

# FARKLI ZEMİNLERDE ANKRAJLI FORE KAZIK İKSA SİSTEMLERİNİN STATİK DİNAMİK ANALİZİ

Burak Türkoğlu<sup>1</sup>, Burak Görgün<sup>2</sup>

## GİRİŞ

Ülkemizde şehirleşme her geçen gün büyük bir oranda artmaktadır. Ülkemizin ekonomisinde büyük bir payı olan inşaat sektörü de şehirleşmenin getirdiği sorumluluklardan payını almaktadır. Depo, sığınak, otopark vb. ihtiyaçları karşılamak için temeller zemin içerisinde daha derine yerleştirilmektedir. Temellerin daha derine yapılması kazı çalışmaları sırasında iksa önlemlerinin alınmasını gerektirmektedir. Gerekli yerlerde iksa önlemi alınmadığı zamanlarda ülkemizde zaman zaman yaşanan iş kazalarına, komşu parseldeki yapıların hasar görmesine ve kazı yapılan alanda zeminin kendi stabilitesini koruyamaması sonucunda, can kayıplarına, mal kayıplarına neden olduğu görülmektedir. Ülkemizde maalesef böyle üzücü durumların yaşanmasını önlemek için yakın zamanda Kazı Destek Yapıları Tasarım Ve Uygulama Esasları Yönetmeliği yayımlanmıştır. İksa problemlerinin önüne geçebilmek için TBDY-2018 Yönetmeliğine uygun zemin etüdü çalışmaları ve Kazı Destek Yapıları Tasarım Ve Uygulama Esasları Yönetmeliğine uygun iksa projeleri dikkatli ve özenli biçimde hazırlanmalı ve uygulama aşamaları ilgili kurumlarca denetlenmelidir. Kazı yapılan cephelerde inklinometre deneyi yapılarak kazıklarda meydana gelen deplasmanlar sürekli olarak ölçülmelidir. İnklinometre deneyi sayesinde beklenmedik bir zemin hareketi varsa tespit edilerek gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir.

Bizim çalışmamızda Bursa'da derin kazı yapılan üç farklı zemin grubu için kalıcı kazı destek yapısı olan ankrajlı fore kazıkların, statik ve dinamik analizlerinin kıyaslanması ve aynı zamanda sonlu elamanlar yöntemi kullanılarak hesaplanan deplasmanların yerinde inklinometre kullanılarak ölçülen deplasman değerleri ile karşılaştırılması amaçlanmaktadır. Çalışmamızda yer alan ;

- 1.Grup zemin: yumuşak kil, gevşek kum
- 2.Grup zemin: orta katı kil, katı kil, orta sıkı kum
- 3.Grup zemin: sert kil, çok sıkı kum zemin birimleri kastedilmektedir.

Çalışmamızda yer alan Osmangazi Kent Meydanı derin temel kazısının Sert kil, Çok sıkı kum zemin birimlerinden oluştuğu, Atatürk Kapalı Spor Salonu

1 Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, , 0009-0007-9584-7085, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, turkogluburak16@gmail.com

2 Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, 0000-0002-7681-863X, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, burak.gorgun@bilecik.edu.tr

derin temel kazısının yumuşak kil , ve gevşek kum zemin birimlerden oluştuğu Belsa konut projesi derin temel kazısının ise orta katı kil , katı kil ve orta sıkı kum zemin birimlerinden oluştuğu gözlemlenmiş olup bu üç zemin grubu için Kazı Destek Yapıları Tasarım ve Uygulama Esasları Yönetmeliği baz alınarak sınır göçme durumu ve hizmet görülebilirlik sınır durumu analizleri yapılmıştır. Çalışmamızı idealize edecek şekilde yansıtan Osmangazi Kent Meydanı derin temel kazısı ile Atatürk Kapalı Spor Salonu derin temel kazısı incelenmiştir. Analiz sonuçlarına göre aynı miktardaki kazıda, yumuşak kil ve gevşek kum zemin birimlerinden oluşan Atatürk Kapalı Spor Salonu projesinde iki ankraj kademesi daha fazla yapılmasına rağmen kazıklarda hesaplanan deplasman değerinin, sert kil, çok sıkı kum zemin birimlerinden oluşan Osmangazi Kent Meydanı projesindeki kazıklardaki hesaplanan deplasman değerinden çok daha fazla olduğu görülmüştür.

### KYDD'YE GÖRE ANKRAJLI KAZI DESTEK YAPISI TASARIM ESASLARI

Kazı destek yapıları Projelendirilirken iki sınır durumu dikkate alınmalı ve gerekli koşullar sağlanmalıdır. Bu koşullar göçme sınır durumu (Ultimate limit state – ULS) ve hizmet görülebilirlik sınır durumu (SLS)'dur. ULS sınır durumu yapının göçme olasılığının kabul edilebilir sınırlar içinde kaldığını, SLS sınır durumu ise yapının hedeflenen şekilde, onarım gerektirmeden kullanıma devam edebilme durumunu tanımlar.

Göçme sınır durumu hesaplarında Kazı Destek Yapıları Tasarım Ve Uygulama Esasları Yönetmeliği, Eurocode-7'de kullanılan Tasarım Yaklaşımı – 2 (TY-2) yaklaşımını kullanmaktadır. Bu yaklaşıma göre İksa yapısına uygulanan etkiler artırılırken, zemine ait parametreler değiştirilmez ancak dayanımlar kısmı katsayılara bölünerek azaltılır. Depremsiz durumda ULS kontrolleri için verilen kısmı katsayılar Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1: Standart Penetrasyon Testi Düzeltme Katsayıları**

Kısmi Katsayı Seti			A	M	R
Sabit Etki (G)	Güvenliği Azaltıcı	$\gamma_{G,dst}$	1,35	-	-
	Güvenliği Arttırıcı	$\gamma_{G,stab}$	1,00	-	-
Değişken Etkiler (Q)	Güvenliği Azaltıcı	$\gamma_{Q,dst}$	1,50	-	-
	Güvenliği Arttırıcı	$\gamma_{Q,stab}$	0,00	-	-
Kayma Mukavemeti Katsayısı (tan $\phi$ )		$\gamma_{\phi}$	-	1,00	-
Etkifit Kohezyon ( $c'$ )		$\gamma_{c'}$	-	1,00	-
Drenajsız Kayma Mukaveti (Su)		$\gamma_{su}$	-	1,00	-
Serbest Basınç Dayanımı (qu)		$\gamma_{qu}$	-	1,00	-
Birim Hacim Ağırlık ( $\gamma$ )		$\gamma_{\gamma}$	-	1,00	-
Pasif Zemin Direnci (Dayanma Yapıları)		$\gamma_{Re^*}$	-	-	1,40
Zemin Direnci (Toptan Göçme)		$\gamma_{Re}$	-	-	1,10
Öngermeli Ankrajlar (geçici – kalıcı)		$\gamma_a$	-	-	1,10
Zemin direnci, dayanma yapıları ve toptan göçme analizlerinde farklı değerler almakta olup, yukarıda her iki koşul için de kısmi katsayılar verilmiştir.					

KDYY'ye göre eğer ULS hesaplarında kısmi katsayılar kullanılmazsa, geçici kazı destek yapısında  $GS \geq 1.35$ , kalıcı destek yapısında  $GS \geq 1.50$  şartını sağlaması gerekir. Hizmet görülebilirlik sınır durumu hesaplarında ise tüm etki katsayıları 1,00 olarak alınmalıdır.

### Deprem Etkisi

KDYY'de TBDY-2018'de tanımlanan dört adet deprem yer düzeyi hareketine ilave olarak Deprem Yer Yüzeyi Hareketi – 2a (DD-2a) eklenerek , beş farklı deprem yer yüzeyi hareketi verilmiştir. KDYY'ye göre deprem yer yüzeyi hareketi – 2a (DD-2a) , spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığı %25 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodu 144 yıl olduğu deprem yer hareketi olarak tanımlanmaktadır. DD-2a için ivme katsayıları, DD-2 ve DD-3 yer hareketlerinden elde edilen pik spektral ivmeleriyle aşağıda verilen formül ile hesaplanır.

$$\log(s_{ds144}) = (0,37 \times \log(s_{ds475})) + (0,63 \times \log(s_{ds72}))$$

**Tablo 2: Geçici Ve Kalıcı Kazı Destek Yapılarının Sismik Tasarım Yöntemleri Ve Dikkate Alınacak Deprem Düzeyleri**

Tasarım Yöntemi	Yöntem 1 Statik Eşdeğer Hesap	Yöntem 2 Şekil Değiştirmeye Göre Hesap	
		1.Aşama Statik Eşdeğer Hesap	2.Aşama Zaman Tanım Aralığında Hesap
Geçici Destek Sistemlerinde (Tüm KK-1 ve KK-2'nin $H < 15$ m olduğu geçici sistemler için)	-	-	-
Geçici Destek Sistemlerinde (KK-2'nin $H \geq 15$ m olduğu ve KK-3 olan geçici sistemler için)	DD-4	-	DD-4
Kalıcı Destek Sistemlerinde (Normal Yapılar İçin)	DD-2	DD-2a	DD-2
Kalıcı Destek Sistemlerinde (Önemli Yapılar İçin)	DD-1	DD-2a	DD-1

**Tablo 3: Depremlı Durum Hesabında Kullanılabilecek Yöntemler Ve Kontrol Kriterleri**

		Kontrol Kriterleri
Yöntem 1 Statik Eşdeğer Hesap		Sadece göçme kontrolü yapılır. Malzeme ve yük kısmi katsayıları 1.0 alınarak güvenli sayısının 1.0'den büyük olması aranır. Deplasman kontrolü yapılmaz. Yapısal elemanların kesit tesirleri statik durum ile karşılaştırılarak yapısal / betonarme hesaplarda olumsuz olan durum kullanılır. Daha ekonomik çözüm aranması ya da güvenlik sayısının 1.0'dan düşük olması durumunda Yöntem 2 'ye geçilir.
Yöntem 2 Şekil Değiştirmeye Göre – Hesap	1.Aşama Statik Eşdeğer Hesap	Sadece göçme kontrolü yapılır. Malzeme ve yük kısmi katsayıları 1.0 alınarak güvenlik sayısının 1.0'den büyük olması aranır. Deplasman kontrolü yapılmaz. Göçme olmadığı gösterildikten sonra 2. aşamaya geçilir.
	2.Aşama Zaman Tanım Aralığında Hesap	Deplasman kontrolü yapılır. Yapısal elemanların betonarme hesapları, depremsiz durumda elde edilen faktörlü kesit tesirleri ile depremlı durumda 2. Aşamada elde edilen kesit tesirlerinden büyük olanı alınarak yapılır.

Statik eşdeğer deprem hesabında yatay eşdeğer ivme katsayısı ( $k_h$ ) :

$$k_h : \frac{0,4 \times S_{ds}}{r}$$

$r$  katsayısı, Tablo 4'de yer alan destek yapısının tipine göre seçilir.

**Tablo 4: Statik Eşdeğer Hesap Yöntemi İçin Kazı Destek Yapısının Tipine Ve Yapacağı Yer Değiştirme Miktarına Göre “r” Katsayısı Değerleri**

Destek Yapısının Tipi	$r$
En fazla 120 $S_{ds}$ (mm) yer değiştirmeye izin verilen konsol kazıklı, zemin çivili sistemler	2,00
En fazla 80 $S_{ds}$ (mm) yer değiştirmeye izin verilen konsol kazıklı, zemin çivili sistemler ve ankrajlı duvarlar	1,50
İçten destekli duvarlar, yer değiştirmesine izin verilmeyen diğer duvarlar	1,00

### OSMANGAZİ KENT MEYDANI DERİN TEMEL KAZISI

Bursa ili Osmangazi İlçesi Santral garaj mahallesinde inşa edilen Kent Meydanı projesi, yaklaşık 1500 araçlık 4 katlı yeraltı otoparkı, içinde bulunan kafeleri ve konser alanı ile bölgenin sosyal yaşamını desteklemek amacıyla yapılmıştır. Yapılan inşaat alanı yaklaşık 40000 m<sup>2</sup>'dir. 4 Katlı yeraltı otoparkı inşasının güvenli bir şekilde tamamlayabilmek için kazı derinliği 13,75 metre ile 20,50 metre arasında değişen İksa projesi hazırlanıp yerinde uygulanmıştır. İnceleme alanına ait uydu görüntüsü Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1: Osmangazi Kent Meydanı Projesi Uydu Görüntüsü

### Saha Araştırmaları

Söz konusu çalışma alanının zemin özelliklerini belirlemek için, derinliği 20,00 metre ile 24,00 metre olan 3 adet sondaj, 7 adet serim sismik kırılma sonuçlarına ulaşılmıştır. Yapılmış olan sondaj logları Ek-A' da verilmiştir. Yapılmış sondaj çalışmaları, yeraltı suyuna göre ve derinlik düzeltme katsayıları kullanılarak hesaplanmış ve düzeltilmiş  $Spt-N_{1,60}$  değerleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 5: 4 Nolu Sondaj Loguna Ait Spt Düzeltme Tablosu

YASS (m)	DERİNLİK (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	SPT- N (Arazi)	CR	CS	CB	CE	$\sigma'$ (Kn/m <sup>2</sup> )	CN	N60	N1,60
12	1.5	18	13	0.75	1.00	1.00	1.00	27	1.70	9.75	16.58
	3.0	18	36	0.75	1.00	1.00	1.00	54	1.33	27.00	35.93
	4.5	18	59	0.85	1.00	1.00	1.00	81	1.09	50.15	54.50
	6.0	18	R	0.85	1.00	1.00	1.00	108	0.94	R	R
	9.0	18	27	0.95	1.00	1.00	1.00	162	0.77	25.65	19.71
	10.5	18	12	1.00	1.00	1.00	1.00	189	0.71	12.00	8.54
	12.0	18	34	1.00	1.00	1.00	1.00	216	0.67	34.00	22.63
	13.5	18	38	1.00	1.00	1.00	1.00	228	0.65	38.00	24.61
	15.0	18	42	1.00	1.00	1.00	1.00	240	0.63	42.00	26.51
	16.5	18	37	1.00	1.00	1.00	1.00	252	0.62	37.00	22.80
	18.0	18	45	1.00	1.00	1.00	1.00	264	0.60	45.00	27.09
19.5	18	46	1.00	1.00	1.00	1.00	276	0.59	46.00	27.08	
En Düşük Değeri			12	En Düşük Değeri					9.75	8.54	
En Yüksek Değeri			R	En Yüksek Değeri					R	R	
Ortalama Değeri			37	Ortalama Değeri					34.09	27.16	

**Tablo 6: 6 Nolu Sondaj Loguna Ait Spt Düzeltme Tablosu**

YASS (m)	DERİNLİK (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	SPT- N (Arazi)	CR	CS	CB	CE	$\sigma'$ (Kn/m <sup>2</sup> )	CN	N60	N1,60
12	1.5	18	19	0.75	1.00	1.00	1.00	27	1.70	14.25	24.23
	3.0	18	31	0.75	1.00	1.00	1.00	54	1.33	23.25	30.94
	4.5	18	33	0.85	1.00	1.00	1.00	81	1.09	28.05	30.48
	6.0	18	R	0.85	1.00	1.00	1.00	108	0.94	R	R
	7.5	18	R	0.95	1.00	1.00	1.00	135	0.84	R	R
	9.0	18	27	0.95	1.00	1.00	1.00	162	0.77	25.65	19.71
	10.5	18	30	1.00	1.00	1.00	1.00	189	0.71	30.00	21.34
	12.0	18	R	1.00	1.00	1.00	1.00	216	0.67	R	R
	13.5	18	R	1.00	1.00	1.00	1.00	228	0.65	R	R
	15.0	18	54	1.00	1.00	1.00	1.00	240	0.63	54.00	34.09
	16.5	18	46	1.00	1.00	1.00	1.00	252	0.62	46.00	28.34
	18.0	18	R	1.00	1.00	1.00	1.00	264	0.60	R	R
	19.5	18	39	1.00	1.00	1.00	1.00	276	0.59	39.00	22.96
	21.0	18	39	1.00	1.00	1.00	1.00	288	0.58	39.00	22.48
22.5	18	54	1.00	1.00	1.00	1.00	300	0.56	54.00	30.49	
24.0	18	R	1.00	1.00	1.00	1.00	312	0.55	R	R	
En Düşük Değeri			19	En Düşük Değeri						14.25	19.71
En Yüksek Değeri			R	En Yüksek Değeri						R	R
Ortalama Değeri			42	Ortalama Değeri						40.20	29.28

**Tablo 7: 10 Nolu Sondaj Loguna Ait Spt Düzeltme Tablosu**

YASS (m)	DERİNLİK (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	SPT- N (Arazi)	CR	CS	CB	CE	$\sigma'$ (Kn/m <sup>2</sup> )	CN	N60	N1,60
12	1.5	18	R	0.75	1.00	1.00	1.00	27	1.70	R	R
	4.5	18	R	0.85	1.00	1.00	1.00	81	1.09	R	R
	7.5	18	22	0.95	1.00	1.00	1.00	135	0.84	20.90	17.59
	9.0	18	18	0.95	1.00	1.00	1.00	162	0.77	17.10	13.14
	10.5	18	24	1.00	1.00	1.00	1.00	189	0.71	24.00	17.07
	12.0	18	22	1.00	1.00	1.00	1.00	216	0.67	22.00	14.64
	13.5	18	32	1.00	1.00	1.00	1.00	228	0.65	32.00	20.73
	15.0	18	R	1.00	1.00	1.00	1.00	240	0.63	R	R
	16.5	18	R	1.00	1.00	1.00	1.00	252	0.62	R	R
	18.0	18	51	1.00	1.00	1.00	1.00	264	0.60	51.00	30.70
19.5	18	54	1.00	1.00	1.00	1.00	276	0.59	54.00	31.79	
En Düşük Değeri			18	En Düşük Değeri						17.10	13.14
En Yüksek Değeri			R	En Yüksek Değeri						R	R
Ortalama Değeri			38	Ortalama Değeri						36.45	28.91

### Jeofizik Veriler

Söz konusu çalışma alanında 7 adet sismik kırılma çalışması yapılmıştır. Sismik kırılma çalışması sonucu elde edilen sismik dalga hızları ( $V_p$  ile  $V_s$ ) yardımıyla zemine ait dinamik elastik parametreler hesaplanmaya ve bu parametreler yardımıyla zeminin yapısı ortaya konmaya çalışılmıştır. Çalışma

sahasında sismik kırılma ölçüm sonuçlarına göre hesaplanan ortalama  $V_p$  ile  $V_s$  hızları ile buna dayalı olarak hesaplanan parametreler Tablo 8’de verilmiştir.

**Tablo 8: Sahada Hesaplanan Ortalama  $V_p$  Ve  $V_s$  Hızları Ve Parametreler**

SİSMİK SERİM NO	Tabaka No	Boyuna Dalga $V_{port}$ Hızı (m/sn)	Enine Dalga $V_s$ Hızı (m/sn)	$V_p / V_s$	Yoğunluk (gr./cm <sup>3</sup> )	Kayma Modülü (kg/cm <sup>2</sup> )	Elastisite Modülü (kg/cm <sup>2</sup> )	Poisson Oranı	Bulk Modülü (kg/cm <sup>2</sup> )	Kalınlık (m)	Zemin Hakim Titreşim Periyodu (Sn)	Zemin Büyütmesi
1	1	430	210	2,0	1,41	622	1673	0,34	1780	7,70	0,59	2,2
	2	1405	340	4,1	1,89	2194	6445	0,46	34540	-		
2	1	560	190	2,9	1,50	544	1562	0,43	4003	7,60	0,53	2,2
	2	1685	380	4,4	1,98	2868	8450	0,47	52567	-		
3	1	615	200	3,0	1,54	617	1779	0,44	5015	6,80	0,54	2,2
	2	1270	370	3,4	1,85	2533	7365	0,45	26470	-		
4	1	490	170	2,8	1,45	421	1207	0,43	2940	5,70	0,50	2,1
	2	1485	400	3,7	1,92	3079	8996	0,46	38332	-		
5	1	525	140	3,7	1,48	291	850	0,46	3702	6,6	0,59	2,4
	2	1675	340	4,9	1,98	2292	6779	0,47	52584	-		
6	1	545	130	4,1	1,49	253	744	0,47	4111	7,50	0,61	2,5
	2	1680	330	5,0	1,98	2161	6397	0,48	53134	-		
7	1	600	160	3,7	1,53	393	1148	0,46	5000	7,40	0,57	2,4
	2	1635	350	4,6	1,97	2415	7128	0,47	49476	-		

### Laboratuvar Sonuçları

Söz konusu çalışma alanında yapılmış sondaj kuyularından alınan numuneler üzerinde zemin tabakalarının mühendislik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla elek analizi, kıvam limitleri, nokta yükleme deneyleri yapılmıştır. Laboratuvar deney sonuçları Tablo 9’da verilmiştir.

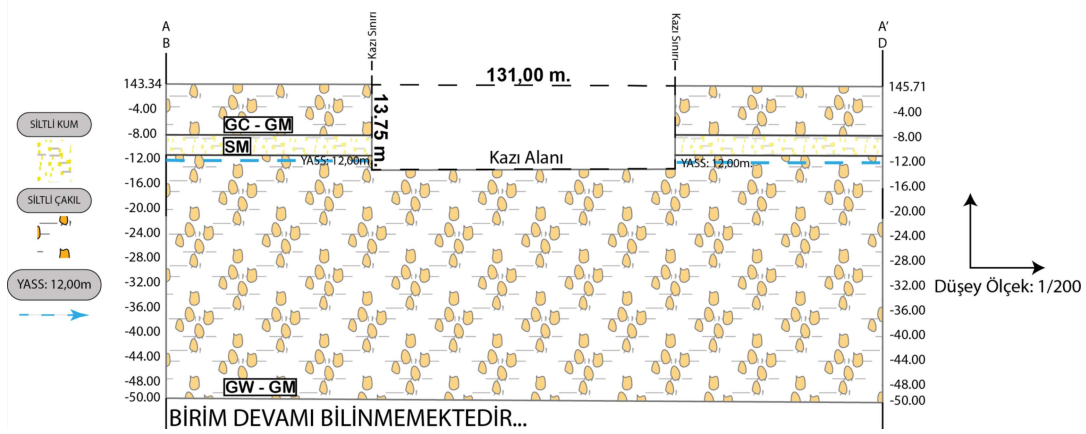
**Tablo 9: Laboratuvar Sonuçları**

Sıra No.	NUMUNENİN/OF SAMPLE				Dane Dağılımı Gradation (%)		Atterberg Limitleri % Atterberg Limits %			SINIF Category	SuMuh. Water Contents W(n) (%)	Nokta Yükl. Anizotropi İndeksi
	Lab No Lab Number	Son. No Drilling Number	Num. No sample Number	Derinlik (m.) Depth	+10 kalan Retained	-200 Geçen Passing	$W_L$ LL	$W_P$ PL	$I_P$ PI			
1	746	SK-4	SPT-2	3,00-3,45	42	25	20	15	5	GC-GM	6,40	-
2	746	SK-4	KAROT	6,00-7,50	100	0	-	N.P	-	GP	1,10	-
3	746	SK-4	SPT-6	9,00-9,45	40	15	-	N.P	-	SM	14,90	-
4	746	SK-4	SPT-7	10,50-10,95	1	44	25	16	9	SC	21,60	-
5	746	SK-4	SPT-9	13,50-13,95	2	43	24	16	8	SC	20,60	-
6	746	SK-4	SPT-11	16,50-16,95	80	3	-	N.P	-	GW	11,20	-

Sıra No.	NUMUNENİN/OF SAMPLE				Dane Dağılımı Gradation (%)		Atterberg Limitleri % Atterberg Limits %			SINIF Category	Su Muh. Water Contents	Nokta Yük. Anizotropi İndeksi
	Lab No Lab Number	Son. No Drilling Number	Num. No sample Number	Derinlik ( m.) Depth	+10 kalan Retained	-200 Geçen Passing	W <sub>L</sub> LL	W <sub>P</sub> PL	I <sub>P</sub> PI		W(n) (%)	
7	746	SK-4	SPT-13	19,50-19,95	54	3	-	N.P	-	GP	12,50	-
8	746	SK-6	SPT-2	3,00-3,45	46	23	23	16	7	GC-GM	8,10	-
9	746	SK-6	SPT-4	6,00-6,45	44	24	23	16	7	GC-GM	3,80	-
10	746	SK-6	SPT-6	9,00-9,45	13	39	-	N.P	-	SM	14,10	-
11	746	SK-6	SPT-7	10,50-10,95	60	16	-	N.P	-	GM	7,40	-
12	746	SK-6	SPT-9	13,50-13,95	59	13	-	N.P	-	GM	6,30	-
13	746	SK-6	SPT-11	16,50-16,95	62	6	-	N.P	-	GP-GM	7,80	-
14	746	SK-6	SPT-13	19,50-19,95	25	9	-	N.P	-	SW-SM	10,80	-
15	746	SK-6	SPT-16	24,00-24,45	64	1	-	N.P	-	GW	10,80	-
16	856	SK-10	KAROT	3,00-4,50	-	-	-	-	-	-	-	5,55
17	856	SK-10	KAROT	6,00-7,50	-	-	-	-	-	-	-	5,91
18	856	SK-10	SPT-5	7,50-7,95	76	15	-	N.P	-	GM	14,50	-
19	856	SK-10	SPT-7	10,50-10,95	53	15	-	N.P	-	GM	13,10	-
20	856	SK-10	SPT-9	13,50-13,95	65	7	-	N.P	-	GW-GM	20,20	-
21	856	SK-10	SPT-11	16,50-16,95	47	7	-	N.P	-	GW-GM	13,50	-

### Tasarım Aşaması

Osmangazi Kent Meydanı projesinde yer alan otoparkın bodrum katları için 13,75 m derinliğinde kazı yapılacaktır. Parsel kotu +142,00'dir. Parselde yer altı suyu +130,0 kotundadır. Sahada killi siltli çakıl, siltli kum ve iyi derecelendirilmiş çakıl birimleri yer almaktadır. Parselde yer alan kum ve çakıl birimleri çok sıkı yapılı olduğundan dolayı çalışmamızda yer alan 3.grup zemin kategorisine girmektedir. Söz konusu çalışma alanının oluşturulmuş idealize zemin profili ve kazı geometrisi Şekil 2'de sunulmuştur.



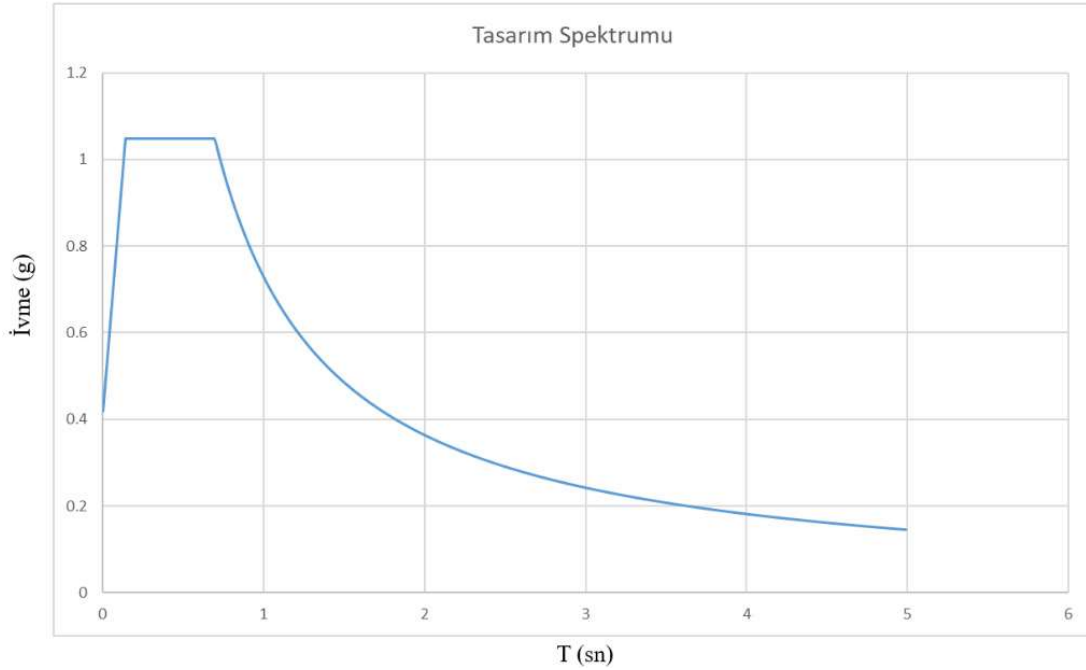
Şekil 2: Kazı Geometrisi ve Kazı Kesiti

KYDD-2.14 bölümünde yer alan Tablo 2.6'ya göre 2. yöntem 2. aşamada zaman tanım aralığında hesap için, TDTH interaktif web uygulamasının DD-2 deprem düzeyi ve ZE yerel zemin sınıfı için önermiş olduğu yatay elastik tasarım spektrumu dikkate alınarak, Spektruma uygun 11 adet yer hareketi seçilmiştir. Seçilen 11 adet deprem kayıtlarının ölçeklendirilmesi için TBDY(2018) – Bölüm 2.5.2.1 (a) ve (b) bendindeki hususlar sağlanacak şekilde Sta4cad programı kullanılarak ölçeklendirme işlemi yapılmıştır. Kayıtların seçimleri için PEER kuvvetli yer hareketi veri tabanı Şekil 3'de gösterildiği gibi tanımlanmıştır.

- DD-2 yer hareketi düzeyi ve ZE yerel zemin sınıfı olarak seçilmiştir.
- Rjb uzaklığı ve fayın yırtılma yüzeyine en yakın mesafesini gösteren Rrup parametresi 0 – 75 km aralığındadır.
- Magnitüd aralığı, ülkemizde maalesef son yıllarda meydana gelmiş en büyük deprem Kahramanmaraş merkezli depremin magnitüd büyüklüğü de göz önüne alınarak, magnitüd aralığı 7,50 – 7,65 olarak seçilmiştir.

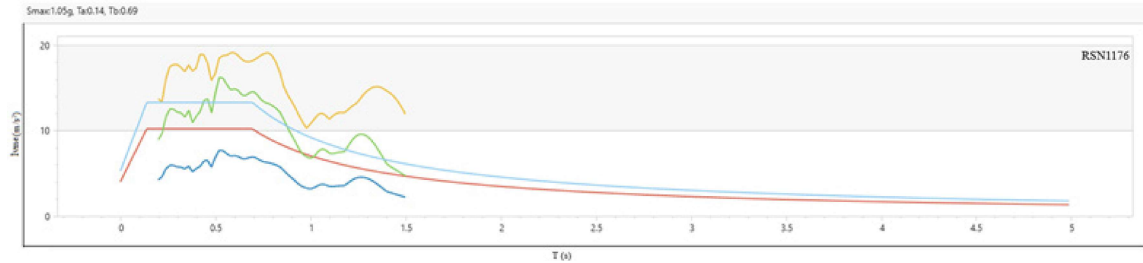
Şekil 3: Sahaya Uygun Deprem Kaydı Seçmek Amacıyla Peer Veri Tabının Filtrelenmesi

TBDY-2018'e göre DD-2 deprem düzeyinde ve yerel zemin sınıfı ZE seçilerek belirlenmiş olan tasarım spektrumu Şekil 4'de gösterilmiştir.

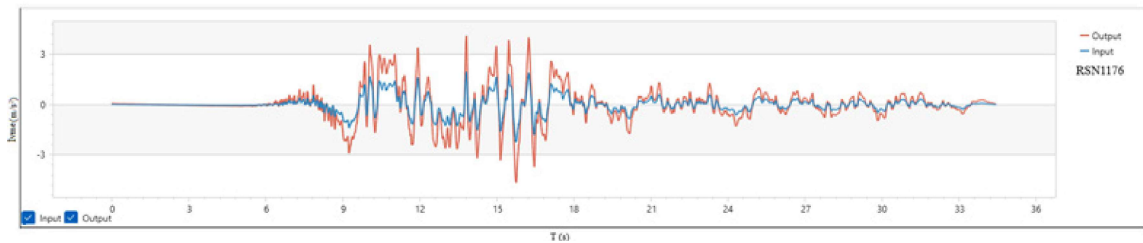


**Şekil 4: Yatay Elastik Tasarım Spektrumu**

Seçilen 11 adet depremden RSN1176'ya ait ölçeklendirilmiş deprem kaydının yatay spektral ivmeleri ve orijinaliyle birlikte ölçeklendirilmiş ivme – zaman grafikleri Şekil 5 ve Şekil 6'da verilmiştir.



**Şekil 5: Seçilen Kayıtların (RSN1163) Ölçeklendirilmiş Deprem Kaydına Ait Yatay Spektral İvmeleri**



**Şekil 6: Seçilen Kayıtların (RSN1163) Orijinal İle Ölçeklendirilmiş İvme – Zaman**

Ölçeklendirilmiş deprem kaydına ait yatay spektral ivmeleri gösteren Şekil 5'deki grafikte, kırmızı renk ile gösterilen tasarım spektrumu, 1,3 ile çarpılarak mavi renk ile gösterilmiştir. Tasarım spektrumunun 1,3 ile çarpılmasının sebebi ise TBDY(2018) – Bölüm 2.5.2.1 (b) bendindeki hususları sağlamaktır. Şekil

6’da RSN 1176’ya ait deprem kaydının Orijinal ve ölçeklendirilmiş ivme – zaman grafikleri verilmiştir. Grafikte deprem kaydının orijinal hali Input olarak gösterilen lacivert çizgilerden, deprem kaydının ölçeklendirilmiş hali ise output olarak gösterilen kırmızı çizgilerden oluşmaktadır.

### Serbest Bölge Kapasitesi

Projede 25.00 m, 27.00 m ve 23.00 m, uzunluğundaki ankraj halatlarının ve 15,00 m uzunluğundaki ankraj bulonunun kök bölgesi 10,00 m, geri kalan kısmı ise serbest bölge olarak tasarlanmıştır. Ankrajlarda 3 adet veya 4 adet 0,6 inç çapında halat kullanılmıştır. Kullanılan ankraj halatlarının ve ankraj bulonunun teknik özellikleri Tablo 10 ve Tablo 11’de verilmiştir.

**Tablo 10: 0.6 İnç Çapındaki Ankraj Halatı Teknik Özellikleri**

ASTM A 416 Standart Tablosu					
	Nominal Çap (mm)	Kopma Dayanımı (kN)	Nominal Kesit Alanı (mm <sup>2</sup> )	Nominal ağırlık (kg / 1000m)	1% Uzamada Minimum Yük (kN)
Sınıf 270	9,53	102,3	54,84	432	92,1
	11,11	137,9	74,19	582	124,1
	12,70	183,7	98,71	775	165,3
	15,24	260,7	140,00	1102	234,6

**Tablo 11: İbobulon R-38n Teknik Özellikleri**

İBOBULON R-38N	
Dış Çap (mm)	38,00
İç Çap (mm)	19,00
Kesit Alanı (mm <sup>2</sup> )	717,00
Kopma Yüğü (kN)	500
Akma Yüğü (kN)	400
Ağırlık (kg)	6

Ankraj halatının kopma dayanımı 260,70 kN ve ankraj bulonunun kopma dayanımı 500 kN’ dur. Sonlu elemanlar programında hesaplarda eksenel rijitlik (EA) ve ankraj aralığı (s) verileri girilmelidir. Projede kullanılan ankraj bulonu teknik özelliklerine göre eksenel rijitlik aşağıda hesaplanmıştır.

- 0.6 İnç Halatlar :

$$E = 2 \times 10^8 \text{ kPa}$$

$$A = \frac{\pi \times 0,0134^2}{4} = 1,41 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

- Proje de 3 adet halat kullanılan ankrajlar :

$$EA = 3 \times 2 \times 10^8 \times 1,41 \times 10^{-4} = 84600 \text{ kN}$$

- Proje de 4 adet halat kullanılan ankrajlar :

$$EA = 4 \times 2 \times 10^8 \times 1,41 \times 10^{-4} = 112800 \text{ kN}$$

- Ibobulon R-38N :

$$E = 2 \times 10^8 \text{ kPa}$$

$$A = \frac{\pi \times 0,038^2}{4} - \frac{\pi \times 0,019^2}{4} = 8,51 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$EA = 2 \times 10^8 \times 8,51 \times 10^{-4} = 170200 \text{ kN}$$

### Kök Bölge Kapasitesi

Projede yer alan ankraj delgi çapı  $D = 15 \text{ cm}$  ve kök boyu  $L_{tb} = 10,00 \text{ metre}$  olan bir ankrajın kök bölgesinde oluşması beklenen ankraj nihai çeper sürtünmesi KDYY- Tablo 3.2 kullanılarak kök boyunca ankraj kökü karakteristik taşıma kapasitesi aşağıda hesaplanmıştır.

- Killi Siltli çakıl tabakası için nihai taşıma kapasitesi :

$$T_{skin} = \pi \times D \times \tau_f = \pi \times 0,15 \times 800 = 376,99 \text{ kN/m}$$

- Siltli kum tabakası için nihai taşıma kapasitesi :

$$T_{skin} = \pi \times D \times \tau_f = \pi \times 0,15 \times 500 = 235,62 \text{ kN/m}$$

- İyi derecelenmiş çakıl tabakası için nihai taşıma kapasitesi :

$$T_{skin} = \pi \times D \times \tau_f = \pi \times 0,15 \times 1000 = 471,24 \text{ kN/m}$$

Sonlu elemanlar programında kök bölgesi Elastisite Modülü (E) aşağıda hesaplanmıştır.

$$E = 4730 \times FG^{0,5}$$

FG : Grout serbest basınç mukavemeti (1,50 – 2,50 Mpa)

FG projede 2,20 Mpa alınmıştır.

$$E = 4730 \times 2,50^{0,5} = 7015,72 \text{ Mpa}$$

Sonlu elemanlar programında fore kazık için hesaplarda eksenel rijitlik (EA) ve eğilme rijitliği (EI) değerleri girilmelidir. Projede C30 beton sınıfı ile kazık imal edildiğinden C30 sınıfı betonun teknik özellikleri kullanılarak eğilme rijitliği ve eksenel rijitlik aşağıda hesaplanmıştır.

$$E = 3,2 \times 10^7 \text{ kPa}$$

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{\pi \times 1,20^2}{4} = 1,13 \text{ m}^2$$

$$EA = 3,2 \times 10^7 \times 1,13 = 36160000 \text{ kN/m}$$

$$I = \frac{\pi \times D^4}{64} = \frac{\pi \times 1,20^4}{64} = 0,102 \text{ m}^4$$

$$EI = 3,2 \times 10^7 \times 0,102 = 3264000 \text{ kN.m}^2/\text{m}$$

$$d_{gerçek} = \sqrt{12 \times \frac{EI}{EA}} = \sqrt{12 \times \frac{3264000}{36160000}} = 1,04 \text{ m}$$

$$w = (Y_{beton} - Y_{zemin}) \times d_{gerçek} = (24 - 18) \times 1,04 = 6,24 \text{ kN/m/m}$$



**Tablo 13: Zemin Tabakalarına Ait Tasarım Parametreleri**

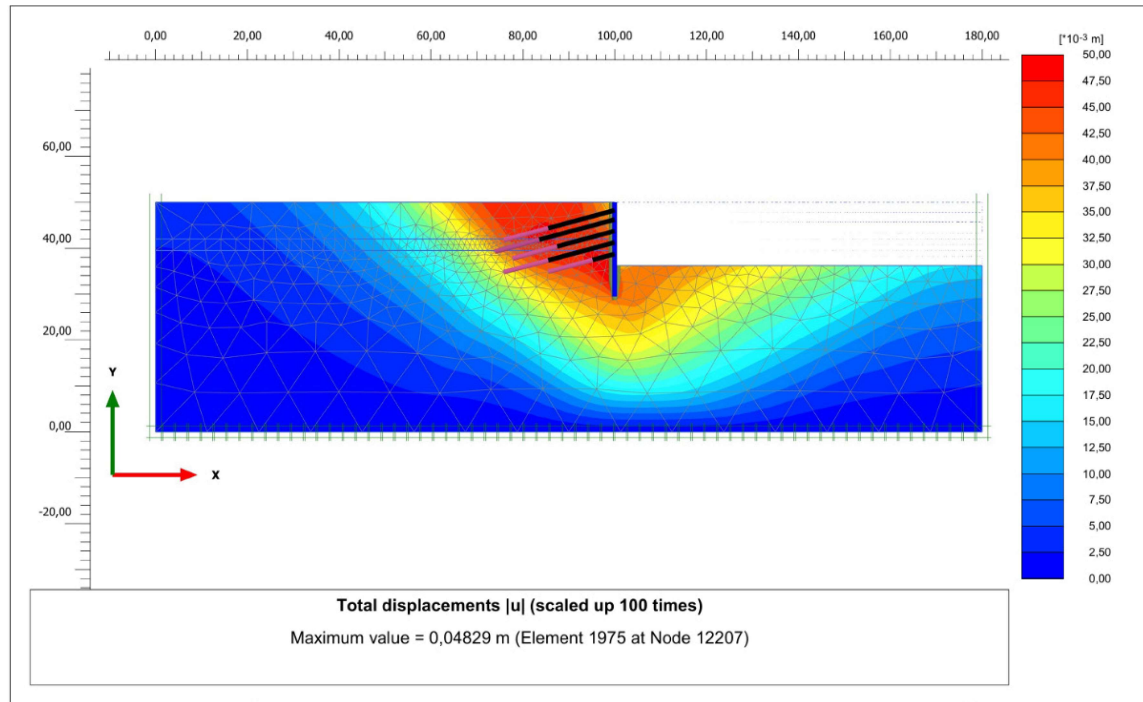
Zemin	Model	Doğal Birim Hacim Ağırlık	Doğgun Birim Hacim Ağırlık	Referans Young Modülü	Tanjant Rijitliği	Elastik Yükleme Boşaltma	Kohezyon	Kayma Mukavemeti Açısı	Poisson Oranı	Dilatasyon Açısı	Düşey Permabilite	Yatay Permabilite
	Sembol	$\gamma$	$\gamma_d$	$E_{50}^{ref}$	$E_{Oed}^{ref}$	$E_{ur}^{ref}$	C	$\phi$	v	$\psi$	$k_v$	$k_x$
	Birim	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	-	-	-	m/gün	m/gün
GC-GM	HS	18,00	19,00	25000	25000	75000	3	30	0,34	-	-	-
SM	HS	18,00	19,00	30000	30000	90000	3	34	0,45	-	-	-
GW-GM	HS	18,00	19,00	40000	40000	120000	3	36	0,46	-	-	-

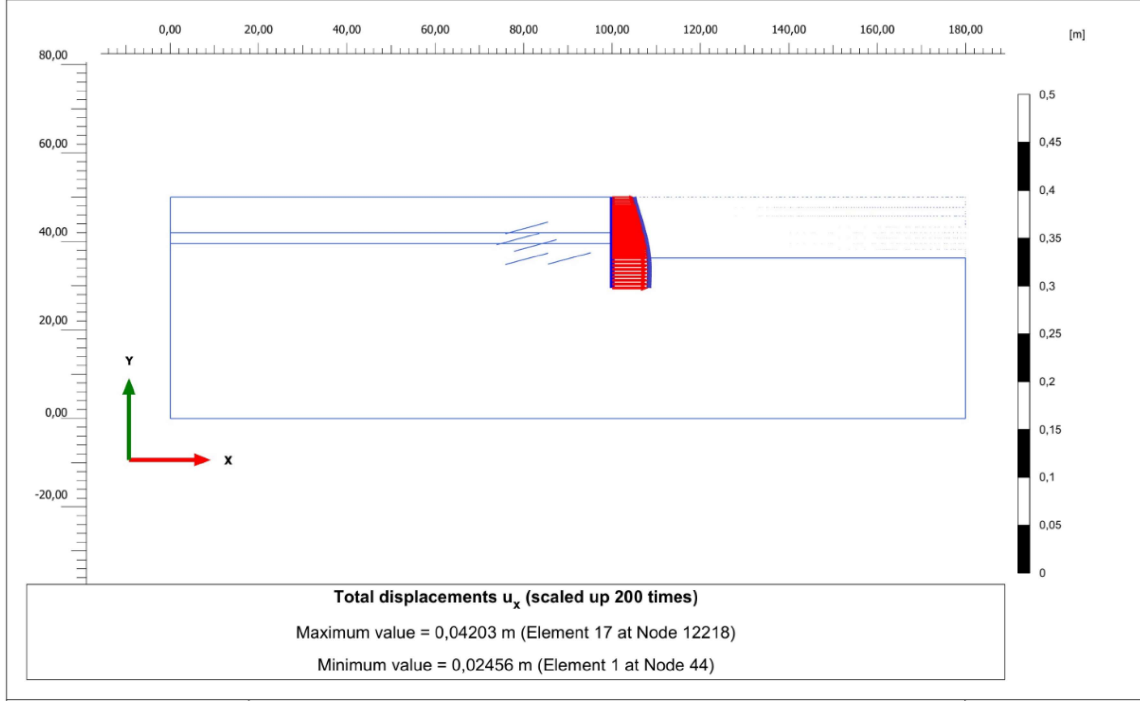
### Statik Durum Analiz Sonuçları

Plaxis programı kullanılarak yapılan analizler sonucunda deprensiz durumdaki kalıcı destek yapısının GS = 2,19 olarak bulunmuştur. Statik durumdaki kazıklara, ankraj halatlarına ve ankraj köklerine ait yer değiştirme ve gerilme-deformasyon analiz sonuçları aşağıda verilmiştir.

**Tablo 14: Statik Durumda Kazıklarda Oluşan Yer Değiştirme Ve Kesit Tesirleri**

PLATE	U (m)	Ux (m)	N (kN/m)	T (kN/m)	M (kN m/m)
120 CM FORE KAZIK	0,048	0,042	366,6	197,1	632,0

**Şekil 8: Hesaplanan Toplam Yer Değiştirme – (U)**



**Şekil 9: Kazıkta Hesaplanan Yatay Yer Değiştirme – ( $U_x$ )**

Statik durumdaki kazıklara, ankraj halatlarına ve ankraj köklerine ait yer değiştirme ve gerilme-deformasyon analiz sonuçları aşağıda verilmiştir.

**Tablo 15: Statik Durumda Ankraj Halatlarındaki Yer Değiştirme Ve Normal Kuvvet**

Ankraj Halatı	U (mm)	$U_x$ (mm)	N (kN/m)
1.Sıra Ankraj Halatı	36,74	27,64	308,07
2.Sıra Ankraj Halatı	39,03	30,62	393,02
3.Sıra Ankraj Halatı	41,93	34,25	443,86
4.Sıra Ankraj Halatı	44,64	37,52	511,94
5.Sıra Ankraj Bulonu	46,88	40,17	283,29

**Tablo 16: Statik Durumda Ankraj Köklerindeki Yer Değiştirme Ve Normal Kuvvet**

Ankraj Kök Bölgesi	U (mm)	$U_x$ (mm)	N (kN/m)
1.Sıra Ankraj Kökü	55,5	50,7	153,50
2.Sıra Ankraj Kökü	56,3	52,2	196,50
3.Sıra Ankraj Kökü	57,1	52,8	221,70
4.Sıra Ankraj Kökü	54,8	50,9	254,70
5.Sıra Ankraj Kökü	53,3	46,8	141,00

### Zaman Tanım Aralığında Hesap Analiz Sonuçları

Çalışmamızda RSN1176'ya ait deprem kaydı ölçeklendirilmiş ve Zaman tanım aralığında hesap yöntemi ile analiz gerçekleştirilmiştir. kazıklara, ankraj halatlarına ve ankraj köklerine ait yer değiştirme ve gerilme- deformasyon analiz sonuçları aşağıda verilmiştir.

**Tablo 17: Zaman Tanım Aralığında Analizler Sonucu Kazıkta Hesaplanan Yer Değişirmeler**

Deprem No	Rsn	Deprem Adı	Kazık Toplam Yer Değişirme U (m)	Kazık Yatay Yer Değişirme Ux (m)	Kazık Düşey Yer Değişirme Uy (m)
5	1176	KOCAELI	0,839	0,727	0,02

**Tablo 18: Zaman Tanım Aralığında Analizler Sonucu Kazıkta Hesaplanan Kesit Tesirleri**

Deprem No	Rsn	Deprem Adı	120 cm Fore Kazık		
			N (kN/m)	T (kN/m)	M (kN m/m)
5	1176	KOCAELI	369,0	202,90	699,30

**Tablo 19: Zaman Tanım Aralığında Analizler Sonucu Ankraj Halatlarında Ve Ankraj Köklerindeki Normal Kuvvet**

Deprem No (Rsn)	Hesaplanan Ankraj halat ve Ankraj Köklerindeki Normal Kuvvetler									
	1.SIRA ANKRAJ		2.SIRA ANKRAJ		3.SIRA ANKRAJ		4.SIRA ANKRAJ		5.SIRA ANKRAJ	
	Halat (kN/m)	Kök (kN/m)	Halat (kN/m)	Kök (kN/m)	Halat (kN/m)	Kök (kN/m)	Halat (kN/m)	Kök (kN/m)	Halat (kN/m)	Kök (kN/m)
5 (1176)-KOCAELI	309,5	154,2	396,25	198,1	445,47	222,50	519,14	258,20	292,51	145,50

### ATATÜRK KAPALI SPOR SALONU DERİN TEMEL KAZISI

Bursa ili Osmangazi İlçesi Kükürtlü mahallesi Stadyum Caddesinde inşa edilmekte olan Atatürk Kapalı Spor Salonu projesi, içerisinde 3100 kişi seyirci kapasiteli şehirlerarası müsabakaların yapılacağı basketbol salonu, kafeterya, atölyeler yer alacaktır. Kazı derinliği 5,75 metre ile 13,75 metre arasında değişen iksa projesi hazırlanıp yerinde uygulanmıştır. İnceleme alanına ait uydu görüntüsü Şekil 10'da verilmiştir.

**Şekil 10: Atatürk Kapalı Spor Salonu Projesi Uydu Görüntüsü**

### Saha Araştırmaları

Söz konusu çalışma alanının zemin özelliklerini belirlemek için, derinliği 40,00 metre 3 adet sondaj verilerine ulaşılmıştır. Yapılmış sondaj çalışmaları, yeraltı suyuna göre ve derinlik düzeltme katsayıları kullanılarak hesaplanmış ve düzeltilmiş Spt-N<sub>1,60</sub> değerleri aşağıda verilmiştir.

**Tablo 20: 21 Nolu Sondaj Loguna Ait Spt Düzeltme Tablosu**

YASS (m)	DERİNLİK (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	SPT- N (Arazi)	CR	CS	CB	CE	$\sigma'$ (Kn/m <sup>2</sup> )	CN	N60	N1,60
-	1.5	18	19	0.75	1.00	1.00	1.00	27	1.70	14.25	24.23
-	3.0	18	10	0.75	1.00	1.00	1.00	54	1.33	7.50	9.98
-	4.5	18	12	0.85	1.00	1.00	1.00	81	1.09	10.20	11.08
-	6.0	18	32	0.85	1.00	1.00	1.00	108	0.94	27.20	25.60
-	7.5	18	10	0.95	1.00	1.00	1.00	135	0.84	9.50	8.00
-	9.0	18	18	0.95	1.00	1.00	1.00	162	0.77	17.10	13.14
-	10.5	18	12	1.00	1.00	1.00	1.00	189	0.71	12.00	8.54
-	12.0	18	9	1.00	1.00	1.00	1.00	216	0.67	9.00	5.99
-	13.5	18	22	1.00	1.00	1.00	1.00	243	0.63	22.00	13.80
-	15.0	18	17	1.00	1.00	1.00	1.00	270	0.60	17.00	10.12
-	16.5	18	11	1.00	1.00	1.00	1.00	297	0.57	11.00	6.24
-	18.0	18	12	1.00	1.00	1.00	1.00	324	0.54	12.00	6.52
-	19.5	18	11	1.00	1.00	1.00	1.00	351	0.52	11.00	5.74
-	21.0	18	18	1.00	1.00	1.00	1.00	378	0.50	18.00	9.05
-	22.5	18	23	1.00	1.00	1.00	1.00	405	0.49	23.00	11.18
-	24.0	18	20	1.00	1.00	1.00	1.00	432	0.47	20.00	9.41
-	25.5	18	17	1.00	1.00	1.00	1.00	459	0.46	17.00	7.76
-	27.0	18	18	1.00	1.00	1.00	1.00	486	0.44	18.00	7.99
-	28.5	18	18	1.00	1.00	1.00	1.00	513	0.43	18.00	7.77
-	30.0	18	13	1.00	1.00	1.00	1.00	540	0.42	13.00	5.47
-	31.5	18	17	1.00	1.00	1.00	1.00	567	0.41	17.00	6.98
-	33.0	18	23	1.00	1.00	1.00	1.00	594	0.40	23.00	9.23
-	34.5	18	24	1.00	1.00	1.00	1.00	621	0.39	24.00	9.42
-	36.0	18	41	1.00	1.00	1.00	1.00	648	0.38	41.00	15.75
-	37.5	18	19	1.00	1.00	1.00	1.00	675	0.38	19.00	7.15
-	39.0	18	22	1.00	1.00	1.00	1.00	702	0.37	22.00	8.12
-	40.5	18	16	1.00	1.00	1.00	1.00	729	0.36	16.00	5.80
En Düşük Değeri			9	En Düşük Değeri						7.50	5.47
En Yüksek Değeri			41	En Yüksek Değeri						41.00	25.60
Ortalama Değeri			18	Ortalama Değeri						17.36	10.00

**Tablo 21: 22 Nolu Sondaj Loguna Ait Spt Düzeltme Tablosu**

YASS (m)	DERİNLİK (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	SPT- N (Arazi)	CR	CS	CB	CE	$\sigma'$ (K <sub>n</sub> /m <sup>2</sup> )	CN	N60	N1,60
	1.5	18	32	0.75	1.00	1.00	1.00	27	1.70	24.00	40.80
	3.0	18	13	0.75	1.00	1.00	1.00	54	1.33	9.75	12.98
	4.5	18	11	0.85	1.00	1.00	1.00	81	1.09	9.35	10.16
	6.0	18	23	0.85	1.00	1.00	1.00	108	0.94	19.55	18.40
	7.5	18	8	0.95	1.00	1.00	1.00	135	0.84	7.60	6.40
	9.0	18	23	0.95	1.00	1.00	1.00	162	0.77	21.85	16.79
	10.5	18	13	1.00	1.00	1.00	1.00	189	0.71	13.00	9.25
	12.0	18	8	1.00	1.00	1.00	1.00	216	0.67	8.00	5.32
	13.5	18	24	1.00	1.00	1.00	1.00	243	0.63	24.00	15.06
	15.0	18	9	1.00	1.00	1.00	1.00	270	0.60	9.00	5.36
	16.5	18	9	1.00	1.00	1.00	1.00	297	0.57	9.00	5.11
	18.0	18	6	1.00	1.00	1.00	1.00	324	0.54	6.00	3.26
	19.5	18	13	1.00	1.00	1.00	1.00	351	0.52	13.00	6.79
	21.0	18	14	1.00	1.00	1.00	1.00	378	0.50	14.00	7.04
	22.5	18	9	1.00	1.00	1.00	1.00	405	0.49	9.00	4.37
	24.0	18	10	1.00	1.00	1.00	1.00	432	0.47	10.00	4.71
	25.5	18	9	1.00	1.00	1.00	1.00	459	0.46	9.00	4.11
	27.0	18	12	1.00	1.00	1.00	1.00	486	0.44	12.00	5.32
	28.5	18	11	1.00	1.00	1.00	1.00	513	0.43	11.00	4.75
	30.0	18	13	1.00	1.00	1.00	1.00	540	0.42	13.00	5.47
	31.5	18	11	1.00	1.00	1.00	1.00	567	0.41	11.00	4.52
	33.0	18	15	1.00	1.00	1.00	1.00	594	0.40	15.00	6.02
En Düşük Değeri			6	En Düşük Değeri						6.00	3.26
En Yüksek Değeri			32	En Yüksek Değeri						24.00	40.80
Ortalama Değeri			13	Ortalama Değeri						12.64	9.18

**Tablo 22: 24 Nolu Sondaj Loguna Ait Spt Düzeltme Tablosu**

YASS (m)	DERİNLİK (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	SPT- N (Arazi)	CR	CS	CB	CE	$\sigma'$ (Kn/m <sup>2</sup> )	CN	N60	N1,60
	3.0	18	5	0.75	1.00	1.00	1.00	54	1.33	3.75	4.99
	4.5	18	7	0.85	1.00	1.00	1.00	81	1.09	5.95	6.47
	6.0	18	9	0.85	1.00	1.00	1.00	108	0.94	7.65	7.20
	7.5	18	11	0.95	1.00	1.00	1.00	135	0.84	10.45	8.80
	9.0	18	9	0.95	1.00	1.00	1.00	162	0.77	8.55	6.57
	10.5	18	10	1.00	1.00	1.00	1.00	189	0.71	10.00	7.11
	12.0	18	9	1.00	1.00	1.00	1.00	216	0.67	9.00	5.99
	13.5	18	13	1.00	1.00	1.00	1.00	243	0.63	13.00	8.16
	15.0	18	8	1.00	1.00	1.00	1.00	270	0.60	8.00	4.76
	16.5	18	8	1.00	1.00	1.00	1.00	297	0.57	8.00	4.54
	18.0	18	8	1.00	1.00	1.00	1.00	324	0.54	8.00	4.35
	19.5	18	11	1.00	1.00	1.00	1.00	351	0.52	11.00	5.74
	21.0	18	13	1.00	1.00	1.00	1.00	378	0.50	13.00	6.54
	22.5	18	9	1.00	1.00	1.00	1.00	405	0.49	9.00	4.37
	24.0	18	9	1.00	1.00	1.00	1.00	432	0.47	9.00	4.23
	25.5	18	11	1.00	1.00	1.00	1.00	459	0.46	11.00	5.02
	27.0	18	14	1.00	1.00	1.00	1.00	486	0.44	14.00	6.21
	28.5	18	50	1.00	1.00	1.00	1.00	513	0.43	50.00	21.59
	30.0	18	16	1.00	1.00	1.00	1.00	540	0.42	16.00	6.73
	31.5	18	10	1.00	1.00	1.00	1.00	567	0.41	10.00	4.11
	33.0	18	10	1.00	1.00	1.00	1.00	594	0.40	10.00	4.01
	34.5	18	19	1.00	1.00	1.00	1.00	621	0.39	19.00	7.46
	36.0	18	22	1.00	1.00	1.00	1.00	648	0.38	22.00	8.45
	37.5	18	19	1.00	1.00	1.00	1.00	675	0.38	19.00	7.15
	39.0	18	22	1.00	1.00	1.00	1.00	702	0.37	22.00	8.12
	40.5	18	16	1.00	1.00	1.00	1.00	729	0.36	16.00	5.80
En Düşük Değeri			5	En Düşük Değeri						3.75	4.01
En Yüksek Değeri			50	En Yüksek Değeri						50.00	21.59
Ortalama Değeri			13	Ortalama Değeri						13.21	6.71

### Laboratuvar Sonuçları

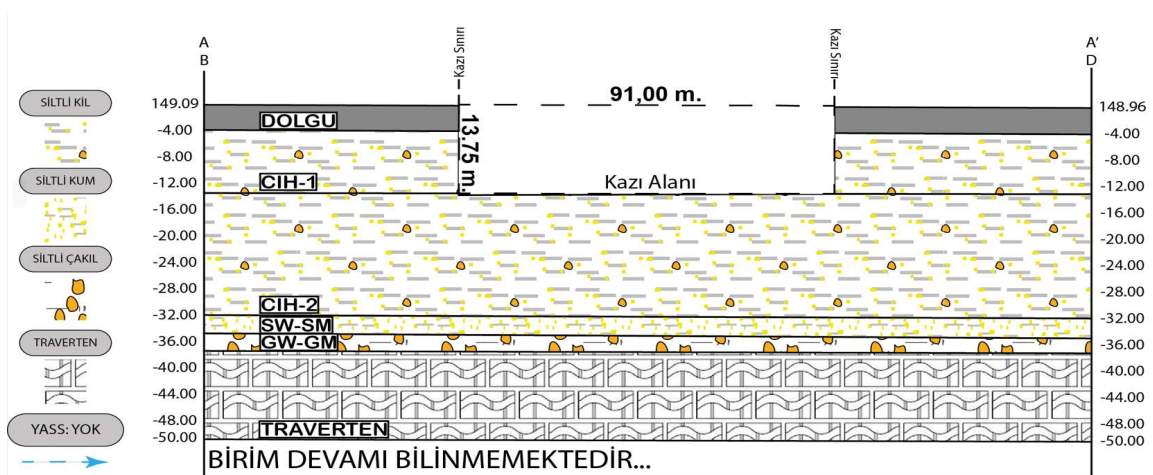
Söz konusu çalışma alanında yapılmış sondaj kuyularından alınan numuneler üzerinde zemin tabakalarının mühendislik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla elek analizi, kıvam limitleri deneyleri yapılmıştır. Laboratuvar deney sonuçları Tablo 23'de verilmiştir.

**Tablo 23: Laboratuvar Sonuçları**

Sıra No.	NUMUNENİN/OF SAMPLE			Dane Dağılımı Gradation (%)		Atterberg Limitleri % Atterberg Limits %			SINIF Category	Su Muh. Water Contents
	No	Son. No Drilling Number	Num. No sample Number	Derinlik ( m.) Depth	+10 kalan Retained	-200 Geçen Passing	W <sub>L</sub> LL	W <sub>P</sub> PL		I <sub>P</sub> PI
1	SK-21	SPT-3	4,50-4,95	98	84	42	20	22	CI	24,30
2	SK-21	UD-1	8,50-9,00	100	86	60	25	35	CH	22,80
3	SK-21	SPT-9	13,50-13,95	99	84	40	21	19	CI	19,70
4	SK-21	UD-2	18,00-18,50	86	59	60	25	35	CH	23,60
5	SK-21	SPT-18	27,00-27,45	94	78	59	25	34	CH	20,10
6	SK-21	SPT-24	36,00-36,45	98	83	42	20	22	CI	22,20
7	SK-21	SPT-28	42,00-42,45	87	40	NP	NP	-	SM	24,80
8	SK-22	SPT-3	4,50-4,95	62	9	NP	NP	-	SW-SM	19,00
9	SK-22	UD-1	9,00-9,50	69	50	51	23	28	CH	29,70
10	SK-22	SPT-11	16,50-16,95	88	79	51	22	29	CH	29,70
11	SK-22	UD-16	24,00-24,45	84	69	49	21	28	CI	27,00
12	SK-22	SPT-21	31,50-31,95	88	68	39	22	17	CI	33,50
13	SK-24	SPT-7	10,50-10,95	97	83	45	22	23	CI	18,80
14	SK-24	UD-1	18,00-18,50	97	84	48	23	25	CI	32,00
15	SK-24	SPT-16	24,00-24,45	98	82	NP	NP	-	ML	22,80
16	SK-24	SPT-21	31,50-31,95	97	85	46	20	26	CI	21,80
17	SK-24	SPT-23	34,50-34,95	31	12	NP	NP	-	GW-GM	10,40

### Tasarım Aşaması

Atatürk Kapalı Spor Salonu projesinde 13,75 m derinliğinde kazı yapılacaktır. Parsel kotu +150,00'dir. Sahada dolgu, yüksek ve orta plastisiteli kil, Siltli kum, iyi derecelendirilmiş çakıl ve Traverten yer almaktadır. Çalışma alanının hakim biriminin kil olduğu ve bu kil tabakasının da yumuşak kıvamı olmasından dolayı çalışmamızda yer alan 1.grup zemin kategorisine girmektedir. Söz konusu çalışma alanının oluşturulmuş idealize zemin profili ve kazı geometrisi Şekil 11'de sunulmuştur.

**Şekil 11: Kazı Geometrisi ve Kazı Kesiti**

### Serbest Bölge Kapasitesi

Projede 29.00 m, 30.00 m, 30.00 m, 26.00 m, 27.00 m, 30.00 m ve 21.00 m uzunluğundaki ankrajın, kök bölgesi 10,00 m, geri kalan kısmı ise serbest bölge olarak tasarlanmıştır. Ankrajlarda 3 adet 0,6 inç çapında halat kullanılmıştır. Projede kullanılan ankraj halatı teknik özelliklerine göre aksel rijitlik aşağıda hesaplanmıştır.

$$E = 2 \times 10^8 \text{ kPa}$$

$$A = \frac{\pi \times 0,0134^2}{4} = 1,41 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

- Proje de 3 adet halat kullanılan ankrajlar :

$$EA = 3 \times 2 \times 10^8 \times 1,41 \times 10^{-4} = 84600 \text{ kN}$$

### Kök Bölge Kapasitesi

Projede yer alan ankraj delgi çapı  $D = 15 \text{ cm}$  ve kök boyu  $L_{tb} = 10,00 \text{ metre}$  olan bir ankrajın kök bölgesinde oluşması beklenen ankraj nihai çeper sürtünmesi KDYY- Tablo 3.2 kullanılarak kök boyunca ankraj kökü karakteristik taşıma kapasitesi aşağıda hesaplanmıştır.

- Kil tabakası için nihai taşıma kapasitesi :

$$T_{skin} = \pi \times D \times \tau_f = \pi \times 0,15 \times 100 = 47,12 \text{ kN/m}$$

Sonlu elemanlar programında kök bölgesi Elastisite Modülü (E) aşağıda hesaplanmıştır.

$$E = 4730 \times FG^{0,5}$$

FG : Grout serbest basınç mukavemeti (1,50 – 2,50 Mpa)

FG projede de 2,20 Mpa alınmıştır.

$$E = 4730 \times 2,50^{0,5} = 7015,72 \text{ Mpa}$$

Bu Projede de C30 beton sınıfı ile kazık imalatı gerçekleştirilmiştir. Burada Osmangazi projesinden farklı olarak, fore kazıklar 80 cm çapında tasarlanmıştır. Sonlu elemanlar programında kullanılan eğilme rijitliği ve aksel rijitlik değerleri aşağıda hesaplanmıştır.

$$E = 3,2 \times 10^7 \text{ kPa}$$

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{\pi \times 0,80^2}{4} = 0,50 \text{ m}^2$$

$$EA = 3,2 \times 10^7 \times 0,50 = 16000000 \text{ kN/m}$$

$$I = \frac{\pi \times D^4}{64} = \frac{\pi \times 0,80^4}{64} = 0,02 \text{ m}^4$$

$$EI = 3,2 \times 10^7 \times 0,02 = 640000 \text{ kN.m}^2/\text{m}$$

$$d_{gerçek} = \sqrt{12 \times \frac{EI}{EA}} = \sqrt{12 \times \frac{640000}{16000000}} = 0,69 \text{ m}$$

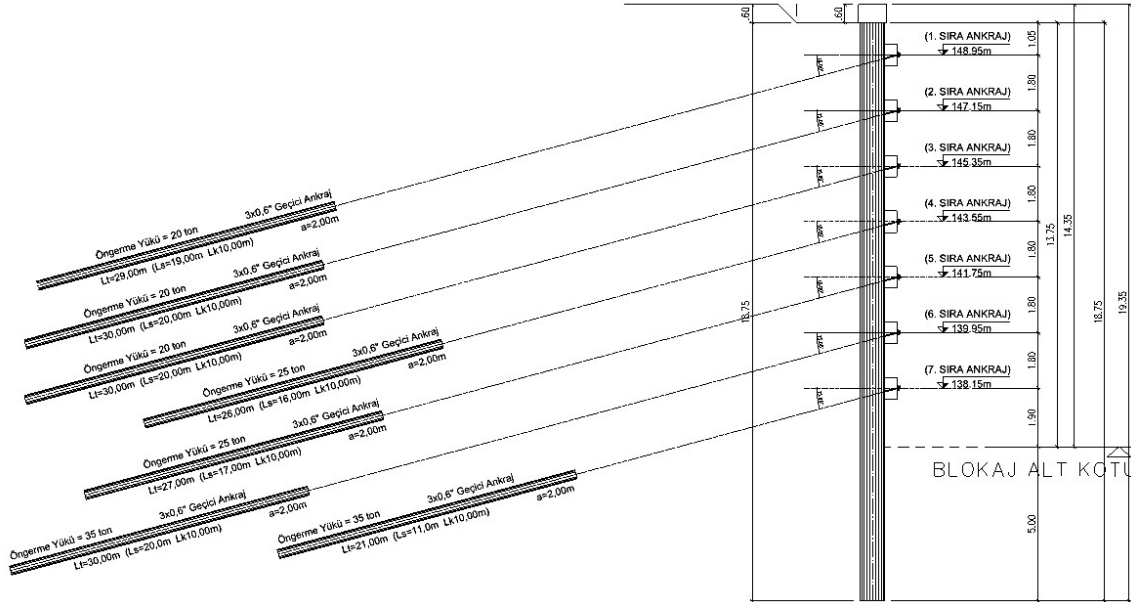
$$w = (\gamma_{beton} - \gamma_{zemin}) \times d_{gerçek} = (24 - 18) \times 0,69 = 4,14 \text{ kN/m/m}$$

Sayısal analiz için yapısal elemanların parametreleri Tablo 24’de verilmiştir.

**Tablo 24: Yapısal Elemanlara Ait Hesaplanan Parametreler**

Parametre	Sembol	Birim	Fore Kazık	0,6 İnç Halat	Ankraj Kökü
			D = 0,80 m S = 1,00 m	S = 2,00 m	D = 0,15 m S = 2,00 m
Bünye Modeli	-	-	Elastik	Elastik	Elastik
Eksenel Rijitlik	EA	kN/m	16000000	84600	123978
Eğilme Rijitliği	EI	kN.m <sup>2</sup> /m	640000	-	-
Poisson Oranı	v	-	0,15	-	-
Yatay Mesafe	L	m	-	2,00	-

Projede D=80 cm çaplı, merkezden merkeze mesafesi s=100 cm olan aralıklı fore kazık kullanılmıştır. Kazığın soket boyu 5,00 metredir. 7 sıra öngermeli ankraj kullanılmıştır. Kazı destek yapısının kesiti Şekil 12’de verilmiştir.



**Şekil 12: Analiz Edilen Kazı Destek Yapısı Kesiti**

Sayısal analizlerde traverten tabakası için Coulomb bünye modeli diğer tabakalar için hardening soil bünye modeli tercih edilmiştir. Analizde kullanılacak zemin parametreleri Tablo 25’de verilmiştir.

**Tablo 25: Zemin Tabakalarına Ait Tasarım Parametreleri**

Zemin	Model	Doğal Birim Hacim Ağırlık	Doygun Birim Hacim Ağırlık	Referans Young Modülü	Tanjant Rijitliği	Elastik Yükleme Boşaltma	Kohezyon	Kayma Mukavemeti Açısı	Poisson Oranı	Dilatasyon Açısı	Düşey Permeabilite	Yatay Permeabilite
	Sembol	$\gamma$	$\gamma_d$	$E_{50}^{ref}$	$E_{Oed}^{ref}$	$E_{1\sigma}^{ref}$	C	$\phi$	v	$\psi$	$k_y$	$k_x$
	Birim	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	-	-	-	m/gün	m/gün
Dolgu	HS	17,00	18,00	5000	5000	15000	3	25	0,2	-	-	-
CIH	HS	18,00	19,00	6500	6500	19500	6	26	0,25	-	-	-
CIH – 2	HS	18,00	19,00	12000	12000	36000	7	27	0,38	-	-	-
SW-SM	HS	18,00	19,00	15000	15000	45000	3	30	0,34	-	-	-
GW-GM	HS	18,00	19,00	15000	15000	45000	3	34	0,36	-	-	-
TRAVERTEN	MC	21,00	21,00	150000	150000	450000	9	30	0,20	-	-	-

### Statik Durum Analiz Sonuçları

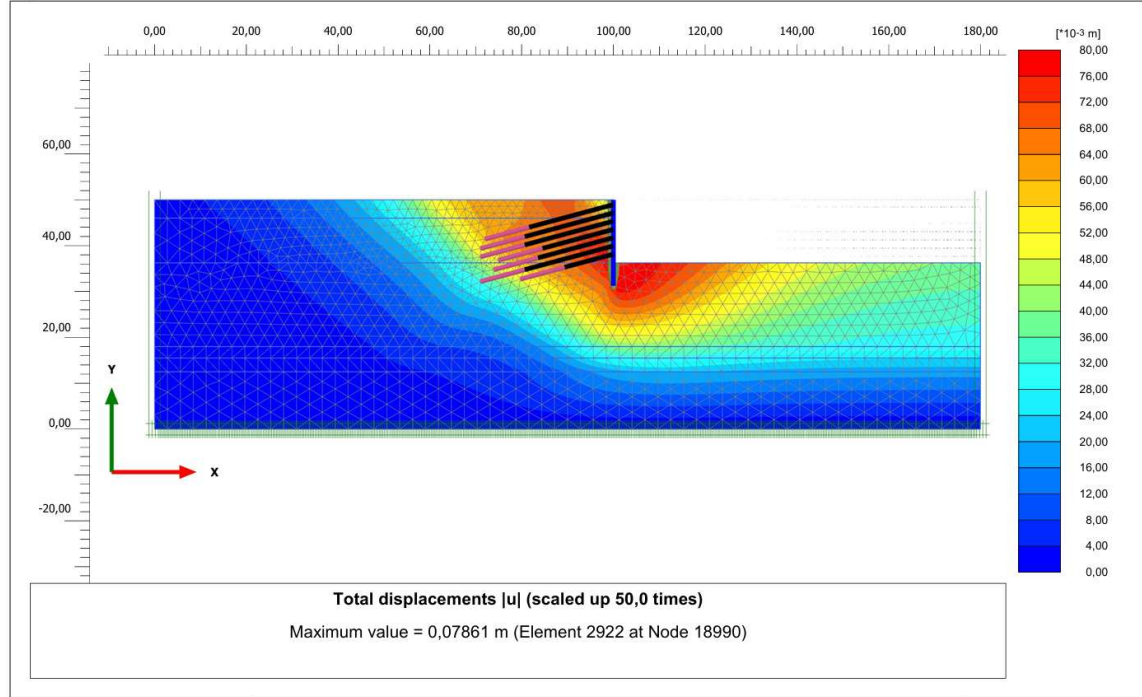
Plaxis programı kullanılarak yapılan analizler sonucunda depremsiz durumdaki kalıcı destek yapısının

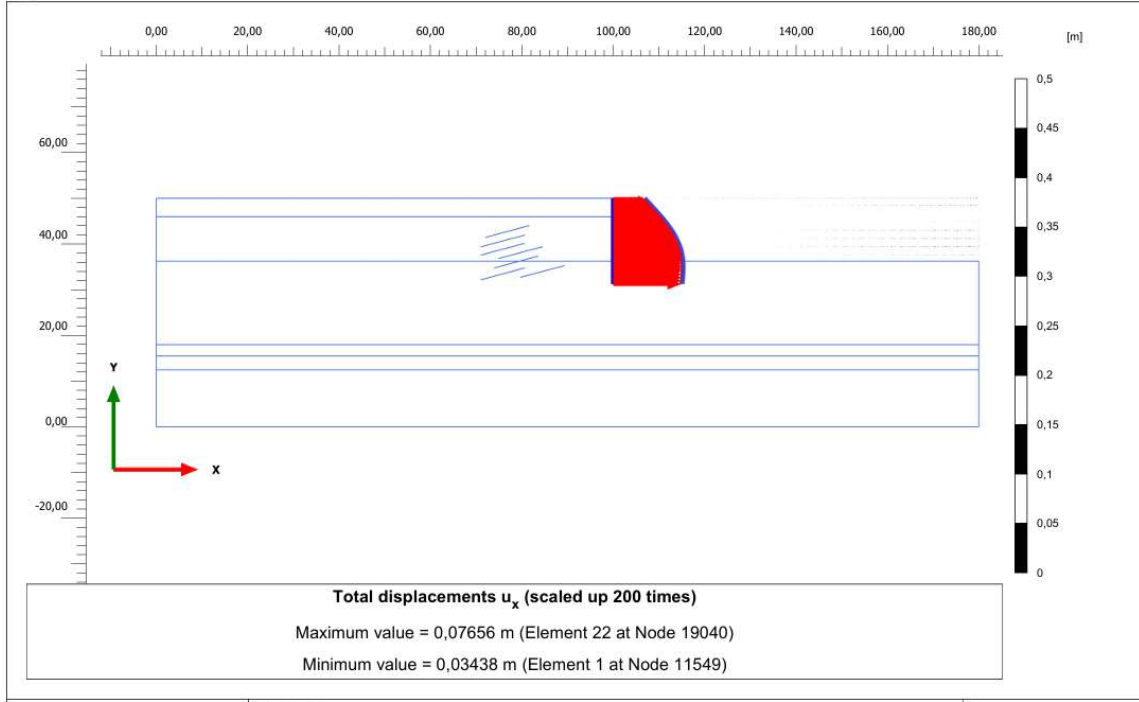
GS = 2,39 olarak bulunmuştur.

**Tablo 26: Statik Durumda Kazıklarda Oluşan Yer Değiştirme Ve Kesit Tesirleri**

PLATE	U (m)	U <sub>x</sub> (m)	N (kN/m)	T (kN/m)	M (kN m/m)
80 CM FORE KAZIK	0,078	0,0765	412,0	110,50	299,20

Statik durumdaki kazıklara, ankraj halatlarına ve ankraj köklerine ait yer değiştirme ve gerilme-deformasyon analiz sonuçları aşağıda verilmiştir.

**Şekil 13: Hesaplanan Toplam Yer Değiştirme – (U)**



**Şekil 14: Kazıkta Hesaplanan Yatay Yer Değişirme – ( $U_x$ )**

**Tablo 27: Statik Durumda Ankraj Halatlarındaki Yer Değişirme Ve Normal Kuvvet**

Ankraj Halatı	U (mm)	$U_x$ (mm)	N (kN/m)
1.Sıra Ankraj Halatı	40,91	39,20	165,37
2.Sıra Ankraj Halatı	48,84	47,41	178,05
3.Sıra Ankraj Halatı	56,43	55,21	182,08
4.Sıra Ankraj Halatı	63,19	62,10	227,08
5.Sıra Ankraj Halatı	68,76	67,76	233,41
6.Sıra Ankraj Halatı	72,94	72,00	349,58
7.Sıra Ankraj Halatı	75,74	74,84	354,96

**Tablo 28: Statik Durumda Ankraj Köklerindeki Yer Değişirme Ve Normal Kuvvet**

Ankraj Kök Bölgesi	U (mm)	$U_x$ (mm)	N (kN/m)
1.Sıra Ankraj Kökü	73,7	70,16	82,63
2.Sıra Ankraj Kökü	73,4	69,94	88,97
3.Sıra Ankraj Kökü	72,4	68,80	90,93
4.Sıra Ankraj Kökü	77,31	73,50	113,40
5.Sıra Ankraj Kökü	73,65	69,74	116,70
6.Sıra Ankraj Kökü	69,12	66,54	174,80
7.Sıra Ankraj Kökü	79,29	75,91	177,50

### Zaman Tanım Aralığında Hesap Analiz Sonuçları

RSN1176'ya ait deprem kaydı ölçeklendirilmiş ve Zaman tanım aralığında hesap yöntemi ile analiz gerçekleştirilmiştir. kazıklara, ankraj halatlarına ve ankraj köklerine ait yer değişirme ve gerilme- deformasyon analiz sonuçları aşağıda verilmiştir.

**Tablo 29: Zaman Tanım Aralığında Analizler Sonucu Kazıkta Hesaplanan Yer Değişirmeler**

Deprem No	RSN	Deprem Adı	Kazık Toplam Yer Değişirme U (m)	Kazık Yatay Yer Değişirme U <sub>x</sub> (m)	Kazık Düşey Yer Değişirme U <sub>y</sub> (m)
5	1176	KOCAELI	0,733	0,7314	0,018

**Tablo 30: Zaman Tanım Aralığında Analizler Sonucu Kazıkta Hesaplanan Kesit Tesirleri**

Deprem No	RSN	Deprem Adı	80 cm Fore Kazık		
			N (kN/m)	T (kN/m)	M (kN m/m)
5	1176	KOCAELI	389,70	113,70	384,50

**Tablo 31: Zaman Tanım Aralığında Analizler Sonucu Ankraj Halatlarında Ve Ankraj Köklerindeki Normal Kuvvet**

Deprem No (Rsn) Deprem Adı	Hesaplanan Ankraj halat ve Ankraj Köklerindeki Normal Kuvvetler									
	1.SIRA ANKRAJ		2.SIRA ANKRAJ		3.SIRA ANKRAJ		4.SIRA ANKRAJ		5.SIRA ANKRAJ	
	Halat (kN/m)	Kök (kN/m)	Halat (kN/m)	Kök (kN/m)	Halat (kN/m)	Kök (kN/m)	Halat (kN/m)	Kök (kN/m)	Halat (kN/m)	Kök (kN/m)
5 (1176)- KOCAELI	170,14	84,99	183,87	91,86	189,32	94,53	232,51	116,1	244,42	122,2
	6.SIRA ANKRAJ		7.SIRA ANKRAJ							
	Halat (kN/m)	Kök (kN/m)	Halat (kN/m)	Kök (kN/m)						
	368,14	184,0	368,79	184,4						

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada kazı derinlikleri aynı olan sert kil, çok sıkı kum zemin birimlerinden ve yumuşak kil, gevşek kum zemin birimlerinden oluşan iki farklı kazı çalışması, Kazı Destek Yapıları Tasarım ve Uygulama Esasları Yönetmeliği baz alınarak incelenmiş ve sonlu elemanlar programı kullanılarak iki farklı kazı çalışması içinde hizmet görülebilirlik sınır durumu analizleri yapılmıştır. Yumuşak kil ve gevşek kum zemin birimlerinin yer aldığı ankrajlı fore kazık dayanma yapısında iki ankraj kademesi daha fazla yapılmasına rağmen , sert kil, çok sıkı kum zemin birimlerinin yer aldığı ankrajlı fore kazık dayanma yapısına göre daha fazla deplasman yaptığı hesaplanmıştır. Sert kil, çok sıkı kum zemin birimlerinin yer aldığı ankrajlı fore kazık dayanma yapısında daha az ankraj kademesi olduğundan dolayı ankraj halatları ve ankraj köklerindeki kuvvetler, yumuşak kil ve gevşek kum zemin birimlerinin yer aldığı ankrajlı fore kazık dayanma yapısındaki ankraj halatları ve ankraj köklerindeki kuvvetlerden çok daha büyüktür. Ankraj kademesinin daha az olmasından dolayı ankraj köklerindeki kuvvetlerin arttığı görülmüştür. Buna bağlı olarak zeminin sert kil, çok sıkı kum birimlerinden oluşmasından dolayı kök bölgesindeki karakteristik taşıma kapasitesi de yüksektir. Benzer şekilde yumuşak kil ve gevşek kum zemin birimlerinin yer aldığı ankrajlı fore

kazık dayanma yapısında ankraj kademesi arttırılarak ankraj halatı ve ankraj köklerindeki kuvvetlerin ve kazıkta meydana gelecek deplasman değerlerinin azaltılması amaçlanmıştır. Burada dikkat edilmesi gereken noktalardan birisi de yumuşak kil ve gevşek kum zemin birimlerinin yer aldığı ankrajlı fore kazık dayanma yapısındaki ankraj köklerinde hesaplanan kuvvetlerin, kök bölgesindeki karakteristik taşıma kapasitesi ile karşılaştırılması ve Kazı Destek Yapıları Tasarım ve Uygulama Esasları Yönetmeliğindeki tasarım koşullarının sağlanması gerekmektedir. Yumuşak kil ve gevşek kum zemin birimlerinin yer aldığı ankrajlı fore kazık dayanma yapısında kazıkta hesaplanan deplasman değerinin Kazı Destek Yapıları Tasarım ve Uygulama Esasları Yönetmeliğindeki deplasman üst limit koşulunu sağlamadığı görülmüştür. Yumuşak kil ve gevşek kum zemin birimlerinde , zemin iyileştirme çalışmaları yapıldıktan sonra iksa çalışmalarına başlanması hem maliyet hem de iksa sisteminin daha güvenli inşa edilmesi için önerilmektedir.

**REFERANSLAR**

- Alkaya, D. ve Yeşil, B. (2016). Excel Vba İle Ankrajlı Ve Ankrajsız İksa Yapısı Tasarımı. Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, 6(1), 71-82.
- Arslan, B. ve Öztoprak, S. (2005). Derin Kazılarda Çok Sıra Ankrajlı İksa Sistemleri İle Ankastre Fore Kazık İksa Sistemlerinin Tasarımı Ve Maliyet Karşılaştırması. Mühendislik Bilimleri Genç Araştırmacılar I. Kongresi, İstanbul Üniversitesi (ss.429-440). İstanbul, Türkiye
- Canoğulları, A. U. (2019). Ankrajlı Fore Kazıklı İksa Sistemlerinin Tasarımı Ve Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Analizi. Yüksek Lisans Tezi. Mersin: Toros Üniversitesi
- Dayıoğlu, M. (2010). Derin Kazıların İncelenmesi Ve Derin Kazı Uygulaması Üzerine Bir Örnek: Harbiye Kongre Merkezi Derin Temel Kazısı. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi
- Explore Google Earth, 2024. <https://earth.google.com/web/@40.193,29.0481,149.86a,314.11d,35y,0.0h,41.59t,359.9r> (E.T.:01.09.2024)
- Explore Google Earth, 2024. <https://earth.google.com/web/@40.196,29.057,144.21a,443.94d,35y,0.0h,33.73t,0.0r> (E.T.:01.09.2024)
- Kazı Destek Yapıları Tasarım Ve Uygulama Esasları Yönetmeliği. 2022.
- Kılıç, T. (2023). Killi Zeminlerde Fore Kazık-Ankrajlı İksa Sistemlerinin Dinamik Analizi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi
- Köse, H. K. (2011). Derin Kazılar Ve Derin Kazı Uygulamasına Bir Örnek: Hilton Garden Inn Sütlüce Derin Temel Kazısı. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi
- PEER Ground Motion Database, Pacific Earthquake Engineering Research Center (2013/03). <https://ngawest2.berkeley.edu> (E.T.: 01.10.2024)
- Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği. 2018.
- Yeler, M. (2019). Fore Kazıklı İksalarda Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Hesaplanan Deplasmanların Yerde İnklinometre Ölçüm Sonuçları İle Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi
- Zahın, B. B. (2020). Ankrajlı Ve Fore Kazıklı İksa Duvarlarının Deprem Davranışının Şartnameler Ve Sonlu Elemanlar Yaklaşımına Dayalı Yöntemler İle İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Mersin: Mersin Üniversitesi