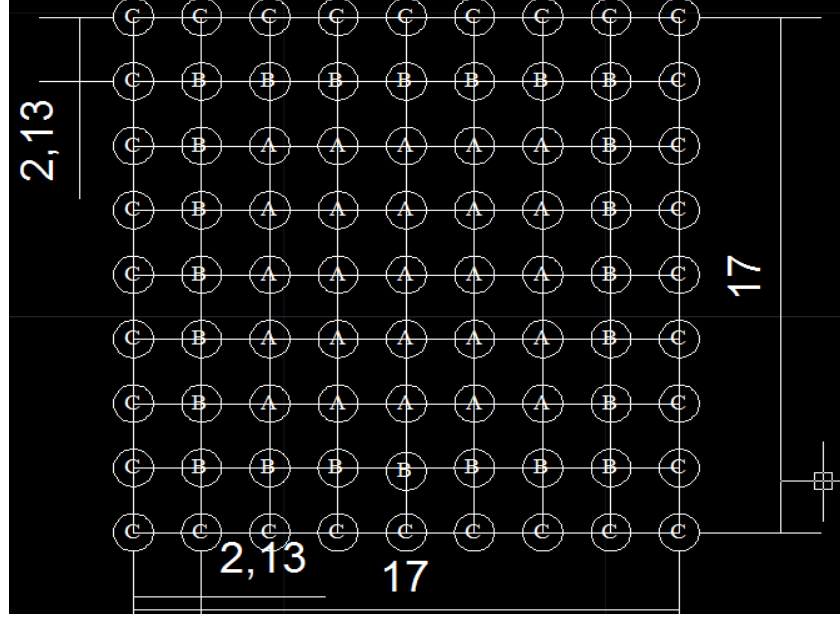
$$K_s(c) = c_{\text{faktör}} \times K_s(a)$$

Bu formüller ışığında her bir zemin grubu için ayrı ayrı yatak katsayıları hesaplanmış olup değerler şunlardır:

- B grubu zemin için $K_0: 2500 \text{ (t/m}^3\text{)}$, $K_{sa}: 1855 \text{ (t/m}^3\text{)}$, $K_{sb}: 2783 \text{ (t/m}^3\text{)}$,
 $K_{sc}: 3710 \text{ (t/m}^3\text{)}$
- C grubu zemin için $K_0: 1700 \text{ (t/m}^3\text{)}$, $K_{sa}: 1275 \text{ (t/m}^3\text{)}$, $K_{sb}: 1913 \text{ (t/m}^3\text{)}$,
 $K_{sc}: 2550 \text{ (t/m}^3\text{)}$
- D grubu zemin için $K_0: 1200 \text{ (t/m}^3\text{)}$, $K_{sa}: 900 \text{ (t/m}^3\text{)}$, $K_{sb}: 1350 \text{ (t/m}^3\text{)}$,
 $K_{sc}: 1800 \text{ (t/m}^3\text{)}$

6.2. Sap2000 Programı ile Winkler Katsayılarının Hesabı

Sap2000 paket programı daha çok kullanıcının yönetmeliği kendisi programa tek tek girmesiyle ve analiziyle sonucun elde edildiği programdır. Dolayısıyla İdeCAD programından farklı hareket etmemek amacıyla İdeCAD'de verilen bölge katsayıları bu programda da kullanılmıştır. İdeCAD'den farklı olarak radye temel 2.13 metre ara ile bölünüp sonucunda çıkan her bir düğüm noktası bölgelere ayrılmış olup İdeCAD'de verilen bölge katsayıları düğüm noktası sayısına bölünmüştür. Ardından her bir düğüm noktası altlarına yay(gap) eleman atılıp bu değerler girilmiştir.



Şekil 6.6 Sap2000'de verilen gap tanımının şematik gösterimi

Sap2000'de kullanılan formüller şu şekildedir:

$$Gapa = \frac{Ksa \times Aa}{\text{Düğüm Noktası}}$$

$$Gapb = \frac{Ksb \times Ab}{\text{Düğüm Noktası}}$$

$$Gapc = \frac{Ksc \times Ac}{\text{Düğüm Noktası}}$$

Burada Gapa; düğüm noktasındaki yatak katsayı değerini, Ksa; İdeCAD'den alınmış o bölgedeki yatak katsayısını, Aa; alanı temsil etmektedir. Bu formüller ışığında her bir zemin grubu için ayrı ayrı yatak katsayıları hesaplanmış olup değerler şunlardır:

- B grubu zemin için Ko:2500 t/m, Gapa: 2935.723 t/m, Gapb: 1753.29 t/m, Gapc: 2036.442 t/m,
- C grubu zemin için Ko:2500 t/m, Gapa: 2017.815 t/m, Gapb: 1205.19 t/m, Gapc: 1399.701 t/m,
- D grubu zemin için Ko:2500 t/m, Gapa: 1424.34 t/m, Gapb: 850.5 t/m, Gapc: 988.0313 t/m,

Sap2000'de gap dışında temel düğüm noktalarına spring tanımında yapılmaktadır. Gaptan farklı olarak her bir düğüm noktasına İdeCAD'de verilen katsayıların direkt olarak düğüm noktalarına bölünmesiyle yay sabitleri hesaplanmıştır.

$$Springa = \frac{Ksa}{\text{Düğüm Noktası}}$$

$$S_{ringb} = \frac{K_{sb}}{\text{Düğüm Noktası}}$$

$$S_{ringc} = \frac{K_{sc}}{\text{Düğüm Noktası}}$$

Bu formüller ışığında bu tez çalışmasında her bir zemin grubu için ayrı ayrı yatak katsayıları hesaplanmış olup değerler şunlardır:

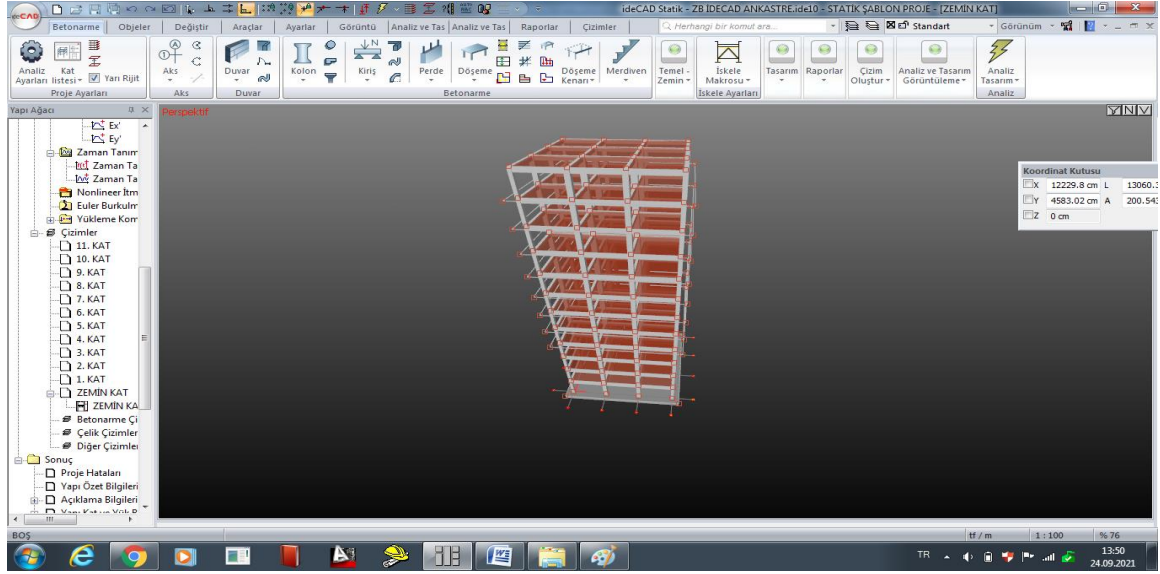
- B grubu zemin için Ko:2500 t/m, Springa: 2036.442 t/m, Springb: 1753.29 t/m, Springc: 2939.725 t/m,
- C grubu zemin için Ko:2500 t/m, Springa: 1399.721 t/m, Springb: 1205.19 t/m, Springc: 2017.815 t/m,
- D grubu zemin için Ko:2500 t/m, Springa: 988.0313 t/m, Springb: 850.5 t/m, Springc: 1424.34 t/m.

6.3. İdeCAD Programı İle Analiz

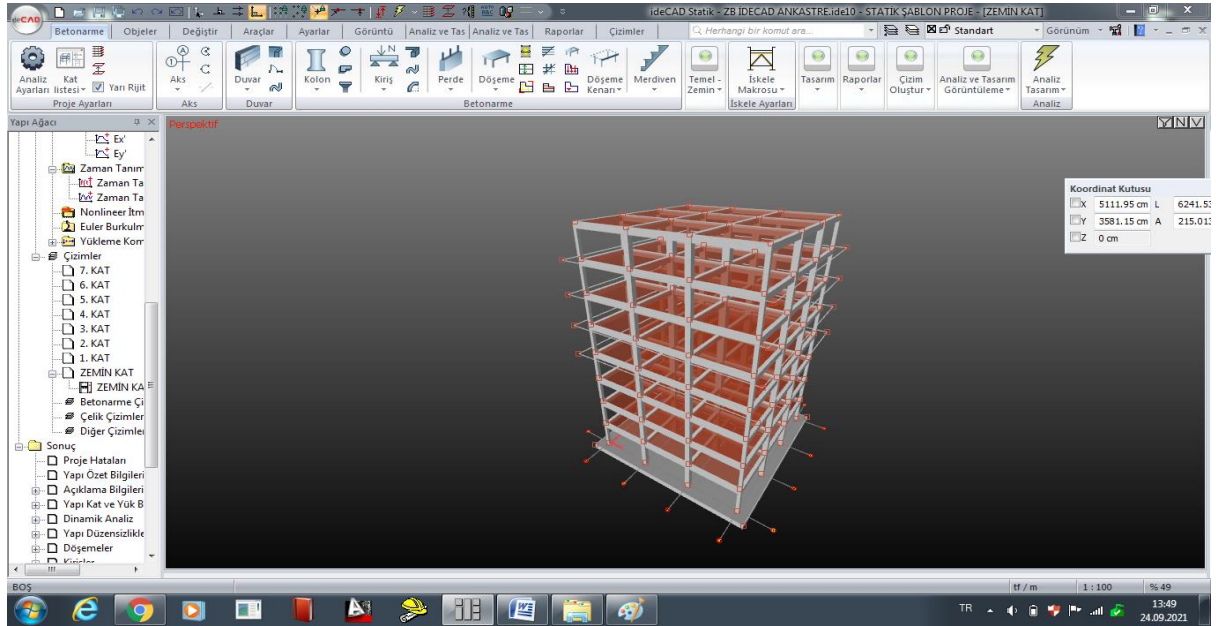
İdeCADV10 paket programı ticari bir program olup statik projelerin çizilip paftaya döktüğü bir programdır. Bu program bünyesinde TBDY 2018 ve TS500 yönetmeliklerinin betonarme kurallarını hepsini içerisinde barındırıp bu kurallara uygun statik proje yapılmasını sağlayan programdır.

Bu programda tez için modeller programın kurallarına uygun olarak çizilmiş olup çıkan sonuçlar Sap2000 programıyla kıyaslanmıştır.

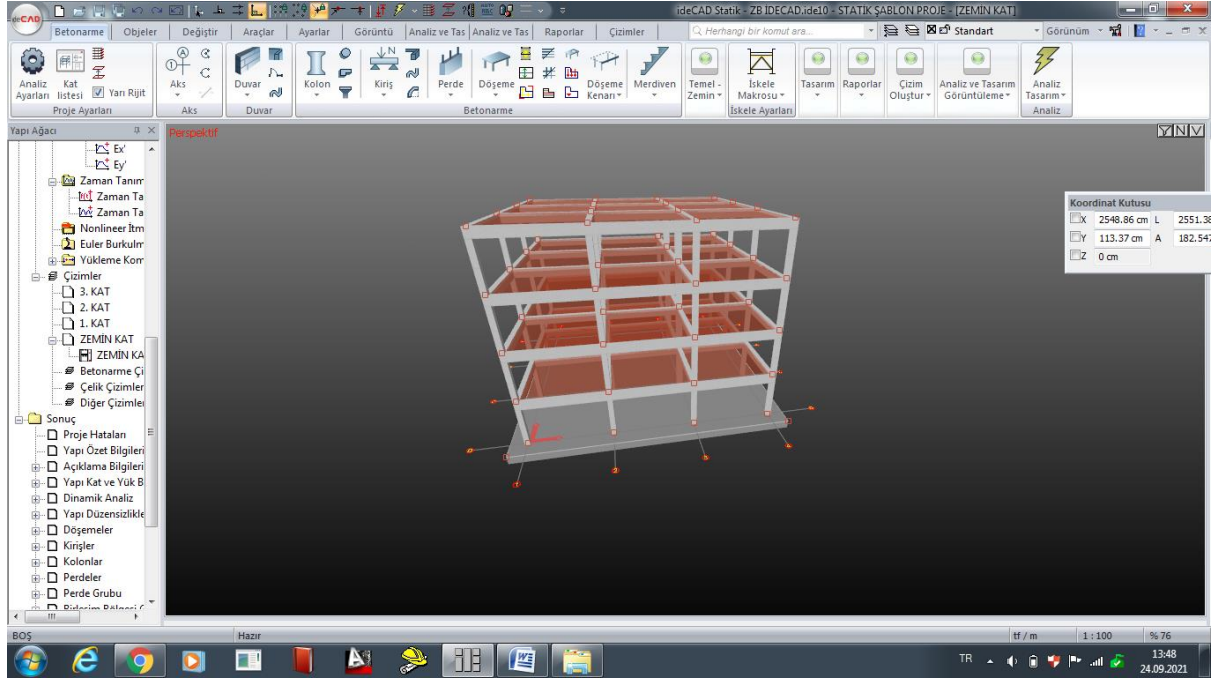
Malzeme tanımı yapılırken beton sınıfı C25 donatı sınıfı B420C seçilmiştir. Bu malzemelerin özelliklerine gelecek olursak beton karakteristik basınç dayanımı 25 MPa, beton karakteristik çekme dayanımı 178 t/m², beton güvenlik katsayısı 1.5, k1 sabiti 0.85, eğilme donatısı akma dayanımı 420 MPa, etriye donatısı akma dayanımı 420 MPa, çelik güvenlik katsayısı 1.15; donatılı betonarme malzemenin elastisite modülü 3084642 t/m², kayma modülü 1285267 t/m², poisson oranı 0.2, birim hacim ağırlığı 2.5 t/m³, ısı genleşme katsayısı 1E-05 olarak seçilmiştir. Programdaki seçimler aşağıdaki görselde verilmiştir.



Şekil 6.7 İdeCAD 12 katlı binanın katı modeli



Şekil 6.8 İdeCAD 8 katlı binanın katı modeli



Şekil 6.9 İdeCAD 4 katlı binanın katı modeli

Statik Materyal Özellikleri

Materyal Tanımı :

Materyal adı : C25 B420C

Materyal tipi : Beton

Beton karakteristik basınç dayanımı : 25 MPa

Beton karakteristik çekme dayanımı : 178.45 [tf/m²]

Beton güvenlik katsayısı : 1.5

k1 sabiti : 0.85

Eğilme donatısı akma dayanımı : 420

Etriye donatısı akma dayanımı : 420

Çelik güvenlik katsayısı : 1.15

Materyal Değerleri :

Elastisite modülü : 3084641.544 [tf/m²]

Kayma modülü : 1285267.31 [tf/m²]

Poisson oranı : 0.2

Birim hacim ağırlığı : 2.5 [tf/m³]

Isıl genişleme katsayısı : 1E-05

Tamam

İptal

Şekil 6.10 İdeCAD malzeme özellikleri

İdeCAD 'de verilen TBDY2018 ve TS500 uygun yükleme durumları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Çizelge 6.1 İdeCAD yükleme durumları

YÜKLEME DURUMLARI	AÇIKLAMA
G	Sabit Yük
Q	Hareketli Yük
EX	X yönünde ek dış merkezlikli deprem yüklemesi
EY	Y yönünde ek dış merkezlikli deprem yüklemesi
EZ	Düşey deprem yüklemesi

İdeCAD 'de verilen TBDY2018 ve TS500 uygun yükleme kombinasyonları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

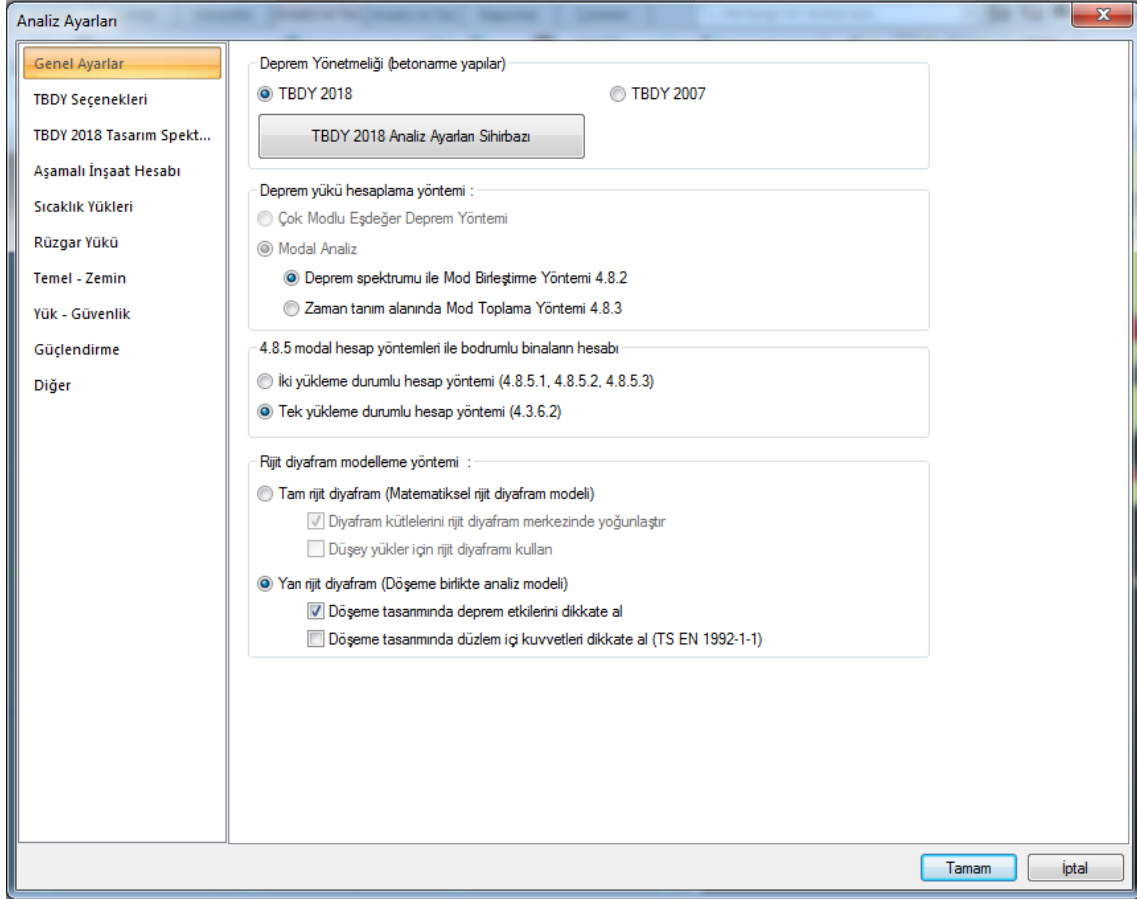
Çizelge 6.2 İdeCAD yükleme kombinasyonları

YÜKLEME KOMBİNASYONLARI
1.4G+1.6Q
G+Q
G+Q+EX±0.3EY+0.3EZ
G+Q+EY±0.3EX+0.3EZ
0.9G+EX±0.3EY±0.3EZ
0.9G+EY±0.3EX±0.3EZ

6.3.1. Analiz ayarları penceresi

6.3.1.1. Genel ayarlar sekmesi

Genel ayarlar kısmında deprem yükü hesaplama yöntemi, dış merkezlik ve bodrum katı hesaplama yöntemi ve rijit diyafram modelleme yöntemi ayarlanmaktadır.



Şekil 6.11 İdeCAD analiz-genel ayarlar sekmesi

'Deprem yükü hesaplama yöntemi'nde 'Deprem spektrumu ile Mod Birleştirme Yöntemi 4.8.2' sekmesi seçilmiştir. Bu yöntem TBDY 2018'in 4.8.2. maddesinde tanımlanmaktadır.

4.8.2. Mod Birleştirme Yöntemi ile Deprem Hesabı

4.8.2.1 – Mod Birleştirme Yöntemi'nde, verilen bir deprem doğrultusunda *deprem tasarım spektrumu*'ndan yararlanılarak gözönüne alınan her bir titreşim modunda davranış büyüklüklerinin enbüyük değerleri modal hesap yöntemi ile hesaplanır. Yeteri kadar titreşim modu için hesaplanan, ancak eşzamanlı olmayan *enbüyük modal davranış büyüklükleri* daha sonra istatistiksel olarak birleştirilerek *enbüyük davranış büyüklükleri*'nin yaklaşık değerleri elde edilir. Yöntemin ayrıntıları **EK 4B**'de verilmiştir.

Şekil 6.12 TBDY 2018 4.8.2

'Dış merkezlik ve bodrum katı hesaplama yöntemi'nde ise 'Statik dış merkezlik ile 4.3.6.2'de açıklanan tek yükleme durumlu hesap yöntemi' seçilmiştir. Bu yöntem TBDY 2018 'in 4.3.6.2. maddesinde yer almaktadır.

4.3.6.2 – 4.8'de açıklanan *Modal Hesap Yöntemleri* ile taşıyıcı sistemin tümü (*üst bölüm + alt bölüm*) gözönüne alınarak yapılan hesapta,

(a) **Denk.(4.4)**, **Denk.(4.5)** ve **Denk.(4.6)**'daki tüm işlemler, her bir n'inci titreşim modu için ve ilgili doğal titreşim periyodu T_n gözönüne alınarak uygulanacaktır. n'inci modda **Denk.(4.5b)**'deki taban kesme kuvvetleri oranı yerine, aynı modda bu kesme kuvvetlerine karşı gelen *modal etkin kütleler*'in oranı da kullanılabilir (Bkz. **4B.1.4**).

(b) $R_{alt} < R_{üst}$ olan rijit bodrumlu binalarda, bütün titreşim modları için **Denk.(4.5b)**'den $v_{n,üst}^{(X)}$ 'ün hesaplanmasından kaçınılması durumunda, daima daha elverişsiz sonuç veren $v_{n,üst}^{(X)} = 0$ varsayımı yapılabilir. Bu durumda, *alt bölüm* için n'inci modda aşağıdaki basitleştirmeler yapılabilir:

$$(\bar{R}_n)_{n,alt} \cong (R_n)_{n,alt} \quad ; \quad \bar{D}_{n,alt}^{(X)} \cong D_{alt} \quad (4.7)$$

Şekil 6.13 TBDY 2018 4.3.6.2

Rijit diyafram modelleme yönteminde ise 'Yarı rijit diyafram (Döşeme ile birlikte analiz modeli) döşeme tasarımında deprem kuvvetlerini dikkate al sekmesi' seçilmiştir. Yarı rijit diyafram tanımına gelince, döşeme modeli A2 ve A3 türü düzensizlikler içeren ve ayrıca normal katlardan rijit bodrum katlara geçişte yer alan ve üstteki katlarda oluşan eylemsizlik kuvvetlerin tümünü veya büyük bir bölümünü, ani olarak bodrum katlardaki çevre perdelerine aktarmak durumunda kalan geçiş katları döşemelerinde kullanılan diyaframdır.

6.3.1.2. TBDY seçenekleri sekmesi

TBDY seçenekleri kısmında bina kullanım sınıfı, bina önem katsayısı, deprem yer hareketi düzeyleri, taşıyıcı sistem davranış katsayıları, dayanım fazlalığı katsayıları, bina sistemleri, süneklilik düzeyleri seçenekleri bulunmaktadır. Ayrıca 'Gevrek malzemedan yapılmış dolgu duvarların veya çerçeve elemanları yapıya bağlantısı' bölümünde 'Esnek derz veya bağlantı yok, tamamen bitişik (4.9.1.3.a)' sekmesi işaretlenmiştir.

Analiz Ayarları

Genel Ayarlar

TBDY Seçenekleri

TBDY 2018 Tasarım Spekt...

Aşamalı İnşaat Hesabı

Sıcaklık Yükleri

Rüzgar Yükü

Temel - Zemin

Yük - Güvenlik

Güçlendirme

Diğer

TBDY 2018 Analiz Ayarları Sihirbazı

Bina Kullanım Sınıfı / Bina Önem Katsayısı (BKS / I) :
BKS = 3, I = 1.0 | BKS=1 ve 2 sınıfı dışındaki diğer binalar

Eksantriste oranı : 0.05

Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) X: 8 (4/5)R Uygula

Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) Y: 8 (4/5)R Uygula

Dayanım fazlalığı Katsayısı (D) X: 3

Dayanım fazlalığı Katsayısı (D) Y: 3

Deprem yer hareketi düzeyi :

DD-1

DD-2

DD-3

DD-4

Bina sistemi :

Betonarme

Çelik

Çelik+Betonarme

Süneklik düzeyi :

Yüksek

Sınırlı

Kama

Gevrek malzemeden yapılmış dolgu duvarların veya cephe elemanlarının çerçeve elemanlarına bağlantısı :

Esnek derz veya bağlantı yok, tamamen bitişik (4.9.1.3.a)

Duvarlar ve cephe elemanları yapıya esnek derzler ile bağlı veya duvarlar çerçeveden bağımsız (4.9.1.3.b)

Kolon kiriş kesme güvenliğinde konsol ve basit kirişleri dikkate al

(TBDY 2018 7.5.2, vb.) sünek yapı maddelerini rijit bodruma uygula

4.3.2.4 maddesini tüm perdeli sistemlere uygula

Perde devrilme momenti hesabında 1/3 şartını sağlamayan bağ kirişlerinin de (Nv) katkısını dikkate al

Tamam İptal

Şekil 6.14 TBDY seçenekleri sekmesi

Tablo 3.1 – Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları

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 terminaleri, 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

Şekil 6.15 Bina kullanım sınıfı, bina kullanım amacı, bina önem katsayısı tablosu (TBDY 2018 Tablo 3.1)

2.2.1. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-1 (DD-1)

DD-1 *Deprem Yer Hareketi*, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %2 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 2475 yıl olduğu *çok seyrek* deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, *gözönüne alınan en büyük deprem yer hareketi* olarak da adlandırılmaktadır.

2.2.2. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2 (DD-2)

DD-2 *Deprem Yer Hareketi*, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %10 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 475 yıl olduğu *seyrek* deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, *standart tasarım deprem yer hareketi* olarak da adlandırılmaktadır.

2.2.3. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-3 (DD-3)

DD-3 *Deprem Yer Hareketi*, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %50 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 72 yıl olduğu *sık* deprem yer hareketini nitelemektedir.

2.2.4. 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 buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 43 yıl olduğu *çok sık* deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, *servis deprem yer hareketi* olarak da adlandırılmaktadır.

Şekil 6.16 TBDY 2018'e göre deprem yer hareketi düzeyleri (DD)

Tablo 4.1. Bina Taşıyıcı Sistemleri için Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, Dayanım Fazlalığı Katsayısı ve İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları

Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R	Dayanım Fazlalığı Katsayısı D	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları BYS
A. YERİNDE DÖKME BETONARME BINA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
A1. Sünellik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
A11. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran <i>sünellik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar	8	3	$BYS \geq 3$
A12. Deprem etkilerinin tamamının <i>sünellik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdelerle karşılandığı binalar	7	2.5	$BYS \geq 2$
A13. Deprem etkilerinin tamamının <i>sünellik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar	6	2.5	$BYS \geq 2$
A14. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>sünellik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçeveler ile <i>sünellik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5)	8	2.5	$BYS \geq 2$
A15. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>sünellik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçeveler ile <i>sünellik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5)	7	2.5	$BYS \geq 2$
A16. Deprem etkilerinin tamamının çatı düzeyindeki bağlantıları mafsalı olan ve yüksekliği 12 m'yi geçmeyen <i>sünellik düzeyi yüksek</i> betonarme kolonlar tarafından karşılandığı tek katlı binalar	3	2	-
A2. Sünellik Düzeyi Karma Taşıyıcı Sistemler (Bkz. 4.3.4.1, 4.3.4.6)			
A21. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>sünellik düzeyi sınırlı</i> betonarme çerçeveler ile <i>sünellik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.1.2)	6	2.5	$BYS \geq 4$
A22. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>sünellik düzeyi sınırlı</i> betonarme çerçeveler ile <i>sünellik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.1.2)	5	2.5	$BYS \geq 4$
A23. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>sünellik düzeyi sınırlı</i> <i>doğulu (azmolen) veya doğusuz tek doğrultulu dişli döşemeli</i> betonarme çerçeveler ile <i>sünellik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	6	2.5	$BYS \geq 6$
A24. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>sünellik düzeyi sınırlı</i> <i>doğulu (azmolen) veya doğusuz tek doğrultulu dişli döşemeli</i> betonarme çerçeveler ile <i>sünellik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	5	2.5	$BYS \geq 6$
A3. Sünellik Düzeyi Sınırlı Taşıyıcı Sistemler (Bkz. 4.3.4.1, 4.3.4.3, 4.3.4.7)			
A31. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran <i>sünellik düzeyi sınırlı</i> betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar	4	2.5	$BYS \geq 7$
A32. Deprem etkilerinin tamamının <i>sünellik düzeyi sınırlı</i> boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar	4	2	$BYS \geq 6$
A33. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>sünellik düzeyi sınırlı</i> betonarme çerçeveler ile <i>sünellik düzeyi sınırlı</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	4	2	$BYS \geq 6$

Şekil 6.17 TBDY 2018'e göre taşıyıcı sistem davranış katsayıları

4.9.1.3 – Her bir deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir i'inci katındaki kolon veya perdelerde, Denk.(4.33) ile hesaplanan $\hat{\delta}_i^{(X)}$ etkin görelî kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri $\hat{\delta}_{i,max}^{(X)}$, aşağıda (a) veya (b)'de verilen koşulları sağlayacaktır.

(a) Gevrek malzemeden yapılmış boşluklu veya boşluksuz dolgu duvarlarının ve cephe elemanlarının çerçeve elemanlarına, aralarında herhangi bir esnek derz veya bağlantı olmaksızın, tamamen bitişik olması durumunda:

$$\lambda \frac{\hat{\delta}_{i,max}^{(X)}}{h_i} \leq 0.008 \kappa \quad (4.34a)$$

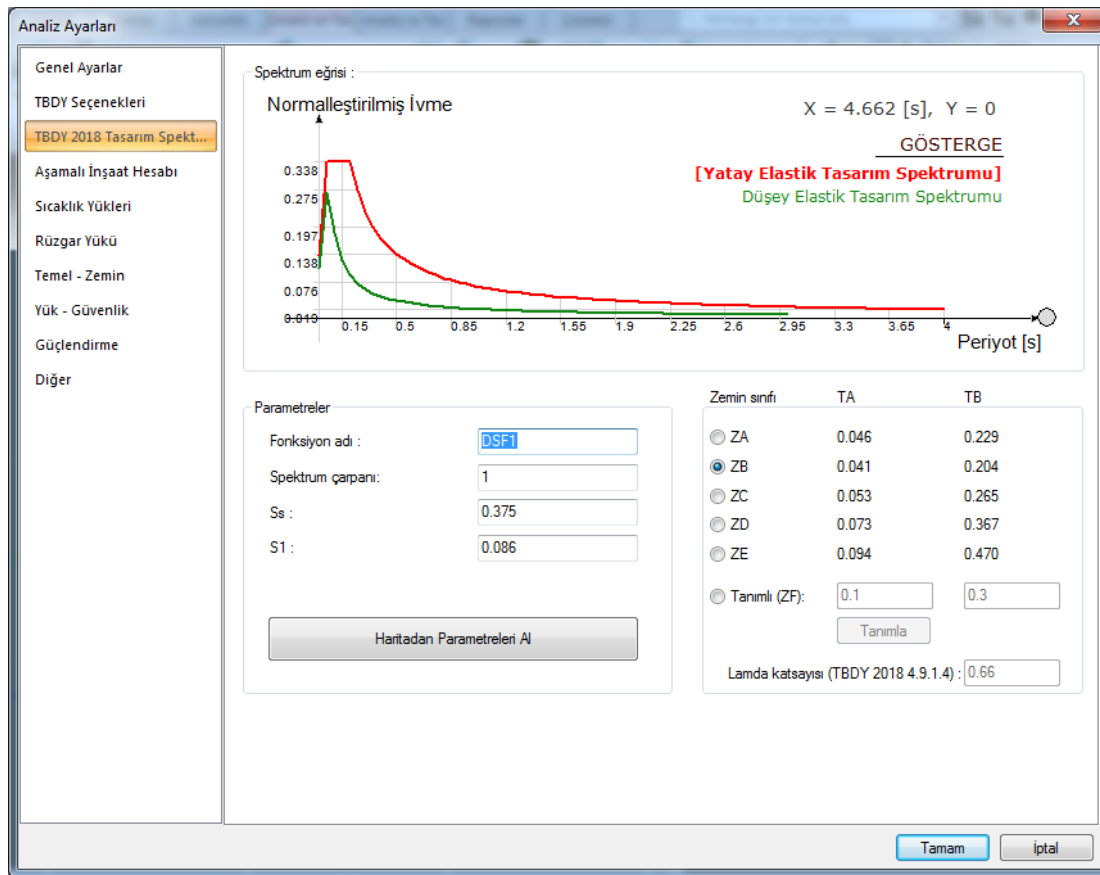
(b) Gevrek malzemeden yapılmış dolgu duvarları ile çerçeve elemanlarının aralarında esnek derzler yapılması, cephe elemanlarının dış çerçevelere esnek bağlantılarla bağlanması veya dolgu duvar elemanının çerçeveden bağımsız olması durumunda:

$$\lambda \frac{\hat{\delta}_{i,max}^{(X)}}{h_i} \leq 0.016 \kappa \quad (4.34b)$$

Şekil 6.18 TBDY 2018 'Esnek derz veya bağlantı yok, tamamen bitişik(4.9.1.3.a)' sekmesi

6.3.1.3. TBDY 2018 tasarım spektrum sekmesi

Bu kısımda farklı zemin gruplarına göre periyot, spektrum çarpanı ve normalleştirilmiş ivme-periyot grafiğini tanımlamaktadır.



Şekil 6.19 İdeCAD analiz-TBDY 2018 tasarım spektrum sekmesi

Tablo 2.1 – Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayıları

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	<i>Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır (Bkz.16.5).</i>					

Şekil 6.20 TBDY 2018 kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları tablosu

6.3.1.4. TBDY 2018 temel-zemin sekmesi

Bu kısımda zemin birim hacim ağırlığı, yatak katsayısı, zemin taşıma gücü, temellerin ortalama gerilmelerin kontrolü, üst yapıyla etkileşimi, radye temel-üst yapı etkileşiminin nasıl bağlantılı olması gerektiği tanımlanmaktadır.

Analiz Ayarları

Genel Ayarlar

TBDY Seçenekleri

TBDY 2018 Tasarım Spekt...

Aşamalı İnşaat Hesabı

Sıcaklık Yükleri

Rüzgar Yükü

Temel - Zemin

Yük - Güvenlik

Güçlendirme

Diğer

Zemin birim ağırlığı : 21 [tf/m³]

Yatak katsayısı : 2500 [tf/m²]

Zemin taşıma gücü (qt) : 20 [tf/m²]

Temellerin taşıma gücü kontrolünü ortalama gerilmeye göre yap

Temellerin taşıma gücü kontrolünde deprem yük. kullan

Temellerde negatif taşıma gücü kontrolü yap

Radye temellerin taşıma gücü kontrolünü ortalama gerilmeye göre yap

Kirişsiz radyelerin taşıma gücü kontrolünde deprem yüklemelerini kullan

Radye temellerde negatif taşıma gücü kontrolü yap

Üst yapı etkileşimli çözüm

Radye temellerde Çoklu Eşlenik Winkler Yay yöntemini kullan :

Zemin Tipini & Tepki Spektrumu Düzenle

B Bölgesi uzunluk oranı (db/w) : 0.125

C Bölgesi uzunluk oranı (dc/w) : 0.125

B bölgesi faktörü ks(b)/ks(a) : 1.5

C bölgesi faktörü ks(c)/ks(a) : 2

Radye temel - üst yapı etkileşim :

Düz bağlantı

Bağlantı bölgesini büyüt

Oran : 0.5 h

Kolon ve perdenin altında kalan kabuk elemanlar için kalınlık çarpanı : 1

Tamam İptal

Şekil 6.21 İdeCAD analiz-temel zemin sekmesi

6.3.2. Analizde seçilen parametreler

Analiz ayarlarında ilk olarak genel ayarlar kısmında 'TBDY 2018', 'Deprem spektrumu ile Mod Birleştirme Yöntemi 4.8.2.1', 'Tek yükleme durumlu hesap yöntemi (4.3.6.2)' ve 'Yarı rijit diyafram' seçilmiştir.

TBDY Seçenekleri kısmında deprem yer düzeyi hareketi 'DD2(tasarım deprem yer hareketi)', 'Bina Önem Katsayısı=1' , 'Bina Kullanım Sınıfı=3', 'Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı $R(X/Y)= 8$ ', 'Süneklik düzeyi=Yüksek', 'Bina sistemi=Betonarme' seçilmiştir.

Temel-Zemin kısmında 'Temellerin taşıma gücü kontrolünü ortalama gerilmeye göre yap' , 'Radye temellerin taşıma gücü kontrolünü ortalama gerilmeye göre yap', 'Kirişsiz radyelerin taşıma gücü kontrolünde deprem yüklemelerini kullan', 'Radye temelerde negatif taşıma gücü kontrolü yap', 'Üst yapı etkileşimli çözüm' ve 'Radye temel-üst yapı etkileşim' de 'Düz bağlantı' seçenekleri seçilmiştir. Zemin birim ağırlığı sabit 2.1 t/m^3 seçilmiştir.

Ankastre olarak yapılan analizlerde 'Üst yapı etkileşimli çözüm' ve 'Radye temelerde Çoklu Eşlenik Winkler Yay yöntemi kullan' seçeneği seçilmemiş olup Winkler yöntemi içim yapılan analizlerde bu iki seçenek işaretlenmiştir.

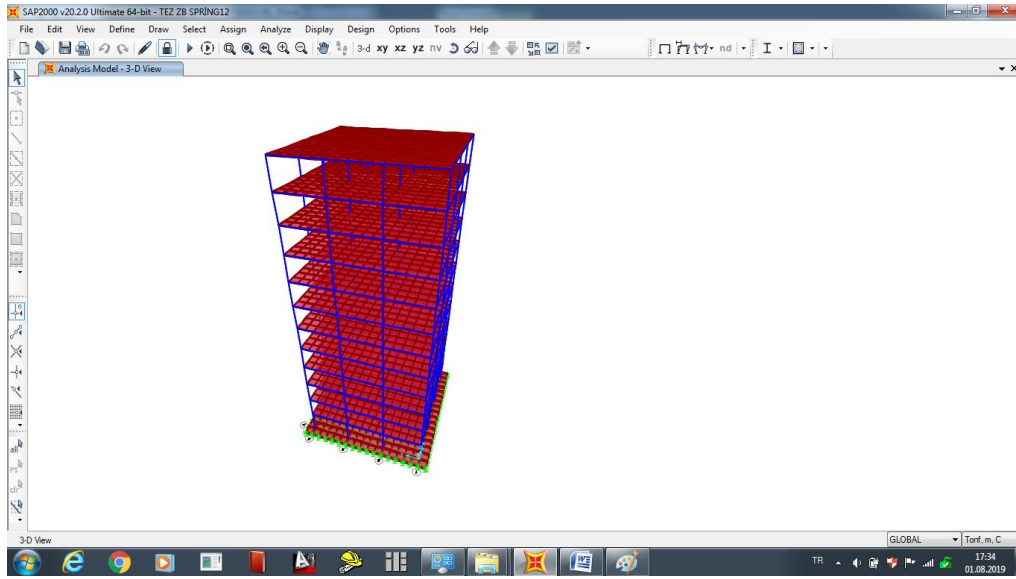
Analiz ayarlarının diğer kısımları için, programda kayıtlı olan seçenekler olduğu gibi bırakılmıştır. Analiz ayarları yapılan tüm analizler için aynı seçilmiş sadece zemin sınıfı ve parametreleri değişkenlik göstermiştir.

6.4. Sap2000 Programı İle Analiz

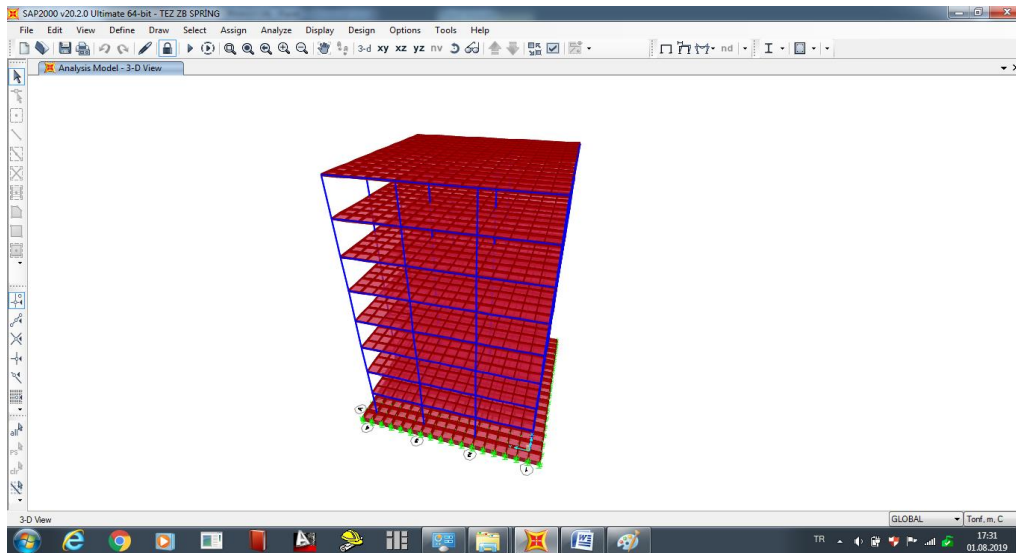
Sap2000 v20 programı dünyaca kullanılan betonarme, çelik vs. modellemesinin ve analizinin yapıldığı ticari bir programdır. Sap2000 programında TBDY 2018 ve dünyanın birçok farklı bölgesine ait yönetmeliği içersinde barındıran bir programdır.

Bu tez çalışmasında programa uygun olarak binanın modellenmesi yapılmış olup analiz sonucu çıkan değerler İdeCAD programında çıkan değerlerle karşılaştırılmıştır.

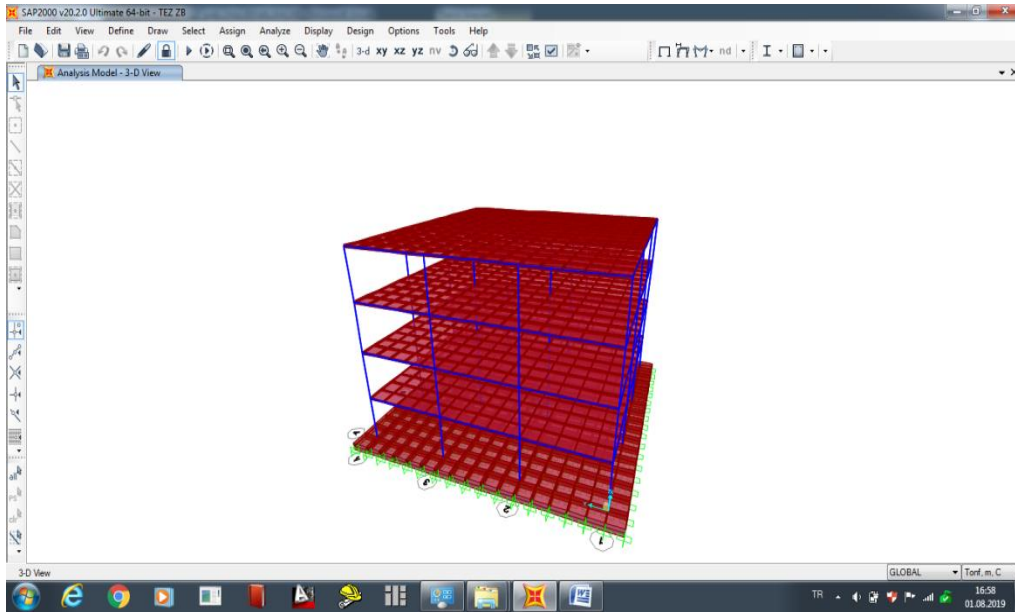
Malzeme tanımı yapılırken beton sınıfı C25 seçilmiş olup birim hacim hacim ağırlığı 2.5 t/m^3 , elastisite modülü 3084641.5 t/m^2 , poisson oranı 0.2, ısı genleşme katsayısı $1E-05$ kayma modülü 1285267.3 t/m^2 , beton basınç dayanımı 25 MPa, çeliğin elastisite modülü 20394324 t/m^2 , ısı genleşme katsayısı $1.2E-05$, akma gerilmesi 42828.08 t/m^2 , çekme gerilmesi 56084.39 t/m^2 , olarak seçilmiştir.



Şekil 6.22 Sap2000 12 katlı binanın katı modeli



Şekil 6.23 Sap2000 8 katlı binanın katı modeli



Şekil 6.24 Sap2000 4 katlı binanın katı modeli

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: C25/30 ■

Material Type: Concrete

Material Grade: C25/30

Material Notes: [Modify/Show Notes...](#)

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 2,5

Mass per Unit Volume: 0,2549

Units: Tonf, m, C

Isotropic Property Data

Modulus Of Elasticity, E: 3084641,5

Poisson, U: 0,2

Coefficient Of Thermal Expansion, A: 1,000E-05

Shear Modulus, G: 1285267,3

Other Properties For Concrete Materials

Specified Concrete Compressive Strength, f_c : 2549,2905

Expected Concrete Compressive Strength: 2549,2905

Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor:

Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

Şekil 6.25 Sap2000 beton malzeme özellikleri

Şekil 6.26 Sap2000 donatı malzemesi özellikleri

Sap2000'de verilen TBDY2018 ve TS500'e uygun yükleme durumları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Çizelge 6.3 Sap2000 yükleme durumları

YÜKLEME DURUMLARI	AÇIKLAMA
G	Sabit Yük
Q	Hareketli Yük
EX	X yönünde ek dış merkezlikli deprem yüklemesi
EY	Y yönünde ek dış merkezlikli deprem yüklemesi

Sap2000'de verilen TBDY2018 ve TS500 uygun yükleme kombinasyonları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Çizelge 6.4 Sap2000 yükleme kombinasyonları

YÜKLEME KOMBİNASYONLARI
1.4G+1.6Q
G+Q
G+Q+EX±0.3EY
G+Q+EY±0.3EX
0.9G+EX±0.3EY
0.9G+EY±0.3EX

Sap2000'de ölü yük çarpanının 1, hareketli yük çarpanının 0.3 olduğu kütle tanımı yapılmıştır.

Mass Source Name: G+0,3Q

Mass Source:

- Element Self Mass and Additional Mass
- Specified Load Patterns

Mass Multipliers for Load Patterns:

Load Pattern	Multiplier
Q	0,3
G	0,3
G	1,

Buttons: Add, Modify, Delete, OK, Cancel

Şekil 6.27 Sap2000 mass source

Function Name: SPEKTRUM1

Function Damping Ratio: 0,05

Parameters:

- Ss and S1 from USGS - by Lat./Long.
- Ss and S1 from USGS - by Zip Code
- Ss and S1 User Specified

Site Latitude (degrees): ?

Site Longitude (degrees): ?

Site Zip Code (5-Digits): ?

0.2 Sec Spectral Accel, Ss: 0,375

1 Sec Spectral Accel, S1: 0,085

Long-Period Transition Period: 6,

Site Class: B

Site Coefficient, Fa: 1,

Site Coefficient, Fv: 1,

Calculated Values for Response Spectrum Curve:

SDS = (2/3) * Fa * Ss: 0,25

SD1 = (2/3) * Fv * S1: 0,0567

Convert to User Defined

Define Function:

Period	Acceleration
0,	0,1
0,0453	0,25
0,2267	0,25
0,4	0,1417
0,6	0,0944
0,8	0,0708
1,	0,0567
1,2	0,0472

Buttons: Add, Modify, Delete

Function Graph:

Display Graph: (9,4781 , 3,786E-03)

Buttons: OK, Cancel

Şekil 6.28 Sap2000 response spectrum eğrisi tanımı

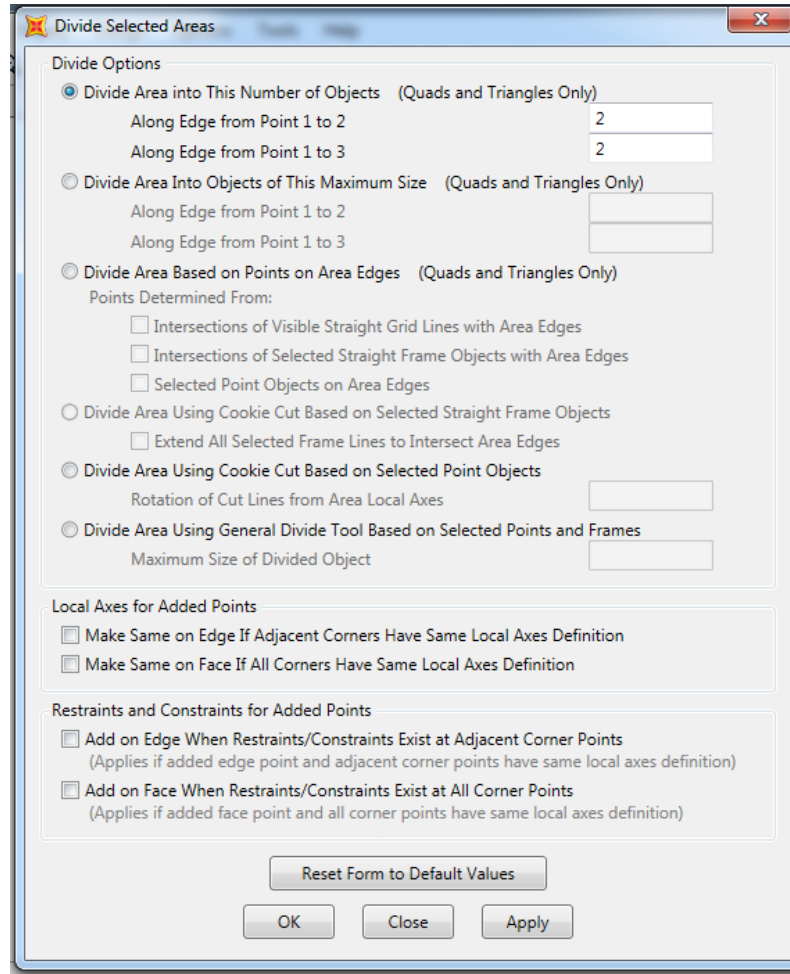
Şekil 6.29 Sap2000 TBDY 2018 yük tanımı

Sap2000'de spektrum analizi ayrıca yapılmıştır. S_s , S_1 , zemin sınıfı, F_s , F_1 onaylanmış zemin etüdüne göre girilmiştir.

6.4.1. Sap2000'de analiz ayarları

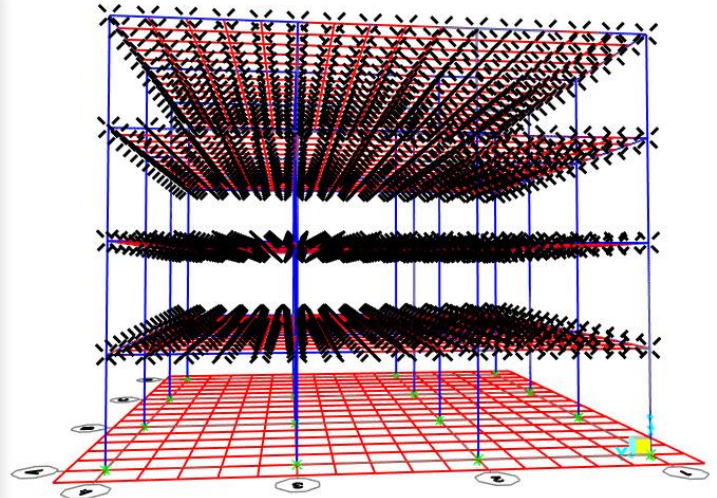
Sap2000'de 3 ayrı analiz yapılmıştır. Birincisi temel ankastre olarak tasarlanmıştır. İkinci olarak temel gaplink yapılarak yani her bir düğüm noktasının altına tek boyutlu yay tanımlanmış olup her bir bölge için ayrı ayrı yatak katsayısı tanımlanmıştır. Üçüncü olarak temel spring olarak yani alansal şekilde yatak katsayıları tanımlanması yapılmıştır.

Temel ve döşemeler 2m×2m ızgarayla meshlenmiş, yani bölünmüş olup daha gerçekçi sonuç elde edilmesi amaçlanmıştır.



Şekil 6.30 Sap2000 mesh bölümlenmesi

Herbir kat için ayrı ayrı diyafram tanımlanıp İdeCAD'deki yarı rijit ile aynı sonuç çıkması hedeflenmiştir.



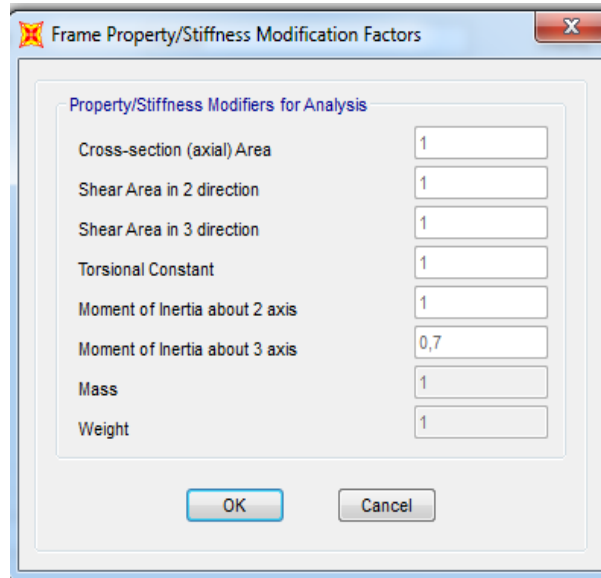
Şekil 6.31 Sap2000 rijit diyafram tanımlaması

TBDY 2018' de yer alan etkin rijitlik katsayıları tanımlanmıştır. Çerçeve sistemi için kololara 0.7, kirişlere 0.35 katsayısı verilmiştir.

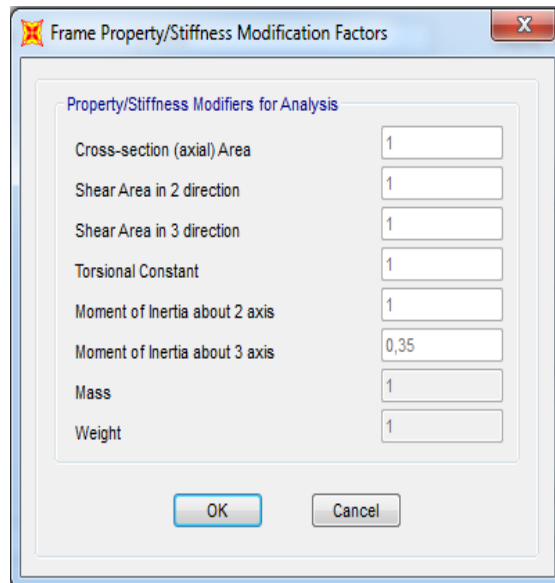
Tablo 4.2. Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Etkin Kesit Rijitliği Çarpanları

Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı	Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı	
	<i>Eksenel</i>	<i>Kayma</i>
<i>Perde – Döşeme (Düzlem İçi)</i>		
Perde	0.50	0.50
Bodrum perdesi	0.80	0.50
Döşeme	0.25	0.25
<i>Perde – Döşeme (Düzlem Dışı)</i>		
	<i>Eğilme</i>	<i>Kesme</i>
Perde	0.25	1.00
Bodrum perdesi	0.50	1.00
Döşeme	0.25	1.00
<i>Çubuk eleman</i>		
	<i>Eğilme</i>	<i>Kesme</i>
Bağ kirişi	0.15	1.00
Çerçeve kirişi	0.35	1.00
Çerçeve kolonu	0.70	1.00
Perde (eşdeğer çubuk)	0.50	0.50

Şekil 6.32 TBDY 2018 etkin rijitlik çarpanları

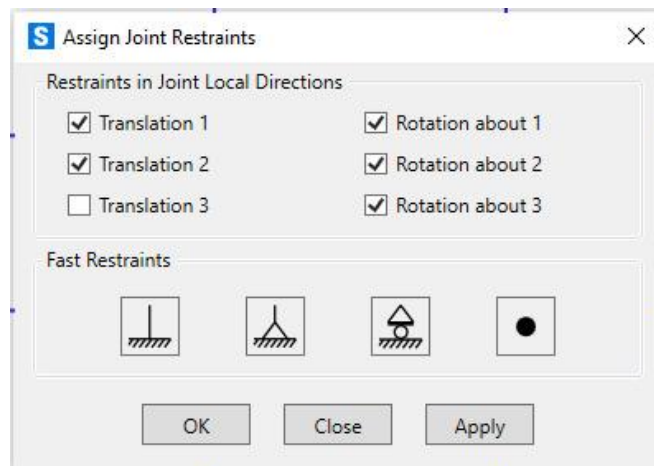


Şekil 6.33 Sap2000 kolon etkin rijitlik katsayısı



Şekil 6.34 Sap2000 kiriş etkin rijitlik katsayısı

6.4.1.1. Temelin ankastre olarak tanımlanması



Şekil 6.35 Ankastre mesnet tanımı

Sap2000'de temelin ankastre olarak bağlanabilmesi için yani zeminin etkisini ihmal edebilmek için yukarıda verilen resimde tüm tiklerin işaretli olması gerekmektedir. Yani hem X hem Y hem de Z yönünde dönmelerin ve deplasmanların sınırlandırılması gerekmektedir. Bu da İdeCAD'de üst yapıllı çözüm seçeneğinin kalıdırılması ile eşdeğerdir.

6.4.1.2. Temelin gaplink olarak tanımlanması

Link/Support Property Data

Link/Support Type: Gap

Property Name: GAPA BÖLGESİ

Property Notes: Modify/Show...

Total Mass and Weight

Mass: 0, Rotational Inertia 1: 0, Rotational Inertia 2: 0, Rotational Inertia 3: 0

Weight: 0, Rotational Inertia 2: 0, Rotational Inertia 3: 0

Factors For Line, Area and Solid Springs

Property is Defined for This Length In a Line Spring: 1

Property is Defined for This Area In Area and Solid Springs: 1

Directional Properties

Direction	Fixed	NonLinear	Properties
<input checked="" type="checkbox"/> U1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Modify/Show for U1...
<input type="checkbox"/> U2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Modify/Show for U2...
<input type="checkbox"/> U3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Modify/Show for U3...
<input type="checkbox"/> R1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Modify/Show for R1...
<input type="checkbox"/> R2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Modify/Show for R2...
<input type="checkbox"/> R3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Modify/Show for R3...

P-Delta Parameters: Advanced...

Fix All, Clear All, OK, Cancel

Şekil 6.36 Sap2000 gaplink tanımı

Link/Support Directional Properties

Identification

Property Name: GAPA BÖLGESİ

Direction: U1

Type: Gap

NonLinear: Yes

Properties Used For Linear Analysis Cases

Effective Stiffness: 2935,723

Effective Damping: 0

Properties Used For Nonlinear Analysis Cases

Stiffness: 2935,723

Open: 0

OK, Cancel

Şekil 6.37 Sap2000 gaplink rijitlik tanımı

Sap 2000'de gaplink tanımlanırken temel ilk olarak 2'şer metre arayla bölündükten sonra Winkler yöntemine uygun olarak herbir bölge için temelin altındaki düğüm

noktalarına hesaplanan yatak katsayısı eklenerek gap tanımlanmalıdır. Gaplar U1 yönünde yani düşey yönde ve nonlinear olacak şekilde ayarlanmalıdır.

6.4.1.3. Temelin spring olarak tanımlanması

The screenshot shows the 'Assign Springs to Area Object Face' dialog box. The 'Spring Type' section has 'Simple' selected. The 'Spring Stiffness per Unit Area' is 1,581 tonf/m/m². The 'Simple Spring Resists' dropdown is set to 'Tension and Compression'. The 'Spring Location (Area Object Face)' section has 'Area Object Face' set to 'Top'. The 'Spring Tension Direction' section has 'Normal to Specified Area Object Face' selected, with 'Inward' chosen for the direction. The 'Options' section has 'Replace Existing Springs' selected. At the bottom, there are buttons for 'Reset Form to Default Values', 'OK', 'Close', and 'Apply'.

Şekil 6.38 Sap2000 spring tanımı

Temel bölünen meshlerde herbir bölge için spring yayları tanımlanıp hesaplanan katsayı değerleri uygun şekilde girilmiştir.

7. ANALİZ SONUÇLARININ İNCELENMESİ

Bu tez çalışmasında analizi yapılan binalar için İdeCAD ve Sap2000'de hesaplanan periyot, frekans ve deplasman sonuçları tablolar şeklinde verilmiştir. Burada İdeCAD ile bina temeli ankastre ve Winkler kabulüne göre analizler yapılmış olup Sap2000'de ise temel ankastre, Winkler yöntemi için de spring ve gap kabulleri ile analiz yapılmıştır. Her iki programı hem kıyaslamak hem de çıkan sonuçları ayrı ayrı irdelemek amacıyla periyot ve frekanslar verilmiştir. Deplasmanların ise İdeCAD programında verilen kombinasyonlarda elde edilen maksimum değerleri verilerek kıyaslanması sağlanmıştır. Çizelgelerde verilen değerlerin daha iyi kıyaslanabilmesi amacıyla da 1., 3. ve 4. Mod periyot ve frekansları ayrı ayrı sütun grafiği olarak verilmiştir. Bunun nedeni bina planındaki simetriden dolayı 1. ve 2. modların, 4. ve 5. modların aynı modlar olmasından kaynaklanmaktadır. Bina yatay (x ekseninde) ve düşey yönde (y ekseninde) simetri olduğu ve çıkan sonuçlar eşit olduğu için tablolarda tek bir eksene ait mod sonuçları verilmiştir. Ayrıca deplasmanlar da sütun grafiği olarak verilmiştir.

7.1. Temelin Ankastre Olması Durumu

Bu bölümde 4,8,12 katlı model yapıların ayrı ayrı İdeCAD ve Sap2000'de analizleri yapılmış olup temel düğüm noktalarının ankastre mesnetli olarak çözümlenmesi yapılmıştır. Burada bu düğüm noktaları tüm eksenler boyunca dönmeleri ve deplasmanları kısıtlanmış bir şekilde çözülmüştür. Temelin ankastre olarak çözülmesi zemin grubu ile bir ilgisi olmadığı için 3 farklı kat adedi için tek çözüm yapılmıştır.

Çizelge 7.1 4 Kat Ankastre İdeCAD-Sap2000 Sonuçları

İDECAD	PERİYOT(s)	FREKANS(Hz)	SAP2000	PERİYOT(s)	FREKANS(Hz)
1. Mod	1,0362	0,9651	1. Mod	1,0266	0,9741
2. Mod	1,0362	0,9651	2. Mod	0,9283	1,0773
3. Mod	0,9579	1,0440	3. Mod	0,9138	1,0943
4. Mod	0,3350	2,9851	4. Mod	0,3366	2,9710
5. Mod	0,3350	2,9851	5. Mod	0,3006	3,3267

Çizelge 7.2 8 Kat Ankastre İdeCAD-Sap2000 Sonuçları

İDECAD	PERİYOT(s)	FREKANS(Hz)	SAP2000	PERİYOT(s)	FREKANS(Hz)
1. Mod	1,5497	0,6453	1. Mod	1,5376	0,6504
2. Mod	1,5497	0,6453	2. Mod	1,4627	0,6837
3. Mod	1,3827	0,7232	3. Mod	1,3656	0,7323
4. Mod	0,4910	2,0367	4. Mod	0,4903	2,0398
5. Mod	0,4910	2,0367	5. Mod	0,4601	2,1734

Çizelge 7.3 12 Kat Ankastre İdeCAD-Sap2000 Sonuçları

İDECAD	PERİYOT(s)	FREKANS(Hz)	SAP2000	PERİYOT(s)	FREKANS(Hz)
1. Mod	2,1592	0,4631	1. Mod	2,1699	0,4608
2. Mod	2,1592	0,4631	2. Mod	2,1000	0,4762
3. Mod	1,7992	0,5558	3. Mod	1,8276	0,5472
4. Mod	0,6868	1,4560	4. Mod	0,6929	1,4433
5. Mod	0,6868	1,4560	5. Mod	0,6620	1,5106

7.2. Temelin Winkler Yöntemi İle Çözümü

Bu bölümde 4, 8, 12 katlı yapıların ZD, ZC, ZB zemin grupları ve yatak katsayıları kullanılarak her iki programda analizleri yapılmıştır. Sap2000 programında ayrıca hem gaplink hem de spring yöntemleri ayrı ayrı kullanılarak da analizleri yapılmıştır.

Çizelge 7.4 4 Kat ZD Zemin Grubu İdeCAD-Sap2000 (Gaplink) Sonuçları

ZD					
İDECAD	PERİYOT(s)	FREKANS(Hz)	SAP2000	PERİYOT(s)	FREKANS(Hz)
1. Mod	1,0594	0,9440	1. Mod	1,0284	0,9724
2. Mod	1,0593	0,9440	2. Mod	0,9302	1,0751
3. Mod	0,9638	1,0376	3. Mod	0,9140	1,0941
4. Mod	0,3366	2,9711	4. Mod	0,3367	2,9698
5. Mod	0,3366	2,9711	5. Mod	0,3006	3,3266

Çizelge 7.5 4 Kat ZC Zemin Grubu İdeCAD-Sap2000 (Gaplink) Sonuçları

ZC					
İDECAD	PERİYOT(s)	FREKANS(Hz)	SAP2000	PERİYOT(s)	FREKANS(Hz)
1. Mod	1,0544	0,9484	1. Mod	1,0283	0,9725
2. Mod	1,0544	0,9484	2. Mod	0,9301	1,0752
3. Mod	0,9630	1,0380	3. Mod	0,9140	1,0941
4. Mod	0,3365	2,9714	4. Mod	0,3367	2,9698
5. Mod	0,3365	2,9714	5. Mod	0,3006	3,32666

Çizelge 7.6 4 Kat ZB Zemin Grubu İdeCAD-Sap2000(Gaplink) Sonuçları

ZB					
İDECAD	PERİYOT(s)	FREKANS(Hz)	SAP2000	PERİYOT(s)	FREKANS(Hz)
1. Mod	1,0496	0,9528	1. Mod	0,9193	1,0878
2. Mod	1,0495	0,9528	2. Mod	0,8315	1,2027
3. Mod	0,9623	1,0392	3. Mod	0,8040	1,2439
4. Mod	0,3362	2,9742	4. Mod	0,3011	3,3207
5. Mod	0,3362	2,9743	5. Mod	0,2680	3,7311

Çizelge 7.7 4 Kat ZD Zemin Grubu Sap2000(Spring)-Sap2000(Gaplink) Sonuçları

ZD					
SPRING	PERİYOT(s)	FREKANS(Hz)	GAPLINK	PERİYOT(s)	FREKANS(Hz)
1. Mod	1,0284	0,9724	1. Mod	1,0284	0,9724
2. Mod	0,9302	1,0751	2. Mod	0,9302	1,0751
3. Mod	0,9140	1,0941	3. Mod	0,9140	1,0941
4. Mod	0,3367	2,9698	4. Mod	0,3367	2,9698
5. Mod	0,3006	3,3266	5. Mod	0,3006	3,3266

Çizelge 7.8 4 Kat ZC Zemin Grubu Sap2000(Spring)-Sap2000(Gaplink) Sonuçları

ZC					
SPRING	PERİYOT(s)	FREKANS(Hz)	GAPLINK	PERİYOT(s)	FREKANS(Hz)
1. Mod	1,0283	0,9725	1. Mod	1,0283	0,9725
2. Mod	0,9301	1,0752	2. Mod	0,9301	1,0752
3. Mod	0,9140	1,0941	3. Mod	0,9140	1,0941
4. Mod	0,3367	2,9698	4. Mod	0,3367	2,9698
5. Mod	0,3006	3,3266	5. Mod	0,3006	3,3266

Çizelge 7.9 4 Kat ZB Zemin Grubu Sap2000(Spring)-Sap2000(Gaplink) Sonuçları

ZB					
SPRING	PERİYOT(s)	FREKANS(Hz)	GAPLINK	PERİYOT(s)	FREKANS(Hz)
1. Mod	0,9193	1,0878	1. Mod	0,9193	1,0878
2. Mod	0,8315	1,2027	2. Mod	0,8315	1,2027
3. Mod	0,8039	1,2439	3. Mod	0,8039	1,2439
4. Mod	0,3011	3,3206	4. Mod	0,3011	3,3207
5. Mod	0,2680	3,7311	5. Mod	0,2680	3,7311

Çizelge 7.10 8 Kat ZD Zemin Grubu İdeCAD-Sap2000(Gaplink) Sonuçları

ZD					
İDECAD	PERİYOT(s)	FREKANS(Hz)	SAP2000	PERİYOT(s)	FREKANS(Hz)
1. Mod	1,6317	0,6128	1. Mod	1,54697	0,6464
2. Mod	1,6317	0,6129	2. Mod	1,47221	0,6793
3. Mod	1,3881	0,7204	3. Mod	1,36583	0,7322
4. Mod	0,4940	2,0244	4. Mod	0,49073	2,0378
5. Mod	0,4940	2,0244	5. Mod	0,46057	2,1712

Çizelge 7.11 8 Kat ZC Zemin Grubu İdeCAD-Sap2000(Gaplink) Sonuçları

ZC					
İDECAD	PERİYOT(s)	FREKANS(Hz)	SAP2000	PERİYOT(s)	FREKANS(Hz)
1	1,6120	0,6204	1	1,5466	0,6466
2	1,6120	0,6204	2	1,4718	0,6794
3	1,3886	0,7202	3	1,3658	0,7322
4	0,4940	2,02420	4	0,4907	2,0379
5	0,4940	2,02420	5	0,4606	2,1713

Çizelge 7.12 8 Kat ZB Zemin Grubu İdeCAD-Sap2000(Gaplink) Sonuçları

ZB					
İDECAD	PERİYOT(s)	FREKANS(Hz)	SAP2000	PERİYOT(s)	FREKANS(Hz)
1. Mod	1,5952	0,6268	1. Mod	1,5461	0,6468
2. Mod	1,5952	0,6269	2. Mod	1,4713	0,6797
3. Mod	1,3879	0,7205	3. Mod	1,3658	0,7322
4. Mod	0,4937	2,0255	4. Mod	0,4907	2,0380
5. Mod	0,4937	2,0255	5. Mod	0,4605	2,1714

Çizelge 7.13 8 Kat ZD Zemin Grubu Sap2000(Spring)-Sap2000(Gaplink) Sonuçları

ZD					
SPRİNG	PERİYOT(s)	FREKANS(Hz)	GAPLİNK	PERİYOT(s)	FREKANS(Hz)
1. Mod	1,5470	0,6464	1. Mod	1,5470	0,6464
2. Mod	1,4722	0,6793	2. Mod	1,4722	0,6793
3. Mod	1,3658	0,7322	3. Mod	1,3658	0,7322
4. Mod	0,4907	2,0378	4. Mod	0,4907	2,0378
5. Mod	0,4606	2,1712	5. Mod	0,4606	2,1712

Çizelge 7.14 8 Kat ZC Zemin Grubu Sap2000(Spring)-Sap2000(Gaplink) Sonuçları

ZC					
SPRİNG	PERİYOT(s)	FREKANS(Hz)	GAPLİNK	PERİYOT(s)	FREKANS(Hz)
1. Mod	1,5466	0,6466	1. Mod	1,5466	0,6466
2. Mod	1,4718	0,6794	2. Mod	1,4718	0,6794
3. Mod	1,3659	0,7322	3. Mod	1,3658	0,7322
4. Mod	0,4907	2,0379	4. Mod	0,4907	2,0379
5. Mod	0,4606	2,1713	5. Mod	0,4605	2,1713

Çizelge 7.15 8 Kat ZB Zemin Grubu Sap2000(Spring)-Sap2000(Gaplink) Sonuçları

ZB					
SPRİNG	PERİYOT(s)	FREKANS(Hz)	GAPLİNK	PERİYOT(s)	FREKANS(Hz)
1. Mod	1,5461	0,6468	1. Mod	1,5461	0,64680
2. Mod	1,4713	0,6797	2. Mod	1,4712	0,67968
3. Mod	1,3658	0,7322	3. Mod	1,3658	0,73216
4. Mod	0,4907	2,0380	4. Mod	0,4907	2,03798
5. Mod	0,4605	2,1714	5. Mod	0,4605	2,17143

Çizelge 7.16 12 Kat ZD Zemin Grubu İdeCAD-Sap2000(Gaplink) Sonuçları

ZD					
İDECAD	PERİYOT(s)	FREKANS(Hz)	SAP2000	PERİYOT(s)	FREKANS(Hz)
1. Mod	2,3416	0,4271	1. Mod	2,1926	0,4561
2. Mod	2,3415	0,4271	2. Mod	2,1226	0,4711
3. Mod	1,8077	0,5532	3. Mod	1,8281	0,5470
4. Mod	0,6913	1,4465	4. Mod	0,6937	1,4415
5. Mod	0,6913	1,4465	5. Mod	0,6629	1,5086

Çizelge 7.17 12 Kat ZC Zemin Grubu İdeCAD-Sap2000(Gaplink) Sonuçları

ZC					
İDECAD	PERİYOT(s)	FREKANS(Hz)	SAP2000	PERİYOT(s)	FREKANS(Hz)
1	2,2954	0,4357	1	2,1917	0,4563
2	2,2952	0,4350	2	2,1217	0,4713
3	1,8075	0,5530	3	1,8281	0,5471
4	0,6910	1,4472	4	0,6937	1,4416
5	0,6910	1,4472	5	0,6628	1,5087

Çizelge 7.18 12 Kat ZB Zemin Grubu İdeCAD-Sap2000(Gaplink) Sonuçları

ZB					
İDECAD	PERİYOT(s)	FREKANS(Hz)	SAP2000	PERİYOT(s)	FREKANS(Hz)
1	2,2586	0,4428	1	2,1904	0,45653
2	2,2585	0,4428	2	2,1204	0,47161
3	1,8071	0,5534	3	1,8281	0,5470
4	0,6907	1,4477	4	0,6937	1,4416
5	0,6907	1,4478	5	0,6628	1,5088

Çizelge 7.19 1 2 Kat ZD Zemin Grubu Sap2000(Spring)-Sap2000(Gaplink) Sonuçları

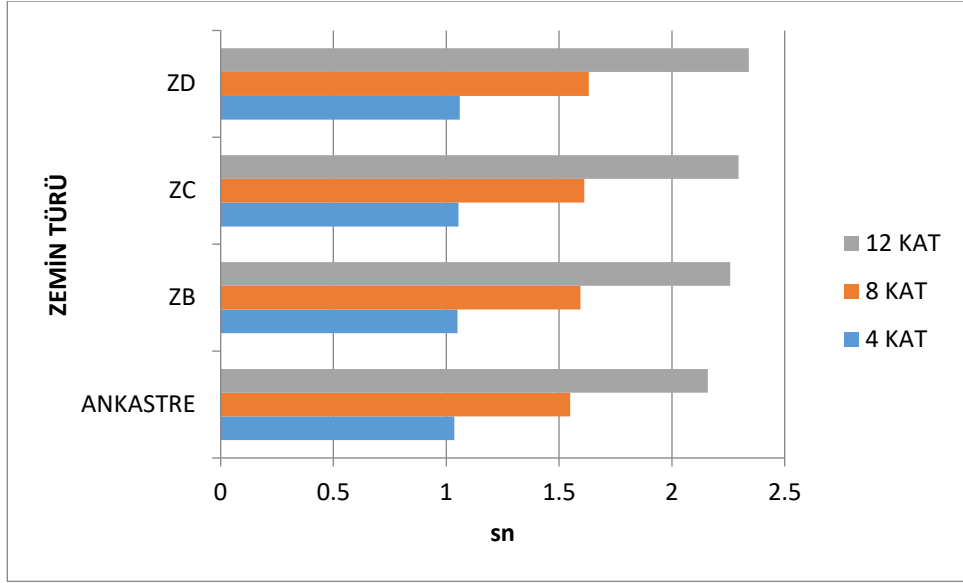
ZD					
SPRING	PERİYOT(s)	FREKANS(Hz)	GAPLİNK	PERİYOT(s)	FREKANS(Hz)
1	2,1926	0,45617	1	2,1926	0,4561
2	2,1226	0,4711	2	2,1226	0,4711
3	1,8281	0,5470	3	1,8281	0,5470
4	0,6937	1,4415	4	0,6937	1,4415
5	0,6629	1,5086	5	0,6629	1,5086

Çizelge 7.20 12 Kat ZC Zemin Grubu Sap2000(Spring)-Sap2000(Gaplink) Sonuçları

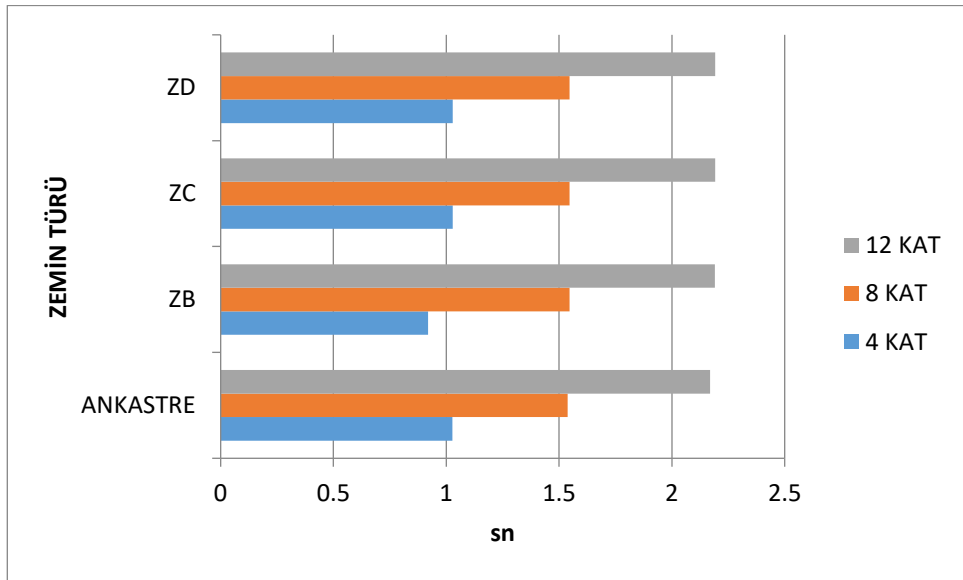
ZC					
SPRING	PERİYOT(s)	FREKANS(Hz)	GAPLİNK	PERİYOT(s)	FREKANS(Hz)
1	2,1917	0,45628	1	2,1917	0,45627
2	2,1216	0,47133	2	2,1216	0,47133
3	1,828	0,5470	3	1,828	0,5470
4	0,6937	1,4415	4	0,6937	1,4415
5	0,6628	1,5087	5	0,6628	1,5087

Çizelge 7.21 12 Kat ZB Zemin Grubu Sap2000(Spring)-Sap2000(Gaplink) Sonuçları

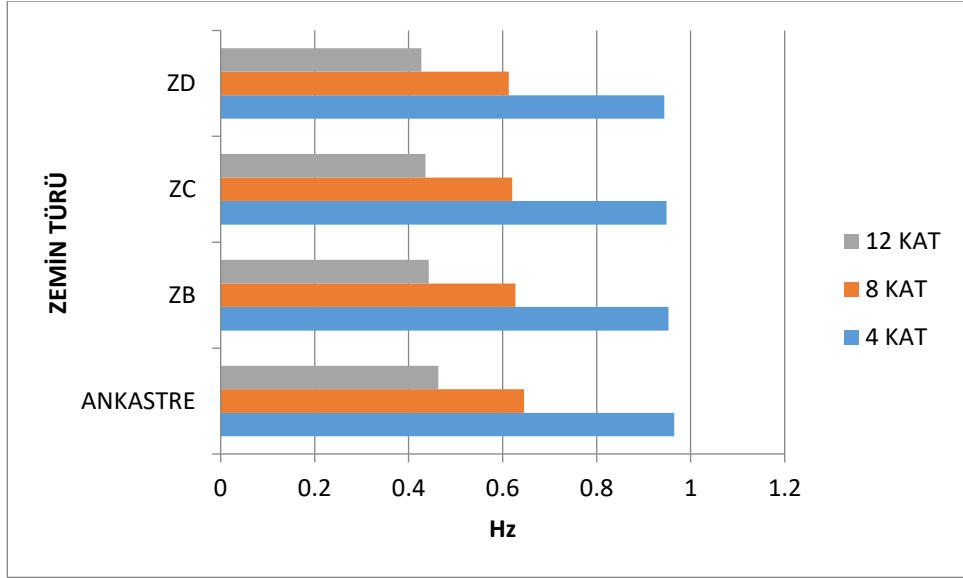
ZB					
SPRING	PERİYOT(s)	FREKANS(Hz)	GAPLİNK	PERİYOT(s)	FREKANS(Hz)
1. Mod	2,1904	0,4565	1. Mod	2,1904	0,45653
2. Mod	2,1204	0,4716	2. Mod	2,1204	0,47161
3. Mod	1,8281	0,54703	3. Mod	1,828	0,54703
4. Mod	0,6936	1,4416	4. Mod	0,6937	1,4417
5. Mod	0,6628	1,5088	5. Mod	0,6628	1,5088



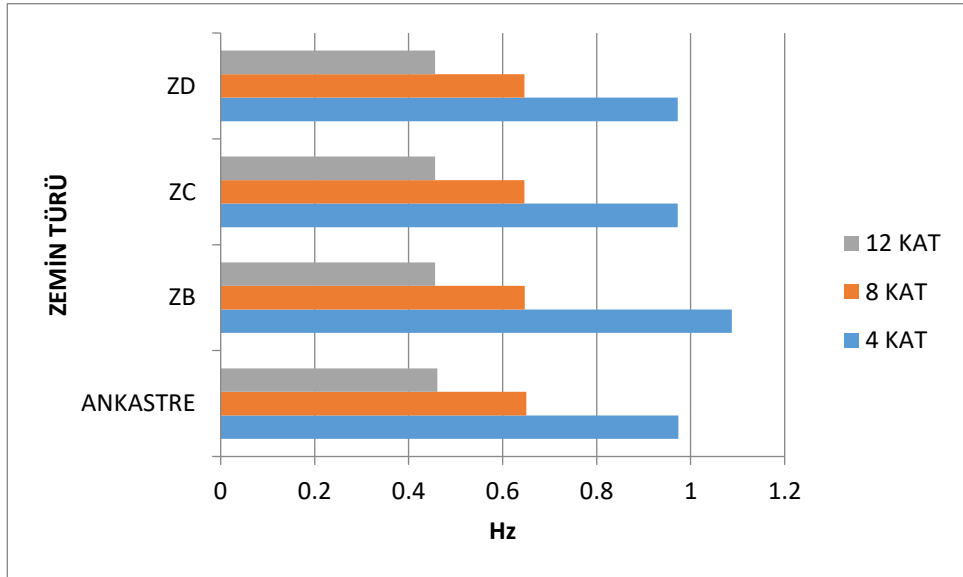
Şekil 7.1 İdecad 1.Mod Periyot (saniye)



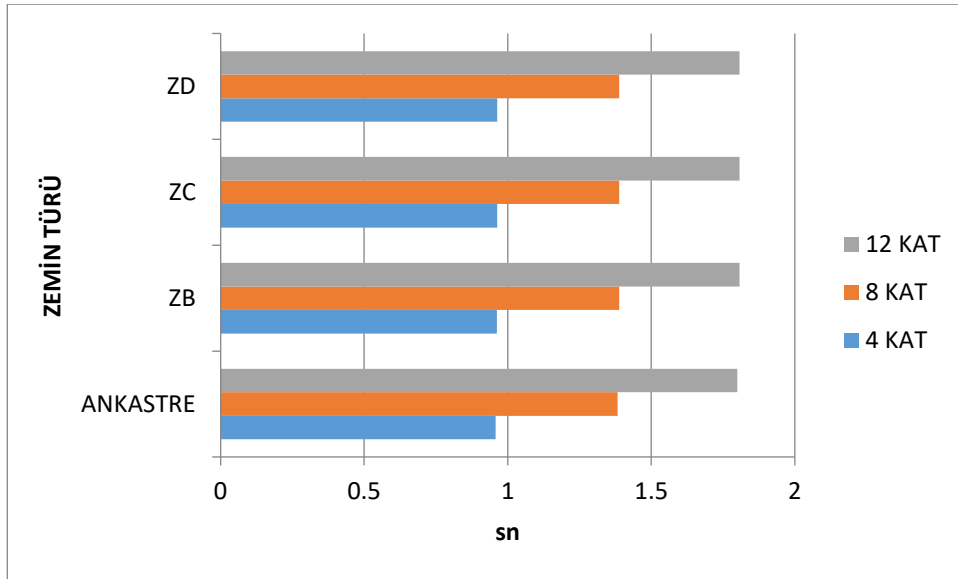
Şekil 7.2 Sap2000 1.Mod Periyot (saniye)



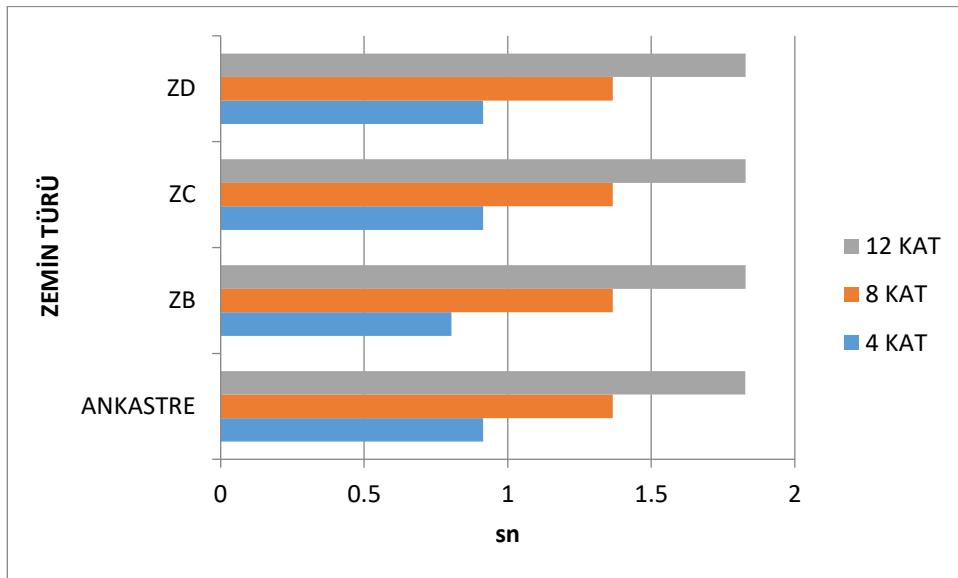
Şekil 7.3 İdecad 1.Mod Frekans (Hz)



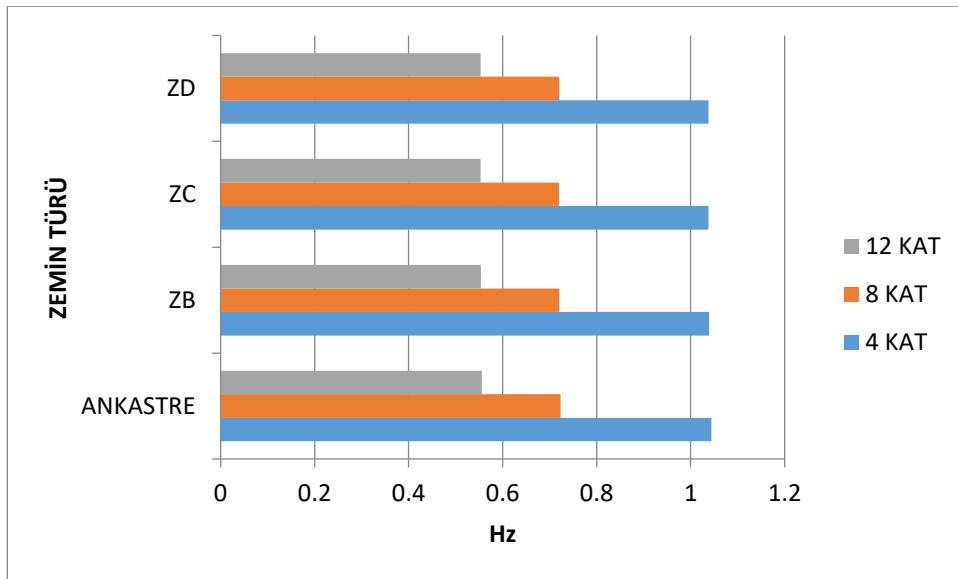
Şekil 7.4 Sap2000 1.Mod Frekans (Hz)



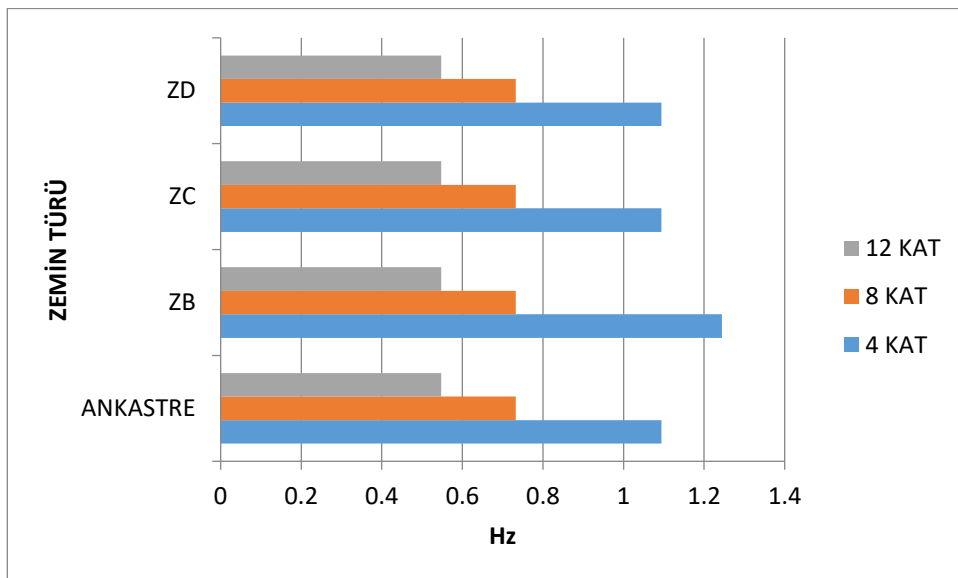
Şekil 7.5 İdecad 3.Mod Periyot (saniye)



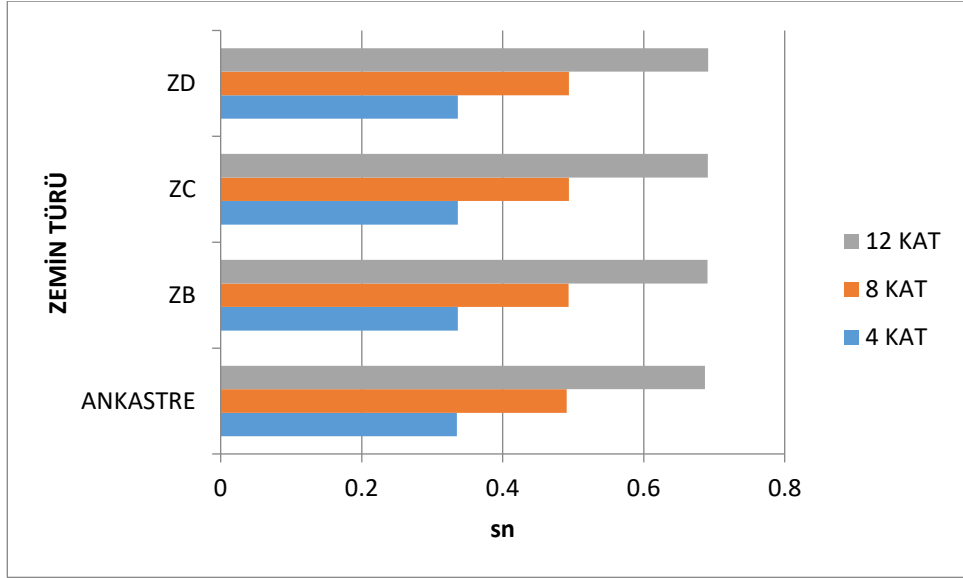
Şekil 7.6 Sap2000 3.Mod Periyot (saniye)



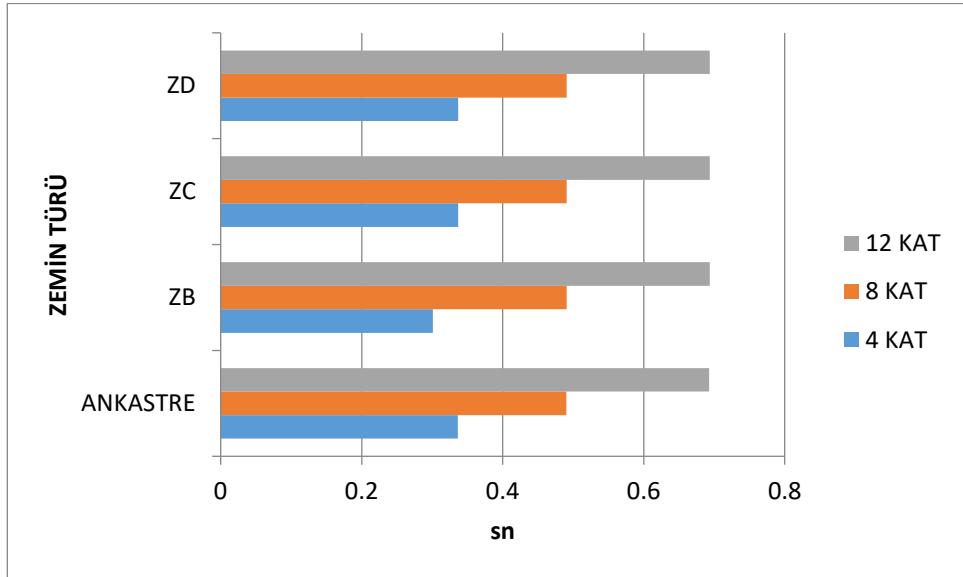
Şekil 7.7 İdecad 3.Mod Frekans (Hz)



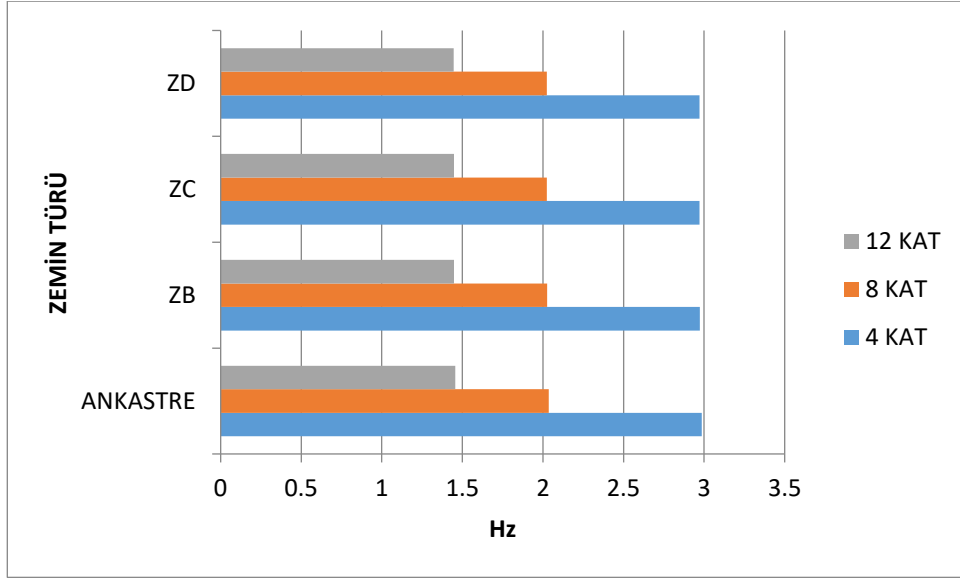
Şekil 7.8 Sap2000 3.Mod Frekans (Hz)



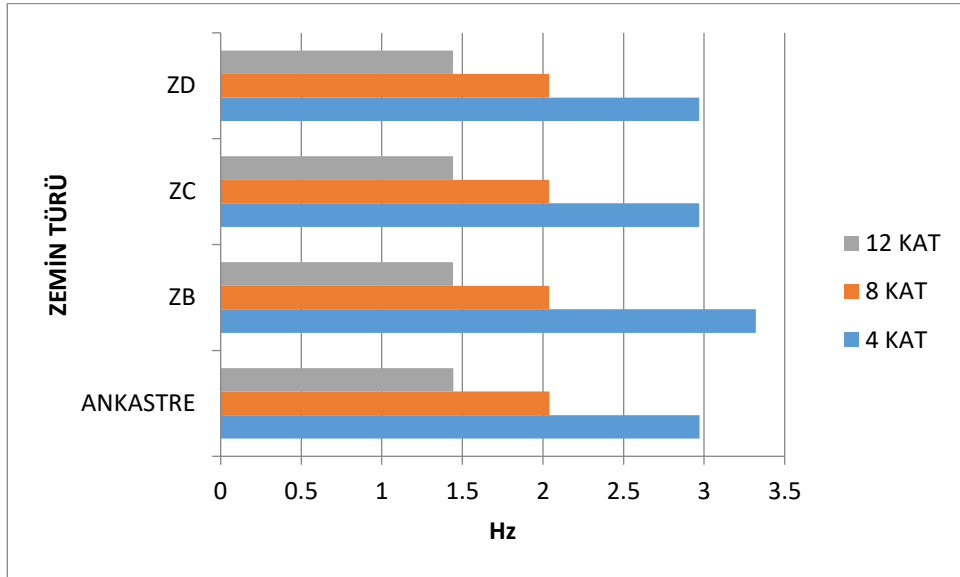
Şekil 7.9 İdecad 4.Mod Periyot (saniye)



Şekil 7.10 Sap2000 4.Mod Periyot (saniye)



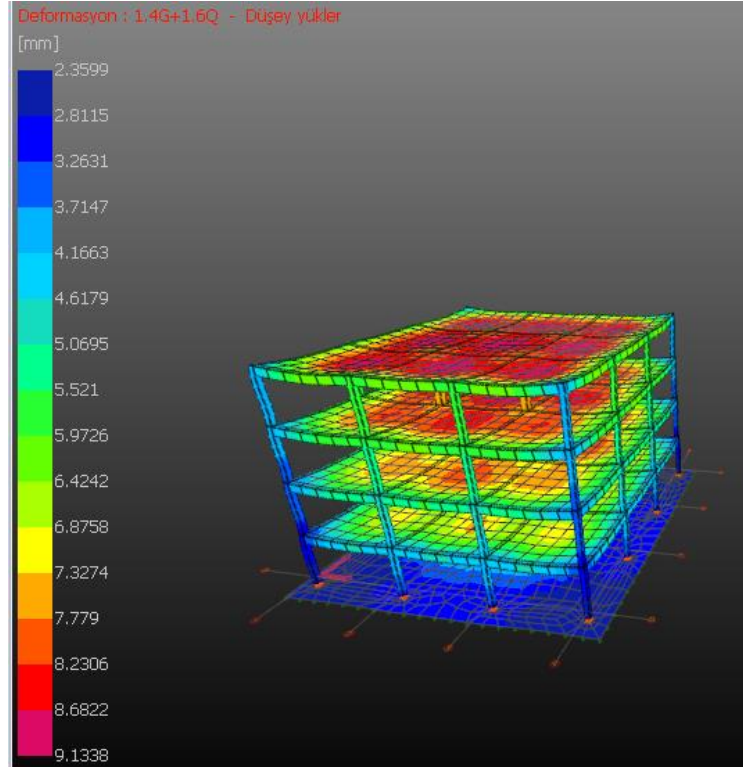
Şekil 7.11 İdecad 4.Mod Frekans (Hz)



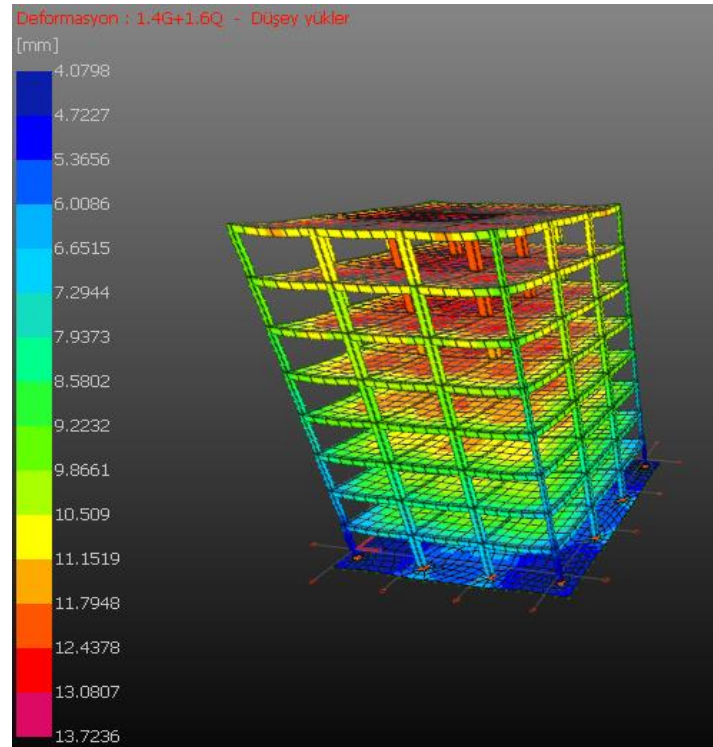
Şekil 7.12 Sap2000 4.Mod Frekans (Hz)

7.3. Deplasman Sonuçları

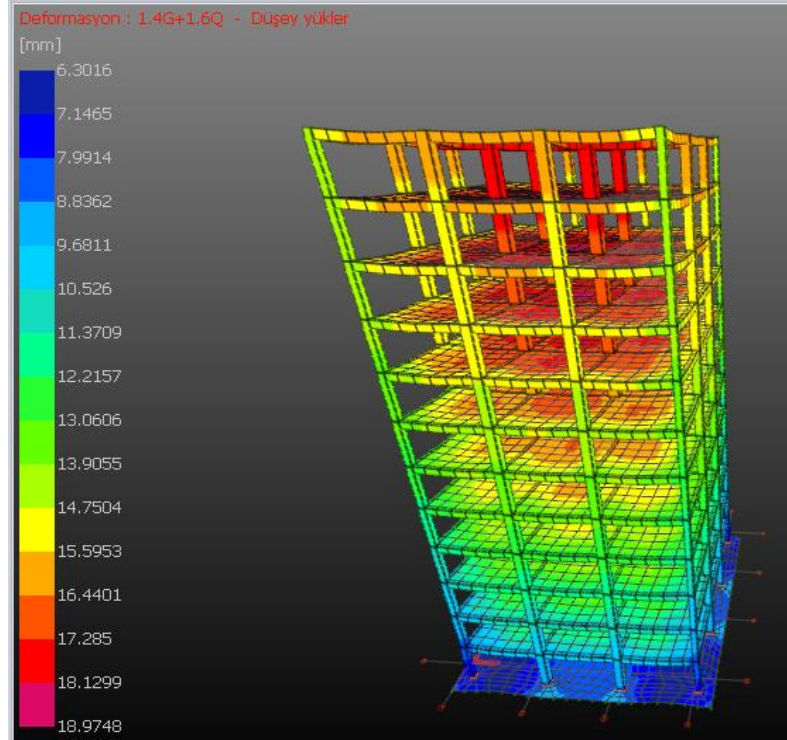
Bu bölümde 4, 8, 12 katlı yapıların ZD, ZC, ZB zemin grupları ve yatak katsayıları kullanılarak İdeCAD'de analizleri yapılmıştır. Farklı kombinasyonlara bakılarak çıkabilecek en büyük deplasmanlar tablolar ve grafikler şeklinde verilmiştir.



Şekil 7.13 4 Kat Maksimum Deplasman Görüntüsü



Şekil 7.14 8 Kat Maksimum Deplasman Görüntüsü



Şekil 7.15 12 Kat Maksimum Deplasman Görüntüsü

Çizelge 7.22 4 Kat ZB Winkler Maksimum Deplasman Sonuçları

KAT ZB 4 KAT WİNKLER	DEPLASMAN(mm)
3.KAT	4,48
2.KAT	3,81
1.KAT	2,70
ZEMİN KAT	1,27

Çizelge 7.23 4 Kat ZC Winkler Maksimum Deplasman Sonuçları

KAT ZC 4 KAT WİNKLER	DEPLASMAN(mm)
3.KAT	7,30
2.KAT	6,19
1.KAT	4,39
ZEMİN KAT	2,06

Çizelge 7.24 4 Kat ZD Winkler Maksimum Deplasman Sonuçları

KAT ZD 4 KAT WİNKLER	DEPLASMAN(mm)
3.KAT	7,29
2.KAT	6,18
1.KAT	4,38
ZEMİN KAT	2,06

Çizelge 7.25 4 Kat Ankastre Maksimum Deplasman Sonuçları

KAT 4 KAT ANKASTRE	DEPLASMAN(mm)
3.KAT	5,54
2.KAT	4,71
1.KAT	3,34
ZEMİN KAT	1,55

Çizelge 7.26 8 Kat ZB Winkler Maksimum Deplasman Sonuçları

KAT ZB 8 KAT WİNKLER	DEPLASMAN(mm)
7.KAT	10,43
6.KAT	9,83
5.KAT	8,94
4.KAT	7,77
3.KAT	6,36
2.KAT	4,73
1.KAT	2,95
ZEMİN KAT	1,16

Çizelge 7.27 8 Kat ZC Winkler Maksimum Deplasman Sonuçları

KAT ZC 8 KAT WİNKLER	DEPLASMAN(mm)
7.KAT	17,24
6.KAT	16,23
5.KAT	14,74
4.KAT	12,81
3.KAT	10,47
2.KAT	7,80
1.KAT	4,87
ZEMİN KAT	1,92

Çizelge 7.28 8 Kat ZD Winkler Maksimum Deplasman Sonuçları

KAT ZD 8 KAT WİNKLER	DEPLASMAN(mm)
7.KAT	15,67
6.KAT	14,72
5.KAT	13,36
4.KAT	11,60
3.KAT	9,48
2.KAT	7,06
1.KAT	4,41
ZEMİN KAT	1,74

Çizelge 7.29 8 Kat Ankastre Deplasman Sonuçları

KAT 8 KAT ANKASTRE	DEPLASMAN(mm)
7.KAT	9,90
6.KAT	9,36
5.KAT	8,53
4.KAT	7,42
3.KAT	6,07
2.KAT	4,50
1.KAT	2,77
ZEMİN KAT	1,05

Çizelge 7.30 12 Kat ZB Winkler Maksimum Deplasman Sonuçları

KAT ZB 12 KAT WİNKLER	DEPLASMAN(mm)
11.KAT	20,32
10.KAT	19,61
9.KAT	18,65
8.KAT	17,44
7.KAT	15,99
6.KAT	14,33
5.KAT	12,46
4.KAT	10,41
3.KAT	8,20
2.KAT	5,87
1.KAT	3,49
ZEMİN KAT	1,30

Çizelge 7.31 12 Kat ZC Winkler Maksimum Deplasman Sonuçları

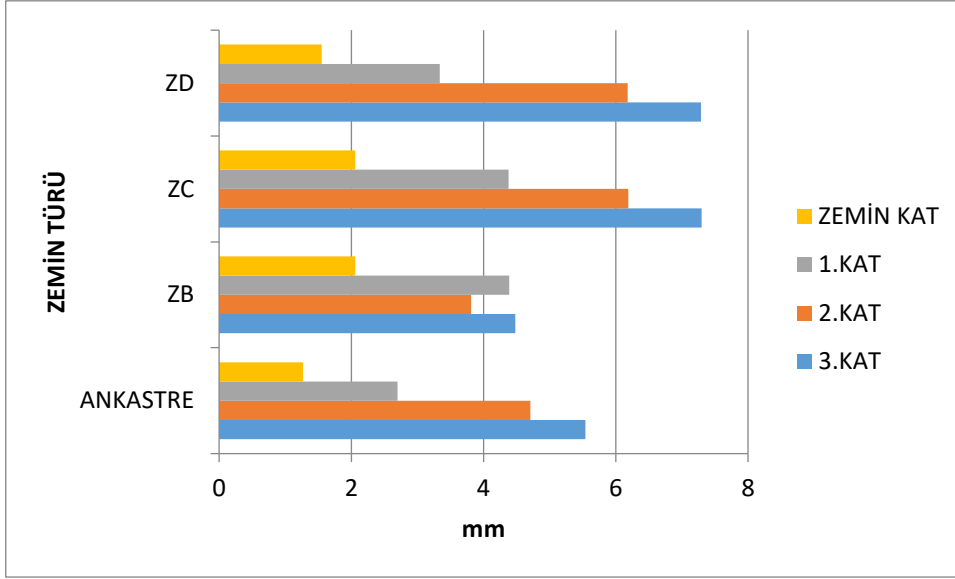
KAT ZC 12 KAT WİNKLER	DEPLASMAN(mm)
11.KAT	34,05
10.KAT	32,80
9.KAT	31,16
8.KAT	29,10
7.KAT	26,66
6.KAT	23,87
5.KAT	20,76
4.KAT	17,35
3.KAT	13,67
2.KAT	9,79
1.KAT	5,84
ZEMİN KAT	2,20

Çizelge 7.32 12 Kat ZD Winkler Maksimum Deplasman Sonuçları

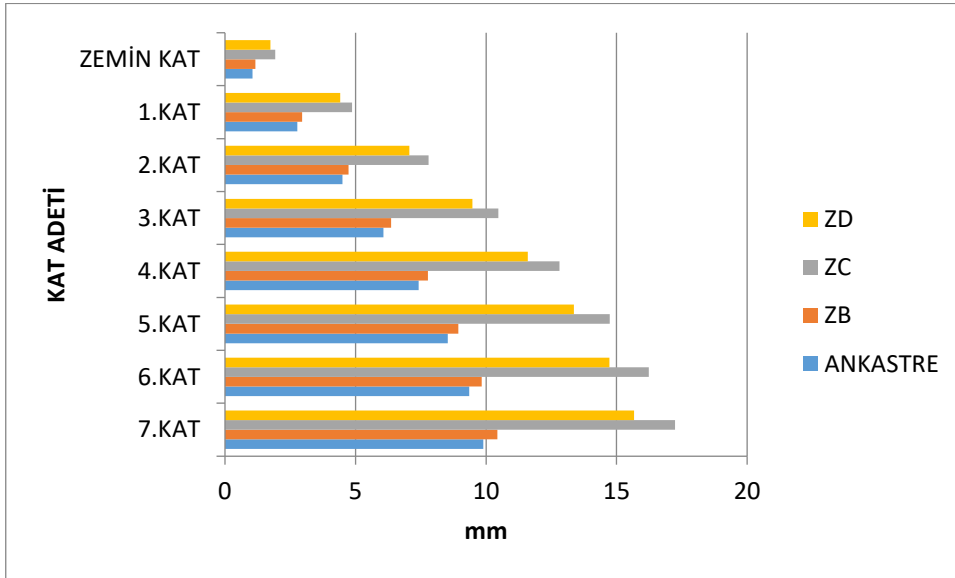
KAT ZD 12 KAT WİNKLER	DEPLASMAN(mm)
11.KAT	31,52
10.KAT	30,30
9.KAT	28,74
8.KAT	26,81
7.KAT	24,53
6.KAT	21,95
5.KAT	19,08
4.KAT	15,94
3.KAT	12,58
2.KAT	9,02
1.KAT	5,40
ZEMİN KAT	2,05

Çizelge 7.33 12 Kat Ankastre Maksimum Deplasman Sonuçları

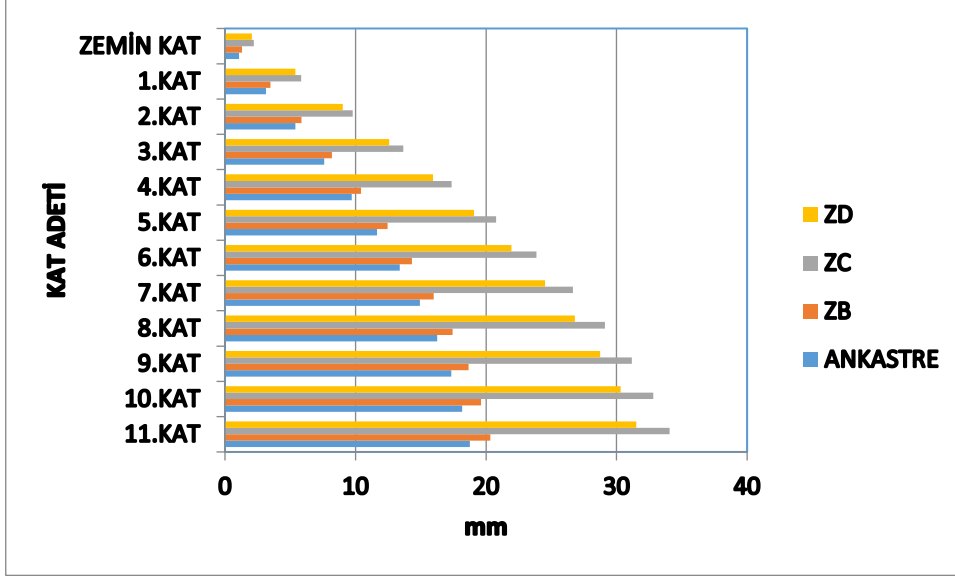
KAT 12 KAT ANKASTRE	DEPLASMAN(mm)
11.KAT	18,75
10.KAT	18,16
9.KAT	17,34
8.KAT	16,26
7.KAT	14,93
6.KAT	13,39
5.KAT	11,64
4.KAT	9,71
3.KAT	7,61
2.KAT	5,40
1.KAT	3,14
ZEMİN KAT	1,09



Şekil 7.16 4 Kat Deplasman (mm)



Şekil 7.17 8 Kat Deplasman (mm)



Şekil 7.18 12 Kat Deplasman (mm)

7.4. Sonuçların Değerlendirilmesi

İlk olarak temelin ankastre çözümlenmesi sırasında zemin grubunun önemi olmadığı için yapılmış analiz tablolarına bakacak olursak Çizelge 7.1, Çizelge 7.2, Çizelge 7.3 tablolarından şu sonuçlara varılmıştır:

- 4, 8 ve 12 katların tamamında mod sayısının artmasıyla birlikte periyot azalmaktadır ve benzer şekilde frekansında artmakta olduğu görülmektedir.
- 4 kattan 12 kata doğru kat sayısı artışıyla beraber periyot artmakta, frekans azalmaktadır.
- Sap2000 ve İdeCAD' de yapılan analizler sonucu elde edilen periyot ve frekans değerleri birbirine oldukça yakın bulunmuştur.

Temelin Winkler çözümlenmesinde yani temel altı düğüm noktalarının yay olarak modellenmesinde yapılmış analiz tablolarına bakacak olursak şu sonuçlara varılmıştır:

- 4, 8 ve 12 katların hepsinde mod sayısının artmasıyla beraber periyot azalmakta olup aynı şekilde frekansında artmakta olduğunu görülmektedir.
- 4 kattan 12 kata doğru kat sayısı artışıyla beraber periyot artmakta, frekans azalmaktadır.
- Sap2000 ve İdeCAD' de yapılan analizler sonucu elde edilen ve Çizelge 7.4, 7.5., 7.6., 7.10., 7.11., 7.12., 7.16., 7.17. ve 7.18.'de verilen periyot ve frekans değerleri birbirine oldukça yakın bulunmuştur.

- Çizelge 7.7., 7.8., 7.9., 7.13., 7.14., 7.15., 7.19., 7.20. ve 7.21.'de verilen periyot ve frekans değerleri incelendiğinde; Sap2000'de düğüm noktalarının altına tekil yay tanımı yapılması (yani gaplink) ve temel altına alansal olarak yay tanımlanması (yani area spring) ile oluşturulan modellerin aynı sonucu verdiği görülmektedir. Bu nedenle Sap2000 programında Winkler yöntemini uygulamak isteyecek olursak temel altındaki düğüm noktalarına tekil yay ya da alansal yaylarla tasarım yapılabilir. Bu nedenle, elde edilen sonuçların İdeCAD ile karşılaştırılması istendiğinde spring veya gaplink analiz sonuçlarının herhangi birine bakmak yeterli olacaktır.
- Winkler yöntemi için verilen çizelgeler (Çizelge 7.4.-7.21. arası) incelendiğinde, kat adetlerinin hepsi için ZD zemin grubundan ZB zemin grubuna doğru gidildikçe periyot değerleri azalmakta ve frekans değerleri artmaktadır.

Grafikler değerlendirildiğinde, ankastre ve zemin grupları etkisi (Winkler yöntemi) ile elde edilen analiz sonuçları şu şekilde yorumlanabilir:

- Şekil 7.1., 7.2., 7.5., 7.6., 7.9. ve 7.10.'da kat sayısının azalmasıyla (12 kattan 4. kata doğru) ve zeminin iyileşmesi ile (ZD'den ZB ve ardından ankastreye doğru) 1., 3. ve 4. mod periyotları azalmaktadır.
- Şekil 7.3., 7.4., 7.7., 7.8., 7.11. ve Şekil 7.12.'da kat sayısının azalmasıyla (12.'den 4. kata doğru) ve zeminin iyileşmesi ile (ZD'den ZB'ye ve ardından ankastreye doğru) 1., 3. ve 4. mod frekansları artmaktadır.
- Şekil 7.1. - 7.12.'de mod sayısının artmasıyla periyot azalmakta ve frekans artmaktadır.

Deplasman sonuçları değerlendirilecek olunursa, Çizelge 7.22. - 7.33. ve Şekil 7.16. - Şekil 7.18. bakılarak şu sonuçlara varılabilir:

- Kat adedinin artmasıyla (4.'ten 12.'ye doğru) deplasmanlar artmaktadır.
- Zeminin iyileşmesiyle (ZD'den ZB'ye ardından ankastreye doğru) deplasman azalmaktadır.
- Tüm kat adetleri için, zemin kattan en üst kata çıkıldıkça deplasman artmaktadır.

8. SONUÇLAR

Betonarme binaların deprem sırasındaki davranışının doğru anlaşılması ve tasarımın buna göre şekillendirilmesi depreme dayanıklı bina tasarımı için büyük önem arz etmektedir. Deprem dalgaları temel altındaki zemin ve üst yapı ile birlikte karşılanıp sönümlenmektedir. Betonarme binalarda bu dalgaların sönümlenmesi sırasında büyük deformasyonlar meydana gelmektedir. Yapı elemanları yüksek gerilmeler altında hasara uğramakta ve bu hasarlar binanın tamamen yıkılmasına da neden olabilmektedir. Bu tezde zemin sınıfına bağlı olarak, zemin ve üst yapının birlikte ne kadar etkileşim içerisinde olduğu incelenmiş ve sonuçlar yorumlanmıştır. Kat sayısının bir betonarme yapının deprem karşısındaki davranışına zemin sınıfına bağlı etkisi araştırılmıştır. Farklı zemin sınıfları kullanarak ve zeminin etkisini ihmal ederek yani temelin ankastre çözümlenmesiyle zeminin yapının doğal frekanslarına etkisi değerlendirilmiştir. Betonarme binaların 4, 8 ve 12 şeklinde seçilen farklı kat sayılarının zemin-yapı etkileşimine ne kadar etkisi olduğu incelenmiştir. Ayrıca iki farklı ticari sonlu eleman analiz programı kullanarak yapılan analizlerin sonuçları kıyaslanmıştır.

Analiz sonuçlarının incelenmesinden şu sonuçlara ulaşılmıştır:

- Zemin sınıfının kötü olması binanın periyodunu artırıp frekansı azaltmakta ve deplasmanları artırmaktadır. Bu nedenle binaların üzerine inşa edildiği zemin sınıfının iyi olması gerekmektedir. Zeminin zayıf olduğu durumlarda zemin iyileştirmesi yapılması önerilebilir. Zemin güçlendirildiği takdirde yapının doğal frekansı artacak ve buna bağlı olarak yapının deprem esnasındaki deplasmanlarında azalma kaydedilecektir.
- Binanın kat sayısının artışıyla bina doğal periyodu artmakta, frekansı azalmakta ve bina tepe deplasmanı artmaktadır. Deprem dalgalarının frekansı ile binanın doğal frekansının çakıştırılmaması yani rezonans meydana gelmesine izin verilmemesi için yüksek katlı binaların güçlü zemin üzerine inşa edilmesinin gerektiği, benzer biçimde güçlü zemin üzerine düşük katlı bina yapılmasının rezonans ihtimalini artıracığı unutulmamalıdır. Zayıf zeminlerin güçlendirilemediği durumlarda çok katlı binaların inşasından kaçınılmalıdır.
- Bina türü yapıların analizi sırasında mühendisler çoğu zaman zemin etkisini ihmal edip temeli ankastre olarak çözümlenmektedirler. Temelin

ankastre çözümlenmesiyle elde edilen analiz sonuçları ile Winkler yöntemi kullanılarak temel altına yaylar tanımlanması ile gerçekleştirilen analizlerden elde edilen sonuçlar farklılık arz etmektedir. Ankastre varsayımı ile gerçekleştirilen analizler sonucu bina doğal periyodu gerçek durumdakinden daha düşük, frekansı ise daha büyük bulunmaktadır. Halbuki, zemin sınıfının etkisi bina modeline dahil edildiğinde zemin sınıfının kötüleşmesiyle bina üst yapısının dinamik davranışı mesnetlenme durumundan dolayı değişmektedir. Zayıf bir zemin üzerine inşa edilen bir binanın doğal periyodu güçlü bir zemin üzerine inşa edilen binaninkine göre daha büyüktür. Bu nedenle binaların tasarımı ve analizi sırasında zemin etkisinin ihmal edilmesinin deprem davranışının yanlış modellenmesine sebep olacağı ve binaya gelecek deprem kuvvetinin yanlış hesaplanmasına sebep olacağı açıktır. Bina tasarımında zemin sınıfı ve zemin modeli tasarıma dahil edilmelidir. Winkler yöntemi kullanılarak yapılacak analizler ankastre varsayımından çok daha gerçekçi sonuçlar elde edilmesini sağlayacaktır. Her ne kadar Winkler yönteminin de eksikleri bulunmasına rağmen ankastre varsayımı karşısında tercih edilmelidir.

- Bu çalışmada kullanılan ve oldukça popüler olan İdeCAD ve Sap2000 ticari paket programları ile elde edilen analiz sonuçları arasındaki oldukça düşük farklılıklar hem bu programlara olan güveni tazelemekte hem de çalışmada oluşturulan modellerin doğruluğunu göstermektedir.

9. KAYNAKLAR

- Ada M.**, 2020, 'Bina Grupları Üzerindeki Yapı-Zemin-Yapı Etkileşiminin İncelenmesi', Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul
- Altun N.**, 2019, '2007 Ve 2018 Deprem Yönetmelikleri Işığında Betonarme Minarelerin Zemin-Yapı Etkileşimi Göz Önünde Bulundurularak Projelendirilmesi', Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Samsun
- Coşandal A.**, 2015, 'Büyük Ölçekli Kesme Kutusu Deneyleri İle Zemin-Yapı Etkileşimi Parametrelerinin Belirlenmesi', Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul
- Çaycı B., İnel M., Kamal M.**, 2017, 'Zemin Rijitliğindeki Değişimin Yapıların Sismik Davranışı Üzerindeki Etkileri', 4. Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Eskişehir
- Çomaklı B.**, 2019, 'Düşük Ve Orta Yükseklikteki Betonarme Binalarda Yumuşak Kat Düzensizliğinin Ve Zemin Yapı Etkileşiminin Araştırılması', Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendiliği Ana Bilim Dalı, Denizli
- Çömlekçioğlu Y., Sert S.**, 2018, 2. Uluslararası Sempozyumu Doğal Tehlikeler ve Afet Yönetimi, Sakarya
- Erginsoy Z.K.**, 2019, 'Sığ Temelli Binalarda Bodrum Kat Adedinin Deprem-Zemin-Yapı Etkileşimi Bakımından İncelenmesi', Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir
- Kahreman S., Mısır S., Özden G.**, 2007, 'Sabit ve Değişken Yatak Katsayısı Yaklaşımlarının Yapı Davranışına Etkisi', 6. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul
- Kara D.**, 2019, 'Zemin Yapı Etkileşiminde Pratik Bir Yöntem', Yüksek Lisans Tezi, Kırklareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Kırklareli
- Kılıç G.**, 2019, 'Betonarme Yapıda Perde Yeri Seçiminin Yapısal Davranışa Etkisinin TBDY 2018 VE DBYBHY 2007 Yönetmeliklerine Göre Karşılaştırılması', Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat mühendisliği Ana Bilim Dalı, Sakarya

- Kılıçer S.**, 2016, 'Yapı Zemin Etkileşiminin Betonarme Yapıların Tasarımına Etkisi', Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Trabzon
- Korkmaz K.**, Demir F., 2012, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 3(1), Burdur
- Mamuk F.**, 2010, 'Üç Boyutlu Dinamik Zemin-Yapı Etkileşimi', Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul
- Naiboğlu H.**, 2019, 'Farklı Zemin Koşullarında Kazık-Zemin-Yapı Etkileşiminin Sayısal Analizi', Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Van
- Siyahi B., Çetin K.Ö., Bilge T.**, 'Geoteknik Deprem Mühendisliği Açısından Zemin-Temel-Yapı Etkileşimine Kritik Bakış'
- Uzuner B.A.**, 2013,'Temel Mühendisliğine Giriş' Ders Kitabı, KTÜ İnşaat Mühendiliği Ana Bilim,Trabzon
- Polat A.,Kaya Y.,Özşahin T.S.**, 2018, 'Elastik Yarı Sonsuz Düzlem Üzerine Oturan Ağırlıklı Tabakanın Sonlu Elemanlar Yöntemi Kullanılarak Sürtünmesiz Temas Problemi Analizi', Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, KTÜ İnşaat Mühendiliği Ana Bilim,Düzce
- Çetinkaya M.Y.,Kaya Çelebi E.,Kirtel O.**, 2015, 'Yapı-Temel-Zemin Sismik Etkileşim Probleminin Adapazarı Bölgesi İçin Empedans Fonksiyonları Yardımıyla Analizi', Gazi Üniversitesi, Ankara
- Sert S., Bol E., Özocak A.**, 2015, 'Zemin Özelliklerini Belirlemede Koni Penetrasyon Deneyi' İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya
- Naiboğlu H.**, 2019, 'Farklı Zemin Koşullarında Kazık-Zemin-Yapı Etkileşiminin Sayısal Analizi', Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Van
- Url-1** <https://volkanatabey.com.tr/yapi-zemin-etkilesimi>
- Url-2** <https://www.insaatofis.com/tasiyici-eleman-yapi-deplasmanlarinin-kontrol-edilmesi.html>
- Url-3** <https://docplayer.biz.tr/11135910-Deprem-etkisi-altinda-yapi-kazik-zemin-etkilesimi.html>
- Url-4** <http://www.zeminarastirma.com/zemin-etudu/spt-standart-penetrasyon-deneyi/>>
- Url-5** <https://www.insaport.com/wp-content/uploads/2019/07/Arazi-Deneyleri-PMT-VEYN.pdf>
- Url-6** <http://www.ibb.gov.tr/sites/akom/documents/deprem.html>