

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ DEPREM MÜHENDİSLİĞİ VE AFET
YÖNETİMİ ENSTİTÜSÜ**

**TÜNEL KAZILARINDAN KAYNAKLANAN
YÜZEY OTURMALARININ BETONARME BİNALARDA ETKİLERİNİN
İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ENES ÖZAT

Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı

Deprem Mühendisliği Programı

ARALIK 2019

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ DEPREM MÜHENDİSLİĞİ VE AFET
YÖNETİMİ ENSTİTÜSÜ**

**TÜNEL KAZILARINDAN KAYNAKLANAN
YÜZEY OTURMALARININ BETONARME BİNALARDA ETKİLERİNİN
İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ENES ÖZAT
802161229**

Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı

Deprem Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç.Dr.Beyza TAŞKIN

ARALIK 2019

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 802161229 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Enes ÖZAT**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**TÜNEL KAZILARINDAN KAYNAKLANAN YÜZEY OTURMALARININ BETONARME BİNALARDA ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç.Dr. Beyza TAŞKIN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Mustafa GENÇOĞLU**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Dr.Öğr.Üyesi. Ülgen MERT TUĞSAL
Gebze Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : 15 Kasım 2019
Savunma Tarihi : 12 Aralık 2019





Aileme,



ÖNSÖZ

Desteęi ve özverisiyle her zaman yanımda olan, bilgi ve tecrübesiyle akademik yaşamım ve özel sektör çalışmalarımda ufkumu açan değerli tez danışmanım Doc. Dr. Beyza TAŞKIN'a teşekkür etmeyi borç bilirim.

Her zaman ve her daim yanımda olan, yüksek lisans yapmam konusunda beni motive eden annem Nihal ÖZAT, babam Turgay ÖZAT ve kardeşim Burak Güven ÖZAT'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek Lisans eğitimim süresince bana destek olan ve fırsat tanıyan Müdürüm Nail AKBULUT'a , Kontrol Amirim Serhat SEVİMLİ'ye ve İstasyon Şefim Veysi YÜCESOY'a teşekkür ederim.

Aralık 2019

Enes ÖZAT
İnşaat Mühendisi



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
KISALTMALAR.....	xi
SEMBOLLER.....	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xix
ÖZET.....	xxi
SUMMARY.....	xxiii
1.GİRİŞ.....	1
1.1 Konu.....	1
1.2 Amaç ve Kapsam.....	1
2.TÜNEL AÇMA METOTLARI.....	3
2.1 Yeni Avusturya Tünel Açma Metodu(Natm).....	3
2.1.1 Kazı öncesi destekleme.....	4
2.1.2 Kazı sonrası destekleme.....	5
2.2 Tünel Açma Makinesi.....	6
3.YÜZEY OTURMALARININ HESABI.....	9
3.1 Peck Yüzey Oturma Hesabı.....	9
3.2 Loganathan & Poulos Yüzey Oturma Hesabı.....	11
4.YÜZEY OTURMALARI PARAMETRİK ÇALIŞMA.....	15
5.MODELLEME VE ANALİZ SONUÇLARI.....	21
5.1 Kumlu Zeminde Yapılan Tünel Kazılarının 5 Katlı Binaya Etkileri.....	30
5.1.1 9 metre derinlikte kazılan tünellerin etkileri.....	30
5.1.2 12 metre derinlikte kazılan tünellerin etkileri.....	33
5.1.3 20 metre derinlikte kazılan tünellerin etkileri.....	35
5.2 Killi Zeminde Yapılan Tünel Kazılarının 5 Katlı Binaya Etkileri.....	37
5.2.1 9 metre derinlikte kazılan tünellerin etkileri.....	38
5.2.2 12 metre derinlikte kazılan tünellerin etkileri.....	41
5.2.3 20 metre derinlikte kazılan tünellerin etkileri.....	44
5.3 Kumlu Zeminde Yapılan Tünel Kazılarının 4 Katlı Binaya Etkileri.....	45
5.3.1 9 metre derinlikte kazılan tünellerin etkileri.....	46
5.3.2 12 metre derinlikte kazılan tünellerin etkileri.....	48
5.3.3 20 metre derinlikte kazılan tünellerin etkileri.....	51
5.4 Killi Zeminde Yapılan Tünel Kazılarının 4 Katlı Binaya Etkileri.....	53
5.4.1 9 metre derinlikte kazılan tünellerin etkileri.....	53
5.4.2 12 metre derinlikte kazılan tünellerin etkileri.....	55
5.4.3 20 metre derinlikte kazılan tünellerin etkileri.....	57
5.5 Kumlu Zeminde Yapılan Tünel Kazılarının 3 Katlı Binaya Etkileri.....	58
5.5.1 9 metre derinlikte kazılan tünellerin etkileri.....	58
5.5.2 12 metre derinlikte kazılan tünellerin etkileri.....	60

5.5.3 20 Metre derinlikte kazılan tünellerin etkileri.....	62
5.6 Killi Zeminde Yapılan Tünel Kazılarının 3 Katlı Binaya Etkileri.....	64
5.6.1 9 metre derinlikte kazılan tünellerin etkileri.....	64
5.6.2 12 metre derinlikte kazılan tünellerin etkileri.....	66
5.6.3 20 metre derinlikte kazılan tünellerin etkileri.....	68
6.ZAMAN TANIM ALANINDA DEPREM ANALİZİ.....	71
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	75
KAYNAKLAR.....	77
EKLER.....	79
ÖZGEÇMİŞ.....	105



KISALTMALAR

NATM :Yeni Avusturya Tünel Methodu

TBM : Tünel Açma Makinesi

EPB : Arazi Basınç Dengeleme Modu

SAP2000 : Yapısal Analiz Programı

TS500 : Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları





SEMBOLLER

S_{Vmax}	: Maksimum Yüzey Oturması
D	: Tünel Çapı
V_1	: Yüzdesel Hacim Kaybı
i	: Büküm noktası
Z_0	: Tünel Eksenine ile Bina Temel Tabanı Arasındaki Mesafe
k_0	: Zemin Türüne Bağlı Orantı Katsayısı
g	: Boşluk parametresi
G_p	: Fiziksel Boşluk
U_{3D}	: Tünel aynasında oluşan elasto plastik deformasyon
Δ	: TBM kalkan koruma kalınlığı
δ	: Segmentlerin kurulumu için gereken boşluk miktarı
eff	: Grout işleminin verimliliği
x	: Tünel eksenine olan uzaklık
ν	: Poisson oranı
R	: Tünel yarı çapı
A_c	: Kolon kesit alanı
N_d	: Tasarım aksenal kuvveti
f_{cd}	: Beton tasarım basınç dayanımı
f_{ck}	: Beton karakteristik basınç dayanımı
A_{smin}	: Minimum donatı alanı
N_{max}	: Maksimum aksenal kuvvet
M_d	: Dizayn momenti
k	: Kapasite oranı
R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 4.1 : Z=9m değeri için bina akslarında hesaplanmış deformasyon değeri....	16
Çizelge 4.2 : Z=12m değeri için bina akslarında hesaplanmış deformasyon değeri..	16
Çizelge 4.3 : Z=20m değeri için bina akslarında hesaplanmış deformasyon değeri..	16
Çizelge 4.4 : Z=9m değeri için bina akslarında hesaplanmış deformasyon değeri ..	17
Çizelge 4.5 : Z=12m değeri için bina akslarında hesaplanmış deformasyon değeri...17	17
Çizelge 4.6 : Z=20m değeri için bina akslarında hesaplanmış deformasyon değeri...18	18
Çizelge 4.7 : Z=9 m değeri için bina akslarında hesaplanmış deformasyon değeri..	18
Çizelge 4.8 : Z=12m değeri için bina akslarında hesaplanmış deformasyon değeri.	18
Çizelge 4.9 : Z=20m değeri için bina akslarında hesaplanmış deformasyon değeri .	18
Çizelge 5.1 : 5 katlı bina için kolon kesit hesabı.....	22
Çizelge 5.2 : 5 katlı binaya ait donatılandırma tablosu... ..	24
Çizelge 5.3 : 4 katlı binaya ait donatılandırma tablosu... ..	27
Çizelge 5.4 : 3 katlı binaya ait donatılandırma tablosu... ..	27
Çizelge 5.5 : 5 katlı Bina z=9 , x=-20 kumlu zemine ait sonuçlar... ..	27
Çizelge 6.1: 5 katlı bina, zaman tanım alanında analiz sonucu.....	73
Çizelge 6.2: 4 katlı bina, zaman tanım alanında analiz sonucu.....	73
Çizelge 6.3: 3 katlı bina, zaman tanım alanında analiz sonucu.....	74
Çizelge A.1: 4 katlı bina kolon boyutlandırma.....	80
Çizelge A.2 3 katlı bina kolon boyutlandırma.....	80
Çizelge B.1: Z=9, x=-25, kumlu zemin, 5 kat.....	83
Çizelge B.2: Z=9, x=-20, kumlu zemin, 5 kat.....	83
Çizelge B.3: Z=9, x=-15, kumlu zemin, 5 kat.....	83
Çizelge B.4: Z=9, x=-10, kumlu zemin, 5 kat.....	84
Çizelge B.5: Z=9, x=-5, kumlu zemin,5 kat.....	84
Çizelge B.6: Z=9, x=0, kumlu zemin, 5 kat.....	84
Çizelge B.7: Z=12, x=-25, kumlu zemin, 5 kat.....	84
Çizelge B.8: Z=12, x=-20, kumlu zemin, 5 kat.....	85
Çizelge B.9: Z=12, x=-15, kumlu zemin, 5 kat.....	85
Çizelge B.10: Z=12, x=-10, kumlu zemin, 5 kat.....	85
Çizelge B.11: Z=12, x=-5, kumlu zemin, 5 kat.....	85
Çizelge B.12: Z=12, x=0, kumlu zemin, 5 kat.....	86
Çizelge B.13: Z=20, x=-25, kumlu zemin, 5 kat.....	86
Çizelge B.14: Z=20, x=-20, kumlu zemin, 5 kat.....	86
Çizelge B.15: Z=20, x=-15, kumlu zemin, 5 kat.....	86
Çizelge B.16: Z=20, x=-10, kumlu zemin, 5 kat.....	87
Çizelge B.17: Z=20, x=-5, kumlu zemin, 5 kat.....	87
Çizelge B.18: Z=20, x=0, kumlu zemin, 5 kat.....	87
Çizelge B.19: Z=9, x=-25, killi zemin, 5 kat.....	87

Çizelge B.20: $Z=9, x=-20$, killi zemin, 5 kat.....	88
Çizelge B.21: $Z=9, x=-15$, killi zemin, 5 kat.....	88
Çizelge B.22: $Z=9, x=-10$, killi zemin, 5 kat.....	88
Çizelge B.23: $Z=9, x=-5$, killi zemin, 5 kat.....	88
Çizelge B.24: $Z=9, x=0$, killi zemin, 5 kat.....	89
Çizelge B.25: $Z=12, x=-25$, killi zemin, 5 kat.....	89
Çizelge B.26: $Z=12, x=-20$, killi zemi, 5 kat.....	89
Çizelge B.27: $Z=12, x=-15$, killi zemin, 5 kat.....	89
Çizelge B.28: $Z=12, x=-10$, killi zemin, 5 kat.....	90
Çizelge B.29: $Z=12, x=-5$, killi zemin, 5 kat.....	90
Çizelge B.30: $Z=12, x=0$, killi zemin, 5 kat.....	90
Çizelge B.31: $Z=20, x=-25$, killi zemin, 5 kat.....	90
Çizelge B.32: $Z=20, x=-20$, killi zemin, 5 kat.....	91
Çizelge B.33: $Z=20, x=-15$, killi zemin, 5 kat.....	91
Çizelge B.34: $Z=20, x=-10$, killi zemin, 5 kat.....	91
Çizelge B.35: $Z=20, x=-5$, killi zemin, 5 kat.....	91
Çizelge B.36: $Z=20, x=0$, killi zemin, 5 kat.....	91
Çizelge B.37: $Z=9, x=-25$, kumlu zemin, 4 kat.....	92
Çizelge B.38: $Z=9, x=-20$, kumlu zemin, 4 kat.....	92
Çizelge B.39: $Z=9, x=-15$, kumlu zemin, 4 kat.....	92
Çizelge B.40: $Z=9, x=-10$, kumlu zemin, 4 kat.....	92
Çizelge B.41: $Z=9, x=-5$, kumlu zemin, 4 kat.....	92
Çizelge B.42: $Z=9, x=0$, kumlu zemin, 4 kat.....	93
Çizelge B.43: $Z=12, x=-25$, kumlu zemin, 4 kat.....	93
Çizelge B.44: $Z=12, x=-20$, kumlu zemin, 4 kat.....	93
Çizelge B.45: $Z=12, x=-15$, kumlu zemin, 4 kat.....	93
Çizelge B.46: $Z=12, x=-10$, kumlu zemin, 4 kat.....	93
Çizelge B.47: $Z=12, x=-5$, kumlu zemin, 4 kat.....	94
Çizelge B.48: $Z=12, x=0$, kumlu zemin, 4 kat.....	94
Çizelge B.49: $Z=20, x=-25$, kumlu zemin, 4 kat.....	94
Çizelge B.50: $Z=20, x=-20$, kumlu zemin, 4 kat.....	94
Çizelge B.51: $Z=20, x=-15$, kumlu zemin, 4 kat.....	94
Çizelge B.52: $Z=20, x=-10$, kumlu zemin, 4 kat.....	95
Çizelge B.53: $Z=20, x=-5$, kumlu zemin, 4 kat.....	95
Çizelge B.54: $Z=20, x=0$, kumlu zemin, 4 kat.....	95
Çizelge B.55: $Z=9, x=-25$, killi zemin, 4 kat.....	95
Çizelge B.56: $Z=9, x=-20$, killi zemin, 4 kat.....	95
Çizelge B.57: $Z=9, x=-15$, killi zemin, 4 kat.....	96
Çizelge B.58: $Z=9, x=-10$, killi zemin, 4 kat.....	96
Çizelge B.59: $Z=9, x=-5$, killi zemin, 4 kat.....	96
Çizelge B.60: $Z=9, x=0$, killi zemin, 4 kat.....	96
Çizelge B.61: $Z=12, x=-25$, killi zemin, 4 kat.....	96
Çizelge B.62: $Z=12, x=-20$, killi zemin, 4 kat.....	97
Çizelge B.63: $Z=12, x=-15$, killi zemin, 4 kat.....	97
Çizelge B.64: $Z=12, x=-10$, killi zemin, 4 kat.....	97
Çizelge B.65: $Z=12, x=-5$, killi zemin, 4 kat.....	97
Çizelge B.66: $Z=12, x=0$, killi zemin, 4 kat.....	98
Çizelge B.67: $Z=20, x=-25$, killi zemin, 4 kat.....	98
Çizelge B.68: $Z=20, x=-20$, killi zemin, 4 kat.....	98
Çizelge B.69: $Z=20, x=-15$, killi zemin, 4 kat.....	98

Çizelge B.70: $Z=20, x=-10$, killi zemin, 4 kat.....	98
Çizelge B.71: $Z=20, x=-5$, killi zemin, 4 kat.....	99
Çizelge B.72: $Z=20, x=0$, killi zemin, 4 kat.....	99
Çizelge B.73: $Z=9, x=-25$, kumlu zemin, 3 kat.....	99
Çizelge B.74: $Z=9, x=-20$, kumlu zemin, 3 kat.....	99
Çizelge B.75: $Z=9, x=-15$, kumlu zemin, 3 kat.....	99
Çizelge B.76: $Z=9, x=-10$, kumlu zemin, 3 kat.....	100
Çizelge B.77: $Z=9, x=-5$, kumlu zemin, 3 kat.....	100
Çizelge B.78: $Z=9, x=0$, kumlu zemin, 3 kat.....	100
Çizelge B.79: $Z=12, x=-25$, kumlu zemin, 3 kat.....	100
Çizelge B.80: $Z=12, x=-20$, kumlu zemin, 3 kat.....	100
Çizelge B.81: $Z=12, x=-15$, kumlu zemin, 3 kat.....	101
Çizelge B.82: $Z=12, x=-10$, kumlu zemin, 3 kat.....	101
Çizelge B.83: $Z=12, x=-5$, kumlu zemin, 3 kat.....	101
Çizelge B.84: $Z=12, x=0$, kumlu zemin, 3 kat.....	101
Çizelge B.85: $Z=20, x=-25$, kumlu zemin, 3 kat.....	101
Çizelge B.86: $Z=20, x=-20$, kumlu zemin, 3 kat.....	102
Çizelge B.87: $Z=20, x=-15$, kumlu zemin, 3 kat.....	102
Çizelge B.88: $Z=20, x=-10$, kumlu zemin, 3 kat.....	102
Çizelge B.89: $Z=20, x=-5$, kumlu zemin, 3 kat.....	102
Çizelge B.90: $Z=20, x=0$, kumlu zemin, 3 kat.....	102
Çizelge B.91: $Z=9, x=-25$, killi zemin, 3 kat.....	103
Çizelge B.92: $Z=9, x=-20$, killi zemin, 3 kat.....	103
Çizelge B.93: $Z=9, x=-15$, killi zemin, 3 kat.....	103
Çizelge B.94: $Z=9, x=-10$, killi zemin, 3 kat.....	103
Çizelge B.95: $Z=9, x=-5$, killi zemin, 3 kat.....	104
Çizelge B.96: $Z=9, x=0$, killi zemin, 3 kat.....	104
Çizelge B.97: $Z=12, x=-25$, killi zemin, 3 kat.....	104
Çizelge B.98: $Z=12, x=-20$, killi zemin, 3 kat.....	104
Çizelge B.99: $Z=12, x=-15$, killi zemin, 3 kat.....	104
Çizelge B.100: $Z=12, x=-10$, killi zemin, 3 kat.....	104
Çizelge B.101: $Z=12, x=-5$, killi zemin, 3 kat.....	105
Çizelge B.102: $Z=12, x=0$, killi zemin, 3 kat.....	105
Çizelge B.103: $Z=20, x=-25$, killi zemin, 3 kat.....	105
Çizelge B.104: $Z=20, x=-20$, killi zemin, 3 kat.....	105
Çizelge B.105: $Z=20, x=-15$, killi zemin, 3 kat.....	105
Çizelge B.106: $Z=20, x=-10$, killi zemin, 3 kat.....	106
Çizelge B.107: $Z=20, x=-5$, killi zemin, 3 kat.....	106
Çizelge B.108: $Z=20, x=0$, killi zemin, 3 kat.....	106



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Kazı ve destekleme tip 1	3
Şekil 2.2 : Kazı ve destekleme tip 2	4
Şekil 2.3 : Umbrella uygulaması	5
Şekil 2.4 : Kazı sonrası destekleme	5
Şekil 2.5 : Reflektör yerleşimi	6
Şekil 2.6 : Bulamaçlı TBM boy kesit.	7
Şekil 2.7 : Segmentler	7
Şekil 2.8 : Erektör	8
Şekil 3.1 : Tünel kazısı sırasında oluşan oturma profilleri	10
Şekil 3.2 : Enine oturma profili	10
Şekil 3.3 : Fiziksel boşluk Gp	12
Şekil 3.4 : Ayna basınçla destekli ve işçilik kalitesi yüksek.	13
Şekil 3.5 : Ayna desteksiz ve işçilik kalitesi yüksek.	13
Şekil 3.6 : Ayna desteksiz ve işçilik kalitesi sınırlı.	13
Şekil 4.1 : Tünel kesiti yerleşim planı.	15
Şekil 4.2 : Tünel derinliğine göre kumlu zeminde oturma profilleri	19
Şekil 4.3 : Tünel derinliğine göre kumlu zeminde oturma profilleri	19
Şekil 4.4 : Yüzey oturma profilleri	20
Şekil 5.1 : Kat planı.	21
Şekil 5.2 : Döşeme yük dağılımı	22
Şekil 5.3 : K101 eşdeğer yük hesabı	23
Şekil 5.4 : K102 eşdeğer yük hesabı	23
Şekil 5.5 : 5 katlı bina zemin kolonlarına ait donatı yerleşimi	25
Şekil 5.6 : 4 katlı bina zemin kolonlarına ait donatı yerleşimi	25
Şekil 5.7 : 3 katlı bina zemin kolonlarına ait donatı yerleşimi	26
Şekil 5.8 : 4.Aks aksenal kuvvet (yüzey oturması+ düşey yükleme)	28
Şekil 5.9 : 4.Aks moment değerleri (yüzey oturması+ düşey yükleme)	28
Şekil 5.10 : 3.Aks aksenal kuvvet (yüzey oturması+ düşey yükleme)	29
Şekil 5.11 : 3.Aks moment değerleri (yüzey oturması+ düşey yük)	29
Şekil 5.12 : z=9, 5 katlı bina, 4.aks,kumlu zemin	30
Şekil 5.13 : Yüzey oturması z=9, kumlu zemin	31
Şekil 5.14 : z=9, 5 katlı bina, 3.aks,kumlu zemin	32
Şekil 5.15 : 5 katlı bina, z=12,kumlu zemin,4.aks	33
Şekil 5.16 : 5 katlı bina, z=12,kumlu zemin,3.aks	34
Şekil 5.17 : 5 katlı bina, z=20,kumlu zemin,4.aks	35
Şekil 5.18 : 5 katlı bina, z=20,kumlu zemin,3.aks	36
Şekil 5.19 : Yüzey oturması z=20, kumlu zemin	37
Şekil 5.20 : Yüzey oturması z=9, killi zemin	38
Şekil 5.21 : 5 katlı bina, z=9,killi zemin,4.aks	39

Şekil 5.22 : 5 katlı bina, z=9,killi zemin,3.aks.....	40
Şekil 5.23 : Yüzey oturması z=12, killi zemin	41
Şekil 5.24 : 5 katlı bina, z=12,killi zemin,4.aks.....	42
Şekil 5.25 : 5 katlı bina, z=12,killi zemin,3.aks.....	43
Şekil 5.26 : Yüzey oturması z=20, killi zemin	44
Şekil 5.27 : 5 katlı bina, z=20,killi zemin,3 ve 4.aks.....	45
Şekil 5.28 : 4 katlı bina, z=9,kumlu zemin,4.aks.....	46
Şekil 5.29 : 4 katlı bina, z=9,kumlu zemin,3.aks.....	47
Şekil 5.30 : Yüzey oturması z=12, kumlu zemin.....	48
Şekil 5.31 : 4 katlı bina, z=12,kumlu zemin,4.aks.....	49
Şekil 5.32 : 4 katlı bina, z=12,kumlu zemin,3.aks.....	50
Şekil 5.33 : 4 katlı bina, z=20,kumlu zemin,4.aks.....	51
Şekil 5.34 : 4 katlı bina, z=20,kumlu zemin,3.aks.....	52
Şekil 5.35 : 4 katlı bina, z=9 m,killi zemin,4.aks	53
Şekil 5.36 : 4 katlı bina, z=9 m,killi zemin,3.aks	54
Şekil 5.37 : 4 katlı bina, z=12 m,killi zemin,4.aks	55
Şekil 5.38 : 4 katlı bina, z=12 m,killi zemin,3.aks	56
Şekil 5.39 : 4 katlı bina, z=20 m,killi zemin, 3 ve 4.aks.....	57
Şekil 5.40 : 3 katlı bina, z=9 m,kumlu zemin, 4.aks.....	58
Şekil 5.41 : 3 katlı bina, z=9 m,kumlu zemin, 3.aks.....	59
Şekil 5.42 : 3 katlı bina, z=12 m,kumlu zemin, 4.aks.....	60
Şekil 5.43 : 3 katlı bina, z=12 m,kumlu zemin, 3.aks.....	62
Şekil 5.44 : 3 katlı bina, z=20 m,kumlu zemin, 4.aks.....	62
Şekil 5.45 : 3 katlı bina, z=20 m,kumlu zemin, 3.aks.....	63
Şekil 5.46 : 3 katlı bina, z=9 m,killi zemin, 4.aks	64
Şekil 5.47 : 3 katlı bina, z=9 m,killi zemin, 3.aks	65
Şekil 5.48 : 3 katlı bina, z=12 m,killi zemin, 4.aks	66
Şekil 5.49 : 3 katlı bina, z=12 m,killi zemin, 3.aks	67
Şekil 5.50 : 3 katlı bina, z=20m,killi zemin, 4.aks	68
Şekil 5.51 : 3 katlı bina, z=20m,killi zemin, 3.aks	69
Şekil 6.1: Deprem kaydının modele tanımlanması.....	71
Şekil 6.2: Ölçek çarpanının tanımlanması.....	72
Şekil A.1: Koordinat sisteminin programa tanıtılması.....	81
Şekil A.2: Malzeme özelliklerinin programa girilmesi.....	81
Şekil A.3: Kesit ölçülerinin programa girilmesi.....	82
Şekil A.4: Yük tanımlama.....	82
Şekil A.5: Yük kombinasyonu.....	82

TÜNEL KAZILARINDAN KAYNAKLANAN YÜZEY OTURMALARININ BETONARME BİNALARDA ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

Hızlı nüfus artışı ve şehir içi yerüstü müsait alanların kısıtlı olması sebebiyle yaşanan trafik problemi hemen hemen bütün metropollerin ortak sorunu haline gelmiştir. Bu nedenlerden ötürü yeraltı ulaşım ağının yaygınlaştırılmasına yönelik yatırımlar her geçen gün artış göstermektedir.

Tünel kazıları sırasında oluşan yüzey oturmaları şehir içi tünelciliği açısından dikkat edilmesi gereken en önemli konulardan biridir. Yüzey oturmaları alt yapı sistemlerini, binaları ve can güvenliğini riske atmayacak şekilde sınırlandırılmalıdır. Bu amaçla yerel zemin koşulları iyi analiz edilmeli, elde edilen bilgiler ışığında uygun tahkimat elemanları belirlenmelidir.

Yerel zemin koşulları dışında metro güzergahının geçtiği bölgede yapı stoğunun özellikleri önem arz etmektedir. Yapılan hesaplar sonucunda beklenen yüzey oturmalarına binanın vereceği tepki burada esas olmalıdır. Zaman içinde güncellenen yönetmeliklerle inşaatlarda kullanılan malzeme kalitesinde artış gözlenmiş, elde edilen yeni bilgiler ışığında bina tasarımları açısından gelişmeler kaydedilmiştir. Fakat tünel kazılarının yapılmasının planlandığı güzergahta eski yapı stoğu daha büyük riskler barındırmaktadır. Dönemin koşulları göz önüne alındığında başta beton ve çelik olmak üzere binalarda kullanılmış inşaat malzemelerinin özellikleri iyi belirlenmeli ve ayrıca temel ve döşeme türü vb o döneme ait tasarım anlayışına göre uygun modellemeler yapılarak oturmalar sonucunda oluşacak ek yüklerin bina taşıyıcı elemanlarındaki etkileri tespit edilmelidir.

Özellikle yumuşak zeminlerde tünel içi deformasyonlar (konverjans) ve yüzey oturmalarıyla tünel kazıları sırasında sık sık karşılaşılmaktadır. Gelişen teknolojiyle beraber Tünel Açma Makinelerinin (TBM) kullanımı yaygınlaşmış, tecrübeli operasyonel ekiplerle ayna basınçları mevcut zemine göre ayarlanarak bu etkiler minimize edilmeye çalışılmıştır. Ayrıca TBM ile yapılan kazılarda kazı ve kalıcı tahkimat imalatı arasındaki süre NATM(Yeni Avusturya Tünel Methodu)'a kıyasla daha kısa olduğu için yüzey oturmaları açısından daha istenen sonuçlar vermektedir. Ayrıca bu teknolojinin yaygınlaşmasıyla beraber İstanbul'da ana hat tünellerinin çoğu TBM ile açılmaktadır. Bu sebeple bu çalışmada Tünel Açma Makinelerinin çalıştığı kesit özellikleri dikkate alınarak yüzey oturmaları hesaplanmıştır.

Çalışmanın birinci bölümünde amaç ve kapsam açıklanmıştır.

İkinci bölümde TBM ve NATM ile alakalı bilgiler verilmiştir.

Üçüncü bölümde Peck (1969) ve Loganathan&Poulos (1998)'a ait yüzey oturmalarını hesaplamada kullanılan formüller detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

Dördüncü bölümde tünel derinliği, akslara uzaklık, farklı kat sayılarına sahip binaların incelenmesine yönelik parametrik çalışmalar yapılmıştır.

Beşinci bölümde ise analiz sonuçları ve binalar üzerindeki etkiler hesaplanmış, değerlendirmeler yapılmıştır.

Altıncı bölümde tünel kazılarından kaynaklı yüzey oturmalarının önemine farklı bir açıdan dikkat çekmek adına deprem etkileriyle kıyaslama yapılmıştır. 26 Eylül 2019 tarihli Silivri depremine ait kayıtlar kullanılarak zaman tanım alanında doğrusal analiz yapılmıştır ve yüzey oturmaları sonucunda zemin kat kolonlarında gerçekleşen kapasite aşımalarıyla kıyaslamalar yapılmıştır.

Yedinci ve son bölümde sonuçlar ve genel değerlendirmeler özetlenmiştir.



INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF TUNNEL INDUCED SETTLEMENTS ON THE REINFORCED CONCRETE BUILDINGS

SUMMARY

Due to rapid population growth and lack of available spaces, traffic jam became a common problem for big cities. Therefore, investments to the metro lines have been increasing with the time in order to solve the transportation problem.

Surface settlements induced by tunnel excavations are one of the important topics of tunneling work located near the urban areas. High surface settlements can be dangerous for upper structures, infrastructure systems and human life. Therefore, level of surface settlements should be limited. In order to provide this, local soil conditions should be analyzed well and support type should be chosen accordingly.

Beside the local soil conditions, conditions of available building stock is so important. The reaction given by carrier system of building should be determined well. With the development of the opportunities, quality of building materials used in constructions has been increased in time. Also, design codes became stricter over time. However, the route of new metro line projects also pass near the old buildings and they are under risk more when compared with new buildings. The material properties (concrete, reinforcement etc.) and type of carrier system (slab, columns, shear wall and foundation) of the old building should be determined well. Moreover, the computer model should be prepared according to information comes from the building.

Especially in soft grounds, deformations in tunnel and surface settlements are commonly observed during excavation of tunnels. Thanks to the development of the technology, TBM usage is increased and with the experienced staff, settlements are controlled effectively with arranging the face pressure according to the local soil conditions. In addition to that, the time between excavation and installation of final supports is short when compared with NATM (New Austrian Tunneling Method). Therefore, TBM provides better results in terms of surface settlements. In addition, usage of TBM are more common than NATM for excavation of main line tunnels. Therefore, TBM cross sections were chosen to predict the surface settlements.

In the first part of the study, the aim and content of the study are described. The aim is examining the effect of tunnel induced surface settlements on the old building stock by parametric study. The parametric study contains two different soil types that are sandy and clayey. Moreover, three, four and five floor buildings that they have same plan view were included to the parametric study. In addition to that, three different tunnel depths were taken into account. As known, while some of the metro tunnels pass very close the surface level, others pass very deep. Therefore, 9 meter, 12 meter and 20 meter tunnel depths were chosen to consider many possible scenarios during the excavation of tunnels. As expected, the excavation of tunnels that passes more than 20 meter below the surface has limited effects on the surface settlements so that considering the depth of 20 meter as a maximum value is sufficient. The minimum value of 9 meter depth was chosen to investigate effect of shallow tunnels. 9 meter depth is already challenging value for excavation. However; it is possible to face with

more difficult situations in real life applications in terms of tunnel depth. For that cases, more dangerous results should be expected in comparison with 9 meter.

In the second part of the study, two different excavation methods were explained. The first method is NATM (New Austrian Tunnelling Method). The idea of NATM is that the stress which surrounds rock mass is used as a tunnel support. Therefore, tunnel can carry the load itself. Moreover, temporary supports are used during excavation process. Shotcrete, wire mesh, lattice girder, rock bolt, soil nail, face, umbrella arch, and forepoling are used as a temporary support according to the local soil conditions. For example, if the soil conditions are good to excavate safely, there is no need to use umbrella arch application or forepoling during the excavation of tunnel face. Reinforced concrete works are final works of construction of tunnels. NATM is slower than TBM in terms of time. However, it can be economical than TBM for short length tunnels. Also, NATM are easily used for cross passage tunnels, switch tunnels and station tunnels. For these tunnel cross sections, TBM is not suitable to use. The second method is TBM (Tunnel Boring Machine). TBM is a machine that used for excavation of tunnels. The first part of TBM is called cutting wheel which includes disc cutters, scraper, bentonite outlet etc. TBM's are used not only for metro tunnels but also sewer lines, water line etc. Unlike the NATM, reinforced concrete works are finished as soon as possible after the excavation. Segments that are precast element are used as a permanent support. After the installation of segment rings, grouting process should be done to fill voids between excavated area and segments. For the soft soil conditions, extra necessary precautions must be taken because of the stability problem of tunnel face. Some of TBM's have EPB (Earth Pressure Balance Shields) mode to provide stability to tunnel face. In the thesis, TBM excavation was taken into account because it is common for excavation of main line tunnels.

In the third part of the thesis, Peck (1969) and Loganathan & Poulos (1998) formulas used for calculating surface settlements were explained. For clayey soils, both two formulas were used and the formula that gives critical results was chosen. For sandy soils, Peck (1969) formula was only used because other formula is not convenient for clays according to their study.

In the fourth part, surface settlements were calculated according to information coming from third part. Surface settlements were calculated for different scenarios such as tunnel depth and distance from the axis of tunnel. Three different tunnel depth, which is 9-12-20 meter, were chosen as mentioned before. In addition to that, six different distances from tunnel axis were chosen to investigate effects of location of tunnel in horizontal direction on surface structures.

In the fifth part, informations about buildings were given like plan view, column lengths, material properties for concrete and steel and the loads entered to 2D model. Unfortunately, some of the old buildings were constructed by poor quality materials like low strength concrete around 15 Mpa or steel around 220 Mpa. In addition to that, most of the buildings were constructed around 1960s did not receive enough engineering service. Therefore, column lengths were chosen small to represent real scenarios. Moreover, minimum reinforcement ratio was chosen according to earthquake code in Turkey in 1975. In the thesis, f_{ck} was taken 18 Mpa and f_{yk} was taken S220. Foundation type was chosen spread footing. Three, four and five floor buildings that have same plan view were chosen. 216 models were created via SAP 2000 program. 216 model contains three different buildings, two different axis on building, two different soil type, three different tunnel depth and six different distances

from tunnel axis. Forces and moments on ground floor columns were taken from SAP 2000 analysis and they were compared with capacity of columns. The drawings shows the status of columns under the loading according to their capacity were prepared. If the column do not exceed its capacity, it is painted by green clour. If column exceed its capacity under the loading, it is painted by orange, red and magenta according to the level of exceedance. If the column exceeds its axial capacity, it is painted by black color. According to the results, shallow tunnels (9,12m) have destructive impacts on buildings if the tunnel passes around $x=-10,-5$ and 0 meter coordinates. Therefore, Some precautions should be taken before the excavation.

In the sixth section, time history analysis were performed for three different story buildings in order to emphasize the importance of surface settlements from a different perspective. The earthquake record belongs to Silivri Earthquake which hit Istanbul on 26 September 2019 were used to perform time history analysis. Axial and moment capacities of the first floor columns were compared to surface settlements results.

In the seventh and last section of the study, conclusions and recommendations were summarized.





1. GİRİŞ

1.1 Konu

Sanayi devrimiyle beraber büyük şehirlerde üretime yönelik faaliyetler artmış bununla beraber çalışan insan gücüne olan ihtiyaç her geçen gün artmıştır. Bu ihtiyacı karşılamak amacıyla büyük şehirlere insan akışı gerçekleşmiş ve hızlı nüfus artışı gözlenmiştir. Hızlı nüfus artışı sonucu yaşanan ve yaşanması muhtemel trafik problemlerinin önüne geçmek ve kalıcı çözüm sağlamak adına metro projeleri ülkemizde yaygın hale gelmiştir.

Metro güzergahları yer üstü yapılarının ve altyapı sistemlerinin yakınından geçmesinden dolayı kendine özgü birçok riskler barındırmaktadır. Bu risklerin başında yüzey oturumları gelmektedir. Can ve mal güvenliğini sağlamak, kamu yararı taşıyan projelerin iş planına uygun şekilde ilerlemesine katkıda bulunmak için bu konu üzerinde gerekli araştırmaların hassasiyetle yapılması gerekmektedir.

1.2 Amaç ve Kapsam

Tünel kazıları sırasında hacim kaybından kaynaklı yaşanan yüzey oturumları şehir içi tünel imalatlarında dikkat edilmesi gereken en önemli hususların başında gelmektedir. Günümüzde ana hat tünellerinin birçoğu tünel açma makineleri (TBM) ile kazılmaktadır. TBM'ler güzergah boyunca farklı zeminlerde, derinliklerde ve bina akslarına farklı mesafelerde kazılar yapmaktadır. Bu çalışmada bahsi geçen farklılıkların mevcut yapı stoğu üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Yüzey oturumlarının hesaplanabilmesi için 2 ve 3 boyutlu sonlu elemanlar yöntemleriyle kesin hesaplar yapılabilmektedir lakin hızlı sonuçlar elde etmek amacıyla yarı ampirik yöntemler üzerinde de birçok araştırmacılar tarafından çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmada Peck(1969) ve Loganathan&Poulos (1998)'a ait formüller kullanılarak yüzey oturumları hesaplanmıştır. Bahsedilen formüller parametrik çalışmalar yapmaya olanak sağlamaktadır. Farklı derinlikteki tüneller,

farklı zemin türleri ve bina akslarına uzaklık gibi değişkenler kullanılarak farklı yüzey oturma değerleri hesaplanabilmektedir.

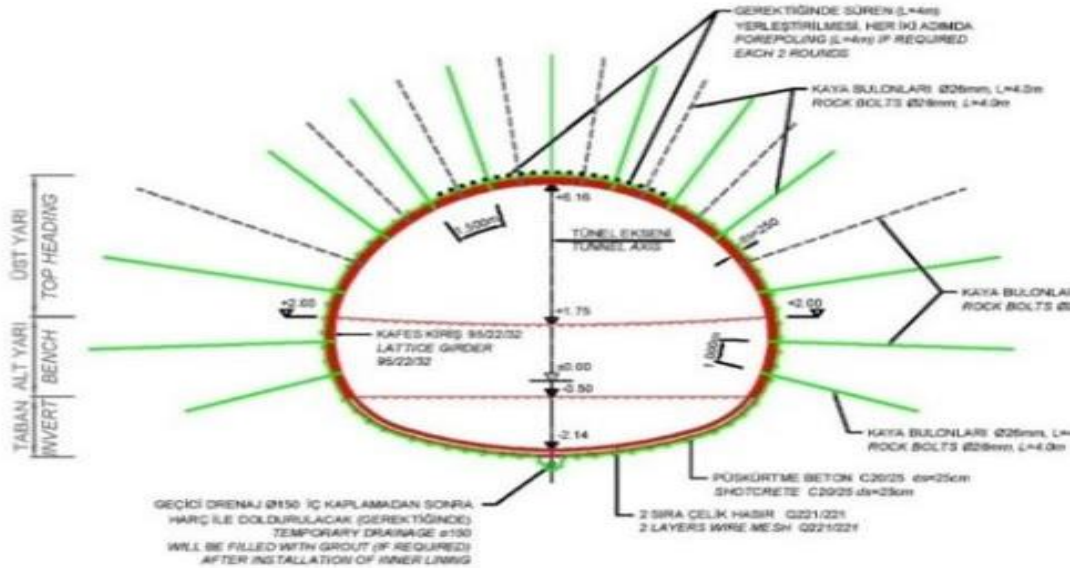
Bu çalışmada mevcut yapı stoğunun tünel kazılarına vereceği tepkiler incelenmeye alınmıştır. Bu amaçla 3, 4 ve 5 katlı klasik çerçeve taşıyıcı sisteme sahip tekil temelli binaların farklı derinliklerde, farklı mesafelerde yapılan kazılar sonucunda binada oluşan ek yükler dikkate alınarak kolon kapasitelerinin durumu incelenmiştir. Metro güzergahları eski yapı stoğunun bulunduğu bölgelerden de geçmektedir ve bu bölgelerde yüzey oturması kaynaklı hasarlar daha yaygındır. Bu sebeple tezin konusu kapsamında eski yapı stoğundaki binaları temsil etmesi açısından malzeme mukavemetleri düşük tutulmuş, kolon boyutları düşey yüklere göre sınırdaki bir değer seçilmiştir. Bu çalışmada izlenen sıra aşağıdaki gibidir;

- Çalışmanın birinci bölümünde amaç ve kapsam açıklanmıştır.
- İkinci bölümde TBM ve NATM ile alakalı bilgiler verilmiştir.
- Üçüncü bölümde Peck (1969) ve Loganathan&Poulos (1998)'a ait yüzey oturmalarını hesaplamada kullanılan formüller detaylı bir şekilde açıklanmıştır.
- Dördüncü bölümde tünel derinliği, akslara uzaklık, farklı katlarda binaların incelenmesi vb gibi parametrik çalışmalar yapılmıştır.
- Beşinci bölümde ise analiz sonuçları ve binalar üzerindeki etkiler hesaplanmış, değerlendirmeler yapılmıştır.
- Altıncı bölümde Silivri Depremi kayıtları kullanılarak zaman tanım alanında elastik analiz yapılarak yüzey oturmalarıyla kıyaslamalar yapılmıştır.
- Yedinci ve son bölümde sonuçlar hakkında genel değerlendirmeler yapılmıştır.

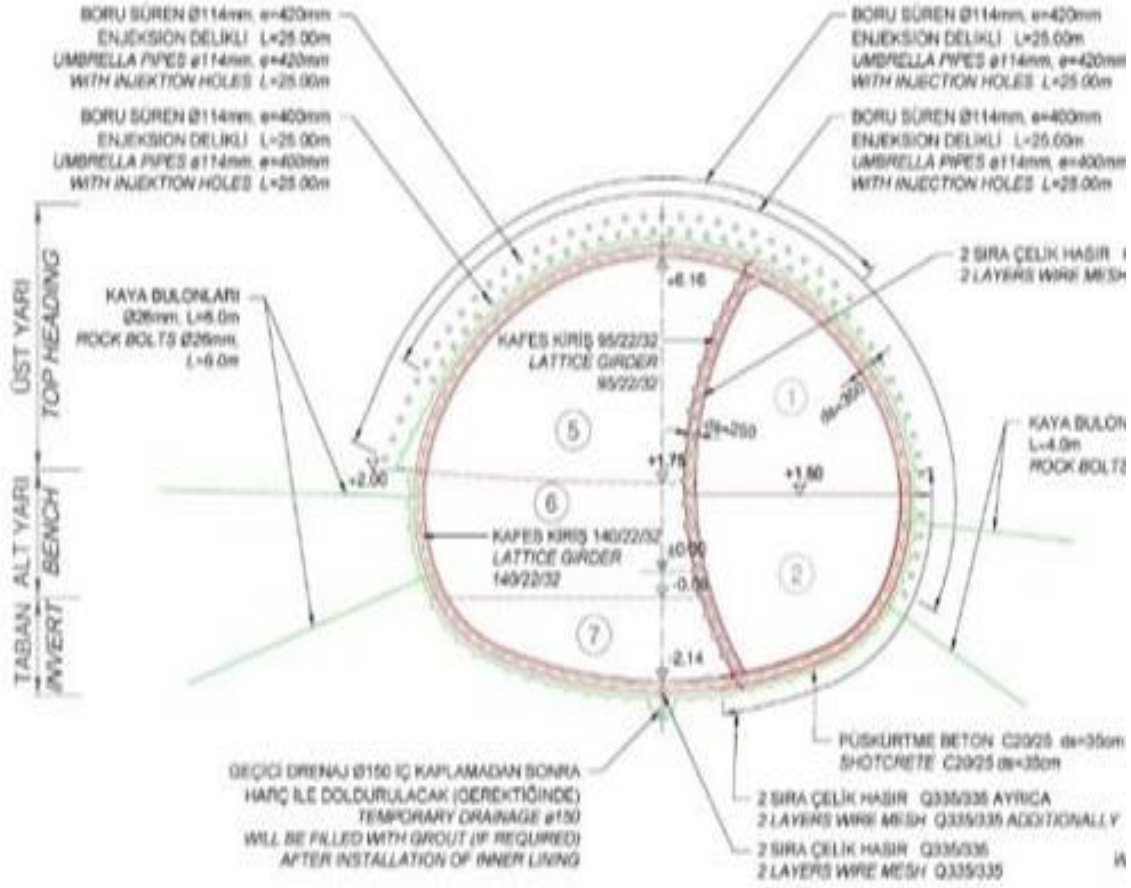
2. TÜNEL AÇMA METOTLARI

2.1 Avusturya Yeni Tünel Açma Metodu (NATM)

1960'lı yıllarda tünel açmak için geliştirilmiş metottur. İstanbul metrosunda ana hat tünelleri başta olmak üzere en yaygın kullanılan iki metottan biridir. Metodun ana fikri kesitte oluşan stresin dağıtılarak tünelin kendi kendini taşımasıdır. Bu metotta tahkimat elemanları çok rijit değildir ve ekonomik açıdan bu yöntemi tercih edilebilir kılan özelliklerin başında gelmektedir. Bir başka deyişle tünelde düzenli bir şekilde gözlenmek şartı ile deformasyonlara limitler içerisinde izin verilmektedir. Jeolojik koşullara göre tünel destekleme elemanlarında değişiklikler gözlenmektedir. Ayrıca yine zemin koşullarına bağlı olarak tünel aynasında kazı aşamalarında projeden projeye değişiklikler gözlenmektedir. Şekil 2.1 ve 2.2'de Avrasya Tüneli NATM kısmında farklı kazı aşamalarının ve destekleme sistemlerinin bulunduğu kesitler verilmiştir.



Şekil 2.1: Kazı ve destekleme tip 1.

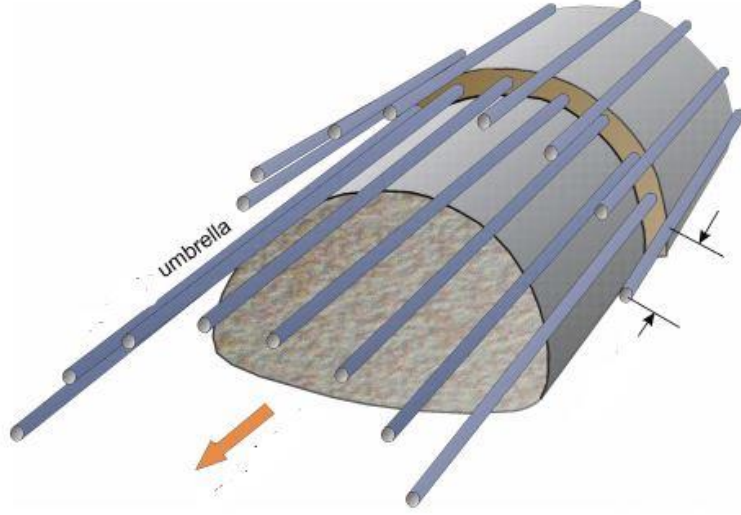


Şekil 2.2: Kazı ve destekleme tip 2.

Zemin koşullarına göre tünel aynasındaki stresi azaltmak amacıyla kazı aşamaları değişiklik göstermektedir. Şekil 2.1’de 3 aşamada kazı gerçekleştirilirken Şekil 2.2’de 5 aşamada gerçekleştirilmiştir. Zemin koşullarının kötü olduğu durumlarda tünel aynasının kazılmadan önce aynada bir takım önlemlerin alınması gerekmektedir. Bu sebeple tahkimat sistemi 2 başlık altında ayrı bir şekilde anlatılmıştır.

2.1.1 Kazı öncesi destekleme

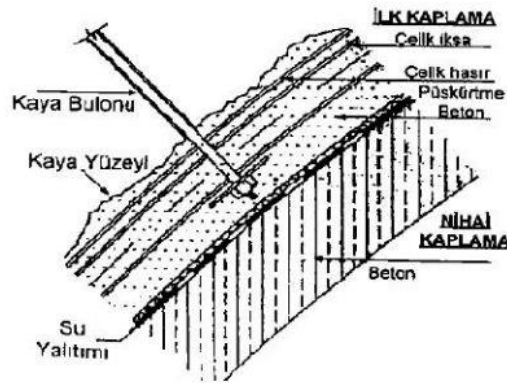
Zemin koşullarının iyi olmadığı durumlarda kazı sırasında tünel aynasından malzeme boşalmasını engellemek amacıyla uygulanır. Süren ve Umbrella olmak üzere iki çeşidi vardır. Süren zemin koşullarının kıyasla daha iyi olduğu yerlerde kullanılırken, umbrella arch uygulaması zemin koşullarının iyi olmadığı yerlerde kullanılır. Belirli bir açıyla yapılan delginin içine süren ya da umbrella boruları yerleştirilir. Enjeksiyon imalatı yapılarak işlem tamamlanır. Uygulanış şekli Şekil 2.3’de gösterildiği gibidir.



Şekil 2.3: Umbrella uygulaması.

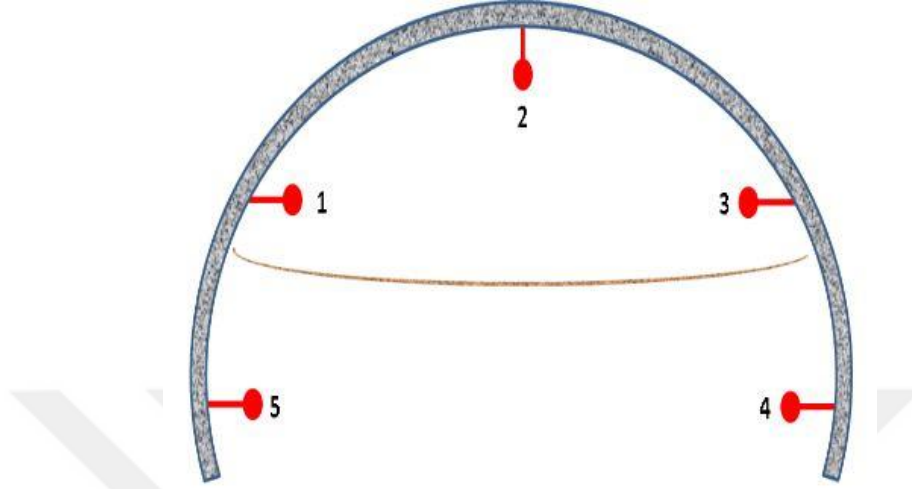
2.1.2 Kazı sonrası destekleme

Kazı sonrası yaşanan hacim kaybından dolayı oluşması beklenen tünel içi deformasyonları limit değerlerde tutmak için kullanılmaktadır. Çelik hasır , kafes iksa ve püskürtme beton ve zemin çivisi/kaya bulonundan oluşmaktadır. Rijitlikleri zemin koşullarına göre değişmekle birlikte, NATM mantığından hareketle deformasyonlara limit değerler içinde izin verildiği için genellikle yüksek değildir. NATM'ı tercih edilme özelliklerin başında gelmektedir.



Şekil 2.4: Kazı sonrası destekleme.

Tünel içi deformasyonlar teknik ekip tarafından sürekli takip edilmelidir. Ayrıca çevre yapılarına zarar verme riski de varolduğu için yüzey oturması takibi de aynı şekilde yapılmalıdır. Tünel içine yerleştirilen reflektörler sayesinde (Şekil 2.5) deformasyon takibi yapılmaktadır.

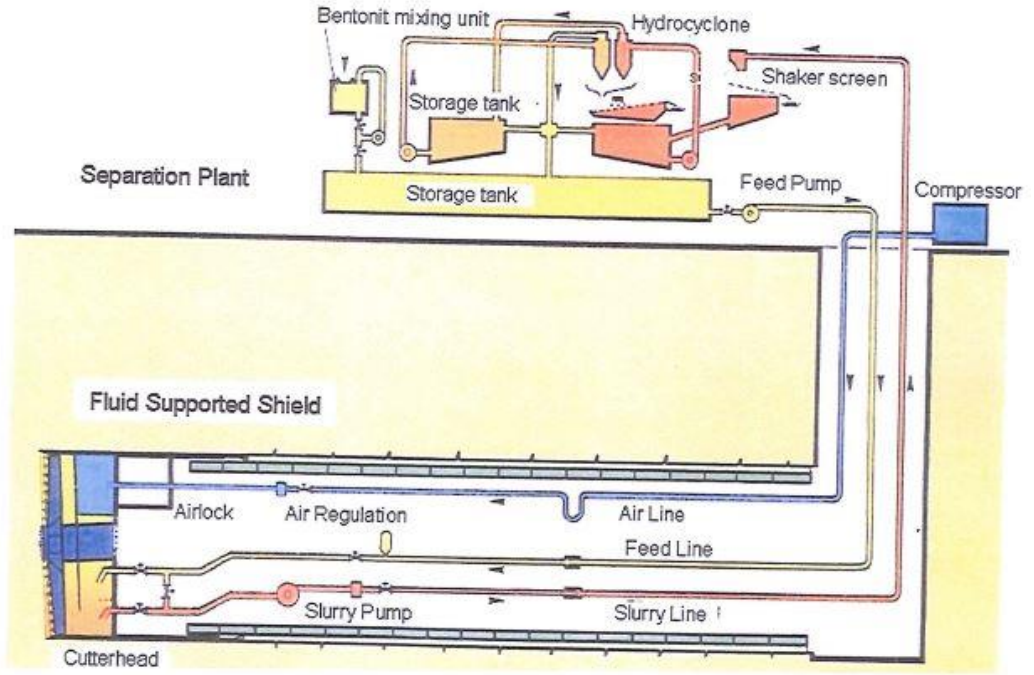


Şekil 2.5: Reflektör yerleşimi.

2.2 Tünel Açma Makinesi (TBM)

Dairesel kesici kafaya sahip çeşitli zemin koşulları altında tünel kazısı yapmaya yarayan makinelere TBM denilmektedir. Çeşitli çaplarda üretilen TBM'ler metro kazılarının dışında ; kanalizasyon, elektrik ve su hattı kazıları için de yaygın olarak kullanılmaktadır. Kazı işlemi, çıkan malzemenin alınması ve betonarme segmentlerin yerleştirilmesi işleri birbirini takip eden ve hızlı şekilde tamamlanan işlemler olduğu için şehir içi kazılarında yüzey oturmalarının önüne geçmek amacıyla TBM'ler çok büyük faydalar sağlamaktadırlar. Ayrıca kesici kafadaki operasyonel basınç ayarlanarak sert kayalardan killi ve kumlu zeminlere kadar her türlü jeolojik koşulda TBM'lerin çalışması mümkündür. Sert zeminde çalışan TBM'lerin bazıları koruyucu kalkana sahip olduğu gibi sahip olmayanları da mevcuttur. Yumuşak zeminlerde EPB(Earth Pressure Balance) ve Bulamaçlı TBM'ler kullanılmaktadır. EPB'lerde temel amaç tünel aynası kapalı bir hacim haline getirilerek basınçla tünel aynası dengede tutulur. Burada dikkat edilmesi gereken hususların başında kazı sırasında aynada yaşanan basınç değişimine göre vida konveyörlerdeki malzeme aktarımı hızı ayarlanmalıdır. Bulamaçlı TBM'ler malzemenin güzergah boyunca akıcı olduğu yerlerde daha çok tercih edilir. Bu makinelerde akıcı çamur (Slurry) borular vasıtasıyla

tünel aynası ve kesici kafa arasında basılır. Kazılan malzeme akıcı çamurla karışarak borular vasıtasıyla Çamur Arıtma Ünitelerine (Slurry Treatment Plant)'a gönderilir. Burada bentonite karışmış hafriyat ayıklanır ve tekrar borular vasıtasıyla arınmış bentonit tünel aynasına yeniden basılır. Şekil 2.6'da bu süreç şematik olarak verilmiştir.

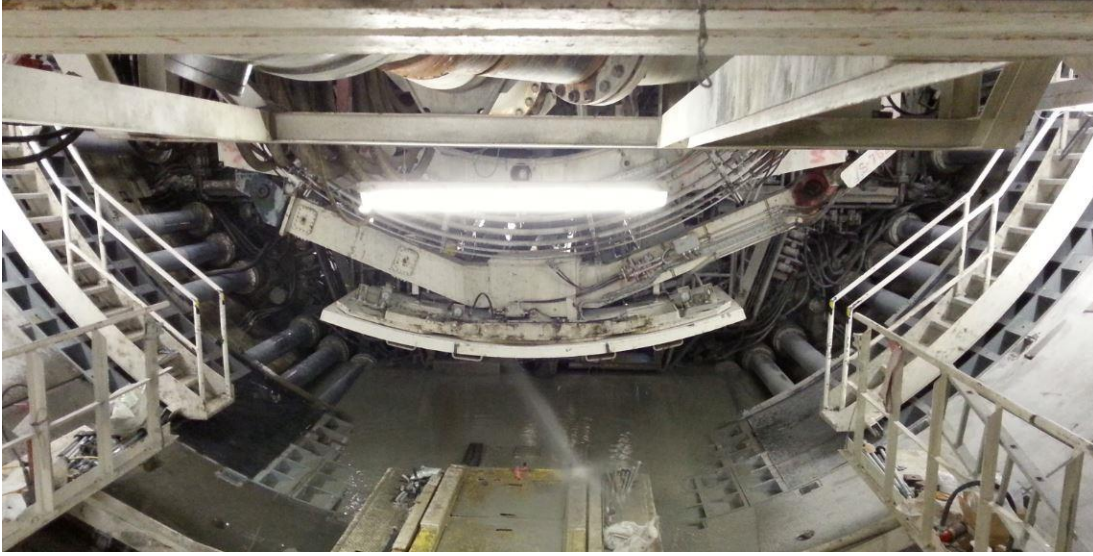


Şekil 2.6: Bulamaçlı TBM kesiti.



Şekil 2.6: Segmentler.

TBM’lerde kazı sonrasında nihai kaplama olarak segmentler kullanılmaktadır. Prekast olarak üretilen betonarme elemanlar taşıyıcı araçlar vasıtasıyla kazı alanına ulaştırılır. Kazı alanına gelen segmentler erektör vasıtasıyla tünel yüzeyine yerleştirilir. En son “kilit” olarak isimlendiren boyutu standart segmentlerden daha küçük olan segment yerleştirilerek bir tam ring tamamlanır. Kilit segmentler şaşırtmalı olarak yerleştirilir. Şekil 2.8’de Lazerle işaretleme yaparak segment yerleşimi yapan Avrasya Tünelinde kullanılan erektör verilmiştir.



Şekil 2.7: Erektör.

Segment yerleşimi yapıldıktan sonra segmentler ve kazı alanı arasında kalan boşluk grout ile doldurularak imalat tamamlanır. Daha sonra hidrolik krikolar vasıtasıyla imalatı tamamlanmış segmentlere uygulanan kuvvet ile TBM ileri kazılara devam eder. Metro ihalelerinde belli sayıda TBM kullanılması şartı getirilmesinden dolayı ve kullanımının getirdiği avantajlar sebebiyle TBM kullanımı İstanbul’da oldukça yaygındır. Bu sebeple tezin kapsamında TBM kazısından kaynaklı yüzey oturma değerleri hesaplanmıştır.

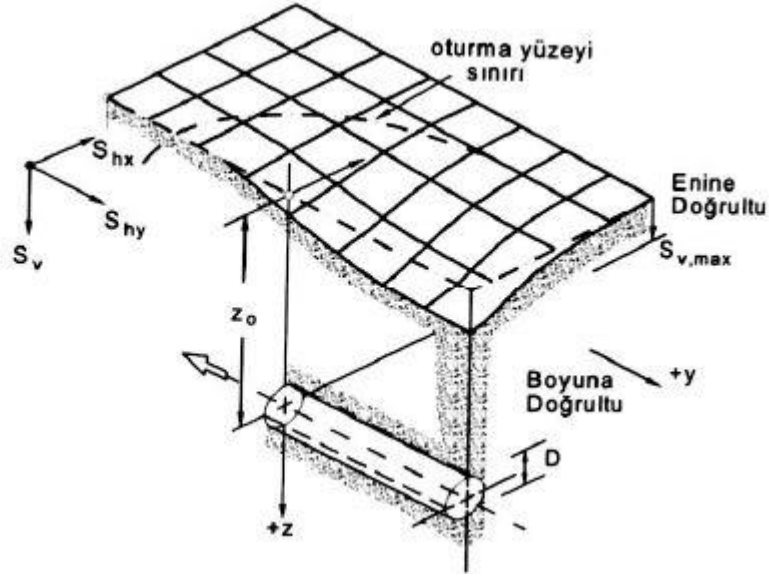
3. YÜZEY OTURMALARININ HESABI

Günümüzde her geçen gün yaygınlaşan metro ulaşım ağı güzergahları boyunca birçok önemli idari yapı, tarihi eser, konut ve alt yapı sistemlerinin yakınlarından geçmektedir. Metro kazıları sonucunda oluşan hacim kaybından kaynaklı tünel içinde deformasyonlar olduğu gibi yüzey yapıları için de fazlasıyla tehlikeli olan yüzey oturumları yaşanmaktadır. Can ve mal güvenliği sağlamak amacıyla ve ayrıca kamu yararı sağlayan bu projelerin iş programına uygun sağlıklı bir şekilde ilerlemesi adına titiz çalışmalar yapılması gerekmektedir. Güzergah boyunca zemin jeolojisinin incelenmesiyle beraber mevcut yapı stoğu da irdelenmelidir. Taşıyıcı sistem ve temellerin yüzey oturumlarına vereceği tepkiler her bina özelinde değişiklikler göstereceği gözönüne alınarak kritik olanların incelenmesi ve buna göre önlemlerin alınması gerekmektedir.

Gelişen teknolojiyle beraber sonlu elemanlar yöntemini kullanan 2 ve 3 boyutlu çok sayıda analiz yapan bilgisayar programı bulunmaktadır fakat hızlı sonuç alınması gereken durumlarda yarı ampirik yöntemler kullanılmaktadır. Bu çalışmada [1] ve [2]'e ait formüller kullanılmıştır. Ayrıca TBM'in kazı yaptığı ortamda aynaya uyguladığı basınç bilgisine vakıf olduğu durumlara Schmidt (1969)'a ait formülde hızlı sonuç almak adına tercih edilmektedir. TBM'ler güzergah boyunca farklı basınçlarda çalıştığı gözönüne alınarak bu çalışmada Schmidt (1969)'a ait formül kapsam içine alınmamıştır. Ayrıca Sagaseta (1987) ait araştırmada yumuşak zeminlerde tutarlı sonuçlar alınamadığı için bu çalışmanın kapsamı içine alınmamıştır.

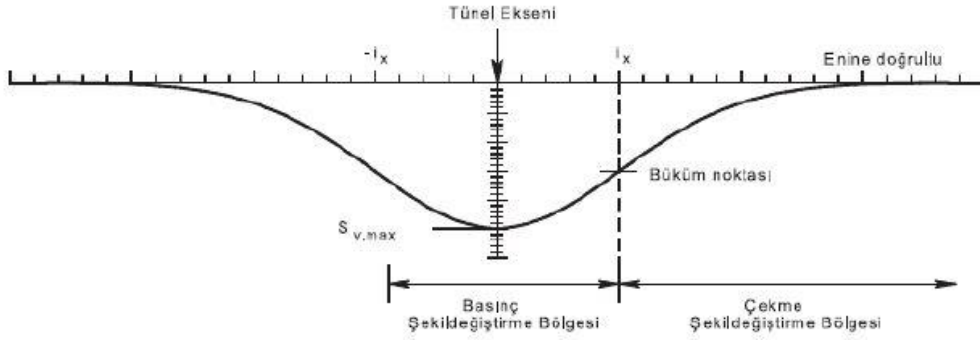
3.1 Peck Formülü

En kesit oturma profili Peck(1969) tarafından Gauss – Normal dağılım eğrisiyle tanımlanmıştır.[1] Şekil 3.1'de boyuna ve enine doğrultuda oturma profili verilmiştir.



Şekil 3.1: Tünel kazısı sırasında oluşan oturma profilleri. [3]

Enine oturma profili boyuna oturma profiline kıyasla daha keskin eğimlere sahiptir ve daha kritik sonuçlar vermektedir. Bu yüzden bu çalışmada enine oturma profili gözönüne alınmıştır. Tipik enine oturma profili aşağıda verilmiştir(Şekil 3.2).



Şekil 3.2: Enine oturma profili [3]

Yüzey oturma profili Gauss Hata fonksiyonu yardımıyla oluşturulmaktadır.[1]

$$S_v = S_{vmax} * \exp\left(\frac{-x^2}{2i^2}\right) \quad (3.1)$$

Bu formülde \$S_{vmax}\$ maksimum yüzey oturmasını ifade ederken \$i\$ değeri büküm noktasının tünel ekseninden yatayda olan mesafesini ifade etmektedir. \$X\$ değeri ise tünel ekseninden olan mesafeyi ifade eder.

$$S_{vmax} = \sqrt{\frac{\pi}{2}} * \frac{V_1 * D^2}{4i} \quad (3.2)$$

Denklem 3.2’de bulunan D tünel çapını ifade etmektedir. V_1 değeri ise hacim kaybını ifade etmektedir. V_1 değeri yüzdesel bir değer olmakla birlikte zemin koşullarına ve kazı metoduna bağlıdır. Bu koşullara bağlı olarak 0.5 ve 2 arasında her değeri alabilmektedir Daha önce imalatı yapılan birçok tünelden elde edilen bilgiler ışığında zemin koşulları ve kazı metoduna bağlı olarak tavsiye değerler almak mümkündür. [3]’e göre kum ve katı killerde %0.5-1 arası , plastik kilde %1-2 arası alınabilir. Denklem 3.1 ve 3.2’de bahsi geçen i değeri killi zeminlerde aşağıdaki gibi hesaplanabilir.[4]

$$i = 0.43z_0 + 1.1 \quad (3.3)$$

Z_0 = Yüzey eksenini ile bina temel tabanı arası düşey mesafe.

Bu formül basitleştirilerek Denklem 3.4’deki halini almıştır.

$$i = k_0 * z_0 \quad (3.4)$$

Denklemde verilen k_0 değeri zemin türüne bağlı orantı katsayısıdır. Rankin(1998), killi zeminler için $k_0=0.5$ ’i tavsiye etmektedir. Kumlu zeminler içinse 0.25 ile 0.45 arası değerler tavsiye edilmektedir. [5]

Dönme değeri ise Denklem 3.1’in x ’e göre türevi alınarak hesaplanabilir.

$$\vartheta = \frac{-x}{i^2} * S_{Vmax} * e^{\frac{-x^2}{2i^2}} \quad (3.5)$$

3.2 Loganathan & Poulos Yüzey Oturma Formülü

Loganathan ve Poulos yüzey oturma hesabı yapmak için tavsiye ettikleri yöntemde [6] tarafından tanımlanan boşluk parametresini kullanmışlardır. Bu tanımlanan boşluk parametresi “ g ” TBM kazısını yapan ekibin işçilik kalitesi, tünel aynasının ve TBM’in birbirlerine uyguladıkları basınca ve TBM korucuyu kalkanının taradığı alan ile segmentlerin taradığı alan farkına bağlıdır. Denklem 3.6 ile özetlenmiştir.

$$g = G_p + U_{3D} + w \quad (3.6)$$

G_p = Fiziksel boşluğu ifade etmektedir. Koruyucu kalkanın çapı ile segment yerleşimi yapılmış tünel çapı arasındaki farkı ifade etmektedir.

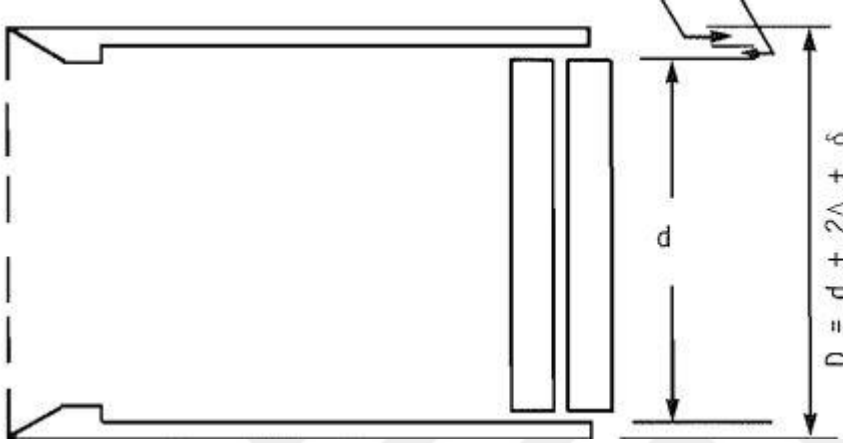
U_{3D} = Aynada oluşan elasto plastik deformasyon

w =İşçilik kalitesi

$$G_p = 2\Delta + \delta \quad (3.7)$$

Δ = TBM kalkan koruma kalınlığı

δ = Segmentlerin kurulumu için gereken boşluk miktarı



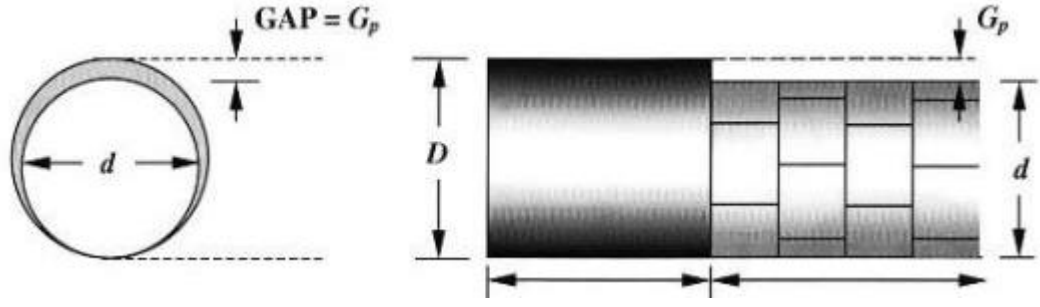
Şekil 3.3: Fiziksel boşluk G_p . [6]

Yüksek teknoloji TBM'ler sayesinde segmentler ve kazı alanı arasındaki boşluk grout ile verimli bir şekilde doldurulmaktadır. Teorik olarak $G_p=0$ kabul edilse bile sahada yapılan gözlemler sonucunda bunun mümkün olmadığı groutta zamanla büzülme meydana geldiği ve yüzde 7-10 arasında hacim kaybı yaşandığı tespit edilmiştir. Bu sebepler ile birlikte Denklem 3.7 aşağıda verilen şekilde revize edilmiştir.

$$G_p = (2\Delta + \delta) * (1 - \text{eff}) \quad (3.8)$$

eff = Grout işleminin verimliliğini ifade etmektedir. Grout imalatının genel anlamda kaliteli olduğu varsayımıyla beraber 0.90-0.93 arası değerler almaktadır. Tünel aynasının tamamen desteklendiği ve işçilik kalitesinin yüksek olduğu durumlarda Denklem 3.6 aşağıdaki denklem ile revize edilir.

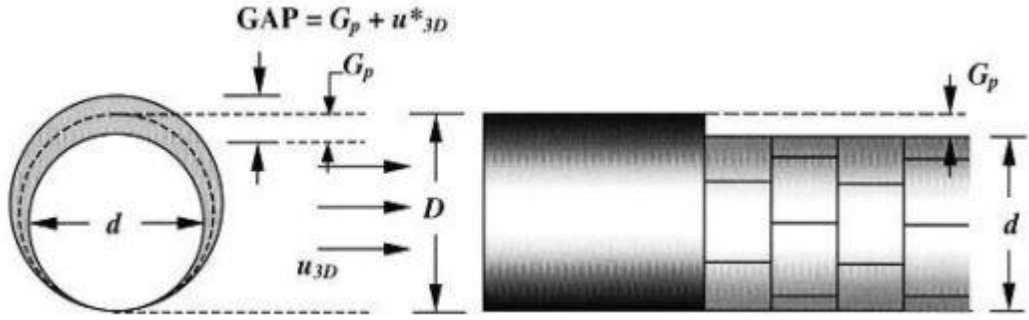
$$g = G_p \quad (3.9)$$



Şekil 3.4: Ayna basınçla destekli ve işçilik kalitesi yüksek. [6]

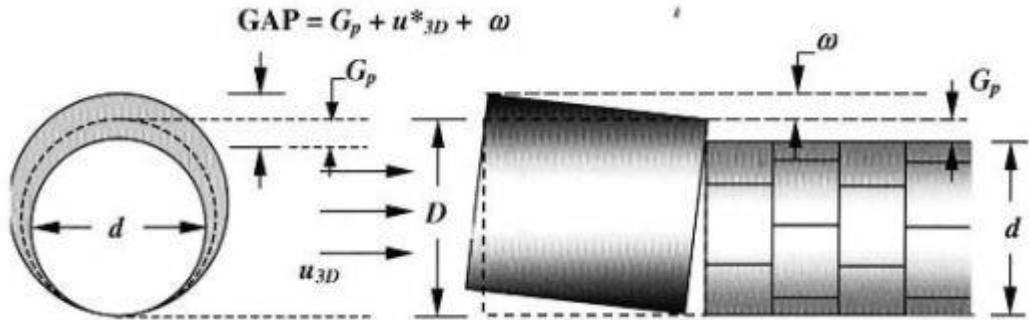
Tünel aynasının basınç ile dengede tutulmadığı ama işçiliğin kaliteli olduğu durumlarda Denklem 3.6 aşağıdaki denklem ile revize edilir.

$$g = G_p + U_{3D} \quad (3.10)$$



Şekil 3.5: Ayna desteksiz ve işçilik kalitesi yüksek. [6]

Tünel aynasının basınç ile dengede tutulmadığı ama işçilik kalitesinin sınırlı olduğu durumlarda Denklem 3.6 olduğu gibi geçerlidir.



Şekil 3.6: Ayna desteksiz ve işçilik kalitesi sınırlı. [6]

[2]'e ait yüzey oturma denklemi ,

$$S = 4 * (1 - \nu) * R^2 * \left(\frac{Z_0}{Z_0^2 + x^2} \right) * \left(\frac{4 * g * R + g^2}{R^2} \right) * \exp\left[\frac{-1.38 * x^2}{(Z_0 + R)^2} \right] \quad (3.11)$$

X = Tünel Ekseninden olan mesafe

V= Poisson Oranı

Z₀= Temel altı ile tünel eksenindeki mesafe

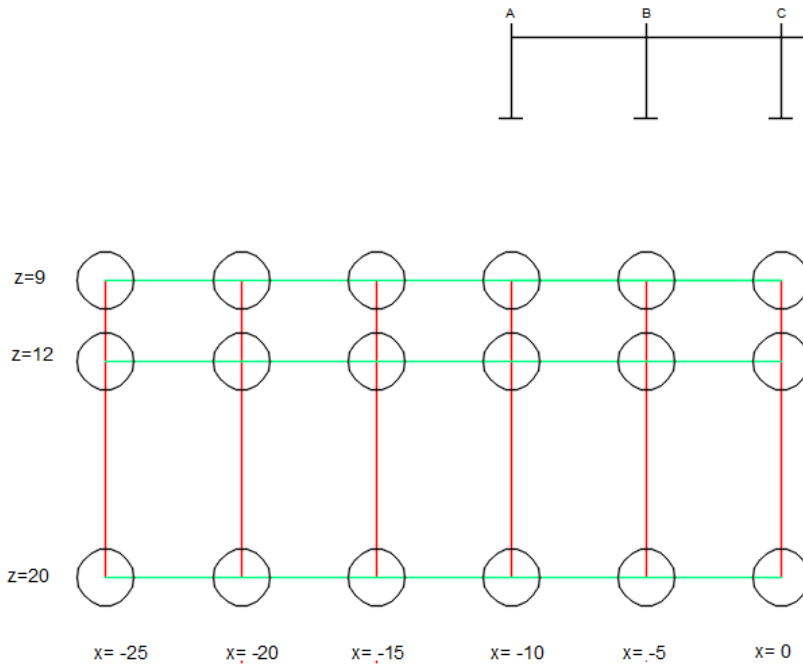
g =Boşluk parametresi

R=Tünel yarıçapını ifade etmektedir.

X=0 değeri için S_{max} değeri hesaplanır. Loganathan&Poulos'un 1998 yılında yaptığı bu çalışma killi zeminler üzerinde yapılmıştır. Literatür taramalarında kumlu zeminde yapılan örnekleri bulunamadığı için bu tezin kapsamında bu formül sadece killi zeminde kullanılmıştır ve Peck formülünden gelen sonuçlarla kıyas edilmiştir. Modellerde daha kritik sonuç veren formül güvenli tarafta kalmak amacıyla tercih edilmiştir.

4. YÜZEY OTURMALARI PARAMETRİK ÇALIŞMA

Bu bölümde 4 açıklıklı binada tünel kazılarında kaynaklı yüzey oturmaları parametrik olarak incelenmiştir. Sığ kazıları temsilen $z=9$ m ve sonra sırasıyla 12 ve 20 metre alınmıştır. Ayrıca tünel ekseninin bina akslarına uzaklığının etkilerinin incelenmesi amacıyla x sırasıyla -25,-20,-15,-10,-5 ve 0 alınmıştır.



Şekil 4.1: Tünel kesiti yerleşim planı.

Ayrıca tünel kazılarının farklı zeminlerde etkilerini gözlemlemek amacıyla kumlu ve killi zeminler ele alınmıştır. Kumlu zeminleri temsilen [7] numaralı raporda Karadeniz Mahallesiindeki zemin parametreleri kullanılmıştır.

Birim Hacim Ağırlığı $\gamma_n=19.5 \text{ kN/m}^3$

Kohezyon Katsayısı $c=5 \text{ kN/m}^2$

Kayma Direnci Açısı $\phi=32^\circ$

Elastisite Modülü $E=30000 \text{ kN/m}^2$

Poisson Oranı $\mu=0.32$

$G= E / (2 \times (1 + \mu))$ 11364 kPa

Zemin parametrelerine ek olarak olarak İstanbul Metrolarında standart olarak belirlenmiş TBM ana hat tünel çapı $D=6.6$ alınmıştır. Peck Formülünde kullanılacak olan V_1 kumlu zemin için 0.01 k değeri ise kumlu zemin için 0.3 alınmıştır. 3.1-3.5 numaralı denklemler kullanılarak $Z=9,12$ ve 20 metre için aşağıdaki tablolara ait deformasyon değerleri hesaplanmıştır. Kumlu zeminlerde Loganathan ve Poulos'a ait bir çalışma olmadığı ve literatür taramaları sonucunda kumlu zeminde bu formülün kullanıldığına dair örnekler bulunmadığı için sadece Peck Formülünden gelen değerler ile analiz yapılmıştır.

Çizelge 4.1: $Z=9$ m değeri için bina akslarında hesaplanmış deformasyon değerleri.

Peck Formülü					
X	Sa (m)	Sb (m)	Sc (m)	Sd (m)	Se (m)
-25	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000
-20	-0,0000531	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000
-15	-0,0091002	-0,0000531	0,0000000	0,0000000	0,0000000
-10	-0,0505503	-0,0091002	-0,0000531	0,0000000	0,0000000
-5	-0,0091002	-0,0505503	-0,0091002	-0,0000531	0,0000000
0	-0,0000531	-0,0091002	-0,0505503	-0,0091002	-0,0000531

Çizelge 4.2: $Z=12$ m değeri için bina akslarında hesaplanmış deformasyon değerleri.

Peck Formülü					
X	Sa (m)	Sb (m)	Sc (m)	Sd (m)	Se (m)
-25	-0,0000064	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000
-20	-0,0008003	-0,0000064	0,0000000	0,0000000	0,0000000
-15	-0,0144513	-0,0008003	-0,0000064	0,0000000	0,0000000
-10	-0,0379128	-0,0144513	-0,0008003	-0,0000064	0,0000000
-5	-0,0144513	-0,0379128	-0,0144513	-0,0008003	-0,0000064
0	-0,0008003	-0,0144513	-0,0379128	-0,0144513	-0,0008003

Çizelge 4.3: $Z=20$ m değeri için bina akslarında hesaplanmış deformasyon değerleri

Peck Formülü					
X	Sa (m)	Sb (m)	Sc (m)	Sd (m)	Se (m)
-25	-0,0009995	-0,0000879	-0,0000039	-0,0000001	0,0000000
-20	-0,0056722	-0,0009995	-0,0000879	-0,0000039	-0,0000001
-15	-0,0160746	-0,0056722	-0,0009995	-0,0000879	-0,0000039
-10	-0,0227477	-0,0160746	-0,0056722	-0,0009995	-0,0000879
-5	-0,0160746	-0,0227477	-0,0160746	-0,0056722	-0,0009995
0	-0,0056722	-0,0160746	-0,0227477	-0,0160746	-0,0056722

Killi zeminleri temsilen aşağıdaki mühendisliki parametreler ele alınmıştır;

Birim Hacim Ağırlığı	$\gamma_n=19 \text{ kN/m}^3$
Elastisite Modülü	$E=45000 \text{ kN/m}^2$
Poisson Oranı	$\mu=0.4$
V_1	0.015
k_0	0.5
i	4.5

Killi zeminlerde Loganathan&Poulos formülünü kullanmak uygun olduğu için bina akslarında yüzey oturmaları hem Peck hem Loganathan&Poulos formülleri ile hesaplanmıştır. Loganathan&Poulos formülü için kazı aynasının yeterli basınçla dengede tutulduğu kabulüyle $U_{3D}=0$ olarak alınmıştır. Buna ek olarak işçilik kalitesinin sınırlı olduğu kabulüyle Loganathan&Poulos(1998) $w=0.6 \cdot G_p$ olarak hesaplanmıştır. G_p değeri Denklem 3.8 ile eff değeri 0.93 alınarak hesaplanmıştır. [8] numaralı kaynakta tavsiye değerler olarak $\Delta=0.05m$ ve $\delta=0.05m$ verilmiştir. Bu değerler ile Denklem 3.6, 3.8 ve 3.11 kullanılarak binaya ait her aks için deformasyon değerleri hesaplanmıştır.

Çizelge 4.4: Z=9 m değeri için bina akslarında hesaplanmış deformasyon değerleri.

X	Peck Formülü				
	Sa (m)	Sb (m)	Sc (m)	Sd (m)	Se (m)
-25	-0,0001759	-0,0000023	0,0000000	0,0000000	0,0000000
-20	-0,0038515	-0,0001759	-0,0000023	0,0000000	0,0000000
-15	-0,0245405	-0,0038515	-0,0001759	-0,0000023	0,0000000
-10	-0,0454953	-0,0245405	-0,0038515	-0,0001759	-0,0000023
-5	-0,0245405	-0,0454953	-0,0245405	-0,0038515	-0,0001759
0	-0,0038515	-0,0245405	-0,0454953	-0,0245405	-0,0038515

Çizelge 4.5: Z=12 m değeri için bina akslarında hesaplanmış deformasyon değerleri.

X	Peck Formülü				
	Sa (m)	Sb (m)	Sc (m)	Sd (m)	Se (m)
-25	-0,0014992	-0,0001319	-0,0000058	-0,0000001	0,0000000
-20	-0,0085083	-0,0014992	-0,0001319	-0,0000058	-0,0000001
-15	-0,0241119	-0,0085083	-0,0014992	-0,0001319	-0,0000058
-10	-0,0341215	-0,0241119	-0,0085083	-0,0014992	-0,0001319
-5	-0,0241119	-0,0341215	-0,0241119	-0,0085083	-0,0014992
0	-0,0085083	-0,0241119	-0,0341215	-0,0241119	-0,0085083

Çizelge 4.6: Z=20 m değeri için bina akslarında hesaplanmış deformasyon değerleri.

Peck Formülü					
X	Sa (m)	Sb (m)	Sc (m)	Sd (m)	Se (m)
-25	-0,0066466	-0,0027707	-0,0008995	-0,0002274	-0,0000448
-20	-0,0124174	-0,0066466	-0,0027707	-0,0008995	-0,0002274
-15	-0,0180673	-0,0124174	-0,0066466	-0,0027707	-0,0008995
-10	-0,0204729	-0,0180673	-0,0124174	-0,0066466	-0,0027707
-5	-0,0180673	-0,0204729	-0,0180673	-0,0124174	-0,0066466
0	-0,0124174	-0,0180673	-0,0204729	-0,0180673	-0,0124174

Çizelge 4.7: Z=9 m değeri için bina akslarında hesaplanmış deformasyon değerleri.

Loganathan&Poulos					
X	Sa (m)	Sb (m)	Sc (m)	Sd (m)	Se (m)
-25	-0,0020130	-0,0002595	-0,0000227	-0,0000013	-0,0000001
-20	-0,0106431	-0,0020130	-0,0002595	-0,0000227	-0,0000013
-15	-0,0360203	-0,0106431	-0,0020130	-0,0002595	-0,0000227
-10	-0,0592113	-0,0360203	-0,0106431	-0,0020130	-0,0002595
-5	-0,0360203	-0,0592113	-0,0360203	-0,0106431	-0,0020130
0	-0,0106431	-0,0360203	-0,0592113	-0,0360203	-0,0106431

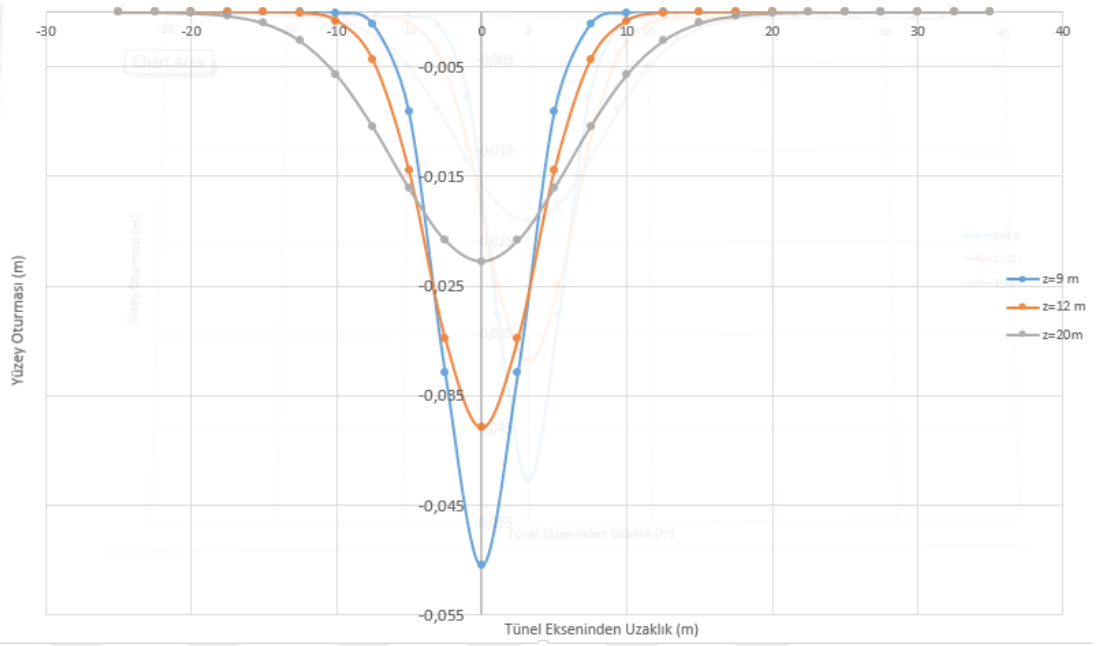
Çizelge 4.8: Z=12 m değeri için bina akslarında hesaplanmış deformasyon değerleri.

Loganathan&Poulos					
X	Sa (m)	Sb (m)	Sc (m)	Sd (m)	Se (m)
-25	-0,0045999	-0,0011121	-0,0002088	-0,0000304	-0,0000034
-20	-0,0145350	-0,0045999	-0,0011121	-0,0002088	-0,0000304
-15	-0,0326539	-0,0145350	-0,0045999	-0,0011121	-0,0002088
-10	-0,0444084	-0,0326539	-0,0145350	-0,0045999	-0,0011121
-5	-0,0326539	-0,0444084	-0,0326539	-0,0145350	-0,0045999
0	-0,0145350	-0,0326539	-0,0444084	-0,0326539	-0,0145350

Çizelge 4.9: Z=20 m değeri için bina akslarında hesaplanmış deformasyon değerleri.

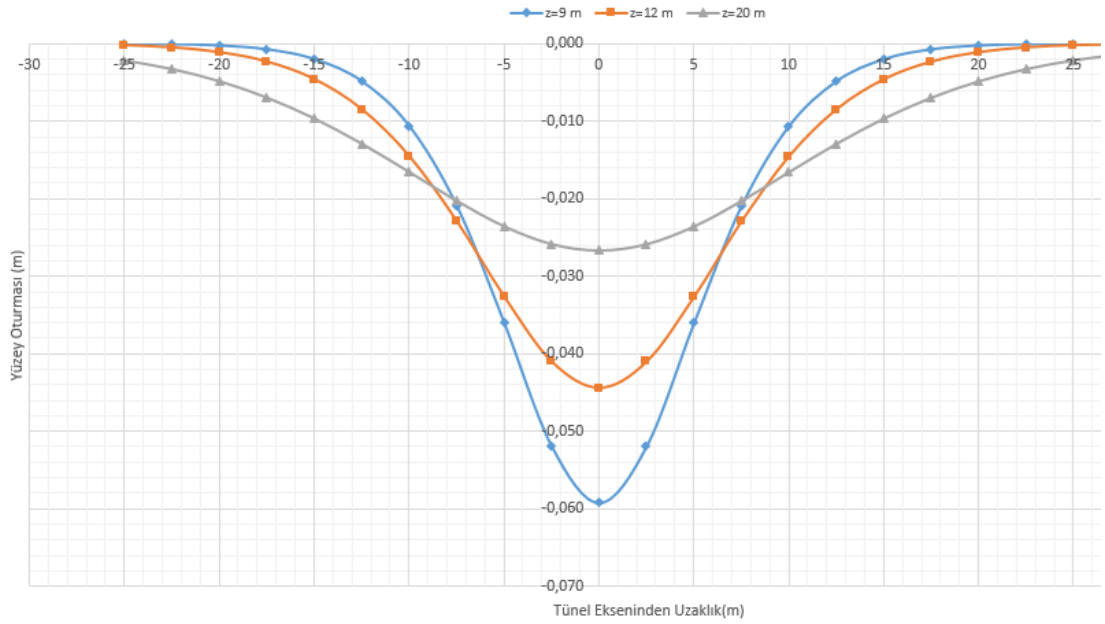
Loganathan&Poulos					
X	Sa (m)	Sb (m)	Sc (m)	Sd (m)	Se (m)
-25	-0,0096251	-0,0048195	-0,0021232	-0,0008321	-0,0002914
-20	-0,0165315	-0,0096251	-0,0048195	-0,0021232	-0,0008321
-15	-0,0235336	-0,0165315	-0,0096251	-0,0048195	-0,0021232
-10	-0,0266451	-0,0235336	-0,0165315	-0,0096251	-0,0048195
-5	-0,0235336	-0,0266451	-0,0235336	-0,0165315	-0,0096251
0	-0,0165315	-0,0235336	-0,0266451	-0,0235336	-0,0165315

Bu bölümde elde edilmiş yüzey oturma değerleri SAP2000’de oluşturulan modellere girilerek bina üzerindeki etkileri incelenmiştir.[9] Kumlu zeminde tünel derinliğine göre yüzey oturma eğrisinin değişimi Şekil 4.2’de verilmiştir.



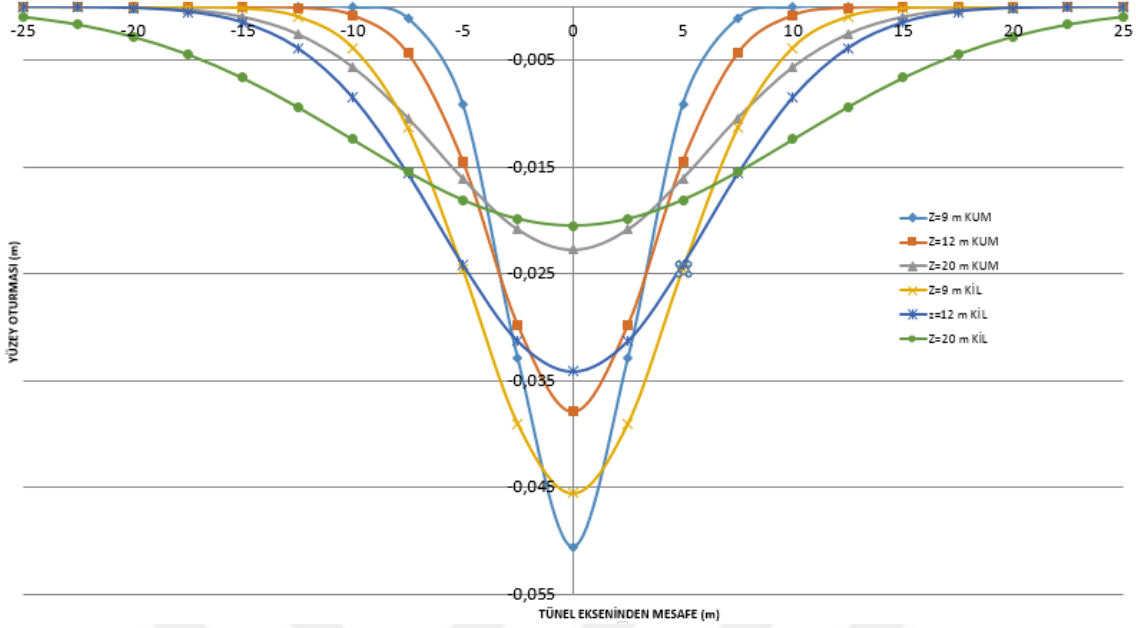
Şekil 4.2: Tünel derinliğine göre kumlu zeminde oturma profilleri.

Kumlu zeminde tünel derinliğine göre yüzey oturma eğrisinin değişimi Loganathan & Poulos formülüne göre Şekil 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.3: Tünel derinliğine göre killi zeminde oturma profilleri.

Killi ve kumlu zeminlerin etkilerini karşılaştırmak amacıyla Şekil 4.4'te grafik çizimleri beraber verilmiştir. Kendi içerisinde tutarlı olması ve kumlu zemin koşullarıyla kıyas etmek amacıyla bu grafikte killi zeminler için Peck formülü kullanılmıştır. Tezin devamında ise Loganathan&Poulos formülü dikkate alınmıştır.

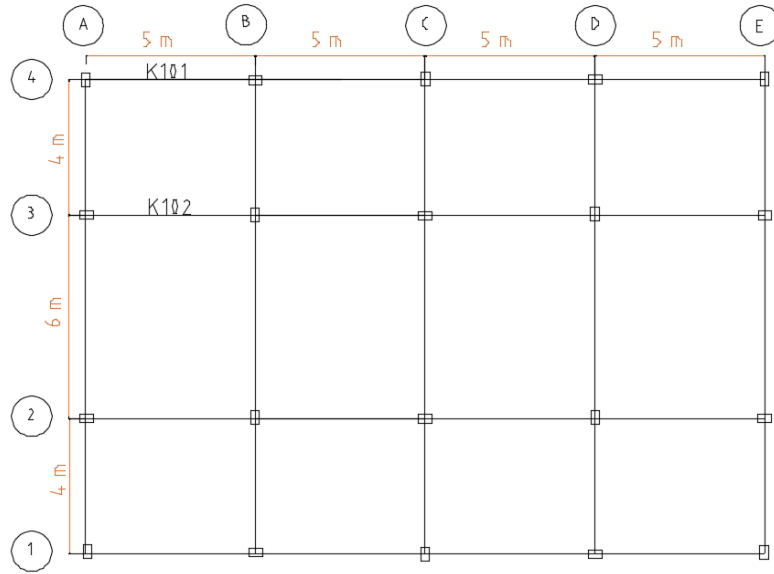


Şekil 4.4: Yüzey oturma profilleri.

Şekil 4.4'ten görüleceği üzere tünel derinliği arttıkça killi ve kumlu zeminler için maksimum yüzey oturma değeri düşmektedir. Killi ve kumlu zeminlere kendi özelinde bakıldığında tünel derinliğinin artmasıyla eğri keskin hatlarını kaybetmektedir. Keskin hatların azalmasıyla da mesafeler arasındaki yüzey oturma farkı azaldığı için bina üzerindeki etkileri azalmaktadır. Büküm noktası mesafesinin artmasıyla da kazıdan etkilenen alanın arttığı sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu sonuç deprem etkisiyle de paralellik göstermektedir. Sığ depremlerin yıkıcı etkileri fazladır lakin etkilediği alan kısıtlıdır. Kumlu zeminlerde maksimum yüzey oturması killi zemine kıyasla her derinlik için daha yüksek gelmektedir lakin büküm noktası eksene yakın olması sebebiyle daha az alan kazılardan etkilenmektedir.

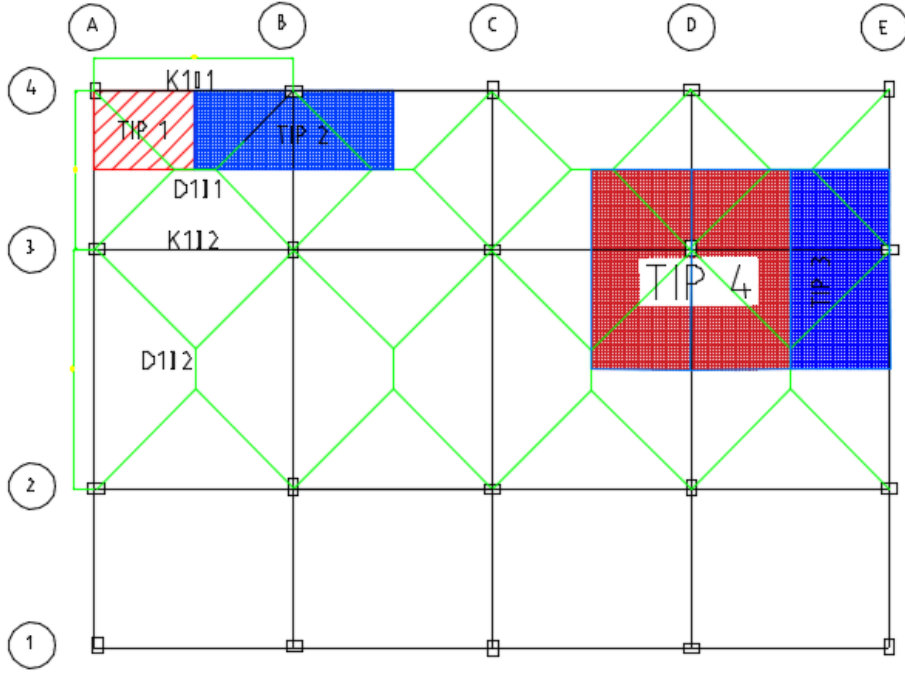
5. MODELLEME VE ANALİZ SONUÇLARI

Yüzey oturmaları Peck ve Loganathan & Poulos formüllerinde tez kapsamında sadece enine boyut dikkate alındığı için çalışmanın kendi içinde tutarlı devam etmesi amacıyla 3 boyutlu modelleme yerine 2 boyutlu modelleme tercih edilmiştir. Önceki bölümlerde ifade edildiği 3,4 ve 5 katlı çerçeve sistemli tekil temelli binalar modellenmiştir. Metro güzergahlarının geçtiği eski yapı stoklarını temsil etmesi amacıyla 1975 yönetmeliği incelenmiş ve kesit boyutlarının belirlenmesi sürecinde dikkate alınmıştır. O dönemde yapılan binaları sahada daha gerçekçi temsil etmesi amacıyla kolon boyutlandırılmalarında sınırdaki değerler seçilmiştir. Kolon boy donatıları için S220 betonarme çeliği ve C18 beton tercih edilmiştir. 3 farklı kata sahip bina içinde kat planı Şekil 5.1'deki gibidir. Döşeme için hesap yükü 12 kN/m^2 seçilmiş olup dizayn için bu yük 1.45 katsayısı ile çarpılmıştır.



Şekil 5.1: Kat planı.

Kolon boyutlarını belirlemek amacıyla öncelikle binada kaç farklı tipte yük alan kolon olduğu belirlenmiştir. Şekil 5.2'den görüleceği üzere 4 farklı tipte kolon tespit edilmiştir.



Şekil 5.2: Döşeme yük dağılımı ve kolon çeşitleri.

Plan'da kolon tiplerinin belirlenmesinin ardından döşemelerden, kirişlerden ve üst kattan gelen yükler her bir bahsi geçen tip kolon için hesaplanmış (N_d), hesaplanan kuvvet [10] (Denklem 5.1) ve Deprem yönetmeliği (Denklem 5.2) sınırlamalarla kıyas edilerek sınırdaki kesit boyutlandırılmaları Çizelge 5.1'de yapılmıştır.

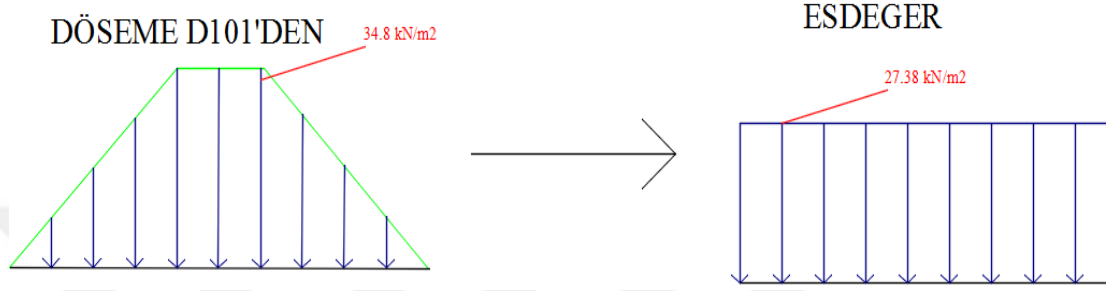
$$A_c = (b) * (h) = \frac{N_d}{0.9 * f_{cd}} \quad (5.1)$$

$$A_c = (b) * (h) = \frac{N_d}{0.5 * f_{ck}} \quad (5.2)$$

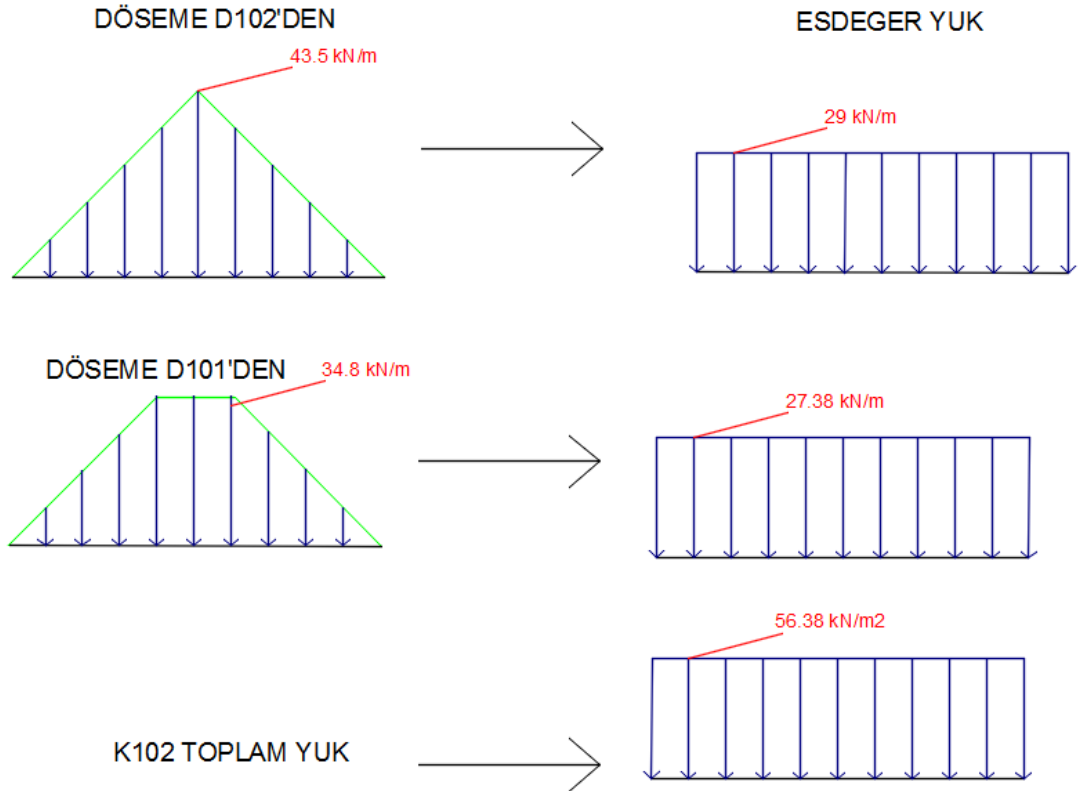
Çizelge 5.1: 5 Katlı bina için kolon kesit hesabı.

KAT	KOLON ADI	DÖŞEMEDEN (kN)	KIRIŞTEN (kN)	ÜST KATTAN GELEN(kN)	Toplam N_d (kN)	A_c (TS 500) (mm ²)	A_c (Deprem yönetmeliği)(mm ²)	kesit (mm)
5	5-A4	87	8,1	0	95,1	8806	10567	250x250
5	5-B4	174	12,6	0	186,6	17278	20733	250x250
5	5-E3	217,5	13,5	0	231	21389	25667	250x250
5	5-D3	435	18	0	453	41944	50333	250x250
4	4-A4	87	8,1	95,1	190,2	17611	21133	250x250
4	4-B4	174	12,6	186,6	373,2	34556	41467	250x250
4	4-E3	217,5	13,5	231	462	42778	51333	250x250
4	4-D3	435	18	453	906	83889	100667	300x350
3	3-A4	87	8,1	190,2	285,3	26417	31700	250x250
3	3-B4	174	12,6	373,2	559,8	51833	62200	250x250
3	3-E3	217,5	13,5	462	693	64167	77000	250x350
3	3-D3	435	18	906	1359	125833	151000	400x400
2	2-A4	87	8,1	285,3	380,4	35222	42267	250x250
2	2-B4	174	12,6	559,8	746,4	69111	82933	300x300
2	2-E3	217,5	13,5	693	924	85556	102667	300x350
2	2-D3	435	18	1359	1812	167778	201333	400x550
1	1-A4	87	8,1	380,4	475,5	44028	52833	250x250
1	1-B4	174	12,6	746,4	933	86389	103667	300x350
1	1-E3	217,5	13,5	924	1155	106944	128333	300x450
1	1-D3	435	18	1812	2265	209722	251667	400x650

3 ve 4 katlı binalar içinse aynı tablo birer kat azaltılarak hesaplanmış,ekler bölümüne konmuştur. Binanın 3 ve 4.akslarında farklı büyüklükte yük dağılımları olduğu için binanın bahsi geçen aksları 2 boyutlu olarak her parametrik çalışma için modellenmiştir. 4.aks üzerindeki kirişler K101 ve 3.aks üzerindeki K102 olarak isimlendirilmiş, döşemeden gelen yükler ve bu yüklerin eşdeğer büyüklükleri Şekil 5.3 ve 5.4’de gösterilmişlerdir. Kiriş(25x50cm) ve kolon zati yükleri modele malzeme ağırlığı girilerek hesaba dahil edilmiştir.Kat yükseklikleri 3m alınmıştır.



Şekil 5.3: K101 eşdeğer yük hesabı.



Şekil 5.4: K102 eşdeğer yük hesabı.

3.Aksa ait düşey yükler 3.Aksa ait bütün modellere ve aynı şekilde 4.aksa ait düşey yükler 4.aksa ait bütün modellere girilmiştir. Yüzey oturmalariysa zemin türüne, tünellerin bina akslarına olan mesafesine ve tünel derinliğine göre ait oldukları modele global y (-) yönünde tanımlanarak girilmiştir.Kumlu zeminlerde sadece Peck Formülünden gelen yüzey oturma değerleri , killi zeminde ise Loganathan&Poulos formülünden gelen değerler daha kritik sonuçlar verdiği için dikkate alınmıştır. Modelleme süreciyle paralel olarak kesitleri belirlenen kolonların 1975 yönetmeliği ve o dönemde yapılmış yapı stoğu gözönüne alınarak donatılandırılması yapılmıştır. [11] numaralı kaynağa göre kolon boyuna donatılandırılmasında dikkat edilmesi gereken hususlar:

- Boyuna donatı yüzdesi 0.01'den az olamaz
- B160 için donatı yüzde 0.030'dan fazla olamaz
- B225 için donatı yüzde 0.035'den fazla olamaz
- B300 için donatı yüzde 0.040'dan fazla olamaz

İstanbul'da hızlı ve çarpık kentleşmenin arttığı dönem koşullarında yapılan binalar üzerinde gerçekçi sonuçlar elde etmek ve bu sonuçlara göre metro güzergahlarının etkilerini kıyaslamak amacıyla mevcutlara benzer donatılandırma seçilmiş, mümkün olduğunca alt değer olan 0.01 yüzdesine yakın donatılandırma tercih edilmiştir. 5 katlı bina için,

- A4-E4 kolonları 6 Ø14
- B4-C4-D4 kolonları için 8 Ø14
- A3-E3 kolonları 10 Ø14
- B3-C3-D3 kolonları için 12 Ø18

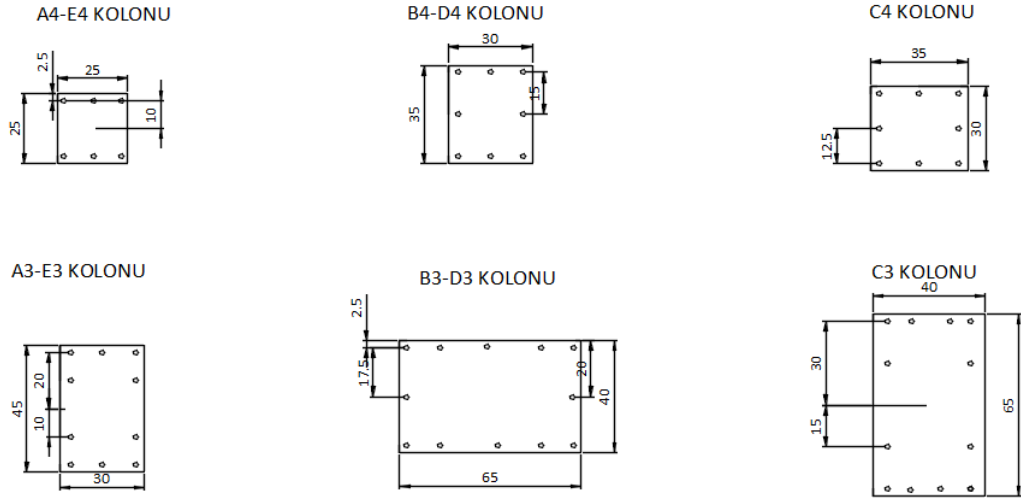
4 katlı bina için,

- A4-E4 kolonları 6Ø14
- B4-C4-D4 kolonları için 6Ø14
- A3-E3 kolonları 8Ø14
- B3-C3-D3 kolonları için 12 Ø16

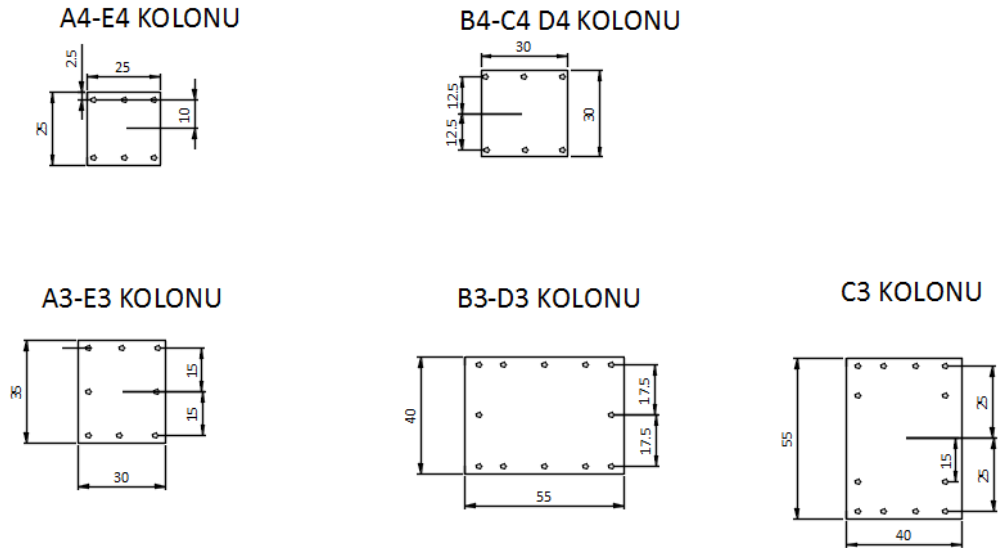
3 katlı bina için,

- A4-E4 kolonları 6Ø14
- B4-C4-D4 kolonları için 6Ø14
- A3-E3 kolonları 6Ø14
- B3-C3-D3 kolonları için 12 Ø14 donatılandırılması seçilmiştir.

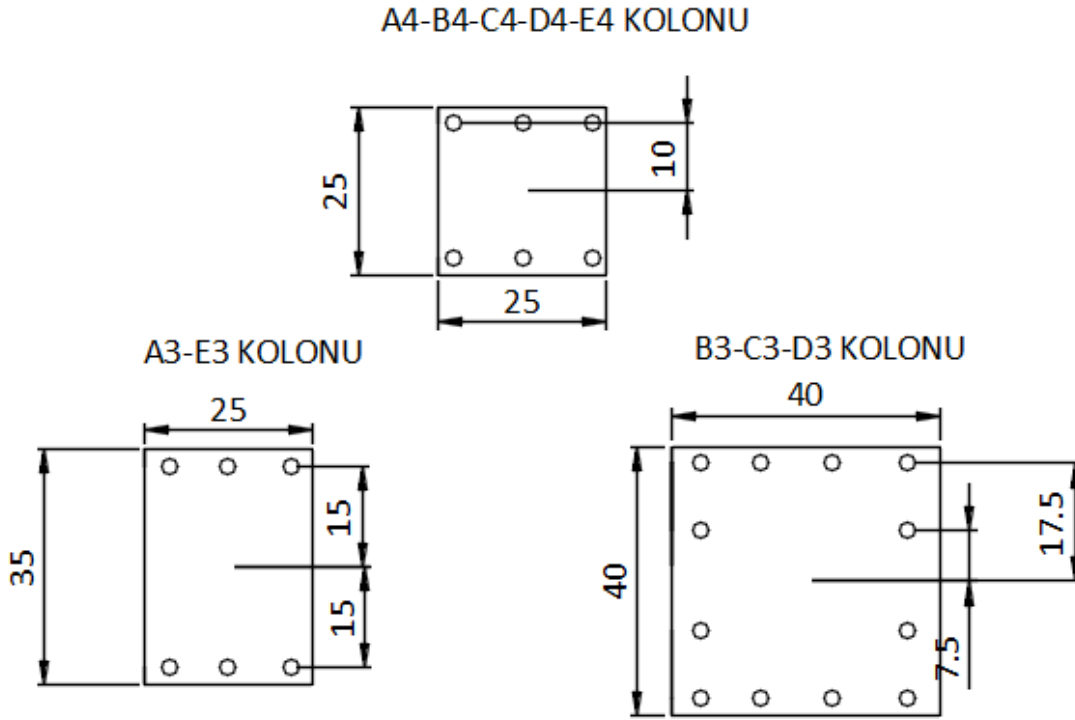
Kare olmayan kolonlar için güçlü eksen-zayıf eksen yönünü anlamak için Şekil 5.1 kat planı incelenebilir. Şekil 5.5, 5.6 ve 5.7'de kesit detayları her kat için verilmiştir.



Şekil 5.5 5 Katlı bina zemin kolonlarına ait donatı yerleşimi.



Şekil 5.6 4 Katlı bina zemin kolonlarına ait donatı yerleşimi.



Şekil 5.7 3 Katlı bina zemin kolonlarına ait donatı yerleşimi.

Yukarıda verilmiş donatı çapı ve adetleri aşağıdaki Çizelge 5.2,5.3 ve 5.4'e göre yapılmıştır. Öncelikle her kolona ait boyutlar tabloya girilmiştir. Denklem 5.3'te kolon boyutları dikkate alınarak minimum donatı alanı hesaplanmıştır. [11]

$$A_{smin} = (b) * (h) * 0.01 \quad (5.3)$$

Minimum donatı alanına göre yukarıda verilmiş donatı çapı ve adetleri seçilmiştir. Kolonlara ait N ve N_d değerleri Çizelge 5.1'den alınmıştır. Daha sonra hesaplanan N_d değerleri Denklem 5.4 TS 500 sınıрыyla oranlanmıştır.[10]

$$N_{max} = 0.9 * f_{cd} * (b) * (h) \quad (5.4)$$

Son olarak her iki yön için N_d'ye karşılık gelen M_r değerleri [12]'ye ait excel dosyasıyla hesaplanmıştır.

Çizelge 5.2: 5 Katlı binaya ait donatılandırma tablosu.

KOLON	BOYUT	Σas(min)	Σas (mevcut)	N	N _d	N _{max} (TS500)	N _d /N _{max}	Mr
1-A4/E4	250x250	625	924	328	475,5	675	0,70	26,2
1-B4/C4/D4	300x350	1050	1232	643	933	1134	0,82	50,9
1-A3/E3	300x450	1350	1539	797	1155	1458	0,79	87
1-B3/C3/D3	400x650	2600	3054	1562	2265	2808	0,81	246

Çizelge 5.3: 4 Katlı binaya ait donatılandırma tablosu.

KOLON	BOYUT	Σ as	Σ as	N	Nd	Nmax	Nd/Nmax	Mr
A4/E4	250x250	625	924	262	380,4	675	0,56	36,5
B4/C4/D4	300x300	900	924	515	746,4	972	0,77	40
A3/E3	300x350	1050	1232	637	924	1134	0,81	52
B3/C3/D3	400x550	2200	2413	1250	1812	2376	0,76	180

Çizelge 5.4: 3 katlı Binaya ait donatılandırma tablosu.

KOLON	BOYUT	Σ as(min)	Σ as (mevcut)	N	Nd	Nmax (TS500)	Nd/Nmax	Mr
A4/E4	250x250	625	924	197	285,3	675	0,42	37,4
B4/C4/D4	250x250	625	924	386	559,8	675	0,83	25
A3/E3	250x350	875	924	478	693	945	0,73	50
B3/C3/D3	400x400	1600	1847	937	1359	1728	0,79	93,9

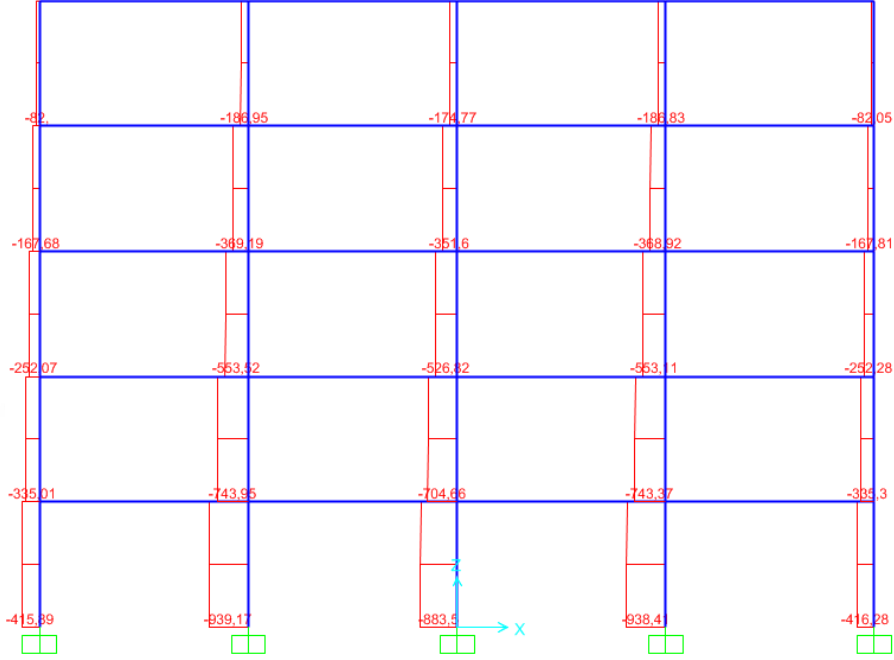
Kesit kapasiteleriyle alakalı ön bilgilerin elde edilmesinden sonra [9]'dan statik analiz sonuçları her model için alınmıştır. Öncelikle düşey yükler altında zemin kat kolonlarında oluşan aksel kuvvet ve moment değerleri tabloya işlenmiştir. Daha sonra mesnet oturumlarının etkisi altında zemin kolonlarında oluşan uç momentleri tabloya işlenmiştir. Son olarak düşey yükler ve mesnet oturumlarının ortak etkisi altında oluşan aksel kuvvet ve moment değerleri tabloya işlenmiştir. Bu etkiler altında gerekli ve mevcut donatı alanı kıyası yapılmıştır. Bahsedilen aşamalar Çizelge 5.5'te bir örnek olarak tablo haline getirilmiştir. Diğer modeller için sonuçlar Ekler bölümüne konmuştur.

Çizelge 5.5: 5 katlı Bina $z=9$, $x=-20$ kumlu zemine ait sonuçlar.

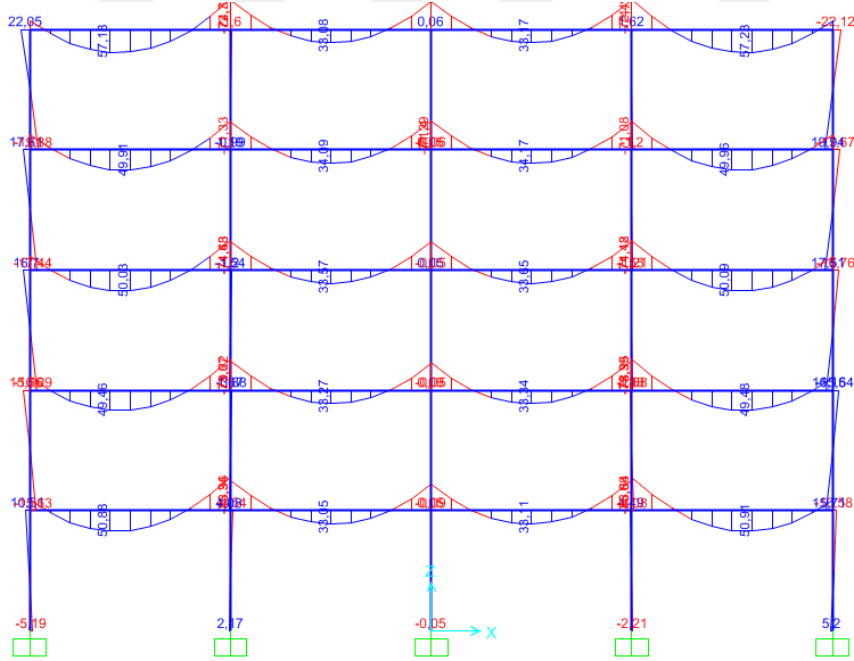
Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	361	5	10	0,4	0,8	416	11	625	924
1-B4	831	2	4	0,2	0,5	939	5	1050	1232
1-C4	782	0	0	0,05	0,05	884	0,1	1050	1232
1-D4	832	2	4	0,3	0,5	938	5	1050	1232
1-E4	361	5	10	0,4	0,9	416	11	625	924
1-A3	700	24	51	1	2	766	54	1350	1539
1-B3	1622	2	5	0,1	0,5	1759	6	2600	3054
1-C3	1529	0	0	0,26	0,05	1662	0,3	2600	3054
1-D3	1622	3	5	0,25	0,2	1758	6	2600	3054
1-E3	700	24	51	1,15	2,55	767	54	1350	1539

Tablodan görüleceği üzere 9 metre derinlikte $x=-20$ koordinatında kumlu zeminden geçen tünel kazma makinasının sebep olduğu yüzey oturması ve düşey yükler ortak etkisinde binanın tamamını temsil eden 3 ve 4.aks kolonlarında aksel kuvvet ve moment değerleri açısından risk teşkil eden bir durum gözlenmemiştir. Gereken donatı

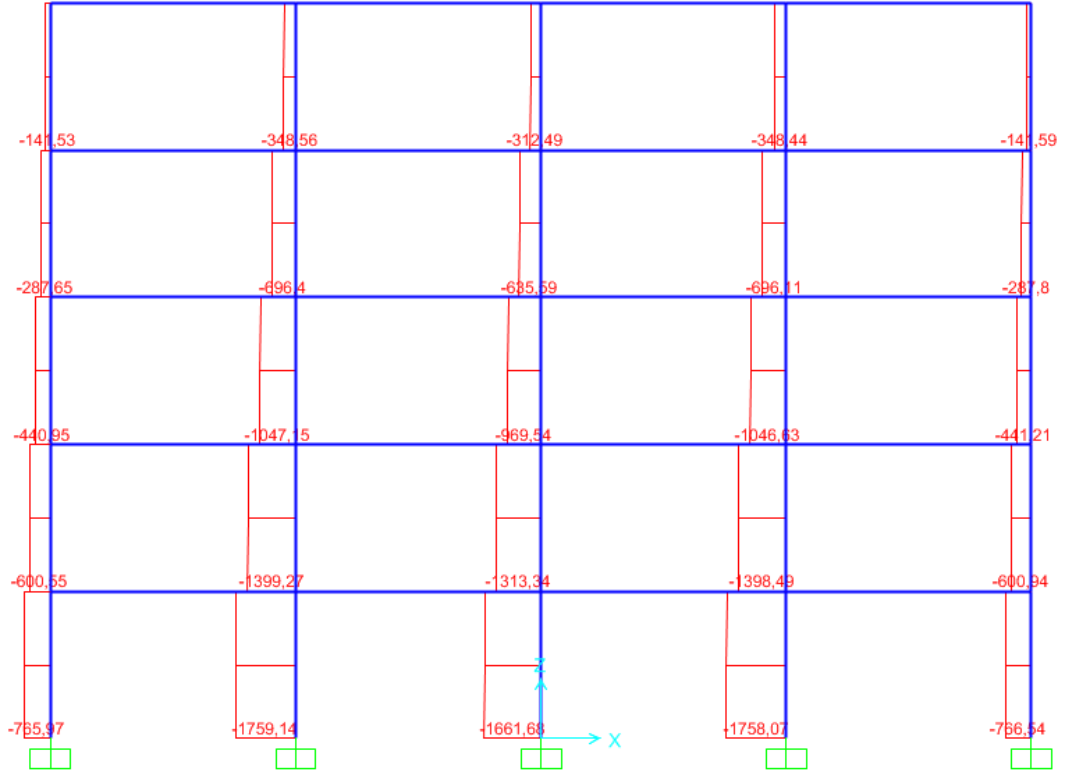
miktarı [12]'e ait excel dosyası vasıtasıyla hesaplanmıştır. 3 ve 4.aksa ait yüzey oturması ve düşey yükler ortak etkisine ait eksenel kuvvet ve moment değerleri bu örnek (5 katlı Bina $z=9$, $x=-20$ kumlu zemin) için Şekil 5.8 ~ 5.11 'de verilmiştir.



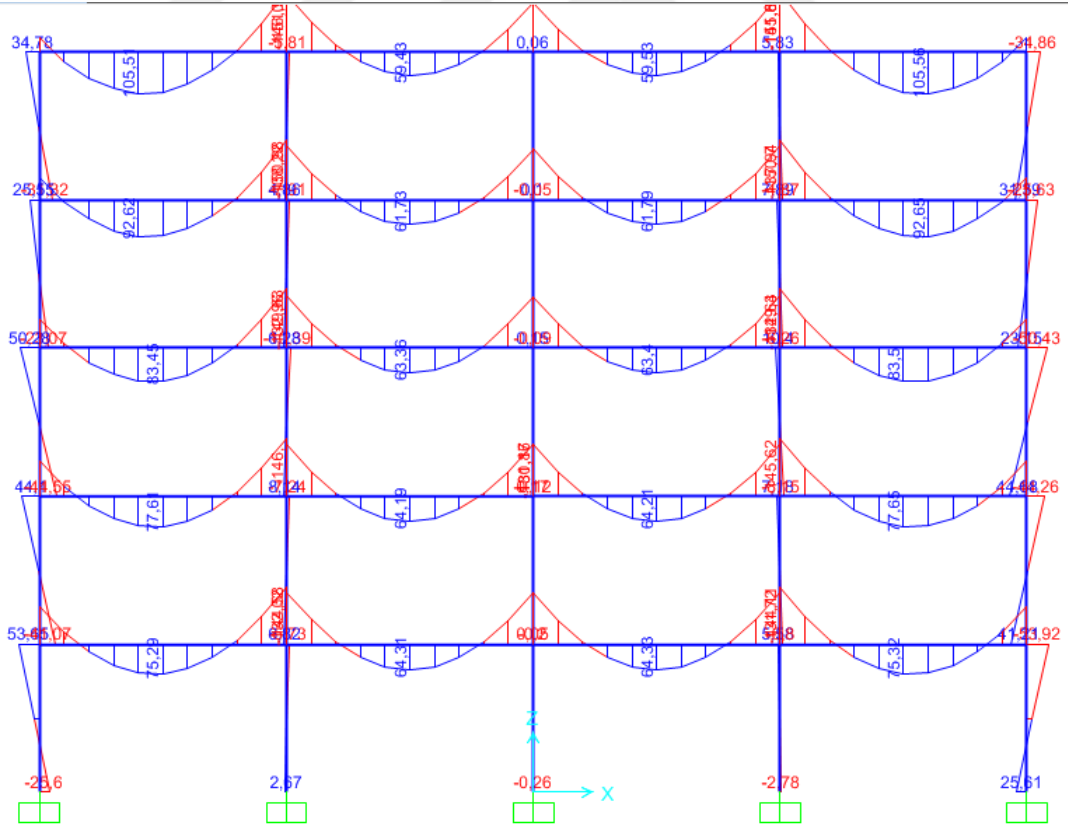
Şekil 5.8: 4.Aks eksenel kuvvet (yüzey oturması+ düşey yükleme).



Şekil 5.9: 4.Aks moment değerleri (yüzey oturması+ düşey yükleme).



Şekil 5.10: 3.Aks aksel kuvvet (yüzey oturması+ düşey yükleme).



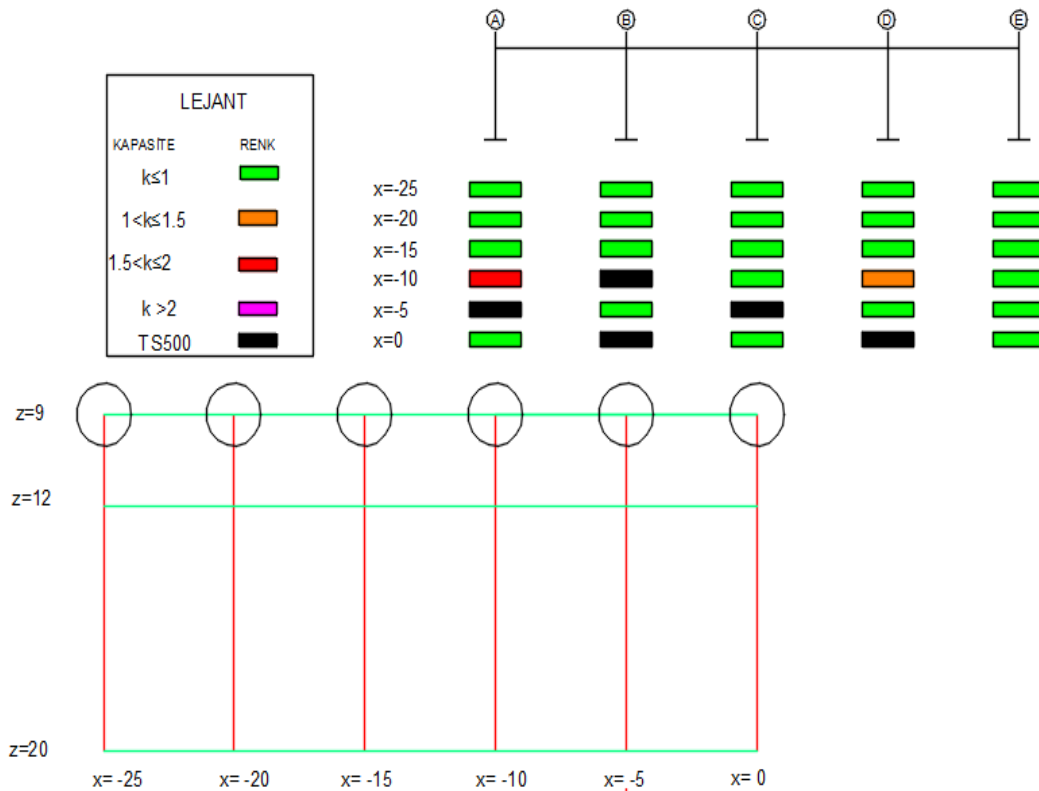
Şekil 5.11: 3.Aks moment değerleri (yüzey oturması+ düşey yük).

216 modeli özetlemek ve daha anlaşılır kılmak adına çizimler yapılmıştır. Bu çizimler 3 farklı kattaki binayı, 2 farklı zemin çeşidini ve 2 bina akslarını kapsamaktadır. Her kolon altında farklı x değerleri için kolon kapasitelerinin aşılp aşılmadığını veya aşıldıysa hangi mertebede aşıldığını ifade eden boyamalar yapılmıştır. Şekillerde verilen lejantlarda “ k “ kapasiteyi temsil etmektedir. Lejantlarda hangi rengin neyi temsil ettiği görülmektedir. Ayrıca lejantta gösterilen TS 500 (siyah renk) moment kapasitesinden bağımsız olarak aksel yük sınırını (Denklem 5.4) ifade etmektedir.

5.1 Kumlu Zeminde Yapılan Tünel Kazılarının 5 Katlı Binaya Etkileri

5.1.1 9 metre derinlikte kazılan tünellerin etkileri

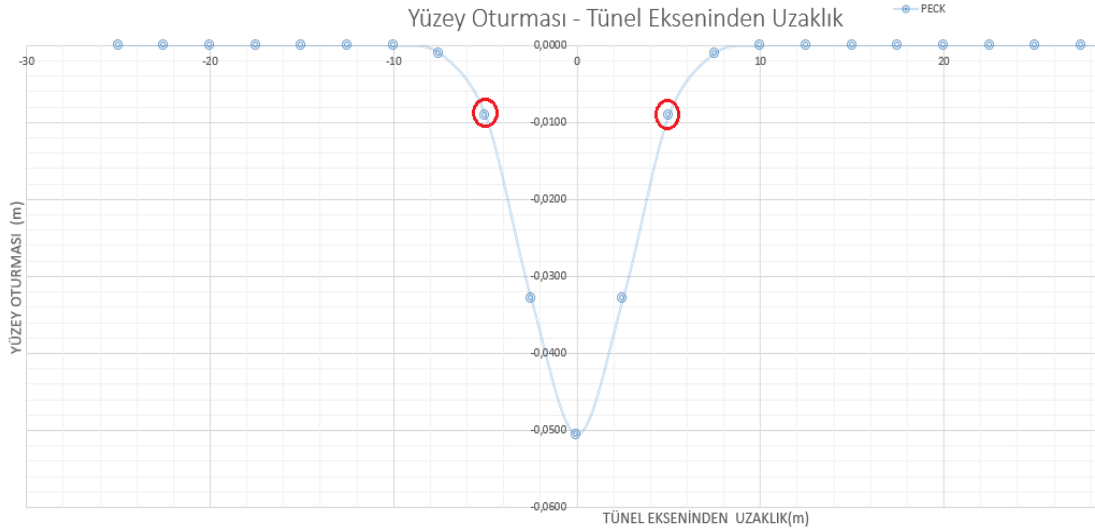
Şekil 5.12’de kumlu zeminde kazı(z=9m) yapılması sonucunda 5 katlı binaya ait 4.aks kolonlarının kapasite durumları gösterilmiştir.



Şekil 5.12: z=9, 5 katlı bina, 4.aks, kumlu zemin.

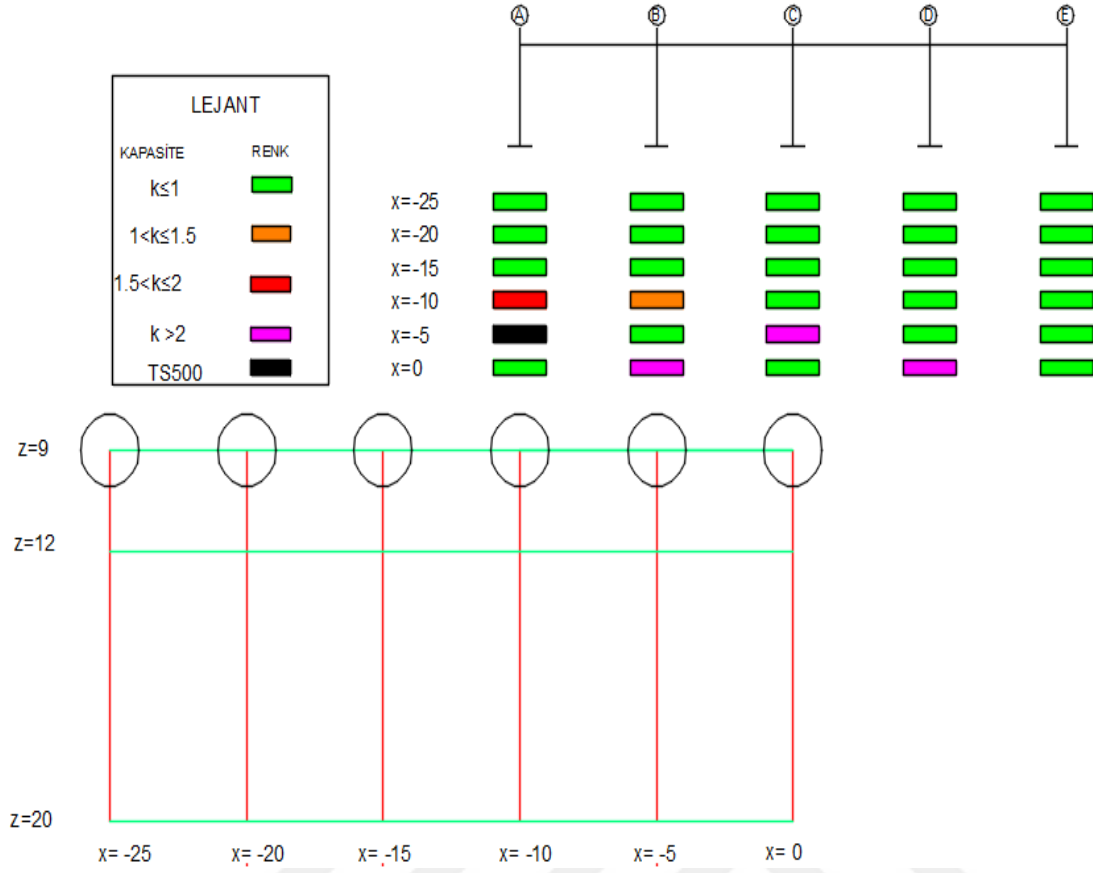
Şekil 5.12’den görüleceği üzere Tünel Açma Makinesi (TBM) x=-25,-20 ve -15’den geçtiği sürece temel kolonlarında kapasite aşımı gözlenmemektedir. TBM x=-10’dan geçerken A numaralı kolon tünel eksenine aynı koordinatta olduğu için maksimum

yüzey oturmasına maruz kalmaktadır. Bu değer Çizelge 4.1'den okunabileceği gibi Şekil 5.13'den de alınabilir.



Şekil 5.13: Yüzey oturması $z=9$, kumlu zemin.

Şekil 5.13'de yüzey oturması-tünel ekseninden uzaklık grafiğinden anlaşılacağı gibi $x=-5$ iken B numaralı kolon, $x=0$ iken C numaralı kolon maksimum yüzey oturmasına maruz kalmaktadır. Tünel ekseninden uzaklaştıkça yüzey oturmaları azalmaktadır lakin tezin 3 ve 4. başlıklarında anlatılmış olan büküm noktaları yine binalar için risk teşkil etmektedir. Şekil 5.10'da görüleceği üzere $x=-10$ iken A ve D akslarındaki kolonlarda kapasite aşımı söz konusudur. A4 kolonunda yüzde %50'lik bir kapasite aşımı, D4 kolonunda ise %10'luk bir kapasite aşımı hesaplanmıştır. Ayrıca B4 kolonu Denklem 5.4'te ifade edilmiş olan maksimum eksenel yük sınırını %20 oranında aşmaktadır. Bu bilgiler ışığında binada kalıcı ve kayda değer hasarlar meydana geleceği anlaşılmaktadır. Yine aynı şekilde Şekil 5.10'dan görüleceği üzere $x=-5$ ve $x=0$ koordinatlarında maksimum yüzey oturmasının yaşandığı kolona komşu iki kolonlarda eksenel yük kapasitesinde aşım gözlenmiştir. Bunun en büyük sebebi komşu kolonların maksimum yer değiştirmeye maruz kalan kolona olan 5 metre uzaklıklarıdır. Şekil 5.13'de kırmızı daireler komşu kolonlarda oluşan yüzey oturmalarını göstermektedir. Görüleceği üzere komşu kolonlar büküm noktasına yakın olmaları sebebiyle ve eksendeki kolonla yüzey oturmaları arasındaki net farkın fazla olması sebebiyle yüksek mertebede eksenel yük ve momente maruz kalmaktadırlar. Eksenel yük kapasitesindeki aşım $x=0$ 'da %60'ı $x=-5$ için %50'yi bulmaktadır. Şekil 5.14'de 3. aksa ait sonuçlara verilmektedir.

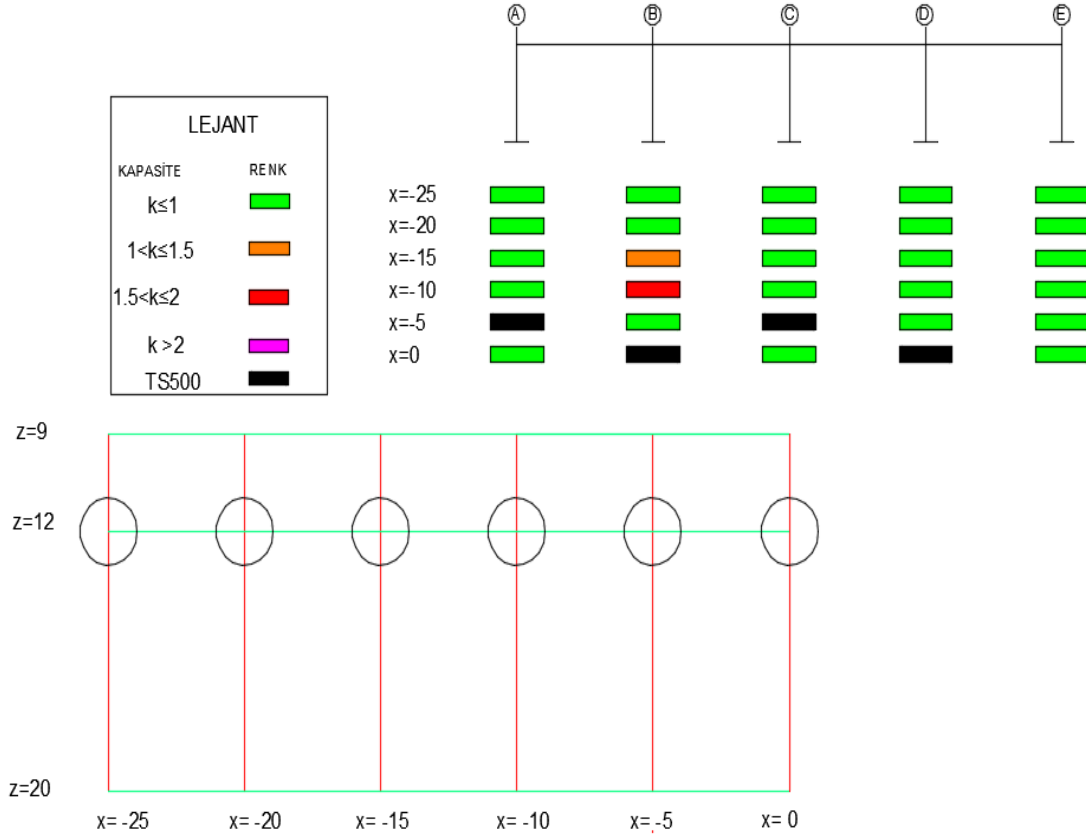


Şekil 5.14: z=9, 5 katlı bina, 3.aks,kumlu zemin.

Şekil 5.14'de görüleceği üzere x=-10'da A3 ve B3 kolonlarında sırayla %75 ve %45 oranında kapasite aşımı söz konusudur. Buna ek olarak 4.akstaki duruma benzer olarak x=-5 ve x=0 koordinatlarında maksimum yüzey oturmasına maruz kolona komşu kolonlarda eksenel ve moment kapasitelerinde ciddi aşım söz konusudur. B3 ve D3 kolonlarında 12 adet Ø18 (3054 mm²) donatı kullanılmış olup mevcut durumda gereken donatı alanı 8580 mm² 'dir. Bu miktar mevcut kolon kapasitesinin 3 katına tekabül etmektedir. 3 ve 4.aksa ait veriler birlikte gözönüne alındığında mevcut zemin koşulu, tünel derinliği ve bina özellikleri için TBM x=-25,-20 ve -15 koordinatlarından geçerken bina güvenliği açısından sakıncalı durumlar gözlenmektedir. Tünel güzergahının x=-10,-5 ve 0 koordinatlarından geçmesi durumunda ise binada ciddi hasarlar oluşacağı açıktır. Böyle bir durumda kazı yapılmasından önce binaların tahliye edilmesi vb önlemlerin alınması gerekmektedir. Sığ tünelleri temsil etmesi açısından bu çalışma kapsamında 9 metre seçilmiştir. Örtü kalınlığının 9 metrenin de altında olduğu durumlarda daha da kritik sonuçlar elde edileceği açıktır. Buna göre önlem alınması can ve mal kayıplarını önlemek açısından önem arz etmektedir.

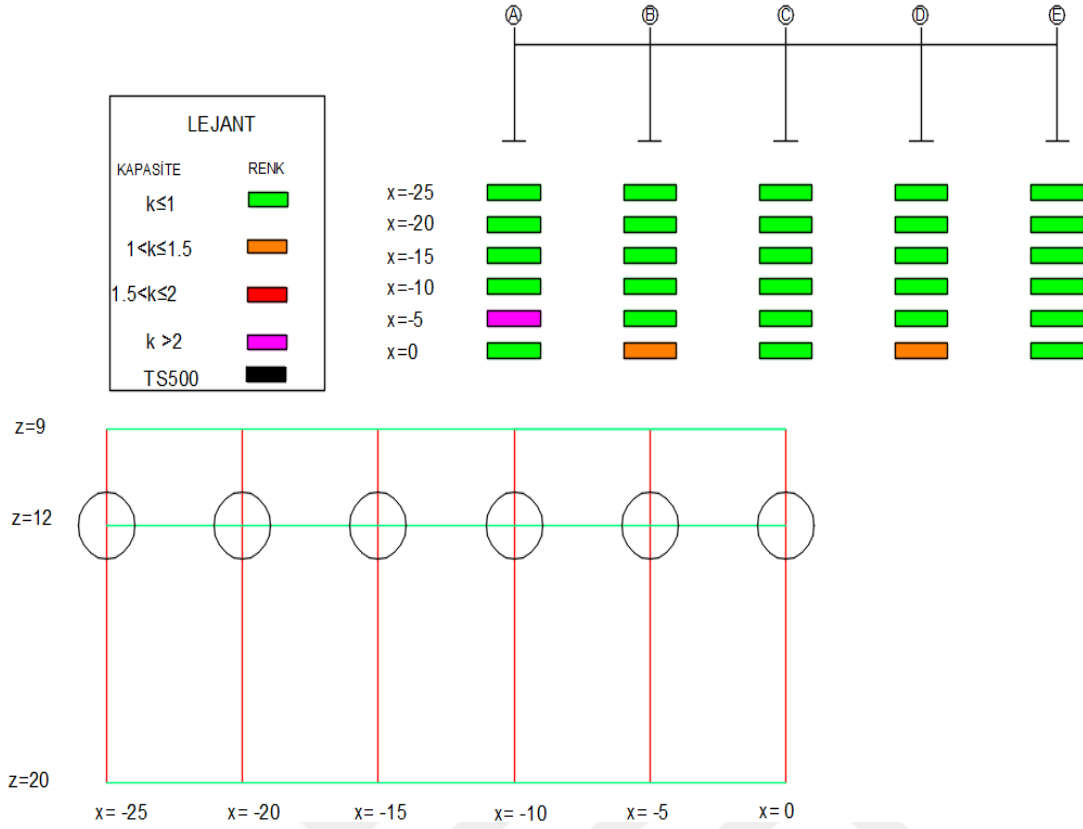
5.1.2 12 metre derinlikte kazılan tünellerin etkileri

Şekil 5.15’de 12 metre derinlikte kumlu zeminde kazı yapan TBM’in 5 katlı binanın 4.aksında oluşturduğu etkiler farklı x değerleri için gösterilmiştir.



Şekil 5.15: 5 katlı bina, z=12, kumlu zemin, 4.aks.

Şekil 5.15’den görüleceği üzere x=-25 ve x=-20 koordinatlarında zemin kat kolonları için risk teşkil eden bir durum söz konusu değildir. TBM’in x=-15 koordinatından geçmesi durumunda ise B4 kolonunda k değeri 1.06 olarak hesaplanmaktadır. Güvenlik katsayıları da dikkate alındığı vakit B4 kolonunda ciddi bir hasar öngörülmemekle birlikte kazı işleminin geçiş sırasında kontrollü ve hassas bir şekilde sürdürülmesi önemlidir. X=-10 koordinatı için B4 kolonunda k değeri 1.81 olarak hesaplanmaktadır. X=-5 ve x=-10 koordinatlarında maksimum yüzey oturmasına maruz kolona komşu kolonlarda eksenel ve moment değerleri açısından kapasite aşımaları söz konusudur. Yaklaşık olarak %15’lik eksenel yük kapasite aşımı bina güvenliğini riske atmaktadır. Bu yüzden kazı öncesi gerekli önlemlerin alınması can ve mal kaybının önlenmesi açısından önemlidir. Şekil 5.16’te 3. aksa ait sonuçlar verilmiştir.

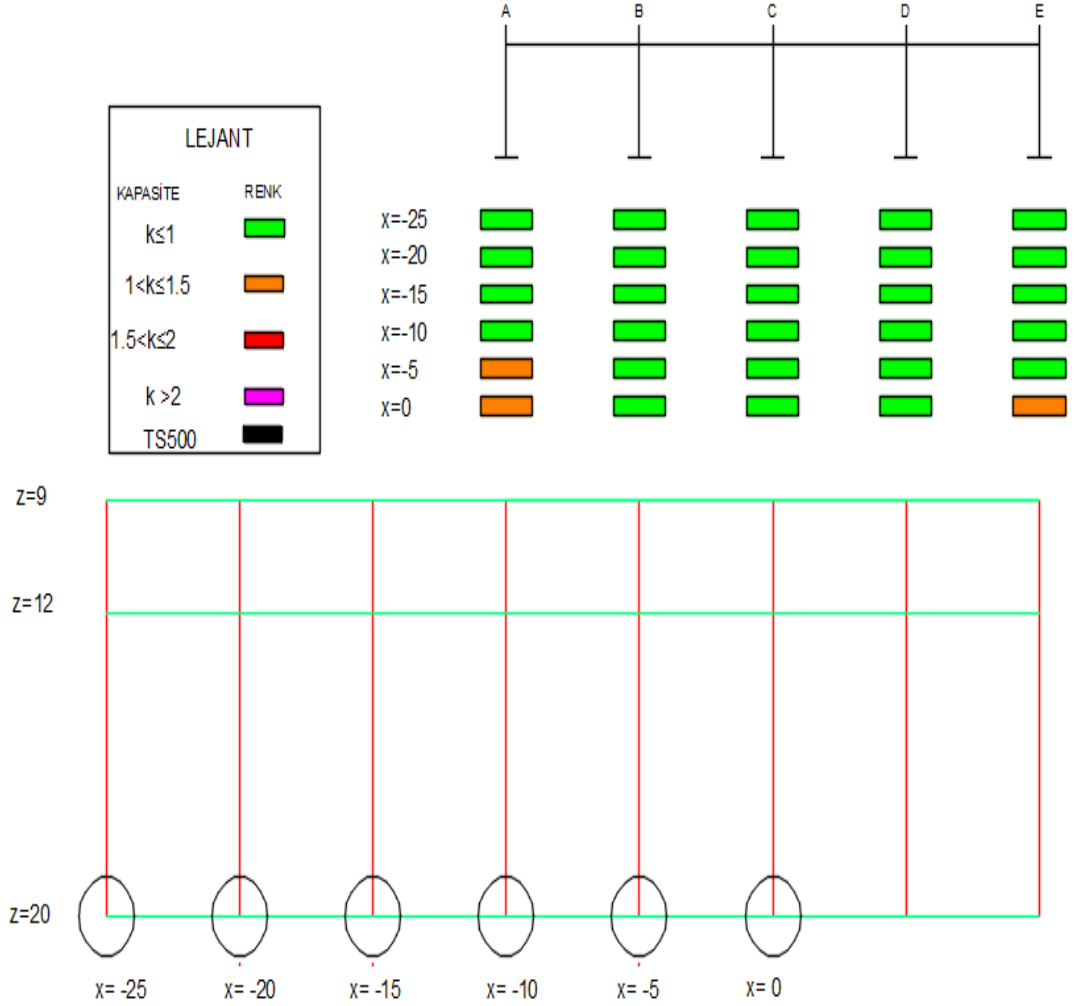


Şekil 5.16: 5 katlı bina, z=12, kumlu zemin, 3.aks.

Şekil 5.16'dan görüleceği üzere $x=-5$ ' değerine kadar zemin kat kolonlarında kapasite aşımı söz konusu değildir. $X=-5$ değerinde ise A3 kolonunda kapasite aşımı söz konusudur. Lejant'da ifade edilen k değeri 3 olarak hesaplanmıştır. Mevcut donatı oranı 1539 mm^2 'dir ($10 \text{ } \varnothing 14$). Gereken donatı miktarı ise $p_{\max}=0.04$ 'ü fazlasıyla aştığı için hesaplanmamıştır. TS 500'e göre S220 betorname çeliği için p_{\max} değeri 0.04 olarak belirtilmiştir. $X=0$ değeri için B4 ve D4 kolonlarında $k=1.10$ olarak hesaplanmıştır. 3 ve 4.aks modellerinden elde edilen veriler beraber incelendiği vakit 5 katlı bu bina için $x=-25, -20$ ve -15 koordinatları bina için risk teşkil etmemektedir. 4.Aksta $X=-15$ de sınırdaki bir kapasite aşımı söz konusudur, düşey yüklerin güvenli tarafta kalmak amacıyla yüksek alındığı gözönüne alınarak bir hasar beklenmemektedir. $X=-10, -5$ ve 0 koordinatlarında yapılacak tünel kazıları mevcut bina için risk teşkil etmektedir. Bu sebeple kazı öncesinde bina tahliyesi vb önlemler alınmasıyla birlikte TBM kazınının alanında uzman kişilerin kontrolünde yapılmasıyla birlikte yüzey oturmalarının azalması sonucunda bina da oluşması beklenen etkiler de azalacaktır.

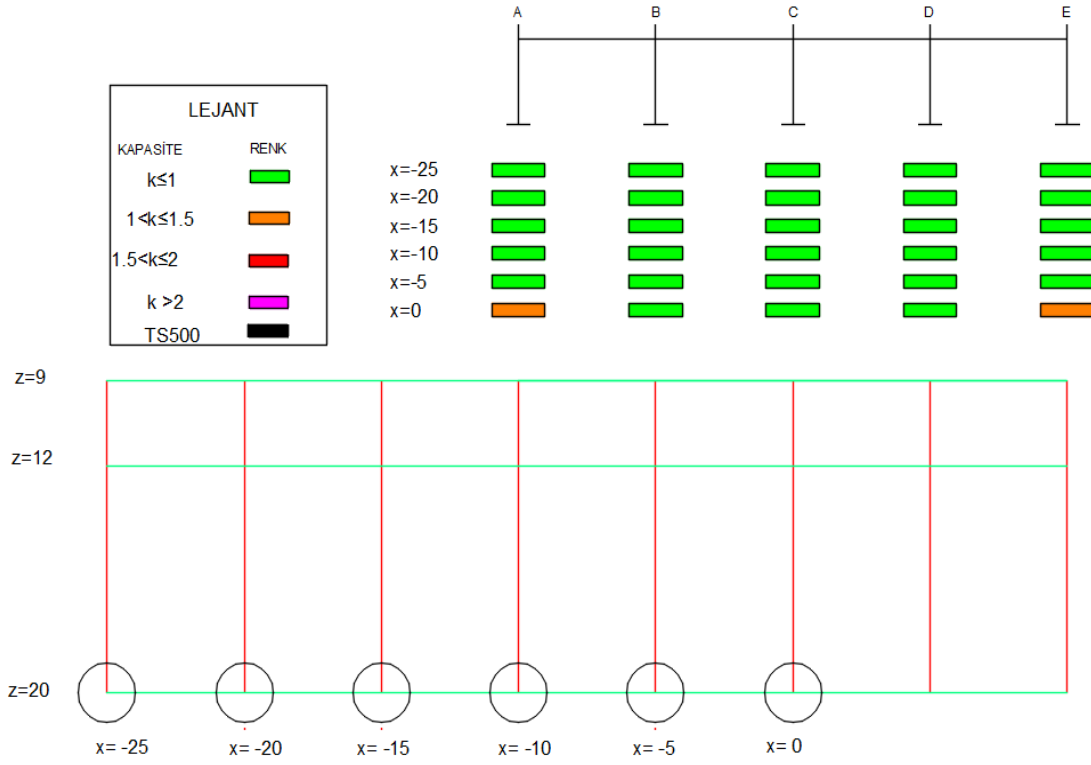
5.1.3 20 metre derinlikte kazılan tünellerin etkileri

Bu bölümde TBM'in 20 metrede kumlu zeminde kazı yapması sonucunda 5 katlı binada oluşacak etkiler incelenecektir. Tünel çapının iki katından daha fazla bir örtü derinliğine sahip olmasından dolayı bu derinlikte yapılan kazıların etkilerinin daha sınırlı olması beklenmektedir. Çizelge 4.3'ten kolonların maruz olduğu yüzey oturmalarına bakıldığında, 9 ve 12 metre derinlikli tünellere kıyasla düşük olduğu görülmektedir. Şekil 5.17'de 4.aksa ait sonuçlar verilmiştir



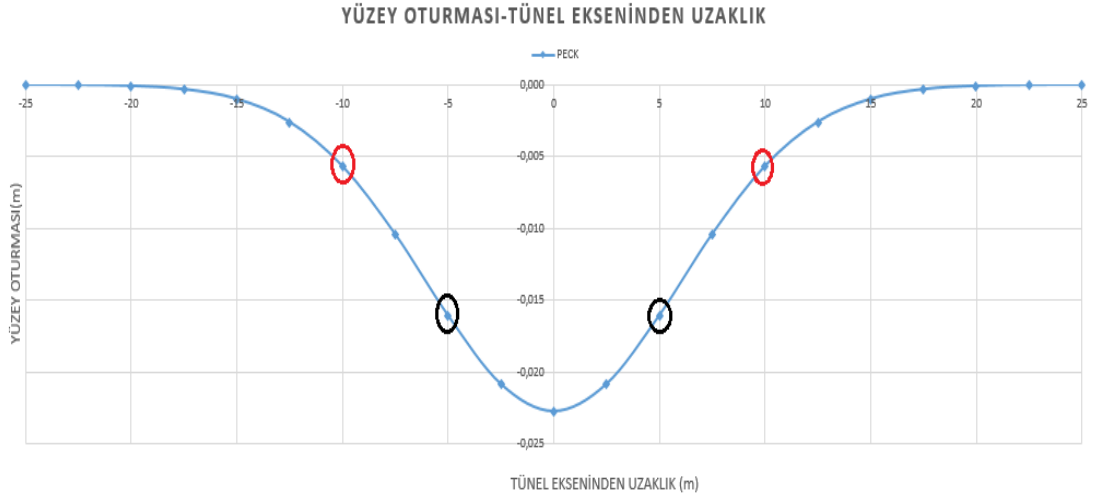
Şekil 5.17: 5 katlı bina, z=20, kumlu zemin, 4.aks.

Şekil 5.17'den görüleceği üzere x=-5 koordinatına kadar yapılacak kazılarda herhangi bir kapasite zorlanması beklenmemektedir. X=-5'de A4 kolonunda %10'luk, x=0'da ise A4 ve E4 kolonlarında %5'lik bir kapasite aşımı sözkonusudur. Şekil 5.18'de 3.aksa dair sonuçlar verilmiştir.



Şekil 5.18: 5 katlı bina, z=20, kumlu zemin, 3.aks.

Görüleceği üzere $x=0$ koordinatına kadar zemin kat kolonlarında herhangi bir risk teşkil edecek durum oluşmamaktadır. $X=0$ 'da k değeri 1.01 hesaplanmış olup bina açısından risk oluşturabilecek seviyede değildir. 3 ve 4.aks sonuçları incelendiğinde $Z=20$ ve $x=0$ değeri için önceki sonuçlardan farklı bir durum ortaya çıkmaktadır. Diğer örneklerde merkeze komşu olan B ve D kolonlarında kapasite zorlanması tespit edilirken burada her iki aks içinde geçerli olmak üzere A ve D kolonlarında kapasite aşımı söz konusu olmaktadır. Bu farkın oluşmasında oluşmasında en büyük sebep tezin 3.bölümünde izah edilmiş olan büküm noktasının konumudur. $Z=9$ ve 12 metre değerlerinde C kolonun maruz olduğu yüzey oturması ile B-D kolonlarının yüzey oturması arasındaki fark fazladır ve B-D kolonları büküm noktasına yakın konumda bulunmaktadır. Bu sebeple önceki örneklerde B ve D kolonlarında daha kritik sonuçlar elde edilmektedir. Şekil 5.11'de bu durum izah edilmiş olup kırmızı dairelerle B ve D kolonlarının konumu ve maruz kaldıkları oturmalar gösterilmiştir. Şekil 5.19'da ise kumlu zeminde 20 metre derinlikte kazı yapılması sonucu oluşan yüzey oturma eğrisi verilmiştir.



Şekil 5.19: Yüzey oturması $z=20$, kumlu zemin.

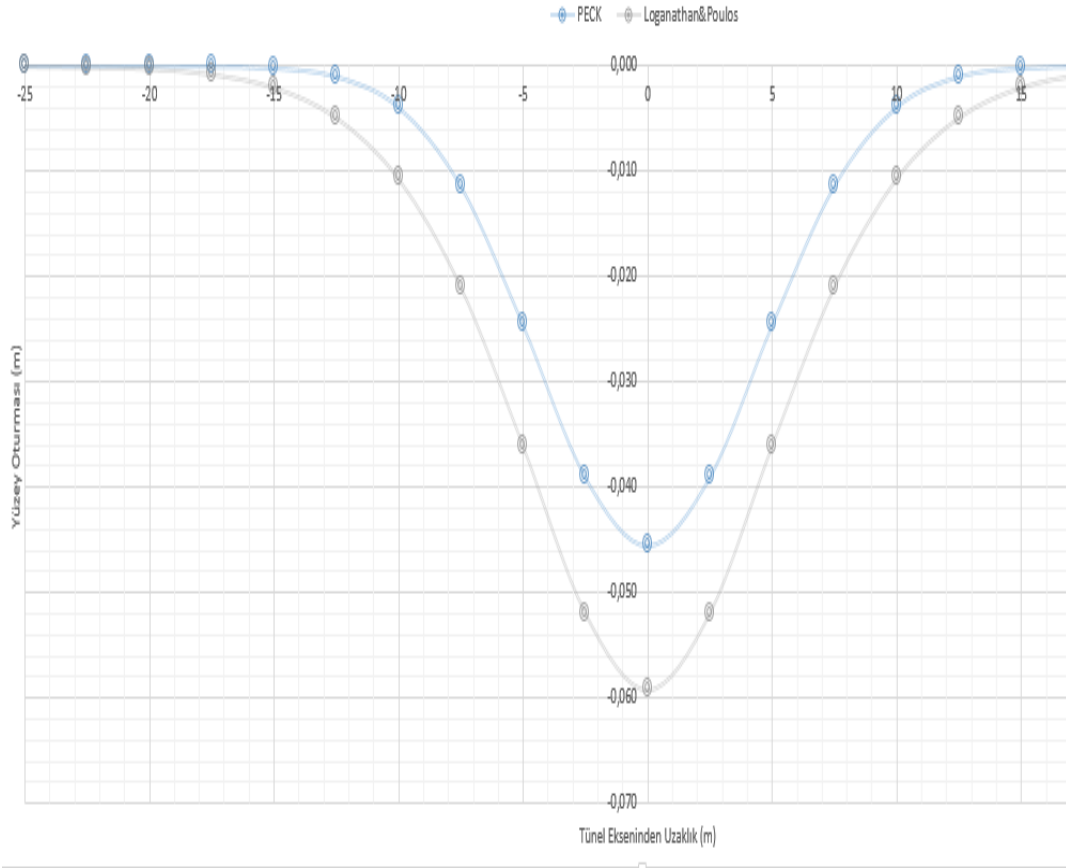
Siyah daireler B ve D kolonlarının yerini ve maruz kaldıkları yüzey oturmalarını göstermektedir. Ayrıca kırmızı daireler A ve E kolonlarının yerini göstermektedir. Şekil 5.11 yeniden incelendiği vakit ilk göze çarpan şey büküm noktasının B ve D kolonlarından uzaklaşarak A ve E kolonlarına yaklaştığıdır. Bu nedenle $z=20$ metre derinliğinde $x=0$ koordinatından geçen kazılarda A ve E kolonlarında daha kritik sonuçlar elde edilmektedir. Kumlu zeminde $z=20$ metre derinliğinde yapılan kazıların etkilerine dair sonuçlar değerlendirildiğinde bu derinlikte yapılacak kazıların hangi x koordinatından geçerse geçsin binalar üzerinde kalıcı hasar bırakacak bir risk taşımadığı sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu sonuca TBM kazılarının uzman bir ekip tarafından gerçekleştirildiği varsayılarak ulaşılmaktadır.

5.2 Killi Zeminde Yapılan Tünel Kazılarının 5 Katlı Binaya Etkileri

Bu bölümde killi zeminde yapılan farklı derinliklerdeki tünel kazılarının 5 katlı bina üzerindeki etkileri incelenecektir. 4. bölümde bahsedildiği üzere killi zeminlerde yüzey oturmaları hesabında Loganathan&Poulos(1998)'ın yaptığı çalışmada elde ettikleri formül kullanılabilir. Bunun yanında kumlu zeminlerde de kullanılan Peck (1969) formülü killi zeminler içinde kullanılabilir. Her derinlik için ve farklı x koordinatı için iki formülden gelen değerler kıyas edilmiş ve yüzey oturmasının daha yüksek olduğu değer tercih edilmiştir. Çizelge 4.4~ 4.9'da her kolonun maruz kaldığı yüzey oturmaları verilmiştir.

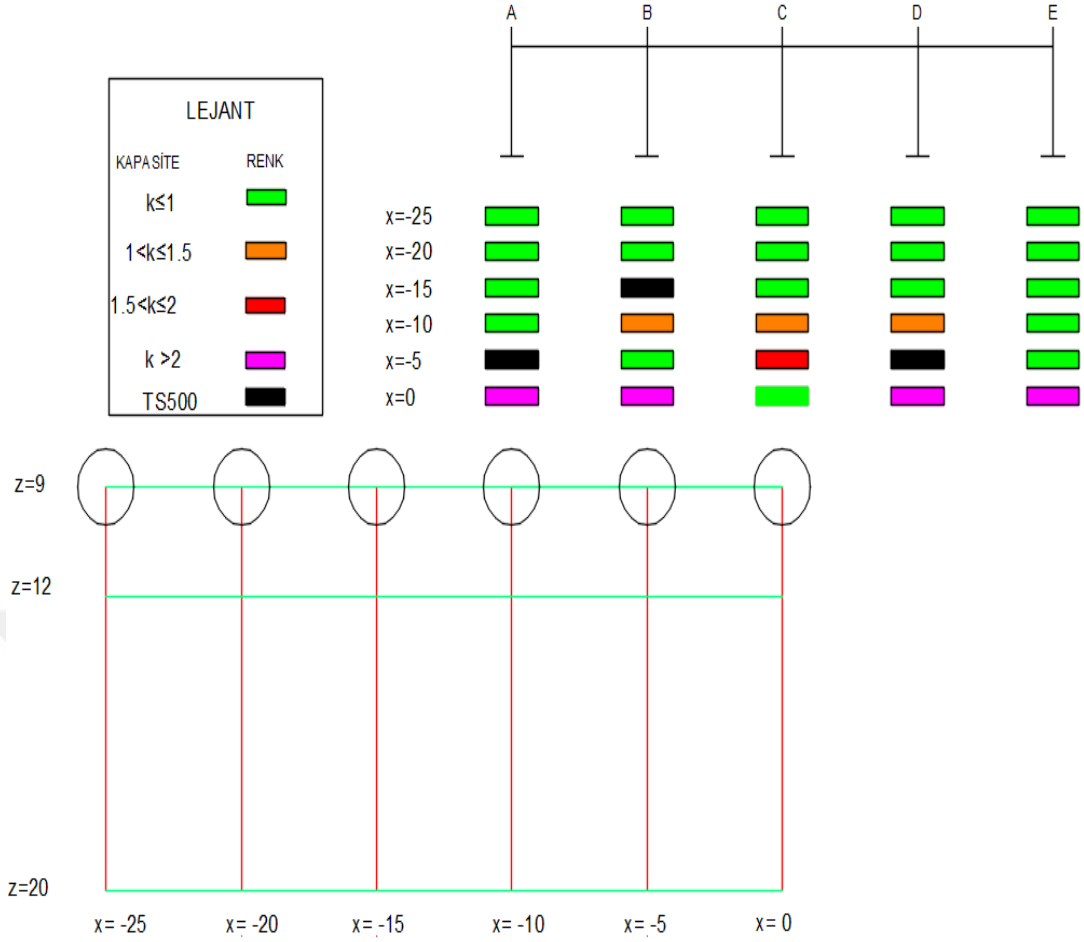
5.2.1 9 metre derinlikte kazılan tünellerin etkileri

9 metre derinlikte kazılar sonucunda oluşan yüzey oturmaları her iki formülle de hesaplanmış olup Çizelge 4.4 ve 4.7’de verilmiştir ve daha kritik sonuçlar verdiği için SAP2000 modeline Çizelge 4.7’deki değerler her kolon için girilmiştir. İki formülden gelen değerleri özetlemesi ve hangisinin daha kritik değerler verdiğini daha net gösterebilmek adına Şekil 5.20’de grafik verilmiştir.



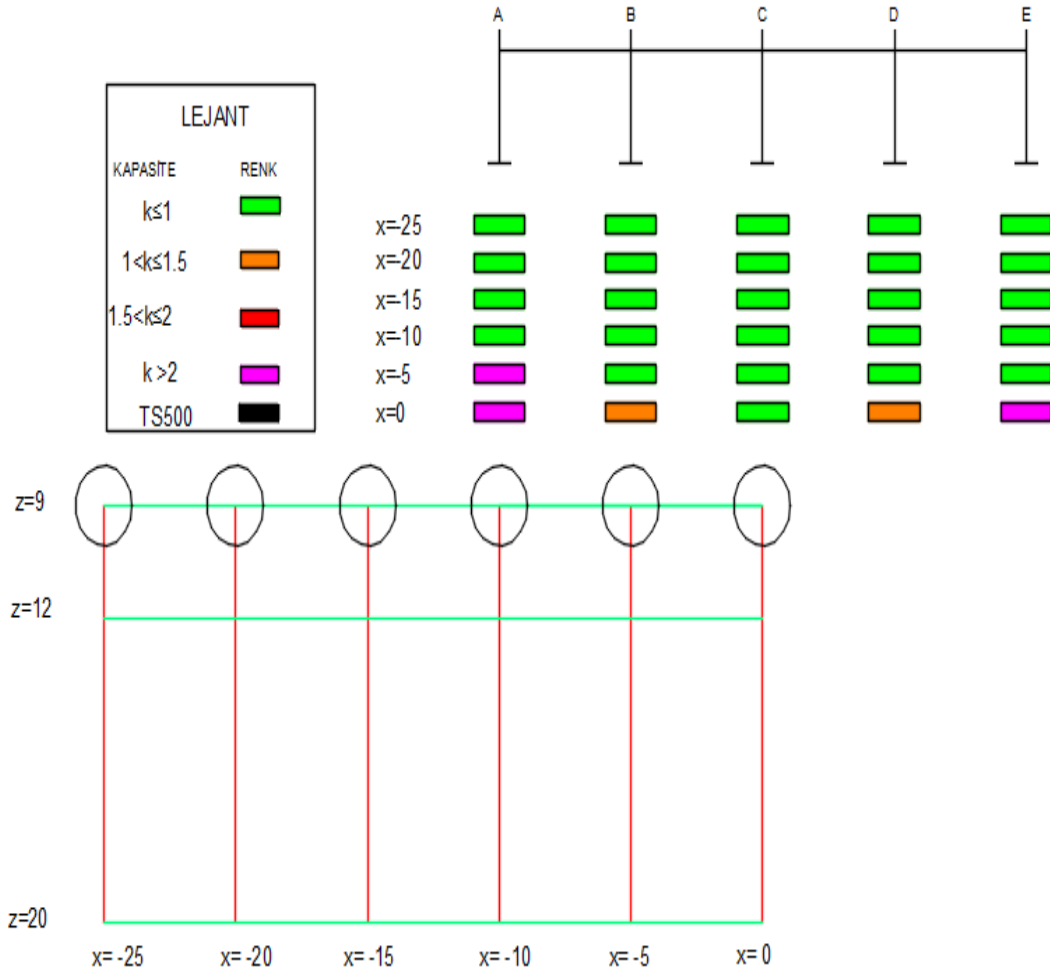
Şekil 5.20: Yüzey oturması z=9, killi zemin.

Şekil 5.20’den görüleceği üzere Loganathan&Poulos formülünden gelen yüzey oturma değerleri her tünel ekseninden uzaklık mesafesi için daha yüksek gelmektedir. Bu sebeple Çizelge 4.7’deki değerler SAP2000 modeline girilmiştir ve analiz sonucuna göre kolon kapasitelerinin durumu incelenmiştir. Şekil 5.21’de 4.aks kolonlarının durumu özetlenmiştir.



Şekil 5.21: 5 katlı bina, z=9, killi zemin, 4.aks.

Şekilden görüleceği üzere x=-25 ve -20 koordinatlarında binada riskli bir durum tespit edilmemektedir. X=-15 değerinde B4 kolonunda eksenel yük TS500 sınır değeri aşılmaktadır. Kapasite aşımı %1 olarak hesaplanmıştır. X=-10 değeri için k değeri sırasıyla 1.45,1.35 ve 1.25 olarak hesaplanmıştır. Elde edilen bu bulgulara göre bu koordinatta yapılacak TBM kazıları bina güvenliği açısından risk taşımaktadır. X=-5 kotunda A4 kolonunun eksenel kapasitesi TS500'e göre %20, D4 kolonunun %2 aşılmaktadır. C4 kolonunda moment kapasitesi için k değeri 1.52 hesaplanmıştır.X=0 değerinde görüleceği üzere en yüksek (-0.059m) yüzey oturmasına maruz kalan C4 kolonu dışında bütün kolonlarda kapasite aşimleri söz konusudur. A4-E4 kolonlarında k değeri 2.56 ve B4-D4 kolonlarında k değeri 4.22 olarak hesaplanmıştır. Bu yükleri taşımak için gereken donatı miktarı güncel yönetmeliklerin üst sınır olarak belirttiği donatı yüzdelerini fazlasıyla geçmektedir.Özetle mevcut kolon boyutları ve donatılandırılmasıyla bina hasarı kaçınılmazdır. Şekil 5.22'de 3.aks zemin kat kolonlarına dair sonuçlar verilmiştir.

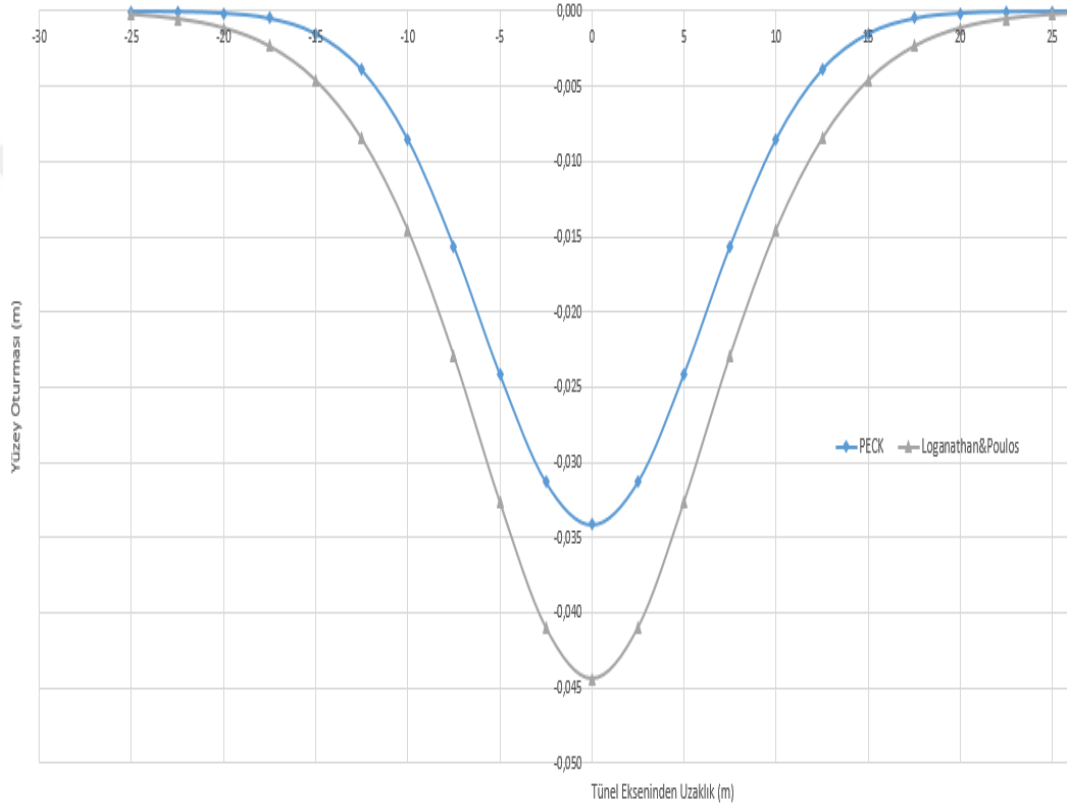


Şekil 5.22: 5 katlı bina, z=9, killi zemin, 3.aks.

Şekilde görüleceği üzere x=-5 değerine kadar kapasite aşımı 3.aks kolonlarında söz konusu değildir. X=-5 m değeri için k değeri 3.60 hesaplanmıştır. X=0 değerinde görüleceği üzere en yüksek (-0.059m) yüzey oturmasına maruz kalan C3 kolonu dışında bütün kolonlarda kapasite aşımaları söz konusudur. A3-E3 kolonlarında k değeri 2.16 ve B3-D3 kolonlarında k değeri 1.25 olarak hesaplanmıştır.Özetle x=5 ve 0 değerlerinde yapılacak kazılar bina açısından risk teşkil etmektedir. Şekil 5.19'da Şekil 5.20'ye kıyasla daha vahim sonuçlar elde edilmesinin sebebi 4.aks kolonlarında daha sınır değerlerde kesit boyutlandırılması ve donatı detaylandırılmasından kaynaklanmaktadır. İki aksı da göz önüne alındığında, bu tezin kapsamı için 5 katlı eski yapı stoğunu temsil ederek boyutlandırılmış binada , bina kolonlarının altından geçecek sığ derinlikli kazı ($z \leq 9m$) binada yüksek derece hasar oluşturma riskini barındırmaktadır.Bu nedenle eski dönemde yapılmış binaların bulunduğu bölgeden geçen sığ derinlikteki kazılarda daha hassas davranılması gerekmektedir.

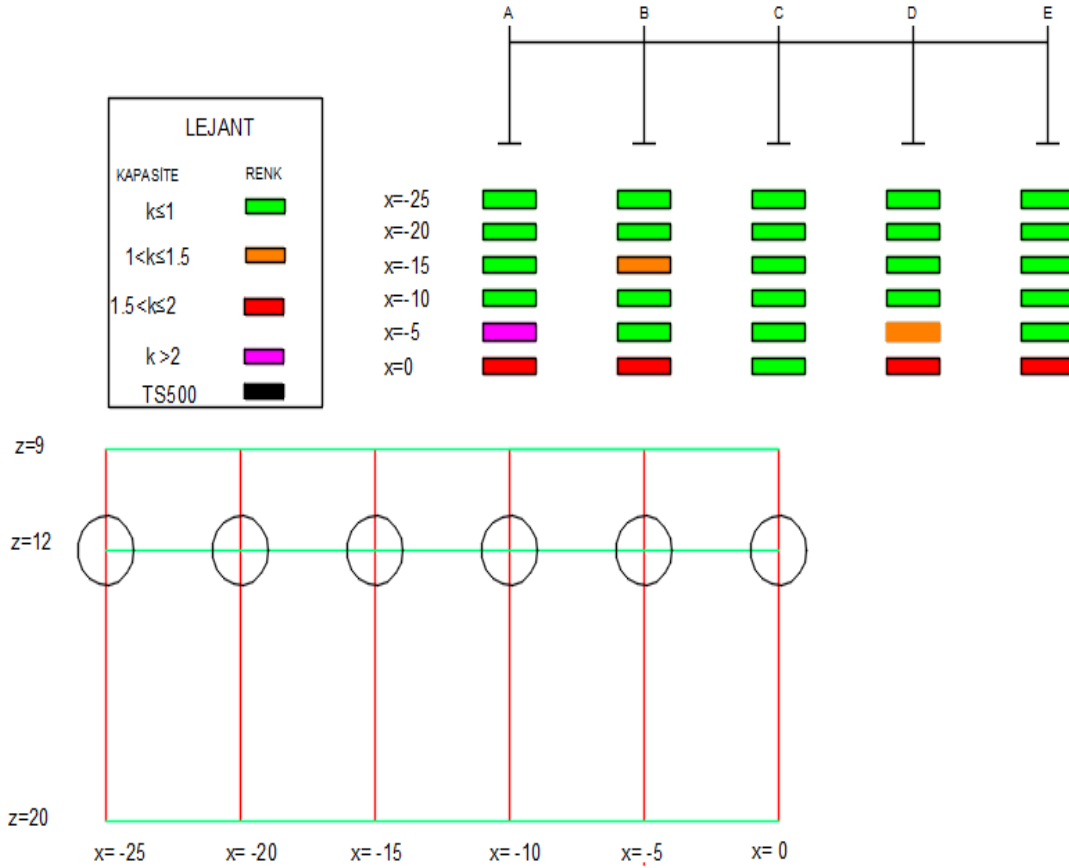
5.2.2 12 metre derinlikte kazılan tünellerin etkileri

12 metre derinlikte kazılar sonucunda oluşan yüzey oturmaları her iki formülle de hesaplanmış olup Çizelge 4.5 ve 4.8’de verilmiştir ve daha kritik sonuçlar verdiği için SAP2000 modeline Çizelge 4.8’deki değerler her kolon için girilmiştir. İki formülden gelen değerleri özetlemesi ve hangisinin daha kritik değerler verdiği daha net gösterebilmek adına Şekil 5.23’de grafik verilmiştir.



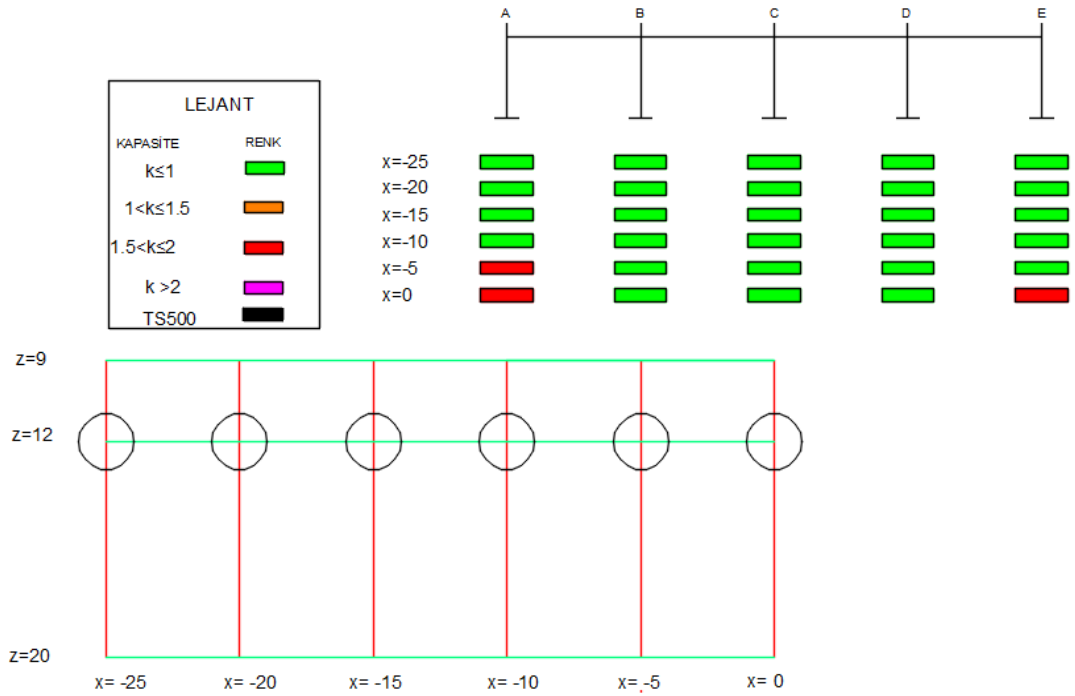
Şekil 5.23: Yüzey oturması $z=12$, killi zemin.

Şekil 5.23’den görüleceği üzere Loganathan&Poulos formülünden gelen yüzey oturma değerleri tünel ekseninden her uzaklık için daha yüksek gelmektedir. Bu sebeple Çizelge 4.8’deki değerler SAP2000 modeline girilmiştir ve analiz sonucuna göre kolon kapasitelerinin durumu incelenmiştir. Şekil 5.24’de 4.aks kolonlarının durumu özetlenmiştir.



Şekil 5.24: 5 katlı bina, z=12, killi zemin,4.aks.

Şekil 5.24'den görüleceği üzere $x=-25$ ve -20 koordinatlarında risk teşkil eden bir durumla karşılaşılmamıştır. $X=-15$ değerinde ise B4 kolonunda k değeri 1.29 olarak hesaplanmıştır. Bu nedenle bu -15 koordinatında yapılacak kazıda gerekli önlemler alınmalıdır. Kazı sırasında ayna basıncı, hafriyat alımı, enjeksiyon ve işçilik gibi teknik detaylar konusunda alanında uzman ekiplerin gerekli takipleri yapması gerekmektedir yüzey oturmalarını sınırlı tutmak amacıyla. $X=-5$ değerinde A4 kolonunda k değeri 2.5 D4 değeri ise 1.30 olarak hesaplanmıştır. $X=0$ koordinatında ise k değeri A4-E4 için 1.85 ve B4-D4 için 1.60 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler sonucunda binada ciddi hasarlar oluşacağı öngörülmektedir. Şekil 5.19'da $z=9$ metredeki durumla kıyaslandığında kapasite aşımalarında azalmalar beklendiği gibi gözlenmektedir lakin yine de bina aksları altından yapılacak TBM ile tünel kazısı bina için hala risk taşımaktadır. Şekil 5.25'te yine aynı derinlik için 3.aks zemin kat kolonlarının kapasite durumlarını gösteren çizim verilmiştir.

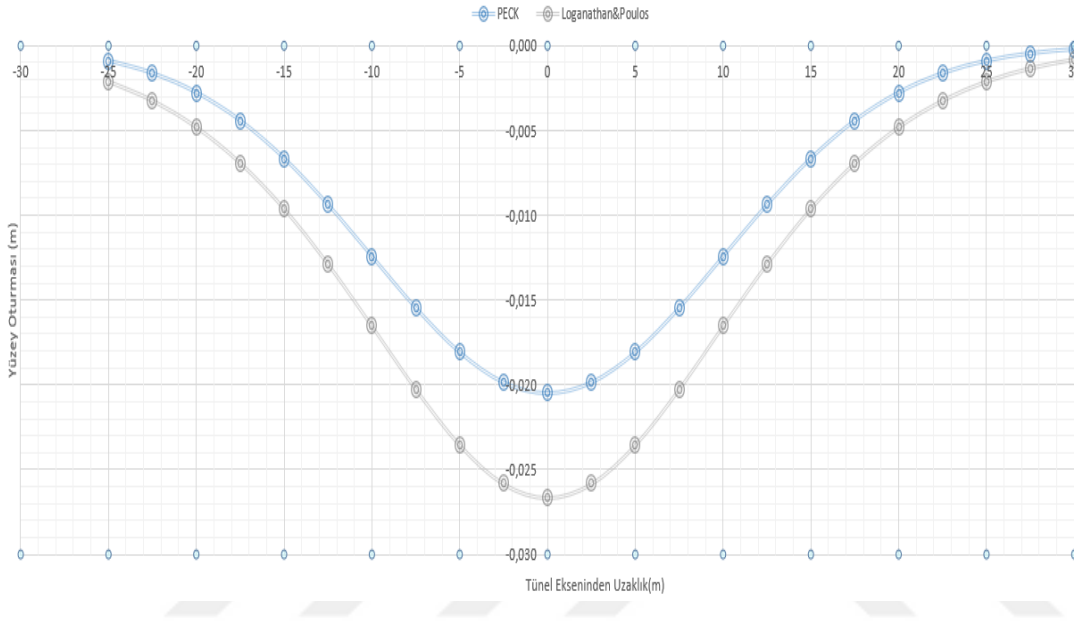


Şekil 5.25: 5 katlı bina, z=12, killi zemin, 3. aks.

Şekilde görüleceği üzere $x=-5$ değerine kadar kapasite aşımı 3.aks kolonlarında söz konusu değildir. $X=-5$ m değeri için k değeri 1.56 olarak hesaplanmıştır. $X=0$ değerinde ise k değeri A3-E3 kolonlarında 1.58 olarak hesaplanmıştır. $X=-5$ ve 0 'da oluşan bu kapasite aşımları bina açısından risk teşkil etmektedir. $Z=9$ metrede olduğu gibi 4 aksı kolonlarında 3 aksı kolonlarına kıyasla daha kritik sonuçlar elde edilmektedir. Daha sınırda kesit boyutlandırması ve donatılandırma dışında bir diğer önemli faktör ise kolonların konumlandırılmasında olan farklılıktır. 5. Bölümün başında Şekil 5.2'de görüleceği üzere 3 aksı kolonlarından A3-C3-E3 xz düzlemine güçlü yönde ve B3-D3 kolonları ise zayıf yönde konumlandırılmıştır. 4 aksı kolonlarından A4-C4-D4 xz düzlemine zayıf yönde ve B4-D4 kolonları ise güçlü yönde konumlandırılmıştır. Aks boyunca toplam rijitliğe dikkat edilirse 3 aksında rijitlik 4 aksına kıyasla daha fazla olmaktadır aynı kolon boyutlarına sahip oldukları varsayıldığında. Bu sebeple 4. aks kolonlarında daha kritik sonuçlar elde edilmektedir. Şekil 5.20'de $z=9$ metreye kıyasla kapasite aşımalarında ciddi bir düşüş olsa da k değerleri hala yüksek gelmektedir. Örtü kalınlığının sadece tünel çapının 2 katı olduğu düşünülürse 12 metre derinlikte sığ tünelleri temsil etmektedir. Bu nedenle kazı öncesinde, sırasında ve sonrasında gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir.

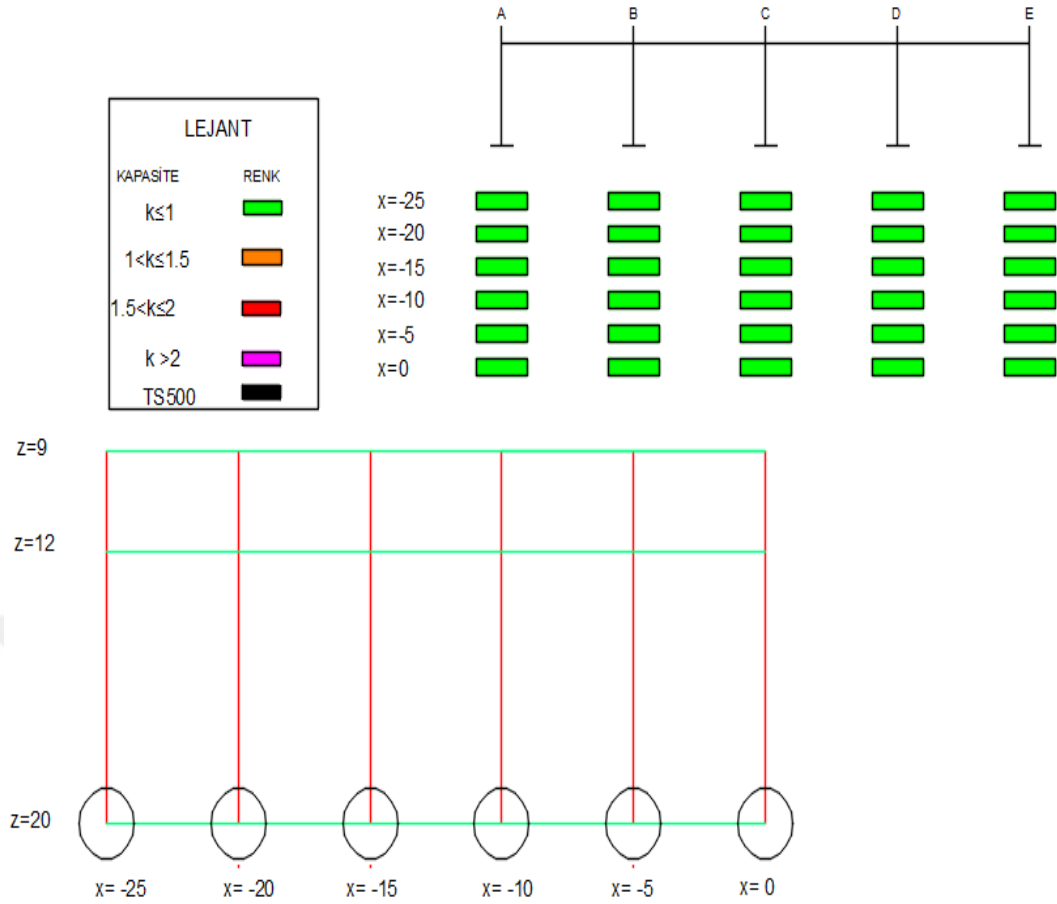
5.2.3 20 metre derinlikte kazılan tünellerin etkileri

Bu bölümde TBM'in 20 metrede kumlu zeminde kazı yapması sonucunda 5 katlı binada oluşacak etkiler incelenecektir. Tünel çapının iki katından daha fazla bir örtü derinliğine sahip olmasından dolayı bu derinlikte yapılan kazıların etkilerinin daha sınırlı olması beklenmektedir.Şekil 5.26'dan da görüleceği üzere diğer derinliklere kıyasla yüzey oturmalarında ciddi düşüşler vardır.



Şekil 5.26: Yüzey oturması z=20, killi zemin.

Şekilden görüleceği üzere Loganathan&Poulos formülünden daha yüksek yüzey oturma değerleri elde edilmektedir. Bu sebeple z=20 derinliğini temsil eden modellerde Loganathan&Poulos formülünden elde edilen değerler girilmiştir. Çizelge 4.9'da her x koordinatı için her kolona girilmiş değerler verilmiştir. Z=9 ve 12 metrede elde edilen yüzey oturmalarına kıyasla düşük yüzey oturmalarının hesaplanması dışında bir diğer fark ise büküm noktasının tünel eksenine uzaklığının fazla olmasıdır. Derinliğin artmasıyla beraber büküm noktasının konumu bina kolonlarından uzaklaşmaktadır. Şekil 5.26'da görüleceği üzere büküm noktası yaklaşık -20 ve +20 koordinatlarındadır. Bu noktalar bina kolonlarının dışında kalmaktadır. Z=9 ve 12 metre değerlerinde ise bina kolonlarına denk gelmektedir. Bu sebeple Z=20 derinliği için kritik sonuçlar beklenmemektedir. Şekil 5.27'te 3 ve 4. aks zemin kolonlarının yüzey oturmaları sonucunda kapasite durumlarını gösteren görsel verilmiştir.



Şekil 5.27: 5 katlı bina, z=20,killi zemin,3 ve 4.aks.

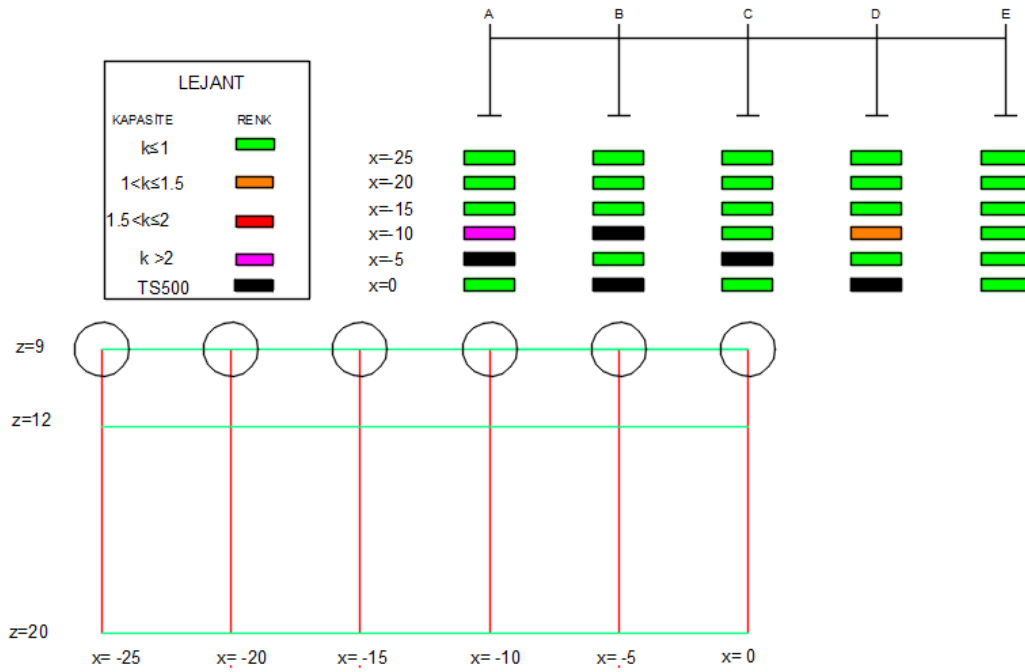
Şekil 5.27'ten görüleceği üzere 20 metre derinlik için 3 ve 4.aks kolonlarında aksel ve moment yükleri açısından kapasite aşımı söz konusu değildir. Bu derinlikte killi zeminde yapılacak kazılarda bina güvenliği açısından risk teşkil edecek bir durum söz konusu değildir.

5.3 Kumlu Zeminde Yapılan Tünel Kazılarının 4 Katlı Binaya Etkileri

Bu başlık altında kumlu zeminde yapılan tünel kazılarının önceki bölümlerde kolon boyutları ve donatılandırılması verilmiş 4 katlı bina üzerindeki etkileri irdelenecektir. Kumlu zemin olmasından dolayı daha önce açıklanmış sebeplerden ötürü sadece Peck (1969) çalışmasından alınmış formül kullanılmıştır. 3 başlık altında farklı tünel derinliklerindeki etkiler incelenmiştir. 9 ve 12 metrelik tünel derinliklerinde yüzey oturma eğrisi daha keskin hatlara sahip olduğu için 20 metreye kıyasla kolon kapasiteleri açısından daha riskli durumların oluşması beklenmektedir.

5.3.1 9 metre derinlikte kazılan tünellerin etkileri

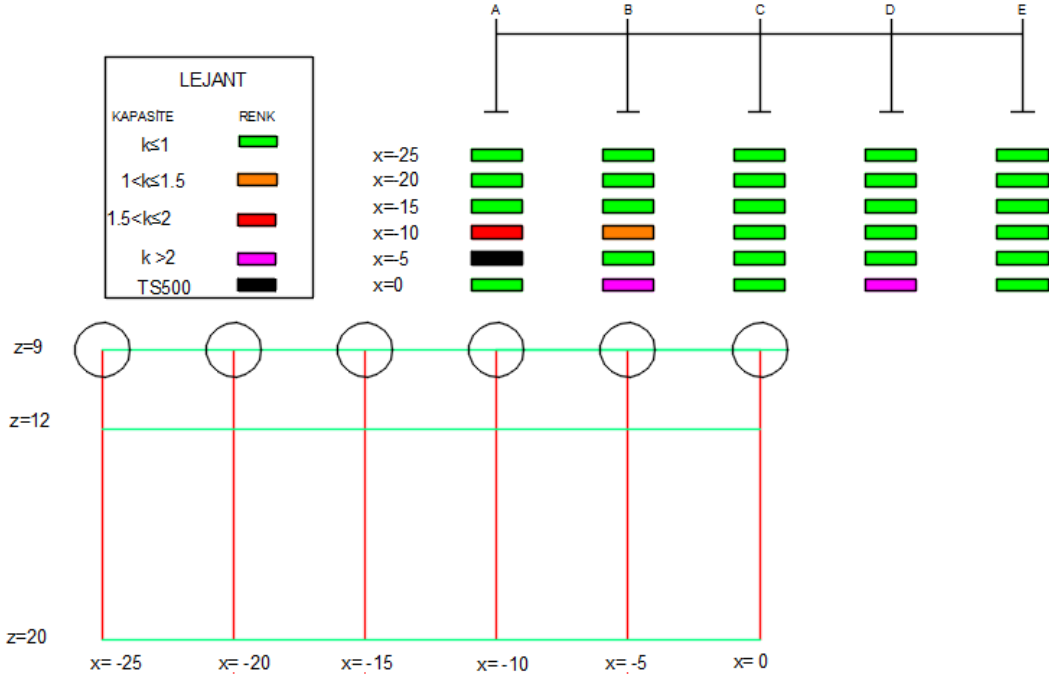
Kumlu zeminde 9 metre derinlikte TBM tarafından yapılan kazı sonucunda bina kolonlarında olması beklenen yüzey oturmalarını Çizelge 4.1’de verilmiştir. Ayrıca tünel ekseninden uzaklığa göre yüzey oturma grafiğinin nasıl değiştiğine dair grafik daha önceki bölümde Şekil 5.13’de verilmiştir. Şekil 5.28’de yüzey oturması ve düşey yükler ortak etkisi altında 4.aksta zemin kat kolonlarının durumuna dair çizim verilmiştir.



Şekil 5.28: 4 katlı bina, z=9, kumlu zemin, 4.aks.

Şekilden görüleceği üzere x=-25,-20 ve -15 koordinatlarında TBM’le kazı yapılması sonucu bina açısından risk teşkil eden bir durumla karşılaşılmamaktadır. X=-10 değeri için A4 kolonunda moment kapasitesinde aşım söz konusudur. Lejantta gösterilen k değeri 2.14 olarak hesaplanmıştır. Denklem 5.4’te gösterilen TS 500 eksenel yük sınırlaması ise B4 kolonu için %15 mertebesinde aşılmıştır. D4 kolonunda çok sınırdaki bir kapasite aşımı hesaplanmaktadır. K değeri 1.03 olarak hesaplanmıştır. X=-5 koordinatı için A4 ve C4 kolonunda eksenel olarak kapasite aşımı söz konusudur. A4 kolonu için %25 hesaplanırken C4 kolonu için kapasite aşımı %45 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler bina güvenliğini açısından ciddi riskler taşımaktadır. X=0 değeri için ise tünelin simetri ekseninden dolayı B4 ve D4 kolonlarında aynı eksenel aşım söz konusudur ve %50 mertebesinde bulunmaktadır.

Daha önce Şekil 5.13’de izah edildiği üzere yüzey oturma grafiğindeki büküm noktaları tünel ekseninden 5 metre uzağa denk gelmektedir. Bu mesafe maksimum yüzey oturmasına maruz kalan kolona komşu kolonların konumuyla çakışmaktadır. Bu sebeple $x=-10,-5$ ve 0 değerleri için komşu kolonlar ciddi kapasitelerinin üzerinde yüklere maruz kalmaktadır. Bu koordinatlarda yapılacak tünel kazıları bina açısından bu sebeple risk teşkil etmektedir. Şekil 5.29’de 3.aks kolon kapasite durumları gösterilmiştir.



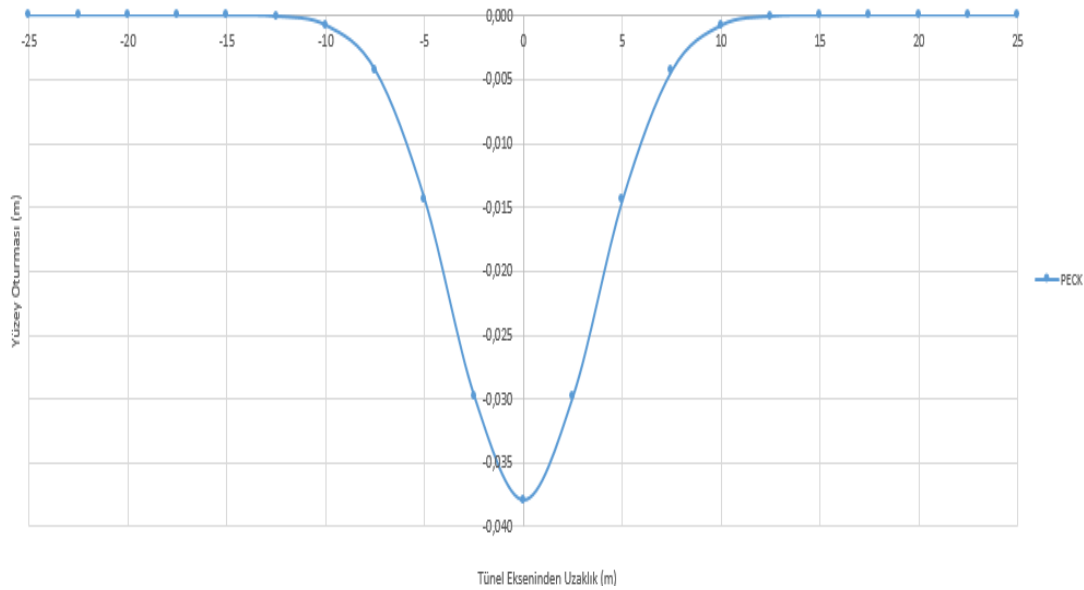
Şekil 5.29: 4 katlı bina, z=9, kumlu zemin, 3.aks.

Şekilden görüleceği üzere 4.aks elde edilen sonuçlara benzer sonuçlar elde edilmiştir. $X=-25$, -20 ve -15 değerleri için riskli bir durum söz konusu değildir. $X=-10$ değeri için A3 kolonunda k değeri 1.72 olarak hesaplanırken B3 kolonu için bu değer 1.08’dir. $X=-5$ koordinatında yapılacak olan tünel kazısında A3 kolonu eksenel yük sınırının üzerinde yüke maruz kalmaktadır. Denklem 5.4’te verilmiş olan TS500 sınırlamasıyla yapılan oransal kıyas sonucu %9’luk bir aşım söz konusudur. $X=0$ koordinatında B3 ve D3 kolonlarında k değeri 2.09 olarak hesaplanmıştır. Gereken donatı alanı 7040 mm^2 olarak hesaplanmış iken mevcut donatı alanı 2413 mm^2 ’dir ($12\text{Ø}16$). 3.aks ve 4.aks beraber gözönüne alındığında $z=9$ metre derinliği için aşağıdaki sonuçlar ortaya çıkmaktadır ;

- X=-25,-20 ve -15 değerlerde bina açısından risk teşkil edecek bir durumla karşılaşılmamaktadır.
- X=-10,-5 ve 0 koordinatlarında yapılacak kazılar bina güvenliği açısından riskler taşımaktadır. Gereken önlemler alınmalıdır.
- Yüzey Oturmaları tünelin sığ olması sebebiyle yüksek olmaktadır. Bunun sonucunda bina zemin kat kolonları kapasitelerinin üzerinde yüklere maruz kalmaktadır.
- Büküm noktaları dikkat edilmesi gereken ayrı bir önemli husustur. Örneklerde görüleceği üzere büküm noktalarında konumlanmış kolonlar kapasitelerinin üzerinde yüklere maruz kalmaktadırlar.

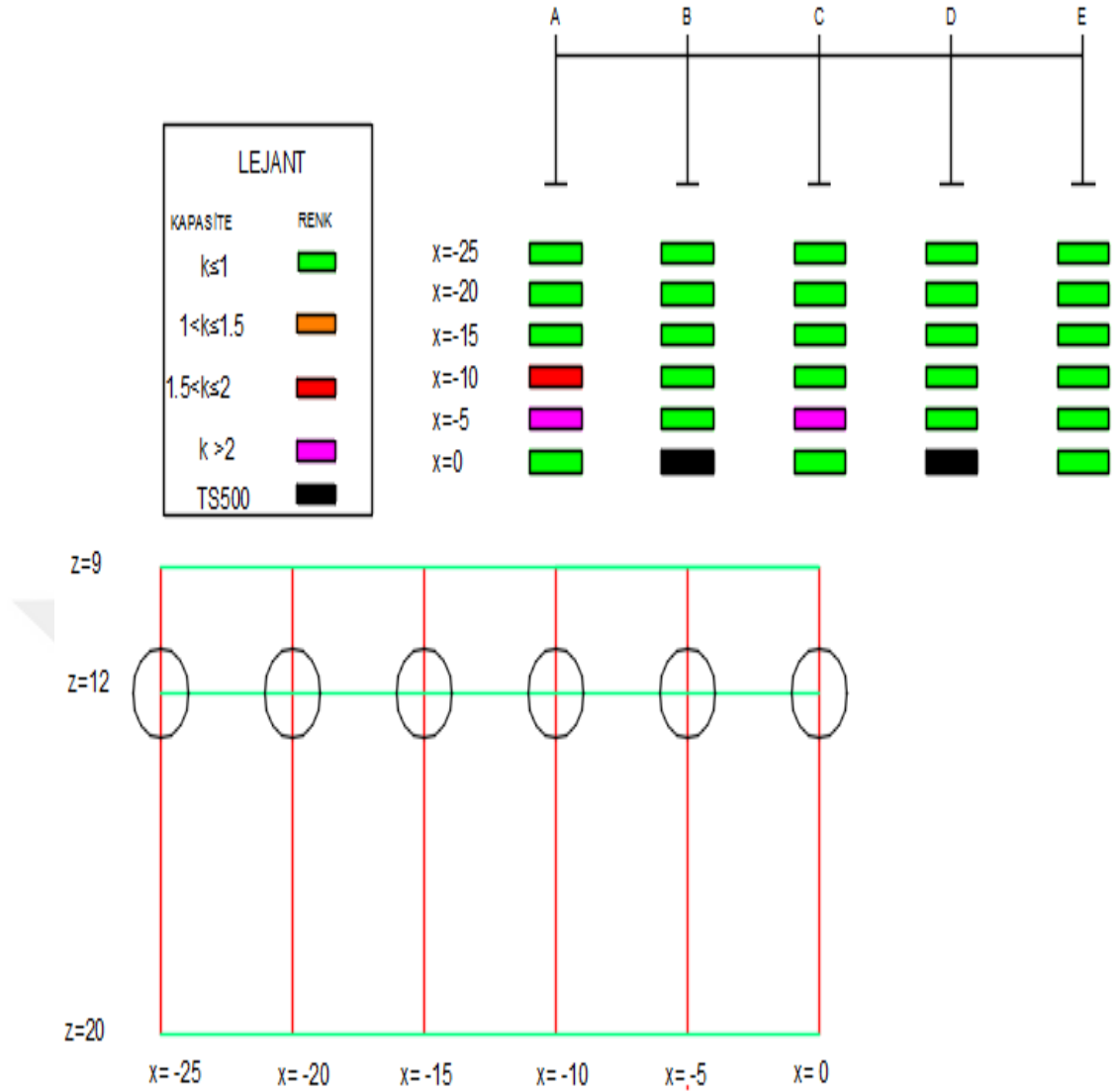
5.3.2 12 metre derinlikte kazılan tünellerin etkileri

Kumlu zeminde 12 metre derinlikte TBM tarafından yapılan kazı sonucunda bina kolonlarında olması beklenen yüzey oturmalarını Çizelge 4.2’de verilmiştir. Ayrıca tünel ekseninden uzaklığa göre yüzey oturma grafiği Şekil 5.30’da verilmiştir.



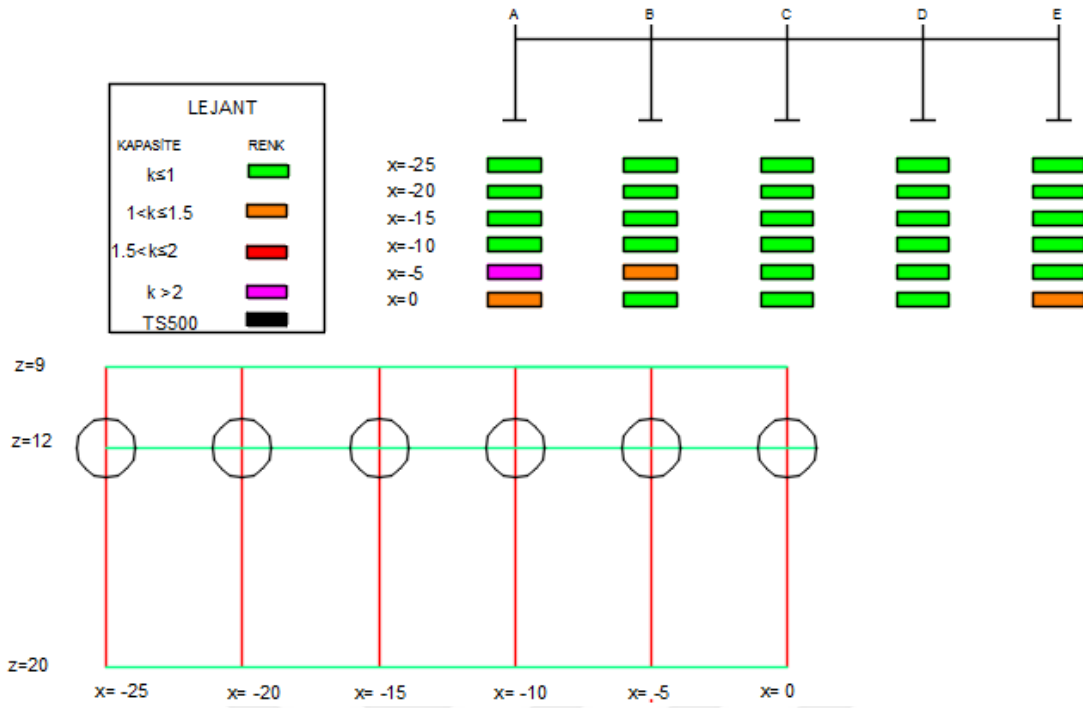
Şekil 5.30: Yüzey oturması z=12, kumlu zemin.

Şekil 5.30’dan görüleceği üzere maksimum yüzey oturması yaklaşık 0.04 m mertebesindedir. Şekil 5.31’de 4.aks zemin kat kolonlarının düşey yükler ve yüzey oturması ortak etkisi altındaki kapasite durumlarını gösteren çizim verilmiştir.



Şekil 5.31: 4 katlı bina, z=12,kumlu zemin,4.aks.

Şekilden görüleceği üzere $x=-25$, -20 ve -15 değerleri için kolonlar kapasitelerinin altında yüklere maruz kalmaktadırlar. Bu sebeple riskli bir durum söz konusu değildir. $X=-10$ koordinatında yapılacak kazıda A4 kolonunda kapasite aşımı söz konusudur. Lejantta gösterilen k değeri 1.65 olarak hesaplanmıştır. $X=-5$ koordinatında tünel eksenine komşu kolonlar büküm noktasına yakın olmaları sebebiyle yüksek yüklere maruz kalmışlardır. K değeri sırasıyla 3.60 ve 4.30'dur. Kolonlar kapasitelerinin çok üzerinde yüklere maruz kalmaları sebebiyle bu koordinatta yapılacak kazılar ciddi riskler taşımaktadır. $X=0$ değeri için B4 ve D4 kolonlarında aksel olarak sınırın aşılması söz konusudur. Yaklaşık % 6'lık bir aşım söz konusudur. Şekil 5.32'de 3.aksa dair sonuçlar verilmiştir.

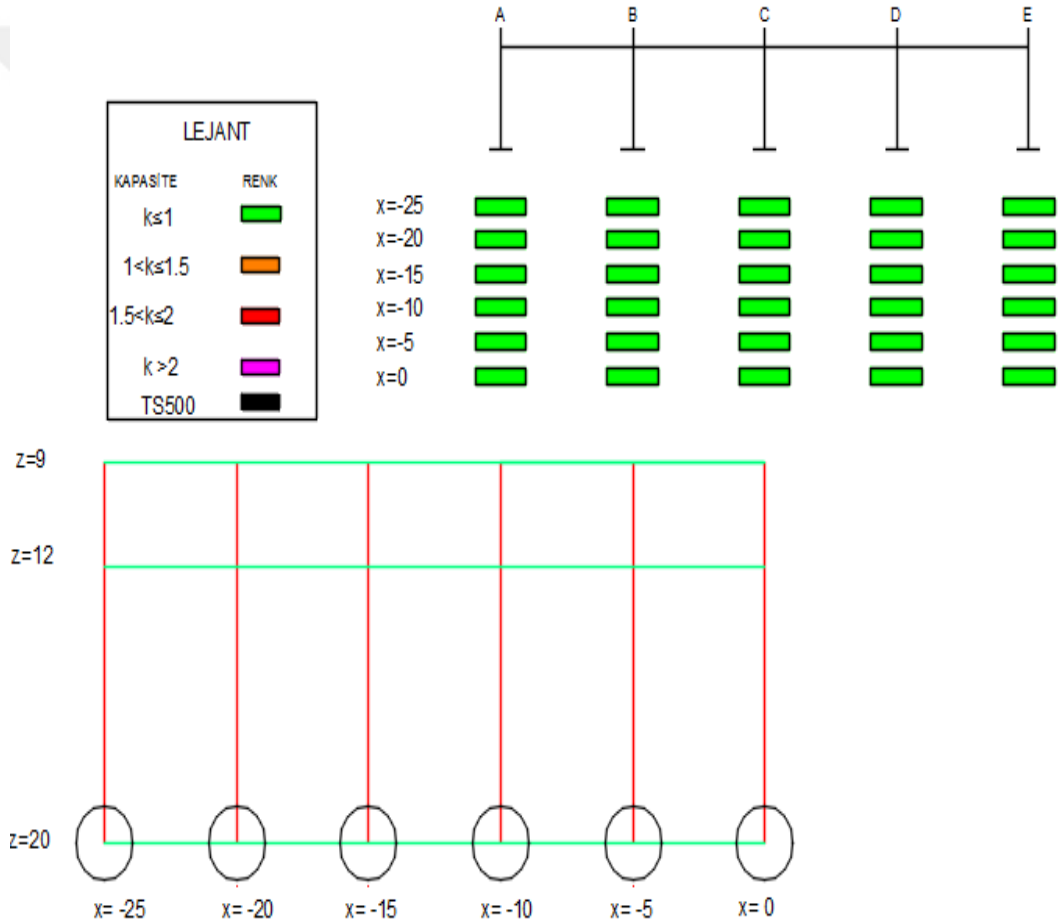


Şekil 5.32: 4 katlı bina, z=12, kumlu zemin, 3. aks.

Şekil 5.32'den görüleceği üzere $x=-5$ koordinatına kadar yapılacak tünel kazılarında 3. aks kolonları için riskli bir durum söz konusu değildir. $x=-5$ koordinatı için A3 kolonunda k değeri 3.55 hesaplanırken B3 kolonunda bu değer 1.01 gibi çok sınırdaki bir değer çıkmıştır. Düşey yüklerin büyüklüğü ve güvenlik katsayıları gözönüne alındığı vakit B3 kolonu için risk çok sınırlıdır. $x=0$ değeri için A3-E3 kolonlarında k değeri 1.15 olarak hesaplanmıştır. 3 ve 4. aks birlikte dikkate alınır, güvenli tarafta kalarak yapılacak yorumda $x=-25, -20$ ve -15 değerlerinde binada kayda değer bir hasar beklenmemektedir. Bina kolonları altında kazı yapılmaya başlanıldığı vakit ($x=-10, -5$ ve 0) yüzey oturmaları hızla yükselmekte ve kapasite aşımaları söz konusu olmaktadır. Aynı zemin koşullarında $z=9$ metre değeri içinde benzer yorumlar Şekil 28 ve Şekil 5.29'da yapılmıştır. $Z=9$ m ve $z=12$ metre değerleri arasında maksimum yüzey oturması, k oranlarının büyüklüğü farklı olsada bina kolonları altından geçen ($x=-10, -5$ ve 0) kazılar sonucunda her iki durum içinde ciddi hasarlar beklenmektedir. Bu koordinatlarda yapılacak kazılarda kolon boyutları, malzeme dayanımları belli olan bu bina için kazı öncesi önlemler alınması gerektiği açıktır. $Z=20$ metre için sonuçlar sıradaki bölümde verilmiştir.

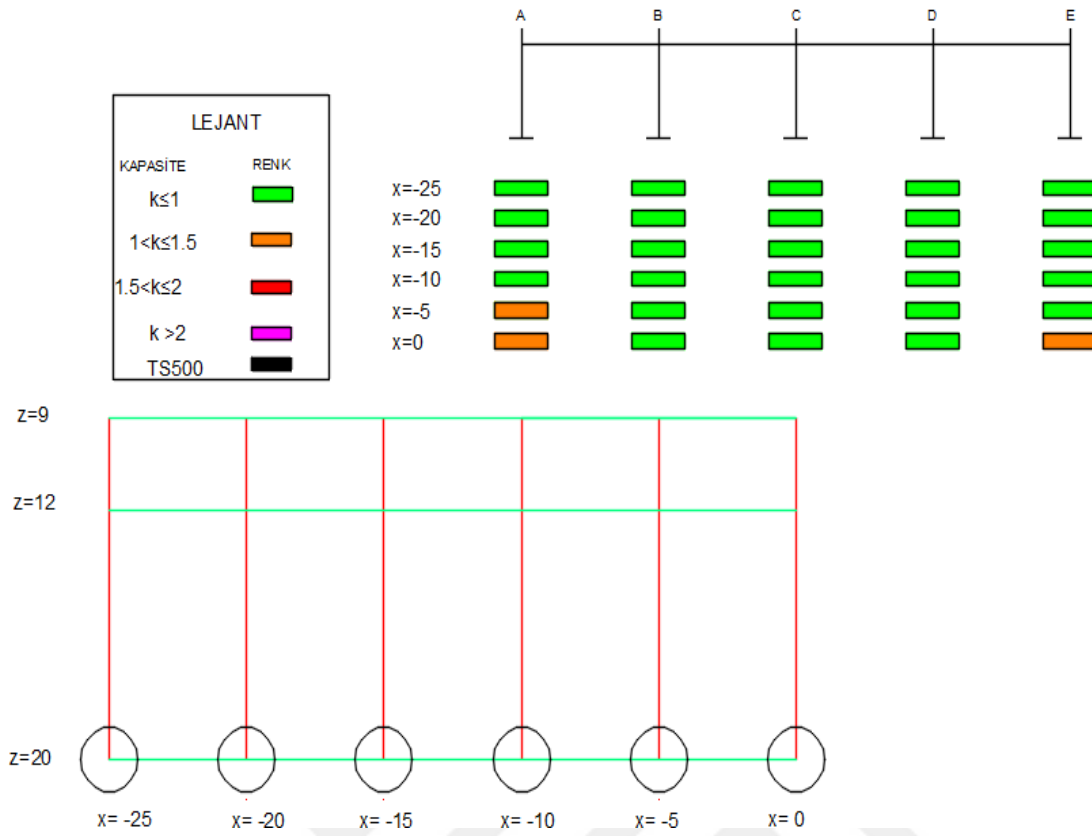
5.3.3 20 metre derinlikte kazılan tünellerin etkileri

Bu bölümde TBM ile 20 metre derinlikte kumlu zeminde yapılacak kazının 4 katlı bina üzerindeki etkisi incelenecektir. Daha önceki bölümlerde her bir kolon için SAP2000 üzerinden modele girilen yüzey oturma değerleri Çizelge 4.3'te , yüzey oturma eğrisinin tünel ekseninden olan mesafeye göre dağılımı ise Şekil 5.19'da verilmişti. Z=20 metre için beklenen sonuç yüzey örtüsünün artışıyla beraber yüzey oturmalarında düşüş yaşanmasıdır. Bu beklenti bahsedilen çizelge ve şekildeki çizimle uyumluluk göstermektedir. Yüzey oturmalarının azalmasıyla paralel olarak zemin kat kolonlarının maruz kaldığı yüklerin z=9 ve z=12 metre derinlikte olan etkilere kıyasla ciddi şekilde azalması beklenmektedir. Şekil 5.33'de 4.aks a ait sonuçlar verilmiştir.



Şekil 5.33: 4 katlı bina, z=20, kumlu zemin, 4.aks.

Şekil 5.33'den görüleceği üzere bu derinlikte yapılacak kazıda 4.aks zemin kat kolonlarında kapasite aşımı öngörülmemektedir. Şekil 5.34'de 3.aks zemin kat kolonlarına ait sonuçlar verilmiştir.



Şekil 5.34: 4 katlı bina, $z=20$, kumlu zemin, 3.aks.

Şekil 5.34'den görüleceği üzere $x=-5$ m koordinatına kadar kapasite aşımı hesaplanmamıştır. $X=-5$ metrede A3 kolonu için k değeri 1.04 olarak hesaplanmıştır. $X=0$ değerinde ise A3 ve E3 kolonlarında k değeri 1.05 hesaplanmıştır. Görüleceği üzere çok sınırlı bir kapasite aşımı söz konusudur. Düşey yükler ve güvenlik katsayıları dikkate alındığında $x=-5$ ve 0 koordinatlarında kayda değer bir hasar beklenmemektedir. Kumlu zeminde yapılacak kazılarda 4 katlı binaya ait sonuçlar sırayla şunlardır ;

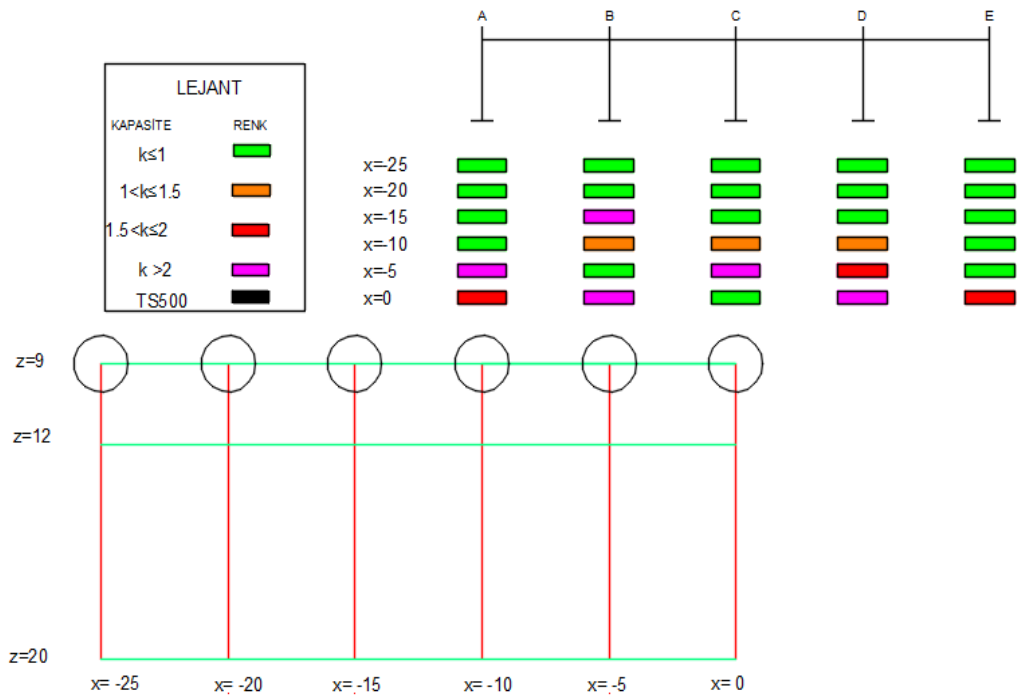
- $Z=9$ metre için bina kolonları altında yapılacak kazılar risk teşkil etmektedir
- $Z=12$ metre için bina kolonları altında yapılacak kazılar risk teşkil etmektedir
- $Z=20$ metre için bina kolonları altında güvenle kazı yapılabilir
- $Z=9$ metre için dış kolonlara 5 metreden yakın olmayacak şekilde güvenle kazı yapılabilir
- $Z=12$ metre için dış kolonlara 5 metreden yakın olmayacak şekilde güvenle kazı yapılabilir

5.4 Killi Zeminde Yapılan Tünel Kazılarının 4 Katlı Binaya Etkileri

Bu bölümde killi zeminlerde üç farklı derinlikte TBM vasıtasıyla kazılacak metro tünellerinin kolon boyutları, malzeme mukavemetleri verilmiş 4 katlı bina üzerindeki etkileri araştırılacaktır. Killi zemin olmasından dolayı ve daha kritik sonuçlar vermesinden dolayı Loganathan&Poulos formülünden gelen yüzey oturmaları SAP2000 modellerine işlenmiştir.

5.4.1 9 metre derinlikte kazılan tünellerin etkileri

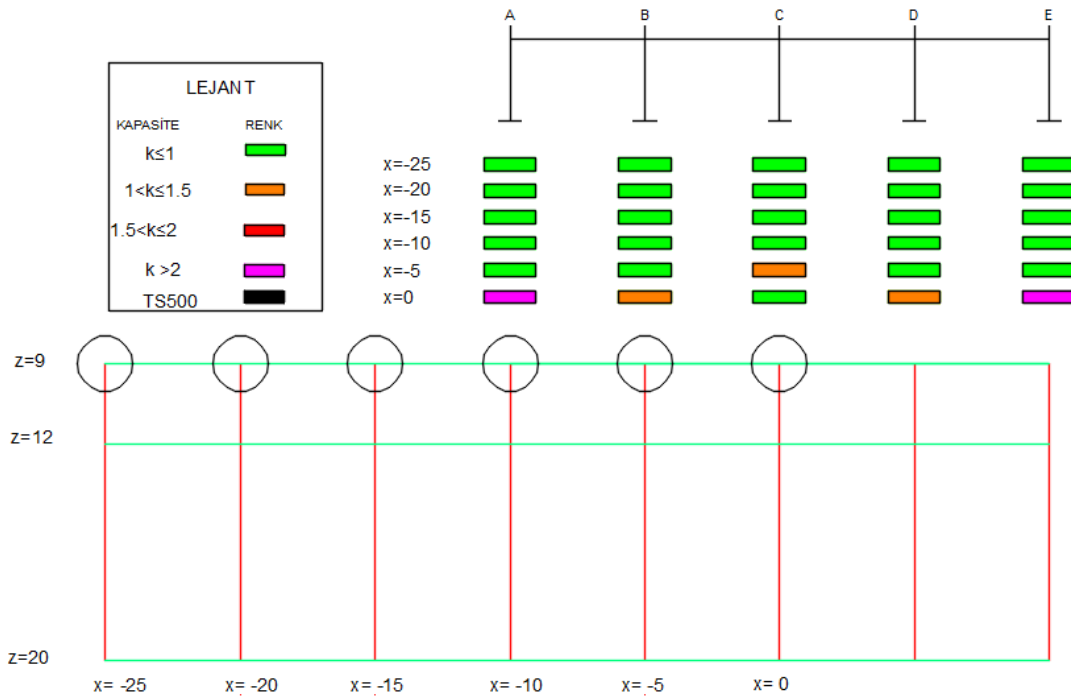
Çizelge 4.7’de 3.aks ve 4.aks bina kolonları için girilen yüzey oturma değerleri verilmiştir. Şekil 5.20’de tünel ekseninden uzaklığa göre yüzey oturmalarının değişimini gösteren grafik verilmiştir. Şekil 5.35’de kazı sırasında oluşan yüzey oturmasının 4.aks zemin kat kolonları üzerindeki etkileri verilmiştir.



Şekil 5.35: 4 katlı bina, z=9 m, killi zemin, 4.aks.

Şekil 5.35’den görüleceği üzere x=-25 m ve -20 m değerleri için zemin kat kolonlarında kapasite zorlanmaları söz konusu değildir. X=-15 değeri için B4 kolonu için k değeri 2.25 hesaplanmıştır. X=-10 değeri için B4, C4 ve D4 kolonları için kapasite aşımı söz konusu olup k değeri sırasıyla 1.37, 1.04 ve 1.05 olarak hesaplanmıştır. C4 ve D4 kolonları için kapasite aşımı çok sınırlı olmakla beraber

kontrollü yapılacak kazıda bir risk taşımamaktadır. B4 kolonu için elde edilen sonuç diğer iki kolona kıyasla daha kritiktir. $X=-5$ değeri için A4, C4 ve B4 kolonlarında sınır değeri aşılmış olup k değeri sırasıyla 4.1, 2.5 ve 1.65 olarak hesaplanmıştır. Bu koordinatta yapılacak kazı, bina kolonlarını taşıyabilecekleri yüklerin çok üstünde yüklere maruz bırakılmaktadır. Elde edilen verilere göre binada ciddi hasarlar oluşması kaçınılmazdır. $X=0$ koordinatı için C4 kolonu dışında bütün kolonlarda kapasiteler aşılmıştır. A4-E4 için k değeri 1.65 olarak hesaplanırken B4-D4 için 3.90 olarak hesaplanmıştır. Elde edilen veriler ışığında çıkan sonuca göre bina dış kontörüne 10 metre mesafeden daha yakın kazılar bina açısından risk taşımaktadır. Şekil 5.36'da 3. aks zemin kat kolonlarına ait sonuçlar verilmiştir.



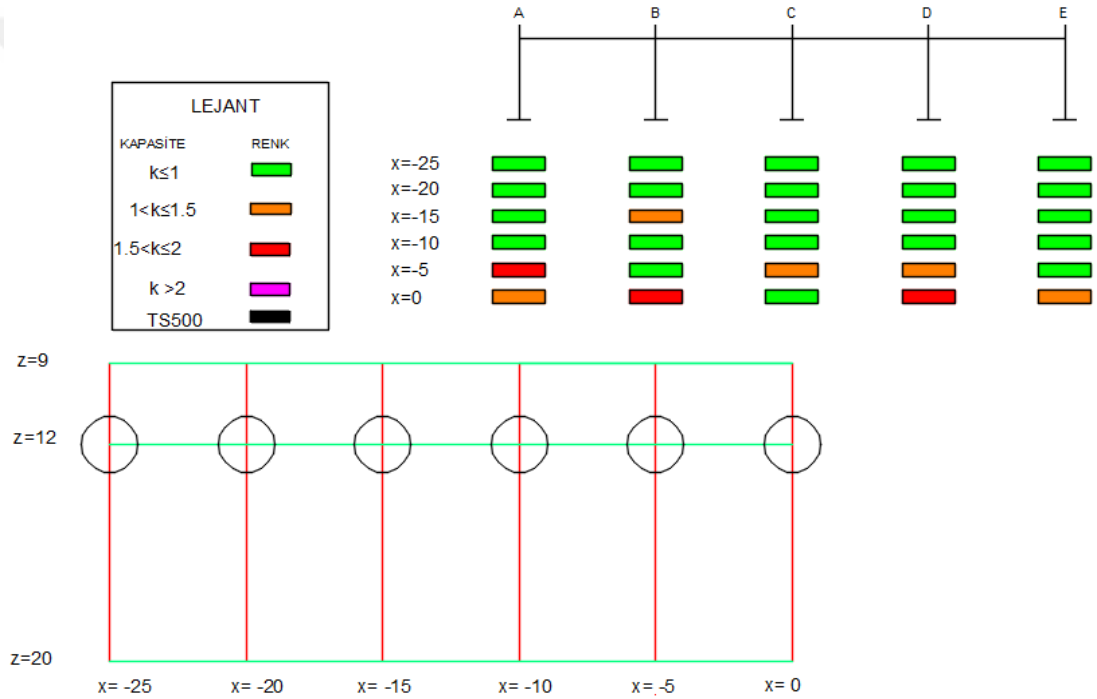
Şekil 5.36: 4 katlı bina, $z=9$ m, killi zemin, 3. aks.

Şekilden görüleceği üzere $x=-5$ değerine kadar herhangi bir hasar binaya ait kolonlarda öngörülmektedir. $X=-5$ değerinde ise C3 kolonu taşıyabileceği yüklerden daha yüksek mertebede yüklere maruz kalmıştır. k değeri söz konusu kolon için 1.30 hesaplanmıştır. $X=0$ değeri için simetri merkezinde bulunan C3 kolonu dışında bütün kolonlarda sınır değerler aşılmıştır. A3-E3 için k değeri 2.15 ve B3-D3 kolonu için bu değer 1.05 hesaplanmıştır. B3-D3 değeri için ciddi bir hasar beklenmesede A3-E3 kolonları için sonuçlar risklidir. 4. Aksta elde edilen sonuçlar 3. aksa kıyasla daha kritik çıkmıştır. Kolon donatı detaylandırmasında olan farkın dışında bir diğer sebep ise kolon yerleşimidir. 4. Aksta ait kolonlar kare olarak seçilmişken 3. aksa ait kolonlar

dikdörtgen seçilmiş ve daha rijit olan yönde konumlandırılmıştır. Binayı bir bütün olarak ele alındığında 4.aksa ait sonuçların göz önüne alınması güvenli tarafta olunmasını sağlayacaktır. Bu bağlamda bina dış kontörüne 10 metre mesafeden daha yakın kazılar bina açısından risk taşımaktadır.

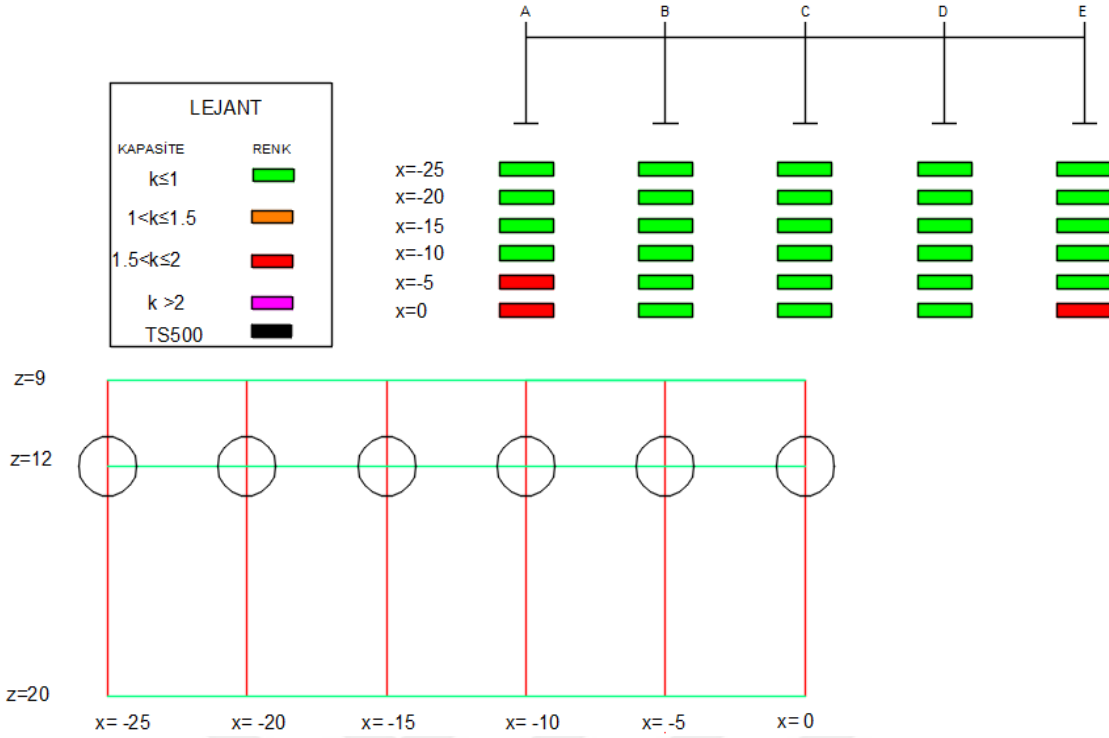
5.4.2 12 metre derinlikte kazılan tünellerin etkileri

Çizelge 4.8’de 3.aks ve 4.aks bina kolonları için girilen yüzey oturma değerleri verilmiştir. Şekil 5.23’de tünel ekseninden uzaklığa göre yüzey oturmalarının değişimini gösteren grafik verilmiştir. Şekil 5.37’de kazı sırasında oluşan yüzey oturmasının 4.aks zemin kat kolonları üzerindeki etkileri verilmiştir.



Şekil 5.37: 4 katlı bina, z=12 m, killi zemin, 4.aks.

Şekilden görüleceği üzere x=-25 ve -20 değerleri için kapasite zorlanması söz konusu değildir. X=-15 metrede B4 kolonu için k değeri 1.18 olarak hesaplanmıştır. X=-10 için zemin kat kolonları taşıyabilecekleri yüklerin altında kalan yüklere maruz kalmışlardır. X=-5 için A4, C4 ve D4 kolonlarında kapasitenin aşıldığı gözükmemektedir. Bahsi geçen kolonlar için k değeri sırasıyla 1.57 , 1.08 ve 1.09 olarak hesaplanmıştır. C4 ve D4 kolonu kendi içlerinde sınırlı bir kapasite zorlanmasına maruz kalsada A4 kolonu için sonuç kayda değerdir. Şekil 5.38’de 3.aks zemin kat kolonlarına ait sonuçlar verilmiştir.

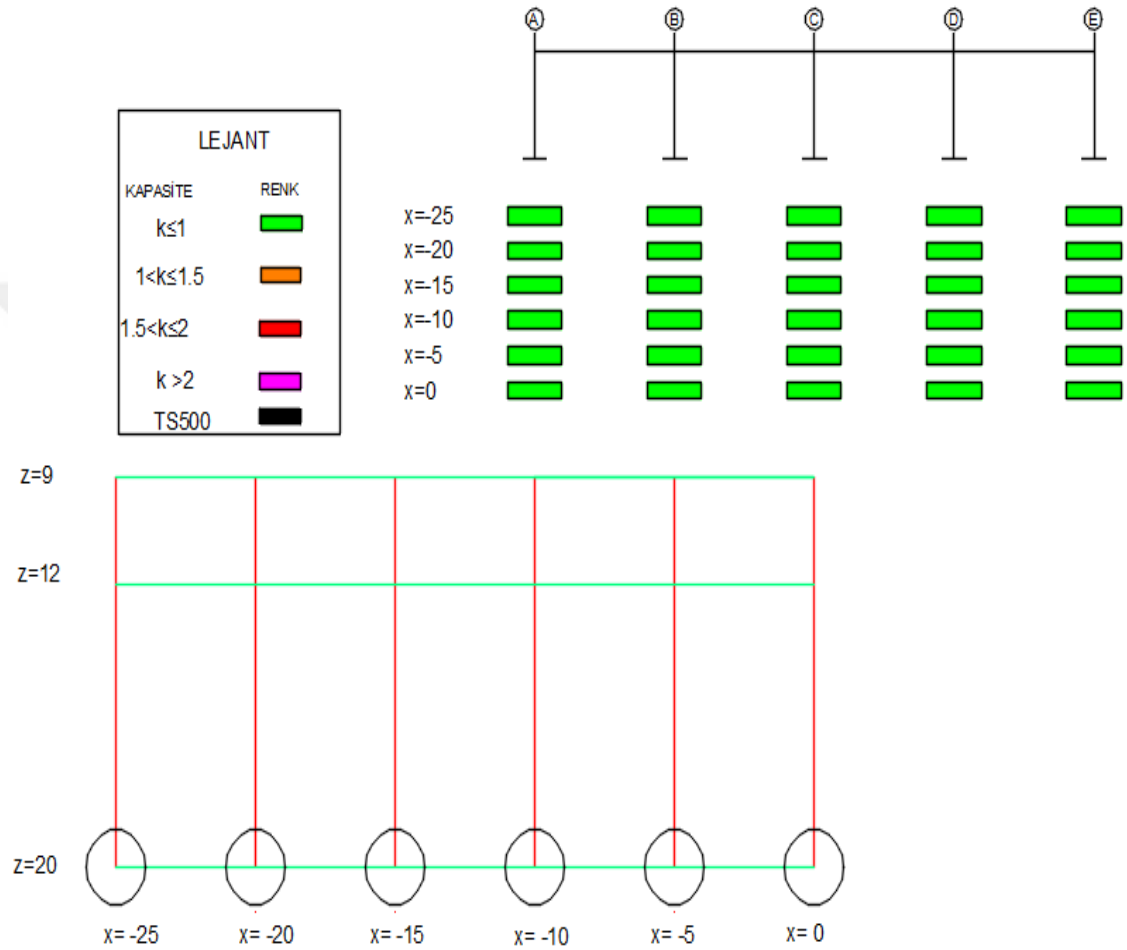


Şekil 5.38: 4 katlı bina, z=12 m, killi zemin, 3.aks.

Şekil 5.38'den görüleceği üzere $x=-5$ koordinatına kadar zemin kat kolonlarında kapasite aşımı söz konusu değildir. $X=-5$ koordinatı için A3 kolonunda k değeri 1.67 hesaplanmıştır. Maruz kaldığı yükler altında gereken donatı alanı 2835 mm^2 olması gerekirken mevcut donatı $8\text{Ø}14(1232 \text{ mm}^2)$ 'dir. Bu nedenle bu koordinatta yapılacak kazı sırasında bina hasar alacaktır. $X=0$ koordinatında A3 ve E3 kolonunda k değeri 1.60 olarak hesaplanmıştır. 3. ve 4.akslara ait sonuçlar beraber incelendiği vakit kapasiteleri aşan kolon sayısı, ve büyüklüğü gibi farklar göze çarpmaktadır. Bunun sebebi donatılandırma detayları, kolon boyutlarının farklı olması sonucu sistemin rijitliğinin farklı olması ve buna bağlı olarak kolonlardaki yük dağılımının değişmesidir. Binanın bir bütün olduğu gerçeği gözönüne alındığında güvenli tarafta kalmak amacıyla daha kritik olan aks sonuçlarını dikkate almak daha doğru olacaktır. Bununla beraber her iki aks için $x=-5$ ve 0 koordinatlarında $z=12 \text{ m}$ 'de kumlu zeminde yapılacak kazı sonucu binada hasır oluşması beklenmektedir. Ayrıca her iki aks için $x=-25, -20$ ve -10 koordinatlarında bina kolonlarının kapasitelerine ulaşmaları beklenmemektedir. 3.Akstan farklı olarak $x=-15$ koordinatı için 4.aksta B4 kolonunda k değeri 1.18 olarak hesaplanmıştır. Bu sebeple bu koordinatta yapılacak kazıda 4.aksa ait sonucun dikkate alınması gerekmektedir.

5.4.3 20 metre derinlikte kazılan tünellerin etkileri

Çizelge 4.9’de 3.aks ve 4.aks bina kolonları için girilen yüzey oturma değerleri verilmiştir. Şekil 5.26’da tünel ekseninden uzaklığa göre yüzey oturmalarının değişimini gösteren grafik verilmiştir. Şekil 5.39’da kazı sırasında oluşan yüzey oturmasının 3.aks ve 4.aks zemin kat kolonları üzerindeki etkileri verilmiştir.



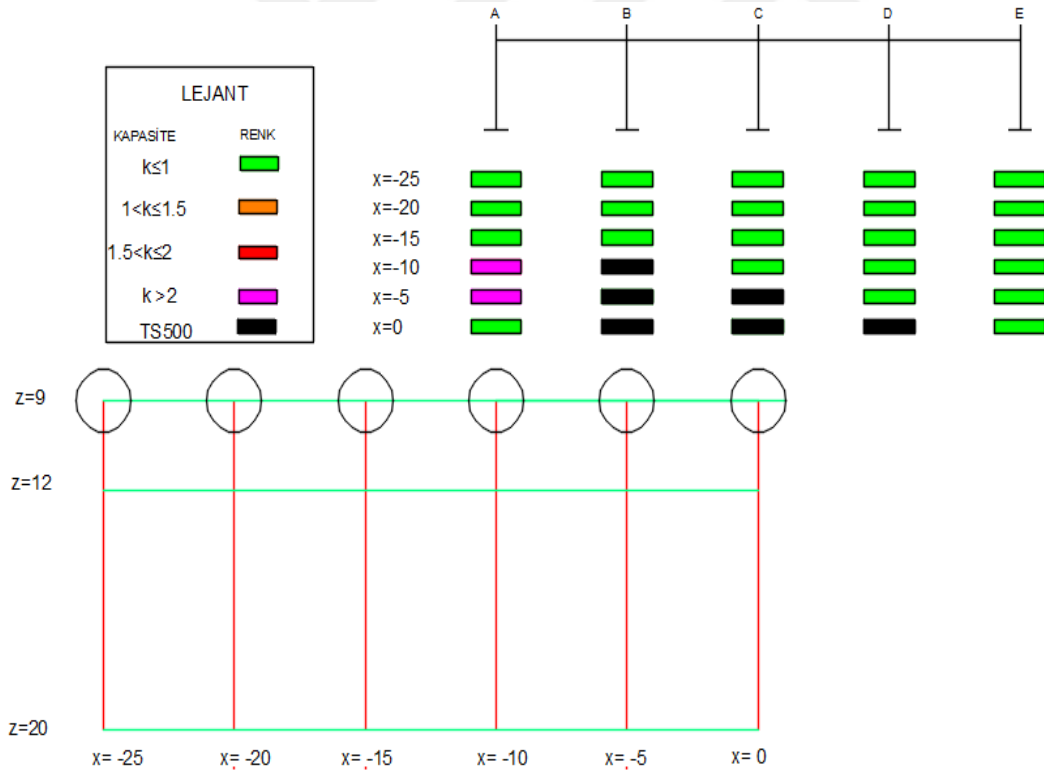
Şekil 5.39’den görüleceği üzere 3 ve 4.aks zemin kat kolonları için herhangi bir x koordinatı için kapasite aşımı söz konusu değildir. 20 metrede yapılacak kazı için beklendik sonuçlar gelmiştir. Büküm noktasının tünel ekseninden uzaklaşması sonucunda yüzey oturması eğrisi daha yumuşak hatlara sahip olduğu kolonlar arasında yüzey oturma büyüklüğü farkı daha düşük olması sebebiyle yüzey oturması kaynaklı kolonlara binen ekstra eksenel yük ve momentler düşük olmaktadır. Bu sebeple kapasite aşılması ihtimali düşmektedir.

5.5 Kumlu Zeminde Yapılan Tünel Kazılarının 3 Katlı Binaya Etkileri

Bu bölümde kumlu zeminde 3 farklı derinlikte TBM ile yapılacak kazıların 3 katlı bina üzerindeki etkileri irdelenecektir. Kumlu zemin olmasından dolayı Peck formülünden gelen yüzey oturmaları SAP2000 modellerine işlenmiştir.

5.5.1 9 metre derinlikte kazılan tünellerin etkileri

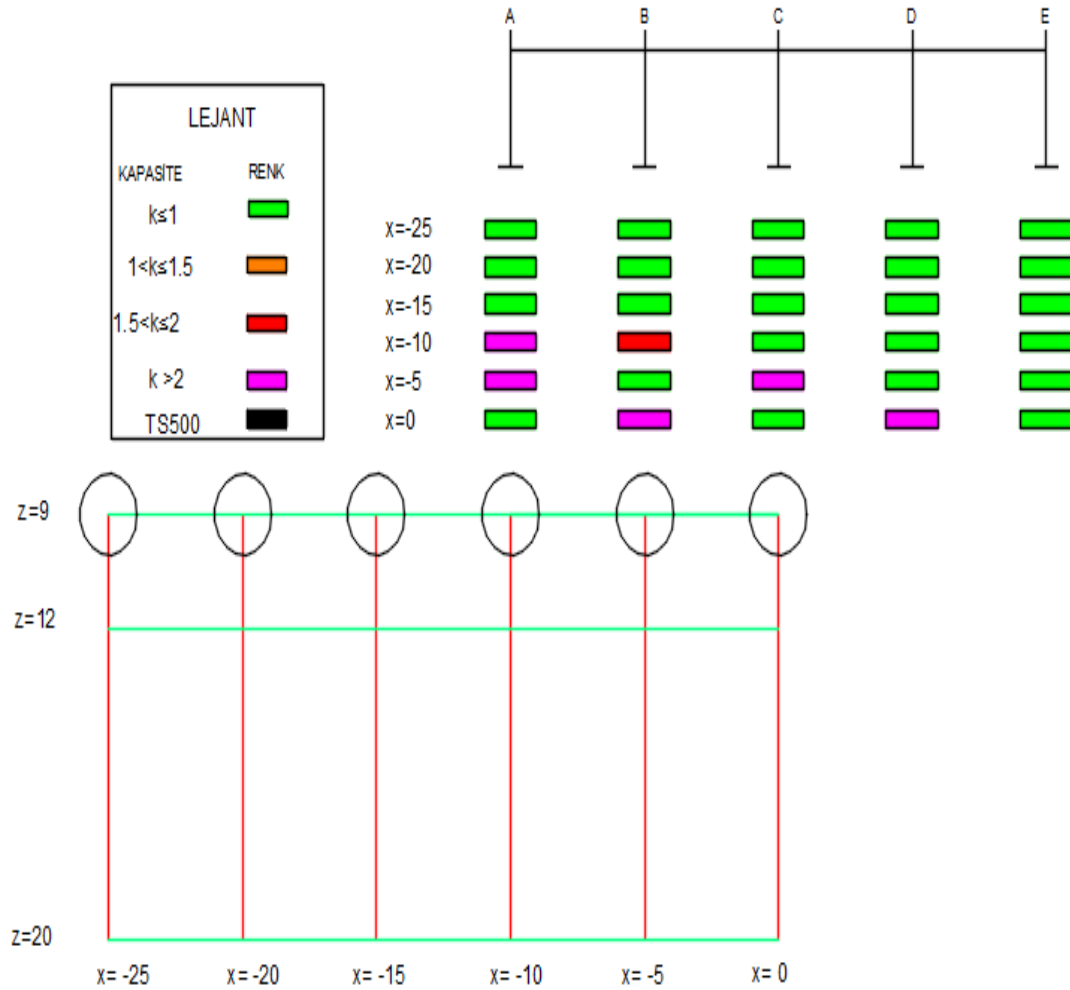
Kazı derinliğinin 9 metre olması sebebiyle yüzey oturma değerlerinin yüksek olması beklenmektedir. Kumlu zemin için bu derinlikte yapılan kazı sonucunda her zemin kat kolonunun tabanında oluşması beklenen yüzey oturma değeri Çizelge 4.1’de verilmiştir. Ayrıca tünel ekseninden uzaklığa göre yüzey oturma grafiğinin nasıl değiştiğine dair grafik daha önceki bölümde Şekil 5.13’de verilmiştir. Şekil 5.40’de 4.aks kolonlarının düşey yükler ve yüzey oturmaları ortak etkisindeki kapasite durumlarını gösterir çizim verilmiştir.



Şekil 5.40: 3 katlı bina, z=9 m, kumlu zemin, 4.aks.

Şekil 5.40’den görüleceği üzere x=-25, -20 ve -15m değerleri için kolonlarda maruz kaldıkları yükler sonucunda aksel ve moment kapasitesinde aşım söz konusu değildir. X=-10 değeri için A4 kolonunda moment kapasitesi aşılmıştır. Lejantta

gösterilen k değeri 2.06 olarak hesaplanmıştır. Eksenel kapasitenin bu mertebede aşılması kolonda gevrek hasarların oluşmasına sebep olacaktır. $X=-5$ için A4 kolonunda moment kapasite aşılımış k değeri 5.65 olarak hesaplanmıştır. B4 kolonunda daha önce karşılaşılmayan bir durumla karşılaşılmış kolon çekme kuvveti etkisinde kalmıştır. Bu kolon için etkileşim diyagramı incelenmiş eksenel kuvvet açısından eğrinin dışında kalmıştır. Kısaca eksenel kapasite aşılmıştır. Bu sebeple gevrek bir hasar beklenmektedir. C3 için yine aynı şekilde eksenel kapasite aşılımış N_{max} değeri %55 oranında aşılmıştır. $X=0$ değeri için B4-D4 kolonları için eksenel kapasite %65 oranında aşılmıştır. C4 kolonu SAP2000 modelinden alınan sonuçlara göre yüzey oturması ve düşey yükleme ortak etkisi altında eksenel çekme kuvvetine maruz kalmaktadır. Etkileşim diyagramı incelenmiş ve yükün grafiğinin dışında kaldığı tespit edilmiştir. Şekil 5.41'de 3. aksa ait sonuçlar verilmiştir.



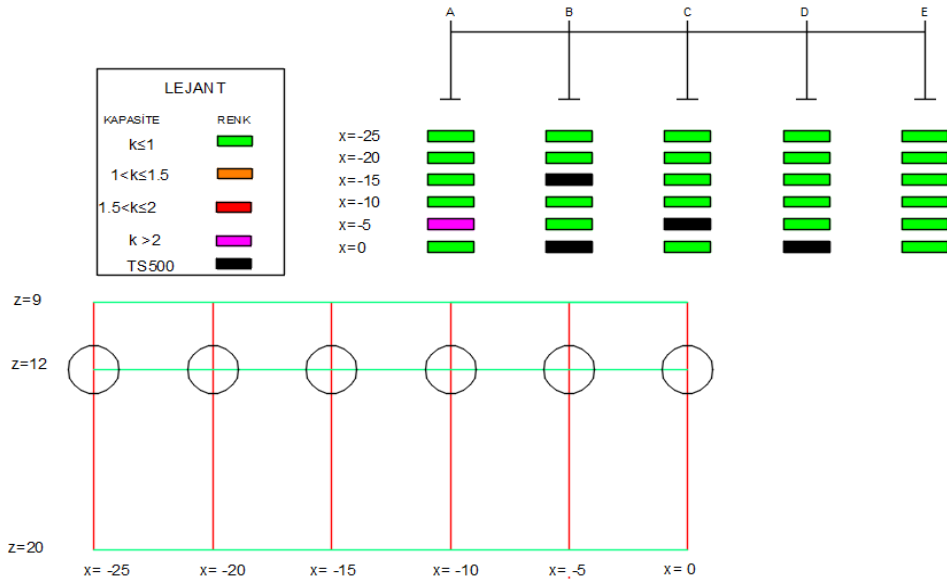
Şekil 5.41: 3 katlı bina, $z=9$ m, kumlu zemin, 3. aks.

Şekil 5.41'den görüleceği üzere $x=-25,-20$ ve -15 koordinatları için yüzey oturmaları sonucunda bina açısından risk teşkil eden bir durum söz konusu değildir. $X=0$ değeri için A3 kolonunda k değeri 2.00 olarak hesaplanmışken B3 kolonunda bu değer 1.75 olarak hesaplanmıştır. $X=-5$ koordinatı için A3 kolonunda k değeri 8.80 olarak hesaplanmışken B3 kolonunda bu değer 3.25 olarak hesaplanmıştır. $X=0$ değeri için B3-D3 kolonunda k değeri 4.5 hesaplanmıştır. C3 kolonu aksel çekme kuvvetine maruz kalmış ama etkileşim diyagramında güvende tarafta sonuçlar çıkmıştır. 3 ve 4.aks kolonları beraber incelendiği vakit çıkan sonuçlar şunlardır;

- $X=-25, -20$ ve -15 m koordinatlarında yapılacak tünel kazıları risk teşkil etmemektedir.
- $X= -10,-5$ ve 0 değerlerinde yapılacak tünel kazıları binada çok ciddi hasarlara sebep olacaktır
- 3.Akstan farklı olarak 4.aksta aksel kuvvetler sınır değerleri fazlasıyla aşmış olup bu sonuçlara göre bahsi geçen kolonlarda gevrek hasarlar beklenmektedir.

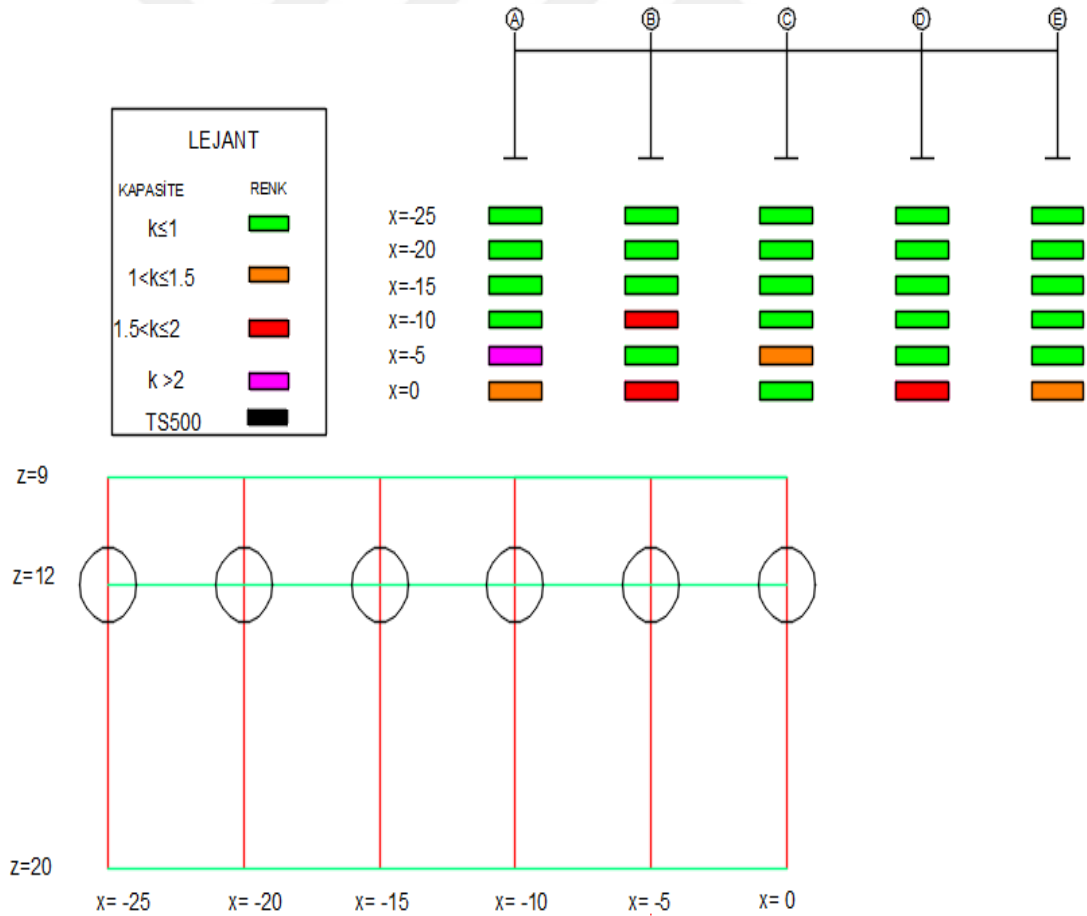
5.5.2 12 metre derinlikte kazılan tünellerin etkileri

Kumlu zeminde 12 metre derinlikte TBM tarafından yapılan kazı sonucunda bina kolonlarında olması beklenen yüzey oturmalarını Çizelge 4.2'de verilmiştir. Ayrıca tünel ekseninden uzaklığa göre yüzey oturma grafiği Şekil 5.30'da verilmiştir. Şekil 5.42'de 4.aksa ait sonuçlar verilmiştir.



Şekil 5.42: 3 katlı bina, $z=12$ m, kumlu zemin, 4.aks.

Şekilden görüleceği üzere $x=-25,-20$ ve -10 koordinatları için yüzey oturması ve düşey yükler ortak etkisinde zemin kat kolonlarında kapasite aşımı söz konusu değildir. $X=-15$ koordinatında B4 kolonu için eksenel kapasite aşılmıştır. Denklem 5.4'te verilmiş olan TS500 sınırlamasıyla kıyas yapıldığında çok sınırlı bir kapasite aşımı söz konusudur. N_{max} değeri bu kolon için 675 kN hesaplanmışken, ortak etki sonucunda kolonda oluşan eksenel kuvvet 678 kN'dur. Düşey yüklerin büyültüğü dikkate alınırsa N_{max} değeri aşılmayacağı açıktır. $X=-5$ için A4 kolonunda k değeri 2.1 olarak hesaplanmıştır. C4 kolonu için eksenel kapasite %6 oranında aşılmıştır. Bu sebeple bu koordinatta yapılacak kazı öncesi gerekli önlemler alınmalıdır. Kontrolsüz yapılacak kazı işlemi bina kolonunda gevrek bir hasara sebep olma riskini içermektedir. Buna ek olarak A4 kolonu moment kapasitesi fazlasıyla aşıldığı için hasar kaçınılmazdır. $X=0$ koordinatında B4-D4 kolonunda eksenel sınır aşılmış olup bu oran yaklaşık %15'dir. Bu koordinatta yapılacak kazı kayda değer riskler barındırmaktadır. Şekil 5.43'de 3. aksa ait sonuçlar verilmiştir.



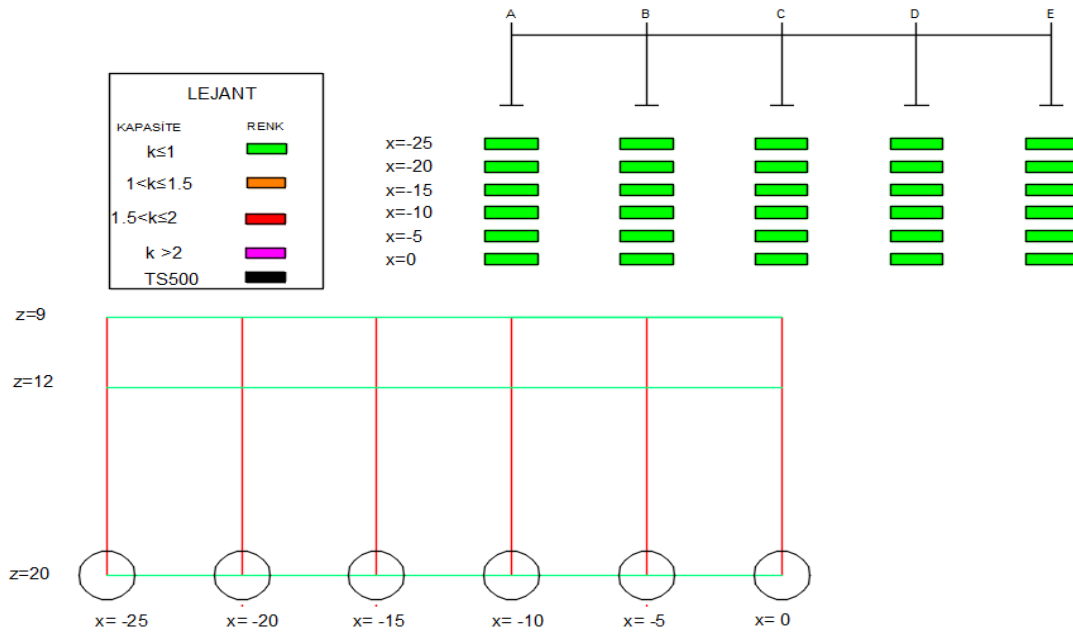
Şekil 5.43: 3 katlı bina, z=12 m, kumlu zemin, 3. aks.

Şekilden görüleceği üzere $x=-25,-20$ ve -15 koordinatları için yüzey oturması ve düşey yükler ortak etkisinde zemin kat kolonlarında kapasite aşımı söz konusu değildir. $X=-10$ koordinatına B3 kolonunda kapasite aşımı tespit edilmiştir. Lejantta gösterilen k değeri bu kolon için 1.55 hesaplanmıştır. Gereken donatı miktarı bahsi geçen yükleme için 2240 mm^2 iken mevcut donatı $12\text{Ø}14$ (1247 mm^2)'dir. $X=-5$ değeri için A3 kolonunda k değeri 3.30 hesaplanırken bu değer C3 kolonu için 1.45 olarak hesaplanmıştır. $X=0$ değeri için A3-E3 kolonunda k değeri 1.40 hesaplanmıştır. B3-D3 kolonu içinse bu sonuç 1.75'tir. 3 ve 4.aks beraber dikkate alınmış olup her koordinat için güvenli tarafta kalmak amacıyla daha kritik sonuç elde edilen aks hesaba katılmıştır. Elde edilen sonuç şunlardır;

- $X=-25, -20$ ve -15 m koordinatlarında yapılacak tünel kazıları risk teşkil etmemektedir. -15 koordinatı için kazı kontrollü yapılmalıdır.
- $X= -10,-5$ ve 0 değerlerinde yapılacak tünel kazıları binada çok ciddi hasarlara sebep olacaktır. Eksenel limitler aşıldığı için gevrek hasarlar beklenmektedir.

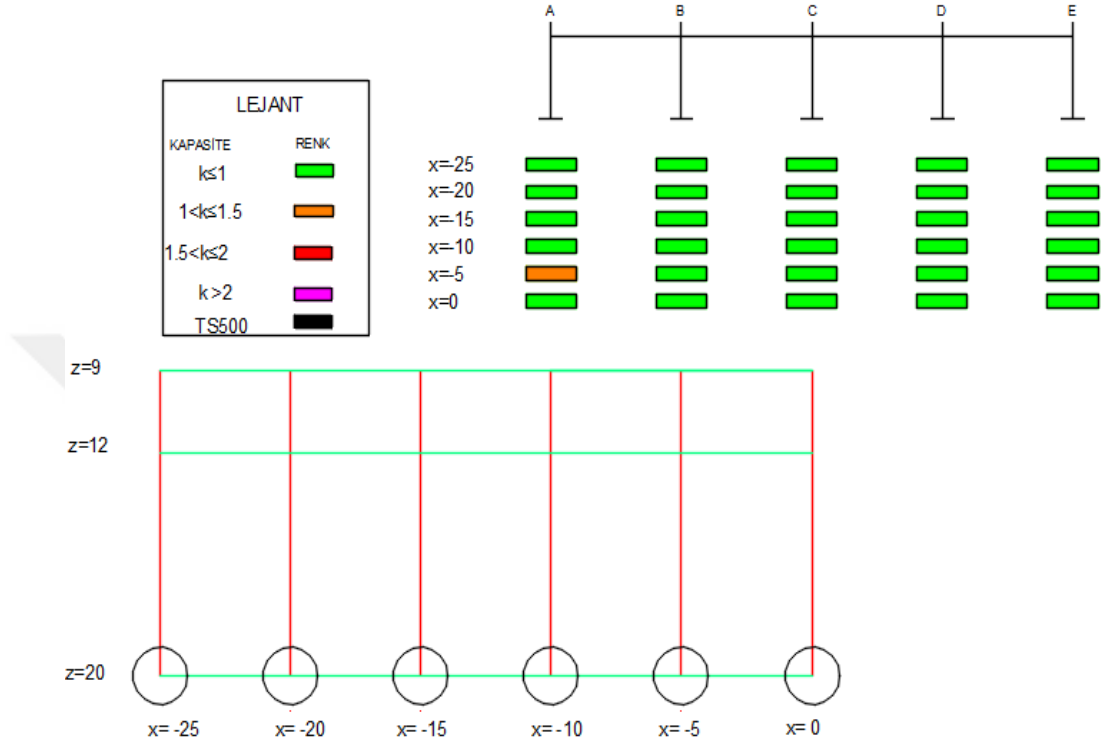
5.5.3 20 metre derinlikte kazılan tünellerin etkileri

Her kolon için girilecek yüzey oturma değerleri Çizelge 4.3'te , yüzey oturma eğrisinin tünel ekseninden olan mesafeye göre dağılımı ise Şekil 5.19'da verilmiştir. Şekil 5.44'de 4.aksa ait sonuçlar verilmiştir.



Şekil 5.44: 3 katlı bina, $z=20$ m, kumlu zemin, 4. aks.

Görüleceği üzere $z=20$ m derinliğinde kumlu zeminde TBM ile yapılacak tünel kazısında 4.aks zemin kat kolonları için herhangi bir risk söz konusu değildir. Beklendiği gibi sığ tüneller gibi yüzey oturma değerleri yüksek olmadığı için sisteme yüzey oturması kaynaklı giren ek yükler sınırlı olmuştur. Bunun sonucunda kolon kapasiteleri aşılmamıştır. Şekil 5.45’de 3.aksa ait sonuçlar verilmiştir.



Şekil 5.45: 3 katlı bina, $z=20$ m, kumlu zemin, 3.aks.

Şekilden görüleceği üzere $x=-5$ koordinatı dışında zemin kat kolonları taşıyabilecekleri maksimum yükün altında yüklemelere maruz kalmışlardır. $X=-5$ değeri için A3 kolonu için moment kapasitesi aşılmıştır. K değeri bu kolon için 1.30 hesaplanmıştır. $Z=20$ metre için elde edilen veriler ışığında bu bina için çıkan sonuç şunlardır;

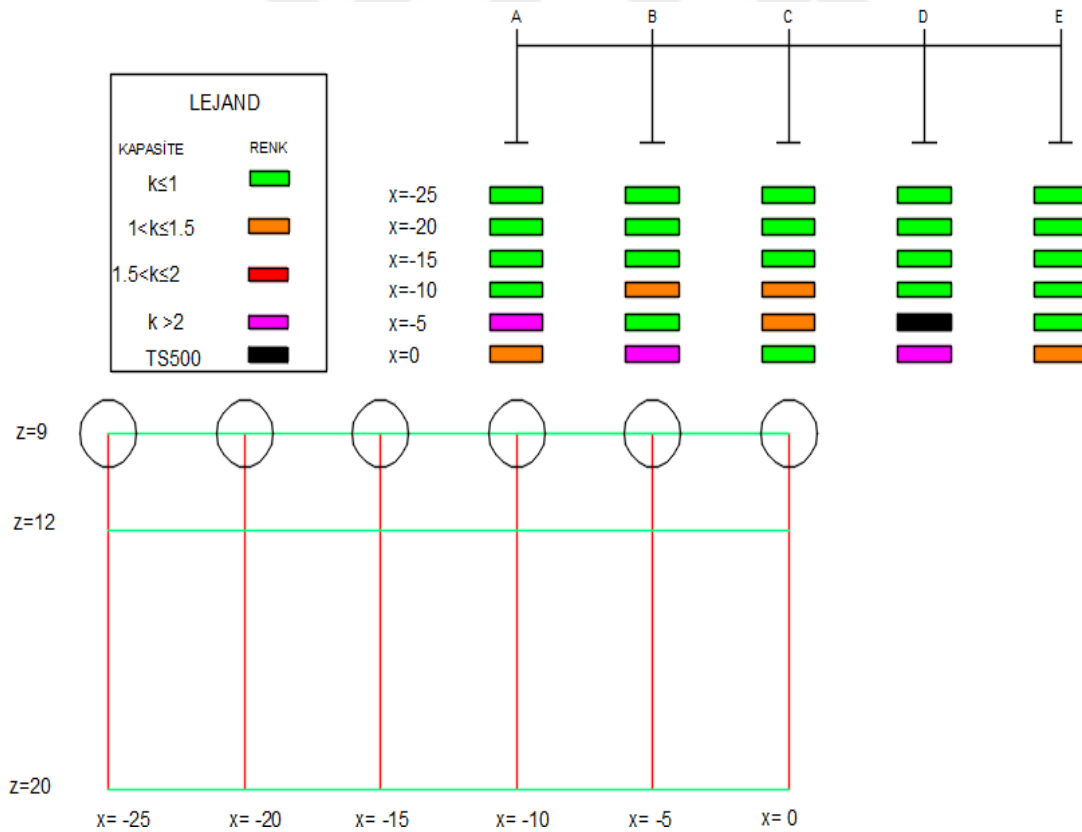
- $Z=9$ m ve $Z=12$ m derinliğinde yapılan kazılara kıyasla yüzey oturmaları azalmıştır.
- Bu durum sisteme gelen ek ek yükleri azaltmıştır.
- $X=-5$ koordinatı dışında kolon kapasitelerinde her aks için bir zorlanma tespit edilmemiştir.
- $X=-5$ koordinatı için ek önlemler almak kaydıyla $z=20$ m’de yapılacak metro tüneli kazılarının binaya zararı söz konusu değildir.

5.6 Killi Zeminde Yapılan Tünel Kazılarının 3 Katlı Binaya Etkileri

Bu bölümde 3 farklı derinlikte killi zeminde yapılan kazıların 3 katlı bina üzerindeki etkileri incelenecektir. Killi zemin olması ve killi zeminlerde Loganathan&Poulos formülünün kullanabilmesi ve daha kritik sonuçlar vermesi sebebiyle SAP2000’de oluşturulan modellere bu formülden gelen değerler girilmiştir. Sırayla 3 farklı derinlik için analiz sonuçları farklı başlıklar altında verilecektir.

5.6.1 9 metre derinlikte kazılan tünellerin etkileri

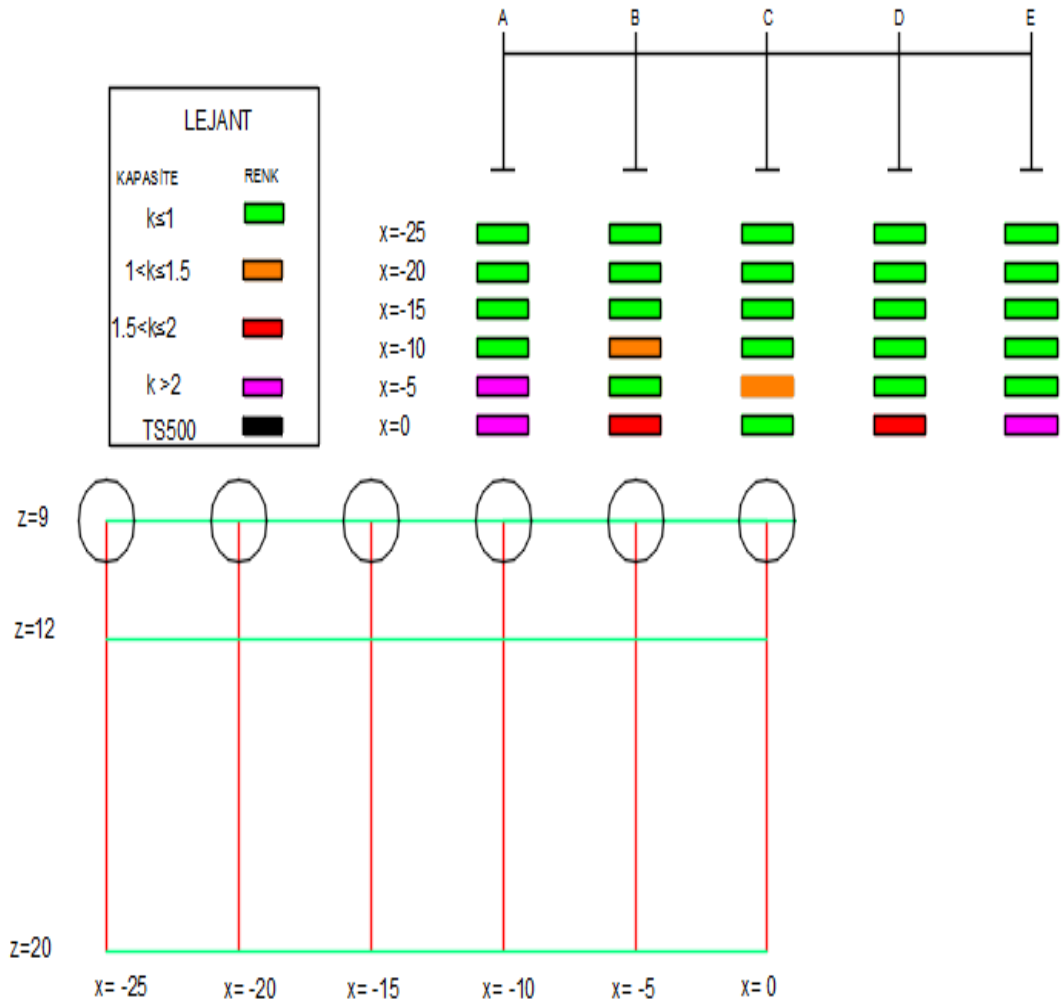
Çizelge 4.7’den her kolon için modellere girilen yüzey oturma değerleri verilmiştir. Buna ek olarak tünel ekseninden uzaklaştıkça yüzey oturma eğrisinin nasıl değiştiğini gösteren grafik Şekil 5.20’de verilmiştir. Şekil 5.46’da 4.aks kolonlarının yüzey oturması ve düşey yükler altında kapasite durumlarını gösteren çizim verilmiştir.



Şekil 5.46: 3 katlı bina, z=9 m, killi zemin, 4.aks.

Şekilden görüleceği üzere x=-25,-20 ve -15m değerleri için 4.aks zemin kat kolonlarında kapasite aşımı söz konusu değildir. X=-10m değeri için B4 ve C4 kolonlarında moment kapasitesinde aşım tespit edilmiştir. K değeri bu kolonlar için

sırasıyla 1.19 ve 1.01 olarak hesaplanmıştır. C4 kolonu için bu aşım düşey yüklerin yüksek alınması ve güvenlik katsayıları gözönüne alındığında gözardı edilebilir mertebelere sahiptir. Bu nedenle bu kolon için bir hasar beklenmemektedir. $X=-5$ değeri A4 kolonu için k değeri 2.25 olarak hesaplanmıştır. C4 değeri için k değeri bir öncekinde olduğu gibi 1.01 olarak hesaplanmıştır. D4 değeri N_{max} değeri 1.01 oranında aşılmıştır. Bu sebeplerden ötürü $x=-5$ değeri için önlemler alınması elzemdir. $X=0$ değeri için A4-E4 ve B4-C4 kolonlarında k değerleri 1 ün üstüne çıkmaktadır. Bu değer sırasıyla 1.35 ve 3.65 olarak hesaplanmıştır. Kolonlar kapasitelerinin çok üzerinde yüklere maruz kaldıkları için hasar kaçınılmazdır. Şekil 5.47’de 3. aksa ait sonuçlar verilmiştir.



Şekil 5.47: 3 katlı bina, z=9 m, killi zemin, 3. aks.

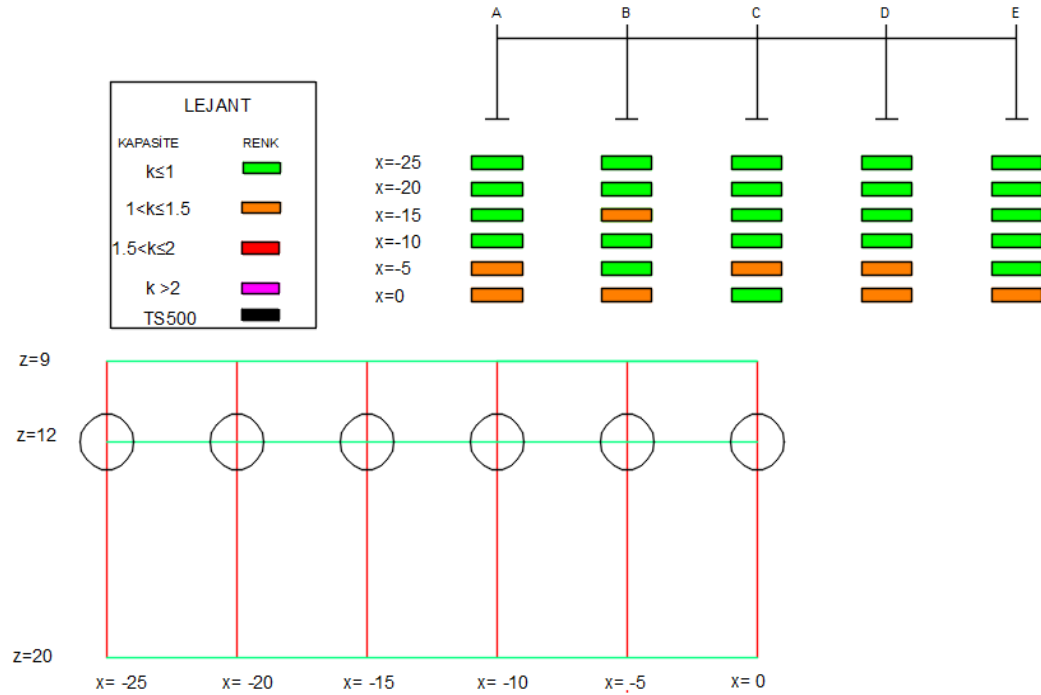
Görüleceği üzere $x=-25, -20$ ve -15 m değerleri için herhangi bir kapasite aşımı söz konusu değildir. $X=-10$ değeri için B3 kolonunda k değeri 1.20 olarak hesaplanmış olup sonuç dikkate değerdir. $X=-5$ kolonu için A3 kolonunda k değeri 3.65 hesaplanırken C3 kolonunda bu değer 1.50 olarak hesaplanmıştır. Bu koordinatta yapılacak kazı öncesinde önlem alınması gerekmektedir. $X=0$ koordinatında yapılacak

kazıda tünel ekseninin tam üzerinde kalan C3 kolonu dışında her kolonda kapasite aşımı söz konusudur. A3-E3 kolonu için k değeri 2.30 olarak hesaplanmıştır. Aynı şekilde k değeri B3-D3 için de incelenmiş olup 1.95 olarak hesaplanmıştır. İki aks beraber incelendiği vakit ortaya çıkan sonuç aşağıdaki gibidir;

- 9 metrede yani sığ sayılabilecek derinlikte yapılacak tünel kazısının mühendisliği özellikleri daha önce verilmiş olan 3 katlı binada etkileri yüksek mertebededir.
- $X=-25,-20$ ve -15 m değerlerinde yapılacak kazıda bina için risk teşkil eden bir durum söz konusu değildir.
- $X=-10,-5$ ve 0 m değerlerinde yapılacak kazıda binanın hasar alması kaçınılmazdır.

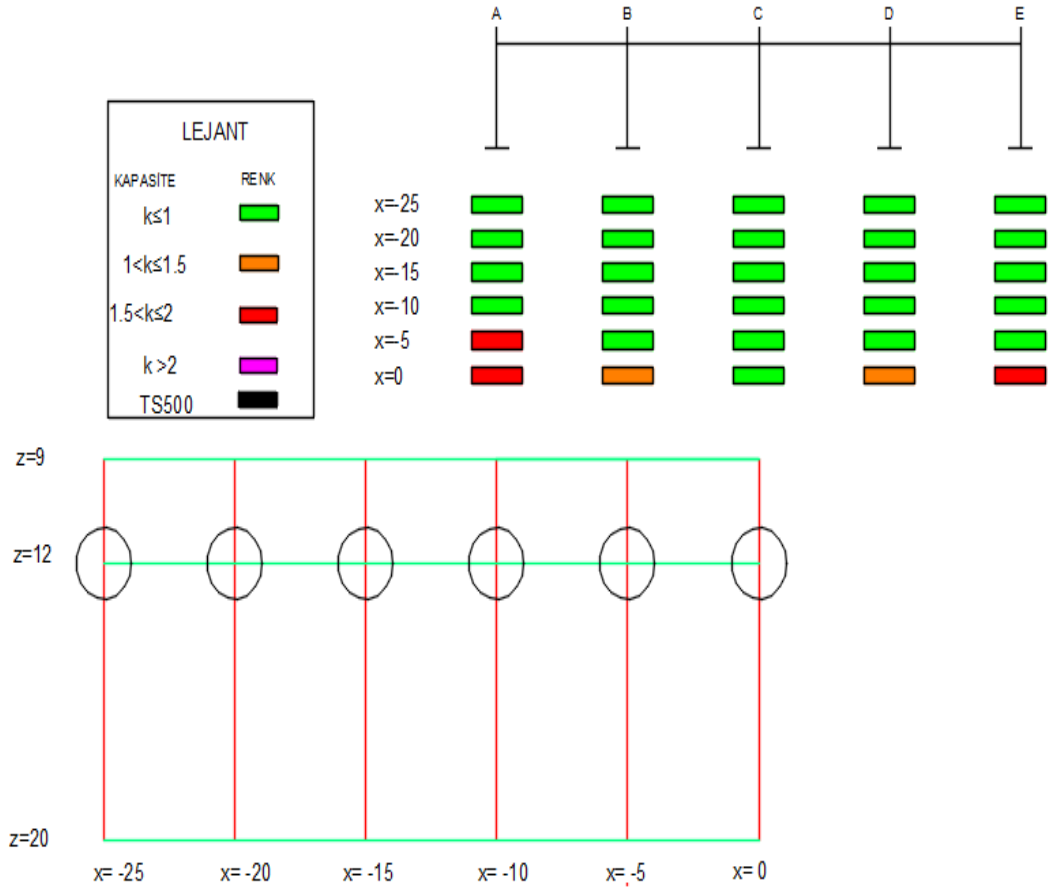
5.6.2 12 metre derinlikte kazılan tünellerin etkileri

Bu bölümde killi zeminde 12 metre derinlikte yapılacak tünel kazısının 3 katlı bina üzerindeki etkileri incelenecektir. Çizelge 4.8’de her bir kolon için farklı x koordinatında SAP2000 modelinde girilen yüzey oturmaları verilmiştir. Buna ek olarak tünel ekseninden uzaklık-yüzey oturma eğrisi Şekil 5.23’de verilmiştir. Şekil 5.48’de 4.aksa ait sonuçlar verilmiştir.



Şekil 5.48: 3 katlı bina, z=12 m, killi zemin, 4.aks.

X=-25,-20 ve -10 değeri için 4.aks zemin kat kolonlarında düşey yükler ve yüzey oturumları ortak etkisi altında risk teşkil eden bir durumla karşılaşılmamıştır. X=-15 için k değeri 1.02 gibi sınırda bir değer hesaplanmıştır.Tecrübeli ekibin operatörlüğünü yaptığı TBM kazısında yüzey oturumlarını daha da düşürme fırsatı bulunduğu için kolon yükleri etkileşim diyagramı içinde kalacaktır.X=-5 değeri için A4,C4 ve D4 numaralı kolonlarda kapasite aşımı tesbit edilmiştir. Lejantta gösterilen k değeri bu kolonlar için sırasıyla 1.14 , 1.02 ve 1.08 olarak hesaplanmıştır.X=0 değeri için A4-E4 kolonlarında ve B4-D4 kolonlarında kapasite aşımı tespit edilmiş olup k değeri sırasıyla 1.10 ve 1.40 olarak hesaplanmıştır.Şekil 5.49'da 3.aksa ait sonuçlar verilmiştir.



Şekil 5.49: 3 katlı bina, z=12 m, killi zemin, 3. aks.

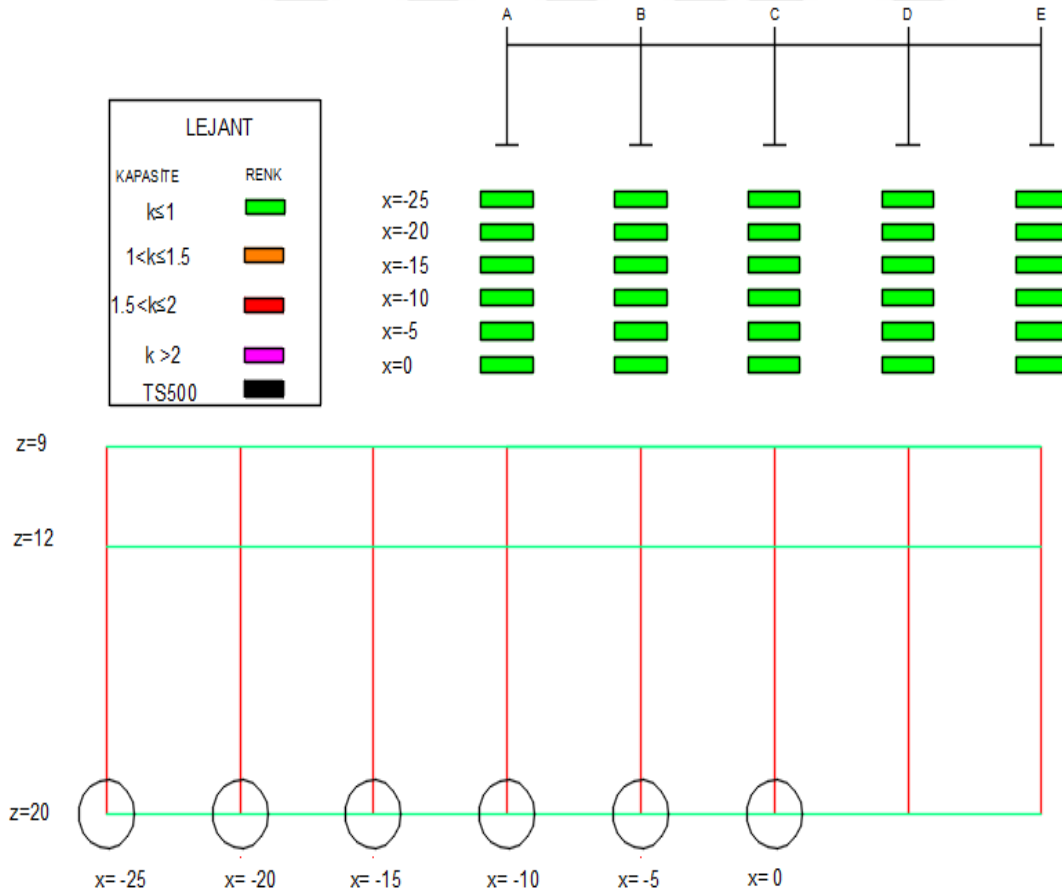
Şekil 5.49'dan görüleceği üzere x=-25,-20,-15 ve -10 değerleri için risk teşkil eden bir durum söz konusu değildir.X=-5 değeri için A3 kolonunda k değeri 1.95 olarak hesaplanmıştır. X=0 değeri için A4-E4 kolonlarında ve B4-D4 kolonlarında kapasite aşımı tespit edilmiş olup k değeri sırasıyla 1.83 ve 1.03 olarak hesaplanmıştır.Bina bir

bütün olarak ele alındığında 2 aks içinde elde edilen veriler ışığında $z=12m$ için yapılacak tespitler şunlardır;

- $X=-25$, -20 , -15 ve -10 değeri için bina açısından risk teşkil eden bir durum söz konusu değildir. Bu koordinatlarda yapılacak metro kazısında binada bir hasar beklenmemektedir.
- $X=-5$ ve 0 koordinatlarında binada hasar oluşması beklenmektedir. Bu sebeple elde edilen veriler ışığında gerekli önlemler alınmalıdır.

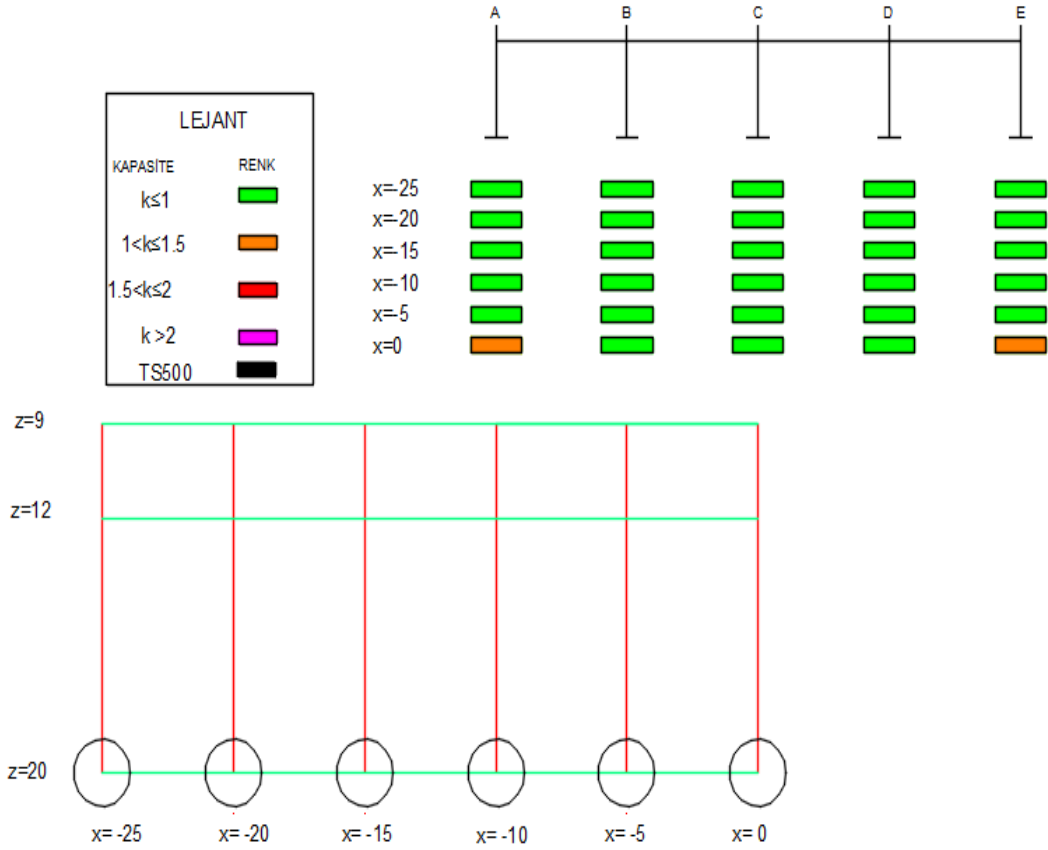
5.6.3 20 metre derinlikte kazılan tünellerin etkileri

Bu bölümde 20 metre derinlikte killi zeminde 3 farklı derinlikte yapılacak metro tüneli kazılarının 3 katlı bina üzerindeki etkileri verilmiştir. Modellere her kolon için girilen yüzey oturması değerleri Çizelge 4.9'da verilmiştir. Şekil 5.26'da tünel ekseninden uzaklığa göre yüzey oturma değerlerinin değişimini gösteren grafik verilmiştir. Şekil 5.50'de 4. aks kolonlarının yüzey oturması ve düşey yükler ortak etkisi altında kapasite durumlarını gösterir çizim verilmiştir.



Şekil 5.50: 3 katlı bina, $z=20m$, killi zemin, 4. aks.

Görüleceği üzere 4.aks kolonları için risk teşkil eden bir durum söz konusu değildir. Her koordinatta yapılacak kazı sonucunda zemin kat kolonları kapasitelerinin altında yüke maruz kalacaktır.3.aksa ait sonuçlar Şekil 5.51’de verilmiştir.



Şekil 5.51: 3 katlı bina, z=20m,killi zemin, 3.aks.

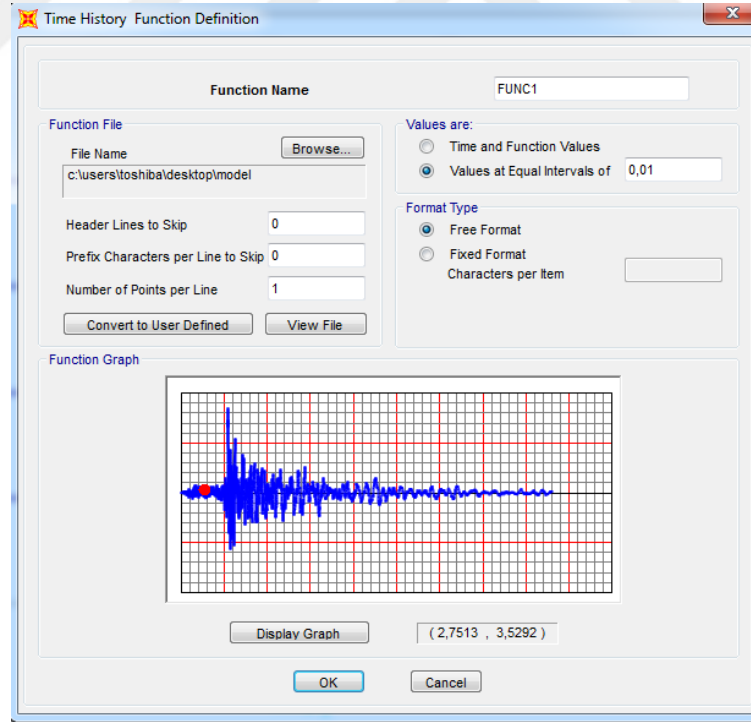
Şekilden görüleceği üzere x=0 koordinatı dışında zemin kat kolonları için risk teşkil eden bir durum söz konusu değildir. X=0 koordinatında A3-E3 kolonları için lejantta gösterilen k değeri 1.08 olarak hesaplanmıştır. Denklem 3.6’da verilen w değeri işçilik kalitesini ifade etmektedir ve 4.bölümde açıklandığı gibi $w=0.6 \cdot G_p$ olarak ele alınmıştır. İşçiliğin daha iyi ve kontrollü yapıldığı bir senaryoda bu değer düşeceği için A3-E3 kolonlarının hasar almaması ihtimal dahilindedir. 3 ve 4.aks sonuçları beraber ele alındığı vakit ortaya çıkan tablo aşağıdaki gibidir;

- X=-25 , -20 , -15, -10 ve -5 değeri için bina açısından risk teşkil eden bir durum söz konusu değildir. Bu koordinatlarda yapılacak metro kazısında binada bir hasar beklenmemektedir.
- X=0 koordinatında gerekli önlemlerin alınması kaydıyla kazı yapmak mümkündür.



6.ZAMAN TANIM ALANINDA DEPREM ANALİZİ

Tünel kazıları sonucunda oluşan yüzey oturmalarının binalar üzerinde ne derecede ciddi hasarlar verebileğini farklı bir bakış açısıyla göstermek amacıyla bu bölümde tez kapsamında verilmiş olan 3 farklı kat sayısına sahip binalar için zaman tanım alanında doğrusal analiz yapılmıştır. 26 Eylül 2019 tarihli Silivri deprem kaydı bu çalışmada kullanılmıştır. 41.02058N-28.57821E koordinatında bulunan istasyona ait deprem kaydına filtreleme vb çeşitli işlemler yapılmıştır. Doğu batı yönünde ivme değerleri daha kritik sonuçlar verdiği için SAP2000 modeline söz konusu doğrultuya ait değerler girilmiştir. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı elastik hesap yapılması amacıyla 4 seçilmiştir. $1.0 G + 1.0 Q + 1.0 E$ kombinasyonunu sağlamak amacıyla Şekil 5.3 ve 5.4'te verilmiş yayılı yükler 1.45 katsayısına bölünerek modele yeniden girilmiştir



Şekil 6.1: Deprem kaydının modele tanımlanması.

Koordinatları verilmiş istasyona ait deprem kayıtları gal cinsinden verildiği için birimler arasında uyumsuzluk olmaması açısından kayıtların 0.01 ile çarpılması gerekmektedir. Ayrıca elastik hesap yapmak amacıyla $R=4$ alındığı için deprem

kayıtlarındaki ivmelerin bu katsayıya bölünmesi gerekmektedir. $Z=20$ metre ve $x=0$ koordinatında genelde kolon kapasiteleri aşılmadığı için $Z=9m$, $12 m$ ve $x=0$ koordinatında elde edilen kapasite aşımaları elde edilene kadar deprem kaydı ölçeklendirilmiştir. $1.0 G + 1.0 Q + 1.0 E$ kombinasyonundan elde edilen değerler sonucunda kapasite aşımaları kontrol edilmiş ve deneme yanılma yoluyla ölçeklendirme katsayısı 4 seçilmiştir. Seçilen katsayıyla beraber $z=9 m$, $z=12 m$ ve $x=0$ koordinatından elde edilen kapasite aşımalarına benzer sonuçlar elde edilmiştir. $R=4$ katsayısı ve deprem ölçeklendirme katsayısı birbirini götürdüğü için programda scale faktor olarak ifade edilen boşluğa gal birimini çevirmek amacıyla 0.01 girilmiştir. Şekil 6.2’de örneği verilmiştir.

Load Case Data - Linear Direct Integration History

Load Case Name
time history **Notes**

Stiffness to Use
 Zero Initial Conditions - Unstressed State
 Stiffness at End of Nonlinear Case
 Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case

Modal Load Case
Use Modes from Case

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	FUNC1	0,01
Accel	U1	FUNC1	0,01

Show Advanced Load Parameters

Time Step Data
 Number of Output Time Steps
 Output Time Step Size

Şekil 6.2: Ölçek çarpanının tanımlanması.

Yükleme kombinasyonları bölümüne de kirişlere tanımlanmış eşdeğer yüklemesi ve deprem kaydı ortak etkisi tanımlanmış ve 3 binanın yeniden analizi yapılmıştır. SAP2000 programında en kritik sonuçları vermesi için envelope seçeneği işaretlenmiş olup Çizelge 6.1 , 6.2 ve 6.3’de zemin kat kolonlarında en kritik değerler verilmiştir.

Çizelge 6.1: 5 katlı bina, zaman tanım alanında analiz sonucu.

Kolon	Nd(kN)	Md(kNm)	Kapasite	k
1-A4	363	51	37	1,38
1-B4	518	146	73	2,00
1-C4	469	112	62	1,81
1-D4	519	147	73	2,01
1-E4	363	50	37	1,35
1-A3	712	189	123	1,54
1-B3	1060	324	213	1,52
1-C3	963	698	345	2,02
1-D3	1057	320	213	1,50
1-E3	695	222	122	1,82

Çizelge 6.1’de deprem etkisi ve düşey yükler ortak etkisi sonucunda zemin kat kolonlarında elde edilmiş maksimum değerler verilmiştir. Kapasite bölümünde Nd kuvvetine karşılık kolonun moment kapasitesi verilmiştir. K ile ifade edilen bölümde Md’nin kapasite momentine olan oranı verilmiştir. 4 katıyla ölçeklendirilmiş deprem kaydıyla $z=9$ m , $x=0$ koordinatında yapılan kazının etkilerine benzer sonuçlar elde edilmiştir. Çizelge 6.2’de 4 katlı bina için sonuçlar verilmiştir.

Çizelge 6.2: 4 katlı bina, zaman tanım alanında analiz sonucu.

Kolon	Nd(kN)	Md(kNm)	Kapasite	k
1-A4	250	52	37	1,41
1-B4	423	104	56	1,86
1-C4	373	103	55	1,87
1-D4	422	105	56	1,88
1-E4	259	51	37	1,38
1-A3	452	86	72	1,19
1-B3	839	179	213	0,84
1-C3	768	336	201	1,67
1-D3	838	183	213	0,86
1-E3	458	80	72	1,11

Çizelge 6.2 den görüleceği üzere 3 ve 4.aks kolonlarında 4 kat büyütülen Silivri depremi kaydında zemin kat kolonlarında kapasite aşımı tespit edilmiştir. Kapasite aşım oranları killi zeminde $z=12$ m , $x=0$ koordinatında yapılan tünel kazısının etkilerine benzerlik göstermektedir. Çizelge 6.3’de 3 katlı binaya ait sonuçlar verilmiştir.

Çizelge 6.3: 3 katlı bina, zaman tanım alanında analiz sonucu.

Kolon	Nd(kN)	Md(kNm)	Kapasite	k
1-A4	168	45	29	1,55
1-B4	314	50	33	1,52
1-C4	279	48	33	1,45
1-D4	316	49	33	1,48
1-E4	164	49	29	1,69
1-A3	317	95	56	1,70
1-B3	639	186	116	1,60
1-C3	571	187	113	1,65
1-D3	638	192	116	1,66
1-E3	319	91	56	1,63

Çizelge 6.3’den görüleceği üzere 3 ve 4.aks kolonlarında 4 kat büyütülen Silivri depremi kaydında zemin kat kolonlarında kapasite aşımı tespit edilmiştir. Kapasite aşım oranları killi zeminde en kritik sonuçlar veren $x=0$ koordinatı için $z=9$ ve $z=12$ m’nin ortalamasına benzerlik göstermektedir. Silivri depremi kayıtları incelendiğinde doğu batı yönünde maksimum yer ivmesi değerinin 85 gal olduğu gözükmektedir. 4 kat ölçeklendirilmiş deprem kaydıyla 9 metre derinlikte yapılan tünel kazısına benzer etkiler tespit edilmektedir. Bu kıyaslamalarla beraber sığ tünel kazıları sonucunda oluşan yüzey oturmalarının binalar üzerindeki yıkıcı etkileri başka bir açıdan belli olmaktadır. Bu nedenle metro projelerinde güzergah çalışmaları sırasında yapı stoğu iyi incelenmeli, kazılar öncesinde gerekli önlemler alınmalıdır.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın kapsamında metro tünellerinin güzergahında bulunan geçmiş dönemlerde yapılmış malzeme kalitesinin düşük, mühendislik hizmetlerinin yeterince alınmadığı binaların tünel kazıları sonucunda oluşan yüzey oturmalarından ne derece etkilendiği incelenmiştir. Tünel kazıları sırasında olabilecek birçok senoryoyu temsil etmesi açısından kapsamlı bir parametrik çalışma yapılmıştır. Sığ derinleri temsil etmesi açısından 9 ve 12m derinlikli tüneller tez kapsamına alınmıştır. Metro projelerinin teknik şartnamelerinde geçen tünel çapının iki katından fazla örtü kalınlığı ifadesini temsilen 20 m derinlikli tüneller göz önüne alınmıştır. Yatayda tünellerin etkilerini incelemek amacıyla 6 farklı koordinat seçilmiştir. Tünellerin güzergah boyunca farklı zemin türlerinden geçtiği gerçeği dikkate alınarak yüzey oturmalarının daha kritik sonuçlar verdiği killi ve kumlu zeminler tez kapsamına alınmıştır. Kireçtaşı vb sert zeminlerde yapılan kazılar kapsam dışında bırakılmıştır. Farklı kattaki binaları temsil etmesi açısından kat yükseklikleri 3 metre olan 3,4 ve 5 katlı binalar modellenmiştir. Kumlu zeminler için Peck (1969) ve killi zeminler için daha kritik sonuç verdiği için Loganathan&Poulos (1998) formülleri kullanılarak yüzey oturmaları hesaplanmıştır ve bu sonuçlar modellere girilmiştir. 9 metre ve 12 metre derinlikli tünellerde yüzey oturmaları yüksek mertebelerde olmaktadır bu sebeple özellikle bina dış kontürü içinde kalan $x=-10,-5$ ve 0 m koordinatlarında yapılan kazılar sonucunda zemin kat kolon kapasiteleri kayda değer miktarda aşılmaktadır. Bazı kolonlarda moment kapasitelerinin aşıldığı tespit edilirken, bazı kolonlarda ise TS500'ün ifade ettiği maksimum aksenal yükün aşıldığı tespit edilmiştir. Bu sebeple gevrek hasar ihtimali de dikkate alınmalıdır. 20 metre derinlikli tünellerde yapılacak kazılar sonucunda genel olarak 3 bina için de zemin kat kolonlarında kapasite aşımı söz konusu değildir. $X=-5$ ve 0 koordinatları için bazı durumlarda sınırda kapasite aşımı tespit edilmiştir. Binalarda kayda değer bir hasar beklenmemektedir. Bu çalışmanın kapsamında 6.bölümde zaman tanım alanında doğrusal deprem analizi yapılmıştır. Bu analiz sırasında 26 Eylül 2019 tarihli Silivi depreminin kaydı kullanılmıştır. Maksimum zemin ivmesi 85 gal olan doğu batı

yönündeki kayıtlar daha kritik sonuçlar verdiği için modele bu yöndeki kayıtlar tanıtılmıştır. Deneme yanılma yoluyla 4 katıyla ölçeklendirilmiş yeni deprem kaydıyla sığ tünellerde yapılan kazıların etkilerine benzer sonuçlar elde edilmiştir. Silivri Depremi sonucunda 20 sivil bina ağır hasar almış, 58 sivil bina ise sınırlı bir hasar tespiti yapılmıştır. 14 okulda ise eğitime bir süreliğine ara verilmiştir. Yapılan bu kıyaslar sonucunda yüzey oturmalarının binalar üzerindeki etkisi farklı bir bakış açısıyla ortaya konmaktadır. Bu nedenle sığ tünellerde yapılacak tünel kazıları sonucunda oluşacak yüzey oturmalarının binalar üzerindeki etkileri incelenmeli, metro güzergah çalışmaları bu bilgiler ışığında yapılmalı ve kazı öncesinde can ve mal kaybını önlemek adına gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir.



KAYNAKLAR

- [1] **Peck R.B.**, (1969) “Deep Excavations and tunnelling in soft ground, State of the art report”, Proc. Of 7th ICSMFE, Mexico,225-290
- [2] **Loganathan, N., Poulos, H.G.**, (1998) Analytical prediction for tunneling-induced ground movements in clays.
- [3] **Aydođan, M., Saygun I. A., Darılmaz K.**, (2010) Tünellerden kaynaklanan oturmaların üst yapıya etkisinin hesabı için bir yaklaşım. Betonarme Yapılar Yapılar Semineri 2010, İMO yayın, Ekim 2010, 176-189.
- [4] **Dragojević, S.**, (2012) Analysis of ground settlement caused by tunnel construction.
- [5] **Rankin, W.J.**, (1988) Ground movements resulting from urban tunnelling: predictions and effects. Proc. Conf. Engineering geology of underground movements, The Geological Society, London, 79-92
- [6] **Lee, K.M., Rowe, R.K., Lo, K.Y.**, (1992) Subsidence owing to tunnelling. I. Estimating the gap parameter.
- [7] **Taşkın, B., Gencođlu, M., Mert Tuğsal, Ü.**, (2015) Karadeniz mahallesi 1176 Sokaktaki Binaların mevcut durumu hakkında teknik rapor
- [8] **Bilgin, N., Copur, H., Balci, C.**, (2013) Mechanical excavation in mining and civil in industries,243.
- [9] **SAP2000 v20** Extended 3d Analysis of Building Systems, Computers and Structures Inc. 200. Berkeley, California.
- [10] **TS500** Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- [11] **ABYYHY**, 1975. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik , İmar ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- [12] **Ersoy U., Ozcebe, G.**, Kolon Dizayn, Analiz Programı Alındığı yer:
<http://civil.ce.metu.edu.tr/betonarme/programlar.zip>



EKLER

EK A : Binaların SAP2000’de modellenmesi

EK B : Zemin kat kolonlarının kapasite durumunun incelenmesi



EK A

Tezin önceki bölümlerinde ifade edildiği gibi 3,4 ve 5 katlı binaların modellenmesi ve analiz sonuçlarının alınması işlemi SAP2000'den yapılmıştır. 3 ve 4.aks için modelleme ayrı ayrı yapılmıştır. 5 katlı bina için kolon boyutlandırma hesabı Çizelge 5.1'de verilmiştir. Çizelge A.1'de 4.kat ve Çizelge A.2'de 3 katlı binaya ait kolon boyutları verilmiştir. Kare şeklinde olmayan kolonların güçlü/zayıf yön yerleşimleri Şekil 5.1'de kalıp planında verilmiştir.

Çizelge A.1: 4 katlı bina kolon boyutlandırma.

KAT	KOLON ADI	DÖŞEMEDEN (kN)	KİRİŞTEN (kN)	ÜST KATTAN (kN)	Toplam Nd (kN)	Ac (TS 500) (mm ²)	Ac (Deprem yönetmeliği)	Kesit (mm)
4	4-A4	87	8,1	0	95,1	8806	10567	250x250
4	4-B4	174	12,6	0	186,6	17278	20733	250x250
4	4-E3	217,5	13,5	0	231	21389	25667	250x250
4	4-D3	435	18	0	453	41944	50333	250x250
3	3-A4	87	8,1	95,1	190,2	17611	21133	250x250
3	3-B4	174	12,6	186,6	373,2	34556	41467	250x250
3	3-E3	217,5	13,5	231	462	42778	51333	250x250
3	3-D3	435	18	453	906	83889	100667	300x350
2	2-A4	87	8,1	190,2	285,3	26417	31700	250x250
2	2-B4	174	12,6	373,2	559,8	51833	62200	250x250
2	2-E3	217,5	13,5	462	693	64167	77000	250x350
2	2-D3	435	18	906	1359	125833	151000	400x400
1	1-A4	87	8,1	285,3	380,4	35222	42267	250x250
1	1-B4	174	12,6	559,8	746,4	69111	82933	300x300
1	1-E3	217,5	13,5	693	924	85556	102667	300x350
1	1-D3	435	18	1359	1812	167778	201333	400x550

Çizelge A.2: 3 katlı bina kolon boyutlandırma.

KAT	KOLON ADI	DÖŞEMEDEN (kN)	KİRİŞTEN (kN)	ÜST KATTAN GELEN(kN)	Toplam Nd (kN)	Ac (TS 500) (mm ²)	Ac (Deprem yönetmeliği)	kesit (mm)
3	3-A4	87	8,1	0	95,1	8806	10567	250x250
3	3-B4	174	12,6	0	186,6	17278	20733	250x250
3	3-E3	217,5	13,5	0	231	21389	25667	250x250
3	3-D3	435	18	0	453	41944	50333	250x250
2	2-A4	87	8,1	95,1	190,2	17611	21133	250x250
2	2-B4	174	12,6	186,6	373,2	34556	41467	250x250
2	2-E3	217,5	13,5	231	462	42778	51333	250x250
2	2-D3	435	18	453	906	83889	100667	300x350
1	1-A4	87	8,1	190,2	285,3	26417	31700	250x250
1	1-B4	174	12,6	373,2	559,8	51833	62200	250x250
1	1-E3	217,5	13,5	462	693	64167	77000	250x350
1	1-D3	435	18	906	1359	125833	151000	400x400

Çizelge 5.1, A.1 ve A.2'de belirlenen ölçülere göre 3 ve 4.aks kolonları modele girilmiştir. Kiriş ölçüsü 25x50 cm olarak modele girilmiştir. SAP2000'de ilk olarak koordinat sistemi tanıtılmıştır. Şekil 5.1 kalıp planından görüleceği üzere açıklıklar 5m seçilmiş, kat yüksekliği 3 metre alınmıştır. Şekil A.1'de koordinat sistemi verilmiştir.

Grid ID	Ordinate (m)	Line Type	Visible	Bubble Loc	Grid Color
A	-10	Primary	Yes	End	
B	-5	Primary	Yes	End	
C	0	Primary	Yes	End	
D	5	Primary	Yes	End	
E	10	Primary	Yes	End	

Add Delete

Y Grid Data

Grid ID	Ordinate (m)	Line Type	Visible	Bubble Loc	Grid Color
1	0	Primary	Yes	Start	

Add Delete

Z Grid Data

Grid ID	Ordinate (m)	Line Type	Visible	Bubble Loc
Z1	0	Primary	Yes	End
Z2	3	Primary	Yes	End
Z3	6	Primary	Yes	End
Z4	9	Primary	Yes	End
Z5	12	Primary	Yes	End
Z6	15	Primary	Yes	End

Add Delete

Şekil A.1: Koordinat sisteminin programa tanıtılması.

Koordinat sisteminin girilmesinin ardından ilk olarak malzeme parametrelerini program ara yüzünde Define>Material Properties> Add new Material komutları takip edilerek girilmiştir.

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: Concrete

Material Type: Concrete

Material Notes: Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 24

Mass per Unit Volume: 2,4473

Units

KN, m, C

Isotropic Property Data

Modulus of Elasticity, E: 27500000

Poisson, U: 0,2

Coefficient of Thermal Expansion, A: 9,900E-06

Shear Modulus, G: 11458333

Other Properties for Concrete Materials

Specified Concrete Compressive Strength, f_c: 18000

Expected Concrete Compressive Strength: 18000

Lightweight Concrete

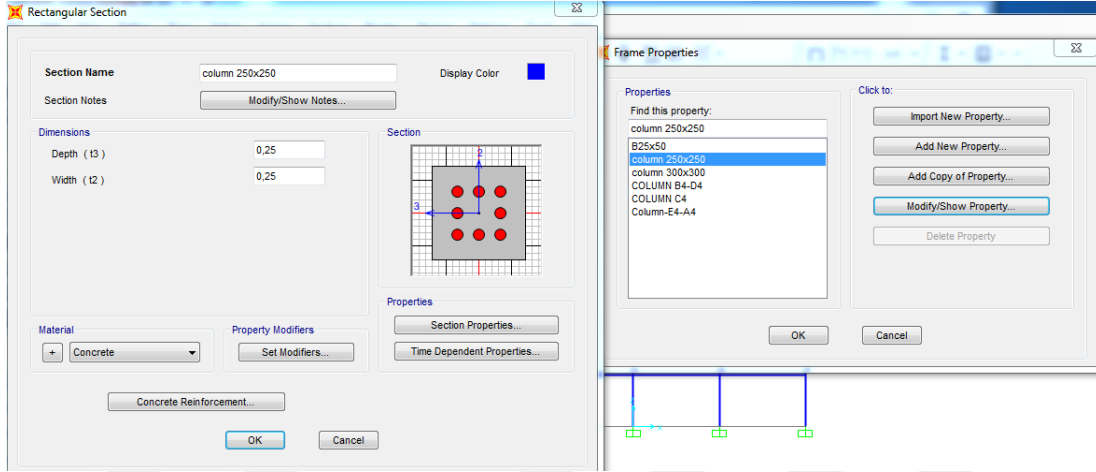
Shear Strength Reduction Factor:

Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

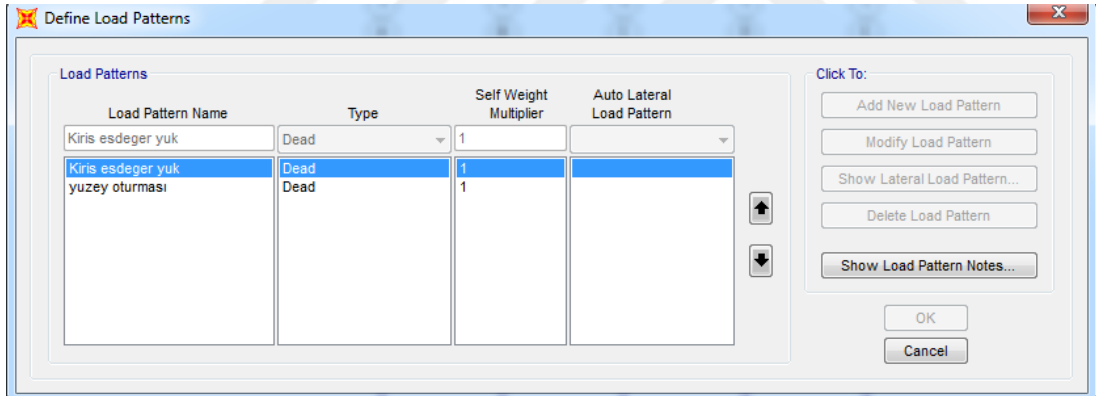
Şekil A.2: Malzeme özelliklerinin programa girilmesi.

Malzeme parametrelerinin girilmesinin ardından kolon ve kiriş boyutları programa 3 ve 4.aks için ayrı ayrı tanımlanmıştır. Şekil A.3'de bir modelde örnek olması için kesit boyutlandırılması örneği verilmiştir.

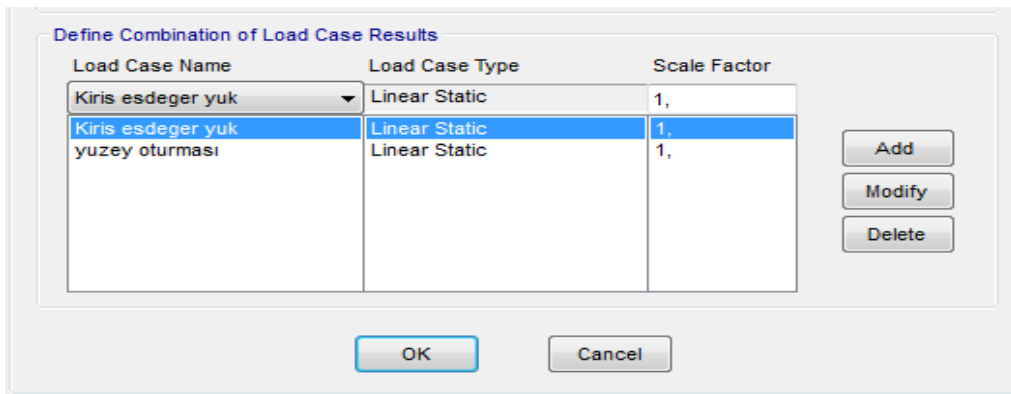


Şekil A.3: Kesit ölçülerinin programa girilmesi.

Daha sonra kirişlere girilen düşey yükler ve zemin kat kolonlarının altlarına tanımlanmış yüzey oturmaları programa girilmiştir. Şekil A.4'te ve A.5'te örneği verilmiştir.



Şekil A.4: Yük Tanımlama.



Şekil A.5: Yük Kombinasyonu.

EK B

Bu bölümde programdan zemin kat kolonları için alınan yükler 3 ve 4.aks birlikte tablo haline getirilmiştir..Kırmızı ve sarıyla işaretlenen hücreler donatı alanının yetersiz kaldığını ifade etmektedir. Sarı ile işaretlenmiş hücreler için tek fark gereken donatı miktarının maksimum donatı oranını aştığını da ifade etmektedir. Özetle kesit ölçüleri yetersizdir. Kolon isimlerindeki harfler ve sayılar aks kesişimlerini ifade etmektedir. Şekil 5.1’de aksların konumu verilmiştir.

Çizelge B.1: Z=9, x=-25 , kumlu zemin , 5 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	361	5	10	0	0	361	10	625	924
1-B4	831	2	4	0	0	831	4	1050	1232
1-C4	782	0	0	0	0	782	0	1050	1232
1-D4	832	2	4	0	0	832	4	1050	1232
1-E4	361	5	10	0	0	361	10	625	924
1-A3	700	24	51	0	0	700	51	1350	1539
1-B3	1622	2	5	0	0	1622	5	2600	3054
1-C3	1529	0	0	0	0	1529	0	2600	3054
1-D3	1622	3	5	0	0	1622	5	2600	3054
1-E3	700	24	51	0	0	700	51	1350	1539

Çizelge B.2: Z=9, x=-20 , kumlu zemin , 5 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	361	5	10	0,4	0,8	416	11	625	924
1-B4	831	2	4	0,2	0,5	939	5	1050	1232
1-C4	782	0	0	0,05	0,05	884	0,1	1050	1232
1-D4	832	2	4	0,3	0,5	938	5	1050	1232
1-E4	361	5	10	0,4	0,9	416	11	625	924
1-A3	700	24	51	1	2	766	54	1350	1539
1-B3	1622	2	5	0,1	0,5	1759	6	2600	3054
1-C3	1529	0	0	0,26	0,05	1662	0,3	2600	3054
1-D3	1622	3	5	0,25	0,2	1758	6	2600	3054
1-E3	700	24	51	1,15	2,55	767	54	1350	1539

Çizelge B.3: Z=9, x=-15 , kumlu zemin , 5 kat

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	361	5	10	5	15	333	5	625	924
1-B4	831	2	4	2	6	1073	20	1050	1232
1-C4	782	0	0	8	8	844	8	1050	1232
1-D4	832	2	4	9	7	944	11	1050	1232
1-E4	361	5	10	3	2	399	8	625	924
1-A3	700	24	51	12	48	644	12	1350	1539
1-B3	1622	2	5	1	35	1939	40	2600	3054
1-C3	1529	0	0	45	8	1630	45	2600	3054
1-D3	1622	3	5	20	9	1758	23	2600	3054
1-E3	700	24	51	12	3	740	49	1350	1539

Çizelge B.4: Z=9, x=-10 , kumlu zemin , 5 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	361	5	10	22	65	361	56	2500	924
1-B4	831	2	4	9	89	1387	93		1232
1-C4	782	0	0	36	22	873	36	1050	1232
1-D4	832	2	4	54	42	925	57	1365	1232
1-E4	361	5	10	17	13	324	12	625	924
1-A3	700	24	51	46	221	262	170	4185	1539
1-B3	1622	2	5	4	197	2374	202	4940	3054
1-C3	1529	0	0	225	21	1728	225	2600	3054
1-D3	1622	3	5	114	49	1727	117	2600	3054
1-E3	700	24	51	72	28	621	48	1350	1539

Çizelge B.5: Z=9, x=-5 , kumlu zemin , 5 kat.

	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	361	5	10	51	98	1048	107		924
1-B4	831	2	4	5	8	444	12	1050	1232
1-C4	782	0	0	51	118	1680	118		1232
1-D4	832	2	4	11	3	885	13	1050	1232
1-E4	361	5	10	5	4	393	6	625	924
1-A3	700	24	51	152	282	1625	334		1539
1-B3	1622	2	5	20	15	76	20	1050	3054
1-C3	1529	0	0	89	353	2600	353	6500	3054
1-D3	1622	3	5	10	35	1815	30	2600	3054
1-E3	700	24	51	21	6	710	45	1350	1539

Çizelge B.6: Z=9, x=0 , kumlu zemin , 5 kat.

	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	361	5	10	4	8	333	18	625	924
1-B4	831	2	4	79	160	1783	159		1232
1-C4	782	0	0	0	0	640	0	1050	1232
1-D4	832	2	4	79	163	1783	159		1232
1-E4	361	5	10	4	8	333	18	625	924
1-A3	700	24	51	20	42	764	93	1350	1539
1-B3	1622	2	5	129	268	2732	263	8580	3054
1-C3	1529	0	0	0	0	316	0	2600	3054
1-D3	1622	3	5	129	268	2732	263	8580	3054
1-E3	700	24	51	20	42	764	93	1350	1539

Çizelge B.7: Z=12, x=-25 , kumlu zemin , 5 kat.

	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	361	5	10	0,46	0,93	416	11	625	924
1-B4	831	2	4	0,2	0,4	938	4	1050	1232
1-C4	782	0	0	0	0	884	0	1050	1232
1-D4	832	2	4	0,2	0,4	938	4	1050	1232
1-E4	361	5	10	0,46	0,9	416	11	625	924
1-A3	700	24	51	1	2,5	767	54	1350	1539
1-B3	1622	2	5	0,15	0,3	1758	6	2600	3054
1-C3	1529	0	0	0	0	1662	0	2600	3054
1-D3	1622	3	5	0,15	0,3	1758	6	2600	3054
1-E3	700	24	51	1	2,5	767	54	1350	1539

Çizelge B.8: Z=12, x=-20 , kumlu zemin , 5 kat.

	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	361	5	10	0	0,4	409	9	625	924
1-B4	831	2	4	0,3	1,8	950	6	1050	1232
1-C4	782	0	0	0,7	0,7	880	1	1050	1232
1-D4	832	2	4	1	1	939	5	1050	1232
1-E4	361	5	10	0,2	0,7	414	10	625	924
1-A3	700	24	51	0	2	756	50	1350	1539
1-B3	1622	2	5	0,2	3	1774	9	2600	3054
1-C3	1529	0	0	4	0,6	1659	4	2600	3054
1-D3	1622	3	5	2	1	1760	4	2600	3054
1-E3	700	24	51	0	2	764	53	1350	1539

Çizelge B.9: Z=12, x=-15 , kumlu zemin , 5 kat.

	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	361	5	10	8	22	295	13	625	924
1-B4	831	2	4	2	25	1128	29	1365	1232
1-C4	782	0	0	12	11	839	12	1050	1232
1-D4	832	2	4	15	11	944	17	1050	1232
1-E4	361	5	10	4	3	389	17	625	924
1-A3	700	24	51	9	115	538	64	1350	1539
1-B3	1622	2	5	1,5	148	1904	154	2600	3054
1-C3	1529	0	0	149	70	1888	149	2600	3054
1-D3	1622	3	5	86	34	1726	88	2600	3054
1-E3	700	24	51	55	20	655	31	1350	1539

Çizelge B.10: Z=12, x=-10 , kumlu zemin , 5 kat.

	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	361	5	10	7,7	32	279	22	625	924
1-B4	831	2	4	7	68	1033	72	2520	1232
1-C4	782	0	0	18	2,4	1028	18	1050	1232
1-D4	832	2	4	42	33	905	44	1050	1232
1-E4	361	5	10	13	10	349	8	625	924
1-A3	700	24	51	9	115	538	64	1350	1539
1-B3	1622	2	5	2	148	1904	154	2600	3054
1-C3	1529	0	0	149	70	1888	149	2600	3054
1-D3	1622	3	5	86	34	1726	88	2600	3054
1-E3	700	24	51	55	20	655	31	1350	1539

Çizelge B.11: Z=12, x=-5 , kumlu zemin , 5 kat.

	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	361	5	10	32	58	787	67		924
1-B4	831	2	4	15	7	204	13	1050	1232
1-C4	782	0	0	30	80	1182	80		1232
1-D4	832	2	4	4	17	1060	13	1050	1232
1-E4	361	5	10	6	5	361	4	625	924
1-A3	700	24	51	102	167	1279	218		1539
1-B3	1622	2	5	34	1	774	31	2600	3054
1-C3	1529	0	0	27	253	1988	253	2600	3054
1-D3	1622	2	5	5	60	1980	55	2600	3054
1-E3	700	24	51	25	7	690	45	1350	1539

Çizelge B.12: Z=12, x=0 , kumlu zemin , 5 kat.

	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	361	5	10	11	22	465	32	875	924
1-B4	831	2	4	55	113	1283	109		1232
1-C4	782	0	0	0	0	98	0	1050	1232
1-D4	832	2	4	55	113	1283	109		1232
1-E4	361	5	10	11	22	465	32	875	924
1-A3	700	24	51	37	78	905	129	1485	1539
1-B3	1622	2	5	93	192	2138	187	3380	3054
1-C3	1529	0	0	0	0	624	0	2600	3054
1-D3	1622	2	5	93	192	2138	187	3380	3054
1-E3	700	24	51	37	78	905	129	1485	1539

Çizelge B.13: Z=20, x=-25 , kumlu zemin , 5 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	361	5	10	0,1	0,6	408	9	625	924
1-B4	831	2	4	0,4	2,1	950	6	1050	1232
1-C4	782	0	0	0,8	0,7	881	0,8	1050	1232
1-D4	832	2	4	1,2	1,2	939	5	1050	1232
1-E4	361	5	10	0,1	0,7	414	10	625	924
1-A3	700	24	51	0	2,45	755	49	1350	1539
1-B3	1622	2	5	0,2	4	1774	9	2600	3054
1-C3	1529	0	0	5	0,25	1660	5	2600	3054
1-D3	1622	3	5	2,4	1,2	1758	6	2600	3054
1-E3	700	24	51	0,2	2	764	53	1350	1539

Çizelge B.14: Z=20, x=-20 , kumlu zemin , 5 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	361	5	10	2	7	379	3	625	924
1-B4	831	2	4	1	10	991	14	1050	1232
1-C4	782	0	0	4	2,5	879	4	1050	1232
1-D4	832	2	4	6	5	939	9	1050	1232
1-E4	361	5	10	1,5	0,5	406	9	625	924
1-A3	700	24	51	4	23	709	29	1350	1539
1-B3	1622	2	5	0,4	22	1830	27	2600	3054
1-C3	1529	0	0	25	2	1665	25	2600	3054
1-D3	1622	3	5	13	5	1757	15	2600	3054
1-E3	700	24	51	7	1	750	51	1350	1539

Çizelge B.15: Z=20, x=-15, kumlu zemin , 5 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	361	5	10	4	14	348	4	625	924
1-B4	831	2	4	2	26,5	1009	31	1050	1232
1-C4	782	0	0	8	0,3	910	8	1050	1232
1-D4	832	2	4	17	12	939	19	1050	1232
1-E4	361	5	10	5	3,6	386	6	625	924
1-A3	700	24	51	5	51	659	20	1350	1539
1-B3	1622	2	5	1	59	1858	64	2600	3054
1-C3	1529	0	0	65	26	1715	65	2600	3054
1-D3	1622	3	5	35	11	1761	37	2600	3054
1-E3	700	24	51	23	7	719	45	1350	1539

Çizelge B.16: Z=20, x=-10, kumlu zemin , 5 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	361	5	10	3,2	3,2	422	8	625	924
1-B4	831	2	4	2,8	27	862	31	1050	1232
1-C4	782	0	0	3,2	18	969	18	1050	1232
1-D4	832	2	4	20	7	969	21	1050	1232
1-E4	361	5	10	7	5	372	5	625	924
1-A3	700	24	51	18	21	759	43	1350	1539
1-B3	1622	2	5	12	65	1660	71	2600	3054
1-C3	1529	0	0	72	88	1780	88	2600	3054
1-D3	1622	3	5	40	6	1813	43	2600	3054
1-E3	700	24	51	32	7	700	44	1350	1539

Çizelge B.17: Z=20, x=-5, kumlu zemin , 5 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	361	5	10	13	20	539	30	1125	924
1-B4	831	2	4	18	13	757	16	1050	1232
1-C4	782	0	0	6	29	862	30	1050	1232
1-D4	832	2	4	1	26	1030	22	1050	1232
1-E4	361	5	10	2	3	404	13	625	924
1-A3	700	24	51	47	56	944	107	1485	1539
1-B3	1622	2	5	36	11	1503	33	2600	3054
1-C3	1529	0	0	29	109	1613	109	2600	3054
1-D3	1622	3	5	0,2	63	1889	57	2600	3054
1-E3	700	24	51	11	18	763	70	1350	1539

Çizelge B.18: Z=20, x=0, kumlu zemin , 5 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	361	5	10	10	20	503	30	938	924
1-B4	831	2	4	23	47	934	43	1050	1232
1-C4	782	0	0	0	0	718	0	1050	1232
1-D4	832	2	4	23	47	934	43	1050	1232
1-E4	361	5	10	10	20	503	30	938	924
1-A3	700	24	51	31	64	914	115	1755	1539
1-B3	1622	2	5	41	85	1735	80	2600	3054
1-C3	1529	0	0	0	0	1415	0	2600	3054
1-D3	1622	3	5	41	85	1735	80	2600	3054
1-E3	700	24	51	31	64	914	115	1755	1539

Çizelge B.19: Z=9, x=-25, killi zemin , 5 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	361	5	10	0,6	2	402	4	625	924
1-B4	831	2	4	0,5	4	960	8	1050	1232
1-C4	782	0	0	1,6	1,1	880	1,5	1050	1232
1-D4	832	2	4	2,3	2	939	6	1050	1232
1-E4	361	5	10	0,2	0,4	412	10	625	924
1-A3	700	24	51	1	7	744	44	1350	1539
1-B3	1622	2	5	0,2	8	1788	13	2600	3054
1-C3	1529	0	0	9,2	0	1661	9	2600	3054
1-D3	1622	3	5	4,6	2	1758	7,5	2600	3054
1-E3	700	24	51	1,7	1,4	761	53	1350	1539

Çizelge B.20: Z=9, x=-20, killi zemin , 5 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	361	5	10	4	13	347	3	625	924
1-B4	831	2	4	2	18	1035	22	1050	1232
1-C4	782	0	0	7,5	4,5	875	7,5	1050	1232
1-D4	832	2	4	11	8,5	949	13	1050	1232
1-E4	361	5	10	3	2	396	8	625	924
1-A3	700	24	51	8	44	662	16	1350	1539
1-B3	1622	2	5	0,3	40	1890	46	2600	3054
1-C3	1529	0	0	47	5	1667	47	2600	3054
1-D3	1622	3	5	24	9	1757	26	2600	3054
1-E3	700	24	51	14	4	735	48	1350	1539

Çizelge B.21: Z=9, x=-15, killi zemin , 5 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	361	5	10	11	38	234	28	625	924
1-B4	831	2	4	4	59	1162	63		1232
1-C4	782	0	0	21	6	905	21	1050	1232
1-D4	832	2	4	37	26	945	39	1050	1232
1-E4	361	5	10	12	9	348	7	625	924
1-A3	700	24	51	19	130	483	78	1350	1539
1-B3	1622	2	5	2	132	2067	138	2600	3054
1-C3	1529	0	0	150	43	1737	150	2600	3054
1-D3	1622	3	5	78	25	1764	80	2600	3054
1-E3	700	24	51	52	18	661	33	1350	1539

Çizelge B.22: Z=9, x=-10, killi zemin , 5 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	361	5	10	2	22	362	13	625	924
1-B4	831	2	4	2	81	842	85	2100	1232
1-C4	782	0	0	14	33	1112	33	1880	1232
1-D4	832	2	4	55	29	972	57	1680	1232
1-E4	361	5	10	20	14	306	15	625	924
1-A3	700	24	51	27	96	646	51	1350	1539
1-B3	1622	2	5	20	189	1646	194	2600	3054
1-C3	1529	0	0	201	191	1989	200	2600	3054
1-D3	1622	3	5	113	5	1835	116	2600	3054
1-E3	700	24	51	85	25	596	60	1350	1539

Çizelge B.23: Z=9, x=-5, killi zemin , 5 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	361	5	10	39	63	813	73		924
1-B4	831	2	4	39	27	263	37	1050	1232
1-C4	782	0	0	26	91	983	91	3570	1232
1-D4	832	2	4	1	56	1167	52		1232
1-E4	361	5	10	7	2	367	12	625	924
1-A3	700	24	51	130	177	1330	228		1539
1-B3	1622	2	5	81	21	830	78	2600	3054
1-C3	1529	0	0	39	317	1725	317	2860	3054
1-D3	1622	3	5	2	141	2106	136	2600	3054
1-E3	700	24	51	34	25	720	77	1350	1539

Çizelge B.24: Z=9, x=0, killi zemin , 5 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	361	5	10	22	45	597	55		924
1-B4	831	2	4	68	140	1093	136		1232
1-C4	782	0	0	0	0	213	0	1050	1232
1-D4	832	2	4	68	140	1093	136		1232
1-E4	361	5	10	22	45	597	55		924
1-A3	700	24	51	71	151	1100	202	5265	1539
1-B3	1622	2	5	119	246	1894	241	4420	3054
1-C3	1529	0	0	0	0	723	0	2600	3054
1-D3	1622	3	5	119	246	1894	241	4420	3054
1-E3	700	24	51	71	151	1100	202	5265	1539

Çizelge B.25: Z=12, x=-25, killi zemin , 5 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	361	5	10	1,3	4,51	390	5	625	924
1-B4	831	2	4	0,7	7,9	974	12	1050	1232
1-C4	782	0	0	3	1,4	882	3	1050	1232
1-D4	832	2	4	5	4	939	8	1050	1232
1-E4	361	5	10	1	0,3	408	9	625	924
1-A3	700	24	51	2	16	726	35	1350	1539
1-B3	1622	2	5	0	17	1807	23	2600	3054
1-C3	1529	0	0	20	4	1667	20	2600	3054
1-D3	1622	3	5	10	4	1759	13	2600	3054
1-E3	700	24	51	6	0	753	19	1350	1539

Çizelge B.26: Z=12, x=-20, killi zemin , 5 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	361	5	10	4	14	346	5	625	924
1-B4	831	2	4	1	23	1025	27	1050	1232
1-C4	782	0	0	8	2	890	8	1050	1232
1-D4	832	2	4	15	10	943	17	1050	1232
1-E4	361	5	10	5	3	389	17	625	924
1-A3	700	24	51	6	49	657	18	1350	1539
1-B3	1622	2	5	1	52	1877	57	2600	3054
1-C3	1529	0	0	60	19	1689	60	2600	3054
1-D3	1622	3	5	31	9	1763	33	2600	3054
1-E3	700	24	51	20	5	725	46	1350	1539

Çizelge B.27: Z=12, x=-15, killi zemin , 5 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	361	5	10	5	24	312	14	625	924
1-B4	831	2	4	0,3	47	1036	51	1785	1232
1-C4	782	0	0	14	5	932	14	1050	1232
1-D4	832	2	4	31	18	957	33	1050	1232
1-E4	361	5	10	10,5	7	357	6	625	924
1-A3	700	24	51	2	87	597	35	1350	1539
1-B3	1622	2	5	8	108	1896	113	2600	3054
1-C3	1529	0	0	125	67	1755	124	2600	3054
1-D3	1622	3	5	64	9	1786	67	2600	3054
1-E3	700	24	51	45	13	676	39	1350	1539

Çizelge B.28: Z=12, x=-10, killi zemin , 5 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	361	5	10	7	6	431	11	625	924
1-B4	831	2	4	10	43	814	47	1050	1232
1-C4	782	0	0	7	32	1005	32	1155	1232
1-D4	832	2	4	33	5	998	35	1050	1232
1-E4	361	5	10	13	7	346	8	625	924
1-A3	700	24	51	36	37	763	61	1350	1539
1-B3	1622	2	5	29	110	1596	116	2600	3054
1-C3	1529	0	0	139	163	1830	162	2600	3054
1-D3	1622	3	5	70	26	1859	72	2600	3054
1-E3	700	24	51	57	6	664	48	1350	1539

Çizelge B.29: Z=12, x=-5, killi zemin , 5 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	361	5	10	24	35	635	45	2438	924
1-B4	831	2	4	32	24	617	31	1050	1232
1-C4	782	0	0	9	50	857	50	1155	1232
1-D4	832	2	4	3	48	1071	44	1680	1232
1-E4	361	5	10	2	8	412	18	625	924
1-A3	700	24	51	83	97	1083	149	3375	1539
1-B3	1622	2	5	66	21	1308	64	2600	3054
1-C3	1529	0	0	59	189	1587	189	2600	3054
1-D3	1622	3	5	0,2	116	1949	110	2600	3054
1-E3	700	24	51	18	40	785	91	1350	1539

Çizelge B.30: Z=12, x=0, killi zemin , 5 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	361	5	10	17	34	566	44	2000	924
1-B4	831	2	4	40	83	934	79	2205	1232
1-C4	782	0	0	0	0	590	0	1050	1232
1-D4	832	2	4	40	83	934	79	2205	1232
1-E4	361	5	10	17	34	566	44	2000	924
1-A3	700	24	51	53	110	1022	162	3645	1539
1-B3	1622	2	5	72	150	1721	144	2600	3054
1-C3	1529	0	0	0	0	1224	0	2600	3054
1-D3	1622	3	5	72	150	1721	144	2600	3054
1-E3	700	24	51	53	110	1022	162	3645	1539

Çizelge B.31: Z=20, x=-25, killi zemin , 5 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	361	5	10	1	5	390	4	625	924
1-B4	831	2	4	0,5	12	964	16	1050	1232
1-C4	782	0	0	4	2	892	4	1050	1232
1-D4	832	2	4	8	4	945	10	1050	1232
1-E4	361	5	10	2	0,9	401	9	625	924
1-A3	700	24	51	2	21	724	31	1350	1539
1-B3	1622	2	5	4	28	1795	34	2600	3054
1-C3	1529	0	0	35,5	20	1680	35	2600	3054
1-D3	1622	3	5	17,2	0	1768	20	2600	3054
1-E3	700	24	51	11,4	0	744	51	1350	1539

Çizelge B.32: Z=20, x=-20, killi zemin , 5 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	361	5	10	0,2	7,2	386	5	625	924
1-B4	831	2	4	2,25	17,8	962	22	1050	1232
1-C4	782	0	0	5,66	4,81	899	6	1050	1232
1-D4	831	2	4	12,7	3,75	952	15	1050	1232
1-E4	361	5	10	4,1	2	393	8	625	924
1-A3	700	24	51	5	29	715	30	1350	1539
1-B3	1622	2	5	8	43	1792	49	2600	3054
1-C3	1529	0	0	58	40	1693	58	2600	3054
1-D3	1622	3	5	27	5	1779	29	2600	3054
1-E3	700	24	51	19	0,1	733	52	1350	1539

Çizelge B.33: Z=20, x=-15, killi zemin , 5 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	361	5	10	2	5	403	7	625	924
1-B4	831	2	4	6	19	933	23	1050	1232
1-C4	782	0	0	6	10	905	10	1050	1232
1-D4	832	2	4	15	0,3	962	17	1050	1232
1-E4	361	5	10	5	1	391	9	625	924
1-A3	700	24	51	14	25	738	39	1350	1539
1-B3	1622	3	5	16	49	1751	55	2600	3054
1-C3	1529	0	0	75	65	1697	75	2600	3054
1-D3	1622	3	5	32	17	1793	35	2600	3054
1-E3	700	24	51	24	5	732	56	1350	1539

Çizelge B.34: Z=20, x=-10, killi zemin , 5 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	361	5	10	6	3	446	12	625	924
1-B4	831	2	4	11	8	881	12	1050	1232
1-C4	782	0	0	4	15	893	15	1050	1232
1-D4	832	2	4	10	11	967	12	1050	1232
1-E4	361	5	10	3	3	406	12	625	924
1-A3	700	24	51	27	1	803	51	1350	1539
1-B3	1622	2	5	27	31	1678	36	2600	3054
1-C3	1529	0	0	71	80	1670	80	2600	3054
1-D3	1622	3	5	23	38	1801	33	2600	3054
1-E3	700	24	51	19	17	758	68	1350	1539

Çizelge B.35: Z=20, x=-5, killi zemin , 5 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	361	5	10	9	12	486	22	625	924
1-B4	831	2	4	16	12	861	14	1050	1232
1-C4	782	0	0	1	13	853	13	1050	1232
1-D4	832	2	4	2	24	952	20	1050	1232
1-E4	361	5	10	1	9	442	19	625	924
1-A3	700	24	51	33	32	869	83	1350	1539
1-B3	1622	3	5	33	12	1647	30	2600	3054
1-C3	1529	0	0	42	60	1604	60	2600	3054
1-D3	1622	3	5	0,5	56	1776	51	2600	3054
1-E3	700	24	51	1	34	815	86	1350	1539

Çizelge B.36: Z=20, x=0, killi zemin , 5 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	361	5	10	14	7	481	24	625	924
1-B4	831	2	4	13	27	903	23	1050	1232
1-C4	782	0	0	0	0	826	0	1050	1232
1-D4	832	2	4	13	27	903	23	1050	1232
1-E4	361	5	10	14	7	481	24	625	924
1-A3	700	24	51	21	45	871	96	1350	1539
1-B3	1622	3	5	24	50	1704	44	2600	3054
1-C3	1529	0	0	0	0	1562	0	2600	3054
1-D3	1622	3	5	24	50	1704	44	2600	3054
1-E3	700	24	51	21	45	871	96	1350	1539

Çizelge B.37: Z=9, x=-25, kumlu zemin , 4 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	288	5	10	0,44	0,88	288	11	10	924
1-B4	665	1,5	3	0,16	0,38	665	3	3	924
1-C4	621	0	0	0,1	0,1	621	0	0	924
1-D4	665	1,5	3	0,2	0,35	665	3	3	924
1-E4	288	5	10	0,5	1	288	11	10	924
1-A3	549	16	34	0,75	1,49	549	35	34	1232
1-B3	1301	3	7	0,18	0,53	1301	7	7	2413
1-C3	1212	0	0	0,2	0,08	1212	0,2	0	2413
1-D3	1301	3	7	0,26	0,39	1301	7	7	2413
1-E3	549	16	34	0,78	1,7	549	35	34	1232

Çizelge B.38: Z=9, x=-20, kumlu zemin , 4 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	288	5	10	0,44	0,88	332	11	625	924
1-B4	665	1,5	3	0,16	0,38	750	3	900	924
1-C4	621	0	0	0,1	0,1	700	0	900	924
1-D4	665	1,5	3	0,2	0,35	749	3	900	924
1-E4	288	5	10	0,5	1	332	11	625	924
1-A3	549	16	34	0,75	1,49	598	35	1050	1232
1-B3	1301	3	7	0,18	0,53	1403	7	2200	2413
1-C3	1212	0	0	0,2	0,08	1311	0,2	2200	2413
1-D3	1301	3	7	0,26	0,39	1403	7	2200	2413
1-E3	549	16	34	0,78	1,7	598	35	1050	1232

Çizelge B.39: Z=9, x=-15, kumlu zemin , 4 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	288	5	10	5	14	266	5	625	924
1-B4	665	1,5	3	2	12	857	15	900	924
1-C4	621	0	0	8	8,5	663	8,5	900	924
1-D4	665	1,5	3	7	6	756	9	900	924
1-E4	288	5	10	3	1	318	8,5	625	924
1-A3	549	16	34	10	32	509	6	1050	1232
1-B3	1301	3	7	2	30	1539	37	2200	2413
1-C3	1212	0	0	31	13	1280	32	2200	2413
1-D3	1301	3	7	16	7	1405	19	2200	2413
1-E3	549	16	34	6	2	570	32	1050	1232

Çizelge B.40: Z=9, x=-10, kumlu zemin , 4 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	288	5	10	21	64	74	54	2438	924
1-B4	665	1,5	3	11	68	1112	71		924
1-C4	621	0	0	35	25	668	35	900	924
1-D4	665	1,5	3	40	35	748	41	990	924
1-E4	288	5	10	17	12	262	12	625	924
1-A3	549	16	34	41	143	235	110	3150	1232
1-B3	1301	3	7	9	167	1860	174	3520	2413
1-C3	1212	0	0	156	17	1339	156	2200	2413
1-D3	1301	3	7	92	41	1383	95	2200	2413
1-E3	549	16	34	38	18	497	21	1050	1232

Çizelge B.41: Z=9, x=-5, kumlu zemin , 4 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	288	5	10	51	99	842	109		924
1-B4	665	1,5	3	3	3,57	372	7	900	924
1-C4	621	0	0	53	118	1379	118		924
1-D4	665	1,5	3	7	5	675	9	900	924
1-E4	288	5	10	4	4	325	5	625	924
1-A3	549	16	34	106	194	1241	227		1232
1-B3	1301	3	7	33	5	100	30	2200	2413
1-C3	1212	0	0	83	314	2073	314	2200	2413
1-D3	1301	3	7	29	3	1405	32	2200	2413
1-E3	549	16	34	13	13	564	20	1050	1232

Çizelge B.42: Z=9, x=0, kumlu zemin , 4 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	288	5	10	2	4	239	14	625	924
1-B4	665	1,5	3	63	128	1451	125		924
1-C4	621	0	0	0	0	531	0	900	924
1-D4	665	1,5	3	63	128	1451	125		924
1-E4	288	5	10	2	4	239	14	625	924
1-A3	549	16	34	12	26	563	59	1050	1232
1-B3	1301	3	7	113	236	2197	229	7040	2413
1-C3	1212	0	0	0	0	240	0	2200	2413
1-D3	1301	3	7	113	236	2197	229	7040	2413
1-E3	549	16	34	12	26	563	59	1050	1232

Çizelge B.43: Z=12, x=-25, kumlu zemin , 4 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	288	5	10	0,02	0,4	300	10	625	924
1-B4	665	1,5	3	0,3	1,34	700	3	900	924
1-C4	621	0	0	0,71	0,75	650	0,75	900	924
1-D4	665	1,5	3	0,74	0,8	700	3,5	900	924
1-E4	288	5	10	0,2	0,76	331	11	625	924
1-A3	549	16	34	0,1	1,2	570	33	1050	1232
1-B3	1301	3	7	0,4	3	1415	10	2200	2413
1-C3	1212	0	0	3	1,1	1270	3	2200	2413
1-D3	1301	3	7	1,5	1	1350	8	2200	2413
1-E3	549	16	34	0,25	1,4	570	35	1050	1232

Çizelge B.44: Z=12, x=-20, kumlu zemin , 4 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	288	5	10	0,02	0,4	326	10	625	924
1-B4	665	1,5	3	0,3	1,34	758	4	900	924
1-C4	621	0	0	0,71	0,75	697	0,75	900	924
1-D4	665	1,5	3	0,74	0,8	749	3,8	900	924
1-E4	288	5	10	0,2	0,76	331	11	625	924
1-A3	549	16	34	0,1	1,2	591	32	1050	1232
1-B3	1301	3	7	0,4	3	1415	10	2200	2413
1-C3	1212	0	0	3	1,1	1308	3	2200	2413
1-D3	1301	3	7	1,5	1	1403	8	2200	2413
1-E3	549	16	34	0,25	1,4	597	35	1050	1232

Çizelge B.45: Z=12, x=-15, kumlu zemin , 4 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	288	5	10	8	22	236	12	625	924
1-B4	665	1,5	3	3	19	902	22	900	924
1-C4	621	0	0	12	12	656	12	900	924
1-D4	665	1,5	3	11	9,5	758	13	900	924
1-E4	288	5	10	4,4	3	310	7	625	924
1-A3	549	16	34	15	48	467	14	1050	1232
1-B3	1301	3	7	3	48	1594	55	2200	2413
1-C3	1212	0	0	49	17	1278	49	2200	2413
1-D3	1301	3	7	25	11	1404	28	2200	2413
1-E3	549	16	34	10	4	569	30	1050	1232

Çizelge B.46: Z=12, x=-10, kumlu zemin , 4 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	288	5	10	7	30	228	20	625	924
1-B4	665	1,5	3	8	51	825	54	1980	924
1-C4	621	0	0	17	0	803	17	900	924
1-D4	665	1,5	3	31	28	724	32	900	924
1-E4	288	5	10	13	9	283	8	625	924
1-A3	549	16	34	13	73	438	39	1050	1232
1-B3	1301	3	7	3	124	1504	130	2200	2413
1-C3	1212	0	0	100	37	1475	100	2200	2413
1-D3	1301	3	7	72	32	1374	75	2200	2413
1-E3	549	16	34	30	14	522	19	1050	1232

Çizelge B.47: Z=12, x=-5, kumlu zemin , 4 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	288	5	10	32	59	627	68		924
1-B4	665	1,5	3	11	7,5	157	9	900	924
1-C4	621	0	0	32	79	955	79	3600	924
1-D4	665	1,5	3	1	11	830	9	900	924
1-E4	288	5	10	6	6	293	4	625	924
1-A3	549	16	34	69	115	979	149		1232
1-B3	1301	3	7	40	15	657	37	2420	2413
1-C3	1212	0	0	34	219	1582	219	2200	2413
1-D3	1301	3	7	17	34	1553	27	2200	2413
1-E3	549	16	34	19	11	524	22	1050	1232

Çizelge B.48: Z=12, x=0, kumlu zemin , 4 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	288	5	10	10	19	355	29	625	924
1-B4	665	1,5	3	43	88	1035	88		924
1-C4	621	0	0	0	0	82	0	900	924
1-D4	665	1,5	3	43	88	1035	88		924
1-E4	288	5	10	10	19	355	29	625	924
1-A3	549	16	34	24	50	680	83	1785	1232
1-B3	1301	3	7	80	147	1720	161	2200	2413
1-C3	1212	0	0	0	0	510	0	2200	2413
1-D3	1301	3	7	80	147	1720	161	2200	2413
1-E3	549	16	34	24	50	680	83	1785	1232

Çizelge B.49: Z=20, x=-25, kumlu zemin , 4 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	288	5	10	0,05	0,5	326	9	625	924
1-B4	665	1,5	3	0,35	1,61	759	4,6	900	924
1-C4	621	0	0	0,8	0,73	698	0,8	900	924
1-D4	665	1,5	3	0,9	0,95	749	4	900	924
1-E4	288	5	10	0,14	0,71	331	11	625	924
1-A3	549	16	34	0,21	1,6	590	32	1050	1232
1-B3	1301	3	7	0,36	3,63	1415	10	2200	2413
1-C3	1212	0	0	3,3	1	1309	3	2200	2413
1-D3	1301	3	7	1,9	1	1403	8	2200	2413
1-E3	549	16	34	0,08	1,32	596	35	1050	1232

Çizelge B.50: Z=20, x=-20, kumlu zemin , 4 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	288	5	10	2	6,5	303	3,5	625	924
1-B4	665	1,5	3	1,25	7,5	792	10,67	900	924
1-C4	621	0	0	4	3	694	4	900	924
1-D4	665	1,5	3	4,5	4	750	7	900	924
1-E4	288	5	10	1,5	0,5	324	9,4	625	924
1-A3	549	16	34	4	14,7	557	19	1050	1232
1-B3	1301	3	7	1	19	1457	25	2200	2413
1-C3	1212	0	0	17,5	2	1310	17,5	2200	2413
1-D3	1301	3	7	10	4,5	1402	13	2200	2413
1-E3	549	16	34	3,5	0,5	587	33	1050	1232

Çizelge B.51: Z=20, x=-15, kumlu zemin , 4 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	288	5	10	3,3	14	280	4	625	924
1-B4	665	1,5	3	2,7	20	806	23	900	924
1-C4	621	0	0	7,8	1,3	716	8	900	924
1-D4	665	1,5	3	12,1	10,1	751	4	900	924
1-E4	288	5	10	5,05	3,29	309	7	625	924
1-A3	549	16	34	6	32	521	10	1050	1232
1-B3	1301	3	7	0	49	1476	56	2200	2413
1-C3	1212	0	0	43	12	1347	43	2200	2413
1-D3	1301	3	7	29	10,5	1404	32	2200	2413
1-E3	549	16	34	12	5	565	29	1050	1232

Çizelge B.52: Z=20, x=-10, kumlu zemin , 4 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	288	5	10	4	3	338	9	625	924
1-B4	665	1,5	3	0,4	20	687	23	900	924
1-C4	621	0	0	2	16	766	16	900	924
1-D4	665	1,5	3	14	7	772	15	900	924
1-E4	288	5	10	7	5	299	5	625	924
1-A3	549	16	34	9	11	596	25	1050	1232
1-B3	1301	3	7	12	51	1325	58	2200	2413
1-C3	1212	0	0	45	64	1400	64	2200	2413
1-D3	1301	3	7	36	0	1440	39	2200	2413
1-E3	549	16	34	18	7	551	27	1050	1232

Çizelge B.53: Z=20, x=-5, kumlu zemin , 4 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	288	5	10	13	20	427	30	688	924
1-B4	665	1,5	3	13	12	604	11	900	924
1-C4	621	0	0	7	28	690	28	900	924
1-D4	665	1,5	3	3	19	819	16	900	924
1-E4	288	5	10	2	26	322	12	625	924
1-A3	549	16	34	30	39	727	72	1365	1232
1-B3	1301	3	7	34	16	1214	31	2200	2413
1-C3	1212	0	0	14	88	1279	88	2200	2413
1-D3	1301	3	7	4	46	1501	40	2200	2413
1-E3	549	16	34	6	9	592	42	1050	1232

Çizelge B.54: Z=20, x=0, kumlu zemin , 4 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	288	5	10	9	19	396	29	625	924
1-B4	665	1,5	3	18	37	745	34	900	924
1-C4	621	0	0	0	0	579	0	900	924
1-D4	665	1,5	3	18	37	745	34	900	924
1-E4	288	5	10	9	19	396	29	625	924
1-A3	549	16	34	20	42	700	75	1470	1232
1-B3	1301	3	7	35	73	1393	66	2200	2413
1-C3	1212	0	0	0	0	1128	0	2200	2413
1-D3	1301	3	7	35	73	1393	66	2200	2413
1-E3	549	16	34	20	42	700	75	1470	1232

Çizelge B.55: Z=9, x=-25, killi zemin , 4 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	288	5	10	4	13	278	3	625	924
1-B4	665	1,5	3	2	14	827	17	900	924
1-C4	621	0	0	7	5	688	7	900	924
1-D4	665	1,5	3	8	7	752	10	900	924
1-E4	288	5	10	3	2	317	8	625	924
1-A3	549	16	34	8	28	522	9	1050	1232
1-B3	1301	3	7	1,5	34,5	1501	41	2200	2413
1-C3	1212	0	0	32,6	3	1310	33	2200	2413
1-D3	1301	3	7	19	8	1403	22	2200	2413
1-E3	549	16	34	7	2,4	576	31	1050	1232

Çizelge B.56: Z=9, x=-20, killi zemin , 4 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	288	5	10	4	13	278	3	625	924
1-B4	665	1,5	3	2	14	827	17	900	924
1-C4	621	0	0	7	5	688	7	900	924
1-D4	665	1,5	3	8	7	752	10	900	924
1-E4	288	5	10	3	2	317	8	625	924
1-A3	549	16	34	8	28	522	9	1050	1232
1-B3	1301	3	7	1,5	34,5	1501	41	2200	2413
1-C3	1212	0	0	32,6	3	1310	33	2200	2413
1-D3	1301	3	7	19	8	1403	22	2200	2413
1-E3	549	16	34	7	2,4	576	31	1050	1232

Çizelge B.57: Z=9, x=-15, killi zemin , 4 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	288	5	10	10	36	190	26	625	924
1-B4	665	1,5	3	6	45	930	48	2160	924
1-C4	621	0	0	20	8	703	20	900	924
1-D4	665	1,5	3	27	22	759	28	900	924
1-E4	288	5	10	12	8	280	7	625	924
1-A3	549	16	34	19	84	396	50	1050	1232
1-B3	1301	3	7	1	111	1631	118	2200	2413
1-C3	1212	0	0	102	13	1355	102	2200	2413
1-D3	1301	3	7	64	23	1407	67	2200	2413
1-E3	549	16	34	27	12	525	21	1050	1232

Çizelge B.58: Z=9, x=-10, killi zemin , 4 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	288	5	10	3	20	294	10	625	924
1-B4	665	1,5	3	3	60	672	63	1530	924
1-C4	621	0	0	12	29	872	29	1080	924
1-D4	665	1,5	3	39	26	774	40	1080	924
1-E4	288	5	10	19	14	250	15	625	924
1-A3	549	16	34	9	57	519	26	1050	1232
1-B3	1301	3	7	19	151	1308	158	2200	2413
1-C3	1212	0	0	128	132	1556	132	2200	2413
1-D3	1301	3	7	190	15	1451	103	2200	2413
1-E3	549	16	34	47	21	478	31	1050	1232

Çizelge B.59: Z=9, x=-5, killi zemin , 4 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	288	5	10	39	63	644	72		924
1-B4	665	1,5	3	28	25	208	26	900	924
1-C4	621	0	0	28	89	799	89	3240	924
1-D4	665	1,5	3	4	40	919	37	1620	924
1-E4	288	5	10	7	0,2	293	10	625	924
1-A3	549	16	34	85	123	1011	156	1050	1232
1-B3	1301	3	7	81	36	708	78	2200	2413
1-C3	1212	0	0	8	264	1379	264	3300	2413
1-D3	1301	3	7	16	100	1656	93	2200	2413
1-E3	549	16	34	22	8	559	42	1050	1232

Çizelge B.60: Z=9, x=0, killi zemin , 4 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	288	5	10	21	42	460	52	1938	924
1-B4	665	1,5	3	54	109	877	107		924
1-C4	621	0	0	0	0	188	0	900	924
1-D4	665	1,5	3	54	109	877	107		924
1-E4	288	5	10	21	42	460	52	1938	924
1-A3	549	16	34	47	97	822	131	3990	1232
1-B3	1301	3	7	102	213	1534	206	3740	2413
1-C3	1212	0	0	0	0	602	0	2200	2413
1-D3	1301	3	7	102	213	1534	206	3740	2413
1-E3	549	16	34	47	97	822	131	3990	1232

Çizelge B.61: Z=12, x=-25, killi zemin , 4 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	288	5	10	1	4	311	6	625	924
1-B4	665	1,5	3	1	6	778	9	900	924
1-C4	621	0	0	3	2	697	3	900	924
1-D4	665	1,5	3	3,5	3	750	6	900	924
1-E4	288	5	10	1	0,2	326	10	625	924
1-A3	549	16	34	2	10	569	23	1050	1232
1-B3	1301	3	7	0,4	15	1439	21	2200	2413
1-C3	1212	0	0	14	0,1	1313	14	2200	2413
1-D3	1301	3	7	8	3	1403	11	2200	2413
1-E3	549	16	34	3	0	589	34	1050	1232

Çizelge B.62: Z=12, x=-20, killi zemin , 4 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	288	5	10	4	14	278	4	625	924
1-B4	665	1,5	3	2	18	819	21	900	924
1-C4	621	0	0	8	3	700	8	900	924
1-D4	665	1,5	3	11	8,5	755	12	900	924
1-E4	288	5	10	4	3	311	7	625	924
1-A3	549	16	34	7	32	520	10	1050	1232
1-B3	1301	3	7	0,2	44	1491	51	2200	2413
1-C3	1212	0	0	41	7	1326	41	2200	2413
1-D3	1301	3	7	25	8	1407	29	2200	2413
1-E3	549	16	34	10,4	4	569	30	1050	1232

Çizelge B.63: Z=12, x=-15, killi zemin , 4 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	288	5	10	4	23	252	13	625	924
1-B4	665	1,5	3	3	35	829	38	1260	924
1-C4	621	0	0	13	3	729	13	900	924
1-D4	665	1,5	3	22	15	766	24	900	924
1-E4	288	5	10	10	7	287	5,5	625	924
1-A3	549	16	34	7	55	478	21	1050	1232
1-B3	1301	3	7	6	89	1503	96	2200	2413
1-C3	1212	0	0	83	98	1374	83	2200	2413
1-D3	1301	3	7	54	11,5	1423	58	2200	2413
1-E3	549	16	34	24	10	534	24	1050	1232

Çizelge B.64: Z=12, x=-10, killi zemin , 4 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	288	5	10	7	5	346	12	625	924
1-B4	665	1,5	3	4	31	649	34	900	924
1-C4	621	0	0	5	29	794	29	900	924
1-D4	665	1,5	3	23	7	794	24	900	924
1-E4	288	5	10	13	7	279	8	625	924
1-A3	549	16	34	18	20	601	34	1050	1232
1-B3	1301	3	7	28	86	1276	92	2200	2413
1-C3	1212	0	0	87	117	1438	117	2200	2413
1-D3	1301	3	7	63	13	1473	66	2200	2413
1-E3	549	16	34	31	8	525	26	1050	1232

Çizelge B.65: Z=12, x=-5, killi zemin , 4 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	288	5	10	23	35	502	45	1750	924
1-B4	665	1,5	3	23	22	492	22	900	924
1-C4	621	0	0	11	48	692	48	990	924
1-D4	665	1,5	3	5	36	849	33	1080	924
1-E4	288	5	10	3	7	327	17	625	924
1-A3	549	16	34	53	68	828	102	2835	1232
1-B3	1301	3	7	63	29	1068	60	2200	2413
1-C3	1212	0	0	30	152	1265	152	2200	2413
1-D3	1301	3	7	7	87	1546	80	2200	2413
1-E3	549	16	34	10	21	606	55	1050	1232

Çizelge B.66: Z=12, x=0, killi zemin , 4 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	288	5	10	16	32	443	42	1313	924
1-B4	665	1,5	3	32	66	745	63	1890	924
1-C4	621	0	0	0	0	485	0	900	924
1-D4	665	1,5	3	32	66	745	63	1890	924
1-E4	288	5	10	16	32	443	42	1313	924
1-A3	549	16	34	95	71	774	105	2835	1232
1-B3	1301	3	7	62	128	1388	121	2200	2413
1-C3	1212	0	0	0	0	988	0	2200	2413
1-D3	1301	3	7	"	128	1388	121	2200	2413
1-E3	549	16	34	95	71	774	105	2835	1232

Çizelge B.67: Z=20, x=-25, killi zemin , 4 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	288	5	10	0,5	5	312	5	625	924
1-B4	665	1,5	3	0,3	9	770	12	900	924
1-C4	621	0	0	4	1	705	4	900	924
1-D4	665	1,5	3	6	3,5	755	7	900	924
1-E4	288	5	10	2,5	1	321	9	625	924
1-A3	549	16	34	0,6	13	568	21	1050	1232
1-B3	1301	3	7	3	23	1429	30	2200	2413
1-C3	1212	0	0	24	12	1323	24	2200	2413
1-D3	1301	3	7	15	1	1410	18	2200	2413
1-E3	549	16	34	6	0,5	582	33	1050	1232

Çizelge B.68: Z=20, x=-20, killi zemin , 4 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	288	5	10	0	6,82	309	5	625	924
1-B4	665	1,5	3	0,5	13	768	16	900	924
1-C4	621	0	0	5	4	710	5	900	924
1-D4	665	1,5	3	9	4	761	10	900	924
1-E4	288	5	10	4	2	315	8	625	924
1-A3	549	16	34	1	18	562	17	1050	1232
1-B3	1301	3	7	7	35	1426	42	2200	2413
1-C3	1212	0	0	38	25	1331	38	2200	2413
1-D3	1301	3	7	23	2	1418	26	2200	2413
1-E3	549	16	34	10	1	574	33	1050	1232

Çizelge B.69: Z=20, x=-15, killi zemin , 4 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	288	5	10	2	5	322	7	625	924
1-B4	665	1,5	3	3	14	745	17	900	924
1-C4	621	0	0	5	9	715	9	900	924
1-D4	665	1,5	3	10	1	767	11	900	924
1-E4	288	5	10	5	1	313	9	625	924
1-A3	549	16	34	6	15	579	23	1050	1232
1-B3	1301	3	7	15	39	1396	46	2200	2413
1-C3	1212	0	0	48	44	1336	44	2200	2413
1-D3	1301	3	7	28	11	1429	31	2200	2413
1-E3	549	16	34	13	2	573	35	1050	1232

Çizelge B.70: Z=20, x=-10, killi zemin , 4 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	288	5	10	6	3	355	13	625	924
1-B4	665	1,5	3	7	5	703	8	900	924
1-C4	621	0	0	3	14	709	14	900	924
1-D4	665	1,5	3	6	7	771	8	900	924
1-E4	288	5	10	4	2	324	12	625	924
1-A3	549	16	34	15	1,5	626	35	1050	1232
1-B3	1301	3	7	24	22	1342	29	2200	2413
1-C3	1212	0	0	45	57	1318	57	2200	2413
1-D3	1301	3	7	21	28	1435	25	2200	2413
1-E3	549	16	34	10	9	591	42	1050	1232

Çizelge B.71: Z=20, x=-5, killi zemin , 4 kat.

	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	288	5	10	9	12	386	22	625	924
1-B4	665	1,5	3	11	11	681	10	900	924
1-C4	621	0	0	0,3	12	682	12	900	924
1-D4	665	1,5	3	3	18	758	15	900	924
1-E4	288	5	10	1	8	351	18	625	924
1-A3	549	16	34	20	22	672	56	1050	1232
1-B3	1301	3	7	29	13	1321	26	2200	2413
1-C3	1212	0	0	26	45	1271	45	2200	2413
1-D3	1301	3	7	1	44	1417	38	2200	2413
1-E3	549	16	34	1	21	632	54	1050	1232

Çizelge B.72: Z=20, x=0, killi zemin , 4 kat.

	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	288	5	10	7	14	381	23	625	924
1-B4	665	1,5	3	10	21	719	18	900	924
1-C4	621	0	0	0	0	662	0	900	924
1-D4	665	1,5	3	10	21	719	18	900	924
1-E4	288	5	10	7	14	381	23	625	924
1-A3	549	16	34	14	29	671	62	1050	1232
1-B3	1301	3	7	21	43	1365	35	2200	2413
1-C3	1212	0	0	0	0	1241	0	2200	2413
1-D3	1301	3	7	21	43	1365	35	2200	2413
1-E3	549	16	34	14	29	671	62	1050	1232

Çizelge B.73: Z=9, x=-25, kumlu zemin, 3 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	214	5	10	0,5	1	214	10	625	924
1-B4	500	1	1,5	0	0,2	500	1,5	625	924
1-C4	462	0	0	0	0	462	0	625	924
1-D4	500	1	1,5	0,1	0,2	500	1,5	625	924
1-E4	214	5	10	0,5	1	214	10	625	924
1-A3	400	19	39	1	2	100	39	875	875
1-B3	982	5	10	0,3	0,7	982	10	1600	1600
1-C3	896	0	0	0,1	0,1	896	0	1600	1600
1-D3	982	5	10	0,35	0,65	982	10	1600	1600
1-E3	400	19	39	1	2	400	39	875	875

Çizelge B.74: Z=9, x=-20, kumlu zemin, 3 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	214	5	10	0,5	1	247	11	625	924
1-B4	500	1	1,5	0	0,2	562	1,6	625	924
1-C4	462	0	0	0	0	520	0	625	924
1-D4	500	1	1,5	0,1	0,2	561	1,6	625	924
1-E4	214	5	10	0,5	1	247	11	625	924
1-A3	400	19	39	1	2	437	41	875	924
1-B3	982	5	10	0,3	0,7	1055	11	1600	1847
1-C3	896	0	0	0,1	0,1	963	0,1	1600	1847
1-D3	982	5	10	0,35	0,65	1054	11	1600	1847
1-E3	400	19	39	1	2	437	41	875	924

Çizelge B.75: Z=9, x=-15, kumlu zemin, 3 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	214	5	10	4	13	199	3	625	924
1-B4	500	1	1,5	0,5	6	644	7	625	924
1-C4	462	0	0	5	5,4	489	5	625	924
1-D4	500	1	1,5	4	4	569	5	625	924
1-E4	214	5	10	3,3	2	237	8	625	924
1-A3	400	19	39	11	33	378	8	875	924
1-B3	982	5	10	1	27	1148	37	1600	1847
1-C3	896	0	0	18	14	935	18	1600	1847
1-D3	982	5	10	17	12	1058	22	1600	1847
1-E3	400	19	39	7	4	426	35	875	924

Çizelge B.76: Z=9, x=-10, kumlu zemin, 3 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	214	5	10	17	60	58	50	2313	924
1-B4	500	1	1,5	4	34	835	35		924
1-C4	462	0	0	21	17	483	21	625	924
1-D4	500	1	1,5	23	22	565	24	924	924
1-E4	214	5	10	19	14	197	14	625	924
1-A3	400	19	39	45	148	201	109	2888	924
1-B3	982	5	10	9	152	1366	162	4160	1847
1-C3	896	0	0	82	36	957	82	1600	1847
1-D3	982	5	10	98	68	1043	102	1600	1847
1-E3	400	19	39	41	29	379	22	875	924

Çizelge B.77: Z=9, x=-5, kumlu zemin, 3 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	214	5	10	43	92	631	102		924
1-B4	500	1	1,5	6	8	-288	9	625	924
1-C4	462	0	0	37	70	1052	70		924
1-D4	500	1	1,5	4	4	486	3	625	924
1-E4	214	5	10	3	3	248	13	625	924
1-A3	400	19	39	110	213	878	252		924
1-B3	982	5	10	8	17	112	27	1600	1847
1-C3	896	0	0	97	235	1541	235		1847
1-D3	982	5	10	11	11	1014	16	1600	1847
1-E3	400	19	39	10	7	421	32	875	924

Çizelge B.78: Z=9, x=0, kumlu zemin, 3 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	214	5	10	1	2,2	162	13	625	924
1-B4	500	1	1,5	33	68	1111	67		924
1-C4	462	0	0	0	0	-416	0		924
1-D4	500	1	1,5	33	68	1111	67		924
1-E4	214	5	10	1	2,2	162	13	625	924
1-A3	400	19	39	11	22	377	60	875	924
1-B3	982	5	10	126	261	1658	251		1847
1-C3	896	0	0	0	0	-147	0	1600	1847
1-D3	982	5	10	126	261	1658	251		1847
1-E3	400	19	39	11	22	377	60	875	924

Çizelge B.79: Z=12, x=-25, kumlu zemin, 3 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	214	5	10	0	0	214	10	625	924
1-B4	500	1	1,5	0	0	500	1,5	625	924
1-C4	462	0	0	0	0	462	0	625	924
1-D4	500	1	1,5	0	0	500	1,5	625	924
1-E4	214	5	10	0	0	214	10	625	924
1-A3	400	19	39	0	0	400	39	875	924
1-B3	982	5	10	0	0	982	10	1600	1847
1-C3	896	0	0	0	0	896	0	1600	1847
1-D3	982	5	10	0	0	982	10	1600	1847
1-E3	400	19	39	0	0	400	39	875	924

Çizelge B.80: Z=12, x=-20, kumlu zemin, 3 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	214	5	10	0,09	0,24	243	10	625	924
1-B4	500	1	1,5	0,1	0,63	569	2	625	924
1-C4	462	0	0	0,44	0,47	517	0,5	625	924
1-D4	500	1	1,5	0,44	0,47	562	2	625	924
1-E4	214	5	10	0,17	0,76	247	11	625	924
1-A3	400	19	39	0,1	1,1	432	38	875	924
1-B3	982	5	10	0,3	2,8	1062	13	1600	1847
1-C3	896	0	0	1,6	1,2	961	2	1600	1847
1-D3	982	5	10	1,7	1,5	1054	12	1600	1847
1-E3	400	19	39	0,3	1,5	436	40	875	924

Çizelge B.81: Z=12, x=-15, kumlu zemin, 3 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	214	5	10	6	20	177	10	625	924
1-B4	500	1	1,5	1	9	678	11		924
1-C4	462	0	0	7,5	7,5	482	8	625	924
1-D4	500	1	1,5	6,7	6	570	8	625	924
1-E4	214	5	10	5,5	3,6	232	7	625	924
1-A3	400	19	39	17	50	351	11	875	924
1-B3	982	5	10	2	42	1186	52	1600	1847
1-C3	896	0	0	27	19	931	27	1600	1847
1-D3	982	5	10	27	19	1058	32	1600	1847
1-E3	400	19	39	11	7	420	32	875	924

Çizelge B.82: Z=12, x=-10, kumlu zemin, 3 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	214	5	10	6	29	173	18	625	924
1-B4	500	1	1,5	4,5	27	618	28	625	924
1-C4	462	0	0	9	1	592	9	625	924
1-D4	500	1	1,5	16	16	542	17	625	924
1-E4	214	5	10	13	9	214	8	625	924
1-A3	400	19	39	15	73	337	4	875	924
1-B3	982	5	10	7	116	1118	126	2240	1847
1-C3	896	0	0	44	11	1067	44	1600	1847
1-D3	982	5	10	74	51	1029	79	1600	1847
1-E3	400	19	39	31	22	395	17	875	924

Çizelge B.83: Z=12, x=-5, kumlu zemin, 3 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	214	5	10	6	29	173	18	625	924
1-B4	500	1	1,5	4,5	27	618	28	625	924
1-C4	462	0	0	9	1	592	9	625	924
1-D4	500	1	1,5	16	16	542	17	625	924
1-E4	214	5	10	13	9	214	8	625	924
1-A3	400	19	39	15	73	337	4	875	924
1-B3	982	5	10	7	116	1118	126	2240	1847
1-C3	896	0	0	44	11	1067	44	1600	1847
1-D3	982	5	10	74	51	1029	79	1600	1847
1-E3	400	19	39	31	22	395	17	875	924

Çizelge B.84: Z=12, x=0, kumlu zemin, 3 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	214	5	10	9	18	255	29	625	924
1-B4	500	1	1,5	23	47	787	46		924
1-C4	462	0	0	0	0	54	0	625	924
1-D4	500	1	1,5	23	47	787	46		924
1-E4	214	5	10	9	18	255	29	625	924
1-A3	400	19	39	25	51	469	90	1925	924
1-B3	982	5	10	88	183	1303	173	4480	1847
1-C3	896	0	0	0	0	402	0	1600	1847
1-D3	982	5	10	88	183	1303	173	4480	1847
1-E3	400	19	39	25	51	469	90	1925	924

Çizelge B.85: Z=20, x=-25, kumlu zemin, 3 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	214	5	10	0	0,4	243	10	625	924
1-B4	500	1	1,5	0,1	0,8	569	2	625	924
1-C4	462	0	0	0,5	0,5	518	0,5	625	924
1-D4	500	1	1,5	0,5	0,5	562	2	625	924
1-E4	214	5	10	0,1	0,7	246	11	625	924
1-A3	400	19	39	0,2	1,5	431	37	875	924
1-B3	982	5	10	0,4	0,4	1062	13,5	1600	1847
1-C3	896	0	0	1,8	1,2	961	2	1600	1847
1-D3	982	5	10	2,1	1,8	1054	12	1600	1847
1-E3	400	19	39	0,1	1,3	436	40	875	924

Çizelge B.86: Z=20, x=-20, kumlu zemin, 3 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	214	5	10	1,5	6	226	5	625	924
1-B4	500	1	1,5	0,5	4	594	5	625	924
1-C4	462	0	0	2,3	2	514	2	625	924
1-D4	500	1	1,5	2,6	2,4	563	4	625	924
1-E4	214	5	10	1,7	0,7	242	10	625	924
1-A3	400	19	39	4	15	410	24	875	924
1-B3	982	5	10	1	17	1091	27	1600	1847
1-C3	896	0	0	9	4	960	9	1600	1847
1-D3	982	5	10	11	8	1054	18	1600	1847
1-E3	400	19	39	4	2	431	37	875	924

Çizelge B.87: Z=20, x=-15, kumlu zemin, 3 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	214	5	10	2,6	13	209	2,5	625	924
1-B4	500	1	1,5	1,3	10,2	605	12	625	924
1-C4	462	0	0	4,3	1,3	529	4	625	924
1-D4	500	1	1,5	6,6	6	563	7,5	625	924
1-E4	214	5	10	5,4	3,5	231	6,85	625	924
1-A3	400	19	39	7	32	388	12	875	924
1-B3	982	5	10	1	45	1103	56	1600	1847
1-C3	896	0	0	20	2	983	20	1600	1847
1-D3	982	5	10	30	18	1054	35	1600	1847
1-E3	400	19	39	13	8	418	31	875	924

Çizelge B.88: Z=20, x=-10, kumlu zemin, 3 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	214	5	10	3,2	2,8	253	8	625	924
1-B4	500	1	1,5	0,8	11	515	12	625	924
1-C4	462	0	0	0,2	9	568	9	625	924
1-D4	500	1	1,5	6	3	577	7	625	924
1-E4	214	5	10	6,5	4	224	6	625	924
1-A3	400	19	39	8	9	439	30	875	924
1-B3	982	5	10	7	48	999	58	1600	1847
1-C3	896	0	0	11	38	1024	39	1600	1847
1-D3	982	5	10	34	8	1075	39	1600	1847
1-E3	400	19	39	17	10	409	29	875	924

Çizelge B.89: Z=20, x=-5, kumlu zemin, 3 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	214	5	10	11	18	317	29	625	924
1-B4	500	1	1,5	5	5	454	4	625	924
1-C4	462	0	0	6	17	515	17	625	924
1-D4	500	1	1,5	3	11,5	612	10	625	924
1-E4	214	5	10	0,6	4	239	14	625	924
1-A3	400	19	39	30	44	520	83	1575	924
1-B3	982	5	10	30	19	927	25	1600	1847
1-C3	896	0	0	8	61	947	60	1600	1847
1-D3	982	5	10	2	47	1120	37	1600	1847
1-E3	400	19	39	4	9	430	47	875	924

Çizelge B.90: Z=20, x=0, kumlu zemin, 3 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	214	5	10	9	18	292	29	625	924
1-B4	500	1	1,5	9,8	19,9	560	19	625	924
1-C4	462	0	0	0	0	433	0	625	924
1-D4	500	1	1,5	9,8	19,9	560	19	625	924
1-E4	214	5	10	9	18	292	29	625	924
1-A3	400	19	39	22	45	497	84	1663	924
1-B3	982	5	10	38	78	1053	68	1600	1847
1-C3	896	0	0	0	0	845	0	1600	1847
1-D3	982	5	10	38	78	1053	68	1600	1847
1-E3	400	19	39	22	45	497	84	1663	924

Çizelge B.91: Z=9, x=-25, killi zemin, 3 kat.

	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	214	5	10	0,3	2	238	8	625	924
1-B4	500	1	1,5	0,2	1,4	574	3	625	924
1-C4	462	0	0	0,9	0,8	516	1	625	924
1-D4	500	1	1,5	1	1	562	2,5	625	924
1-E4	214	5	10	0,3	0,4	245	11	625	924
1-A3	400	19	39	1	5	426	34	875	924
1-B3	982	5	10	0,5	6,5	1069	16	1600	1847
1-C3	896	0	0	3,5	2	960	4	1600	1847
1-D3	982	5	10	4	3	1054	13	1600	1847
1-E3	400	19	39	0,7	0,7	435	40	875	924

Çizelge B.92: Z=9, x=-20, killi zemin, 3 kat.

	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	214	5	10	3	12	208	2	625	924
1-B4	500	1	1,5	1	7	621	8	625	924
1-C4	462	0	0	4	3	508	4	625	924
1-D4	500	1	1,5	5	4	565	6	625	924
1-E4	214	5	10	4	2	286	8	625	924
1-A3	400	19	39	9	30	388	10	875	924
1-B3	982	5	10	1	31	1122	41	1600	1847
1-C3	896	0	0	17	7	957	17	1600	1847
1-D3	982	5	10	20	14	1055	25	1600	1847
1-E3	400	19	39	8	5	424	34	875	924

Çizelge B.93: Z=9, x=-15, killi zemin, 3 kat.

	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	214	5	10	8	34	144	24	625	924
1-B4	500	1	1,5	3	23	698	24	625	924
1-C4	462	0	0	11	6	515	11	625	924
1-D4	500	1	1,5	15	13	571	16	625	924
1-E4	214	5	10	13	9	211	8	625	924
1-A3	400	19	39	22	86	306	47	875	924
1-B3	982	5	10	2	101	1209	111	1760	1847
1-C3	896	0	0	49	6	979	49	1600	1847
1-D3	982	5	10	66	41	1057	71	1600	1847
1-E3	400	19	39	29	20	394	19	875	924

Çizelge B.94: Z=9, x=-10, killi zemin, 3 kat.

	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	214	5	10	3	20	223	10	625	924
1-B4	500	1	1,5	4	33	503	34	1188	924
1-C4	462	0	0	5	16	645	16	938	924
1-D4	500	1	1,5	19	14	577	20	813	924
1-E4	214	5	10	19	13	190	14	625	924
1-A3	400	19	39	7	54	393	25	875	924
1-B3	982	5	10	10	141	983	151	3040	1847
1-C3	896	0	0	42	74	1127	74	1600	1847
1-D3	982	5	10	96	38	1076	101	1600	1847
1-E3	400	19	39	47	30	367	28	875	924

Çizelge B.95: Z=9, x=-5, killi zemin, 3 kat.

	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	214	5	10	33	58	478	68	625	924
1-B4	500	1	1,5	9	9	156	9	625	924
1-C4	462	0	0	21	53	605	21	1000	924
1-D4	500	1	1,5	8	26	681	24	625	924
1-E4	214	5	10	2,5	5	217	15	625	924
1-A3	400	19	39	87	177	710	176	625	924
1-B3	982	5	10	65	37	582	61	1600	1847
1-C3	896	0	0	42	186	1033	186	4480	1847
1-D3	982	5	10	3	104	1216	94	1600	1847
1-E3	400	19	39	16	8	405	47	875	924

Çizelge B.96: Z=9, x=0, killi zemin, 3 kat.

	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	214	5	10	20	41	333	51	1688	924
1-B4	500	1	1,5	29	59	665	57		924
1-C4	462	0	0	0	0	143	0	625	924
1-D4	500	1	1,5	29	59	665	57		924
1-E4	214	5	10	20	41	333	51	1688	924
1-A3	400	19	39	51	104	561	143		924
1-B3	982	5	10	110	229	1169	219	5920	1847
1-C3	896	0	0	0	0	483	0	1600	1847
1-D3	982	5	10	110	229	1169	219	5920	1847
1-E3	400	19	39	51	104	561	143		924

Çizelge B.97: Z=12, x=-25, killi zemin, 3 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	214	5	10	1	4	232	6	625	924
1-B4	500	1	1,5	0,4	3	583	4	625	924
1-C4	462	0	0	1,7	1,1	517	2	625	924
1-D4	500	1	1,5	2	2	563	3	625	924
1-E4	214	5	10	1	0,3	243	10	625	924
1-A3	400	19	39	3	10	418	28	875	924
1-B3	982	5	10	0,6	13,5	1079	23	1760	1847
1-C3	896	0	0	7	2	962	7	1600	1847
1-D3	982	5	10	9	6	1055	16	1600	1847
1-E3	400	19	39	3	1	432	38	875	924

Çizelge B.98: Z=12, x=-20, killi zemin, 3 kat.

	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	214	5	10	3	13	207	2	625	924
1-B4	500	1	1,5	1	9	614	10	625	924
1-C4	462	0	0	4	2	517	4	625	924
1-D4	500	1	1,5	6	5	566	7	625	924
1-E4	214	5	10	5	3	233	7	625	924
1-A3	400	19	39	8	32	387	11	875	924
1-B3	982	5	10	0,4	40	1114	50	1760	1847
1-C3	896	0	0	19	1	968	19	1600	1847
1-D3	982	5	10	26	15,3	1057	31	1600	1847
1-E3	400	19	39	11	7	419	32	875	924

Çizelge B.99: Z=12, x=-15, killi zemin, 3 kat.

	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	214	5	10	3	21	189	11	625	924
1-B4	500	1	1,5	2	18	622	20	1000	924
1-C4	462	0	0	7	1	537	7	625	924
1-D4	500	1	1,5	12	9	574	12	625	924
1-E4	214	5	10	11	7	215	6	625	924
1-A3	400	19	39	9	55	361	16	875	924
1-B3	982	5	10	3	81	1121	91	1760	1847
1-C3	896	0	0	35	14,7	998	35	1600	1847
1-D3	982	5	10	54	26	1066	59	1600	1847
1-E3	400	19	39	25	16	400	23	875	924

Çizelge B.100: Z=12, x=-10, killi zemin, 3 kat.

	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	214	5	10	7	5	260	12	625	924
1-B4	500	1	1,5	0,3	17	487	19	625	924
1-C4	462	0	0	1	16	589	16	625	924
1-D4	500	1	1,5	10	3	592	11	625	924
1-E4	214	5	10	12	6	210	7	625	924
1-A3	400	19	39	17	16	442	35	875	924
1-B3	982	5	10	20	78	965	88	1760	1847
1-C3	896	0	0	24	70	1050	70	1600	1847
1-D3	982	5	10	58	1	1095	63	1600	1847
1-E3	400	19	39	21	14	393	35	875	924

Çizelge B.101: Z=12, x=-5, killi zemin, 3 kat.

Kolon	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ³)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	214	5	10	32	21	373	42	1188	924
1-B4	500	1	1,5	10	10	370	9	625	924
1-C4	462	0	0	9	28	520	28	938	924
1-D4	500	1	1,5	6	21	633	20	1063	924
1-E4	214	5	10	0,5	9	242	20	625	924
1-A3	400	19	39	53	77	586	116	2888	924
1-B3	982	5	10	55	35	830	50	1760	1847
1-C3	896	0	0	11	103	944	103	1600	1847
1-D3	982	5	10	4	88	1149	77	1600	1847
1-E3	400	19	39	6	21	437	60	875	924

Çizelge B.102: Z=12, x=0, killi zemin, 3 kat.

	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ³)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	214	5	10	15	31	325	41,6	1188	924
1-B4	500	1	1,5	17	35	561	33,5	1438	924
1-C4	462	0	0	0	0	365	0	625	924
1-D4	500	1	1,5	17	35	561	33,5	1438	924
1-E4	214	5	10	15	31	325	41,6	1188	924
1-A3	400	19	39	37	77	541	116	2800	924
1-B3	982	5	10	66	137	1055	127	2240	1847
1-C3	896	0	0	0	0	753	0	1600	1847
1-D3	982	5	10	66	137	1055	127	2240	1847
1-E3	400	19	39	37	77	541	116	2800	924

Çizelge B.103: Z=20, x=-25, killi zemin, 3 kat.

	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ³)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	214	5	10	0,2	5	233	6	625	924
1-B4	500	1	1,5	0,2	5	578	6	625	924
1-C4	462	0	0	2	0,4	522	2	625	924
1-D4	500	1	1,5	3	2	566	4	625	924
1-E4	214	5	10	3	1	239	10	625	924
1-A3	400	19	39	1	13	418	26	875	924
1-B3	982	5	10	2	21	1072	31	1760	1847
1-C3	896	0	0	10	5	969	10	1600	1847
1-D3	982	5	10	15	5	1059	20	1600	1847
1-E3	400	19	39	6	2	428	37	875	924

Çizelge B.104: Z=20, x=-20, killi zemin, 3 kat.

	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ³)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	214	5	10	0,2	7	231	5	625	924
1-B4	500	1	1,5	0,7	7	576	8	625	924
1-C4	462	0	0	2,55	7	526	3	625	924
1-D4	500	1	1,5	4,5	2	570	5	625	924
1-E4	214	5	10	4	1,5	235	9	625	924
1-A3	400	19	39	0,3	17	414	22	875	924
1-B3	982	5	10	5	33	1070	41	1760	1847
1-C3	896	0	0	15	12	975	15	1600	1847
1-D3	982	5	10	23	4	1063	27	1600	1847
1-E3	400	19	39	10	3	422	36	875	924

Çizelge B.105: Z=20, x=-15, killi zemin, 3 kat.

	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ³)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	214	5	10	2	5	240	8	625	924
1-B4	500	1	1,5	1	7	559	9	625	924
1-C4	462	0	0	2	5	530	5	625	924
1-D4	500	1	1,5	5	1	575	6	625	924
1-E4	214	5	10	5	1	234	10	625	924
1-A3	400	19	39	6	13	425	26	875	924
1-B3	982	5	10	12	34	1049	44	1760	1847
1-C3	896	0	0	17	24	979	24	1600	1847
1-D3	982	5	10	26	4	1070	31	1600	1847
1-E3	400	19	39	12	1	422	38	875	924

Çizelge B.106: Z=20, x=-10, killi zemin, 3 kat.

	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	214	5	10	6	2	265	13	625	924
1-B4	500	1	1,5	3	3	527	4	625	924
1-C4	462	0	0	1	8	527	8	625	924
1-D4	500	1	1,5	2	4	577	3	625	924
1-E4	214	5	10	3	3	242	13	625	924
1-A3	400	19	39	15	5	455	44	875	924
1-B3	982	5	10	21	17	1014	27	1760	1847
1-C3	896	0	0	12	34	970	34	1600	1847
1-D3	982	5	10	18	22	1074	23	1600	1847
1-E3	400	19	39	9	7	432	46	875	924

Çizelge B.107: Z=20, x=-5, killi zemin, 3 kat.

	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	214	5	10	8	11	286	21	625	924
1-B4	500	1	1,5	5	5	515	5	625	924
1-C4	462	0	0	1	7	509	7	625	924
1-D4	500	1	1,5	2	10	567	9	625	924
1-E4	214	5	10	2	9	261	19	625	924
1-A3	400	19	39	20	26	483	65	924	924
1-B3	982	5	10	27	18	1000	22	1760	1847
1-C3	896	0	0	5	28	941	28	1600	1847
1-D3	982	5	10	2	43	1064	33	1600	1847
1-E3	400	19	39	2	21	456	60	875	924

Çizelge B.108: Z=20, x=0, killi zemin, 3 kat.

	Düşey Yükler (G+Q)			Mesnet Çökmeleri		Hesap Kuvvetleri		Donatı (mm ²)	
	Ni(kN)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Ma (kNm)	Mü (kNm)	Nd(kN)	Md(kNm)	Gereken	Mevcut
1-A4	214	5	10	7	13	283	24	625	924
1-B4	500	1	1,5	6	11	539	10	625	924
1-C4	462	0	0	0	0	494	0	625	924
1-D4	500	1	1,5	6	11	539	10	625	924
1-E4	214	5	10	7	13	283	24	625	924
1-A3	400	19	39	15	32	482	71	1138	924
1-B3	982	5	10	22	45	1030	35	1760	1847
1-C3	896	0	0	0	0	921	0	1600	1847
1-D3	982	5	10	22	45	1030	35	1600	1847
1-E3	400	19	39	15	32	482	71	1138	924

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Enes ÖZAT

Lisans: İnşaat Mühendisliği – Orta Doğu Teknik Üniversitesi Kuzey Kıbrıs
Kampusu (2011)

Yüksek Lisans: Deprem Mühendisliği – İstanbul Teknik Üniversitesi

Mesleki Deneyim:

Kabataş-Mecidiyeköy-Mahmutbey Metro Projesi

Emay Uluslararası Mühendislik ve Müşavirlik AŞ. Kesin Hesap Mühendisi
(2018-)

Emay Uluslararası Mühendislik ve Müşavirlik AŞ. Saha Mühendisi (2016-
2018)

Eposta Adresi: ozat.enes@gmail.com