



TMMOB
İNŞAAT MÜHENDİSLERİ
ODASI

İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI
İSTANBUL ŞUBESİ
2025 YILI SONBAHAR KIŞ DÖNEMİ MESLEK İÇİ SEMİNERLERİ

DERİN KAZI YÖNETMELİĞİ (KDYY 2022) KAPSAMINDA SAHA UYGULAMALARI VE GEOTEKNİK DENETİM

Prof. Dr. M. Kubilay KELEŞOĞLU

İstanbul Üniversitesi – Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü
Geoteknik AD Öğretim Üyesi



Yönetmelik Çalışma Grubu

- Prof. Dr. Erol GÜLER (BÜ)
- Prof. Dr. Orhan EROL (ODTÜ)
- Prof. Dr. Özer ÇİNİCİOĞLU (BÜ)
- Prof. Dr. Ufuk ERGUN (ODTÜ)
- Prof. Dr. M. Kubilay KELEŞOĞLU (İÜC)
- Prof. Dr. Sadık ÖZTOPRAK (İÜC)
- Dr. Oğuz ÇALIŞAN (Çalışan Geoteknik)
- Dr. Özgür KURUOĞLU (Yüksel Proje)
- Dr. Rasin DÜZCEER (Kasktaş)
- İnş. Yük. Müh. H. Fatih KULAÇ (Zetaş)
- İnş. Yük. Müh. Ozan DADAŞBİLGE (Geocon)
- Ayşe AKTÜRK BASIK (ÇŞB Yapı İşleri GM)
- Banu ASLAN (ÇŞB Yapı İşleri GM)

Tasarım El Kitabı Çalışma Grubu

(İÜC Geoteknik Anabilim Dalı)

- Prof. Dr. M. Kubilay KELEŞOĞLU
- Prof. Dr. Sadık ÖZTOPRAK
- Prof. Dr. İlknur BOZBEY
- Doç. Dr. Cihan ÖSER
- Araş. Gör. Dr. Sinan SARĞIN
- Araş. Gör. Dr. F. Tuğçe Ç. ÖZKAN
- Araş. Gör. Güldem KORKMAZ
- Araş. Gör. Emirhan ALTINOK
- Doç. Dr. Zülal AKBAY ARAMA

Sunuma katkıları için...

- İnş. Yük. Müh. Şenol ADATEPE (Kasktaş)
- Jeo. Müh. Mustafa ARMAĞAN (Teknofor)
- İnş. Yük. Müh. Ethem BALIK (Enar)
- İnş. Yük. Müh. Mahmut CANDAN (Geoform)
- Dr. Oğuz ÇALIŞAN (Çalışan Geoteknik)
- İnş. Yük. Müh. Ozan DADAŞBİLGE (Geocon)
- İnş. Yük. Müh. H. Fatih KULAÇ (Zetaş)
- İnş. Yük. Müh. Umut OSMANOĞLU (GeotechIstanbul)
- İnş. Yük. Müh. Burak TÜRK (Tuğzemin)

UYGULAMA TARİHÇESİ

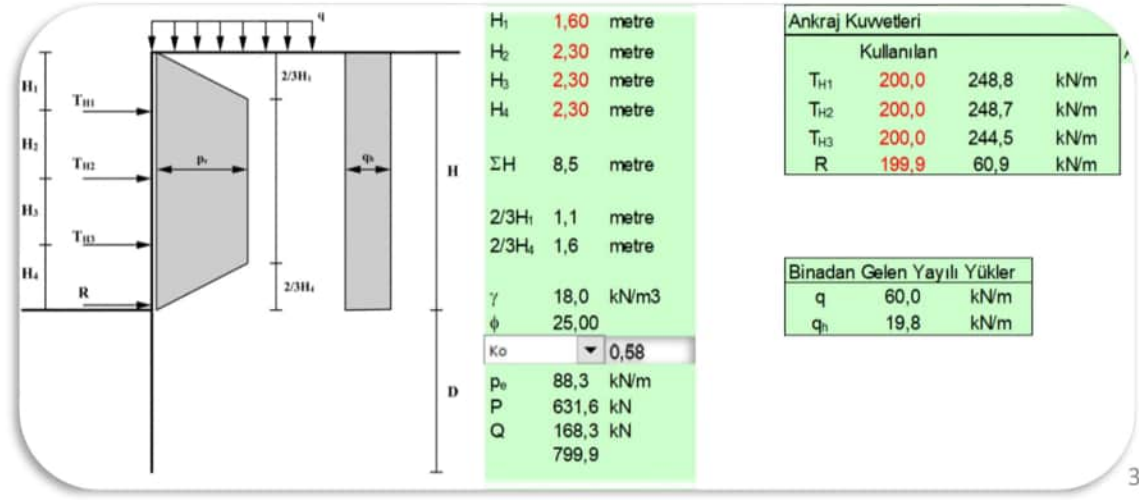
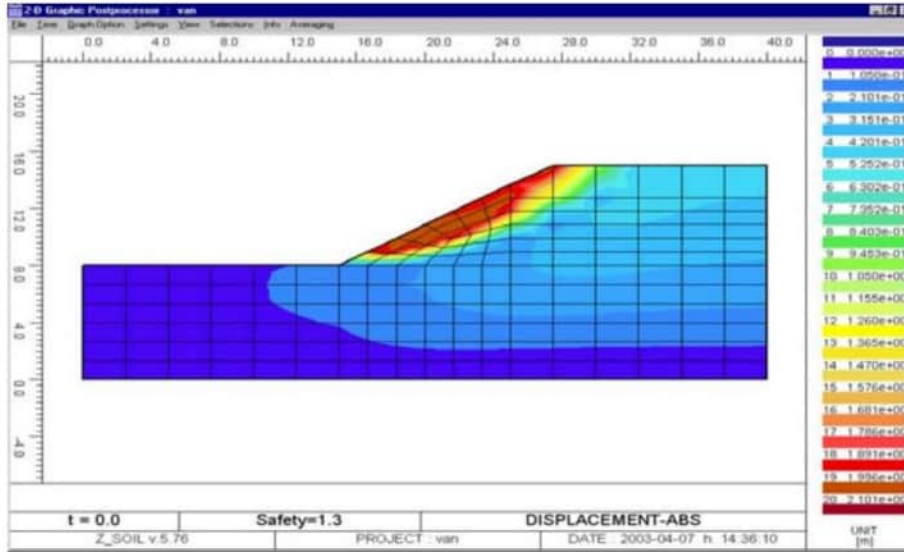
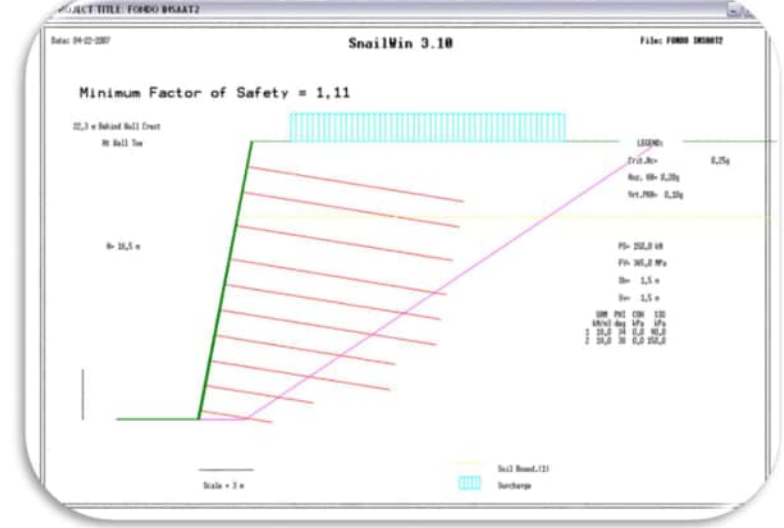
- 1970 – 1980 öncesi
 - tripod kazık delgi makineleri ile 2 bodrum katlı yapılarda 6-7 metreye varan kazı derinlikleri
 - kuyu perde ya da tek yüz perde imalatlarının tercih edildiği...
- 1980 yıllarla birlikte mekanik (vinçli) kazık delgi makinelerinin artışı...
- 1980 ve 1990'lı yıllarla birlikte hidrolik kazık delgi makinelerindeki artışı...
- 2000'li yıllara kadar Ayson / Kasktaş / Kutlutaş / Mensoy / STFA vb firmaların öncülüğünde...
- Günümüzde sadece İstanbul'da 200'ün üzerinde firma var...



TASARIM TARİHÇESİ

1) 1990'lar – "El Hesabı + Limit Denge + SAP Entegrasyonu" Dönemi

- Rheo-Staub, SPW, SNailWin, GGU-Retain/Stability gibi Limit Denge yazılımları.
- SAP80, SAP90 ve SAP2000 modelleri ve yatak katsayısı...
- Excel ya da Fortran tabanlı kişisel modüller.
- Terzaghi Peck (1967) toprak basıncı dağılımı.
- Sonlu elemanlar modellerinin ayak sesleri LUSAS, DIANA, FLAC, Plaxis vb...

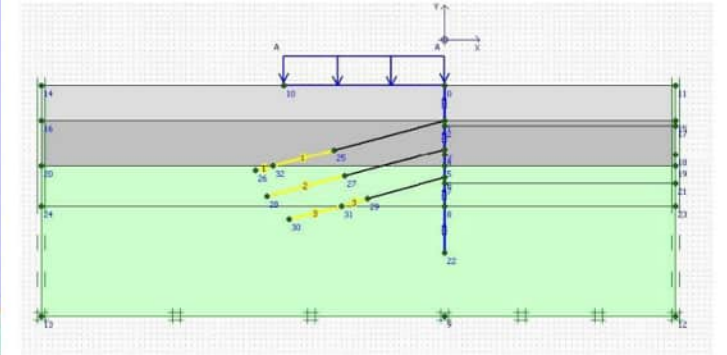
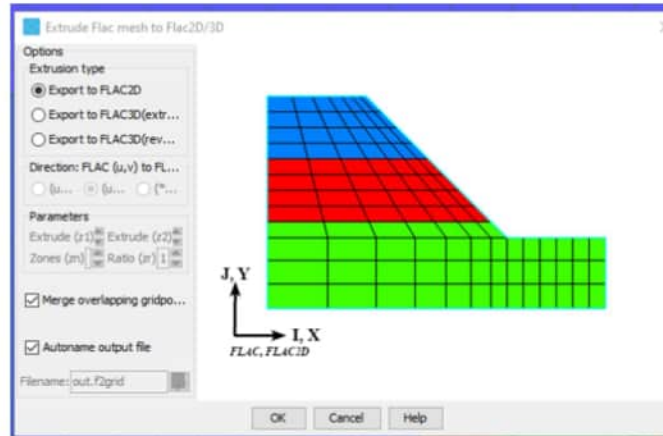
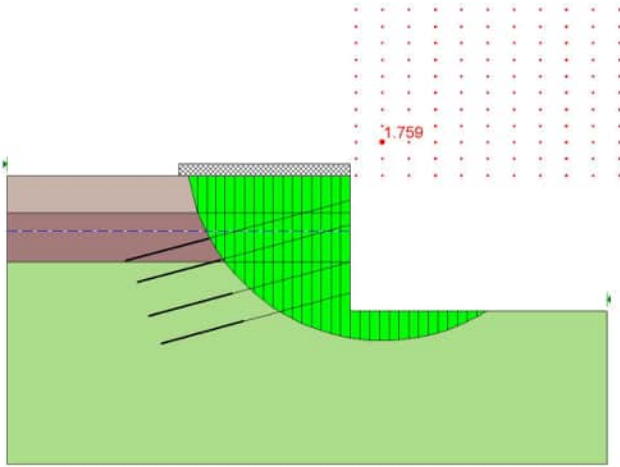


2) 2000'ler – “GeoSlope, Talren, Stable, LUSAS, FLAC” Dönemi

- GeoSlope, Talren, Stable ve Slide gibi yazılımlar yaygınlaştı.
- FLAC ve LUSAS gibi ara yüzü karmaşık genel amaçlı yazılımlar.
- Plaxis kullanılmaya başlanılan yıllar 1999-2000.
- Birden fazla yazılımla çapraz doğrulama.

3) 2005–2015 – “FEM Yükselişi ve Sayısal Modellemenin Kurumsallaşması”

- Limit dengeye ek olarak deformasyon ve yer değiştirme analizleri için FEM
- PLAXIS 2D kullanılabilir hale geldi (2005 civarı).
- Phase2 (RS2) çözümleriyle birlikte yaygınlaştı.
- Günümüzde 50'ye yakın farklı FEM ve FDM yazılımı mevcut.





Hong Kong Buildings Department (BD)

Tüm yapı ve geoteknik mühendisliği faaliyetlerini düzenleyen, denetleyen ve onaylayan resmî otorite. İnşaat güvenliği, yapı ruhsatı, kazı ve geoteknik tasarım süreçlerinin merkezi kamu otoritesi. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı + Yapı İşleri Genel Müdürlüğü rollerine benzer bir konumda.



Buildings Department

The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

What's new ▾ Building works ▾ Safety and inspection ▾ Resources ▾ About us ▾

Codes and references

Pre-accepted Computer Programs

- Pre-accepted Geotechnical Program *
 - order by Program Reference
 - order by Last Valid Date

<https://www.bd.gov.hk/en/resources/codes-and-references/pre-accepted-computer-programs/index.html>

Pre-accepted Geotechnical Program

(List in ascending order of Program Reference)

For the expired programs, application for renewal of the prior acceptance should be submitted as required in PNAP ADM-6 before they are used in any submission made under the Buildings Ordinance.

Program Reference	Program	Version	Last Valid Date	Remarks
G0001	OASYS FREW	5.14	23-05-1998	
G0002	FLAC		23-05-1998	
G0003	SIGMA/W	2.0	24-05-1998	
G0004	DIPS	3.12	25-06-1998	
G0005	PILED/G		09-07-1998	
G0006	SEEP/G		24-09-1998	
G0007	SLOPE/G	3.0	25-09-1998	
G0008	SWEDGE	1.0	27-09-2001	
G0009	SLOPE	8.23	20-01-2013	
G0010	UNWEDGE	2.01	13-11-1998	
G0011	FLAC	3.3	06-08-2010	
G0012	SLOPE/W	2.06	30-11-1998	
G0013	PCSTABL5M		26-12-1998	
G0014	SLOPE/W	3.03	05-02-1999	
G0015	GALENA	2.0	27-03-2003	
G0016	SPENN3.BAS	1.0	30-08-2020	
G0017	PLAXIS	5.0	24-03-1999	
G0018	JANBU.BAS	1.0	07-03-2024	
G0019	FNDUBC1.BAS	1.0	07-03-2024	
G0020	RWALL1.BAS	1.0	07-03-2024	
G0021	SEEP/W	3	27-08-1999	
G0022	OASYS STAWAL	2.11	09-09-1999	
G0023	OASYS SLOPE	3.9	09-09-1999	
G0024	STABL/G		03-04-2009	Slope Stability Analysis (for use of Simplified Bishop and Simplified Janbu Methods Only)
G0025	OASYS SEEP	2.5	09-09-1999	

Pre-accepted Geotechnical Program

Program Reference	Program	Version	Last Valid Date	Remarks
				dependent problems)
G0207	WALLAP	6.07	10-05-2027	WALLAP submitted with the exclusion of using the following features: wedge stability analysis, FOS calculation using BCS Piling Handbook method, integral bridge loading and seismic loading.
G0208	SEEP/W	2024	16-01-2028	SEEP/W 2024 is a finite element software product for analyzing groundwater seepage and excess pore-water pressure dissipation problem within porous materials such as soil and rock. The porous materials can be saturated or partially saturated. The program can be applied to both steady state and transient (time dependent problems).
G0209	SLOPE/W	2024	16-01-2028	SLOPE/W 2024 uses limit equilibrium theory to compute the factor of safety of earth soil slopes. The scope analysis is limited to 2-dimensions only. It assumes that (1) the factor of safety of the cohesive component of strength and the frictional component of strength are equal for all soils involved, (2) the factor of safety is the same for all slices. Static analysis is performed.
G0211	DIPS	8.0	09-04-2028	- The features / functions are excluded - Flexural topping, fold analysis, oriented core and rock mass classification
G0212	SWEDGE	7.0	23-10-2027	Evaluation of geometry and stability of surface rock wedges Scope of the Program: 1. SWEDGE is an interactive program for analyzing and evaluating the geometry and stability of surface wedges in rock slopes based on 3D limit equilibrium approach 2. Wedges are defined by two (or three) intersecting discontinuity planes, up to two slope surfaces, and an optional tension crack.

2018 derin kazı kaynaklı göçme vakaları...





Genel Esaslar

- Sistem Seçimi – Kazı Kategorileri

Genel Hesap Esasları

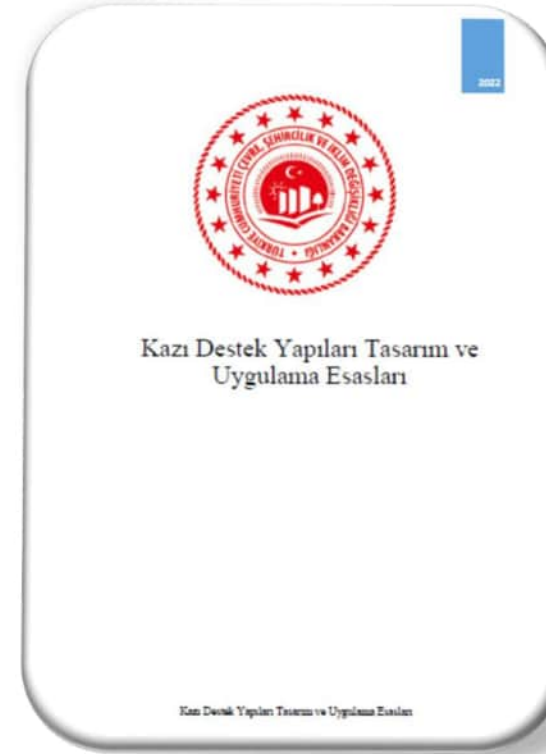
- Geoteknik Hesap Esasları
- Karakteristik Değerler
- Tasarım Değerleri
- Göçme Sınır Durumları (ULS)
- Hizmet Görebilirlik Sınır Durumu (SLS)
- Geoteknik Arazi Karakterizasyonu
- Deplasman Kriterleri
- Tamamlanmayan veya Durdurulan Kazılar
- Kazı Destek Yapılarında Deprem Etkisi
- Kalıcı Yapıların Tasarımı

Sistemlere ait Hesap Esasları

- Ankrajlı Sistemler
- Zemin Çivili Sistemler
- İçten Destekli Sistemler
- Konsol Sistemler

Uygulama Esasları

- Aletsel Ölçüm ve Gözlemler
- Performans Değerlendirme Kriterleri
- Problem Olması Durumunda İzlenecek Yol



Hangi özellikteki İnşaat Mühendisi?

Mesleki ve akademik bilgi/beceriler, alınması gereken dersler, sahip olunması gereken tecrübe...

Akademik Bilgiler

◆ **Zorunlu Temel Alanlar**
Zemin Mekaniği
Temel Mühendisliği
Geoteknik Müh. Sayısal Yöntemler
Zemin Dinamiği
Zemin İyileştirme Teknikleri
Geoteknik Tasarım ve Performans İzleme

◆ **Destekleyici Dersler**
Mukavemet
Yapı Statiği
Betonarme
Yapı Dinamiği
Yapı Malzemesi
Mühendislik Jeolojisi

Yetkinlik ve Beceriler

◆ **Analitik Düşünme ve Modelleme**
Zemin modellerini bilmek ve etkin kullanmak (Mohr–Coulomb, Hardening Soil, Hoek–Brown)
Limit denge (LEM) ve sonlu eleman (FEM) yöntemlerini etkin kullanmak

◆ **Yönetmelik ve Standart Bilgisi**
Kazı Destek Yapıları Yönetmeliği (2022)
TBDY 2018
Eurocode 7,
FHWA (Anchored Wall, Braced Cuts),
BS 8002

◆ **Yazılım Yetkinliği**
PLAXIS 2D/3D, GeoStudio, Rocscience, SAP2000, ETABS, FLAC, Phase2, AutoCAD Civil 3D, GIS, Excel

Uygulama ve Saha Deneyimi

◆ **Görülmesi Gereken Proje Tipleri**
Ankrajlı veya içten destekli kazılar, zemin çivili sistemler, diyafram perde uygulamaları, yumuşak zeminlerde kazı ve yüksek yeraltı suyu durumları, kalıcı iksalar ve derin temellerle etkileşimli kazılar

◆ **Edinilmesi Gereken Saha Deneyimleri**
Sondaj, laboratuvar, CPT, presiyometre deneylerinin yapılması ve yorumlanması
Alel ölçüm verilerini (inko, piezometre, load cell) okumak ve analizle karşılaştırmak
Ankraj testleri, Lift-off testi, deformasyon ölçümü süreçlerini gözlemek
Uygulama–tasarım farklarını sahada deneyimlemek

Profesyonel Özellikler ve Olgunluk

Disiplinler arası düşünebilmek:
zemin + yapı + su + deprem etkileşimi
Risk bilinci:
derin kazı, “fail-safe” değil, “observe–adjust” sistemidir
Yönetmelik ve etik farkındalık:
geoteknik sorumlu mühendislik bilinci
Sürekli öğrenme:
yeni analiz teknikleri (AI, veri temelli izleme, probabilistik yöntemler)

Genel Esaslar: Kazı Kategorileri

Kazı Destek Yapıları Kategorileri			
Kriterler	Kategori-1	Kategori-2	Kategori-3
Kazı Derinliği (H)	0 - 7 m	< 7 - 25 m	> 25 m
Kazı Taban Seviyesi Üzerinde Yeraltı Suyu Varlığı	yok	her durumda	her durumda
Zemin Cinsi	Kaya Sıkı – Çok Sıkı Kum/Çakıl Katı – Sert Kil	Toplam kalınlığı 2 m'yi geçen kontrolsüz dolgu, bitkisel toprak ve organik zeminler hariç hepsi	hepsi
Komşu Yapı Uzaklığı (d)	d > H	her durumda	her durumda
Toplam Cephe Plan Uzunluğu	0 - 200 m	her durumda	her durumda
Yapı Ömrü*	geçici/kalıcı	geçici	geçici / kalıcı
Yatay Elemanlar	yok	her durumda	her durumda

* Kategori 1'e girmeyen tüm kalıcı kazı destek yapıları Kategori 3 altında değerlendirilir.

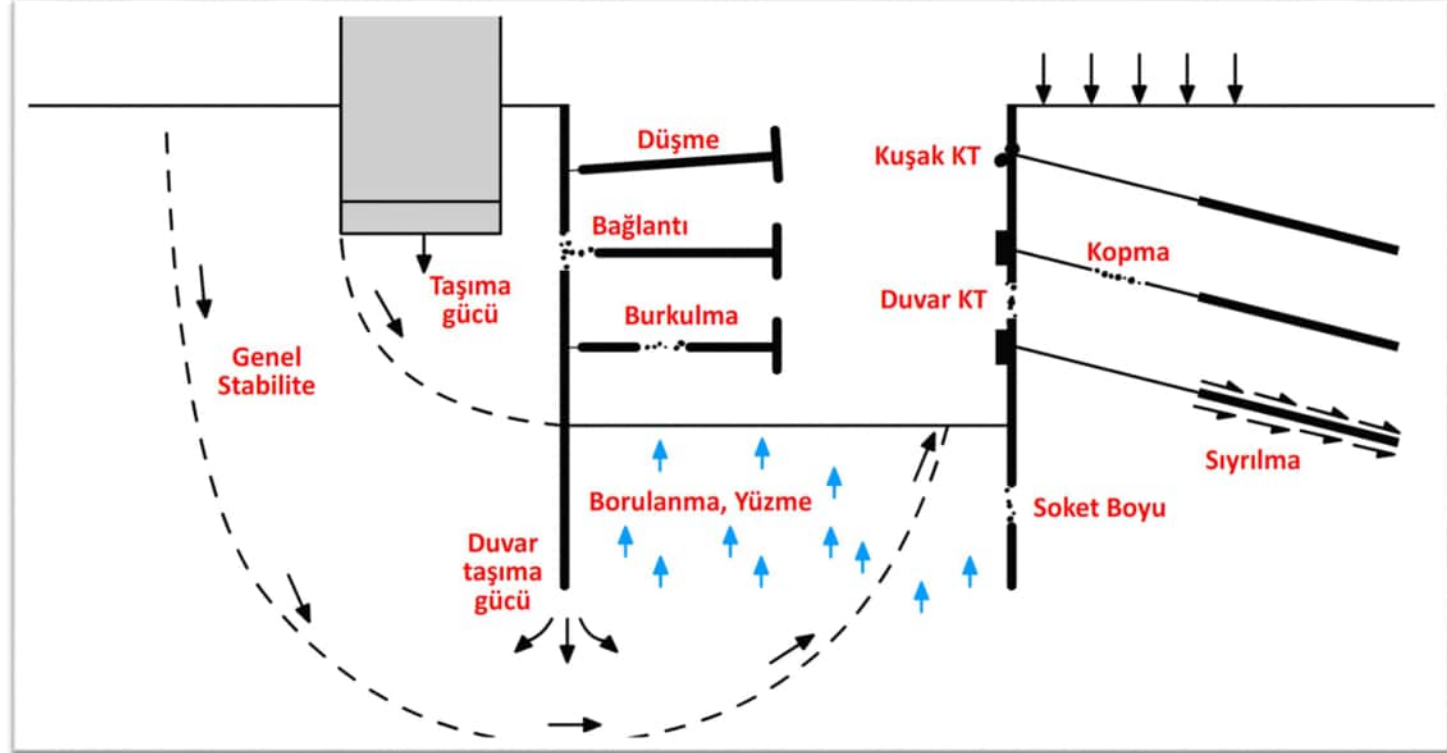
GEOTEKNİK SORUMLU ÖNERİLEN DENEYİM/YETERLİLİK KRİTERLERİ			
Kazı Destek Yapısı Kategorisi	Kategori 1	Toplam iş deneyimi ⁽¹⁾	>2 yıl
		Yüksek Lisans veya Doktora	-
	Kategori 2	Toplam iş deneyimi ^{(1),(2)}	> 4 yıl
		Yüksek Lisans veya Doktora ⁽²⁾	Geoteknik
		Kategori-1 sınıfı kazı destek yapılarıyla ilgili proje deneyimi ⁽³⁾	> 10,000 m ² görünen yüzey cephe alanı projelendirilmesi veya 6 ayrı geoteknik proje hazırlanması ya da danışmanlığının yapılmış olması.
		Kategori-2 veya Kategori-3 sınıfı kazı destek yapılarıyla ilgili proje deneyimi ⁽³⁾	> 5,000 m ² görünen yüzey cephe alanı projelendirilmesi veya 3 ayrı geoteknik proje hazırlanması ya da danışmanlığının yapılmış olması.
	Kategori 3	Toplam iş deneyimi ^{(1),(2)}	> 8 yıl
		Yüksek Lisans veya Doktora ⁽²⁾	Geoteknik
		Kategori-2 sınıfı kazı destek yapılarıyla ilgili proje deneyimi ⁽³⁾	> 20,000 m ² görünen yüzey cephe alanı projelendirilmesi veya 6 ayrı geoteknik proje hazırlanması ya da danışmanlığının yapılmış olması.
		Kategori-3 sınıfı kazı destek yapılarıyla ilgili proje deneyimi ⁽³⁾	> 10,000 m ² görünen yüzey cephe alanı projelendirilmesi veya 3 ayrı geoteknik proje hazırlanması ya da danışmanlığının yapılmış olması.

Sınır Durumlar: ULS ve SLS

Kazı destek yapıları projelendirilirken

- Göçme Sınır Durumu (Ultimate Limit State - ULS) ve
- Hizmet Görebilirlik Sınır Durumu (Serviceability Limit State - SLS)

ayrı ayrı irdelenmeli ve her iki sınır durum için gerekli koşullar sağlanmalıdır.



Karakteristik ve Tasarım Değerleri

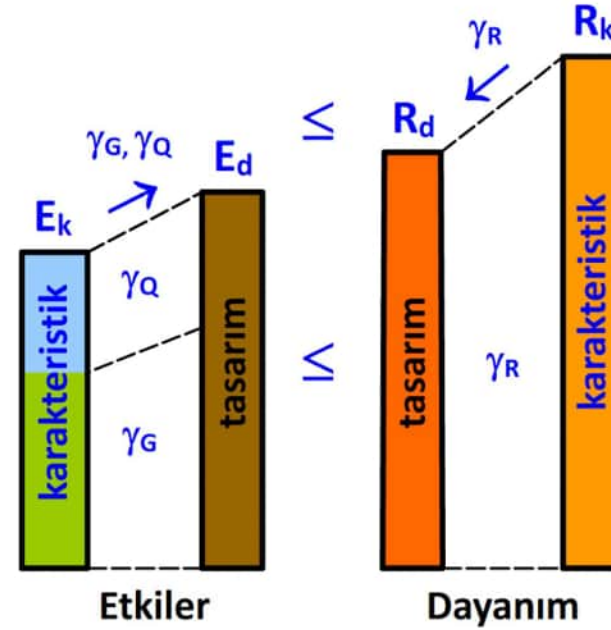
KDDY, 2022

Kazı Destek Yapıları Yönetmeliği

Tablo 2.1. Depremsiz Durumda ULS Hesabı İçin Kısmi Katsayılar ($\gamma_A, \gamma_M, \gamma_R$)

Kısmi Katsayı Seti			A	M	R
Sabit Etki (G)	Güvenliği azaltıcı	$\gamma_{G,dst}$	1.35		
	Güvenliği artırıcı	$\gamma_{G,stb}$	1.00		
Değişken Etkiler (Q)	Güvenliği azaltıcı	$\gamma_{Q,dst}$	1.50		
	Güvenliği artırıcı	$\gamma_{Q,stb}$	0.00		
Kayma Mukavemeti Katsayısı ($\tan \phi$)		γ_ϕ		1.00	
Efektif Kohezyon (c')		$\gamma_{c'}$		1.00	
Drenajsız Kayma Mukavemeti (s_u)		γ_{s_u}		1.00	
Serbest Basınç Dayanımı (q_u)		γ_{q_u}		1.00	
Birim Hacim Ağırlık (γ)		γ_γ		1.00	
Pasif Zemin Direnci (Dayanma Yapıları)*		γ_{Re+}			1.40
Zemin Direnci (Toptan Göçme)*		γ_{Re}			1.10
Öngermeli ankrajlar (geçici - kalıcı)		γ_a			1.10

* Zemin direnci, dayanma yapıları ve toptan göçme analizlerinde farklı değerler almakta olup, yukarıda her iki koşul için de kısmi katsayılar verilmiştir.

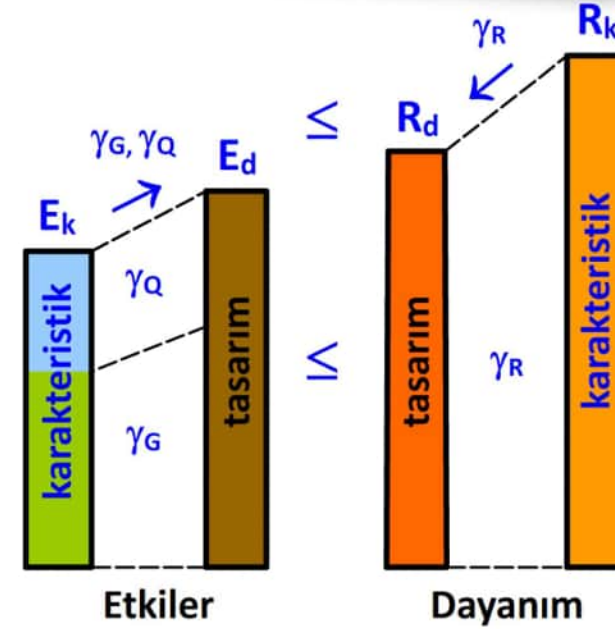
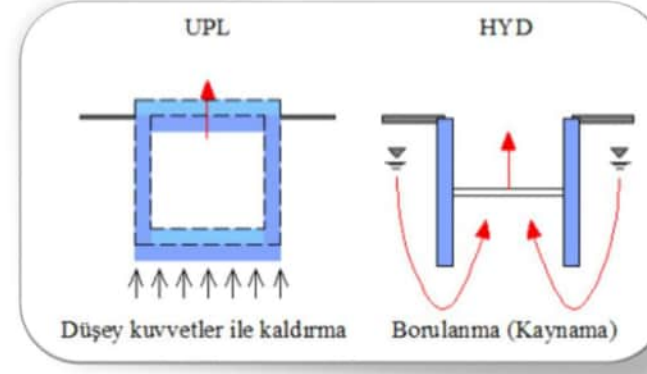


Karakteristik ve Tasarım Değerleri

KDDY, 2022

Kazı Destek Yapıları Yönetmeliği

Parametre			Göçme Sınır Durumları					
			Kaldırma (UPL)			Borulanma (HYD)		
Kısmi Katsayı Seti			A	M	R	A	M	R
Sabit Etki (G)	Güvenliği azaltıcı	$\gamma_{G,dst}$	1.00			1.35		
	Güvenliği artırıcı	$\gamma_{G,stb}$	0.90			0.90		
Değişken Etkiler (Q)	Güvenliği azaltıcı	$\gamma_{Q,dst}$	1.50			1.50		
	Güvenliği artırıcı	$\gamma_{Q,stb}$	0.00			0.00		
Efektif Kayma Mukavemeti Katsayısı ($\tan \phi'$)			γ_ϕ	-	1.25	-	-	
Efektif Kohezyon (c')			$\gamma_{c'}$	-	1.25	-	-	
Drenajsız Kayma Mukavemeti (s_u)			γ_{s_u}	-	1.40	-	-	
Serbest Basınç Dayanımı (q_u)			γ_{q_u}	-	1.40	-	-	
Birim Hacim Ağırlık (γ)			γ_γ	-	1.00	-	-	
Kazık Çekme Dayanımı			γ_{st}	-	-	1.40	-	-
Ankraj Dayanımı			γ_a	-	-	1.40	-	-



Genel Esaslar: Kısmi Katsayılar

BS EN 1997-1:2004, EN 1997-1:2004
Eurocode 7: Geotechnical design

FHWA-NHI-14-007, February 2015
Soil Nail Walls Reference Manual

FHWA-NHI-10-016 May 2010
Drilled Shafts: Construction Procedures
and LRFD Design Methods

Design Approach 1		Combination 1			Combination 2		
		A1	M1	R1	A2	M2	R1
Permanent actions (G)	Unfavourable	γ_G	1.35		1.0		
	Favourable	$\gamma_{G,lev}$	1.0		1.0		
Variable actions (Q)	Unfavourable	γ_Q	1.5		1.3		
	Favourable	$\gamma_{Q,lev}$	0		0		
Coeff. of shearing resistance ($\tan \phi$)	γ_ϕ		1.0		1.25		
Effective cohesion (c')	$\gamma_{c'}$		1.0		1.25		
Undrained strength (c_u)	γ_{cu}		1.0		1.4		
Unconfined compressive strength (q_u)	γ_{qu}		1.0		1.4		
Weight density (γ)	γ_γ		1.0		1.0		
Resistance (R)	γ_R			1.0			1.0

Design Approach 2		A1			M1			R2		
Permanent actions (G)	Unfavourable	γ_G	1.35							
	Favourable	$\gamma_{G,lev}$	1.0							
Variable actions (Q)	Unfavourable	γ_Q	1.5							
	Favourable	$\gamma_{Q,lev}$	0							
Material properties (X)	γ_{M1}				1.0					
Bearing resistance (R_{b1})	γ_{R1}							1.4		
Sliding resistance (R_{s1})	γ_{R1}							1.1		
Earth resistance against retaining structures in slopes	γ_{R1}							1.4		1.1

Table 5.4: Resistance Factors for Overall Stability

Condition	Symbol	Resistance Factor
Static	ϕ_{OS}	0.65
Seismic loading	ϕ_{OS}	0.90

Table 5.9: Resistance Factors for Flexure Resistance at Facing

Condition	Case	Symbol	Resistance Factor
Static	Initial and final facing	ϕ_{FF}	0.90
Seismic loading	Initial and final facing	ϕ_{FF}	0.90

Table 5.3: Load Factors, γ_{p1} , for Permanent Loads

Load Type	Maximum Load Factor ⁽¹⁾	Minimum Load Factor ⁽²⁾
DC: Dead loads	1.25	0.90
DW: Loads from wearing surfaces and utilities	1.50	0.65
EH: Horizontal earth pressure (active condition)	1.50	0.90
EH: Horizontal earth pressure (at-rest condition)	1.35	0.90
EV: Vertical earth pressure (overall stability)	1.00	N/A
EV: Vertical earth pressure (ret. walls and abutments)	1.35 ⁽³⁾	1.00
ES: Earth surcharge	1.50	0.75

TABLE 10-3 LOAD COMBINATIONS AND LOAD FACTORS
(after AASHTO 2007, Table 3.4.1-1)

Load Combination Limit State	PL	LL	WA	WS	WL	FR	TCS	TG	SE	EQ	IC	CT	CV
Strength I	γ_P	1.75	1.00	-	-	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-
Strength II	γ_P	1.35	1.00	-	-	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-
Strength III	γ_P	-	1.00	1.40	-	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-
Strength IV	γ_P	-	1.00	-	-	1.00	0.50/1.20	-	-	-	-	-	-
Strength V	γ_P	1.35	1.00	0.40	1.00	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-
Extreme Event I	γ_P	γ_{TG}	1.00	-	-	1.00	-	-	-	1.00	-	-	-
Extreme Event II	γ_P	0.50	1.00	-	-	1.00	-	-	-	-	1.00	1.00	1.00
Service I	1.00	1.00	1.00	0.30	1.00	1.00	1.00/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-
Service II	1.00	1.30	1.00	-	-	1.00	1.00/1.20	-	-	-	-	-	-
Service III	1.00	0.80	1.00	-	-	1.00	1.00/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-
Service IV	1.00	-	1.00	0.70	-	1.00	1.00/1.20	-	1.00	-	-	-	-
Fatigue	-	0.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

PL permanent load
LL live load
WA water load and stream pressure
WS wind load on structure
WL wind on live load
FR friction
TG temperature gradient
SE settlement
TCS uniform temperature, creep, and shrinkage
EQ earthquake
IC ice load
CT vehicular collision force
CV vessel collision force

γ_P load factor for permanent loads (see Table 10-4)
 γ_{TG} load factor for temperature gradient (see AASHTO 2007 Article 3.4.1)
 γ_{SE} load factor for settlement (see AASHTO 2007 Article 3.4.1)

Genel Esaslar: Kısmi Katsayılar

TBDY, 2018
Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği

Tablo 16.2. Yüzeysel Temeller İçin Dayanım Katsayıları

Dayanımın Türü	Dayanım Katsayısı Simgesi	Dayanım Katsayısı Değeri
Temel Taşıma Gücü	γ_{Rv}	1.4
Sürtünme Direnci	γ_{Rh}	1.1
Pasif Direnç	γ_{Rp}	1.4

Eurocode 7: Geotechnical design
Appendix A – Table A5, R2

Tablo 16.4. Kazıklı Temeller İçin Dayanım Katsayıları

Dayanımın Türü	Dayanım Katsayısı Simgesi	Dayanım Katsayısı Değeri	
		Kazık yükleme deneyi yapılmamış ise	Kazık yükleme deneyi yapılmış ise
Çevre sürtünmesi (basınç)	γ_{Rsb}	1.5	1.3
Çevre sürtünmesi (çekme)	γ_{Rsc}	1.6	1.4
Uç direnci	γ_{Ru}	2.0	1.5
Toplam taşıma gücü (basınç)	γ_{Rt}	—	1.4

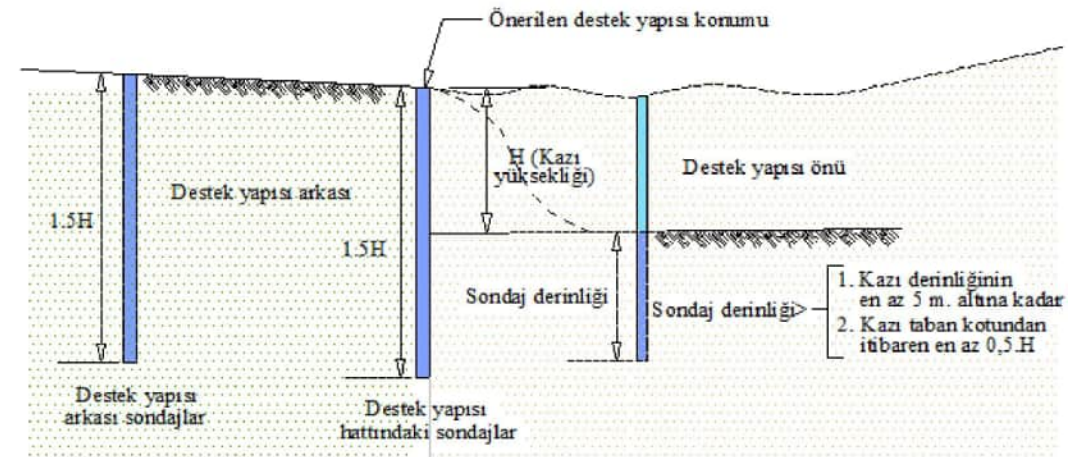
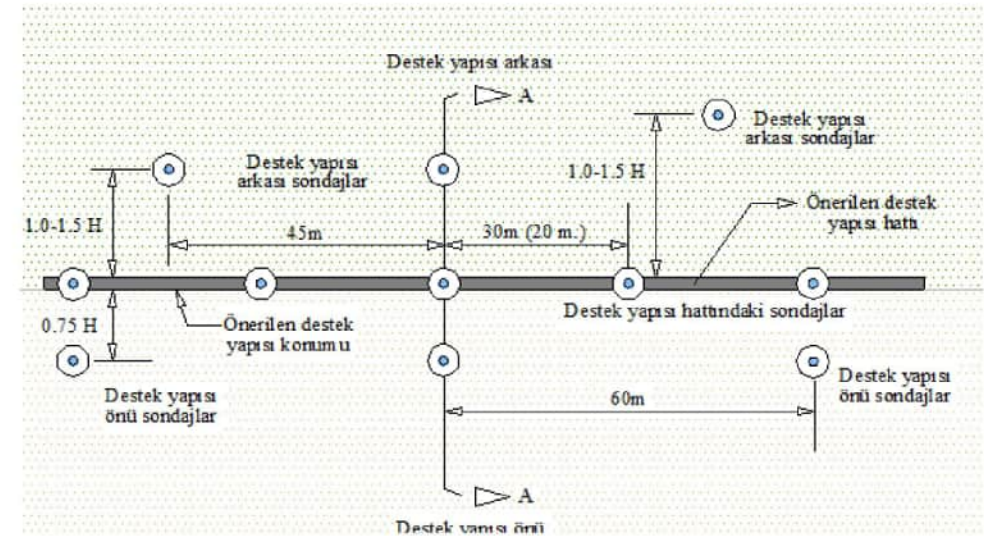
Eurocode 7: Geotechnical design
Appendix A – Table A7, R4!

Geoteknik Arazi Karakterizasyonu

- **Kapsam ve içeriği** Geoteknik Sorumlu ve Danışmanın ortak kararıyla **sondajlar yapılmadan önce belirlenir.**

- uygun bulunursa aynen kullanır!
- uygun bulunmuyorsa gerekçe göstererek parametreleri arttırılmak veya azaltılmak suretiyle değiştirilir.
- temsil etmediği, yeterli olmadığı görüşü hakimse, tamamlayıcı zemin araştırması talep edebilir!

özellikle büyük alana yayılan kentsel dönüşüm projelerinde yararlı bir madde ♥♥♥



Tavsiye edilen en kısa mesafeler.

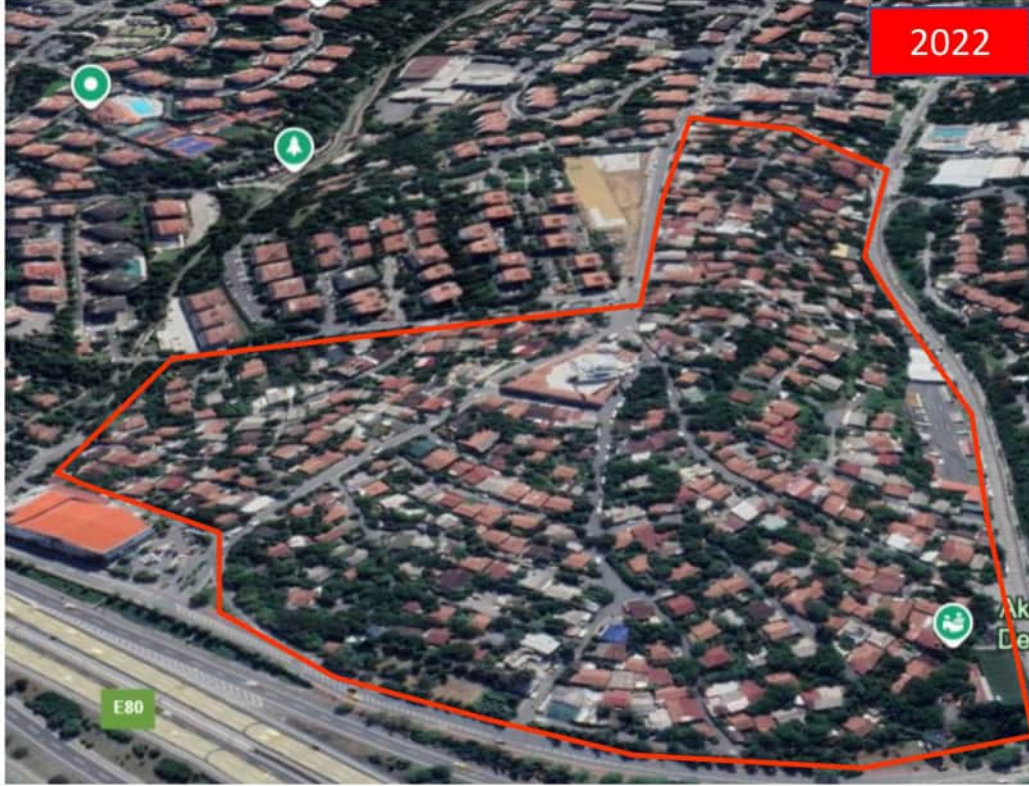
ÖRNEKLER: FİKİRTEPE KENTSEL DÖNÜŞÜM PROJESİ-SAHA 1



ÖRNEKLER: FİKİRTEPE KENTSEL DÖNÜŞÜM PROJESİ-SAHA 2



ÖRNEKLER



ÖRNEKLER



ÖRNEKLER



Geoteknik Arazi Karakterizasyonu - Sondaj kalitesi!!! Yurtdışından bir örnek!

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100cm



Ankrajlı Sistemlerin Tasarımı

Aşamalar:

- 1 – LEM Kontrol (ULS – GEO)
- 2 – ULS Kontrol (ULS – HYD,
ULS – UPL, soket boyu vb.)
- 3 – SLS Kontrol (SLS – GEO)
- 4 – ULS Kontrol (ULS – DEPREM)
- 5 – ULS Kontrol (ULS – STR)

Tablo 3.5. LEM ve GDA Kullanılarak Yapılacak Tasarımın Ana Hatları

Aşama 1 – LEM Kontrol (ULS - GEO)
Kazı destek yapısına ait sayısal model Tablo 2.1’de verilen A ve R kısmi katsayı setleri kullanılarak LEM ile analiz edilir. En düşük güvenlik sayısının $GS \geq 1.00$ olması hedeflenir.
Aşama 2 – ULS Kontrol (ULS – HYD, ULS – UPL vb.)
Yeraltı suyu etkisiyle olası borulanma ve kaldırma türü göçme durumları için analiz yapılması gerektiğinde, Tablo 2.2’de tanımlanan kısmi katsayılar ve Bölüm 2.16’da tariflenen esaslar kullanılarak güvenlik sayısının $GS \geq 1.00$ olması hedeflenir. Proje özelinde olası diğer tüm göçme sınır durumları için gerekli analizler benzer bir yaklaşımla yapılır.
Aşama 3 – SLS Kontrol (SLS – GEO)
Kazı destek yapısı GDA ile modellenir. SLS hesaplarında herhangi bir kısmi katsayı seti kullanılmadan sayısal model çözülür. Eğer varsa sadece “Güvenliği azaltıcı- Değişken Etkiler” $\gamma_{Q,dst}/\gamma_{G,dst} = 1.50/1.35 = 1.11$ ile artırılıp analiz yapılır. Öngörülemeyen-plansız kazı durumunun da dahil edildiği analiz sonucunda hesaplanan deplasmanlar servis koşulları bakımından izin verilebilir sınırlar içinde olmalıdır. Geoteknik Sorumlu, Aşama 1’deki hesabı tahkik etmek amacıyla GDA ile ilave bir güvenlik sayısı kontrolü yapabilir.
Aşama 4 – ULS Kontrol (ULS – DEPREM)
Kazı destek sistemleri ve kazı yükseklikleri esas alınarak Tablo 2.6 ile deprem yüklerinin hesaba katılıp katılmayacağına karar verilir. Depremlilik durumunda , hangi tasarım yönteminin kullanılacağı Tablo 2.7’ye göre belirlenir ve bütün durumlarda malzeme ve yük kısmi katsayıları 1.0 alınarak hesaplar gerçekleştirilir.
Aşama 5 – ULS Kontrol (ULS – STR)
Yapısal elemanlara ait $(N, Q, M)_{SSI}$ kesit tesirleri ve ankraj yükleri aşağıda tanımlanan aşamalardan hesaplanan değerlerden büyük olanı ile yapılır. Aşama 3’te SLS-GEO analizinde hesaplanan değerler $\gamma_{G,dst} = 1.35$ ile çarpılarak, Aşama 4’te ULS-DEPREM analizinde hesaplanan değerler $\gamma_{EQ} = 1.00$ ile çarpılarak kesit tesirleri, tüm ara kazı ve inşaat kademelerinde hesaplanan en olumsuz durumu temsil edecek şekilde seçilir.

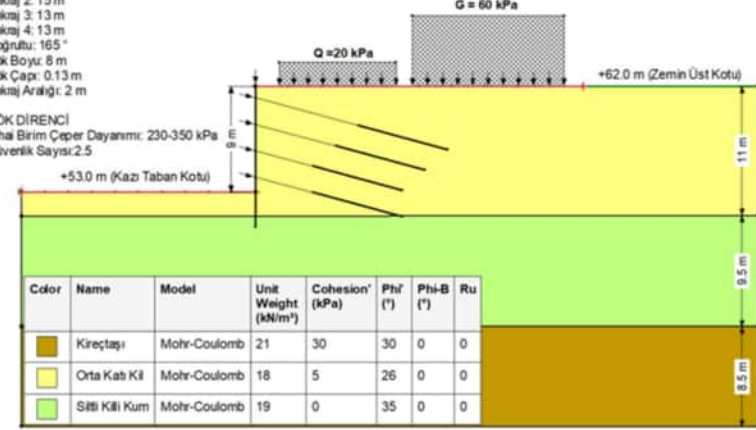
Ankrajlı Sistemlerin Tasarımı

Aşamalar:

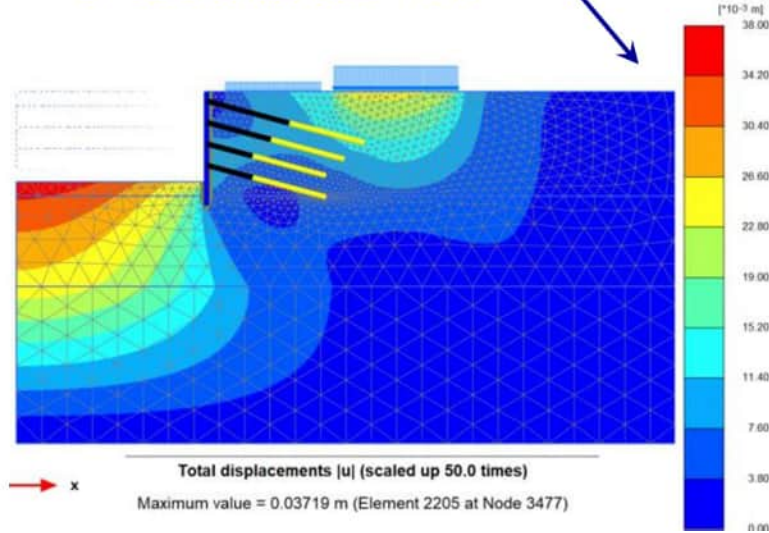
- 1 – LEM Kontrol (ULS – GEO)
- 2 – ULS Kontrol (ULS – HYD,
ULS – UPL, soket boyu vb.)
- 3 – SLS Kontrol (SLS – GEO)
- 4 – ULS Kontrol (ULS – DEPREM)
- 5 – ULS Kontrol (ULS – STR)

Ankraj 1: 17 m
Ankraj 2: 15 m
Ankraj 3: 13 m
Ankraj 4: 13 m
Döğünü: 165°
Kök Boyu: 8 m
Kök Çapı: 0.13 m
Ankraj Aralığı: 2 m

KÖK DİRENÇİ
Nihai Birim Çeper Dayanımı: 230-350 kPa
Güvenlik Sayısı: 2.5

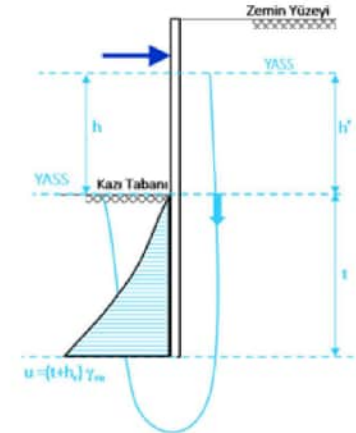


Şekil P6-3: LEM yazılımında modellenen ön tasarım



$$h_r = \frac{h}{1 + \sqrt{\frac{h'}{t} + 1}} = \frac{9}{1 + \sqrt{\frac{9}{9.5} + 1}} = 4.0 \text{ m}$$

$$i = \frac{h_r}{t} = \frac{4}{9.5} = 0.42$$

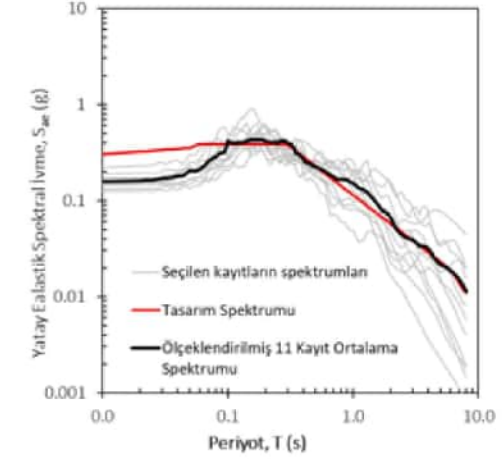


Şekil P4-5: Diyafram duvarda su durumu ve hidrolik koşullar

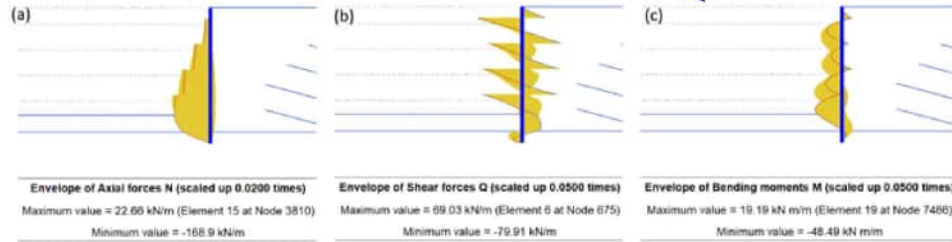
Ankrajlı Sistemlerin Tasarımı

Aşamalar:

- 1 – LEM Kontrol (ULS – GEO)
- 2 – ULS Kontrol (ULS – HYD,
ULS – UPL, soket boyu vb.)
- 3 – SLS Kontrol (SLS – GEO)
- 4 – ULS Kontrol (ULS – DEPREM)
- 5 – ULS Kontrol (ULS – STR)



Şekil P10-6: Ölçeklendirilmiş 11 kayıt, ortalama ve tasarım spektrumları



Şekil P6-8: Plansız kazı aşamasında, iksa kazığında hesaplanan
(a) eksenel kuvvet (b) kesme kuvveti (c) eğilme momenti zarfı

Tablo P10-2: GDA sayısal modellerinde kullanılacak deprem kayıtlarına ait özet bilgiler

Deprem No.	RSN	Deprem Adı	Yıl	Büyüklik (Mw)	Fay Tipi	Rjb (km)	Rrup (km)	V _{s,30} (m/s)	Ölçek Katsayısı
1	28	Parkfield, ABD	1966	6.19	SS	17.6	17.6	408.9	2.01
2	190	Imperial Valley-06, ABD	1979	6.53	SS	24.6	24.6	362.4	0.97
3	288	Irpinia, İtalya	1980	6.90	N	22.5	22.6	561.0	0.54
4	459	Morgan Hill, ABD	1984	6.19	SS	9.9	9.9	663.3	0.37
5	548	Chalfant Valley-02, ABD	1986	6.19	SS	21.6	21.9	370.9	0.58
6	587	Yeni Zelanda	1987	6.60	N	16.1	16.1	551.3	0.35
7	815	Griva, Yunanistan	1990	6.10	N	26.8	29.2	454.6	2.31
8	850	Landers, ABD	1992	7.28	SS	21.8	21.8	362.0	0.64
9	1148	Kocaeli, Türkiye	1999	7.51	SS	10.6	13.5	523.0	0.78
10	1612	Düzce, Türkiye	1999	7.14	SS	4.2	4.2	551.3	0.80
11	6976	Darfield, Yeni Zelanda	1984	7.00	SS	93.7	95.9	424.9	1.46

İhtiyacınız olan örnek proje çözümleri, ankraj test değerlendirmeleri ve örnek çizimler TASARIM EL KİTABI'NDA

BÖLÜM 1. GİRİŞ

BÖLÜM 2. YUMUŞAK KİL / GEVŞEK KUM KDY

- P1 - Diyafram Duvarlı ve İçten Destekli Kazı Destek Yapısı
- P2 - Çelik Palplanşlı ve İçten Destekli Kazı Destek Yapısı
- P3 - Kesişen Fore Kazıklı ve İçten Destekli Kazı Destek Yapısı
- P4 - Diyafram Duvarlı ve Ankrajlı Kazı Destek Yapısı

BÖLÜM 3. ORTA KATI KİL / KATI KİL / ORTA SIKI KUM KDY

- P5 - Fore Kazıklı ve Ankrajlı Kazı Destek Yapısı
- P6 - Mini Kazıklı ve Ankrajlı Kazı Destek Yapısı
- P7 - Fore Kazıklı ve İçten Destekli Kazı Destek Yapısı
- P8 - Konsol Kazıklı Kazı Destek Yapısı
- P9 - Konsol Kazıklı Kalıcı Kazı Destek Yapısı

BÖLÜM 4. SERT KİL / ÇOK SIKI KUM / ÇOK AYRIŞMIŞ KAYA KDY

- P10 - Fore Kazıklı ve Ankrajlı Kazı Destek Yapısı
- P11 - Fore Kazıklı ve İçten Destekli Kazı Destek Yapısı
- P12 - Kazıklı ve Ankrajlı Kazı Destek Yapısı
- P13 - Mini Kazıklı ve Ankrajlı Kazı Destek Yapısı
- P14 - Fore Kazıklı ve Ankrajlı Kazı Destek Yapısı
- P15 - Kuyu Perdeli ve Ankrajlı Kazı Destek Yapısı
- P16 - Betonarme Perdeli ve Ankrajlı Kazı Destek Yapısı
- P17 - Püskürtme Betonlu ve Ankrajlı Kazı Destek Yapısı
- P18- Berlin Duvarı Tipi Kazı Destek Yapısı
- P19- Diyafram Duvarlı ve İçten Destekli Kazı Destek Yapısı
- P20- Püskürtme Betonlu ve Çivili Kalıcı Kazı Destek Yapısı

BÖLÜM 5. AYRIŞMIŞ KAYA / KAYA ORTAM KDY

- P21- Konsol Kazıklı ve Çok Sıra Ankrajlı Kazı Destek Yapısı
- P22- Püskürtme Betonlu ve Çivili Kazı Destek Yapısı
- P23- Püskürtme Betonlu ve Çivili Kalıcı Kazı Destek Yapısı
- P24- Kuyu Perdeli ve İçten Destekli Kazı Destek Yapısı
- P25- Mini Kazıklı ve Ankrajlı Kazı Destek Yapısı
- P26- Betonarme Perdeli ve Ankrajlı Kazı Destek Yapısı
- P27- Konsol Kuyu Perdeli Kazı Destek Yapısı

BÖLÜM 6. ANKRAJ VE ÇİVİ TESTLERİ

- T1 - Ankraj Araştırma Testi
- T2 - Ankraj Uygunluk Testi
- T3 - Ankraj Uygunluk Testi
- T4 - Ankraj Kabul Testi
- T5 - Ankraj Kabul Testi
- T6 - Ankraj Kabul Testi
- T7 - Zemin Çivisi Kapasite Belirleme Deneyi
- T8 - Zemin Çivisi Kabul Deneyi

BÖLÜM 7. ÇİZİM ÖRNEKLERİ

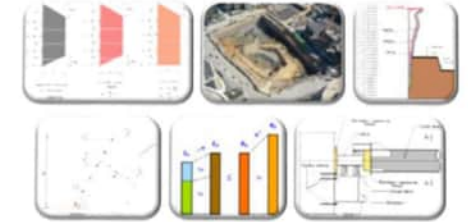
BÖLÜM 8. ALETSEL GÖZLEM VE TAKİP SİSTEMLERİ

- 8.1. Giriş
- 8.2. Aletsel Gözlem Bölgeleri (AGB)
- 8.3. Alarm Seviyeleri ve Aksiyon Planları

BÖLÜM 9. LİMİT DENGİ YÖNTEMİ İLE İLGİLİ ÖNEMLİ KONULAR



Kazı Destek Yapıları Yönetmeliği
- KDYY -
Tasarım El Kitabı



Temmuz 2023
Yapı İşleri Genel Müdürlüğü

Deplasman Kriterleri

Geoteknik Sorumlu, ölçülen yatay deplasmanları derecelendirerek veya alarm seviyelerini tanımlayarak alınacak aksiyonu belirler. Uygulamada en çok yatay deplasman ölçüldüğü için alarm ve takip seviyeleri daha çok bu bilgiye göre belirlenmektedir.

KDY tipi	Yanal deplasman (δh) için üst limit
Ankrajlı	$\delta h = 0.003 * H$
İçten destekli	$\delta h = 0.0025 - 0.005 * H$
Çivili	$\delta h = 0.005 * H$
Konsol	$\delta h = 0.010 * H$

Bu tabloda limit değerler verilmiş durumda, geoteknik sorumlunun kararıyla daha düşük değerler seçilebilir ...

Deplasman Kriterleri

Tablo 4.3. Yatay Deplasmanlar (δh) için Alarm Seviyeleri ve Yapılacak İşlemler

İmalat Aşaması	Sarı Alarm		Kırmızı Alarm	
	Ölçülen Deplasman Miktarı	İşlem	Ölçülen Deplasman Miktarı	İşlem
1. Ankraj/Yatay destek seviyesi	Her seviye için $\delta h_{ölç} > 0.7 \cdot \delta h_{hes}$	Geoteknik Sorumlu bilgilendirilir. Destek yapısı ve çevre yapılarıdaki ölçümler sıklaştırılır. Alınacak tedbirler planlanmaya başlanır.	Her seviye için $\delta h_{ölç} > \delta h_{hes}$	Geoteknik Sorumlunun görüş ve kontrolünde acil müdahale (topuk dolgusu, ilave ankraj vs.) gerekip gerekmediğine karar verilir. Bu süreçte aletsel ölçüm sıklığı artırılır. Buradan gelen bilgiler doğrultusunda çözüm planı ortaya konur ve uygulanır.
2. Ankraj/Yatay destek seviyesi				
.....				
Nihai kazı seviyesi				

δh_{hes} : Hesap raporunda tanımlanan tasarım deplasman limiti $\leq \delta h_{lim}$ (2.12. Deplasman Kriterleri başlığında tanımlanan limit değerler)

$\delta h_{ölç}$: Ölçülen deplasman miktarı

H=20 m olan bir iksa için...

$$\delta h_{lim} \approx 6 \text{ cm}$$

Geoteknik sorumlu zemin özelliği, iksa yüksekliği, çevre yapılar vb. dikkate alarak...

$$\delta h_{hes} \approx 4 \text{ cm}$$



KDY tipi	Yanal deplasman (δh) için üst limit
Ankrajlı	$\delta h = 0.003 \cdot H$
İçten destekli	$\delta h = 0.0025 - 0.005 \cdot H$
Çivili	$\delta h = 0.005 \cdot H$
Konsol	$\delta h = 0.010 \cdot H$

Bu tablodaki değerlerden emin miyiz? Anlamını yeterince biliyor muyuz?

→

Depasman Kriterleri

Table 2. Wall displacements required to develop active and passive earth pressures

Type of soil	Type of lateral movement	Necessary displacement		Reference
		$-\Delta_a$	Δ_p	
Dense sand	Horizontal translation	$0.001H$	$0.05H$	Terzaghi (1934)
	Rotation about base	$0.001H$	$>0.1H$	
Silty sand	Horizontal translation	$0.006H-0.008H$	—	Matsuo et al. (1978)
Slag		$0.003H-0.005H$	—	
Dense sand ($D_r=90\%$)	Horizontal translation	—	$0.03H-0.04H$	Terashi et al. (1991)
Quicklime slag	Rotation about base	$0.0009H-0.001H$	$>0.3H$	Kano et al. (1992)
Medium dense sand ($D_r=68\%$)	Horizontal translation	$0.004H$	$0.014H$	Ishihara et al. (1995)

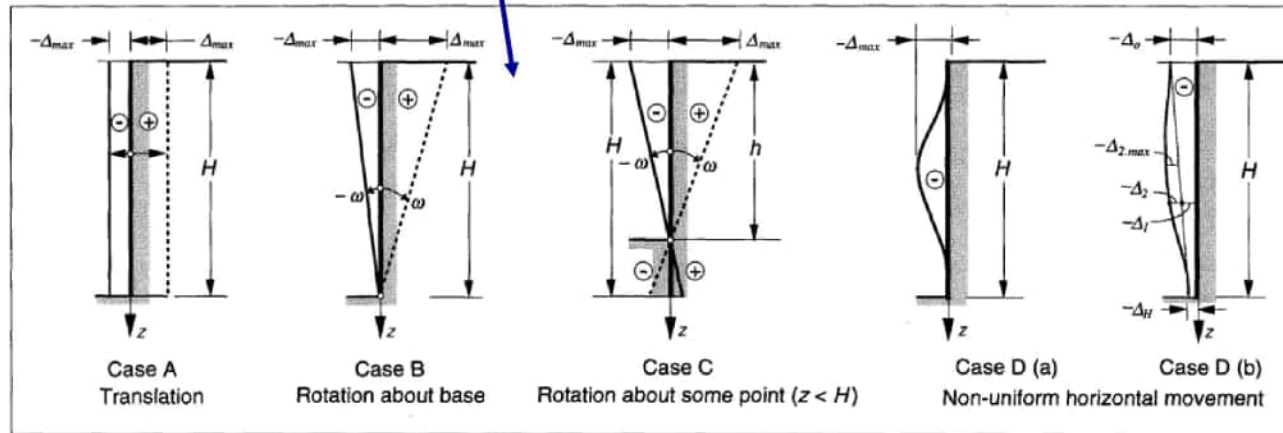


Fig. 18. Typical modes of lateral wall movement probably occurring for common cases

Deplasman Kriterleri

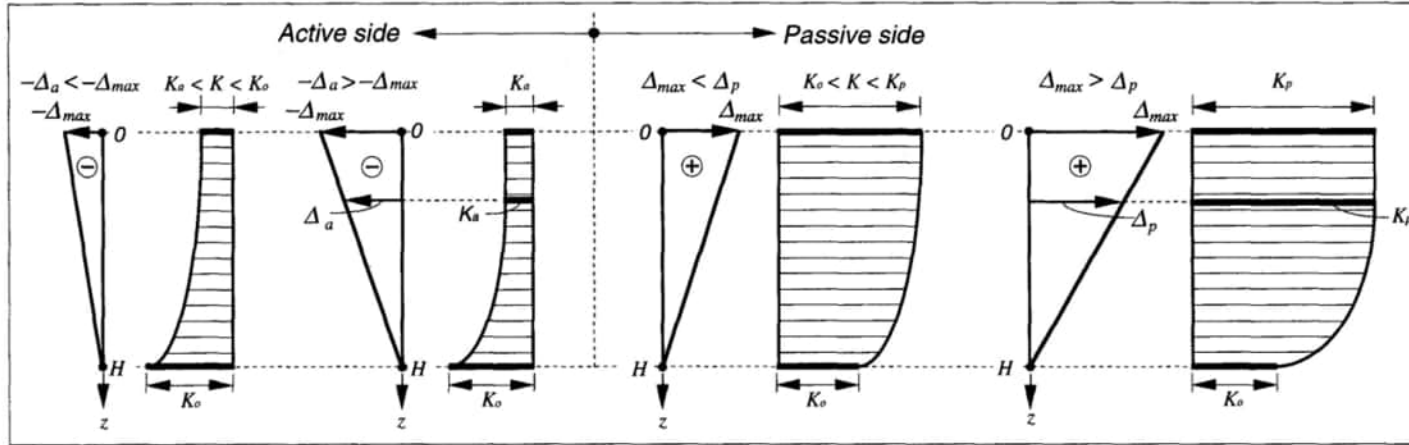


Fig. 19. Distribution of earth pressure coefficient along depth for Case B (rotation about base)

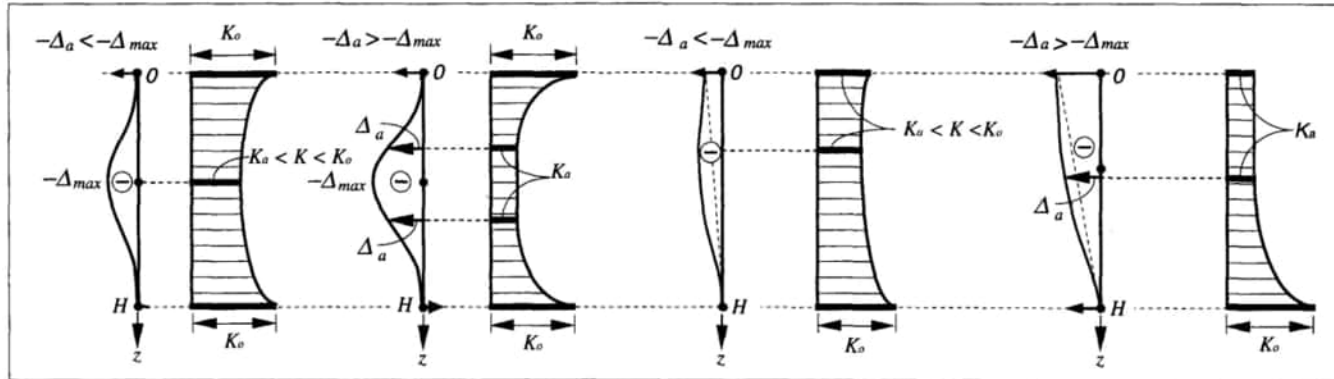


Fig. 22. Distribution of earth pressure coefficient along depth for Case D (non-uniform horizontal displacements)

Zhang, Shamoto, Tokimatsu (1998). Evaluation of earth pressure under any lateral pressure. Soils & Foundations

Deprem Etkisi

Tablo 2.6. Geçici ve Kalıcı Kazı Destek Yapılarının Sismik Tasarım Yöntemleri İle 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 Alanında Hesap
Geçici destek sistemlerinde (Tüm KK-1 ve KK-2'nin $H < 15m$ olduğu geçici sistemler için)	-	-	-
Geçici destek sistemlerinde (KK-2'nin $H \geq 15m$ olduğu ve KK-3 olan geçici sistemler için)	DD-4	-	DD-4
Kalıcı destek sistemlerinde (Normal yapılar için)	DD-2	DD-2a	DD-2
Kalıcı destek sistemlerinde (Önemli yapılar için)	DD-1	DD-2a	DD-1

Tablo 2.7. Depremli 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 güvenlik 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 Alanında Hesap	Deplasman kontrolü yapılır. Yapısal elemanların betonarme hesapları, depremsiz durumda elde edilen faktörlü kesit tesirleri ile depremli durumda 2. Aşamada elde edilen kesit tesirlerinden büyük olanı alınarak yapılır.

Tamamlanmayan veya Durdurulan Kazılar

Saha faaliyetleri 2 yıl devam ettikten sonra yaklaşık 10 yıl bekleyen bir geçici iksa yapısı...



İnkolardan okuma alınmış, yapısal elemanlarda, çevre altyapı ve yapılarda hasar belirtisi yok... Kumtaşı, grovak: 3x0.6/4x0.6

Tamamlanmayan veya Durdurulan Kazılar



Tamamlanmayan veya Durdurulan Kazılar



Tamamlanmayan veya Durdurulan Kazılar

- Geçici iksa yapısı için tanımlanan süre 2 yıldır.
- Herhangi bir cephesi $T > 2$ yıl açık kalacak kazı destek yapılarının kazı kategorisi Kategori-3'e yükseltilir.
- $T > 2$ yıl olduktan sonra nasıl bir tedbir alınacağı Geoteknik Sorumlu ve varsa Geoteknik Danışman tarafından belirlenecektir.
- Kazı çukurunun açık kaldığı sürenin iki yılı aşması halinde, imalat tarihinden itibaren **iki yılı dolduran** tüm **ankrajlarda** sırası geldikçe **tek tek germe testleri** yapılmalı ve projelendirme sırasında öngörülen yükleri halen taşımakta oldukları teyit edilmelidir.
- Kazı destek yapısında ve komşu yapılarda
 - **deplasman ve dönmelerin aletsel ölçümlerle periyodik olarak takip edilmesi koşuluyla $T_{maks} = 4$ yıl**
- Bir kazı çukuru $T > 4$ yıl daha uzun süre açık kalmasına hiçbir surette izin verilmez.
- Geçici olarak tasarlanmış bir kazı destek yapısının imalat faaliyetlerinin herhangi bir sebeple dört yıldan daha uzun süre geçici veya kalıcı olarak durdurulması halinde, kazı çukuru subasman seviyesine kadar doldurulmalıdır.

Tamamlanmayan veya Durdurulan Kazılar



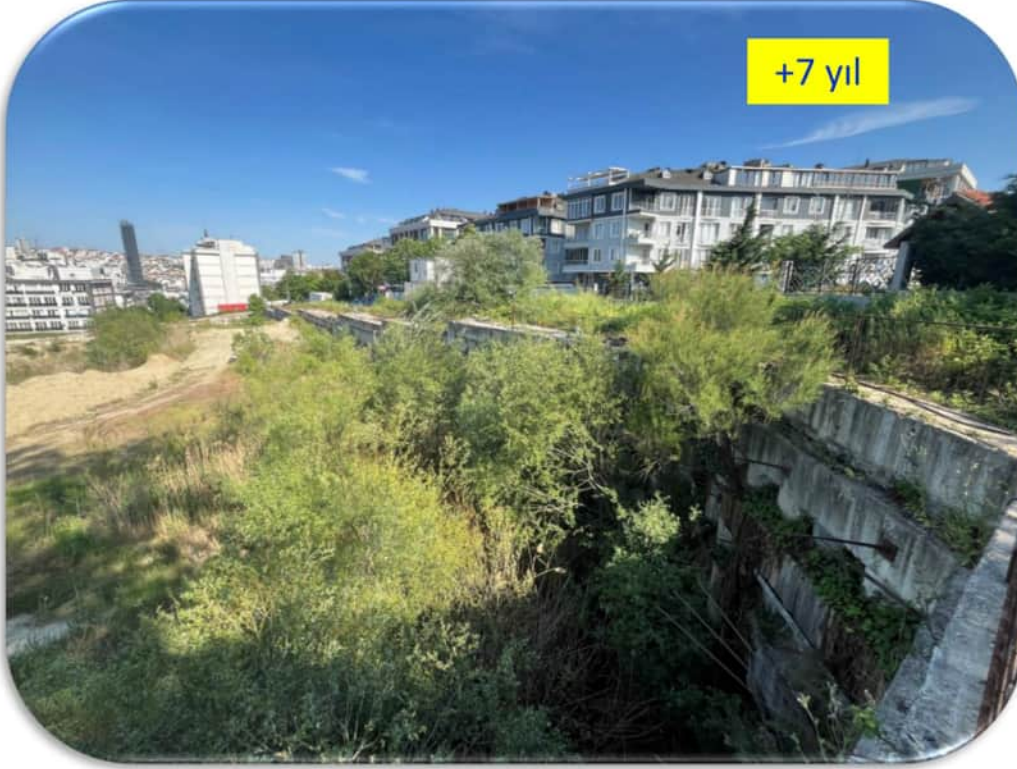
2018 yılında durdurulmuş bir geçici iksa
Kumlu KİL, Siltli KİL...

3x0.6/**30 ton...**

Revize proje 2025'te yeniden başladı...

İnkolardan okuma alınmamış,
yapısal elemanlarda, çevre altyapı
ve yapılarda hasar belirtisi yok...

Tamamlanmayan veya Durdurulan Kazılar



Tamamlanmayan veya Durdurulan Kazılar

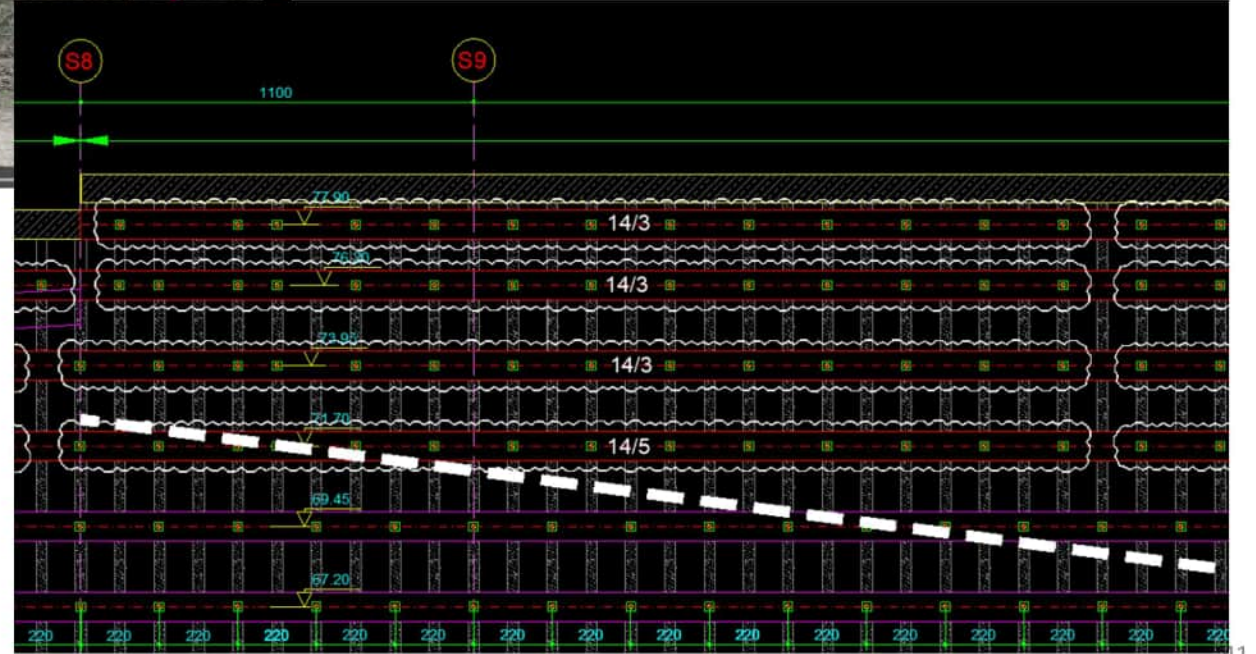


Tamamlanmayan veya Durdurulan Kazılar



YÖNTEM:

Drone çekimi ile tüm kuşaklarda titiz bir inceleme yapıldı. Kırık ya da deforme olanlar belirlendi. Toplam 624 eski ankraj tespit edildi. Yaklaşık %10-%20'si kullanılamaz durumda. 144 tanesinde lift-off testi yapılmasına karar verildi.



Tamamlanmayan veya Durdurulan Kazılar

Lift-off bir gerilme kontrol testidir. Ankrajın hali hazırda ne kadar yük altında olduğu tespit edilebilir. Ankraj kafası ile kamaların net bir şekilde görülebilmesi gerekir.



Tamamlanmayan veya Durdurulan Kazılar



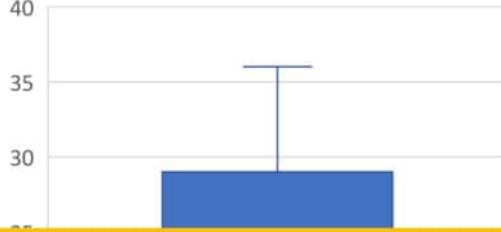
Kama ya da ankraj kafasında fiziki hareketin görsel olarak başladığı yük değeri...



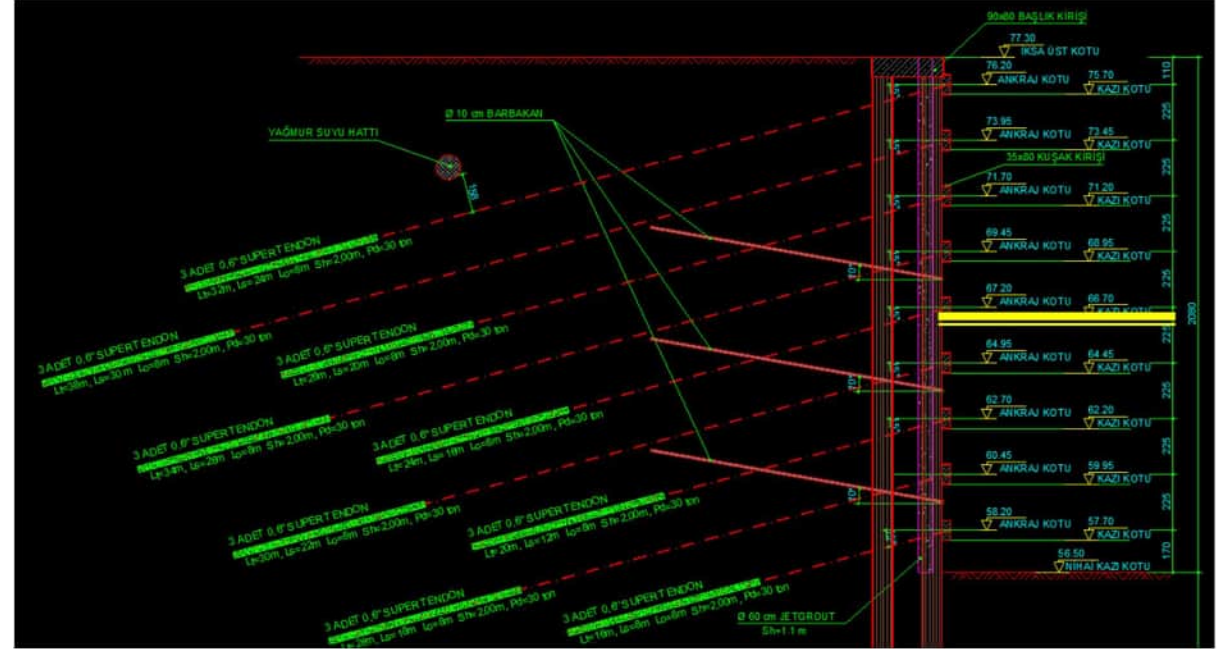
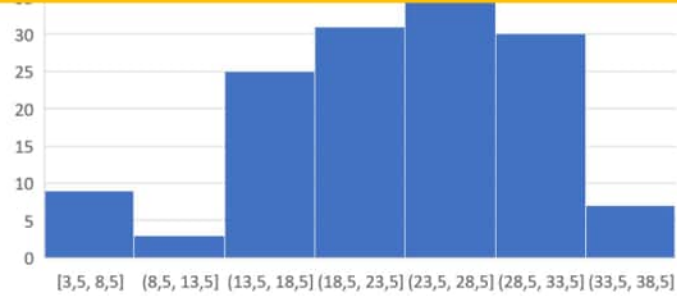
Korozyona uğrayan kama ve ankraj kafası örnekleri...



Lift-off deney sonucu



**TASARIM TAVSİYESİ
DEĞİLDİR!
KDYY GEREĞİ HER PROJE
ÖZELİNDE İNCELENMESİ
GEREKİR.**



Problem Olması Durumu

deplasmanların hesapları aşması...deplasmanların limitleri aşması...deplasmanların sönümlenmemesi ve artması...deplasmanın hızlanması...loadcelldeli yükün artması veya azalması... ölçüm noktalarının işlevini kısmen ya da tamamen kaybetmesi, hasar görmesi, doğal afet yaşanması.

4.7.3. İvedi olarak aşağıdaki çalışmalar yapılacaktır...

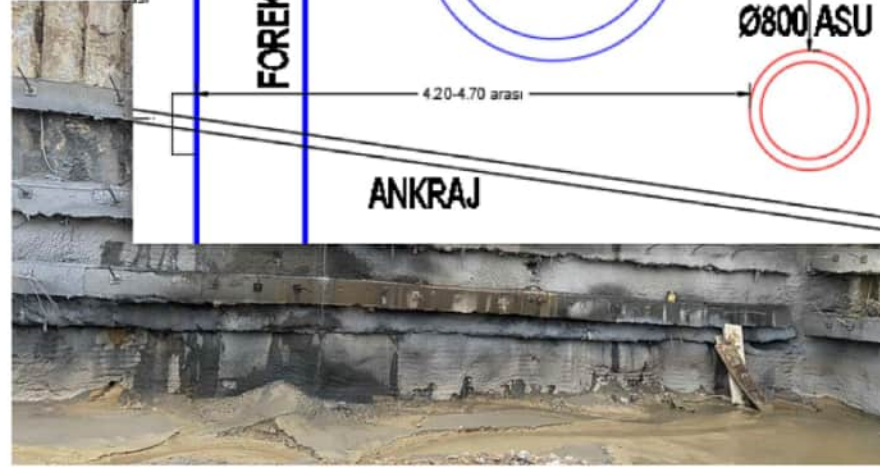
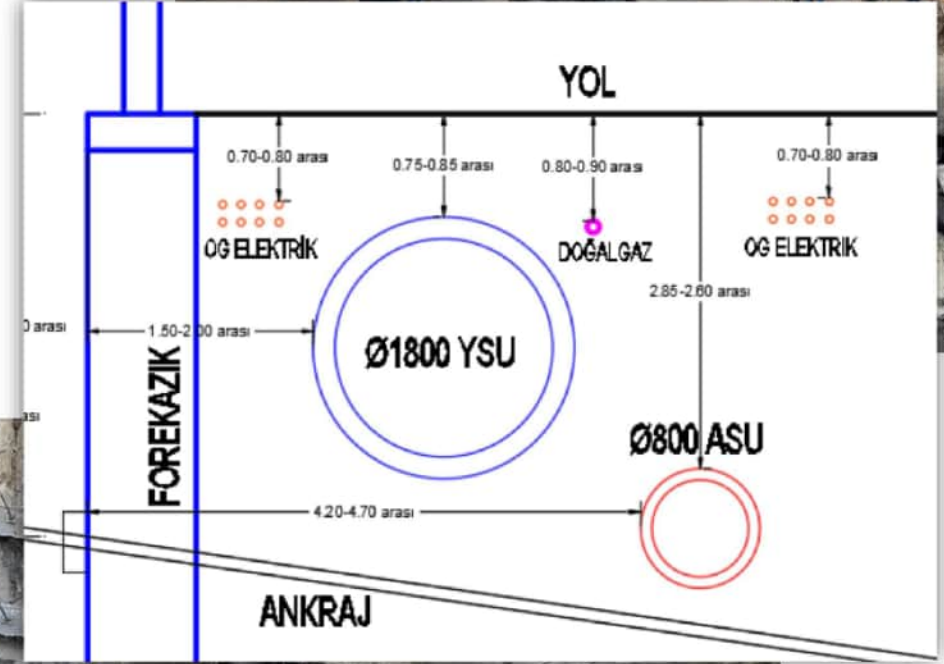
- a) Teknik heyet ... saha incelemesi ... problemin tespiti ... tutanak altına alınması ...
- b) Yatay itki verebilecek hareketli sürşarj yüklerinin kaldırılması ...
- c) Varsa hasar görmüş ... destek yapısı elemanları ... tüm tedbirler alınarak onarılması onarılamayacak düzeyde ... tüm tedbirler alınmak suretiyle yenileri ...
- d) Yıkılma riski ... çevre yapılara hasar ... topuk dolgusu ... çevre yapılardan insanların uzaklaştırılması
- e) İmalat föylerinin incelemesi ...
- f) Geoteknik ölçüm (deplasman, yük , uzamalar vb.) sonuçlar ...
- ...
- i) Ölçümlerinin sıklaştırılması ... gerekirse ilave ölçümler ...
- ...
- k) Destek yapısının tümü yeniden gözden geçirilerek başka problemler ... kontroller...

Problem nedir, neyi yanlış yapıyoruz? – Zeytinburnu

Zeytinburnu'nda doğalgaz patlaması sonucu yolda oluşan çukur havadan görüntülendi

Zeytinburnu'nda doğalgaz patlaması sonrası yolda oluşan dev çukur havadan görüntülendi.

• 28 Ocak 2023 - 11:29 • Son Güncelleme: 28 Ocak 2023 - 11:30



Problem nedir, neyi yanlış yapıyoruz? – Zeytinburnu

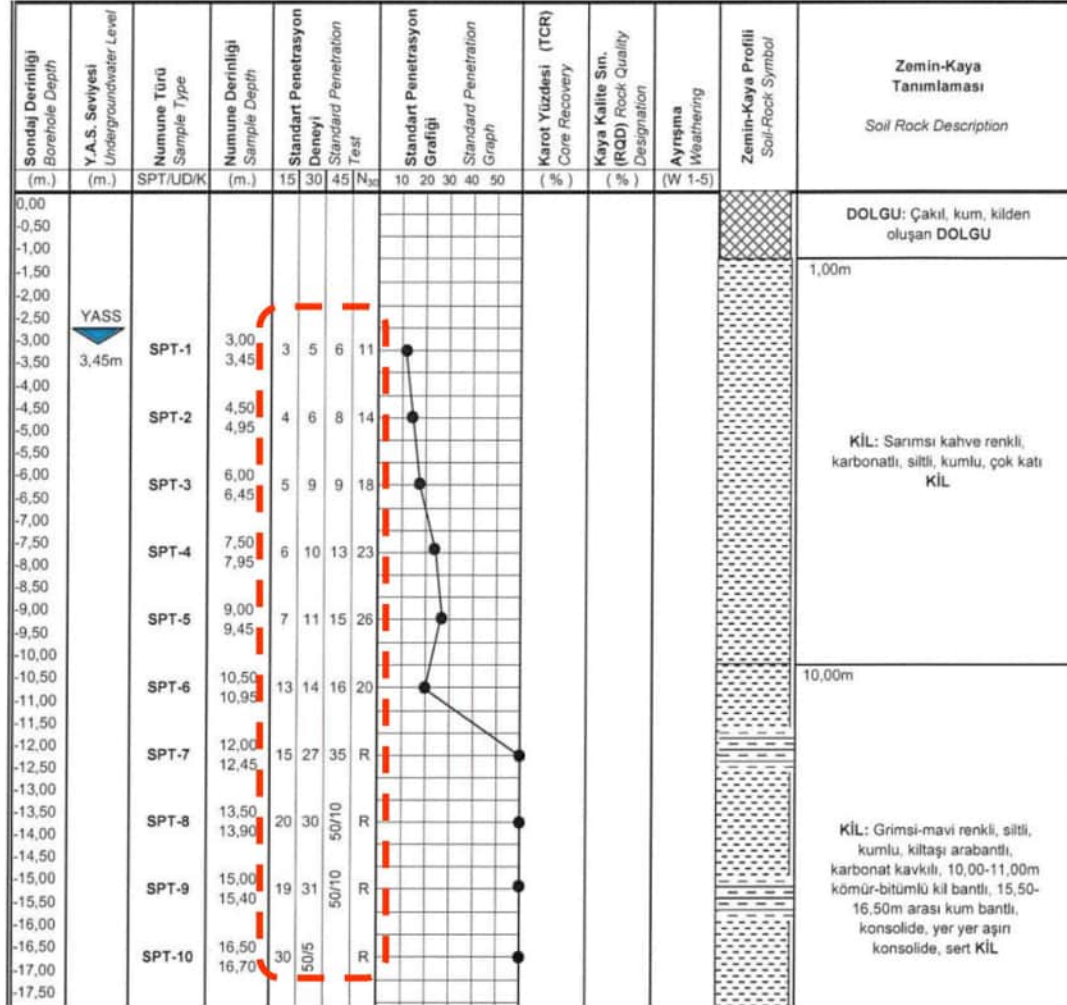


Patlamanın karşı cephesi – Çırpıcı Deresi tarafı

Problem nedir, neyi yanlış yapıyoruz? – Esenyurt



Problem nedir, neyi yanlış yapıyoruz? – Esenyurt



İdealize Profil ve Temel Zemin Parametreleri

Tabaka Adı	Üst Kot [m]	Alt Kot [m]	Drenaj Durumu	pn [kN/m ²]	pd [kN/m ²]	c' [kN/m ²]	Φ' [°]	c _u [kN/m ²]
saımsı kahverenkli kil	3	17,5	Drenajsiz	19,8	19,8			90
mavi kil	17,5	18	Drenajsiz	18	18			90
mavi kil	18	23	Drenajsiz	18	18			90

Toprak Basınç Katsayıları ve Hesaplanması için Gerekli Zemin Parametreleri

Tabaka Adı	Φ' [°]	δ [°]	v	OCR	Kr	Ka	Kp
saımsı kahverenkli kil		15		3	0,87	2,55	2,55
mavi kil		15		3	0,87	2,76	2,76
mavi kil		15		3	0,87	2,79	2,79

Standartlar

Kazı Destek Yapıları: Kazı Destek Yapıları Tasarım ve Uygulama Esasları
Çelik Halatlı Ankrajlar: BS5896 Super Tendon
Betonarme Yapılar: TS500
Betonarme Donatı Çeliği: TS-708 Betonarme İçin Donatı Çeliği
Çelik Yapılar: Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yı
Çelik Malzeme: TS EN 10025-2

Toprak Basınçlarını Hesaplama Yöntemleri

Aktif Basınç: Coulomb
Pasif Basınç: Coulomb
Etkiler: Yerdeğiştirmeye Bağlı Basınçlar
Deprem Etkisi: Deprem Etkisi Yok

Kısmi Faktörler

Ankraj Kuvvet Faktörü $\gamma_{G, dst} = 1,35$
Ankraj Dayanım Azaltma Faktörü $\gamma_{Re} = 1,4$
Çivi Kuvvet Faktörü $\gamma_{G, dst} = 1,35$
Çivi Dayanım Azaltma Faktörü $\gamma_{Re} = 1,4$
Çelik Kopma Kontrolünde Dayanım Azaltma Faktörü $\gamma_{Re} = 1,4$
Kesit Tesiri Faktörü $\gamma_{G, dst} = 1,35$

Duvar Bilgileri

Duvar Tipi: Betonarme Fore Kazıklı Duvar
Duvar Yüksekliği= 19,2 [m]
Kazık Çapı= 0,65 [m]
Kazık Eksenler Arası Mesafe= 0,85 [m]
Beton Sınıfı: C30
Donatı Çelik Sınıfı: S420a
Nihai Aşama
Kazı Derinliği= 13,2 [m]
Kazı Kotu= -16,2 [m]
Y.A.S.S= -18 [m]

Problem nedir, neyi yanlış yapıyoruz? – Esenyurt

Toprak Basınçları

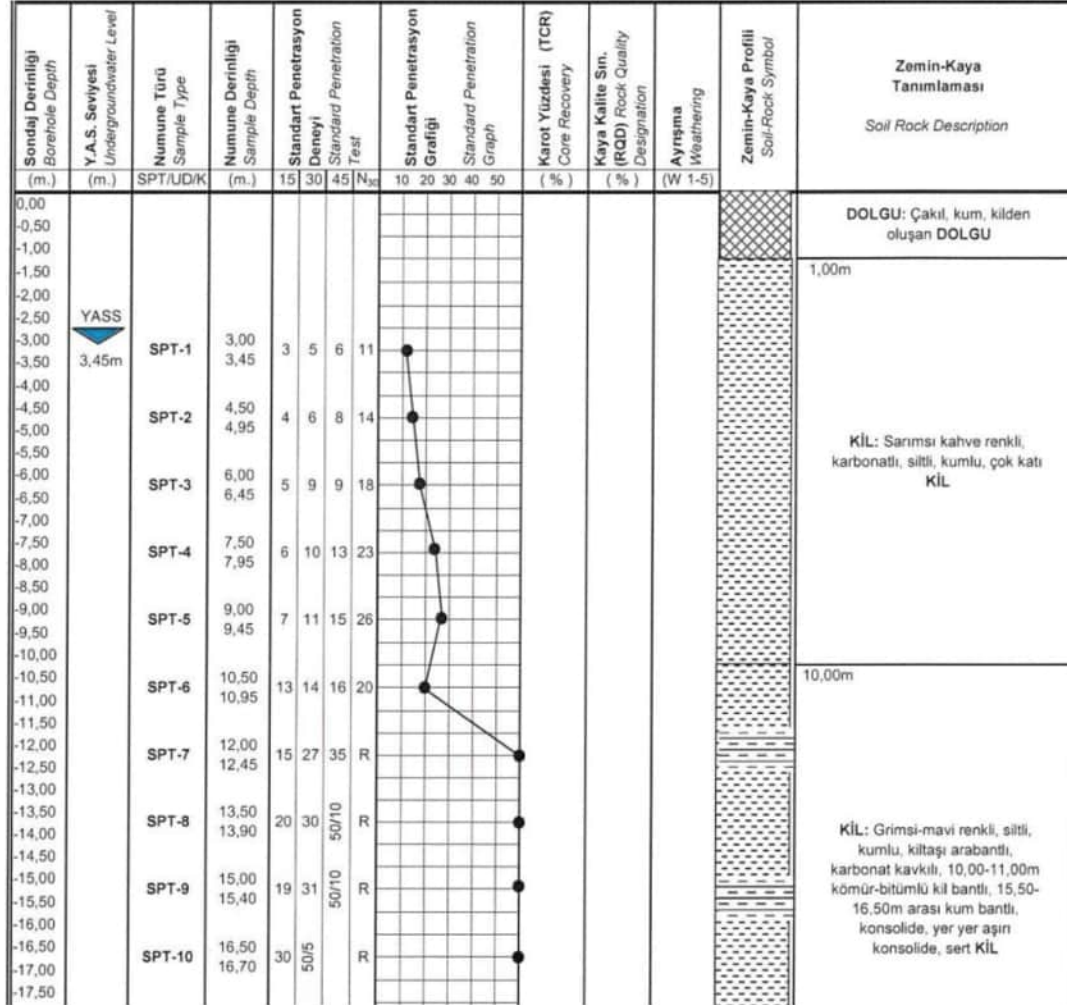
z [m]	σ_{pf} [kN/m ²]	σ_{rf} [kN/m ²]	σ_{af} [kN/m ²]	σ_{ab} [kN/m ²]	σ_{rb} [kN/m ²]	σ_{pb} [kN/m ²]
-3	0	0	0	0	0	0
-3,12	0	0	0	5,444	7,485	10,158
-3,12	0	0	0	5,444	7,485	10,158
-3,24	0	0	0	8,868	12,951	18,297
-3,24	0	0	0	8,868	12,951	18,297
-3,36	0	0	0	11,537	17,661	25,68
-3,36	0	0	0	11,537	17,661	25,68
-3,48	0	0	0	13,723	21,888	32,58
-3,48	0	0	0	13,723	21,888	32,58
-3,6	0	0	0	15,557	25,764	39,129

Yatak Katsayıları, Yerdeğiştirmeler, Etkiler

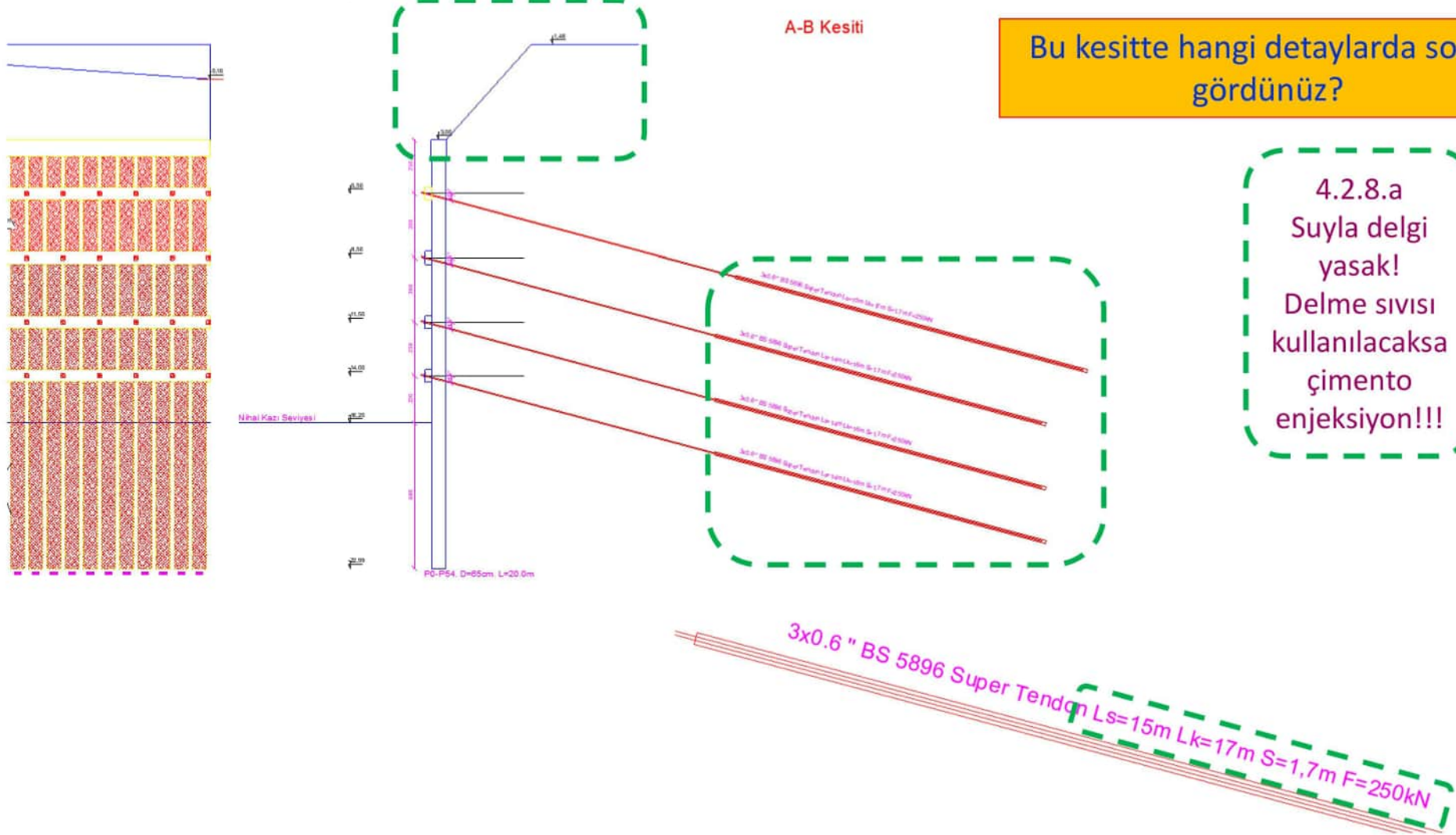
z [m]	k_{hf} [kN/m ³]	k_{hb} [kN/m ³]	U_x [mm]	Etki [kN/m ²]	N [kN/m]	M [kN.m/m]	V [kN/m]
-3	0	0	-10,079	0	-1,102	0	0
-3,12	0	0	-10,063	5,444	-1,102	-0,013	-0,324
-3,12	0	0	-10,063	5,444	-2,205	-0,013	-0,324
-3,24	0	0	-10,047	8,868	-2,205	-0,098	-1,176
-3,24	0	0	-10,047	8,868	-3,307	-0,098	-1,176
-3,36	0	0	-10,031	11,537	-3,307	-0,307	-2,391
-3,36	0	0	-10,031	11,537	-4,409	-0,307	-2,391
-3,48	0	0	-10,015	13,723	-4,409		
-3,48	0	0	-10,015	13,723	-5,511		

Duvar Arkasında Düşey Yerdeğiştirmeler

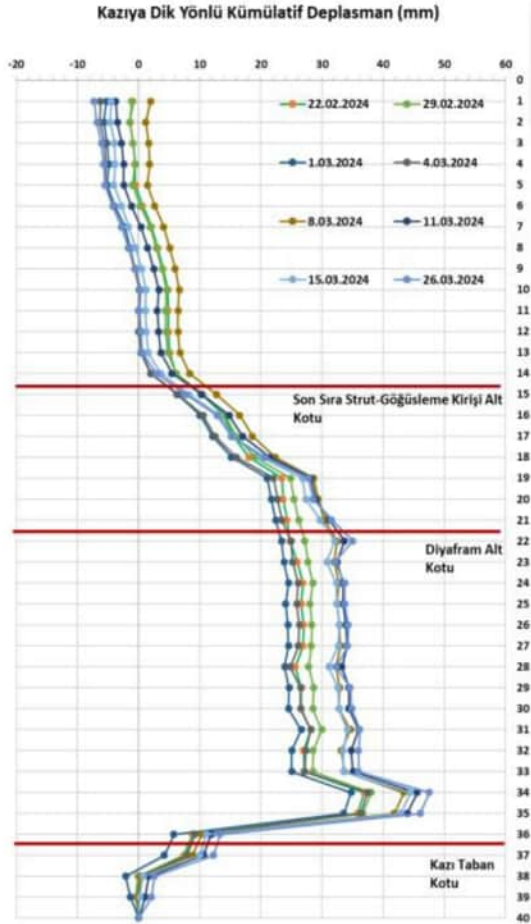
x [m]	Sv [mm]
0	-3,77
0,498	-4,908
0,996	-6,046
1,494	-7,184
1,992	-8,322
2,491	-9,46
2,989	-10,598
3,487	-11,736
3,985	-12,875
4,483	-14,013
4,981	-15,151
5,479	-16,289



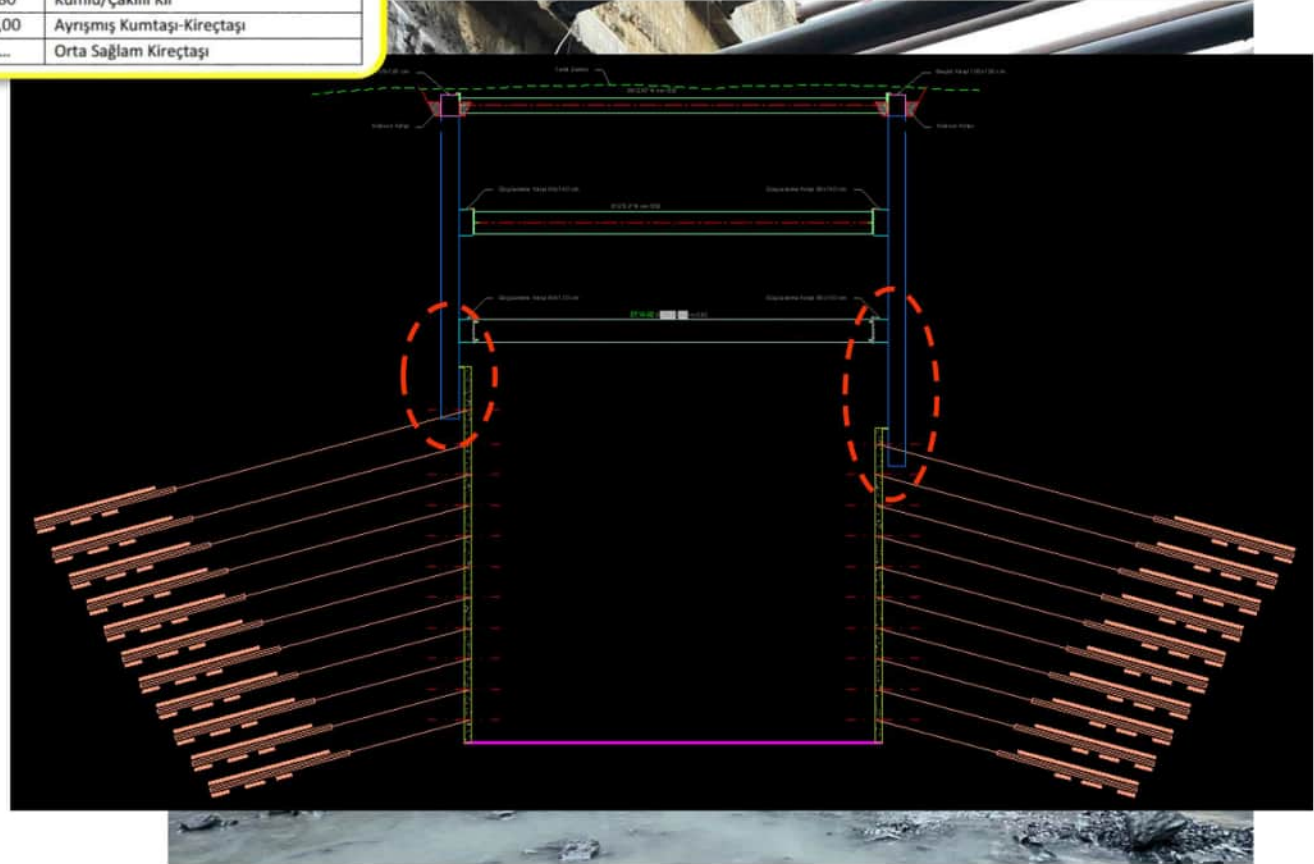
Problem nedir, neyi yanlış yapıyoruz? – Esenyurt



Problem Olması Durumu: Sistem Seçimi ve Aletsel Gözlem Ağı



Derinlik [m]	Geoteknik Tanımlama
0,0 – 1,40	DOLGU
1,40-5,80	Kumlu/Çakıllı Kil
5,80-20,00	Ayrışmış Kumtaşı-Kireçtaşı
20,00-...	Orta Sağlam Kireçtaşı



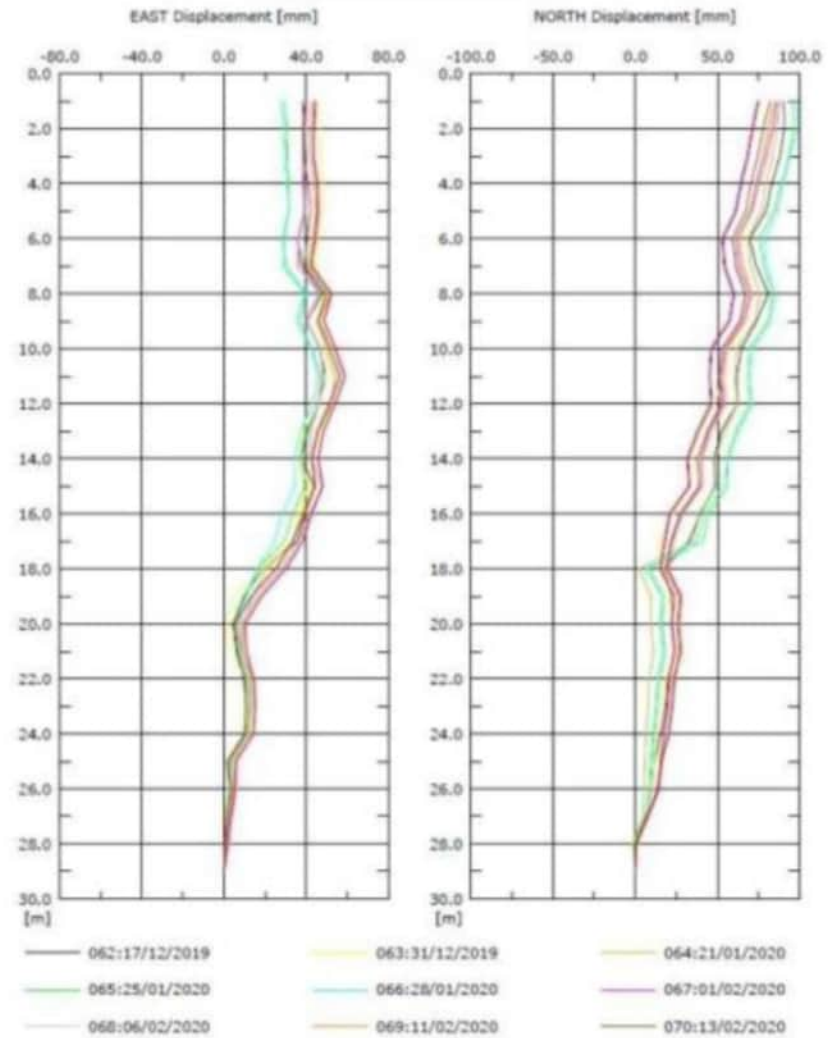
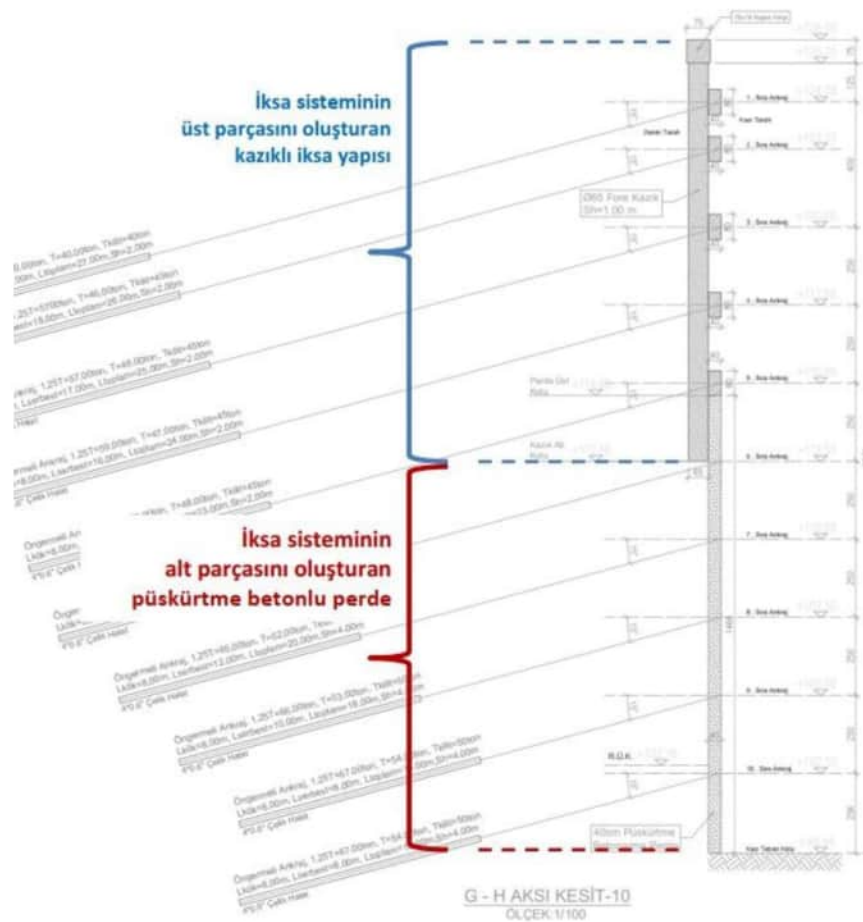
Problem Olması Durumu: Sistem Seçimi



Başka bir metro kazısı, benzer sistem seçimi.

- (1) Kama kesitlerinde yoğun korozyon gözlemlendiği,
- (2) kamayı oluşturan dişlerin kesme etkisi altında deforme olduğu ve
- (3) kama uç kısmında yoğun kesit kaybı olduğu

Problem Olması Durumu: Sistem Seçimi



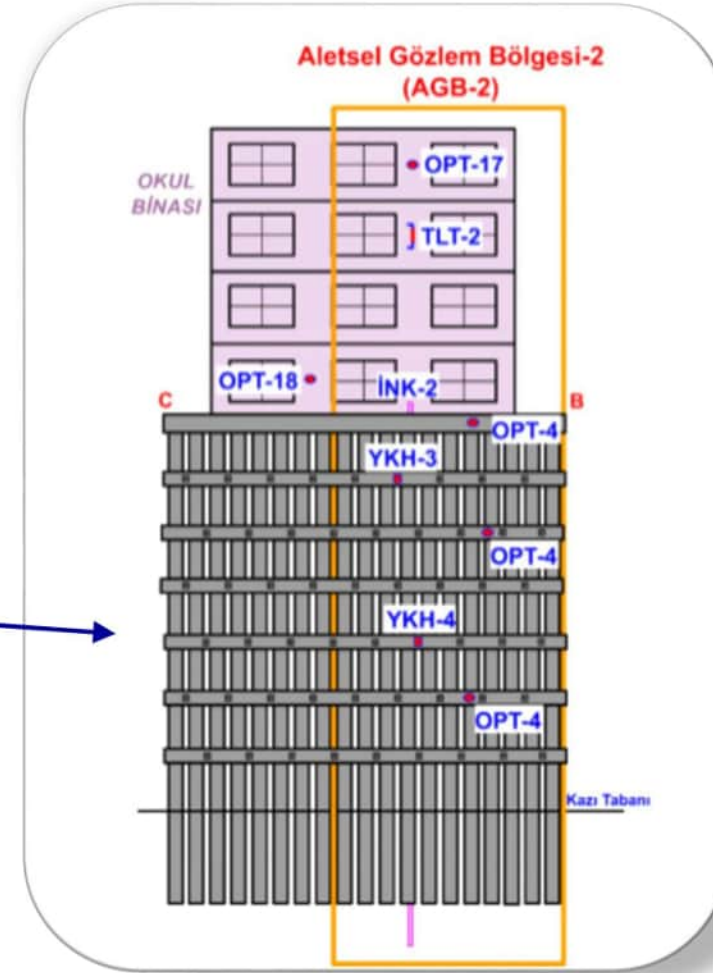
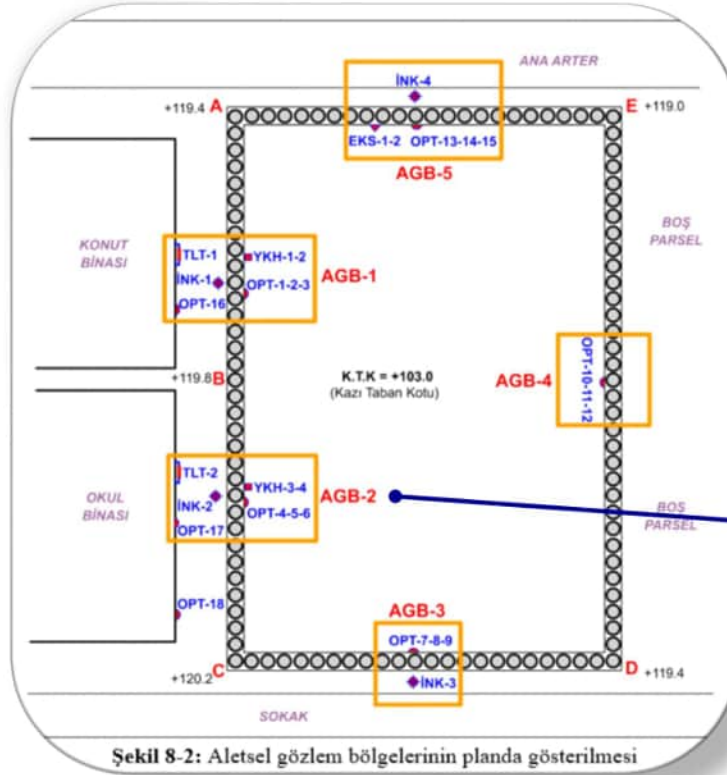
Sistem Seçimi ...

Tasarımın ilk aşamasındaki **sistem seçimi** de önemli sorunlara/gecikmelere neden olabiliyor...

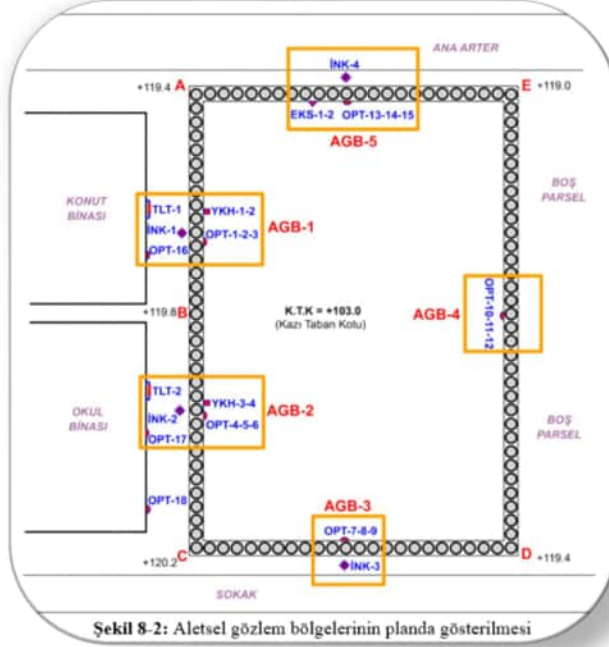
Tablo 1.2. Kazı Destek Yapısı Tipleri ve Tipik Uygulama Koşulları

Destek Yapısı Tipi	Yapım Tekniği	Zemin Cinsi	Kazı Derinliği (m) (14)			Düşeylik Toleransı (4)		Yatay Deplasman (5)	Su Geçirimsizliği	Kalıcı Kullanım
			Kuruda		YASS altında	Tipik	En iyi (3)			
			Konsol (2)	Yatay Destekli (6)	Yatay Destekli (6)					
Palplanşlı Destek Yapısı	Çakma	Kaya hariç tüm zeminler	< 5 m	< 12 m	10m'ye kadar	1/75	1/100	orta	iyi	var
Berlin Duvarı (King Post)	Foraj (delgi) veya çakma	Tüm zeminler ve kaya	< 4 m	< 15 m	Uygulanmaz	1/75	1/75	yüksek	yok	yok
Zemin Karıştırma Duvarı (Soil Mixed Wall)	Jetgrout veya mekanik karıştırma	Kaya hariç tüm zeminler, tercihen iri daneli zeminler	< 4 m	10 m'ye kadar	5 m'ye kadar	1/75	1/100	orta	iyi	sınırlı
Ankrajlı BA Perde	Anolu açık kazı ve tek yüz kalıplı perde	Kaya ve sert kil (9)	Uygulanmaz	20 m'ye kadar	Uygulanmaz	1/100	1/150	orta-yüksek	yok	ek önlemle (7)
Kuyu Perde	İksali elle kazı ve tek yüz kalıplı perde	Sert kil (serbest basınç dayanımı, $q_u \geq 400\text{kPa}$), ayrışmış kaya ve kava	< 7 m	20 m'ye kadar	Uygulanmaz	1/100	1/150	orta-yüksek	yok	var
Zemin Çivili Destek Yapısı	Anolu açık kazı ve kalıpsız püskürtme beton perde	Kaya ve ara kazı kademelerinde stabilitesini koruyan zeminler (12)	Uygulanmaz	30 m'ye kadar (10)	Uygulanmaz	Şevli imal edildiğinden düşeylik toleransı aranmaz		yüksek	yok	var (7)
Mini Kazıklı Destek Yapısı	D<30cm foraj	Kaya ve ara kazı kademelerinde stabilitesini koruyan zeminler (12)	Uygulanmaz	20 m'ye kadar (11)	Uygulanmaz	1/75	1/100	orta	yok	yok
Aralıklı Kazıklı Destek Yapısı	Sürekli Burgu Kazık (CFA)	Tüm zeminler ve kaya	< 7 m	16 m'ye kadar	Uygulanmaz	1/75	1/100	az-orta	yok	ek önlemle (7)
	Foraj	Tüm zeminler ve kaya	< 7 m	25 m'ye kadar	Uygulanmaz	1/75	1/125	az-orta	yok	ek önlemle (7)
Kesişen Kazıklı Destek Yapısı	Donatısız kazık için SBK (CFA), donatılı kazık için foraj	Tüm zeminler ve kaya	< 7 m	16 m'ye kadar	10 m'ye kadar	1/75 (1)	1/100 (1)	az-orta	iyi	var (8)
	Donatılı ve donatısız kazık için foraj	Tüm zeminler ve kaya	< 7 m	25 m'ye kadar	15 m'ye kadar	1/75 (1)	1/125 (1)	az-orta	iyi-çok iyi	var (8)
Diyafram Duvar	Mekanik Grab	Tüm zeminler ve kaya	< 8 m	25 m'ye kadar	15 m'ye kadar	1/75	1/100	az	iyi-çok iyi	var (8)
	Hidrolik Grab	Tüm zeminler ve SED<3.0 MPa olan kավաւաւ (13)	< 8 m	35m'ye kadar	25 m'ye kadar	1/100	1/150	az	çok iyi	var
	Freze (Cutter)	Tüm zeminler ve kaya	< 8 m	> 35 m	> 40 m	1/150	1/400	az	çok iyi	var

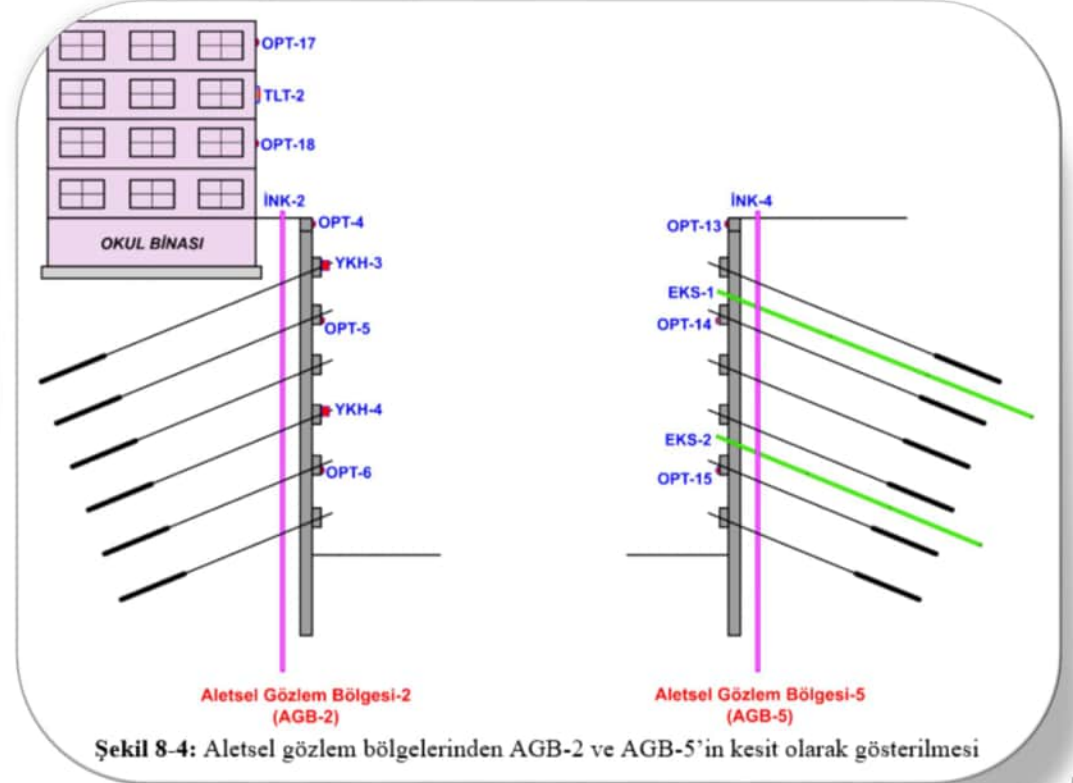
Aletsel Ölçüm ve Gözlemler



Aletsel Ölçüm ve Gözlemler

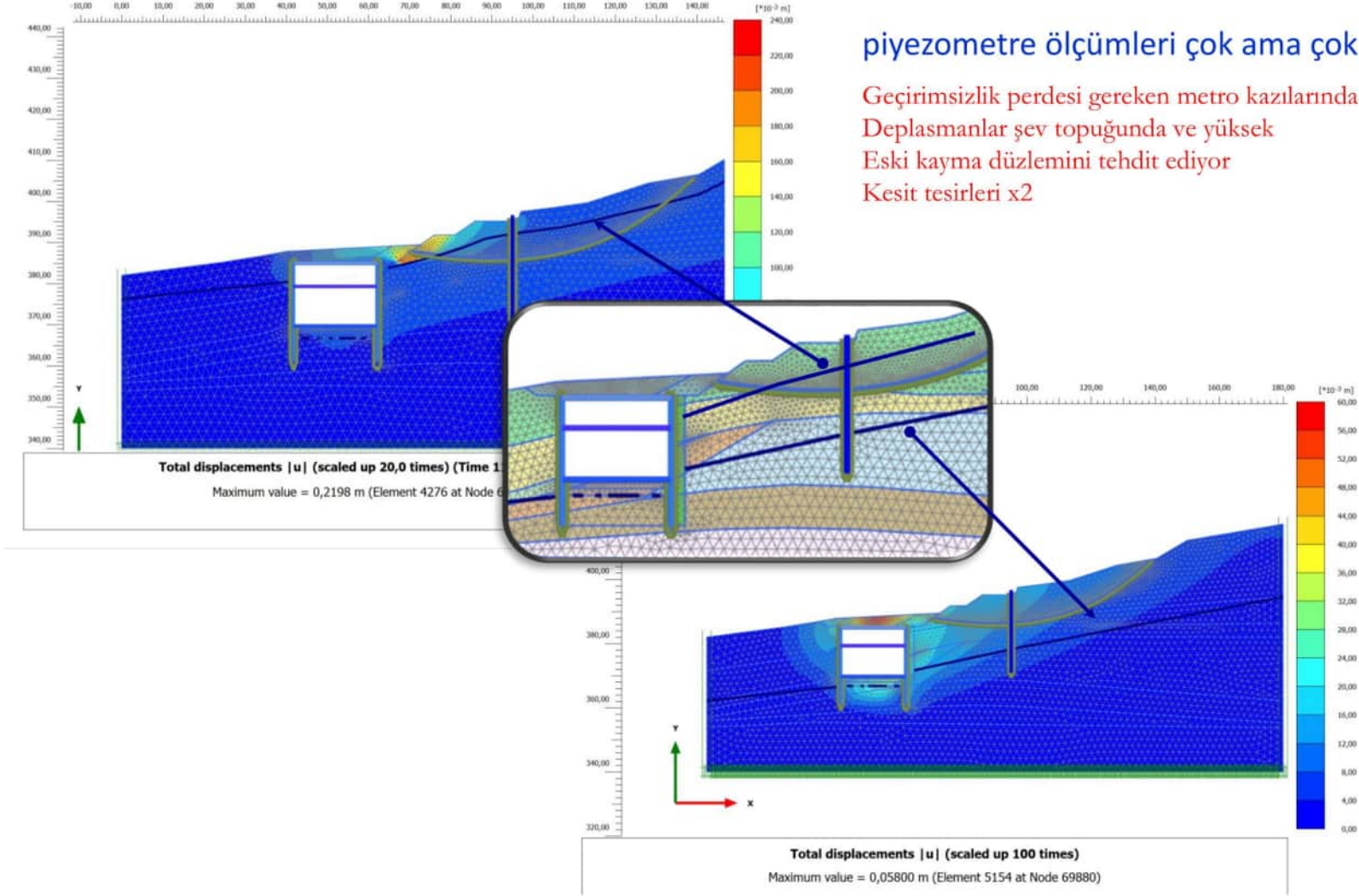


Şekil 8-2: Aletsel gözlem bölgelerinin planda gösterilmesi



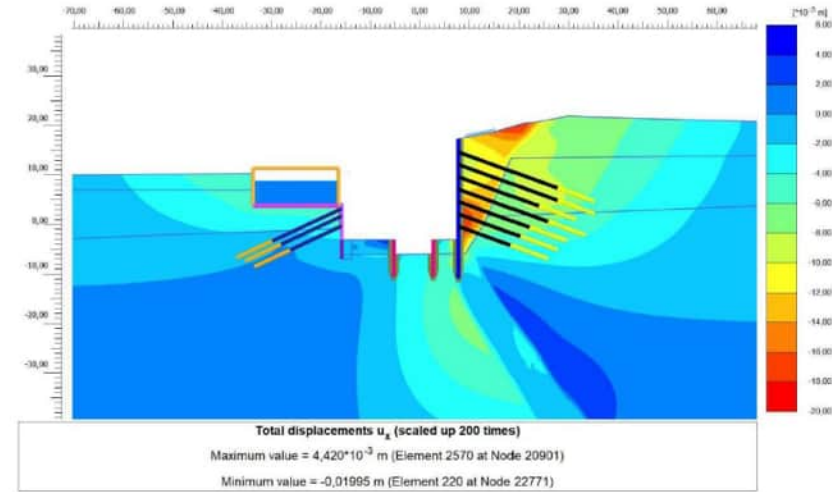
Şekil 8-4: Aletsel gözlem bölgelerinden AGB-2 ve AGB-5'in kesit olarak gösterilmesi

Aletsel Ölçüm ve Gözlemler

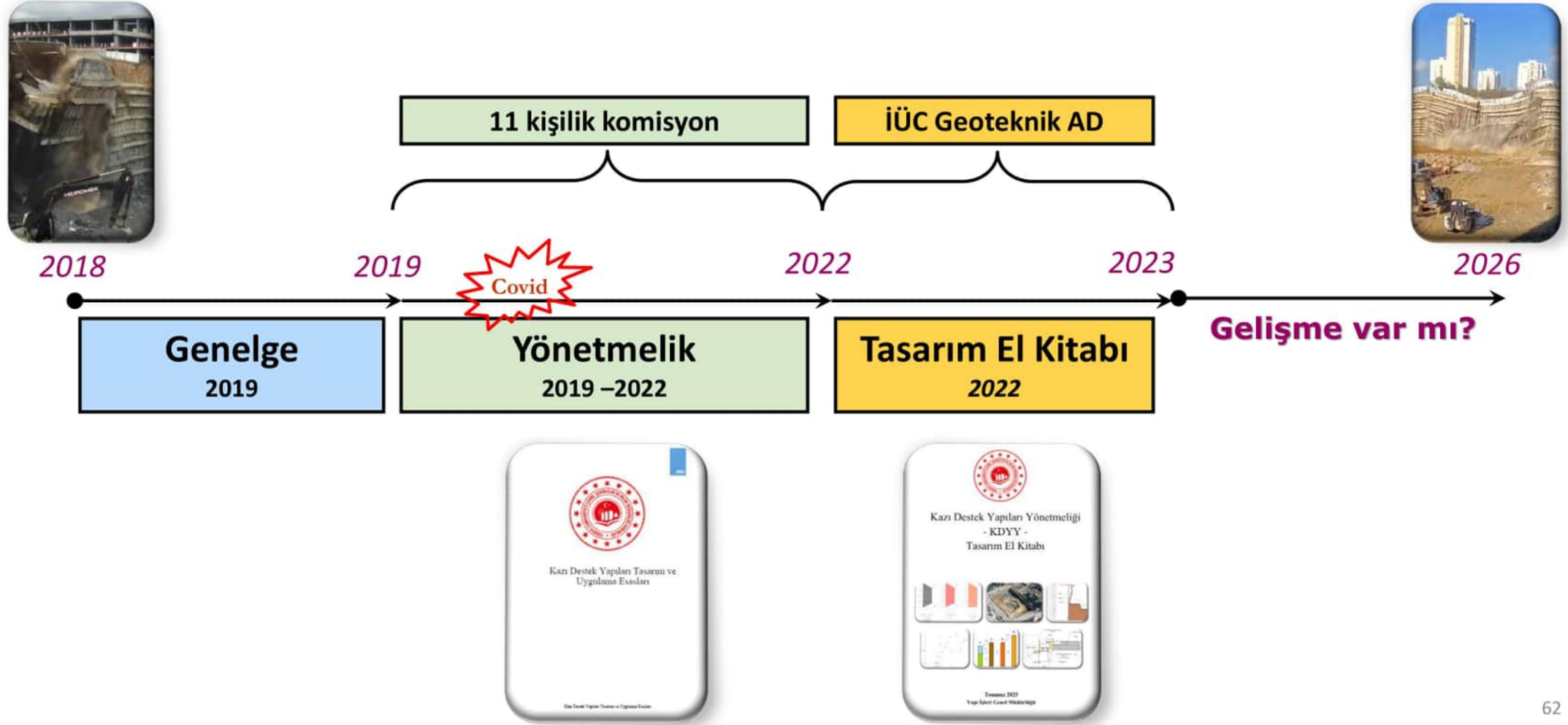


KAZI DESTEK YAPILARI YÖNETMELİĞİ (2022)

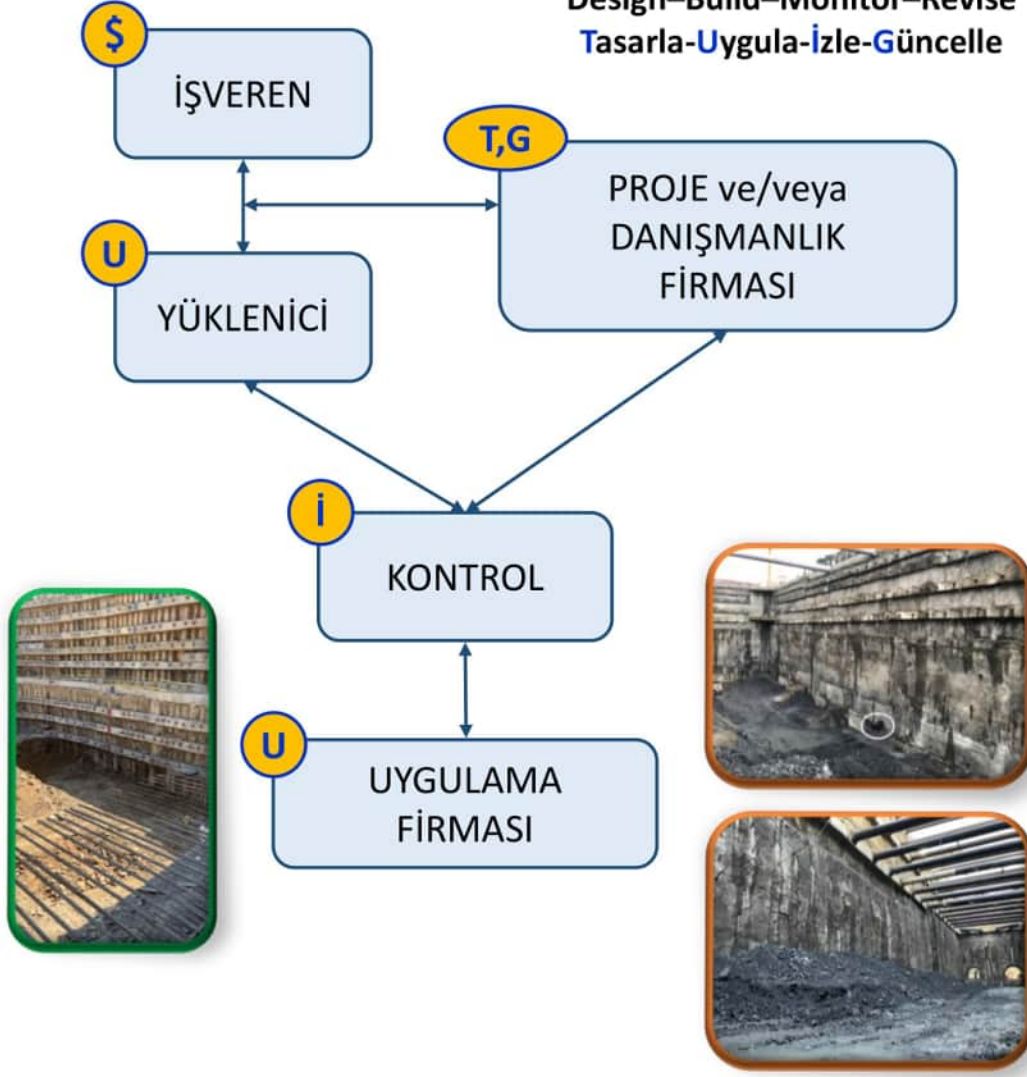
Problem Olması Durumu: Çok Zor Detaylar!!!



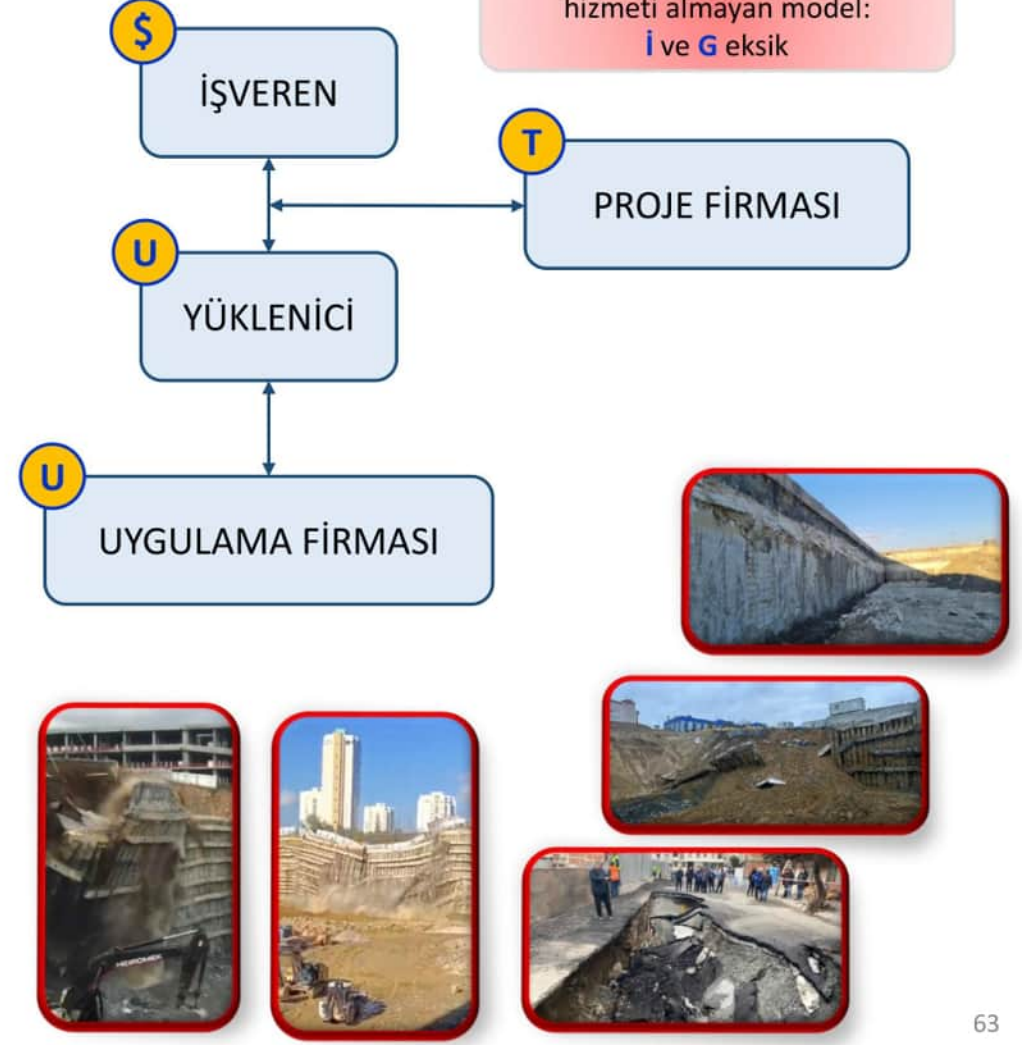
SORU: YÖNETMELİKTEN SONRA NE DURUMDAYIZ?



Design-Build-Monitor-Revise
Tasarla-Uygula-İzle-Güncelle



KONTROL ve/veya DANIŞMANLIK
hizmeti almayan model:
İ ve G eksik





SABRINIZ İÇİN TEŞEKKÜR EDERİM.



TMMOB
İNŞAAT MÜHENDİSLERİ
ODASI

İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI
İSTANBUL ŞUBESİ
2025 YILI SONBAHAR KIŞ DÖNEMİ MESLEK İÇİ SEMİNERLERİ

**KDYY 2022
TASARIM EL KİTABI**

"P10 - FORE KAZIKLI VE ANKRAJLI KAZI DESTEK YAPISI"

**ÖRNEĞİ
ANALİZ VE DEĞERLENDİRME
AŞAMALARI**

Tablo 1-2: El kitabındaki projeler hakkında bilgiler

Proje No	Kazı Destek Yapısı (KDY) Tipi	Grup No	Yapı Ömrü	Kategori	Hesap Şekli		
					Statik	Eşdeğer Statik	Dinamik
P1	Diyafram Duvarlı ve İçten Destekli KDY	1	Geçici	KK-3	✓	✓	-
P2	Çelik Palplanşlı ve İçten Destekli KDY	1	Geçici	KK-2	✓	-	-
P3	Kesişen Fore Kazıklı ve İçten Destekli KDY	1	Geçici	KK-2	✓	-	-
P4	Diyafram Duvarlı ve Ankrajlı KDY	1	Geçici	KK-2	✓	-	-
P5	Fore Kazıklı ve Ankrajlı KDY	2	Geçici	KK-2	✓	✓	-
P6	Mini Kazıklı ve Ankrajlı KDY	2	Geçici	KK-2	✓	-	-
P7	Fore Kazıklı ve İçten Destekli KDY	2	Geçici	KK-2	✓	-	-
P8	Konsol Kazıklı KDY	2	Geçici	KK-1	✓	-	-
P9	Konsol Kazıklı Kalıcı KDY	2	Kalıcı	KK-1	✓	✓	-
P10	Fore Kazıklı ve Ankrajlı KDY	2	Geçici	KK-3	✓	✓	✓
P11	Fore Kazıklı ve İçten Destekli KDY	3	Geçici	KK-2	✓	-	-
P12	Kazıklı ve Ankrajlı KDY	3	Geçici	KK-2	✓	-	-
P13	Mini Kazıklı ve Ankrajlı KDY	3	Geçici	KK-2	✓	-	-
P14	Fore Kazıklı ve Ankrajlı KDY	3	Geçici	KK-3	✓	✓	-
P15	Kuyu Perdeli ve Ankrajlı KDY	3	Geçici	KK-2	✓	-	-
P16	Betonarme Perdeli ve Ankrajlı KDY	3	Geçici	KK-2	✓	-	-
P17	Püskürtme Betonlu ve Ankrajlı KDY	3	Geçici	KK-2	✓	-	-
P18	Berlin Duvarı Tipi KDY	3	Geçici	KK-1	✓	-	-
P19	Diyafram Duvarlı ve İçten Destekli KDY	3	Geçici	KK-2	✓	-	-
P20	Püskürtme Betonlu ve Çivili Kalıcı KDY	3	Kalıcı	KK-3	✓	✓	✓
P21	Konsol Kazıklı ve Çok Sıra Ankrajlı Kalıcı KDY	4	Kalıcı	KK-3	✓	✓	✓
P22	Püskürtme Betonlu ve Çivili KDY	4	Geçici	KK-2	✓	-	-
P23	Püskürtme Betonlu ve Çivili Kalıcı KDY	4	Kalıcı	KK-3	✓	✓	-
P24	Kuyu Perdeli ve İçten Destekli KDY	4	Geçici	KK-2	✓	-	-
P25	Mini Kazıklı ve Ankrajlı KDY	4	Geçici	KK-2	✓	-	-
P26	Betonarme Perdeli ve Ankrajlı KDY	4	Geçici	KK-2	✓	-	-
P27	Konsol Kuyu Perdeli KDY	4	Geçici	KK-1	✓	-	-

Tablo 1-3: El kitabındaki ankraj ve çivi testleri

Test No	Ankraj ve Zemin Çivisi Testleri
T1	Ankraj Araştırma Testi
T2	Ankraj Uygunluk Testi 1
T3	Ankraj Uygunluk Testi 2
T4	Ankraj Kabul Testi 1
T5	Ankraj Kabul Testi 2
T6	Ankraj Kabul Testi 3
T7	Zemin Çivisi Kapasite Belirleme Deneyi
T8	Zemin Çivisi Kabul Deneyi

Tablo 1-4: Tipik Yapısal Detay (TYD) çizimleri

TYD No	TYD Çizim Adı
1	Fore Kazık Kesit ve Boy Donatı Detayları
2	Kazık Başlık Kırışı Detayları
3	Betonarme Kuşak Kırışı Detayları
4	Diyafram Duvar Donatı Detayları
5	Çelik Yatay Destek Detayları (Düz)
6	Çelik Yatay Destek Detayları (Eğik)
7	Betonarme Kuyu Perde Detayları
8	Geçici Zemin Ankrajı Detayları
9	Kalıcı Zemin Ankrajı Detayları
10	Geçici Zemin Çivisi Detayları
11	Kalıcı Zemin Çivisi Detayları
12	Püskürtme Beton – Zemin Ankrajı Detayı

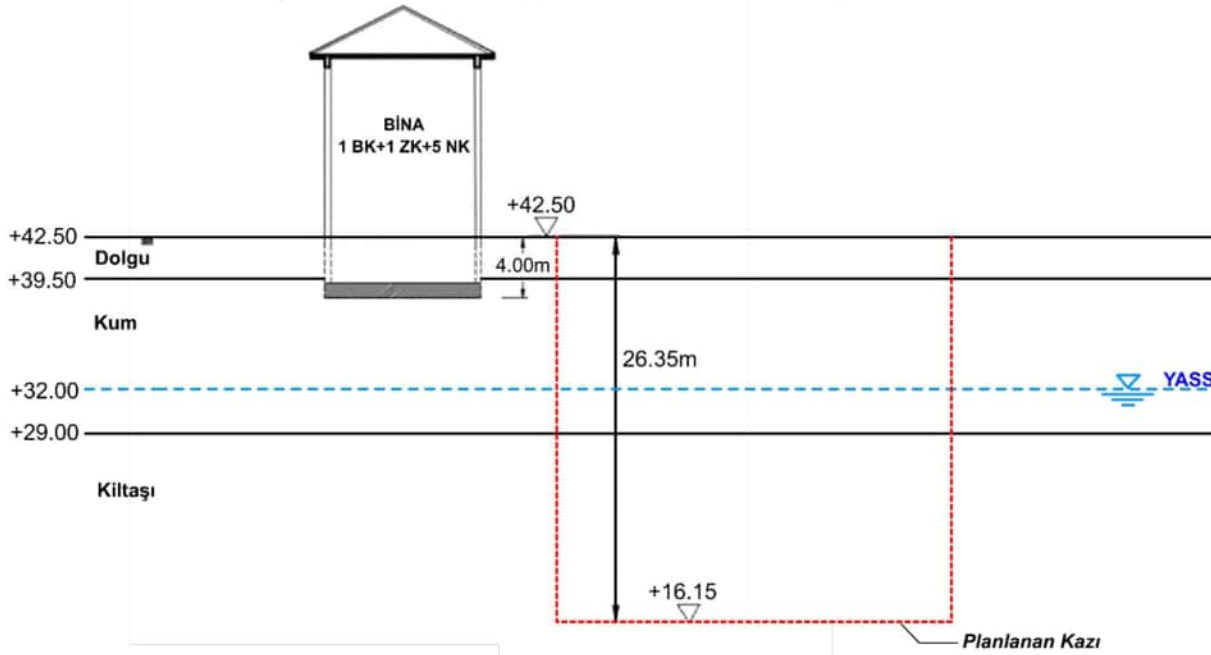


TMMOB
İNŞAAT MÜHENDİSLERİ
ODASI

P10 - FORE KAZIKLI VE ANKRAJLI KAZI DESTEK YAPISI

P10-1. Projenin Tanıtımı

Bir yeraltı otoparkının bodrum katları için 26.35 m derinliğinde kazı yapılacaktır. Parsel kotu yaklaşık +42.5'tir. Parselin bir kenarında yaklaşık 4 m yatay mesafede 1 BK + 1 ZK + 5 NK'dan oluşan bir bina, diğer kenarlarında ise sokak bulunmaktadır. Sahada dolgu, orta sıkı kum ve ayrışmış kıltaşı yer almaktadır ve yeraltı su seviyesi (YASS) +32.0 kotundadır. Şekil P10-1'de zemin profili ve kazı geometrisi sunulmuştur.



P10-2. Geoteknik Arazi Karakterizasyonu

Bu proje kapsamında inceleme sahası için hazırlanan Zemin ve Temel Etüdü Geoteknik Raporu incelenmiş; KDYY-2.11.7-a maddesi uyarınca geoteknik raporda verilen değerler uygun bulunarak tasarıma devam edilmiştir. Tablo P10-1’de statik yükler için seçilen tasarım değerler toplam ve efektif gerilmeler bakımından ayrı ayrı sunulmuştur.

Birim	γ (kN/m ³)	k (m/s)	K_o	$G_{o,ref}$ (MPa)	Toplam Gerilme			Efektif Gerilme		
					E_{50} (MPa)	c (kPa)	ϕ (°)	E'_{50} (MPa)	c' (kPa)	ϕ' (°)
Dolgu	17.2	3.0E-8	0.56	41.0	10.0	55.0	0	10	10.0	25.0
Orta sıkı kum	18.0	1.9E-6	0.50	141.0	40.0	5.0	30	40.0	5.0	30.0
Ayrışmış kiltası	22.0	8.6E-9	0.57	330	600.0	175.0	0	600.0	80.0	25.0

P10-3. Proje Kabulleri ve Tasarım Esasları

Çevre Yapıların Durumu ve Kazı Destek Yapısı ile Etkileşimleri

Temel kotuna güvenli bir şekilde ulaşmak için ihtiyaç duyulan kazı destek yapısına yaklaşık 5 m uzaklıkta 1 BK + 1 ZK +5 NK kattan oluşan ve radye temele sahip betonarme bir bina mevcuttur. Binadan aktarılan karakteristik yük 110 kPa olarak belirlenmiştir.

Kazı Kategorisinin Belirlenmesi

Bu projeye konu olan kazının özellikleri şu şekildedir:

- İksa yapısı geçici olarak planlanmıştır.
- Kazı derinliği 25 metreden yüksektir ($H=26.35$ m)
- Yer altı suyu seviyesi kazı taban kotu üzerinde bulunmaktadır.
- Arazide orta sıkı kumlu zemin ve ayrışmış kıltaşı bulunmaktadır.
- Kazı sebebiyle etkilenebilecek komşu binanın uzaklığı 5.0 m civarındadır.
- Kazı destek sisteminin tasarımında yatay destek (ankraj) kullanılması planlanmaktadır.

Buna göre hesap kesiti Kategori-3'e girmektedir. Bazı cepheler KK-2 olsa da bu proje kapsamında KK-3'e giren kesitin hesap adımları sunulacaktır.

Kazı Destek Yapısı Seçimi

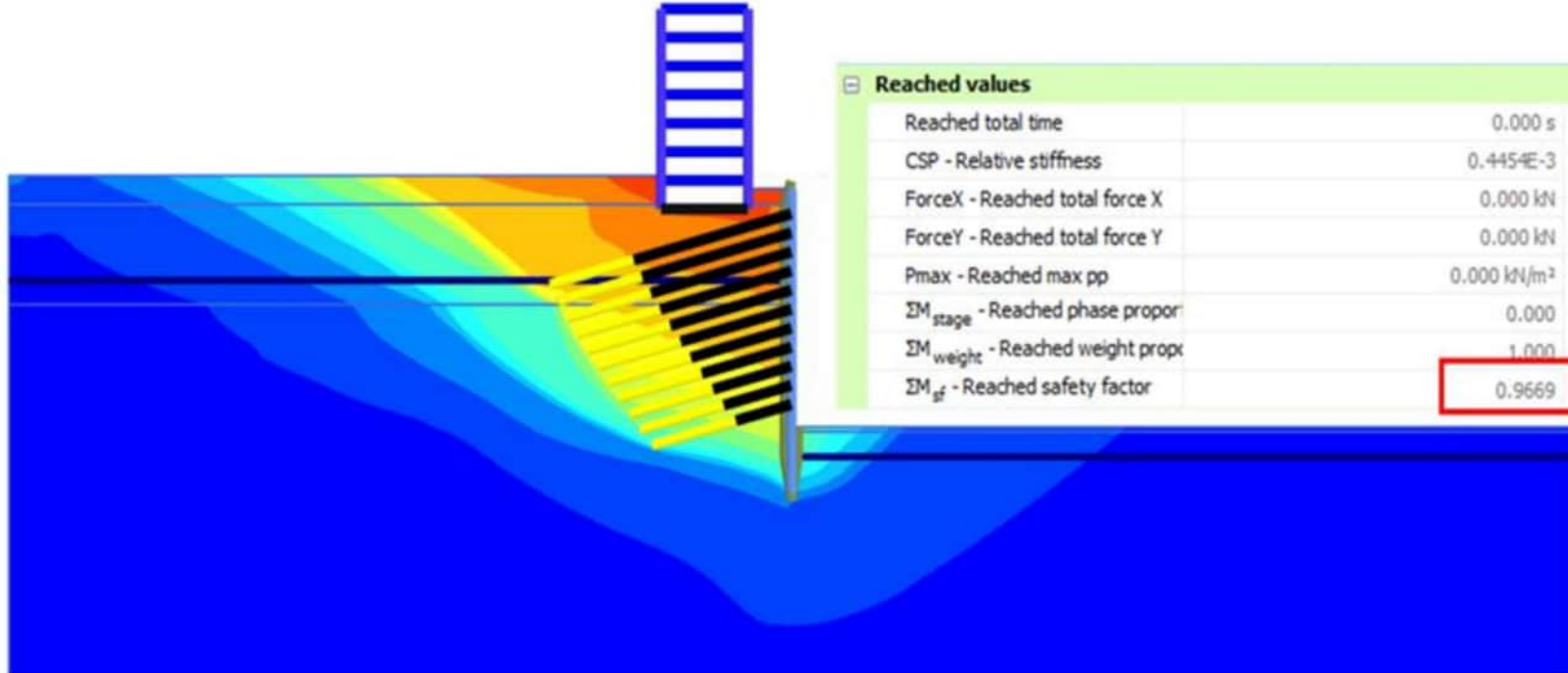
Kazının yapılacağı proje sahasında yeraltı suyu seviyesi orta sıkı kum zemin tabakası içinde kalmaktadır. Yeraltı su seviyesinin kum-kiltaş ara yüzeyine yakın olması, alttaki kiltaş birimde suyun sınırlı olacağı ve bu nedenle iksa çalışmaları sırasında yeraltı suyunun kontrol altında tutulabileceği bu nedenle iksa düşey elemanlarının aralıklı olabileceği kabul edilmiştir. Kazı yüksekliğinin 25 m'den büyük olması, parsele çok yakın, kazı sebebiyle etkilenecek yapıların olması, iksa sisteminin geçici olacağı göz önünde bulundurularak aralıklı kazıklı ve yatay destekli sistem tasarımı yapılması planlanmıştır.

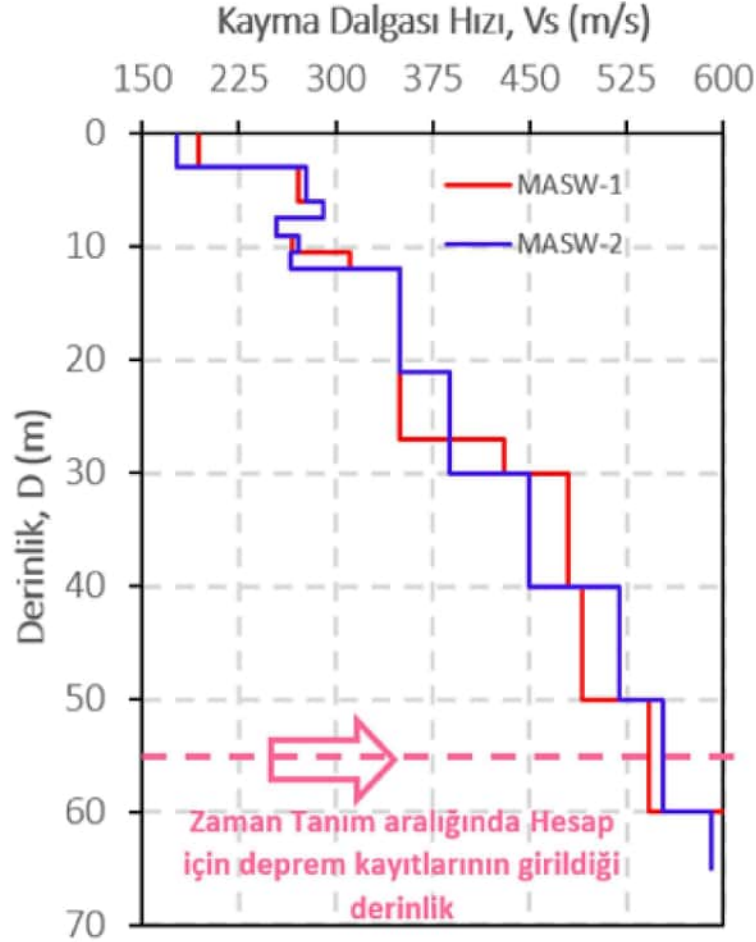
Deprem Etkisi

Hesap kesiti Kategori-3 olduğu ve geçici bir kazı destek yapısı tasarlandığı için servis depremi hesaplara dahil edilecektir. Bu nedenle KDYY- 2.14 bölümünde yer alan Tablo 2.5 ve Tablo 2.6'a göre deprem yer hareketi düzeyi DD-4 dikkate alınmıştır. İnceleme sahasının ilk 30 metresine ait kayma dalgası hızı ($V_{s,30}$) ile yerel zemin sınıfının ZD ($180 < V_{s,30} < 360$ m/s) olduğu belirlenmiştir. Bu doğrultuda TDTH interaktif uygulamasından bu proje için elde edilen değerler Şekil P10-2'de verilmiştir. Deprem hesabında Yöntem-1: Statik-eşdeğer deprem hesabı kullanılmış ve yatay ivme eşdeğer katsayısı (k_h) değeri aşağıda verilen eşitlik P10-1'den hesaplanır ve $k_h=0.208$ bulunur.

$$k_h = \frac{0.4S_{DS}}{r}$$

KDYY-2.14'te Tablo 2.6'ya göre malzeme ve yük kısmı yük katsayıları kullanılmadan Yöntem-1 ile yapılan statik eşdeğer analizde sistemin toplam güvenliği $GS < 1.0$ bulunmuştur. Bu nedenle Yöntem-2'ye yani Şekil Değiştirmeye Göre Hesap adımına geçilmesi gerekmiştir. Geçici bir KDY söz konusu olduğundan, DD-2a depremi kullanılmadan, Yöntem-2/Aşama-2'nin uygulanması yani deprem kayıtları ile analize geçilmiştir.





Proje sahası için TDTH interaktif web uygulamasından deprem kayıtlarının girileceği zemin sınıfı bilgisi ve KDYY-Tablo 2.6'ya göre DD-4 deprem düzeyi seviyesi dikkate alınarak yatay ivme spektrumu elde edilmiştir. Sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak yapılan ve kazı kesitini de içine alan 2 boyutlu sayısal analizlerde, girdi olarak verilecek deprem kayıtlarının ölçeklendirilmesi için TBDY (2018)-Bölüm 2.5.2.1 (a)'da dikkat çekilen hususlar göz önünde bulundurulacaktır.

Şekil P10-3: Zaman tanım aralığı alanında hesap için seçilen deprem kaydı giriş derinliği

Search

These characteristics are defined in the *NSA-West2 Platform*. You need to re-run Search when any of these parameters are updated.

Record Characteristics:

RSN(s) : RSN1,...,RSNm

Event Name :

Station Name :

Search Parameters:

Fault Type : SS+Normal

Magnitude : 6,8

R_{JB}(km) : 0,100

R_{rup}(km) : 0,100

V_{s30}(m/s) : 360,760

D5-95(sec) :

Pulse : Any Record

Additional Characteristics:

Max No. Records :

(≤ 100)

Initial ScaleFactor : 0,5,4

min,max

Suite

Spectral Ordinate : SRSS

Damping Ratio : 5%

Suite Average : Arithmetic

Scaling

Scaling Method : Minimize MSE

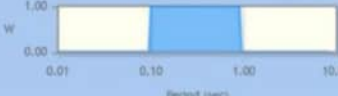
MSE = Computed Weighted Mean Squared Error of record, and suite average, wrt target spectrum.

Weight Function

Used in both search and scaling when computing MSE. Values can be updated for rescaling. Intermediate points are interpolated with $W = \text{fun}(\log(T))$

Period Points : 0,12,0,3,0,4,0,6,0,8 (T1,T2, ... Tn)

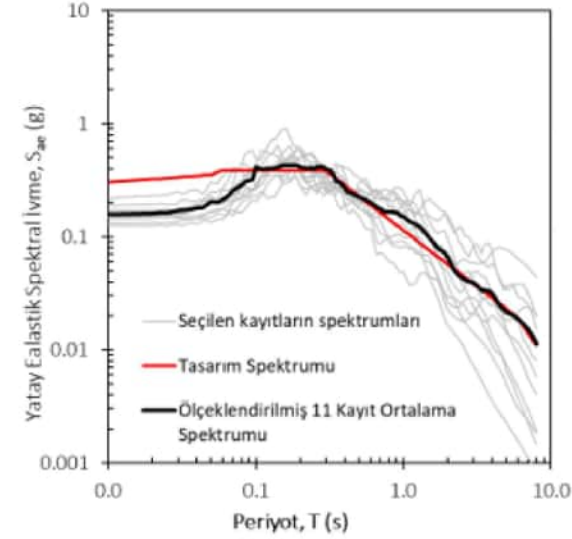
Weights : 1,1,1,1,1,1 (W1,W2, ... Wn)



W

Period (sec)

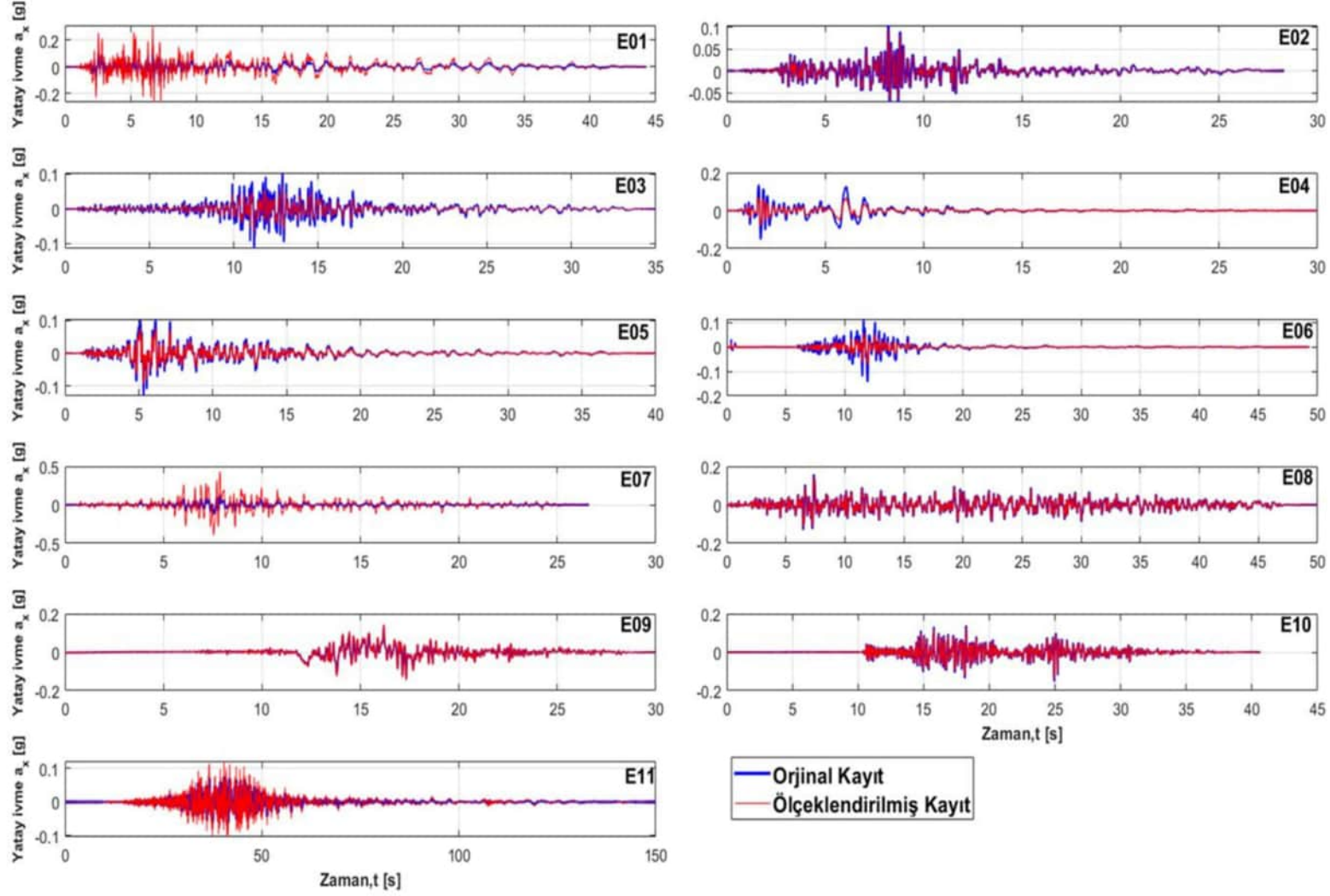
Şekil P10-4: Sahaya uygun deprem kaydı seçmek amacıyla PEER veritabanının filtrelenmesi



Şekil P10-6: Ölçeklendirilmiş 11 kayıt, ortalama ve tasarım spektrumları

Tablo P10-2: GDA sayısal modellerinde kullanılacak deprem kayıtlarına ait özet bilgiler

Deprem No.	RSN	Deprem Adı	Yıl	Büyükölç (Mw)	Fay Tipi	R _{jb} (km)	R _{rup} (km)	V _{s,30} (m/s)	Ölçek Katsayısı
1	28	Parkfield, ABD	1966	6.19	SS	17.6	17.6	408.9	2.01
2	190	Imperial Valley-06, ABD	1979	6.53	SS	24.6	24.6	362.4	0.97
3	288	Irpinia, İtalya	1980	6.90	N	22.5	22.6	561.0	0.54
4	459	Morgan Hill, ABD	1984	6.19	SS	9.9	9.9	663.3	0.37
5	548	Chalfant Valley-02, ABD	1986	6.19	SS	21.6	21.9	370.9	0.58
6	587	Yeni Zelanda	1987	6.60	N	16.1	16.1	551.3	0.35
7	815	Griva, Yunanistan	1990	6.10	N	26.8	29.2	454.6	2.31
8	850	Landers, ABD	1992	7.28	SS	21.8	21.8	362.0	0.64
9	1148	Kocaeli, Türkiye	1999	7.51	SS	10.6	13.5	523.0	0.78
10	1612	Düzce, Türkiye	1999	7.14	SS	4.2	4.2	551.3	0.80
11	6976	Darfield, Yeni Zelanda	1984	7.00	SS	93.7	95.9	424.9	1.46



Halat Kapasitesi

0.6 inçlik (15.2 mm çapında) yedi örgülü tek bir öngermeli halatın (Y1860S7-15,2) karakteristik çekme dayanımı $P_{t,k} = 260$ kN'dur (*prEN 10138-3 veya BS 5896:2012*). Ankraj demetini oluşturan tek bir halat üzerindeki P_0 öngörme yükü, $P_{t,k}$ karakteristik çekme dayanımının % 60'ından fazla olamaz.

Kök Kapasitesi

Ankraj kök bölgesinde oluşması beklenen ankraj nihai çeper sürtünmesi,

- orta sıkı, orta-iri kum zemin için KDYY-Tablo 3.2. esas alarak $\tau_f = 250$ kPa ve
- orta ayrıışmış-ayrıışmış kil-kiltaşı için KDYY-Tablo 3.2. esas alarak ise $\tau_f = 350$ kPa

olarak seçilmiştir. Bu problemde güvenlik sayısı $\xi = 2.5$ olarak alınarak karakteristik değerler hesaplanmıştır (KDYY-Bölüm 3.2.2.3.e). Ankraj delgi çapı $D = 13$ cm ve kök boyu $L_{tb} = 10$ m olan bir ankrajın kök boyunca “ankraj kökü nihai, karakteristik ve tasarım taşıma kapasitesi” değerleri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

Orta sıkı kum tabakası için nihai taşıma kapasitesi:

$$T_f = (\pi \times D \times L_{tb}) \times \tau_f = (\pi \times 0.13 \times 10.0) \times 250.0 \approx 1021 \text{ kN} \quad (\text{P10-2})$$

Orta Ayırışmış-Ayırışmış Kil-Kiltaşı için nihai taşıma kapasitesi:

$$T_f = (\pi \times D \times L_{tb}) \times \tau_f = (\pi \times 0.13 \times 10.0) \times 350.0 \approx 1429 \text{ kN} \quad (\text{P10-3})$$

Orta sıkı kum tabakası için karakteristik ve tasarım taşıma kapasiteleri:

$$T_k = \frac{T_f}{\xi} = \frac{1021}{2.5} = 408 \text{ kN} \quad (\text{P10-4})$$

$$T_d = \frac{T_k}{\gamma_a} = \frac{408}{1.1} = 371.3 \text{ kN} \quad (\text{P10-5})$$

Orta Ayırışmış-Ayırışmış Kil-Kiltaşı için karakteristik ve tasarım taşıma kapasiteleri:

$$T_k = \frac{T_f}{\xi} = \frac{1429}{2.5} = 571.6 \text{ kN} \quad (\text{P10-6})$$

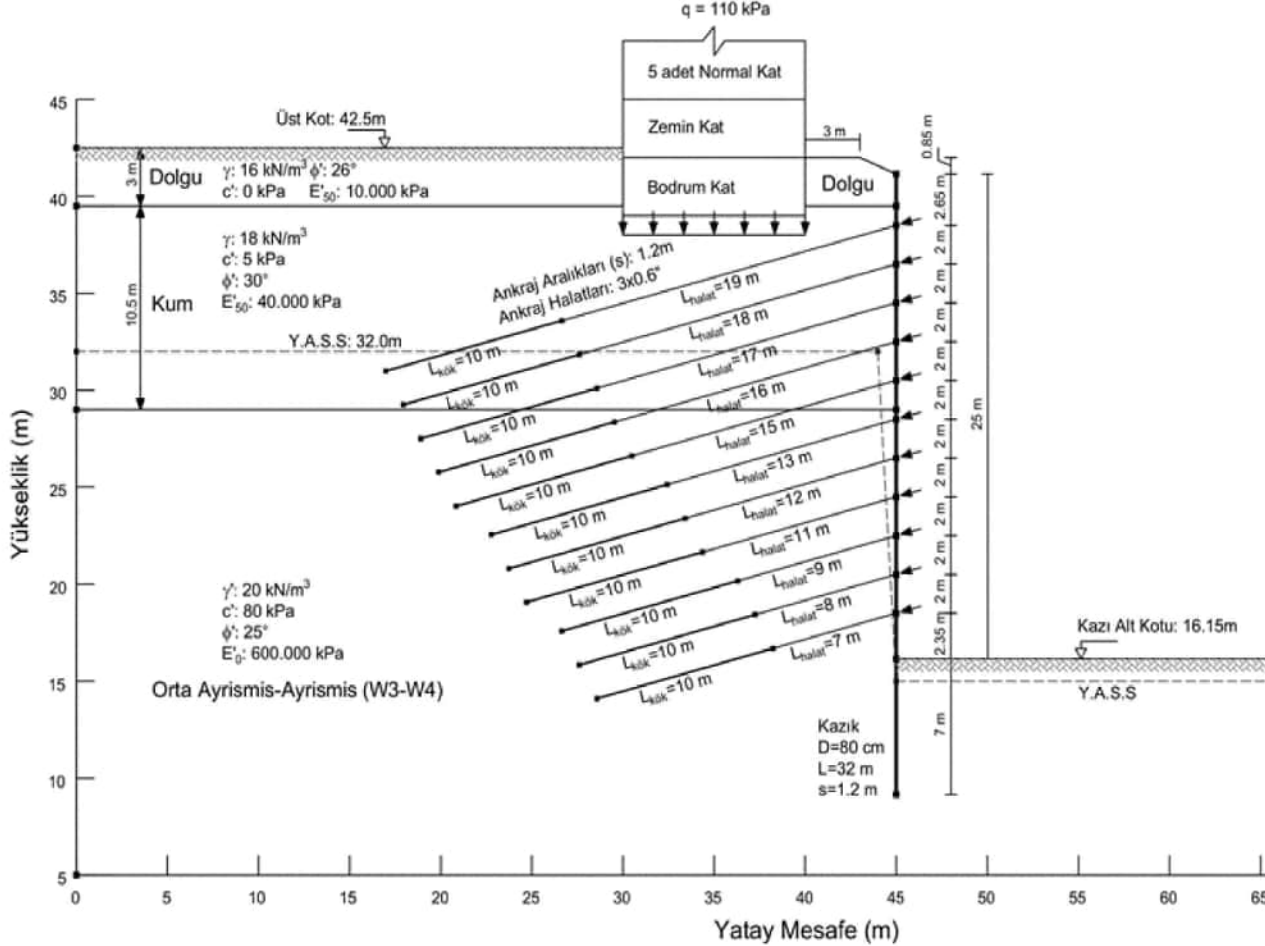
$$T_d = \frac{T_k}{\gamma_a} = \frac{571.6}{1.1} = 519 \text{ kN} \quad (\text{P10-7})$$

Deplasman Kriterleri

Kazı destek yapılarında ve çevre yapılarda, kazı çalışmaları sırasında ve sonucunda meydana gelebilecek deformasyonların üst limitleri KDYY-2.12’de verilmiştir. Buna göre bu problemdeki deplasman limitleri aşağıdaki gibi belirlenmiştir;

- KDYY-2.12.7’de ankrajlı iksa sistemlerinde meydana gelecek yatay deplasmanlar $\delta h/H = \%3$ değerinden (kazı derinliğinin binde üçü) düşük kalacak şekilde bir üst limit olarak kabul edilmektedir. Kazı derinliği 26.35 m olduğu için yatay iksa deplasmanları için $\delta h = 7.9$ cm üst sınır değer olarak kullanılabilir.
- KDYY-2.12.5’te kazı nedeniyle komşu yapılarda meydana gelebilecek dönme miktarı statik yükleme durumunda 1/500 değerini aşmamalıdır. GDA ile yapılan deprem analizlerinde ise çevre binaların tolere edebileceği maksimum dönme 1/250 ile sınırlandırılmıştır.

P10-4. Analizler



Hesap kesitinde;

- Sahada yer altı suyu bulunmasına rağmen düşey iksa elemanların aralıklı kazıklı olmasına,
- Düşey destek eleman çapının $D=100 \text{ cm}$ ve merkezden merkeze mesafesinin $s=120 \text{ cm}$ olmasına,
- Kazık soket boyunun 7.0 m olarak seçilmesine,
- Çevre yapılar bakımından deplasmanların sınırlı tutulması gerekliliği nedeniyle yatay destek elemanlarının öngermeli ankrajlarla teşkil edilmesine,
- Hesap kesitinde on bir sıra öngermeli ankraj kullanılmasına (Şekil P10-8) karar verilmiştir.

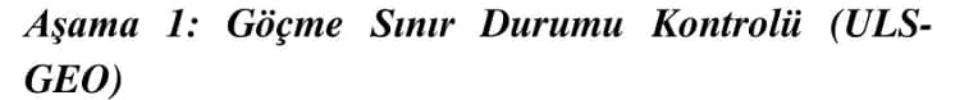
Tasarım Parametreleri

Sonlu elemanlar yazılımlarında gömülü olarak bulunan bünye modellerinin seçimi ve bu bünye modellerinin girdi olarak kullanıcıdan istediği parametreler açıklanmıştır. Bu problemde, statik yükleme durumunda karakteristik zemin parametreleri olarak Tablo P10-1’de yer alan mukavemet ve modül değerleri kullanılmıştır. Sayısal analizlerde, statik yükleme durumunda dolgu ve kum tabaka için Hardening Soil bünye modeli; kıltaşı için Mohr-Coulomb bünye modeli tercih edilmiştir. Ayrıca deprem ve eşdeğer statik hesap aşamalarında, Tablo P10-3’de verilen toplam gerilme parametreleri kullanılmıştır. Dolgu ve orta-sıkı kum tabakası için deprem kayıtları ile analizlerde küçük deformasyon davranışını kayma modülünün kayma birim deformasyon ile değişimini dikkate alan Hardening Soil-Small Strain (HS-Small) bünye modeli kullanılmıştır.

Birim	c (kPa)	ϕ (°)	HSSmall Bünye Modeli					MC Modeli	
			$G_{0,ref}$ (MPa)	$\gamma_{0.7}$ (%)	$E_{ur,ref}$ (MPa)	$E_{50,ref}$ (MPa)	$E_{oed,ref}$ (MPa)	E_{ref} (MPa)	ν
Dolgu	55.0	0	41.0	0.051	96.0	32.0	32.0	-	-
Orta Sıkı Kum	5.0	30	141.0	0.013	339.0	113.0	113.0	-	-
Kıltaşı	175.0	0	-	-	-	-	-	600.0	0.3

Yatay ve düşey destek elemanlarının, kazı destek sisteminin GDA ile SLS ve ULS kontrollerinde fore kazıklar doğrusal elastik bünye modeli ile “*plate*” eleman; ankrajların serbest bölgeleri ise yine doğrusal elastik bünye modeli ve “*node to node anchor*” seçeneği ile hesaplara dahil edilmiştir. Ankrajların zemin ile etkileşiminin modellendiği kök bölgeleri ise “*geogrid*” eleman seçeneği ile GDA'lara tanımlanmıştır. Tablo P10-4'te kullanılan girdi parametreleri gösterilmiştir.

Parametre	Fore Kazık D=1.0 m;	3*0.6'' ankraj halatı s=1.2m	Ankraj kökü, D=0.13m, s=1.2m
Bünye Modeli	Elastik	Elastik	Elastik
Eksenel rijitlik, EA (kN/m)	19.63E6	103.3E3	110.6E3
Eğilme rijitliği, EI (kN.m ² /m)	1.226E6	-	-
Poisson Oranı, ν	0.2	-	-
Yatay mesafe, L (m)	-	1.2	-



Problemin ön tasarımında düzeyde 2.0 m aralıklar ile yerleştirilecek on bir sıra ankraj kullanılmasına karar verilmiş olup, ankrajların boyları sırasıyla 17 ile 29 m arasında olacak şekilde seçilmiştir. Ankrajlar arası yatay mesafe cephe boyunca $s_h=2.0$ m aralıklarla uygulanacaktır. Ankrajların kök boyu $L_{tb}=10$ m ve ankraj delgisine ait shaft çapı $D=13$ cm olarak alınmıştır.

KAZI DESTEK YAPILARI YÖNETMELİĞİ (2022)



TMMOB
İNŞAAT MÜHENDİSLERİ
ODASI

1.187 (ODF)

Partial Factors

Name: KYYY - Tablo 2.1

Name: KYYY - Tablo 2.1

Permanent Point Loads/Surcharge Loads

Favorable: 1 $\gamma_{G, stb}$

Unfavorable: 1.35 $\gamma_{G, dst}$

Variable Point Loads/Surcharge Loads

Favorable: 0 $\gamma_{Q, stb}$

Unfavorable: 1.5 $\gamma_{Q, dst}$

Soil Unit Weight

Favorable: 1 γ_γ

Unfavorable: 1.35 γ_γ

Material Parameters

Effective Cohesion: 1 γ_c

Effective Coefficient of Friction: 1 γ_ϕ

Undrained Strength: 1 γ_{cu}

Shear Strength (Other Models): 1

Reinforcement Parameters

Pullout Resistance: 1.1 γ_a

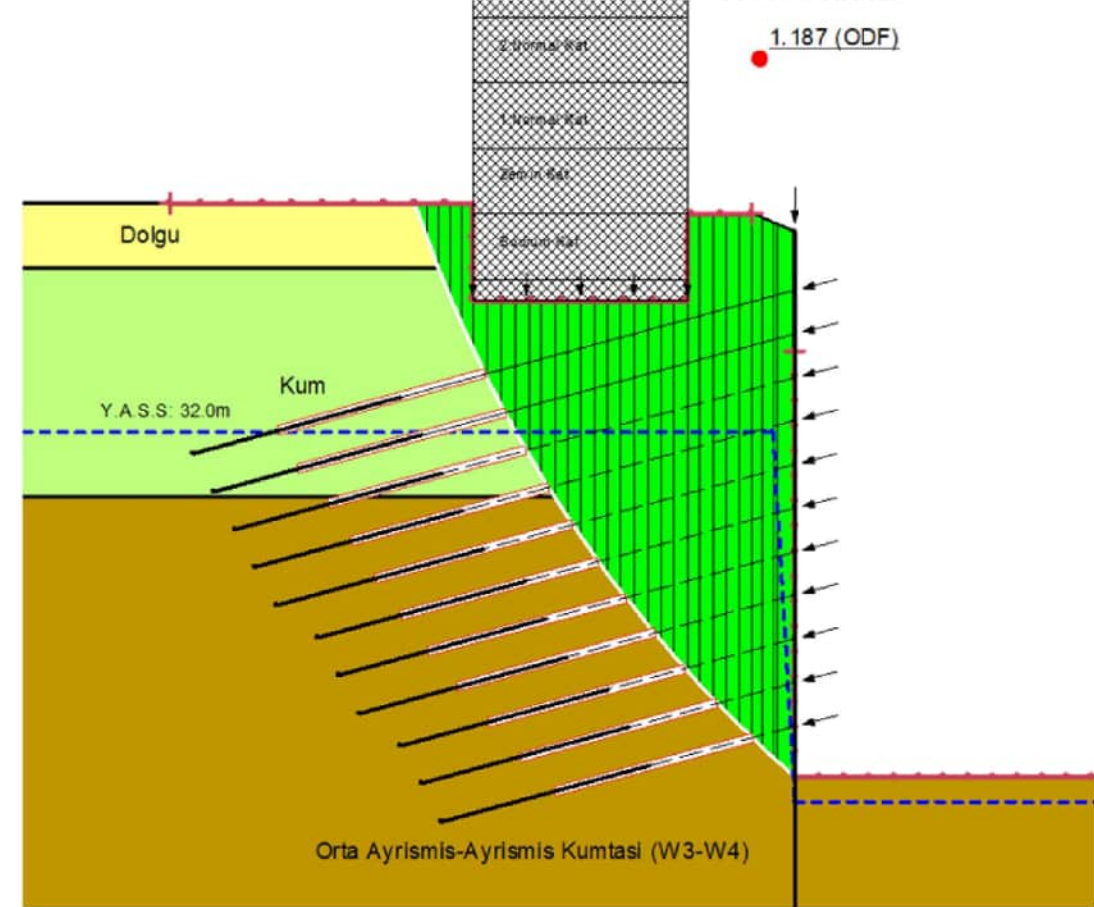
Shear Force: 1.1

Tensile Strength: 1.1

Other Parameters

Seismic Coefficients: 1

Earth Resistance: 1.1 γ_{Re}



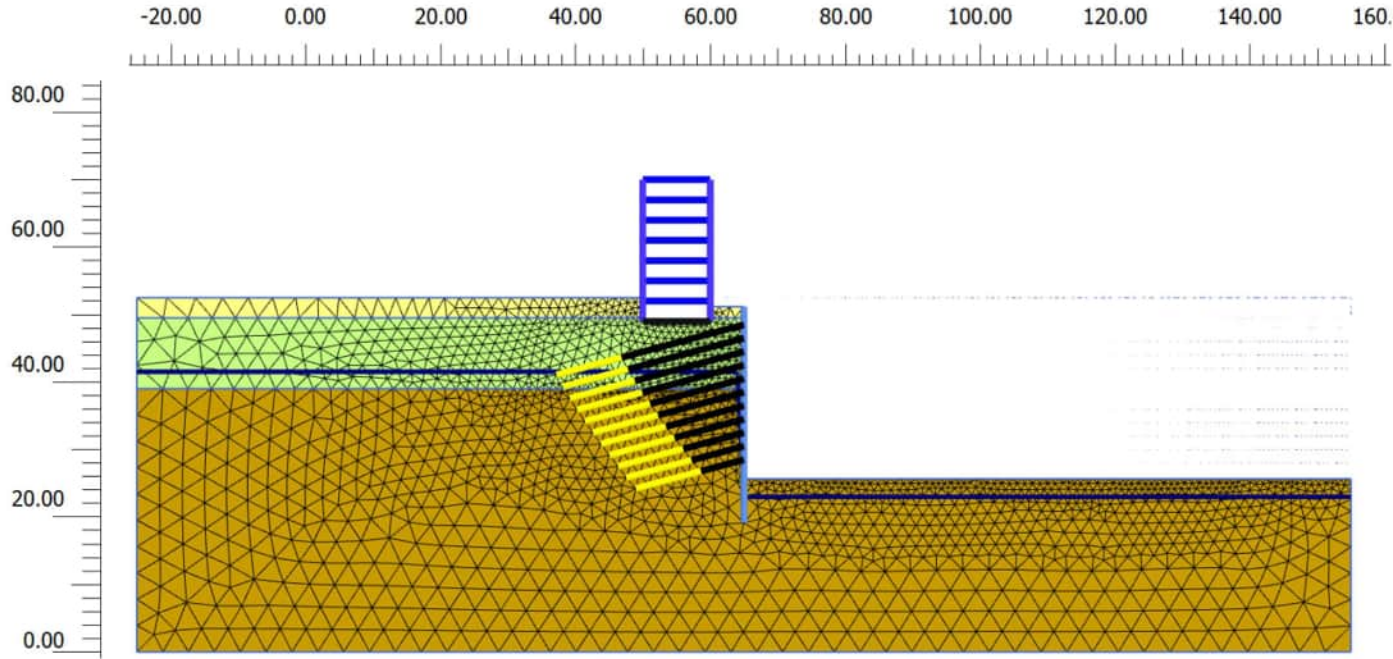
KYYY'de tanımlanan kısmi katsayılar kullanılarak limit denge analizleri yapılmış, $GS \geq 1.0$ şartının sağlandığı kontrol edilmiştir.

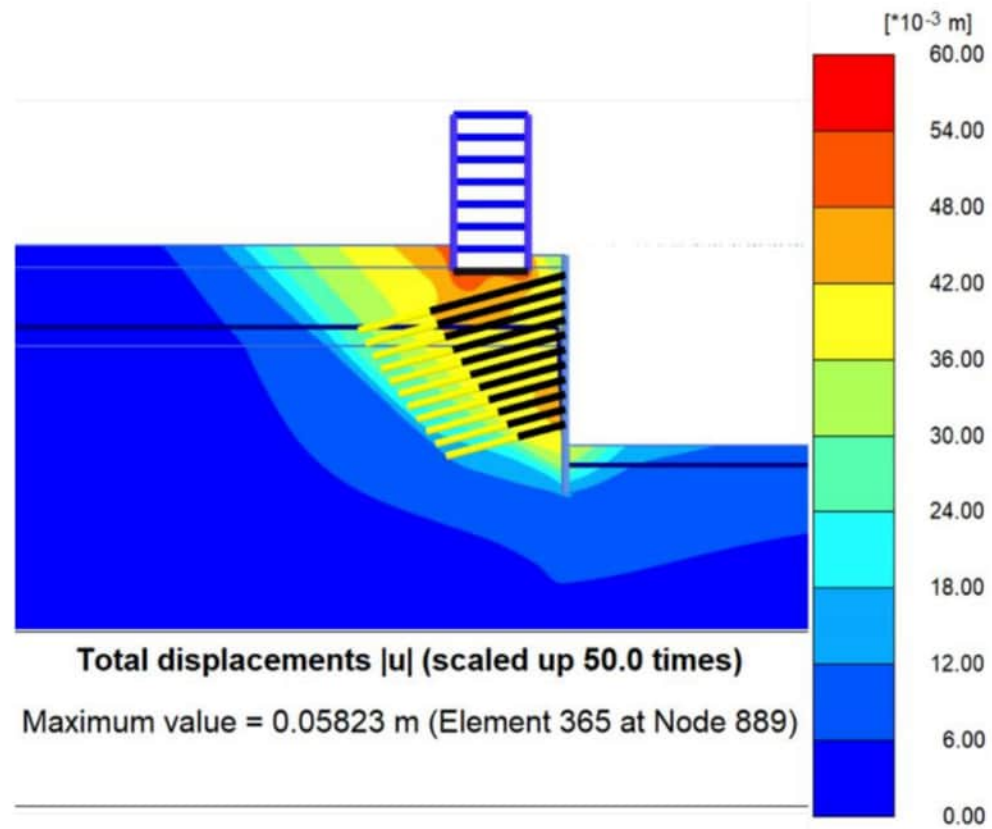
Güvenlik sayısı 1.187 olarak hesaplanmış olup, Aşama 1 için gerekli olan $GS \geq 1.0$ şartı sağlanmıştır.

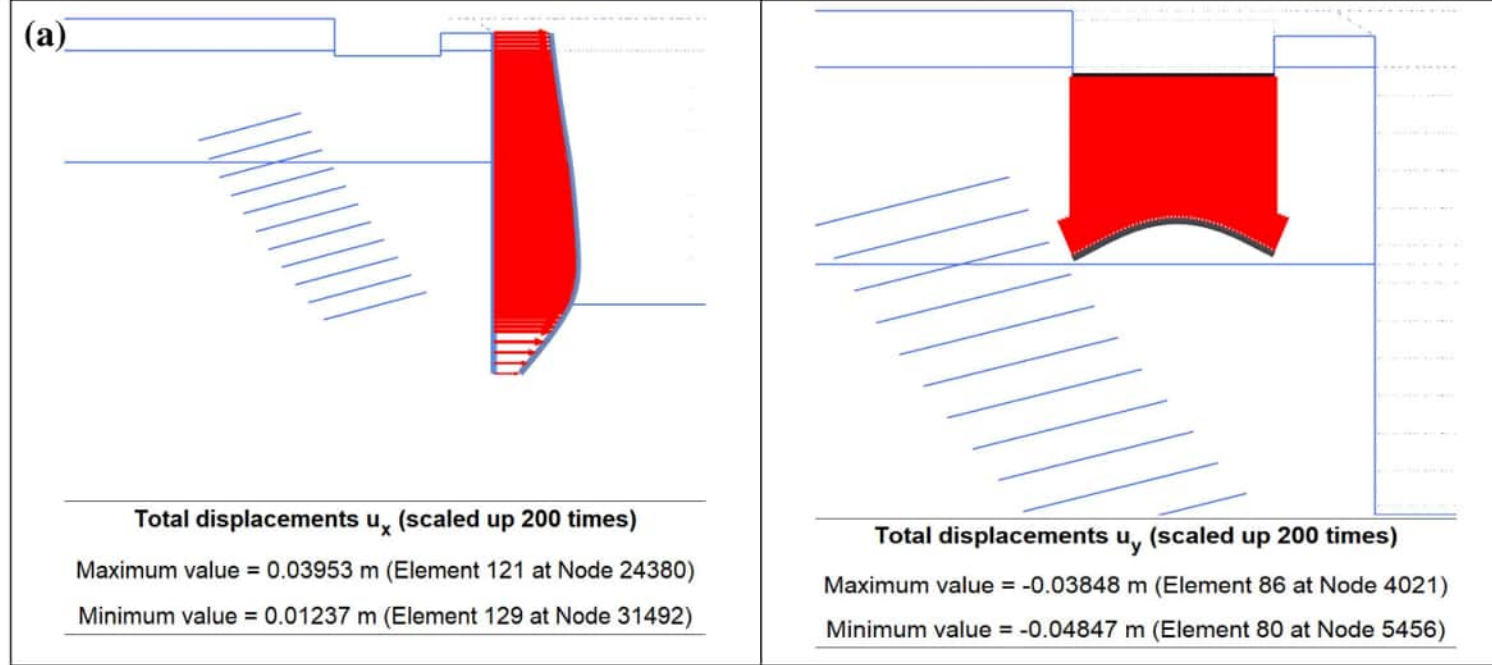
Şekil P4-7: Kısmi faktörlerin LEM programına tanımlanması

Aşama 2: Hizmet Görebilirlik Sınır Durumu Kontrolü (SLS-GEO)

SLS kontrol aşamasında kazı nedeniyle oluşabilecek deplasmanların servis koşulları bakımından izin verilen sınırlar içinde olup olmadığı kontrol edilir. Bu projede deplasmanlar, sonlu elemanlar yöntemini kullanan yazılımlar ile yapılan gerilme deformasyon analizleri sonucunda belirlenmiştir. Daha önce verilen “Kök Kapasitesi” alt başlığında yapılan hesaplarda orta sıkı-sıkı kum zeminde $T_k = 408$ kN ve orta ayrıışmış kumtaşı $T_k = 571.6$ kN olarak hesaplandığı için sayısal modelde kullanılacak $F_{\text{prestress}}$ (ankraj ön germe yükü) değerleri sınır değerlerden daha düşük olmalıdır.







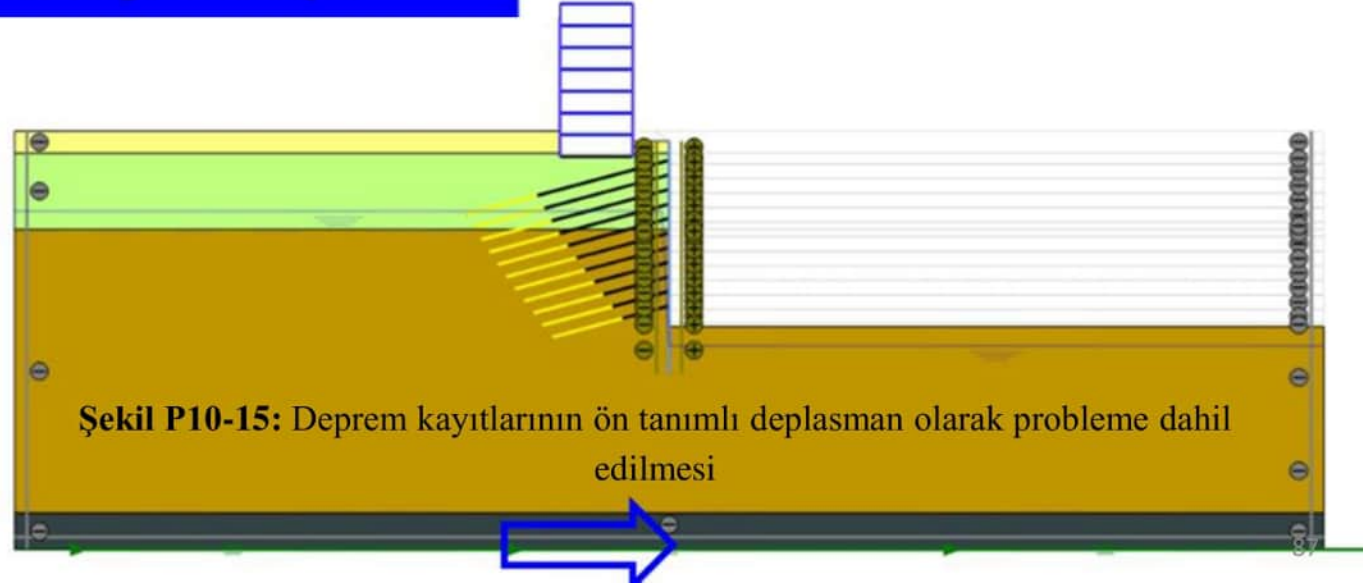
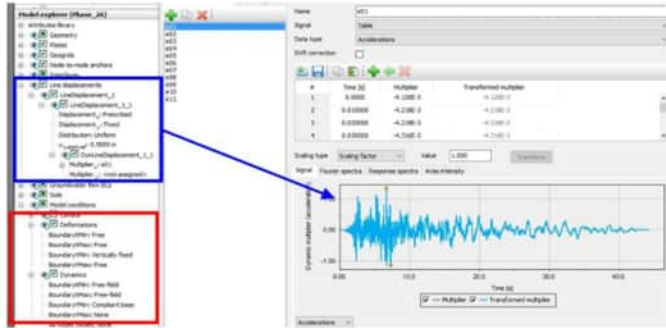
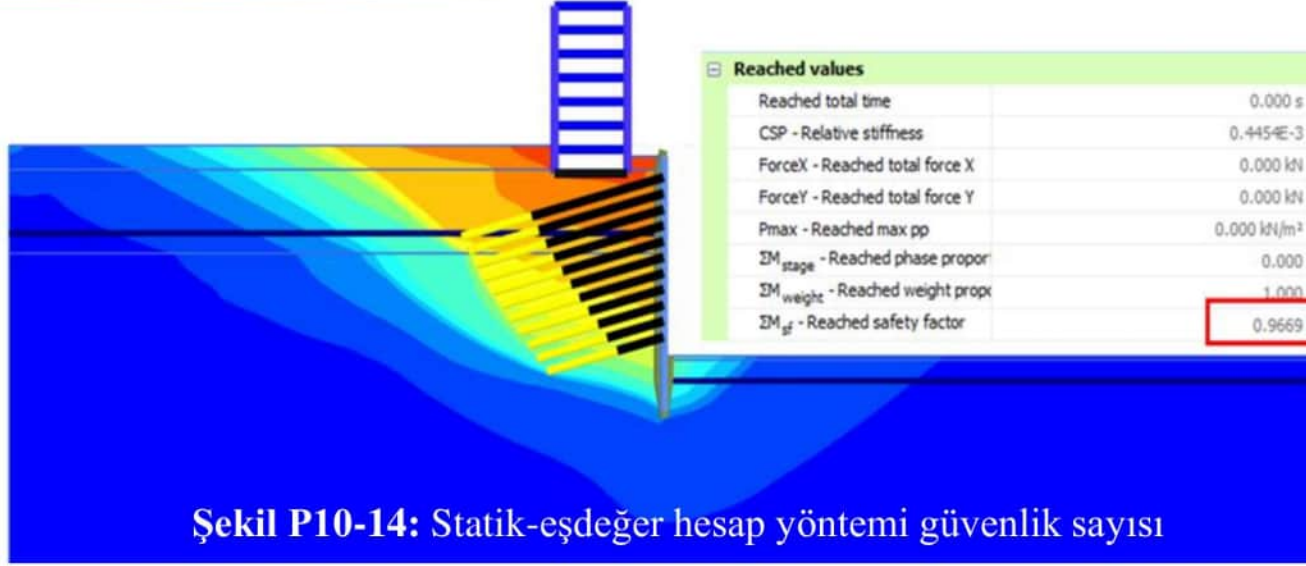
Şekil P10-13: Plansız kazı aşamasında hesaplanan deplasmanlar (a) iksa sisteminde oluşan yatay deplasmanlar ile (b) iksa arkasındaki binanın altında hesaplanan düşey deplasmanlar

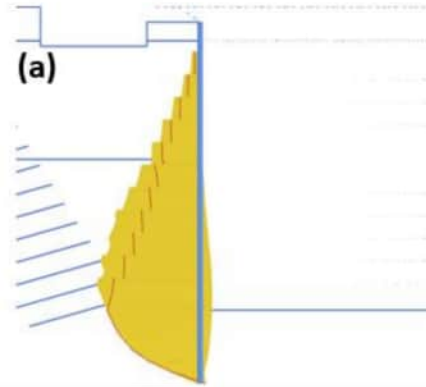
Aşama 3: GDA ile Pseudostatik Durum Kontrolü (ULS-DEPREM)

Bu aşamada KDYY-2.14 içerisinde yer alan Tablo 2.6'da ve Tablo 2.7'deki yönergeler uygulanmıştır. Bu projede incelenen destek yapısı, kazı derinliği $H \geq 15$ m olan Kazı Kategorisi-3 bir kazı sistemi olduğundan KDYY-Tablo-2.7'deki kontrol kriterlerine uygun olarak;

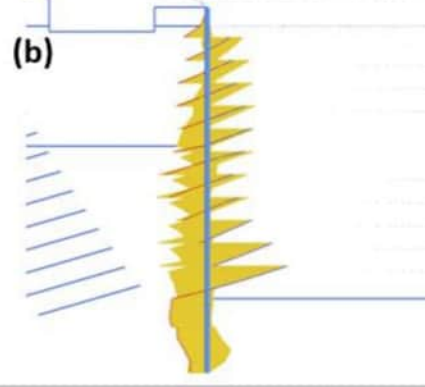
- Yöntem-1 Eşdeğer Statik Hesap ve
- Yöntem-2/Aşama-2, Zaman tanım aralığında Hesap Yöntemleri ile analizler gerçekleştirilmiştir.

Yöntem 1 - Statik Eşdeğer Hesap adımı için bu projenin deprem etkileri bölümünde hesaplanan $k_h=0.208$ değeri yatay ivme katsayısı olarak etkitilmiştir. Derin kazı sistemi için statik-eşdeğer hesap yönteminin uygulandığı sonlu elemanlar analizinde, malzeme ve yük katsayıları 1.0 alınarak çözüm yapılmıştır. Bu analiz sonucunda elde edilen global güvenlik sayısı (GS), Şekil P10-14'de görüldüğü gibi $GS = 0.966 < 1.0$ olmaktadır. Bir sonraki aşamada KDYY-2.14, Tablo 2.7'de önerilen “Yöntem 2 - Şekil Değiştirmeye Göre Hesap: 2.Aşama Zaman Tanım Aralığında Hesap” adımları uygulanmalıdır. Bu amaçla, Şekil P10-6'da ölçekli ve orijinal formları verilen 11 adet gerçek kuvvetli yer hareketi ivme kaydı Şekil P10-15'te gösterildiği gibi GDA'da “ön tanımlı deplasman” olarak tanımlanır.

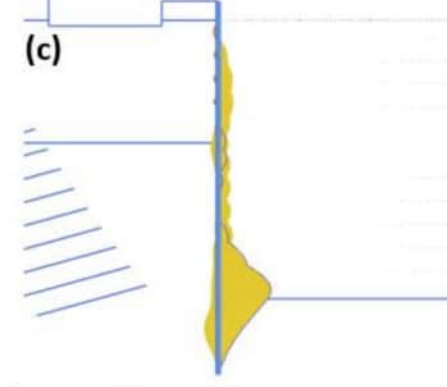




Envelope of Axial forces N (scaled up 0.0100 times)
Maximum value = 109.6 kN/m (Element 125 at Node 27485)
Minimum value = -970.4 kN/m



Envelope of Shear forces Q (scaled up 0.0200 times)
Maximum value = 380.3 kN/m (Element 123 at Node 25614)
Minimum value = -242.0 kN/m



Envelope of Bending moments M (scaled up $5.00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 931.8 kN m/m (Element 125 at Node 27483)
Minimum value = -246.0 kN m/m

Eleman Adı	Normal Kuvvet, N (kN/m)	Kesme Kuvveti, Q (kN/m)	Eğilme Momenti, M (kNm/m)	Ankraj Halat Kuvveti, P_{max} (kN)	Ankraj Kök Kuvveti, T_{max} (kN/m)	Hesap Ankraj Halat Kuvveti $1.35 \cdot P_{max}$ (kN)	Tasarım Ankraj Kök Kuvveti $T_{max} \cdot s \cdot 1.35$ (kN)
Kazık	1099.0	312.3	329.7	-	-	-	-
1.sıra ankraj	-	-	-	352.7	203.2	476.1<760	329.2<408
2.sıra ankraj	-	-	-	354.3	195.1	478.3<760	316.1<408
3.sıra ankraj	-	-	-	354.8	208.5	479.0<760	337.8<408
4.sıra ankraj	-	-	-	403.9	182.3	545.3<760	295.3<571
5.sıra ankraj	-	-	-	402.8	128.5	543.8<760	208.2<571
6.sıra ankraj	-	-	-	405.8	121.8	547.9<760	197.3<571
7.sıra ankraj	-	-	-	406.6	122.2	548.9<760	198.0<571
8.sıra ankraj	-	-	-	407.6	125.0	550.3<760	202.5<571
9.sıra ankraj	-	-	-	401.0	129.7	541.4<760	210.1<571
10.sıra ankraj	-	-	-	411.3	137.0	555.3<760	221.9<571
11.sıra ankraj	-	-	-	414.1	165.2	559.1<760	267.6<571

Hesaplanan Kesit tesiri (ULS-Deprem) * Kazık aralıkları = Tasarım kesit tesiri			
	Hesaplanan Kesit tesiri (kN/m) - (kNm/m)	Kazık aralığı (m)	Tasarım kesit tesiri (kN) - (kNm)
Eksenel kuvvet (kN)	1346.2	1.2	1615.4
Kesme kuvveti (kN)	355.3	1.2	426.4
Eğilme momenti (kNm)	433.1	1.2	520.0