

İçindekiler

1. KONU	4
2. YAPILAN	4
3. ZEMİN ÖZELLİĞİ	4
4. GEOTEKNİK TASARIM PARAMETRELERİ	7
5. ZEMİN İYİLEŞTİRME	8
5.1. Jet Kolon Taşıma Gücü	11
5.2. Oturma Analizi	11
5.3. Jet Kolonl İle İyileştirilmiş Sistem Yüzeysel Temel Taşıma Gücü ve Yatak Katsayısı	18
5.3.1. Zemine İyileştirme Uygulanmamış Durumdaki Radye Temelin Taşıma Gücü	18
5.3.2. Rijit Kolonların Temel Taşıma Gücüne Katkısı	19
6. SONUÇLAR	20

Şekil Listesi

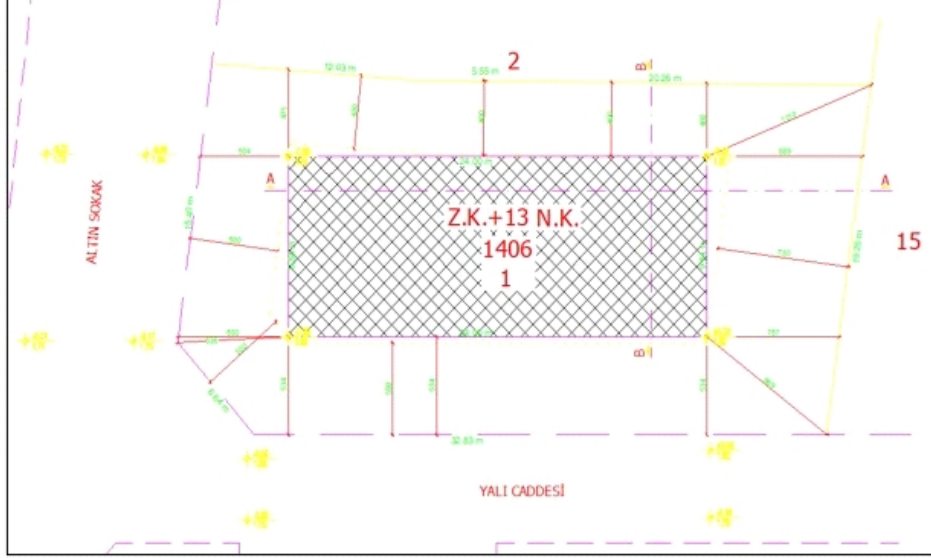
Şekil 1. İyileştirme Uygulanacak Yapı Vaziyet Planı	4
Şekil 2. Sondaj Verileri	5
Şekil 3. İdealize Zemin Profili	5
Şekil 4. Laboratuvar Deneyleri.....	6
Şekil 5. SPT Deney Sonuçları	6
Şekil 6. Presiyometre Deney Sonuçları.....	7
Şekil 7. Şekil 4Önalp, A., & Arel, E. (2013). Geoteknik Bilgisi I Zeminler ve Mekaniği.....	8
Şekil 8. Jet Kolonlar İçin Tipik Ortalama Çap Değerleri (Croce vd., 2014).....	8
Şekil 9. Farklı Zemin Türlerinde Elde Edilebilecek Jet Enjeksiyon Karotlarında Ortalama Tek Eksenli Basınç Dayanımları (Stoel,2001).....	9
Şekil 10. Jet Grout kolonları Yerleşim Planı.....	10
Şekil 11. Boussinesq Denklemleri	12
Şekil 12. Oturma Limitleri Tablosu (Skempton ve Mac Donalds 1956)	13

Tablo Listesi

Tablo 1. Geoteknik Tasarım Parametreleri.....	7
Tablo 2. Jet Grout Kolonu Çevre Sürtünmesi	11
Tablo 3. Jet Grout Kolonu Uç Drenci	11
Tablo 4. Jet Grout Kolon Taşıma Gücü	11
Tablo 5. Terzaghi Blok Davranışı İle Gurup Taşıma Gücü.....	11
Tablo 6. Temel Orta Noktasında Oturma Analizi Tablosu.....	13
Tablo 7. Temel Boyutları, Taban Basıncı.....	18
Tablo 8. Uzun Dönem Kayma Direnci Parametreleri ve Taşıma Gücü Faktörleri.....	18
Tablo 9. Efektif Gerilme Analizinde Sekil, Derinlik, Yük Eğimi, Zemin Eğimi, Taban Eğimi Faktörleri.....	18
Tablo 10. Geoteknik Tasarım Parametreleri.....	20

1. KONU

..... İli, İlçesi, Mah., Pafta, Ada, no'lu Parsel sayılı yerde yapılacak olan, dan oluşan yapının zemin iyileştirme yönteminin seçilmesine yönelik geoteknik rapordur. İyileştirme uygulanacak yapının yerleşim planı Şekil 1' de verilmiştir.



Şekil 1. İyileştirme Uygulanacak Yapı Vaziyet Planı

2. YAPILAN

Zemin iyileştirmesi yapılacak olan blok kattan oluşmaktadır. Yapının zemine uygulayacağı gerilmekPa, yapı ağırlığıkN' dur.

..... firması tarafından yapılan veri raporu incelenerek zemin mühendislik özellikleri tahmin edildi.

Zemin veri raporundan alınan bilgiye göre Y.A.S.S.' sinin yüzeydenm altında olarak analize katılmıştır.

İlgili parsel için zemin iyileştirme öncesi ve iyileştirme sonrası sıvılaşma analizi hesap raporu ek' te verilmiştir.

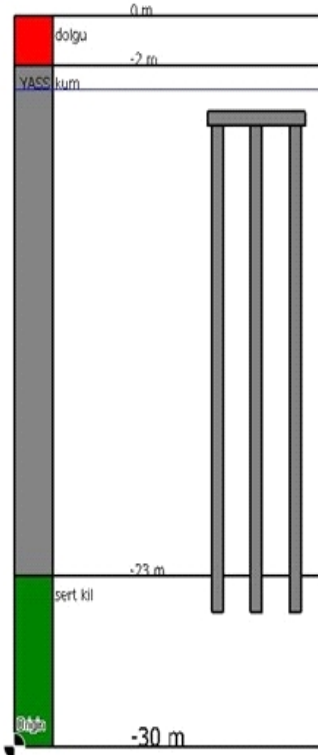
3. ZEMİN ÖZELLİĞİ

İlgili veri raporunda adetm derinlikte sondaj yapıldığı anlaşılmaktadır.

Sondaj No	Derinlik	Litoloji
SK1	0.00-2.0 m	Dolgu
SK1	2.00-23.0 m	Koyu gri renkli iri çakıllı kum ara seviyeli koyu gri renkli gevşek siltli kum
SK1	23.0-25.0 m	Kahvemsî yeşil renkli sert siltli kil
Sondaj No	Derinlik	Litoloji
SK2	0.0-2.50 m	Dolgu
SK2	2.50-23.0 m	Koyu gri renkli iri çakıllı kum ara seviyeli koyu gri renkli gevşek siltli kum
SK2	23.0-25.0 m	Kahvemsî yeşil renkli sert siltli kil
Sondaj No	Derinlik	Litoloji
SK3	0.00-2.4 m	Dolgu
SK3	2.40-23.0 m	Koyu gri renkli iri çakıllı kum ara seviyeli koyu gri renkli gevşek siltli kum
SK3	23.0-25.0 m	Kahvemsî yeşil renkli sert siltli kil
Sondaj No	Derinlik	Litoloji
SK4	0.0-2.10 m	Dolgu
SK4	2.10-23.0 m	Koyu gri renkli iri çakıllı kum ara seviyeli koyu gri renkli gevşek siltli kum
SK4	23.0-25.0 m	Kahvemsî yeşil renkli sert siltli kil

Şekil 2. Sondaj Verileri

Oturma ve taşıma gücü hesaplarında kullanılacak olan idealize edilmiş zemin profili Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. İdealize Zemin Profili

Arazide SPT, presiyometre ve jeofizik çalışmalar yapılmıştır. Laboratuvarında elek analizi, kıvam limitleri, su muhtevası, üç eksenli basınç dayanımı (UU), kesme kutusu deneylerinin yapıldığı görüldü. Yapılan laboratuvar deneyleri Şekil 4' de verilmiştir.

Sondaj No	Numune Türü	Derinlik (m)	Çakıl (%)	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	Atterberg limitleri			W _n (%)	γ _n gr/cm ³	γ _k gr/cm ³	Sınıflama
							LL (%)	PL (%)	PI (%)				
SK-1	UD	2.5-3.0	0.0	95.82	4.18				7.9	1.712	1.586	SaP	
SK-1	UD	16.0-16.5	22.85	72.92	4.23				8.1	1.695	1.561	SaP	
SK-1	UD	23.0-23.5	0.0	23.13	76.87	43.5	22.9	20.6	21.8	1.868	1.533	SaCIM	
SK-2	UD	3.5-4.0	0.0	22.17	77.83	44.6	22.0	22.6	22.2	1.869	1.534	SaCIM	
SK-3	UD	6.0-6.50	21.17	74.48	4.35				6.3	1.663	1.561	SaP	
SK-4	UD	9.0-9.50	0.0	24.72	75.28	45.1	22.5	22.7	22.3	1.871	1.534	SaCIM	

Sondaj No	Derinlik (mt)	Üç Eksenli Basınç Deneyi		Kayada Nokta	Direk Kesme	
		C (kg/cm ²)	Ø (°)	İs50 (MPa)	C (Kg/cm ²)	Ø (°)
SK-1	2.5-3.0				0.06	23.25
SK-1	16.0-16.5				0.08	22.90
SK-1	23.0-23.5	0.62	4.52			
SK-2	3.5-4.0				0.61	9.26
SK-3	6.0-6.50				0.08	22.55
SK-4	9.0-9.50				0.57	10.17

Şekil 4. Laboratuvar Deneyleri

SPT deneyleri ise kumlu zeminlerde temel analizine yönelik gerçekçi sonuçlar vermekte, killi zeminlerde ise zeminin kıvamı hakkında fikir vermektedir. SPT deney sonuçları Şekil 5' de verilmiştir.

Sondaj No	Derinlik (mt)	SPT Deneyi				Sondaj No	Derinlik (mt)	SPT Deneyi			
		15 cm	30 cm	45 cm	N ₆₀			15 cm	30 cm	45 cm	N ₆₀
SK-1	3.0-3.45	7	9	10	19	SK-2	3.0-3.45	7	7	8	15
SK-1	4.5-4.95	5	3	3	6	SK-2	4.5-4.95	10	9	9	18
SK-1	6.0-6.45	8	9	9	18	SK-2	6.0-6.45	8	7	8	15
SK-1	7.50-7.95	5	6	6	12	SK-2	7.50-7.95	3	2	3	5
SK-1	9.0-9.45	9	8	7	15	SK-2	9.0-9.45	3	3	5	8
SK-1	10.5-10.95	3	2	4	6	SK-2	10.5-10.95	4	3	4	7
SK-1	12.0-12.45	2	5	3	8	SK-2	12.0-12.45	10	9	10	19
SK-1	13.5-13.95	1	3	2	5	SK-2	13.5-13.95	5	3	4	7
SK-1	15.0-15.45	5	6	6	12	SK-2	15.0-15.45	4	5	4	9
SK-1	16.5-16.95	3	4	5	9	SK-2	16.5-16.95	2	3	3	6
SK-1	18.0-18.50	5	2	4	6	SK-2	18.0-18.50	11	12	11	23
SK-1	19.5-19.45	4	3	6	9	SK-2	19.5-19.45	4	3	4	7
SK-1	21.0-21.95	6	4	4	8	SK-2	21.0-21.95	5	5	3	8
SK-1	22.5-22.45	3	4	5	9	SK-2	22.5-22.45	1	4	2	6
SK-1	24.0-24.50	14	15	17	32	SK-2	24.0-24.50	15	16	18	34
SK-3	3.0-3.45	3	5	8	13	SK-4	3.0-3.45	3	6	10	16
SK-3	4.5-4.95	8	9	13	22	SK-4	4.5-4.95	7	8	7	15
SK-3	6.0-6.45	6	6	7	13	SK-4	6.0-6.45	6	7	9	16
SK-3	7.50-7.95	2	4	8	12	SK-4	7.50-7.95	3	7	8	15
SK-3	9.0-9.45	5	4	4	8	SK-4	9.0-9.45	4	3	5	8
SK-3	10.5-10.95	9	8	10	18	SK-4	10.5-10.95	1	3	2	5
SK-3	12.0-12.45	3	3	3	6	SK-4	12.0-12.45	5	3	4	7
SK-3	13.5-13.95	5	5	6	11	SK-4	13.5-13.95	7	6	7	13
SK-3	15.0-15.45	2	1	3	4	SK-4	15.0-15.45	4	3	6	9
SK-3	16.5-16.95	1	4	3	7	SK-4	16.5-16.95	2	4	4	8
SK-3	18.0-18.50	4	6	2	8	SK-4	18.0-18.50	6	5	5	10
SK-3	19.5-19.45	5	5	5	10	SK-4	19.5-19.45	6	8	8	16
SK-3	21.0-21.95	6	7	7	14	SK-4	21.0-21.95	8	10	9	19
SK-3	22.5-22.45	3	5	4	9	SK-4	22.5-22.45	3	2	2	4
SK-3	24.0-24.50	12	14	21	35	SK-4	24.0-24.50	13	18	18	36

Şekil 5. SPT Deney Sonuçları

Kuyu No	Metre (m)	Elastisite Modülü (E_m , kg/cm ²)	Limit Basınç (PL , kg/cm ²)	Net Limit Basınç (PL^* , kg/cm ²)	E_m / PL^* (kg/cm ²)
SK-1	3.00	26.01	1.69	1.41	18.45
	6.00	26.27	1.72	1.42	18.50
	9.00	28.91	4.48	3.71	7.79
	12.00	31.17	4.48	3.80	8.20
	15.00	36.58	4.48	3.32	11.02
	18.00	41.44	5.98	5.19	7.98
	21.00	42.96	5.98	5.31	8.09
	24.00	51.60	5.98	5.17	9.98

Kuyu No	Metre (m)	Elastisite Modülü (E_m , kg/cm ²)	Limit Basınç (PL , kg/cm ²)	Net Limit Basınç (PL^* , kg/cm ²)	E_m / PL^* (kg/cm ²)
SK-3	3.00	23.81	1.64	1.37	17.38
	6.00	25.57	1.66	1.40	18.27
	9.00	28.49	4.48	3.69	7.72
	12.00	26.72	4.48	3.68	7.26
	15.00	28.60	4.48	3.72	7.69
	18.00	76.98	4.98	4.16	18.51
	21.00	86.14	3.98	3.11	27.70
	24.00	30.00	4.48	3.70	8.11

Şekil 6. Presiyometre Deney Sonuçları

4. GEOTEKNİK TASARIM PARAMETRELERİ

..... firması tarafından hazırlanan veri ve geoteknik raporlar değerlendirilerek zemin özellikleri ile analizlere yönelik geoteknik parametreler çıkarılmıştır.

Tablo 1. Geoteknik Tasarım Parametreleri

Tabaka Adı	YASS	Üst Kot	Alt Kot	γ_{sat}	γ_n	w_n	c'	ϕ'	E'	ν'
dolgu	3	0	2	21	18,5	28	0	26	5000	0,3
kum	3	2	23	19,6	16,9	8	0	30	7000	0,25
sert kil	3	23	50	19,4	18,6	22	10	22	20000	0,35

γ_n : Doğal Birim Hacim Ağırlık

γ_{sat} : Doygun Birim Hacim Ağırlık

c' : Drenajlı Durumda Kohezyon

ϕ' : Drenajlı Durum Kayma Direnci Açısı

E' : Drenajlı Durum Elastisite Modülü

ν' : Drenajlı Poisson Oranı

w_n : Doğal Su Muhtevası

ÇİZELGE II-4 ZEMİNLERDE OLASI PARAMETRELER

ZEMİN TÜRÜ	c_u	ϕ_u	c'	ϕ'
Çakıl (orta sıkı) GP, GW	-	35-55	-	35-55
Çakıl kumlu	-	33-50	-	33-50
Kum (gevşek, kuru)	-	-	-	28-34
Kum (sıkı, doygun)	-	33-46	-	33-46
Silt, siltli kum (gevşek)	4-8	22-27	-	25-30
Silt, siltli kum (sıkı)	6-12	25-30	-	27-32
Kil (NL)	0-50	3-20	0-15	20-38
Kil (OC)	30-500	5-20	10-100	15-25

Şekil 7. Şekil 4 Önalp, A., & Arel, E. (2013). Geoteknik Bilgisi I Zeminler ve Mekaniği

5. ZEMİN İYİLEŞTİRME

Temel Oturmalarını azaltmak ve sıvılaşmaya karşı önlem almak için yapılabilecek yöntemlerden birisi de zemin iyileştirme. İlgili konut yapısının oturacağı zeminde Jet enjeksiyon yöntemi ile zemin iyileştirme tasarımı yapılacaktır.

Jet enjeksiyon yöntemi bir veya daha çok akışkanın (çimento şerbeti, hava, su) zemine yüksek basınç altında enjekte edilmesi esasına dayanmaktadır.

Enjekte edilen çimento şerbeti (su + çimento karışımı) zemin içerisinde zamanla hidrotasyona uğramakta ve sonrasında zemin + çimentodan oluşan katılaşmış bir kütle yaratılmaktadır. Bu kütleler yaygın olarak silindirik bir geometriye sahip olup "jet enjeksiyon kolonu" olarak adlandırılmaktadır.

Zemin koşulları dikkate alındığında tek akışkanlı jet enjeksiyon sistemi uygulanacaktır. Tek akışkanlı sistemde, zemine su+çimento karışımı sıvı monitör üzerinde yar alan bir veya daha fazla nozülde yüksek basınç altında enjekte edilmektedir. Bu yöntemde zeminin öğütülüp parçalanması ve çimento ile karıştırılması tek bir sıvı ile sağlanmaktadır.

Jet kolon çapı killi-kumlu zemin koşulları da düşünülerek $D = \dots\dots\dots$ cm seçilmiştir (Şekil 8).

Jetleme Sistemi	Ortalama kolon çapı (m)			
	Orta katı kil	Yumuşak silt ve kil	Siltli kum	Kum ve/veya çakıl
Tek akışkanlı	Önerilmez	0.4-0.8	0.6-1.0	0.6-1.2
Çift akışkanlı	0.5-1.0	0.6-1.3	1.0-2.0	1.2-2.5
Üç akışkanlı	0.8-1.5	1.0-1.8	1.2-2.5	1.5-3.0

Şekil 8. Jet Kolonlar İçin Tipik Ortalama Çap Değerleri (Croce vd., 2014)

Jet enjeksiyon kolonu için geoteknik analizlerde kullanılacak mekanik özellikler; jet kolonu serbest basınç dayanımı q_u ve kolon malzemesinin elastisite modülü E_c , aşağıdaki denklemlerle her zemin katmanı için belirlenmiştir. Su/çimento (w/c) oranı 0.8 alınarak,

$$q_u = 7 + 8.1(w/c)^2 \text{ (Kumda)}$$

$$q_u = 2 + 3.6(w/c)^2 \text{ (Kilde)}$$

$$E_c = 800 \times q_u^{0.5} \text{ (Kumda)}$$

$$E_c = 500 \times q_u^{2/3} \text{ (Kilde)}$$

Denklemleri ile elde edilmiştir.

Denklemler sonucu hesaplanan “qu” değeri 12MPa gibi yüksek bir değer çıkmıştır. İyileştirme hesaplarında jet kolonlar için, qu =3MPa olarak kabul edilmiştir. Ec değeri, qu =3MPa kabulüne göre hesaplanmıştır.

Zemin Tipi	qc (MN/m ²)	
	Alt Limit	Üst Limit
Turba	1	6
Kil	3	7
Silt	5	15
Kum	10	40
Çakıl	10	40

Şekil 9. Farklı Zemin Türlerinde Elde Edilebilecek Jet Enjeksiyon Karotlarında Ortalama Tek Eksenli Basınç Dayanımları (Stoel,2001)

Değişik uygulama parametreleri kullanılarak (nozül çapı/sayısı, su-çimento oranı, basınç, debi, rotasyon ve yükselme hızı vb.) deneme kolonlarının imalatı ve kolonların projede öngörülen çap ve mekanik özellikleri kriterlerini sağlayıp sağlamadığının teyidi yapılarak, uygulama optimize edilmelidir.

DIN 4093(2012) Standardında tasarımda kullanılacak karot basınçlarının tanımlanmasına yönelik aşağıdaki kriterler önerilmiştir;

- Tek eksenli basınç dayanımı deneyleri boy/çap=2 boyutlarında silindirik örnekler üzerinde yapılacaktır.
- Deneme kolonları ve proje kolonları üzerinde yapılacak kabul ve kontrol deneylerinde karot basınç değerlerinin (qu,saha) tasarımda belirlenmiş olan karakteristik basınç dayanımı(quk) değerinden büyük olması şartı aranacaktır.
- Her deney seti en az 4 örnek üzerinde yapılacak ve aşağıdaki koşulları sağlayacaktır.
 - a.Minimum değer, qu min>quk
 - b.Ortalama değer: $\alpha \cdot q_u \text{ ort} > q_{uk}$ olup burada ; quk<4 Mpa için $\alpha=0,60$ ve quk=12 Mpa için $\alpha=0.75$ alınmaktadır.

Ayrıca qu ort<4 Mpa koşulunda ve %50.quk miktarındaki sabit gerilme altında DIN4093 standardında tariflenen krip birim deformasyonların $\epsilon_k < \%0.02$ koşulunu sağlaması öngörülmektedir.

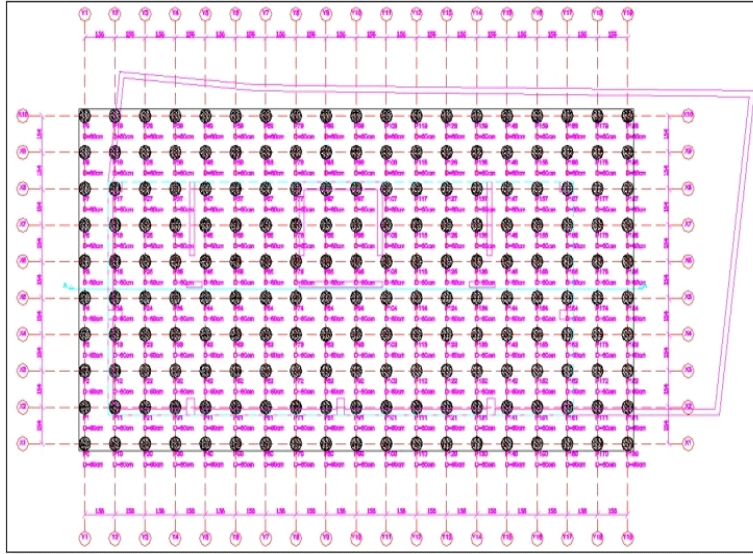
Tasarımda kullanılan basınç değeri,

$q_d=0.85xq_{uk}/\gamma_m$

bağıntısı ile tanımlanmıştır. Kabul ve kontrol testlerinden sonra bu değer tasarımda kullanılan q_c değeri ile , kolon malzemesinin elastisite modülü de test sonuçları ile karşılaştırılacaktır. Ugulama sonrası jet kolonlar için toplam adedin %15' inde süreklilik testi yapılacaktır.

Oturma Analizinde adet $D=.....$ cm çapında jet enjeksiyon kolonu dikkate alınmıştır.

Temel-Jet Grout sisteminin taşıma gücü ve oturma analizleri SETAF2018 Geoteknik Temel Mühendisliği yazılımı ile yapılmıştır.



Şekil 10. Jet Grout kolonları Yerleşim Planı

Jet enjeksiyon tekniği olarak tek akışkanlı sistem(jet1) kullanılacaktır. Tekli sistemde, zemini öğütüp parçalayan ve çimentolanmayı sağlayan su+çimento karışımı enjeksiyon sıvısı olarak kullanılmaktadır.

Jet-Grout Kolon Özellikleri;

- Projede tasarım yapılırken jet kolonu için deformasyon modülü $E=1385$ MPa, tek eksenli basınç dayanımı $q_u=3$ MPa dikkate alınmıştır. Uygulamada bu değerlerin elde edilmesi gerekmektedir.
- Hedef kolon çapı ve mekanik özellikleri sağlayabilmek için deneme kolonları yapılmalıdır. Deneme kolonlarında imalat kontrol parametreleri değiştirilerek kolonlar inşa edilmeli ve sonuç olarak değiştirilen her parametrenin kolon çapına ve mekanik özelliklere etkisi yorumlanarak optimum imalat kontrol seti belirlenmelidir.
- Deneme kolonlarından alınan numunelerde tek eksenli basınç deneyleri ile mekanik deneyler yapılmalıdır.

Enjeksiyon basıncı 200 - 400 bar arasından istenen mekanik özellikleri sağlayabilecek şekilde seçilmelidir. Hava basıncı da 5 - 20 bar arasında zemin özelliklerine göre seçilebilir. Enjeksiyon karışımında su/çimento oranı 0.6-1.25 aralığından istenen mekanik özellikleri sağlayabilmek için zemin özelliğine göre seçilmelidir.

5.1. Jet Kolon Taşıma Gücü

Tablo 2. Jet Grout Kolonu Çevre Sürtünmesi

Kolon/ Zemin Etkileş imi	Zemin	σ'_v [kN/ m ²]	$S_u(c_u)$ [kN/ m ²]	c' [kN/ m ²]	ϕ' [°]	α	β	Le [m]	As [m ²]	fs [kN/ m ²]	Qcevre [kN]
[-4,5m] ↔ [-23m]	kum	159,25	-	0	30	-	0,5	18,5	34,87	79,625	2776,6 57
[-23m] ↔ [-24,5 m]	sert kil	257,1	-	10	22	-	0,44	1,5	2,83	122,51 9	346,41 4

Tablo 3. Jet Grout Kolonu Uç Drenci

$S_u(c_u)$ [kN/ m ²]	Nc	Kazık Ucunda Etketif Gerilme σ'_v [kN/m ²]	ϕ' [°]	Nt	Ab [m ²]	Qku [kN]
-	-	264,3	22	2,87	0,28	212,37

Tablo 4. Jet Grout Kolon Taşıma Gücü

Qks [kN]	Qku [kN]	Wp [kN]	Qktv [kN]	γRs	γRu	Qtks [kN]	Qtku [kN]	Qtv [kN]	Ptv [kN]	GS	Kontro l
3123,0 7	212,37	76,66	3258,7 8	1,5	2	2082,0 5	106,18	2188,2 3	787,82	4,14	√

Yapılan taşıma gücü hesaplarında bir jet-grout kolonunun düşey tasarım dayanımı 2173.28 kN olarak hesaplanmıştır.

Tablo 5. Terzaghi Blok Davranışı İle Gurup Taşıma Gücü

Rijit Kolon Sayısı	Qktv [kN]	Eg	Qktvgurup p [kN]	γRs	Qtvgurup [kN]	Ptvgurup [kN]	GS	Kontrol
190	3258,78	0,64	394822,2 3	1,5	263214,8 2	123900	3,19	√

Yapılan Jet Grout Kolonları gurup taşıma gücü hesaplarında bir düşey tasarım dayanımı 260988.66 kN olarak hesaplanmıştır.

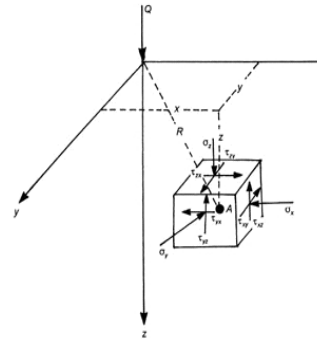
5.2. Oturma Analizi

İnşaat sahasında yüzeydenm derinlikte Y.A.S.S bulunmakta, yapı temelleri birimine oturmaktadır. Ani oturma hesaplanacaktır.

Oturmalar için;

Boussinesq denklemleriyle kitle gerilme artışlarını hesaplanmaktadır. Boussinesq'in noktasal yükün elastik ortamda geliştirdiği gerilme artışlarını veren denklemlerin dikkörtgen yayılı

yük için integrasyonu nümerik yöntemle yapılmıştır.



$$\sigma_z = \frac{3Qz^3}{2\pi R^5}$$

$$\sigma_x = \frac{3Q}{2\pi} \left[\frac{x^2z}{R^3} + \frac{1-2\nu}{3} \left[\frac{1}{R(R+z)} - \frac{(2R+z)x^2}{R^3(R+z)^2} - \frac{z}{R^3} \right] \right]$$

$$\sigma_y = \frac{3Q}{2\pi} \left[\frac{y^2z}{R^3} + \frac{1-2\nu}{3} \left[\frac{1}{R(R+z)} - \frac{(2R+z)y^2}{R^3(R+z)^2} - \frac{z}{R^3} \right] \right]$$

$$\tau_{xy} = \frac{3Q}{2\pi} \left[\frac{xy}{R^3} - \frac{1-2\nu}{3} \frac{(2R+z)xy}{R^3(R+z)^2} \right]$$

$$\tau_{xz} = \frac{3Q}{2\pi} \frac{xz^2}{R^3}$$

Şekil 11. Boussinesq Denklemleri

Elastik oturmalar temel orta noktasında hesaplanmıştır.

$$\sum S = S_e + S_c$$

Burada S_e : elastik Oturma, S_c : konsolidasyon oturmasıdır. Ani oturmalar etkin olduğu için konsolidasyon oturmaları ihmal edilmiştir. Ani oturmalar da; Tanımlanan bir yüzey noktasındaki oturma elastik yöntemle hesaplanmaktadır. Koordinatları verilen noktanın istenilen zemin profili kullanılarak elastik oturması hesaplanır. Zemin profilindeki alt katmanlara ayrılmış tabakalardaki bütün katmanların sıkışması;

$$S_e = \int_0^H \epsilon_i dH = \sum_{i=1}^{i=n} \epsilon_i H_i$$

denklemleriyle hesaplanır. Her alt katman için birim şekil değiştirme ϵ_i 'ler elde edilir ve şerit yüksekliği ile çarpılarak şerit elastik sıkışması hesaplanır. Birim şekil değiştirme;

$$\epsilon_i = \frac{\Delta \sigma_i}{E_i}$$

$$\Delta \sigma_i = \Delta \sigma_v - 2\nu \cdot \Delta \sigma_h$$

denklemleriyle hesaplanır. Burada $\Delta \sigma_i$ şerit orasındaki düşey ve yatay gerilme artışları arasındaki farktır. Problem iki boyutlu düşünüldüğünde ($\sigma_{hx} = \sigma_{hy}$) ve drenajsız analizde ($\nu = 0.50$) deviator gerilme artışıdır. (Bowles, 1996)

Bütün alt katman ortalarındaki düşey ve yatay gerilme artışları, temellerin yayılı yük, koordinat ve boyutlarını kullanarak hesaplanmıştır. Alt katmanların E_i değerleri alt katmanın bulunduğu tabaka E değerleriyle aynıdır. Alt katmanın bulunduğu tabaka özelliği drenajsız ise gerilme artışları hesaplanırken Boussinesq denklemlerinde drenajsız elastik parametreler (E_u, ν_u) kullanılır ve $\Delta \sigma_i$, $\nu_u = 0.50$ ile hesaplanır. Tabaka özelliği drenajlı ise Boussinesq denklemlerinde E', ν' ve $\Delta \sigma_i$ ile hesaplanır.

Temel orta noktasının ani oturması $G+Q$ yüklemesindeki ortalama $q_0 = \dots$ kPa taban basıncından \dots cm hesaplanmıştır.

Skempton ve Mac Donalds (1956) yapılar da temel ve zemin türüne bağlı olarak aşağıdaki

tabloyu vermiştir.

ZEMİN TİPİ	TEMEL TİPİ	MAKSİMUM TOPLAM OTURMA (cm)
Kohezyonlu	Tekil	6,5
Kohezyonlu	Radye	6,5-10
Granüler	Tekil	4
Granüler	Radye	4,0-6,5

Şekil 12. Oturma Limitleri Tablosu (Skempton ve Mac Donalds 1956)

Tablo 6. Temel Orta Noktasında Oturma Analizi Tablosu

SIRANO	Tabaka	Derinlik [m]	h [m]	Drenaj Durumu	E [kN/m ²]	v	σ'_o [kN/m ²]	$\Delta\sigma_v$ [kN/m ²]	$\Delta\sigma_r$ [kN/m ²]	$\Delta\sigma_\theta$ [kN/m ²]	$\Delta\sigma_v - v \cdot (\Delta\sigma_r + \Delta\sigma_\theta)$ [kN/m ²]	S_e (m)
1	dolgu	-1	2	Drenajli	5000	0,3	18,5	0	0	0	0	0
2	kum	-2,06	0,12	Drenajli	7000	0,25	38,0562	0	0	0	0	0
3	kum	-2,19	0,12	Drenajli	7000	0,25	40,1687	0	0	0	0	0
4	kum	-2,31	0,12	Drenajli	7000	0,25	42,2812	0	0	0	0	0
5	kum	-2,44	0,12	Drenajli	7000	0,25	44,3938	0	0	0	0	0
6	kum	-2,56	0,12	Drenajli	7000	0,25	46,5062	0	0	0	0	0
7	kum	-2,69	0,12	Drenajli	7000	0,25	48,6188	0	0	0	0	0
8	kum	-2,81	0,12	Drenajli	7000	0,25	50,7312	0	0	0	0	0
9	kum	-2,94	0,12	Drenajli	7000	0,25	52,8437	0	0	0	0	0
10	kum	-3,06	0,12	Drenajli	7000	0,25	54,9562	0	0	0	0	0
11	kum	-3,19	0,12	Drenajli	7000	0,25	57,0687	0	0	0	0	0
12	kum	-3,31	0,12	Drenajli	7000	0,25	59,1812	0	0	0	0	0
13	kum	-3,44	0,12	Drenajli	7000	0,25	61,2937	0	0	0	0	0
14	kum	-3,56	0,12	Drenajli	7000	0,25	63,4062	0	0	0	0	0
15	kum	-3,69	0,12	Drenajli	7000	0,25	65,5187	0	0	0	0	0

JET Enjeksiyon ile Zemin İyileştirme												
İmar Bilgileri: İstanbul İli, Fatih İlçesi, ...Pafta, ...Ada, ...Parsel, 14 / 20												
16	kum	-3,81	0,12	Drenaj li	7000	0,25	61,8620	0	0	0	0	0
17	kum	-3,94	0,12	Drenaj li	7000	0,25	63,0870	0	0	0	0	0
18	kum	-4,06	0,12	Drenaj li	7000	0,25	64,3120	0	0	0	0	0
19	kum	-4,19	0,12	Drenaj li	7000	0,25	65,5370	0	0	0	0	0
20	kum	-4,31	0,12	Drenaj li	7000	0,25	66,7620	0	0	0	0	0
21	kum	-4,44	0,12	Drenaj li	7000	0,25	67,9870	0	0	0	0	0
22	kum- Kazık Zonu	-4,96	0,92	Drenaj li	39085 09,5	0,24	73,1325	63,3591	98,8364	189,1576	-5,7595	0
23	kum- Kazık Zonu	-5,89	0,92	Drenaj li	39085 09,5	0,24	82,1975	215,5378	180,3084	68,5988	155,80	0
24	kum- Kazık Zonu	-6,81	0,92	Drenaj li	39085 09,5	0,24	91,2625	228,6273	172,3475	29,3121	180,2209	0
25	kum- Kazık Zonu	-7,74	0,92	Drenaj li	39085 09,5	0,24	100,3275	217,5752	151,1438	11,2391	178,6033	0
26	kum- Kazık Zonu	-8,66	0,92	Drenaj li	39085 09,5	0,24	109,3925	206,2449	130,8436	1,0683	174,5806	0
27	kum- Kazık Zonu	-9,59	0,92	Drenaj li	39085 09,5	0,24	118,4575	197,3459	110,5166	-4,9736	172,0158	0
28	kum- Kazık Zonu	-10,51	0,92	Drenaj li	39085 09,5	0,24	127,5225	186,8272	92,0691	-8,2849	166,7109	0
29	kum- Kazık Zonu	-11,44	0,92	Drenaj li	39085 09,5	0,24	136,5875	176,9827	75,9036	-10,1441	161,2005	0
30	kum- Kazık Zonu	-12,36	0,92	Drenaj li	39085 09,5	0,24	145,6525	167,2933	62,1237	-11,077	155,0405	0
31	kum- Kazık Zonu	-13,29	0,92	Drenaj li	39085 09,5	0,24	154,7175	157,1805	50,8289	-11,359	147,7079	0
32	kum- Kazık Zonu	-14,21	0,92	Drenaj li	39085 09,5	0,24	163,7825	147,3312	41,5195	-11,2834	140,0745	0
33	kum- Kazık Zonu	-15,14	0,92	Drenaj li	39085 09,5	0,24	172,8475	137,8805	33,8783	-10,9876	132,3807	0

JET Enjeksiyon ile Zemin İyileştirme												
İmar Bilgileri: İstanbul İli, Fatih İlçesi, ...Pafta, ...Ada, ...Parsel, 15 / 20												
34	kum-Kazık Zonu	-16,06	0,92	Drenajli	3908509,5	0,24	181,9125	128,9134	27,6167	-10,5638	124,8207	0
35	kum-Kazık Zonu	-16,99	0,92	Drenajli	3908509,5	0,24	190,9775	120,4754	22,4879	-10,0715	117,4955	0
36	kum-Kazık Zonu	-17,91	0,92	Drenajli	3908509,5	0,24	200,0425	112,5831	18,2856	-9,5489	110,4863	0
37	kum-Kazık Zonu	-18,84	0,92	Drenajli	3908509,5	0,24	209,1075	105,2337	14,84	-9,0204	103,8369	0
38	kum-Kazık Zonu	-19,76	0,92	Drenajli	3908509,5	0,24	218,1725	98,4111	12,012	-8,5011	97,5685	0
39	kum-Kazık Zonu	-20,69	0,92	Drenajli	3908509,5	0,24	227,2375	92,0917	9,6881	-8,0006	91,6867	0
40	kum-Kazık Zonu	-21,61	0,92	Drenajli	3908509,5	0,24	236,3025	86,247	7,7763	-7,524	86,1864	0
41	kum-Kazık Zonu	-22,54	0,92	Drenajli	3908509,5	0,24	245,3675	80,8461	6,2017	-7,0742	81,0555	0
42	sert kil-Kazık Zonu	-23,04	0,08	Drenajli	3919818,4	0,33	250,265	78,1005	8,6692	-4,474	76,7161	0
43	sert kil-Kazık Zonu	-23,11	0,08	Drenajli	3919818,4	0,33	250,988	77,6988	8,5433	-4,4517	76,3486	0
44	sert kil-Kazık Zonu	-23,19	0,08	Drenajli	3919818,4	0,33	251,76	77,2996	8,4192	-4,4296	75,9831	0
45	sert kil-Kazık Zonu	-23,26	0,08	Drenajli	3919818,4	0,33	252,42	76,903	8,2969	-4,4076	75,6196	0
46	sert kil-Kazık Zonu	-23,34	0,08	Drenajli	3919818,4	0,33	253,14	76,509	8,1764	-4,3857	75,2581	0
47	sert kil-Kazık Zonu	-23,41	0,08	Drenajli	3919818,4	0,33	253,865	76,1175	8,0576	-4,3639	74,8986	0

JET Enjeksiyon ile Zemin İyileştirme											
İmar Bilgileri: İstanbul İli, Fatih İlçesi, ...Pafta, ...Ada, ...Parsel, 16 / 20											
48	sert kil- Kazık Zonu	-23,49	0,08	Drenaj li	39198 18,4	0,33	254,58	75,728 5	7,9406	-4,342 2	74,541 0
49	sert kil- Kazık Zonu	-23,56	0,08	Drenaj li	39198 18,4	0,33	255,3	75,342	7,8252	-4,320 7	74,185 0
50	sert kil- Kazık Zonu	-23,64	0,08	Drenaj li	39198 18,4	0,33	256,02	74,958	7,7115	-4,299 3	73,832 0
51	sert kil- Kazık Zonu	-23,71	0,08	Drenaj li	39198 18,4	0,33	256,74	74,576 5	7,5994	-4,278	73,480 0
52	sert kil- Kazık Zonu	-23,79	0,08	Drenaj li	39198 18,4	0,33	257,46	74,197 4	7,489	-4,256 8	73,130 0
53	sert kil- Kazık Zonu	-23,86	0,08	Drenaj li	39198 18,4	0,33	258,18	73,820 8	7,3801	-4,235 7	72,783 0
54	sert kil- Kazık Zonu	-23,94	0,08	Drenaj li	39198 18,4	0,33	258,9	73,446 6	7,2728	-4,214 8	72,437 0
55	sert kil- Kazık Zonu	-24,01	0,08	Drenaj li	39198 18,4	0,33	259,62	73,074 8	7,1671	-4,193 9	72,093 0
56	sert kil- Kazık Zonu	-24,09	0,08	Drenaj li	39198 18,4	0,33	260,34	72,705 4	7,0628	-4,173 2	71,751 0
57	sert kil- Kazık Zonu	-24,16	0,08	Drenaj li	39198 18,4	0,33	261,06	72,338 3	6,9601	-4,152 6	71,411 0
58	sert kil- Kazık Zonu	-24,24	0,08	Drenaj li	39198 18,4	0,33	261,78	71,973 6	6,8588	-4,132 1	71,073 0
59	sert kil- Kazık Zonu	-24,31	0,08	Drenaj li	39198 18,4	0,33	262,5	71,611 3	6,759	-4,111 8	70,737 0

JET Enjeksiyon ile Zemin İyileştirme												
İmar Bilgileri: İstanbul İli, Fatih İlçesi, ...Pafta, ...Ada, ...Parsel, 17 / 20												
60	sert kil-Kazık Zonu	-24,39	0,08	Drenajli	3919818,4	0,33	263,22	71,2513	6,6606	-4,0915	70,4035	0
61	sert kil-Kazık Zonu	-24,46	0,08	Drenajli	3919818,4	0,33	263,94	70,8936	6,5636	-4,0714	70,0712	0
62	sert kil	-25,14	1,27	Drenajli	20000	0,35	270,42	67,7759	6,339	-3,437	66,7602	0,0043
63	sert kil	-26,41	1,27	Drenajli	20000	0,35	282,66	62,3558	4,9993	-3,1651	61,7138	0,0039
64	sert kil	-27,69	1,27	Drenajli	20000	0,35	294,9	57,491	3,9389	-2,9193	57,1341	0,0036
65	sert kil	-28,96	1,27	Drenajli	20000	0,35	307,14	53,1185	3,096	-2,6975	52,979	0,0034
66	sert kil	-30,24	1,27	Drenajli	20000	0,35	319,38	49,1822	2,4232	-2,4971	49,2081	0,0031
67	sert kil	-31,51	1,27	Drenajli	20000	0,35	331,62	45,6322	1,8843	-2,3161	45,7833	0,0029
68	sert kil	-32,79	1,27	Drenajli	20000	0,35	343,86	42,4243	1,4512	-2,1524	42,6697	0,0027
69	sert kil	-34,06	1,27	Drenajli	20000	0,35	356,1	39,5198	1,1021	-2,004	39,8355	0,0025
70	sert kil	-35,34	1,27	Drenajli	20000	0,35	368,34	36,8846	0,8199	-1,8694	37,2519	0,0024
71	sert kil	-36,61	1,27	Drenajli	20000	0,35	380,58	34,4888	0,5915	-1,747	34,8932	0,0022
72	sert kil	-37,89	1,27	Drenajli	20000	0,35	392,82	32,3062	0,4062	-1,6356	32,7365	0,0021
73	sert kil	-39,16	1,27	Drenajli	20000	0,35	405,06	30,3136	0,2557	-1,5339	30,761	0,002
74	sert kil	-40,44	1,27	Drenajli	20000	0,35	417,3	28,4911	0,1335	-1,4409	28,9487	0,0018
75	sert kil	-41,71	1,27	Drenajli	20000	0,35	429,54	26,8206	0,0342	-1,3558	27,2831	0,0017
76	sert kil	-42,99	1,27	Drenajli	20000	0,35	441,78	25,2866	-0,0463	-1,2776	25,75	0,0016
77	sert kil	-44,26	1,27	Drenajli	20000	0,35	454,02	23,8753	-0,1115	-1,2057	24,3363	0,0016
78	sert kil	-45,54	1,27	Drenajli	20000	0,35	466,26	22,5745	-0,1641	-1,1396	23,0308	0,0015
79	sert kil	-46,81	1,27	Drenajli	20000	0,35	478,5	21,3734	-0,2063	-1,0785	21,8231	0,0014
80	sert kil	-48,09	1,27	Drenajli	20000	0,35	490,74	20,2624	-0,2401	-1,022	20,7042	0,0013
81	sert kil	-49,36	1,27	Drenajli	20000	0,35	502,98	19,2331	-0,2668	-0,9697	19,6659	0,0013

Toplam nihai oturma:cm' dir. Sınır değerler içerisinde.

5.3. Jet Kolonl İle İyileştirilmiş Sistem Yüzeysel Temel Taşıma Gücü ve Yatak Katsayısı

İlgili parselde zemin iyileştirme uygulandıktan sonra inşa edilecek olan yüzeysel temelin taşıma gücü hesabı;

- Zemine iyileştirme uygulanmamış durumdaki radye temelin taşıma gücü,
- İyileştirme sonrasında hesaplanan rijit kolonların grup taşıma gücünün, radye temelin alanına bölünmesi ile hesaplanan rijit kolonların temel taşıma gücüne katkısı, toplanarak hesaplanacaktır.

5.3.1. Zemine İyileştirme Uygulanmamış Durumdaki Radye Temelin Taşıma Gücü

2018 Deprem yönetmeliğindeki genel taşıma gücü denklemiyle yapılan hesaplarda efektif gerilme analizi yapılarak, radye temelin uzun dönem taşıma gücü, güvenlik sayısı =1.4 alınarak düşey yükleme durumu için hesaplanmıştır. Hesaplarda "Vesic" temel taşıma gücü yöntemi kullanılmıştır. Derinlik, şekil, yük eğimi, zemin eğimi ve taban eğimi faktörleri "Vesic" yöntemi için hesaplanmıştır.

Tablo 7. Temel Boyutları, Taban Basıncı

P [kN]	B [m]	L [m]	Df [m]
123900	9,8	24	4,5

Tablo 8. Uzun Dönem Kayma Direnci Parametreleri ve Taşıma Gücü Faktörleri

Yöntem	c' [kN/m ²]	Temel Altında ϕ' [°]	Temel Üstünde ϕ' [°]	Temel Üstünde γ [kN/m ³]	Temel Tabanında Efektif Gerilme q [kN/m ²]	Nc	Nq	N γ
Vesic	0	30	28,2	15,24	68,6	30,14	15,08	22,4

Kayma Direnci ve taşıma gücü faktörleri' de uzun dönem taşıma gücü için gösterilmektedir. Temel üstündeki ve altındaki kayma direnci parametreleri, birim hacim ağırlık değerleri idealize zemin profilindeki özelliklerin ağırlıklı ortalamaları kullanılarak, temel alt kotundan temel kısa kenarı "B" derinlikteki katman için hesaplanmıştır. Düşey yükler için taban kesme kuvvetleri ve devrilme momentleri dikkate alınmamıştır.

Tablo 9. Efektif Gerilme Analizinde Sekil, Derinlik, Yük Eğimi, Zemin Eğimi, Taban Eğimi Faktörleri

Yöntem	sc	sq	s γ	dc	dq	d γ	ic	iq	i γ	gc	gq	g γ	bc	bq	b γ
Vesic	1,2	1,22	0,84	1,18	1,14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Genel taşıma gücü dekleme;

$$q_k = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q + 0.5 \cdot \rho \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot s_{\gamma} \cdot d_{\gamma} \cdot i_{\gamma} \cdot g_{\gamma} \cdot b_{\gamma}$$

ile taşıma gücü hesapları yapılmıştır.

q_k

$$= 0 \times 30.14 \times 1.2 \times 1.18 \times 1 \times 1 \times 1 + 68.45 \times 15.08 \times 1.22 \times 1.14 \times 1 \times 1 \times 1 + 0.5 \times 9.7 \times 9.8 \times 15.08 \times 0.84 \times 1 \times 1 \times 1$$

$$q_k = 0 + 1435.62 + 602.07$$

$$q_k = 2038 \text{ kN/m}^2$$

Temel taşıma gücünün karakteristik dayanımı $q_k = 2038 \text{ kPa}$ 'dır. 2018 Deprem yönetmeliğinde dayanım katsayısı $\gamma_{rv} = 1.4$ verilmektedir. Tasarım dayanımı q_t ,

$$q_t = q_k / \gamma_{rv}$$

Denklemiyle zemine iyileştirme uygulanmamış durumdaki radye temelin taşıma gücü $q_t = 2038 / 1.4 = 1455 \text{ kPa}$ olarak hesaplanmıştır.

5.3.2. Rijit Kolonların Temel Taşıma Gücüne Katkısı

Tablo 5' den rijit DSM kolonlarının grup taşıma gücü $Q_{t\text{grup}} = 260988.66 \text{ kN}$ olarak alınmıştır.

Temel oturum alanı: 413 m^2 olarak hesaplanmıştır.

Rijit Jet Enjeksiyon kolonlarının temel taşıma gücüne katkısı;
 $260988.66 / 413 = 632 \text{ kN/m}^2$ olarak hesaplanmıştır.

Yüzeysel temel toplam taşıma gücü;
 $1455 + 632 = 2087 \text{ kN/m}^2 \approx 210 \text{ t/m}^2$ olarak hesaplanmıştır.

Statik projede temel hesaplarında kullanılmak üzere toplam taşıma gücü, geoteknik raporda verilen değer olan $q_t = 60 \text{ t/m}^2$,

$K_s = 40 \times q_t \times 1.4 = 4.0 \times 60 \times 1.40 = 3360 \text{ ton/m}^3$ (Bowles, 1988)
Yatak Katsayısı 3360 t/m^3 olarak alınması önerilmektedir.

6. SONUÇLAR

- İli, İlçesi, Mah., Pafta, Ada, nolu Parsel sayılı yerde yapılacak olan, dan oluşan yapının zemin iyileştirme yönteminin seçilmesine yönelik geoteknik rapordur.
- Zemin iyileştirmesi yapılacak olan blok kattan oluşmaktadır. Yapının zemine uygulayacağı gerilmekPa, yapı ağırlığıkN olarak alınmıştır.
- Zemin Zemin veri raporundan alınan bilgiye göre Y.A.S.S.' sinin yüzeydenm altında olarak analize katılmıştır.
- tarafından yapılan veri raporu incelenerek zemin mühendislik özellikleri tahmin edildi.
- Zeminin kayma direnci parametreleri ve deformasyon modülü fiziksel özelliklere ve efektif gerilmeye bağlı olarak güvenli tarafta kalacak şekilde tahmin edilmiştir.
- Hesaplarda kullanılan geoteknik parametreler:

Tablo 10. Geoteknik Tasarım Parametreleri

Tabaka Adi	YASS	Üst Kot	Alt Kot	γ_{sat}	γ_n	w_n	c'	ϕ'	E'	ν'
dolgu	3	0	2	21	18,5	28	0	26	5000	0,3
kum	3	2	23	19,6	16,9	8	0	30	7000	0,25
sert kil	3	23	50	19,4	18,6	22	10	22	20000	0,35

- İmalatı yapılacak bloktaki oturmaları azaltmak amacı ile jet-grout yöntemi ile zemin iyileştirme tasarımı yapılmıştır. D=.....cm çapında L=.....m boyunda toplamadet jet-grout kolonu plana göre uygulanacaktır.
- Projede tasarım yapılırken jet kolonu için deformasyon modülü E=1385 MPa, tek eksenli basınç dayanımı $q_u=3\text{MPa}$ dikkate alınmıştır. Uygulamada bu değerlerin elde edilmesi gerekmektedir.
- Yapılan taşıma gücü hesaplarında bir jet-grout kolonunun düşey tasarım dayanımıkN, Jet Grout Kolonları gurup taşıma gücü tasarım dayanımıkN olarak hesaplanmıştır.
- Oturma analizi sonucunda toplam oturmacm' dir. Sınır değerler içerisinde dir.
- Statik projede temel hesaplarında kullanılmak üzere toplam taşıma gücü, geoteknik raporda verilen değer olan $q_t=60\text{t/m}^2$, Yatak Katsayısı 3340 t/m³ olarak alınması önerilmektedir.
- İyileştirme öncesi ve iyileştirme sonrası sıvılaşma analizi hesap raporu ek' te verilmiştir.
- Jet-grout kolonlarının imalatları tamamlandıktan sonra alınan karotlarda tek eksenli basınç deneyi yapılacaktır. Elde edilen basınç dayanımları ve deformasyon modülleri proje müellifine bildirilecektir. İmalattan sonra kolonların %10'unda süreklilik testi yapılacaktır.
- Hedef kolon çapı ve mekanik özellikleri sağlayabilmek için deneme kolonları yapılmalıdır. Deneme kolonlarında imalat kontrol parametreleri değiştirilerek kolonlar inşa edilmeli ve sonuç olarak değiştirilen her parametrenin kolon çapına ve mekanik özelliklere etkisi yorumlanarak optimum imalat kontrol seti belirlenmelidir.
- Jet-grout kolonlarının imalatları tamamlandıktan sonra sismik çalışma yapıp Vs hızındaki artış tespit edilecektir.