

# Geoteknik Mühendisliğinde Performansa Bağlı Tasarım ve Uygulamalar

İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI (İMO) İSTANBUL ŞUBESİ

DR. BARAN ÖZSOY

27/28/29 ARALIK 2016



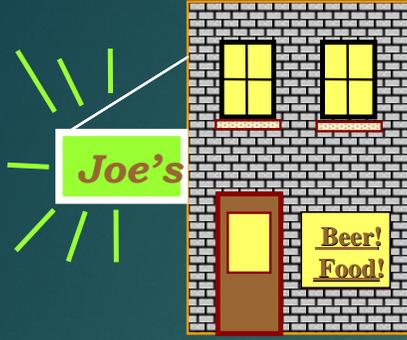
## Konu Başlıkları:

- ❑ İnşaat mühendisliğinde performansa bağlı tasarım prensipleri (Statik & Deprem)
- ❑ Farklı zemin tabakaları üzerine oturan bir radye temel uygulaması
- ❑ Geçici öngermeli anrajlı bir duvar projesi
- ❑ Kalıcı zemin çivili bir duvar uygulaması
- ❑ Kalıcı öngermeli ankrajlı bir duvar projesi
- ❑ Sonuç ve Öneriler



# Yapısal Deprem Performans Seçimi

4



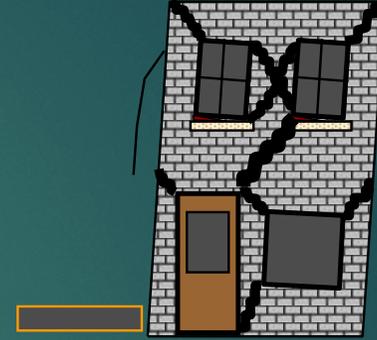
*Operasyonel*



*Ani  
Kullanım*



*Can  
Güvenliği*



*Göçmenin  
Önlenmesi*

*Operasyonel* – Bina üzerinde önemsiz hasar

*Ani Kullanım* – Bina oturma için güvenlidir ancak temizlik ve onarım gerekebilir

*Can Güvenliği* – Bina deprem sırasında güvenli ama sonrasında olmayabilir

*Göçmenin Önlenmesi* – Bina göçmenin eşiğinde muhtemelen tamamen



## Performans Kriterlerinin Tanımlanması

5

### Performans Aşımı Deyince Ne Anlıyoruz?

- 🚧 Hesaplanan Kesit Tesirlerinin Kapasiteyi Aşması
- 🚧 Güvenlik Faktörlerin Aşılması
- 🚧 Aşırı Deformasyonlar
- 🚧 Fiziksel Hasarlar Oluşması
- 🚧 Can ve Mal Kayıpları

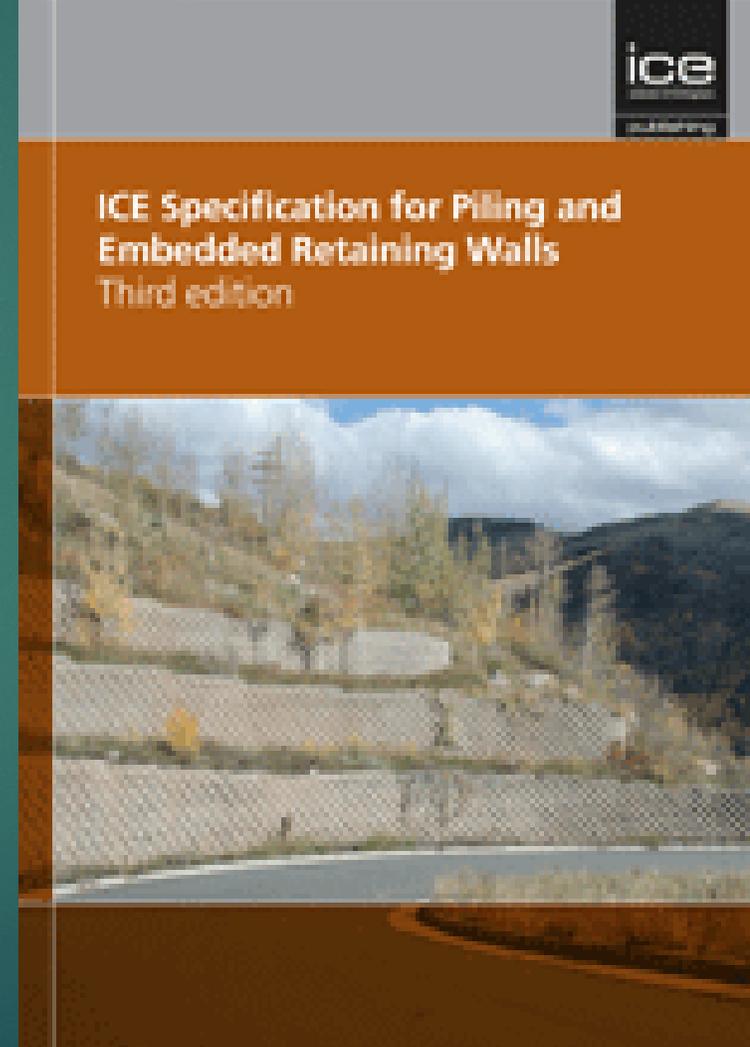
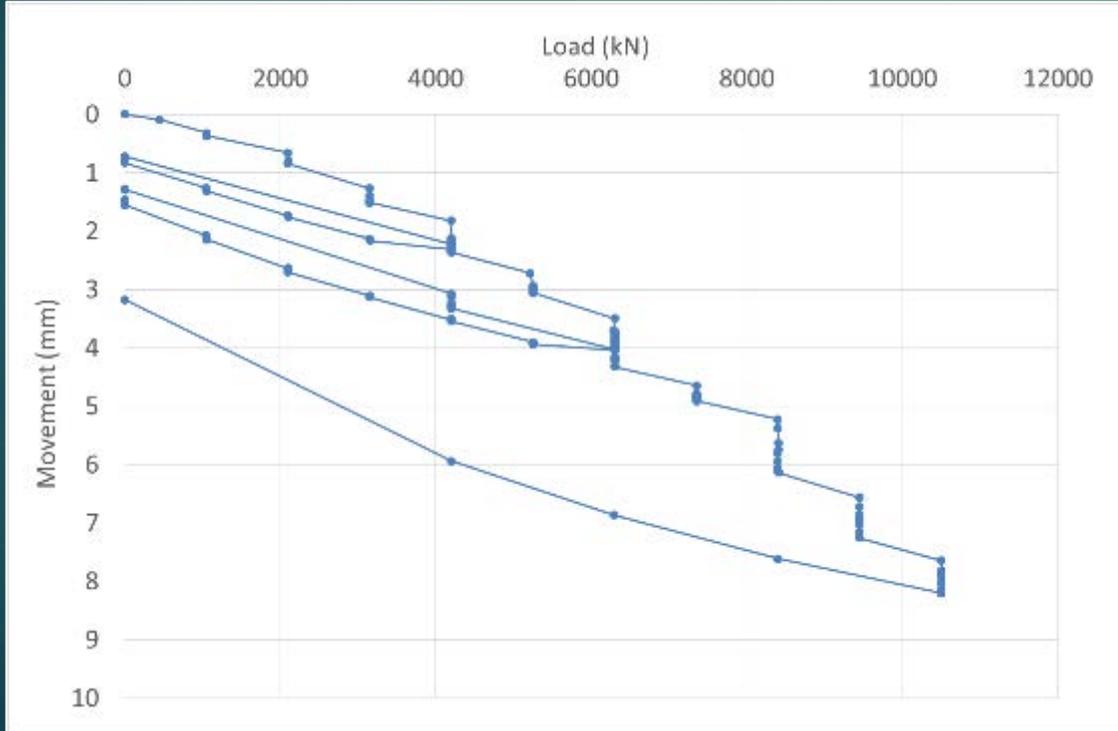
## Bina Temel Oturma Performans Kriterleri - Eurocode 7 (BS EN 1997)

Tanımlama	Değer	Açıklama
Limit Oturma Değeri (mm)	50mm	İsole temellerden oluşan normal yapılar için verilmiştir.
Limit Diferansiyel Oturma Değeri	1/300 – 1/2,000	Açık çerçeve sistemler, dolgulu çerçeveler ve taşıyıcı sürekli tuğla duvarlar için değer aralığı
	1/500	Normal Yapılar
Gözlemlenen Müsade Edilemeyecek Diferansiyel Oturma Değeri (rad)	1/150	Nihai hasar sınırı

## Test Kazığı Performans Kriterleri

- 🏗️  $\delta \leq 10\text{mm}$  (İşletme Yüğü Altında) ve resüdel oturma  $\leq 5\text{mm}$
- 🏗️  $\delta \leq 15\text{mm}$  (1.5 x İşletme Yüğü)
- 🏗️  $\delta \leq \%10 * D$  (Nihai yük altında)

Tekil Kazık Oturması < Kazık Grup Oturması



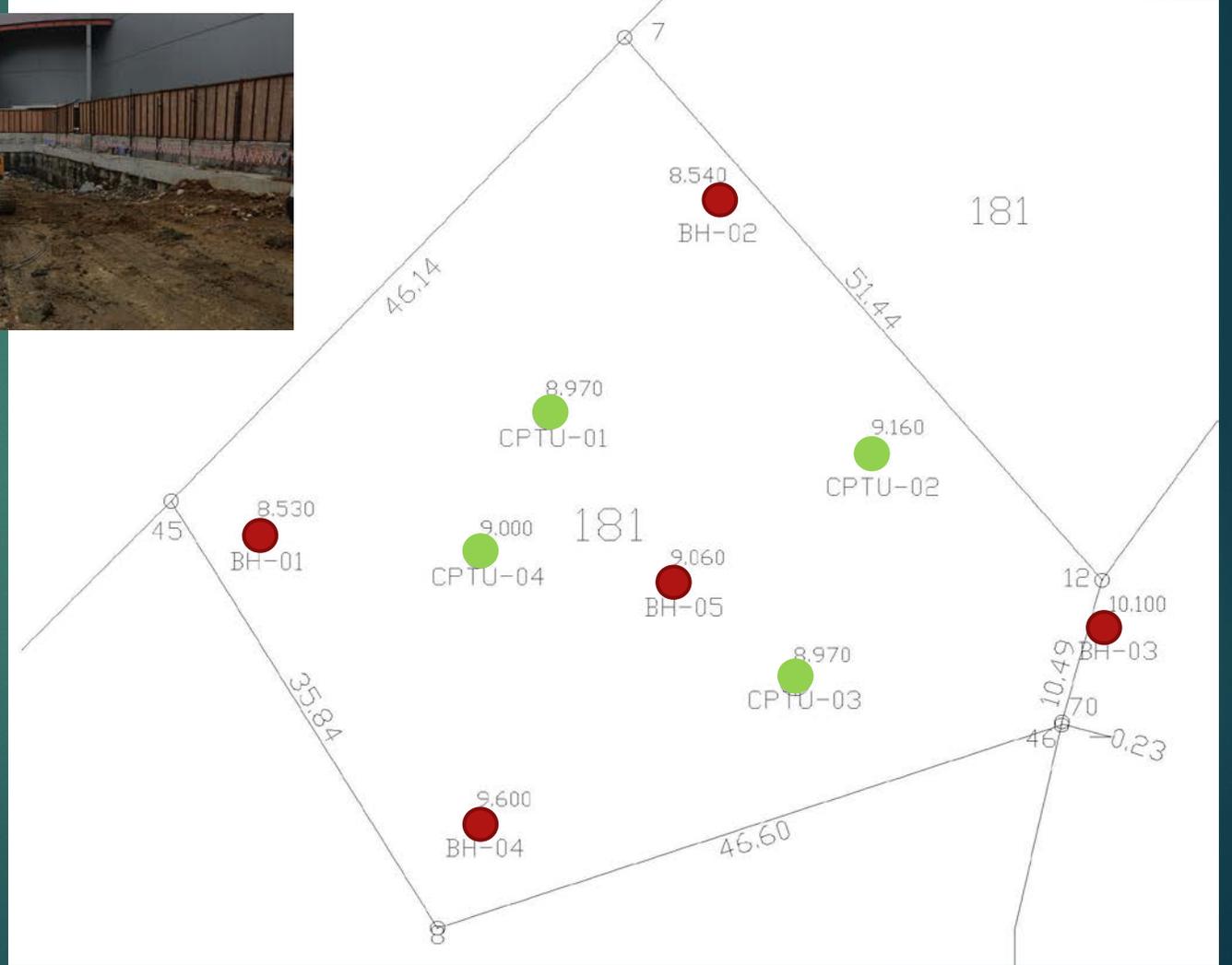
## Derin Kazı Sistemleri İçin Deformasyona Bağlı Performans Kriterleri

No	Sınır Tanımı	Kritik Yatay Deformasyon Değeri ( $\delta$ )	Alınacak önlemler
1	Yeşil Limit	$\delta \leq \%0.1H$	Herhangi bir ilave önlem alınmadan okumalar ve inşaat kademeleri normal seyrinde devam ettirilecektir.
2	Sarı Limit	$\%0.1H < \delta \leq \%0.2H$	Okumalar günlük gerçekleştirilecek ve test sayısı arttırılacaktır. Ayrıca tasarım ve uygulama kayıtları gözden geçirilecek ve gerekirse ilave ankrajlar yerleştirilecektir.
3	Kırmızı Limit	$\delta > \%0.3H$	Kazı durdurulacak ve açık bölgeler varsa acil geri dolgu yapılacaktır. Deformasyonun kritik değeri aştığı bölgedeki imalat durdurulacak ve gerekiyorsa proje revizyonuna gidilecektir.

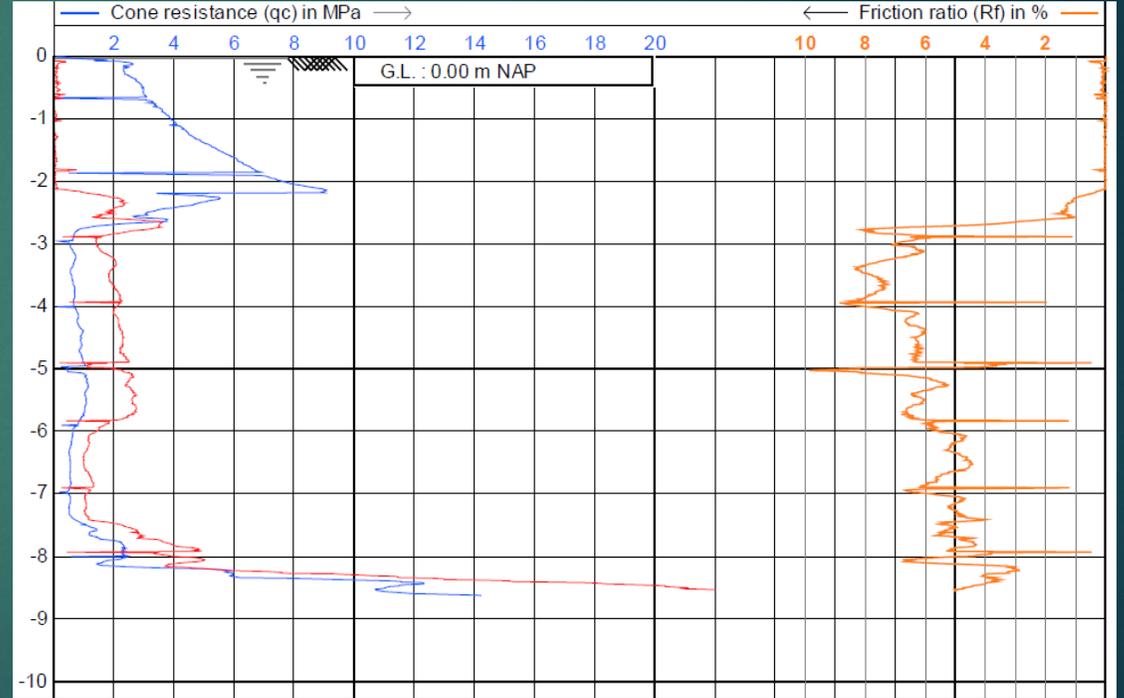


# Bikur Yapı Kağıthane Ofis Projesi

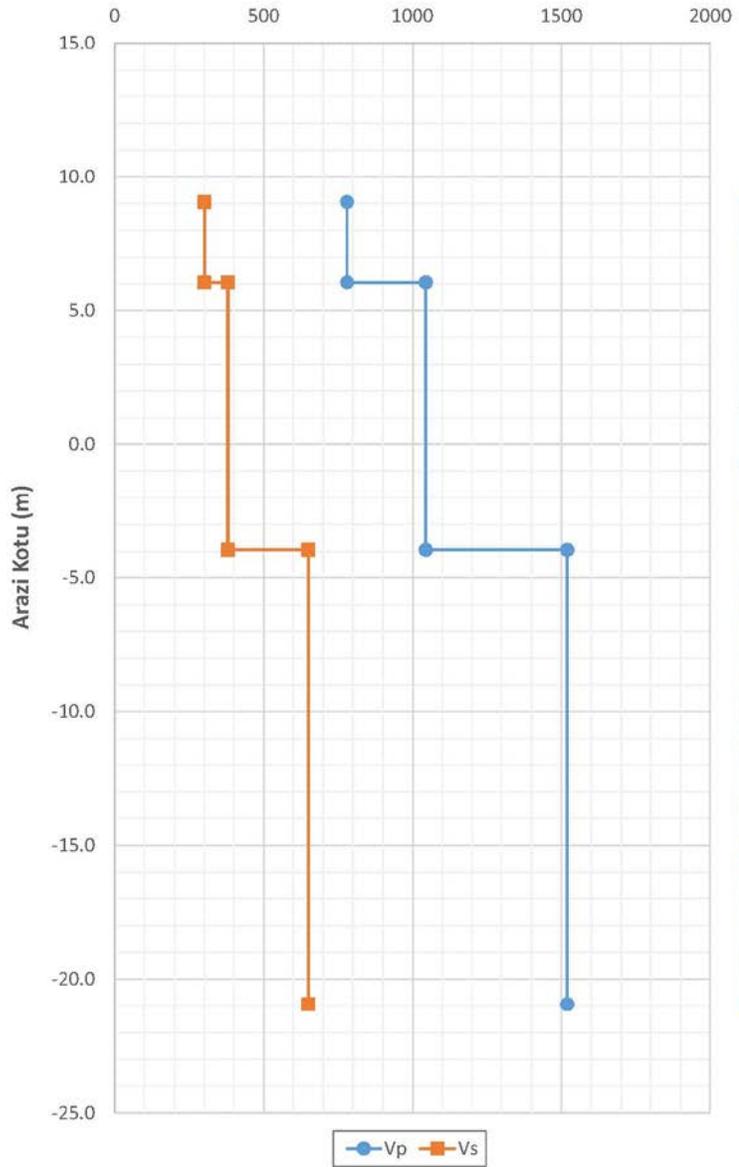
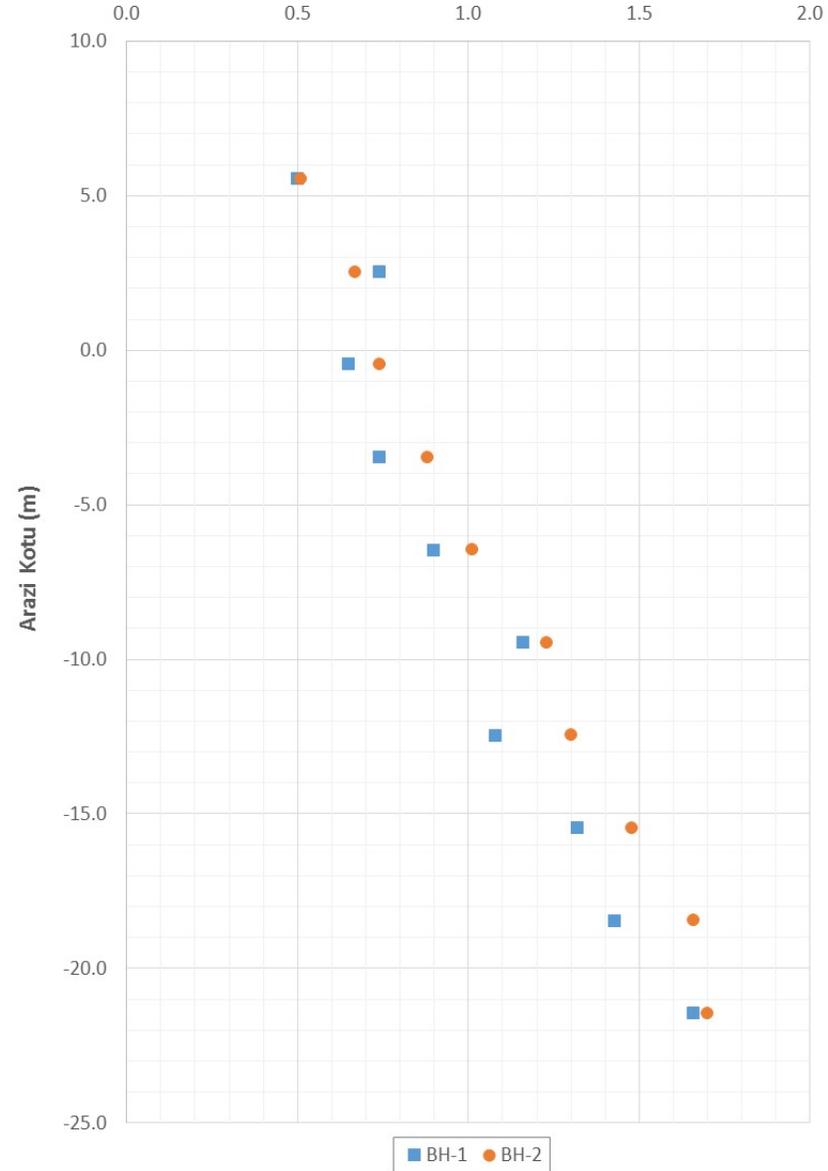
(NYS Proje Danışmanlık İnşaat Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti.)



Sondaj derinliği (m.)	Numune No	Numune Derinliği (m.)	Numune Türü	Yer altı suyu	Zemin Deneyleri				Kaya Özellikleri				SPT-Grafiği	Litoloji	Tabaka Kotu	Zemin Tanımlaması	
					SPT				% Ornek (CR)	Tamçaplı Ornek (SCR) %	RQD %	Ayrışma Derecesi					Çatlak Sıklığı (# m)
					Darbe Sayısı												
					Muh. Borusu	0-15	15-30	30-45									
1														8.13	DOLGU+BETON		
2														7.03	KUMLU SİLTİ KİL Gri-yeşil renklidir. Plastik kıvamlıdır. Yer yer Polijenik çakıllıdır.		
3																	
4			UD			3	5	6	11							KUMLU SİLTİ KİL Bej-kahve renklidir. Polijenik çakıllı ve mangan nodüllüdür.	
5						5	7	7	14								
6			UD			5	5	6	11								
7																	
8			SPT UD			8	9	9	18								
9																	
10			UD			8	10	12	24							W5	

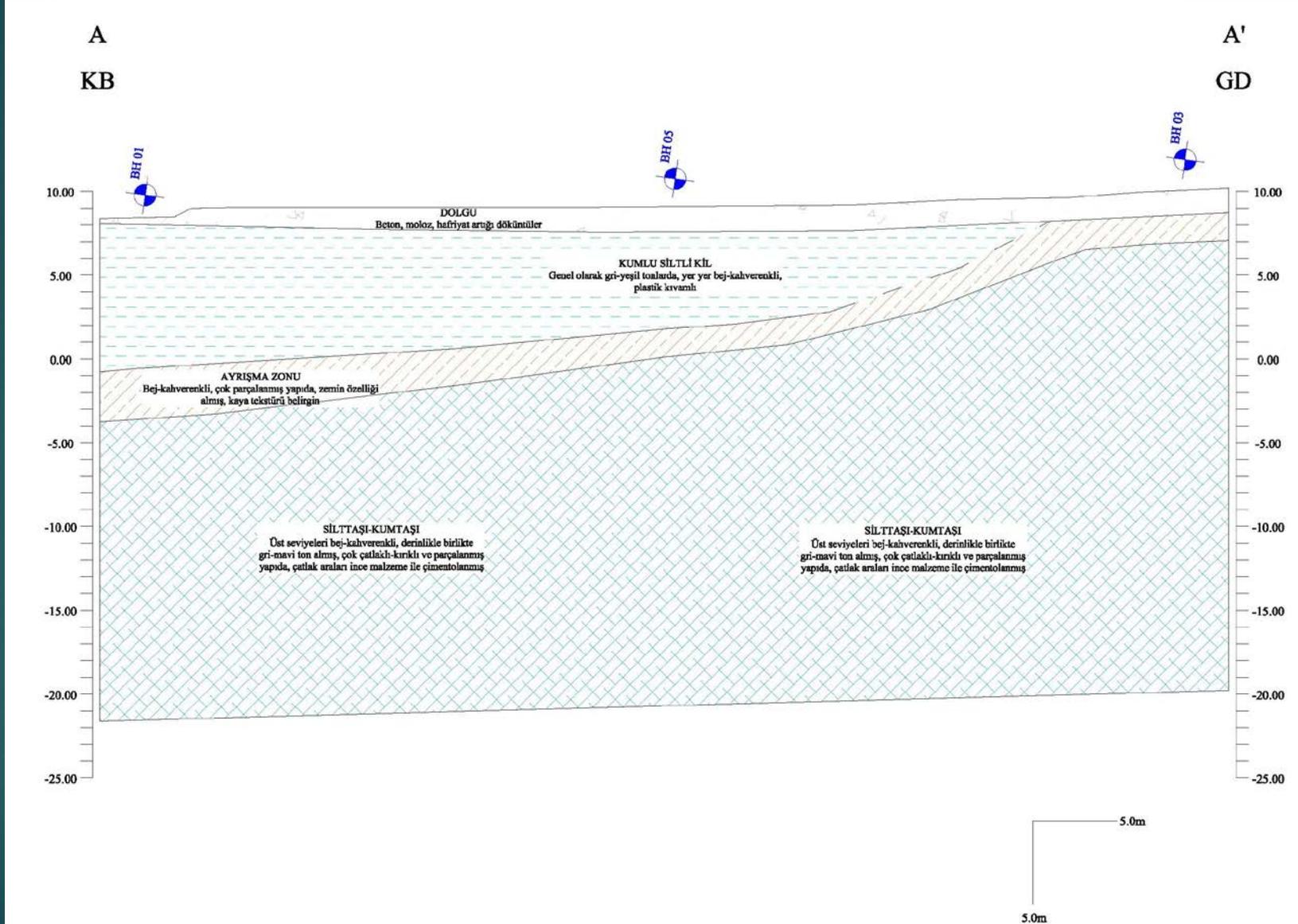


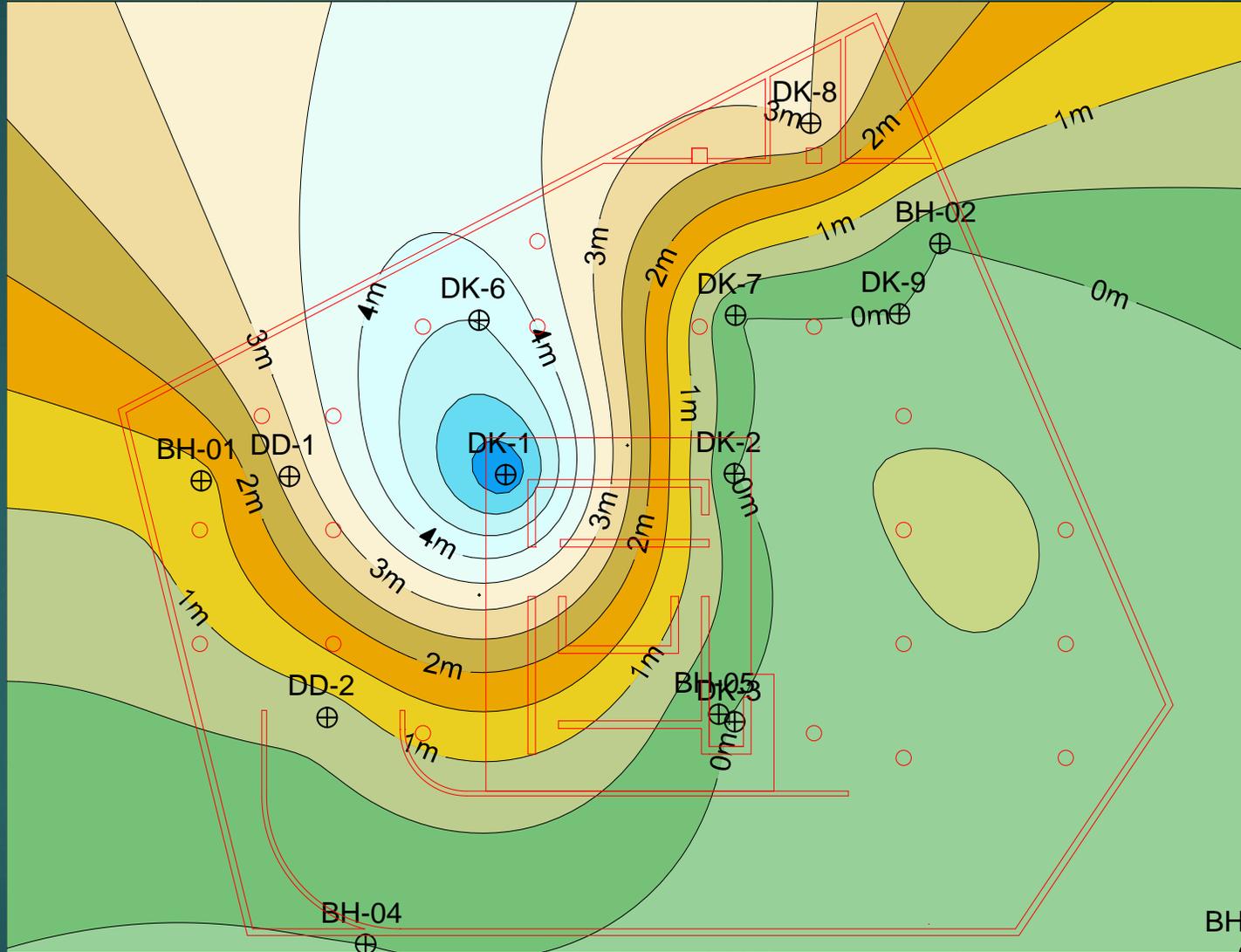
Aşağı Kuyu Deneyi Hız Ölçümü (m/s)

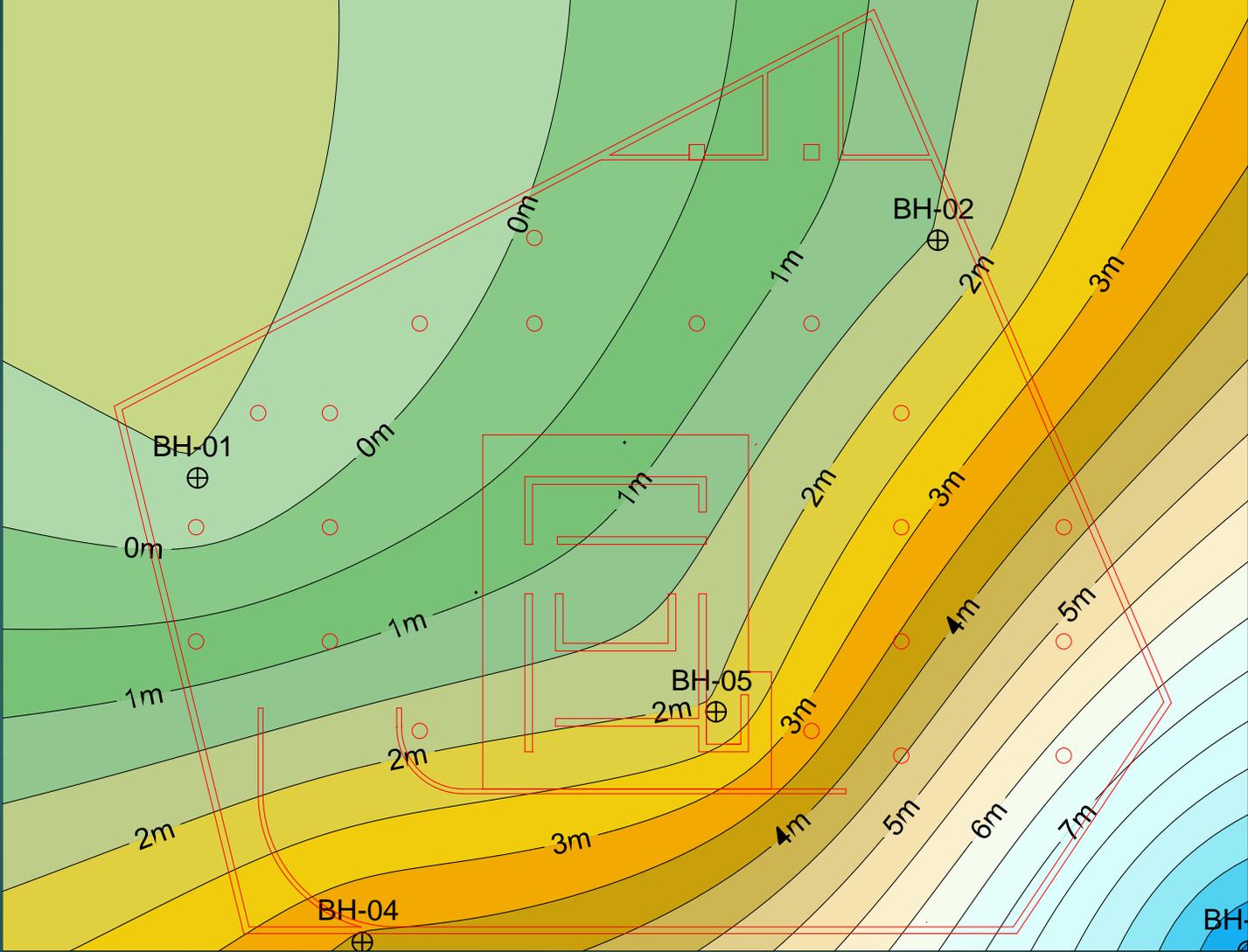
Presiyometre Limit Basıncı  $P_l^*$  (MPa)

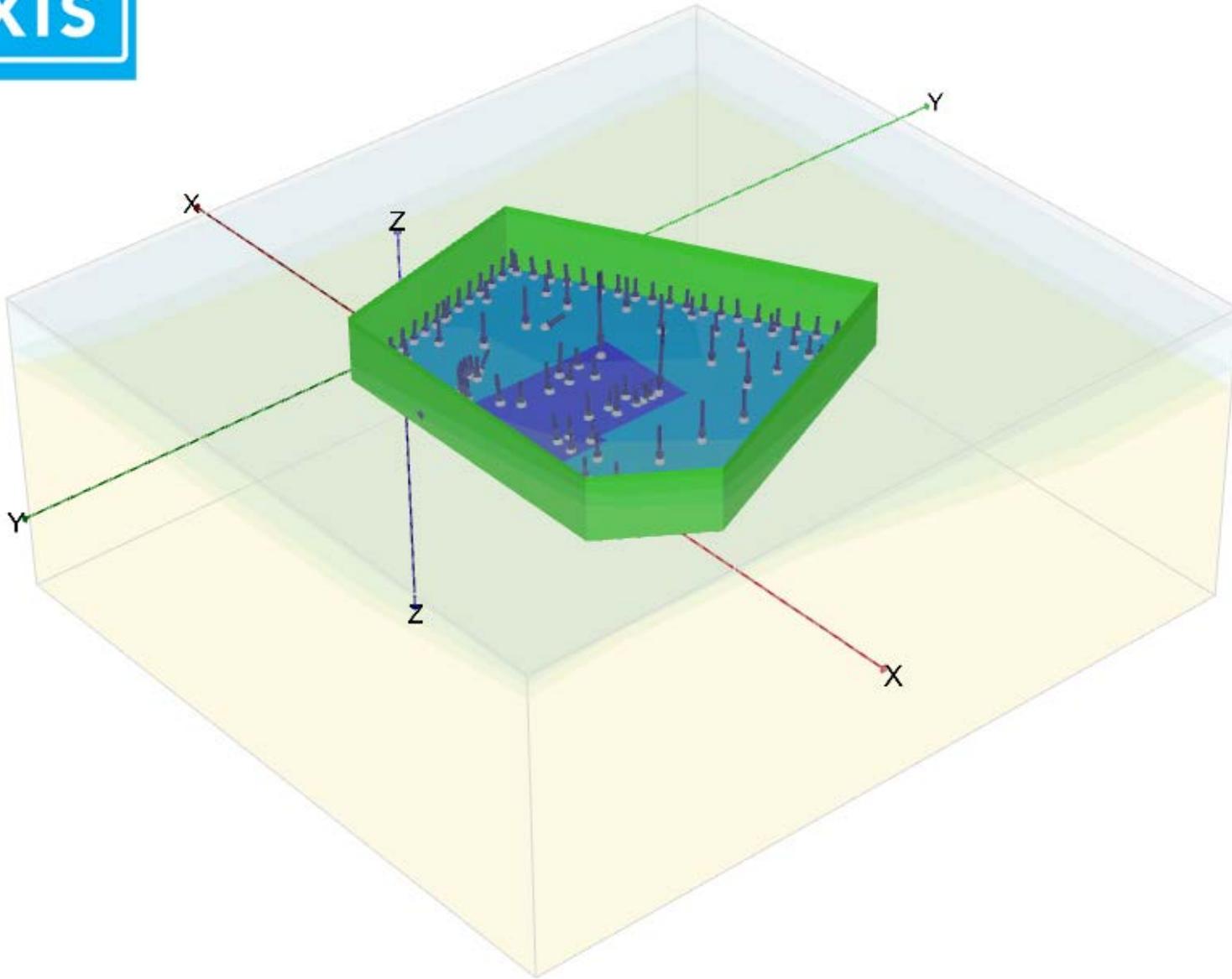
Zemin Etüd Çalışmaları





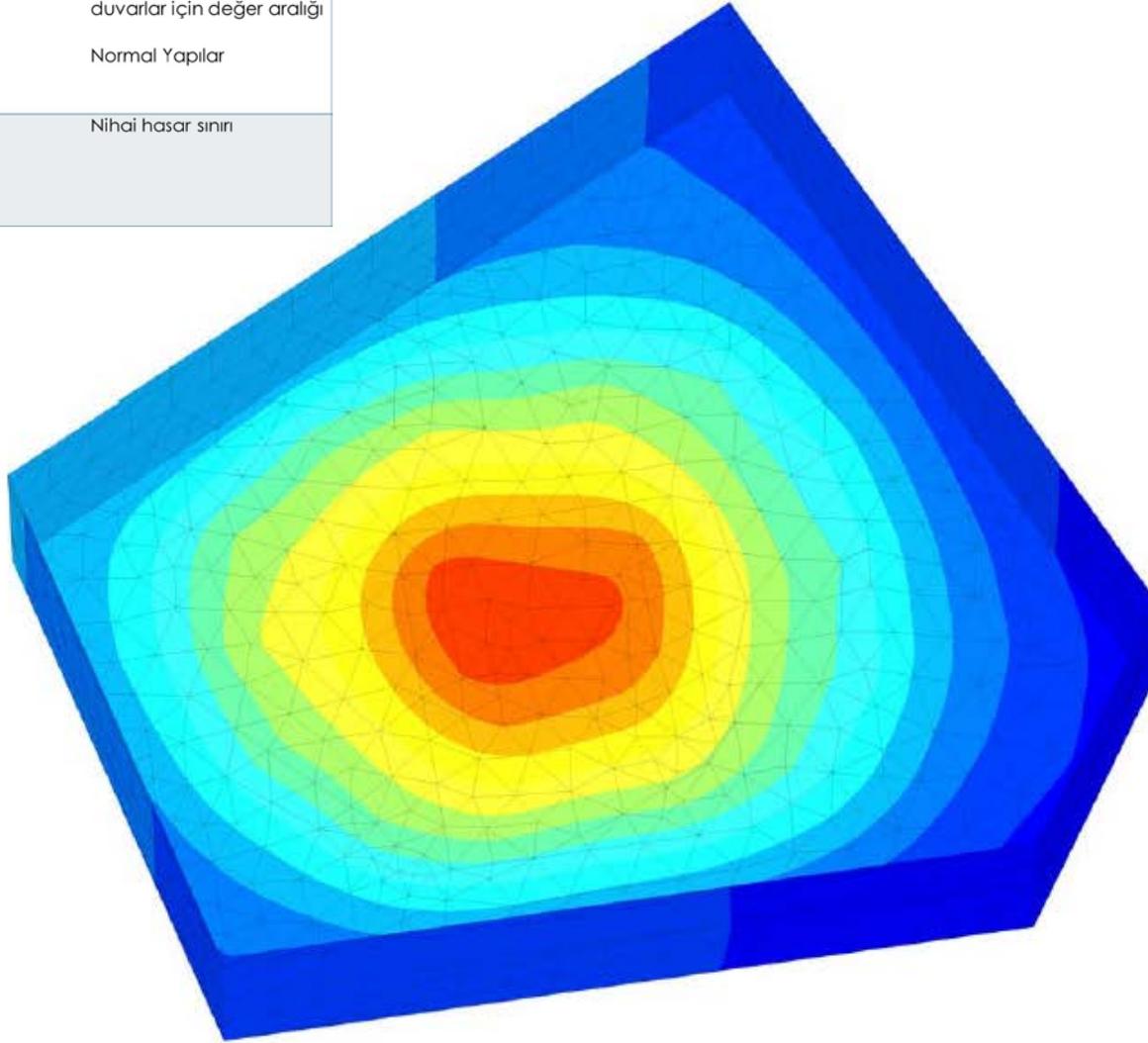
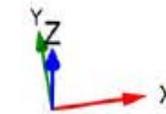
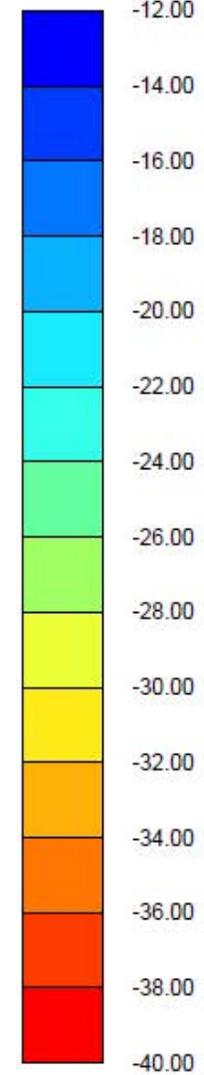








Tanımlama	Değer	Açıklama
Limit Oturma Değeri (mm)	50mm	İsole temellerden oluşan normal yapılar için verilmiştir.
Limit Diferansiyel Oturma Değeri	1/300 – 1/2.000	Açık çerçeve sistemler, dolgulu çerçeveler ve taşıyıcı sürekli tuğla duvarlar için değer aralığı
	1/500	Normal Yapılar
Gözlemlenen Müsade Edilemeyecek Diferansiyel Oturma Değeri (rad)	1/150	Nihai hasar sınırı

Total displacements  $u_z$ [\*10<sup>-3</sup> m]

3D Temel  
Taşıma  
Gücü ve  
Oturma  
Analizleri

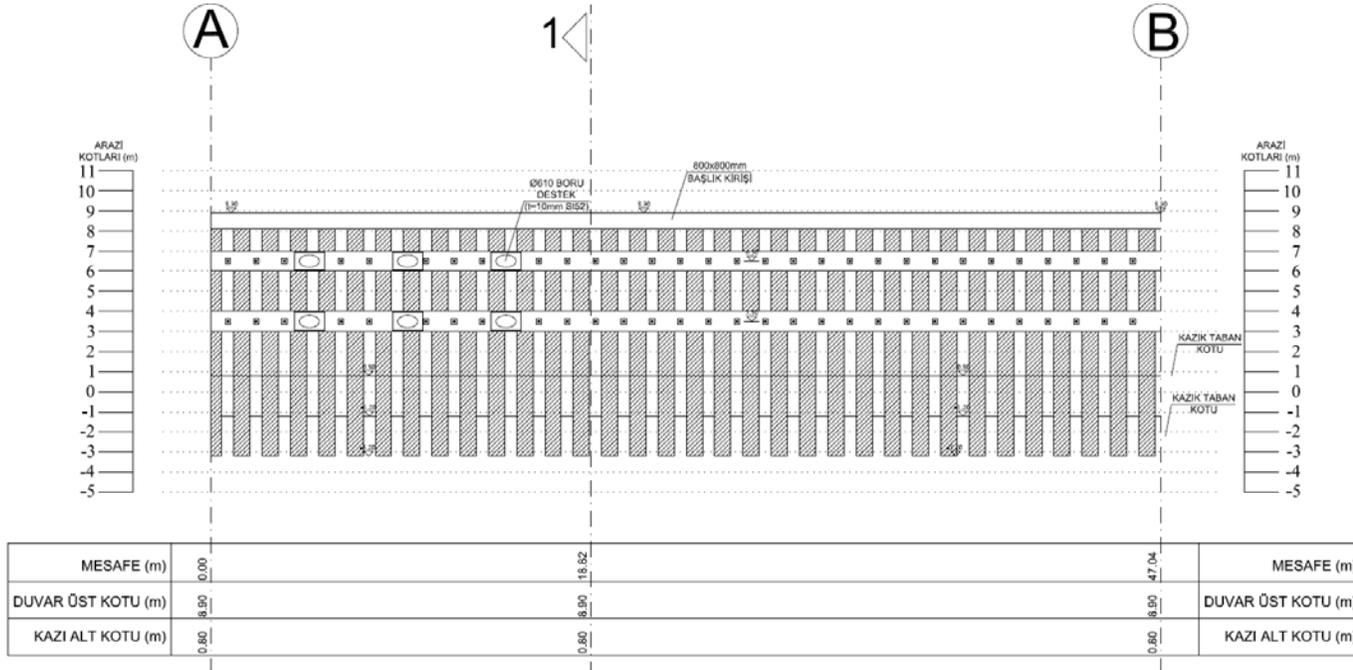


Temel Taban Kotu



Kazıklı Temel Çalışmaları

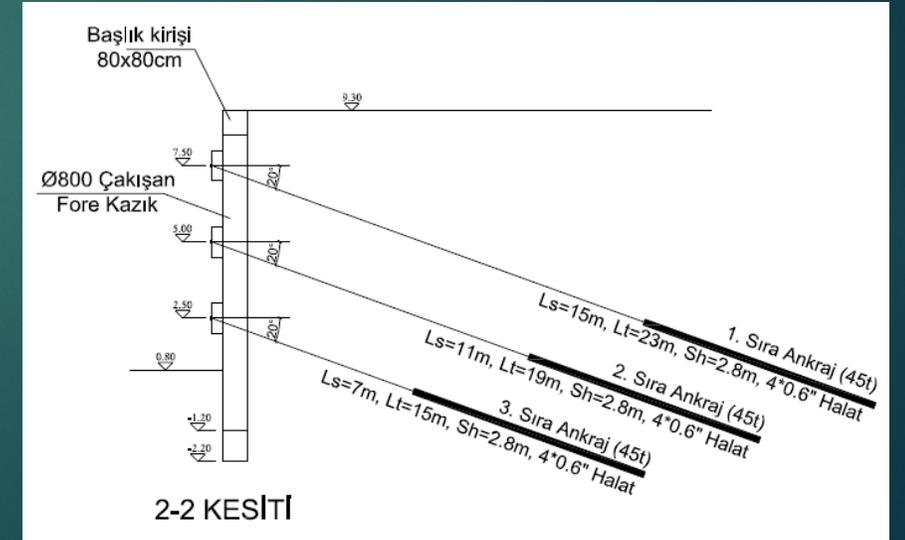
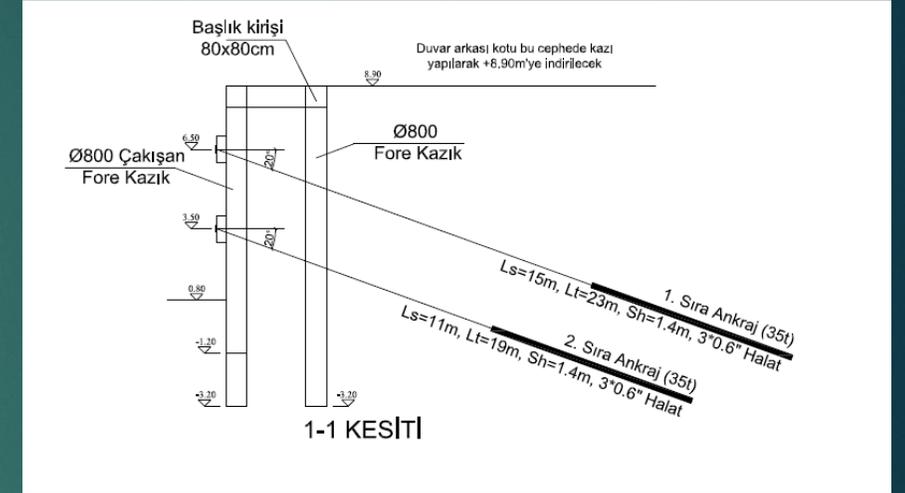
## Konsept İksa Tasarımı



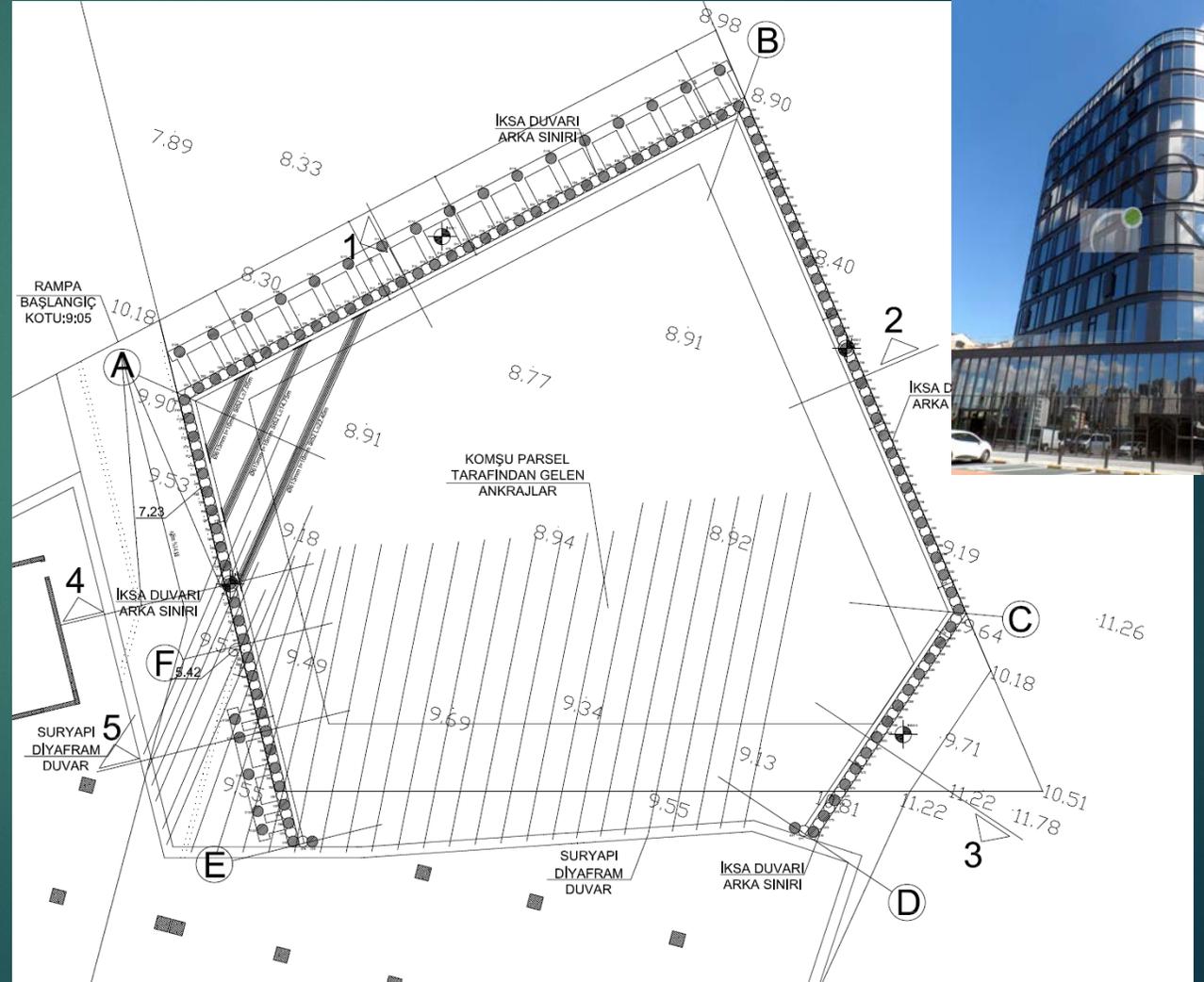
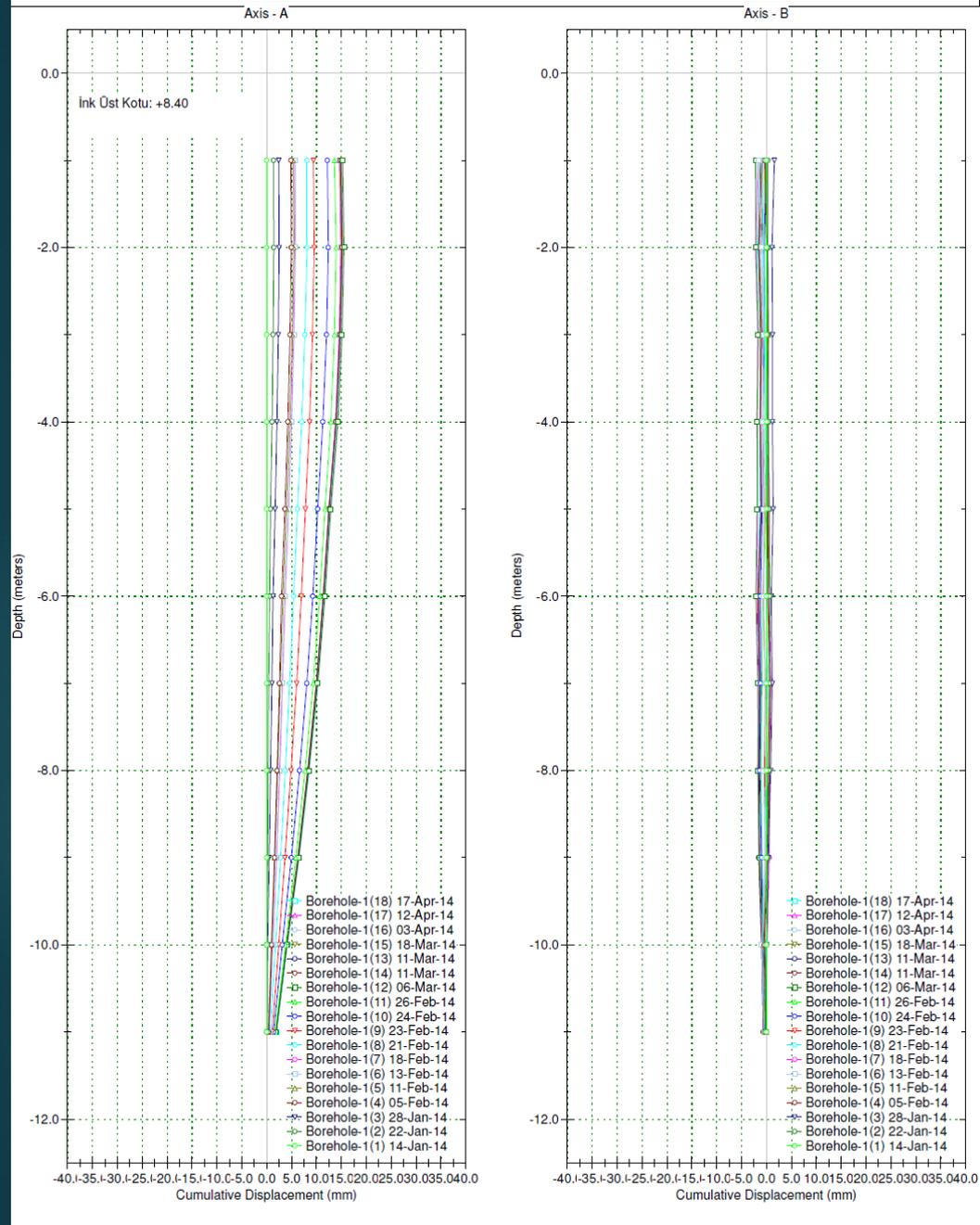
A-B AKS CEPHESİ



Gidaj  
Duvarları

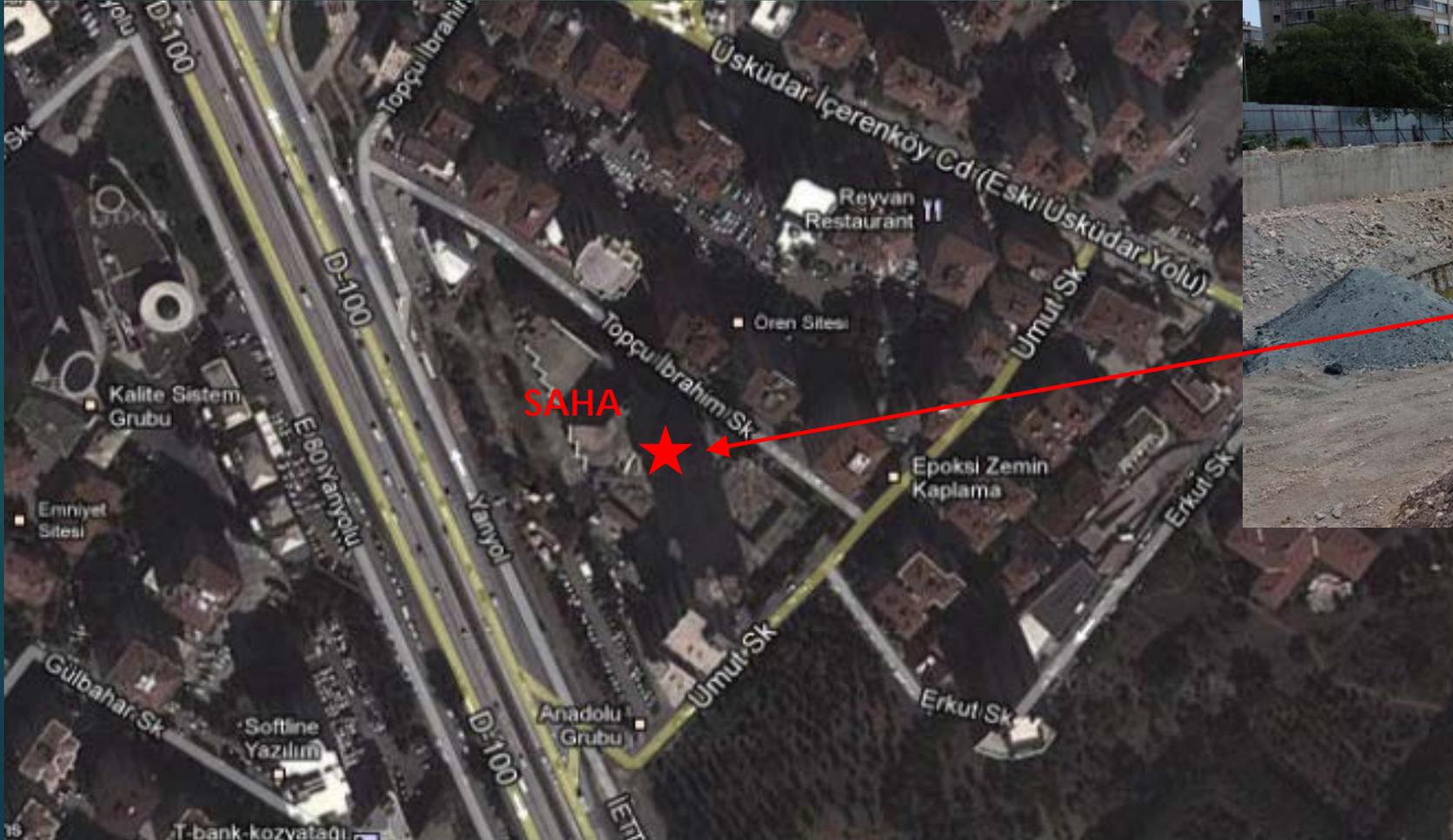


## Aletsel Gözlem Çalışmaları ile Performans Kontrolü



# Anadolu GY Kozyatağı AND Ofis Projesi (Zetaş Zemin Teknolojisi A.Ş.)

22



Sahanın Lokasyonu  
ve Hafriyat  
Çalışmaları

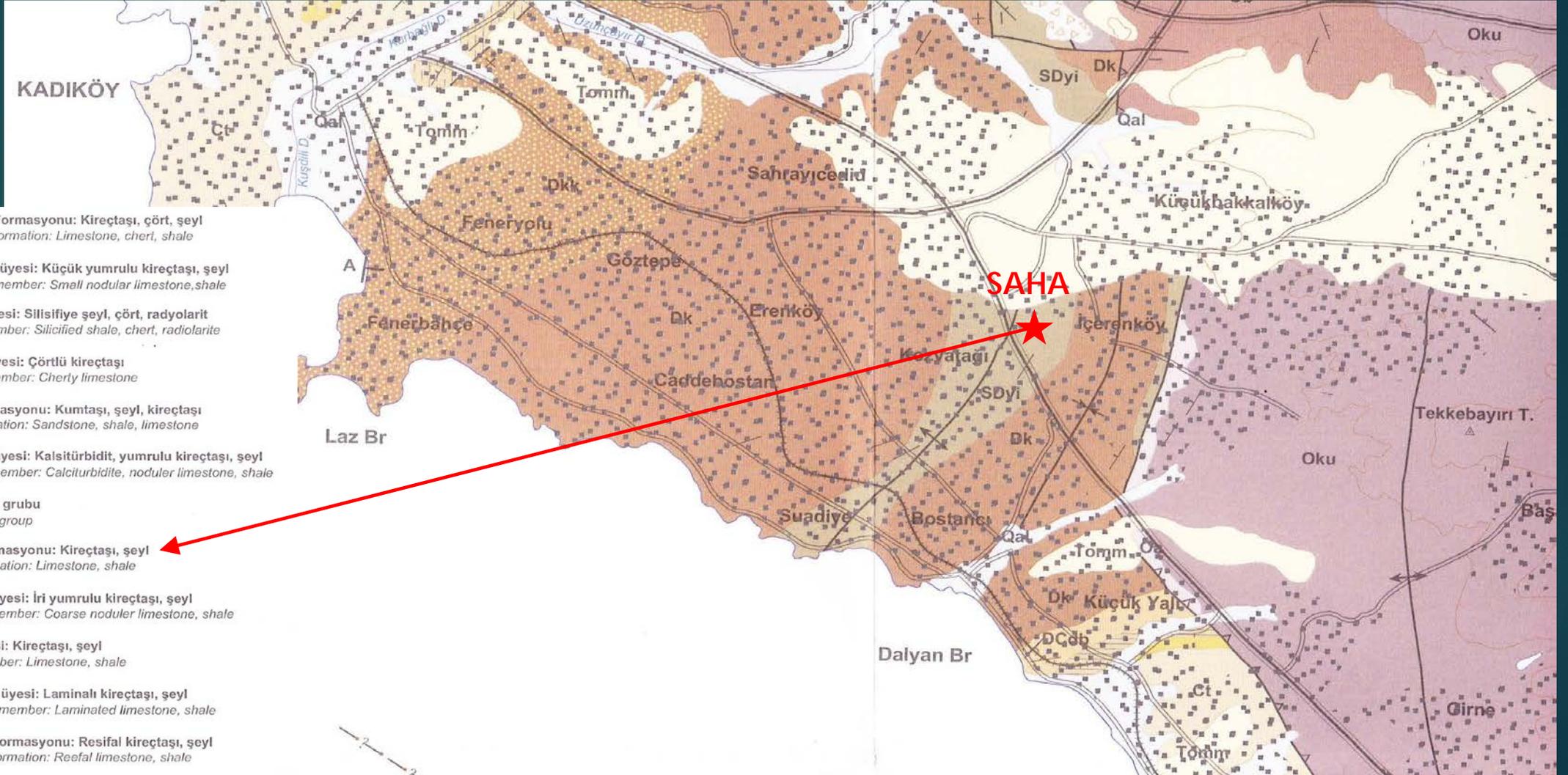


Mimari Proje  
(HPP Architects)



Temel Seviyesi

## Jeolojik Formasyon





🚧 Düşey Tolerans - Kazık kuyusunun oluşturulması esnasında delgi ucu mümkün olduğunca düşey bir konumda tutulacak ve düşeyden sapma 1/75'den daha fazla olmayacaktır.

🚧 Yatay Tolerans - Tüm kazıklar uygulama projesinde gösterilen konumlarından yatayda en fazla  $\pm 50\text{mm}$  mesafe içinde kalacak şekilde teşkil edilecektir.

🚧 Kazık donatısının bindirme boyunu da içeren üst kotunun projelerde işaret edilen seviyelerden  $+100\text{mm}$  /  $-50\text{mm}$ 'den daha fazla şaşmaması için gerekli önlemler Yüklenici tarafından alınacaktır.

🚧 Ankraj delgisinin üst uç noktasının planda gösterilen sınırdan duvar düzleminde şaşması ( $\pm 50\text{mm}$ )

🚧 Ankraj başlığının ön kısmının projede gösterilen sınır düzlemden şaşması ( $\pm 25\text{mm}$ )

🚧 Ankrajın delgi kuyusunun planda gösterilen açısından şaşması ( $\pm 2^\circ$ )

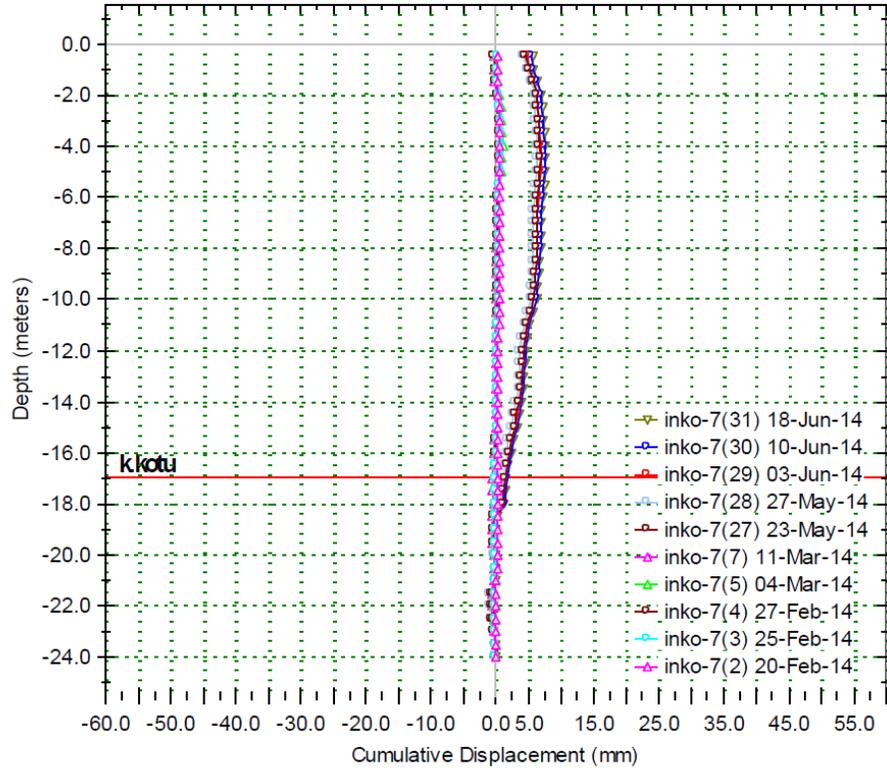
## Proje Kriterleri

No	Sınır Tanımı	Kritik Deformasyon Değeri ( $\delta$ )	Alınacak önlemler
1	Yeşil Limit	$\delta \leq \%0.1H$	Herhangi bir ilave önlem alınmadan okumalar ve inşaat kademeleri normal seyrinde devam ettirilecektir.
2	Sarı Limit	$\%0.1H < \delta \leq \%0.2H$	Okumalar günlük gerçekleştirilecek ve test sayısı arttırılacaktır. Ayrıca tasarım ve uygulama kayıtları gözden geçirilecek ve gerekirse ilave ankrajlar yerleştirilecektir.
3	Kırmızı Limit	$\delta > \%0.3H$	Kazı durdurulacak ve açık bölgeler varsa acil geri dolgu yapılacaktır. Deformasyonun kritik değeri aştığı bölgedeki imalat durdurulacak ve gerekiyorsa proje revizyonuna gidilecektir.

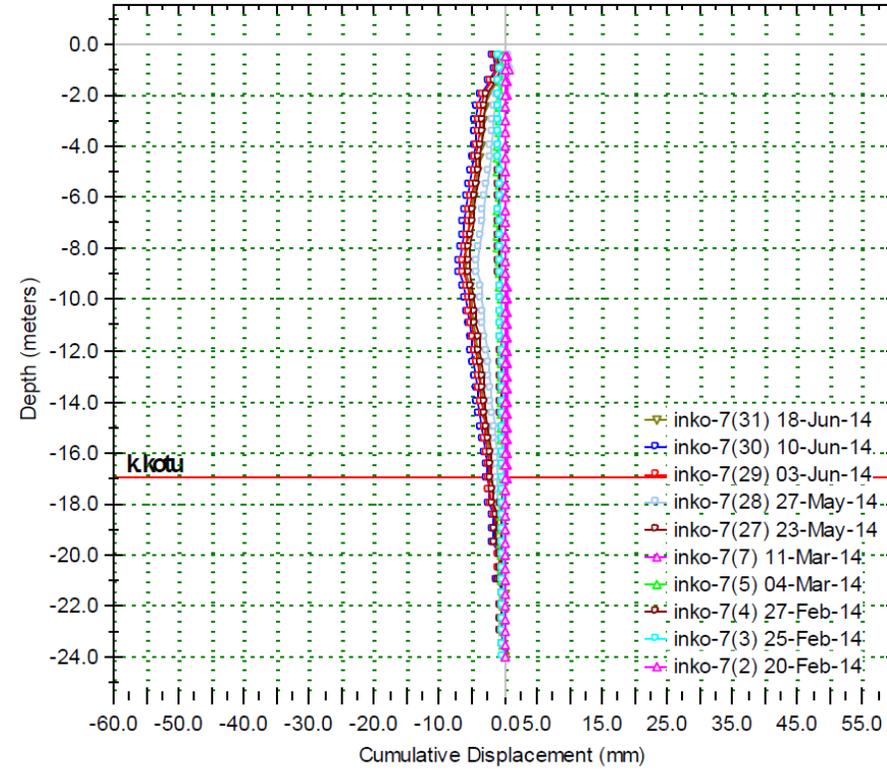
## Hafriyat ve İksa Çalışmaları



Axis - A

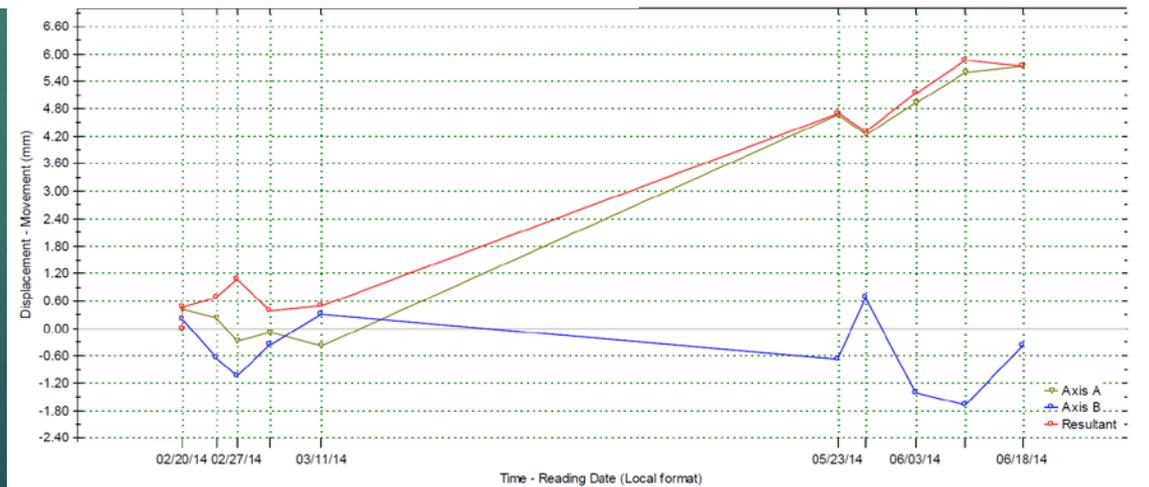


Axis - B



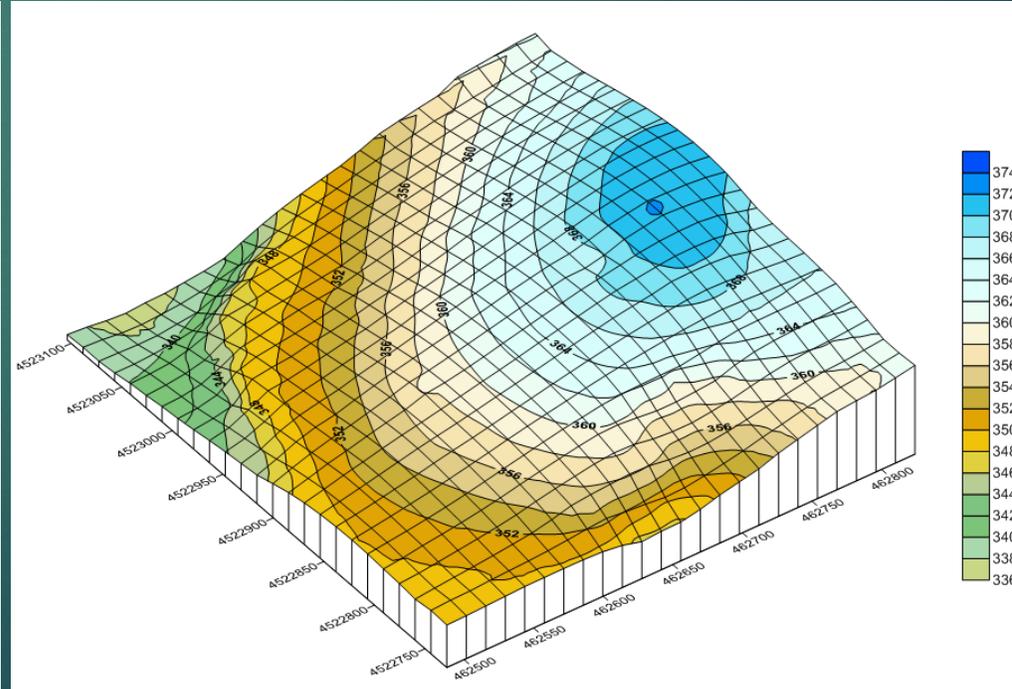
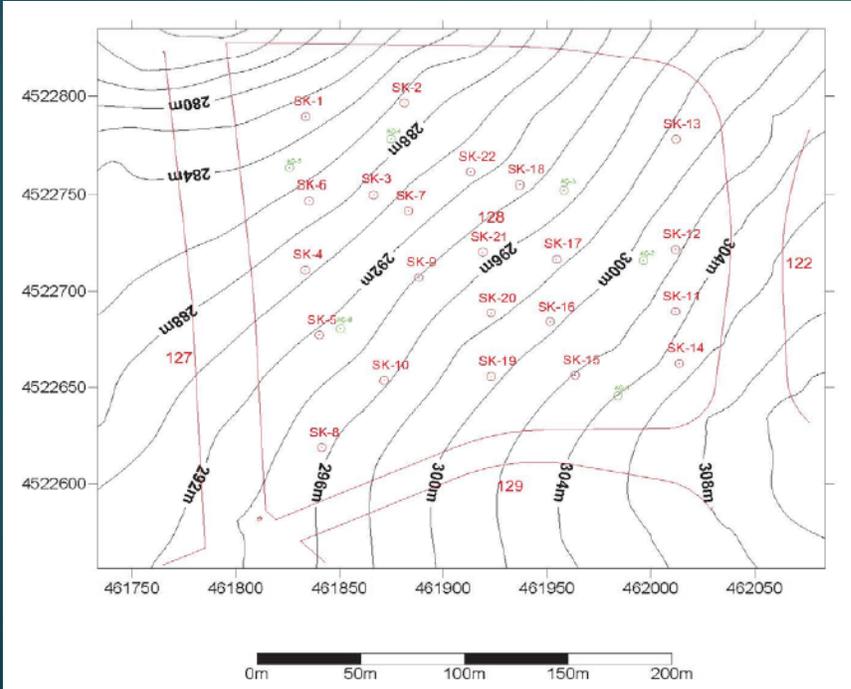
## Aletsel Gözlem Çalışmaları

Toplamda 7 adet  
inklinometre

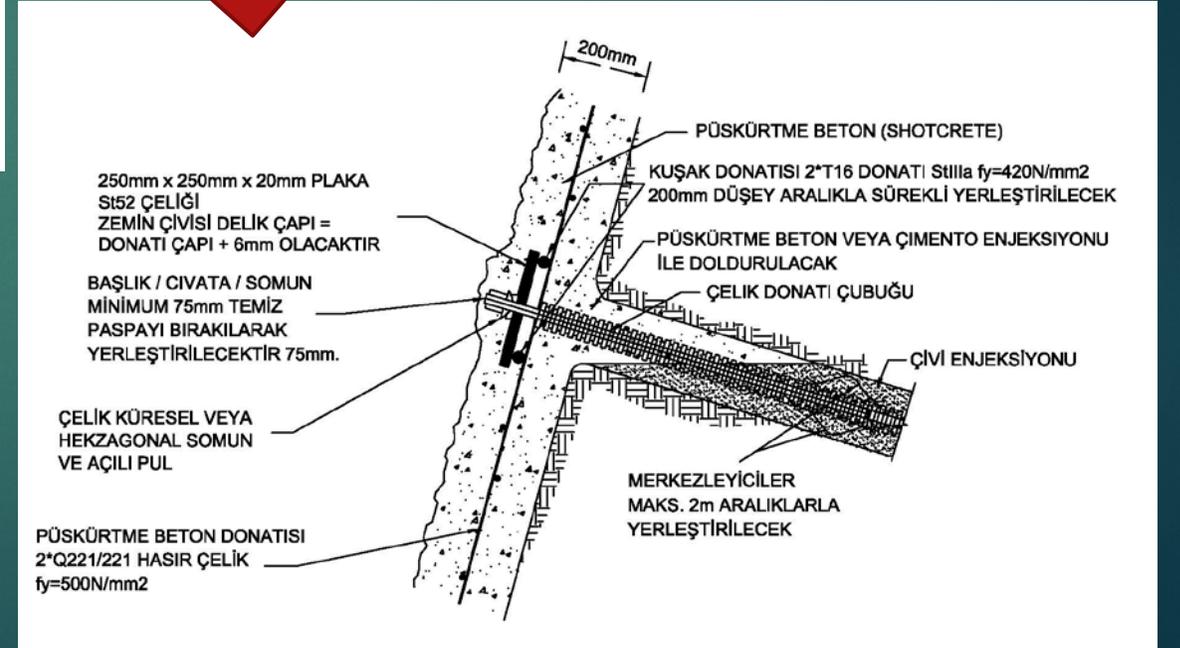
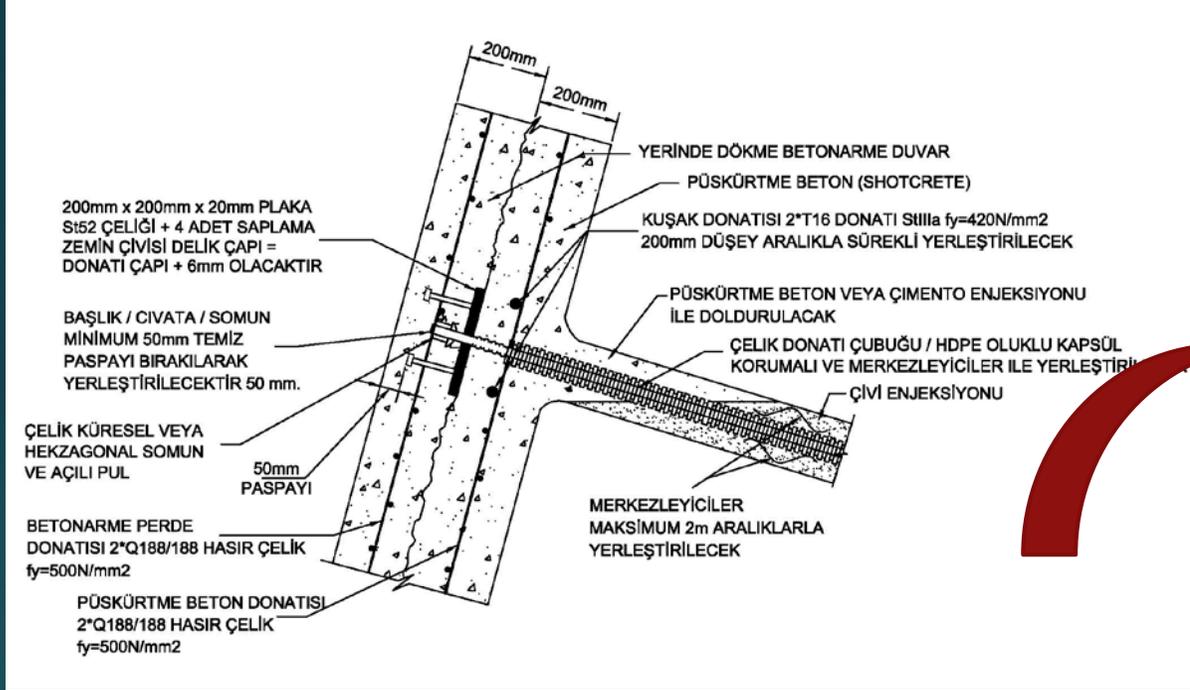


# Rozak Makine Gebze Tesisleri

(MENSAŞ Zemin ve Temel Çözümleri Mühendislik Taahhüt Ltd. Şti.)

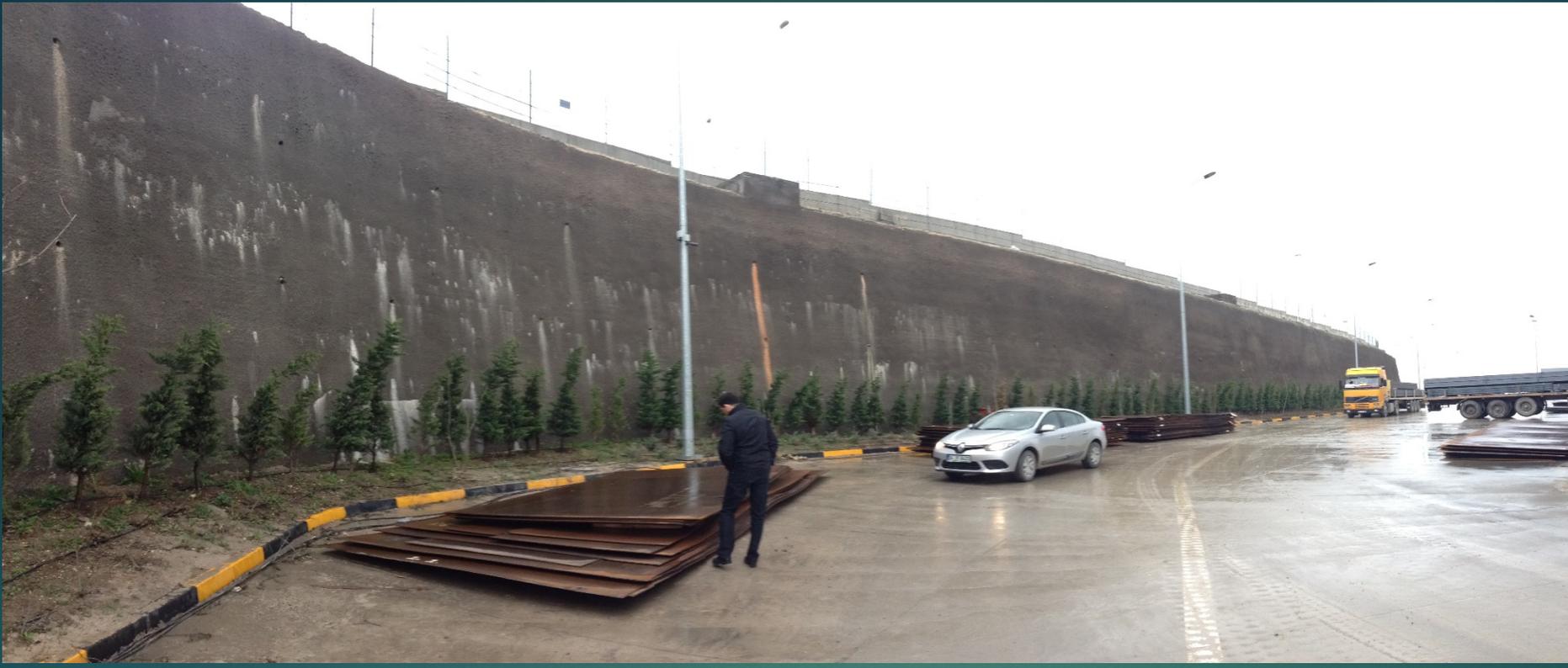








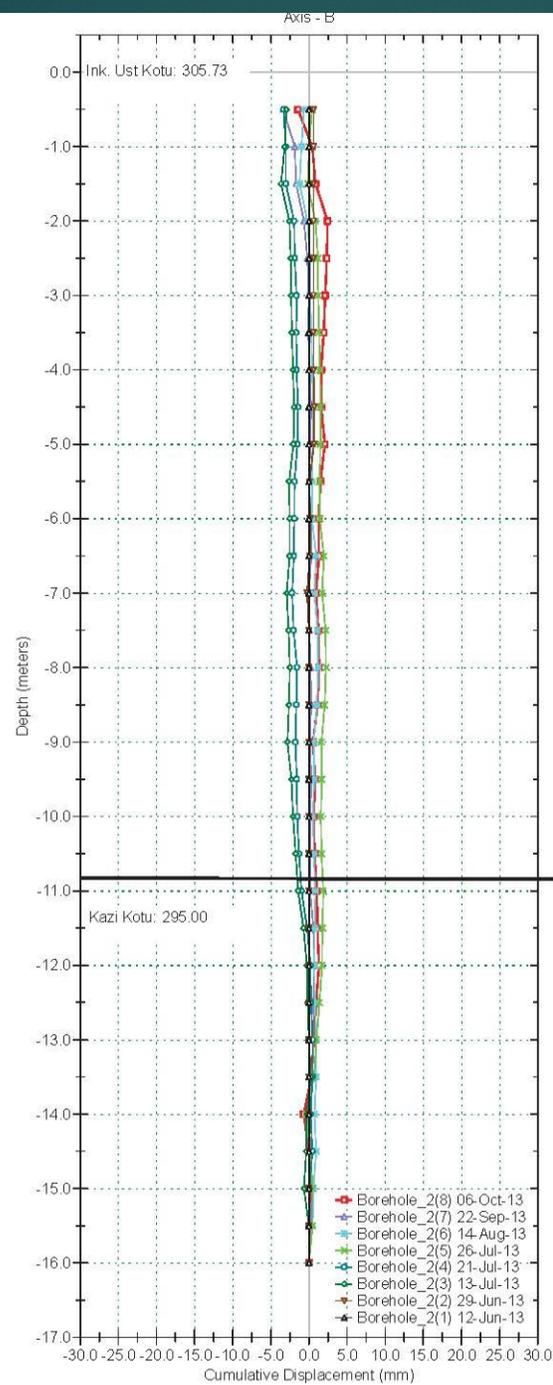
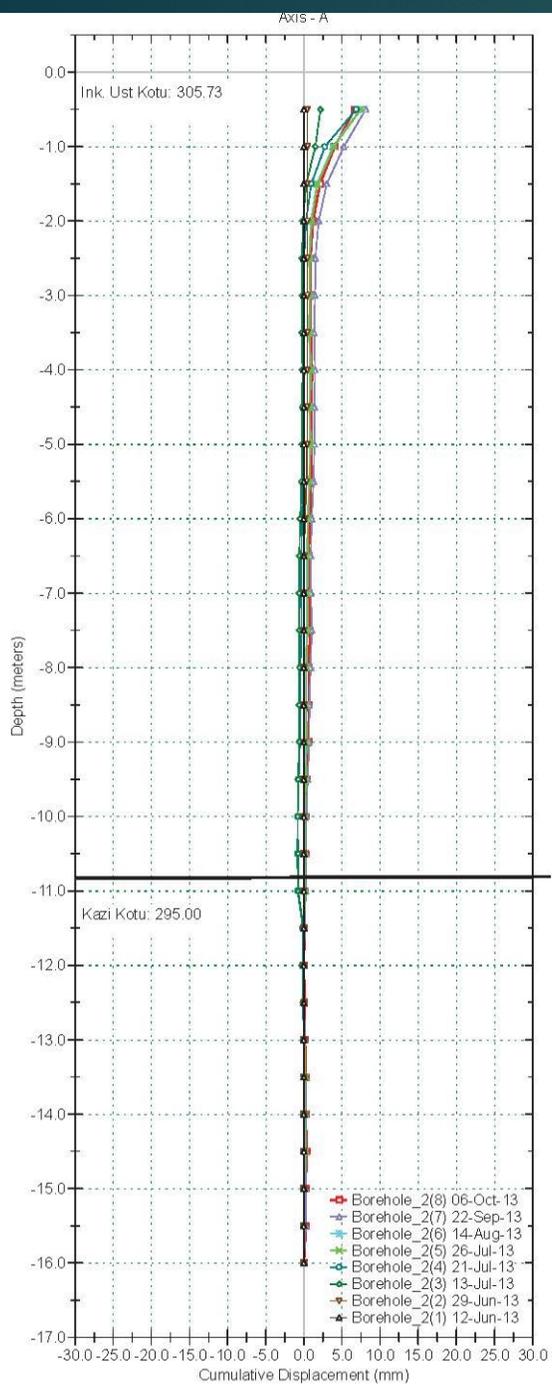
Sahada yürütülen inşaat çalışmaları



Bitmiş duvar  
görünüşleri

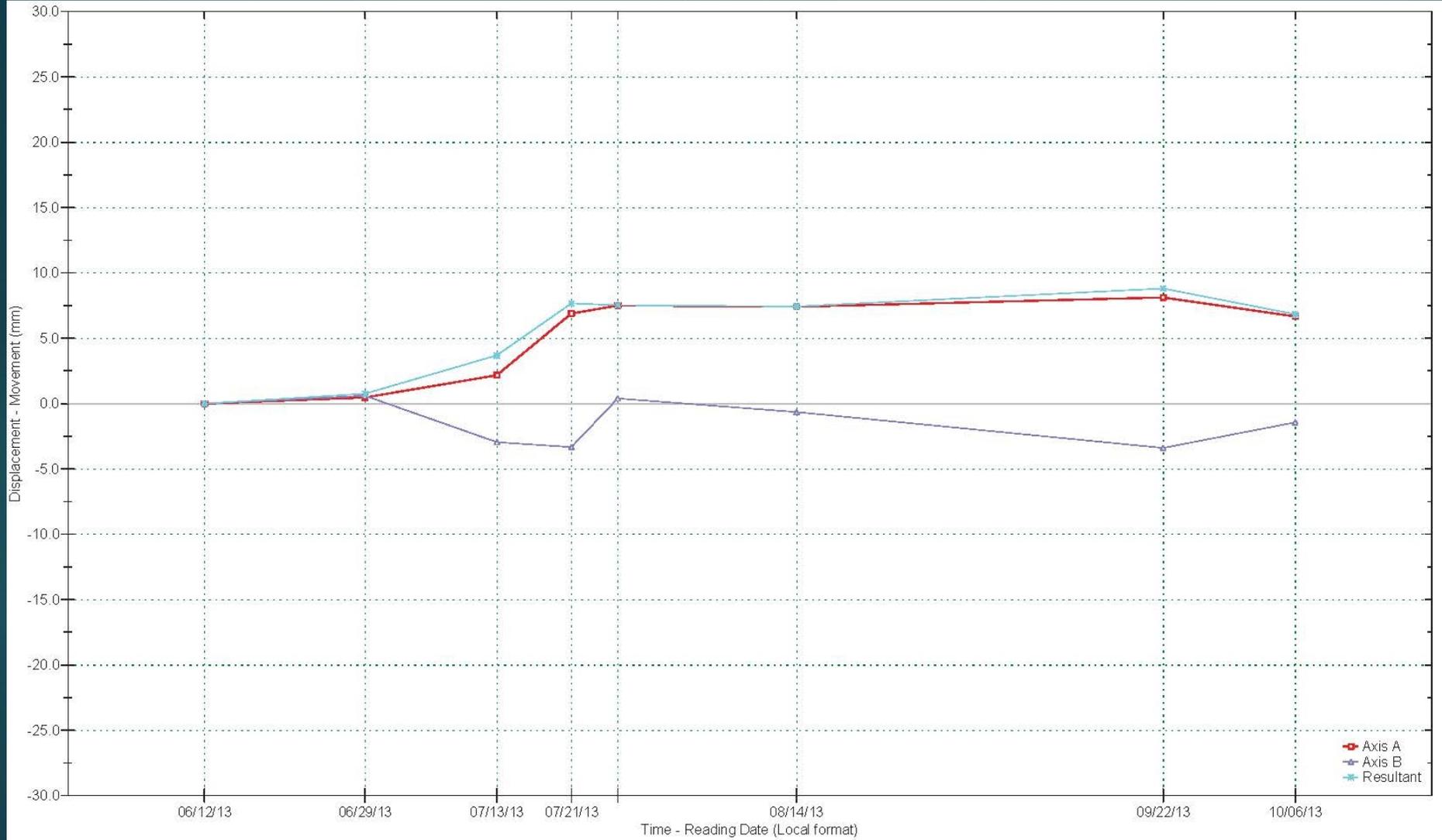






No	Sınır Tanımı	Kritik Yatay Deformasyon Değeri ( $\delta$ )	Alınacak önlemler
1	Yeşil Limit	$\delta \leq \%0.1H$	Herhangi bir ilave önlem alınmadan okumalar ve inşaat kademeleri normal seyrinde devam ettirilecektir.
2	Sarı Limit	$\%0.1H < \delta \leq \%0.2H$	Okumalar günlük gerçekleştirilecek ve test sayısı arttırılacaktır. Ayrıca tasarım ve uygulama kayıtları gözden geçirilecek ve gerekirse ilave ankrajlar yerleştirilecektir.
3	Kırmızı Limit	$\delta > \%0.3H$	Kazı durdurulacak ve açık bölgeler varsa acil geri dolgu yapılacaktır. Deformasyonun kritik değeri aştığı bölgedeki imalat durdurulacak ve gerekiyorsa proje revizyonuna gidilecektir.

İnclinometre gözlem  
çalışmaları ile performans  
kontrolü



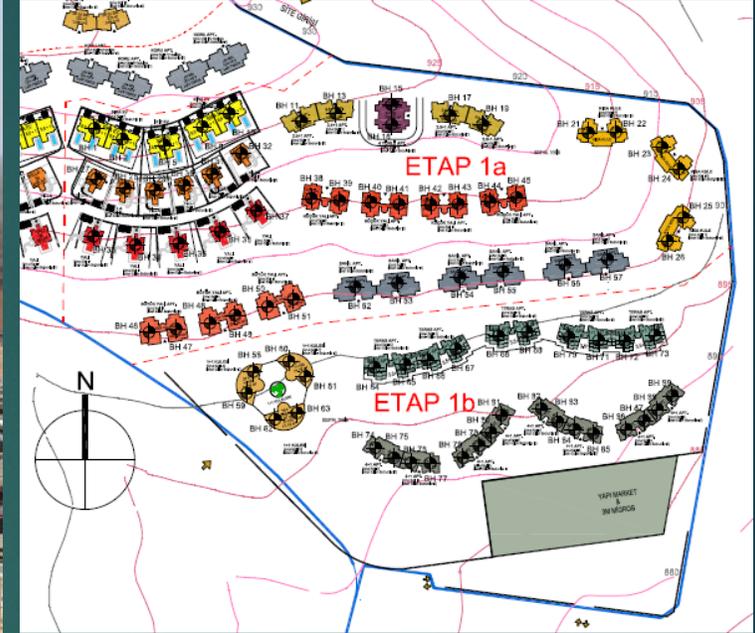
Maksimum  
deplasmanın  
zamanla değişimi

*10 Dakika Ara...*

# Sinpaş Antepia Projesi

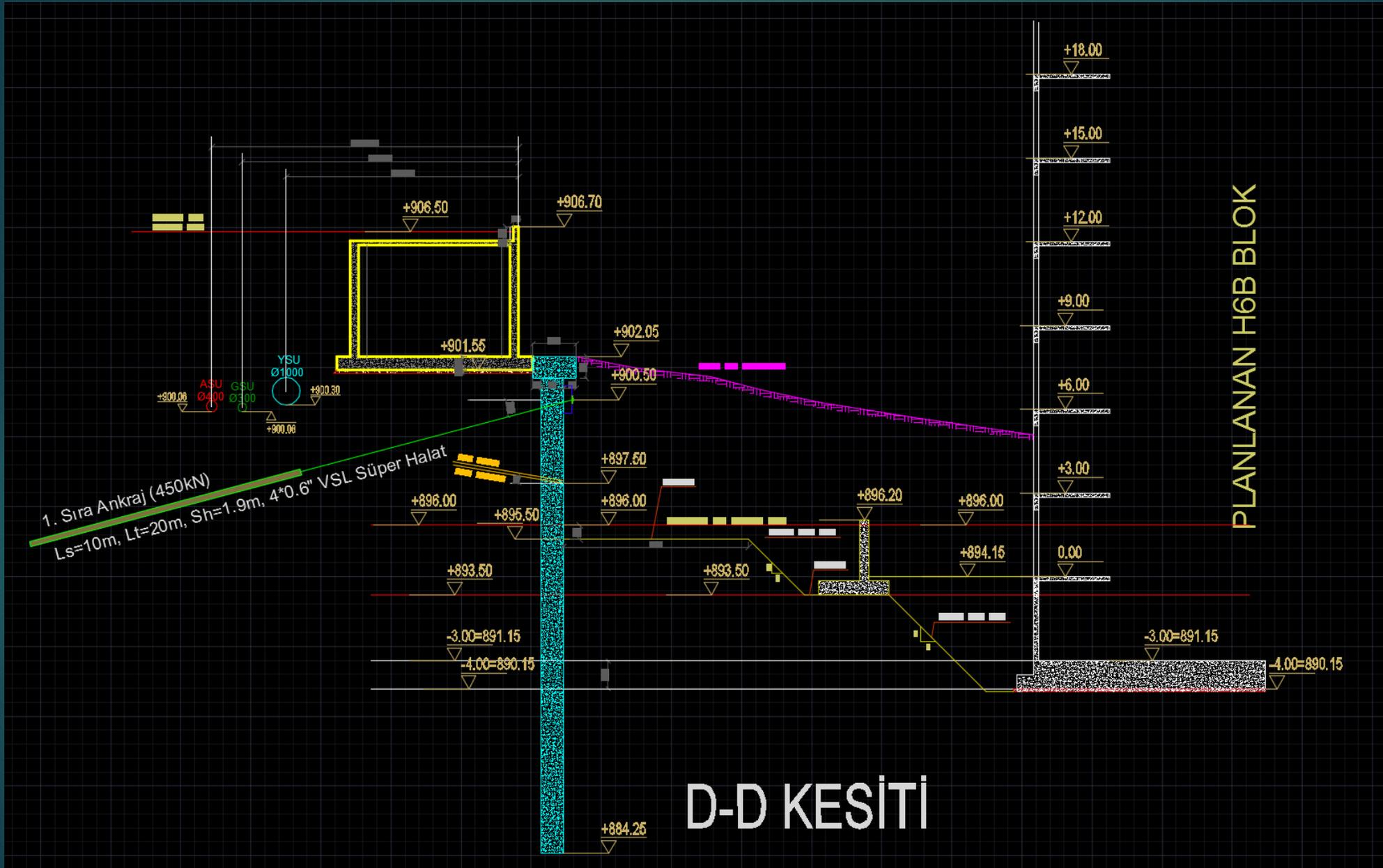
(Zemin Etüdü - Geoteknik A.Ş.)

36





Çalışma arazisinin genel görünüşü

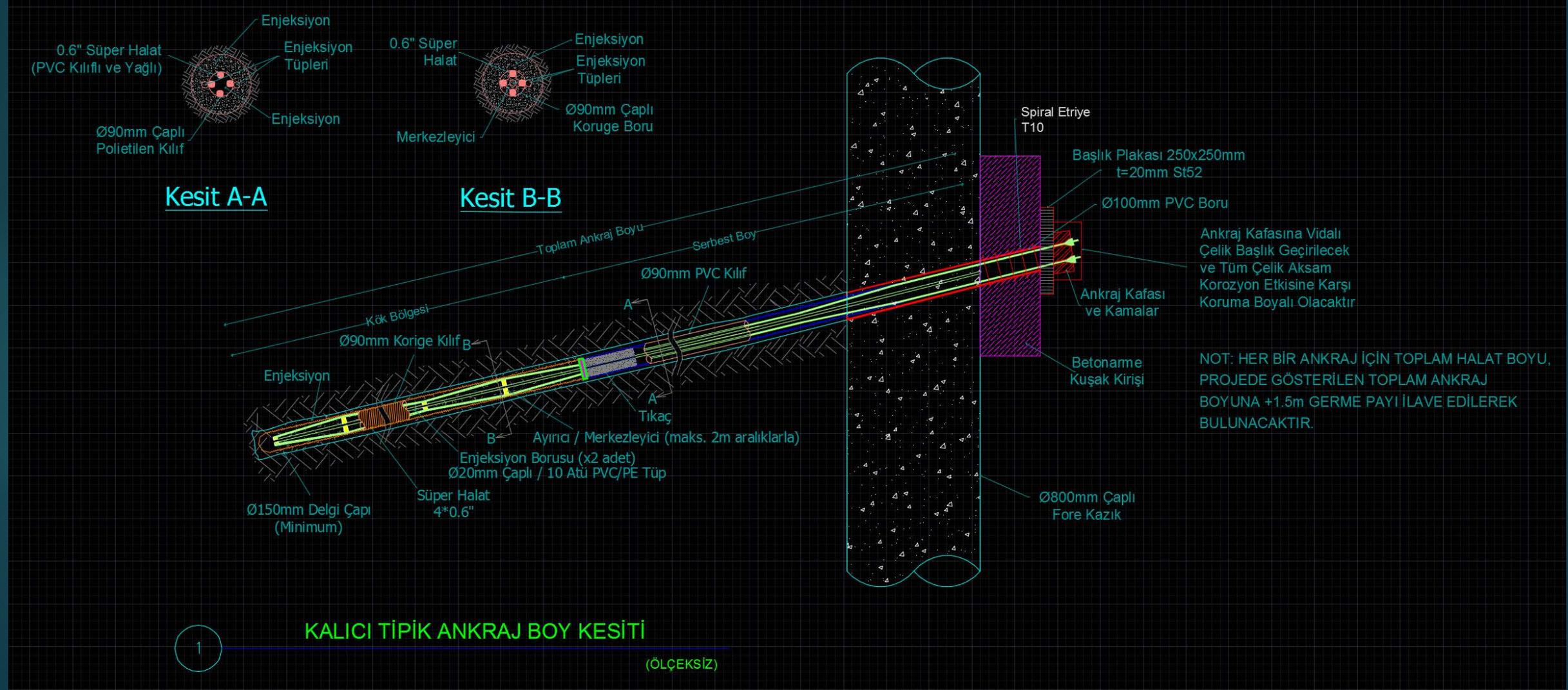




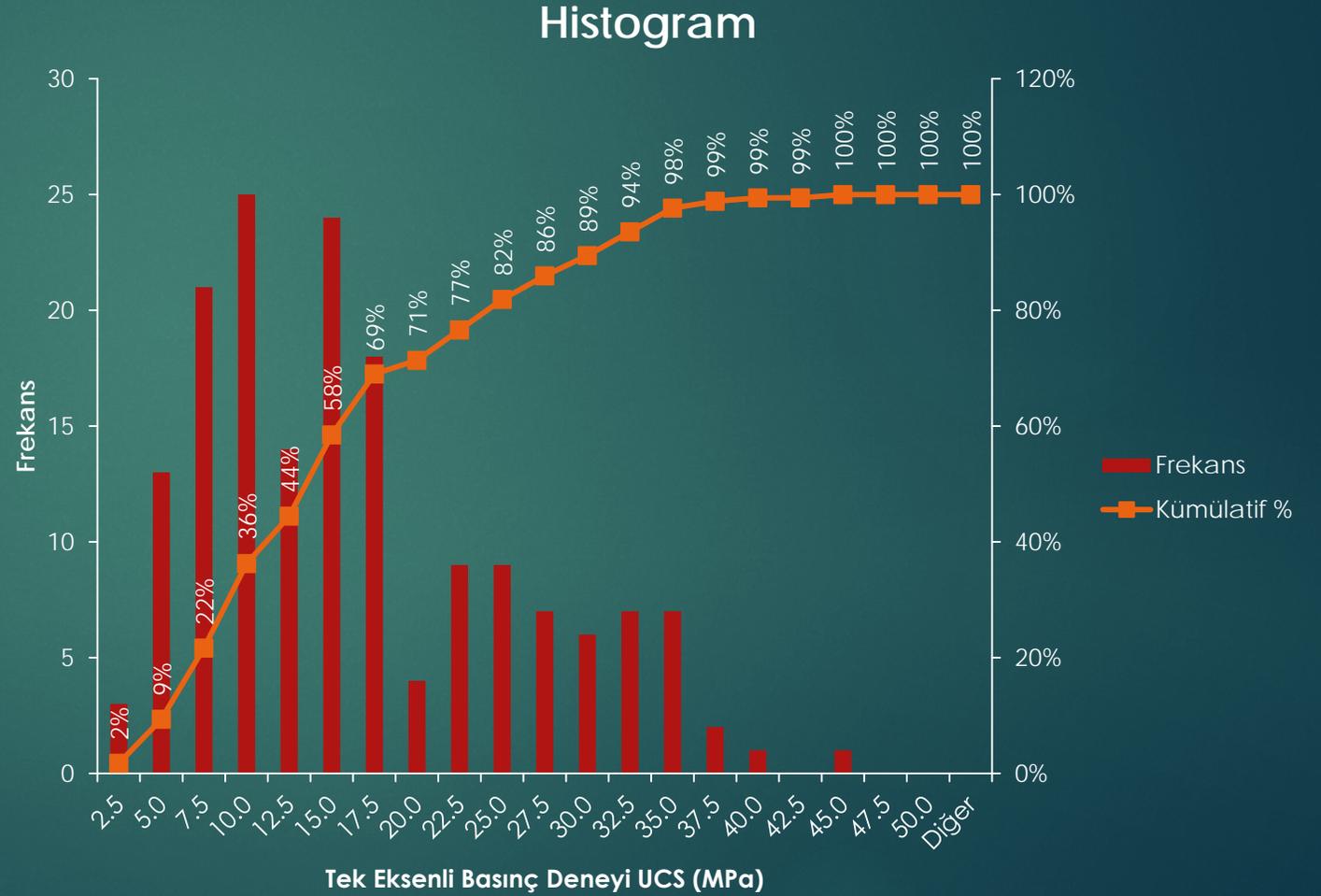
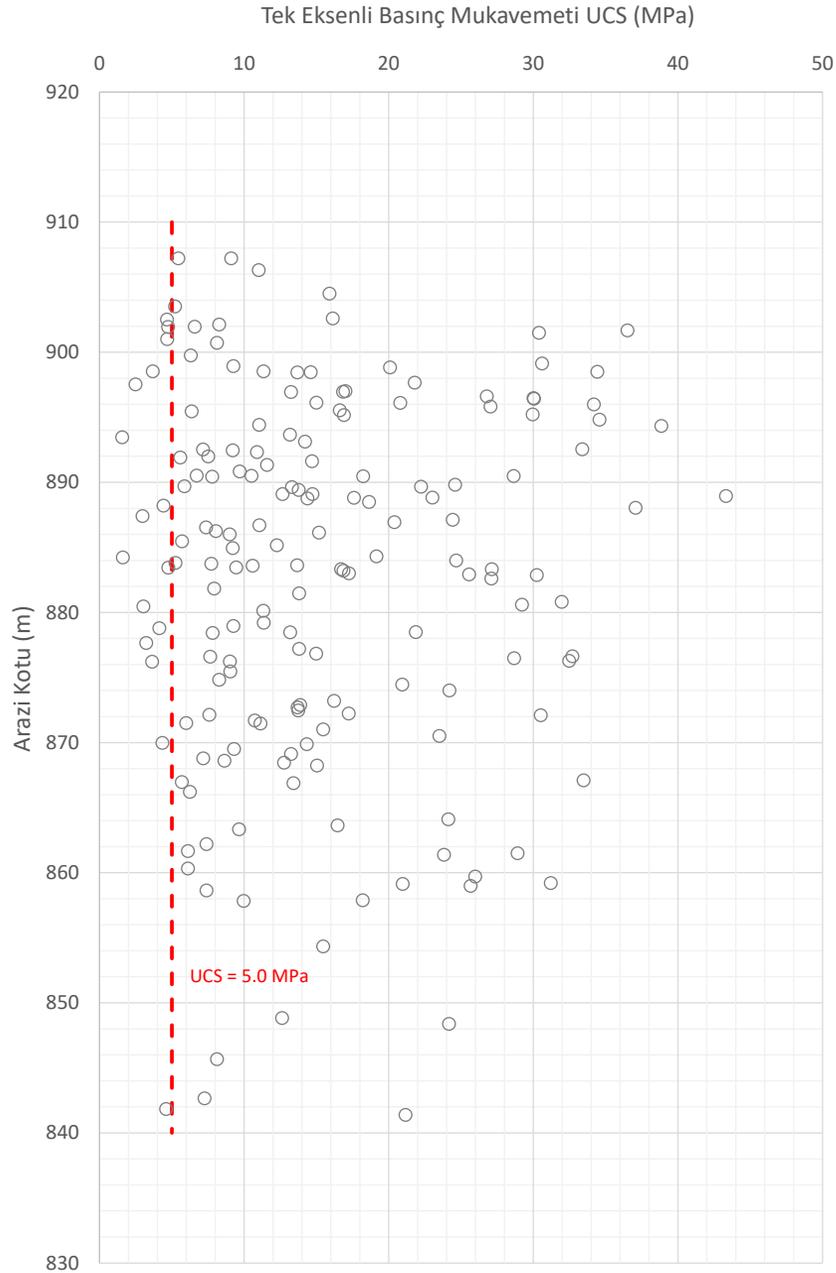




## Kalıcı Öngermeli Ankraj Detayı



# Karot Numesi Serbest Basınç Mukavemeti Sonuçlarının Değerlendirilmesi



## Analysis of Rock Strength using RocLab

### Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength ( $\sigma_{ci}$ ) = 5 MPa  
 GSI = 36  $m_i$  = 7 Disturbance factor (D) = 0.7  
 intact modulus ( $E_i$ ) = 150 MPa

### Hoek-Brown Criterion

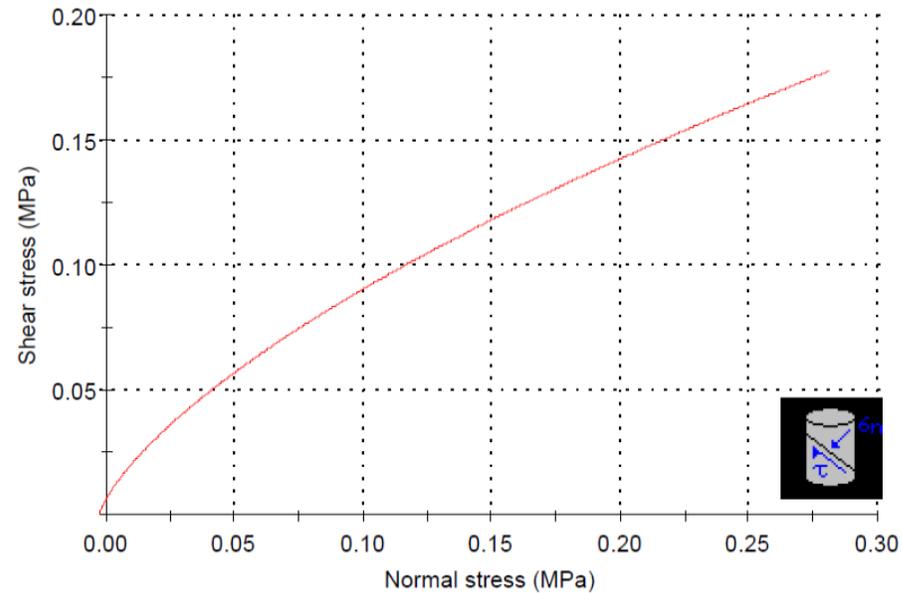
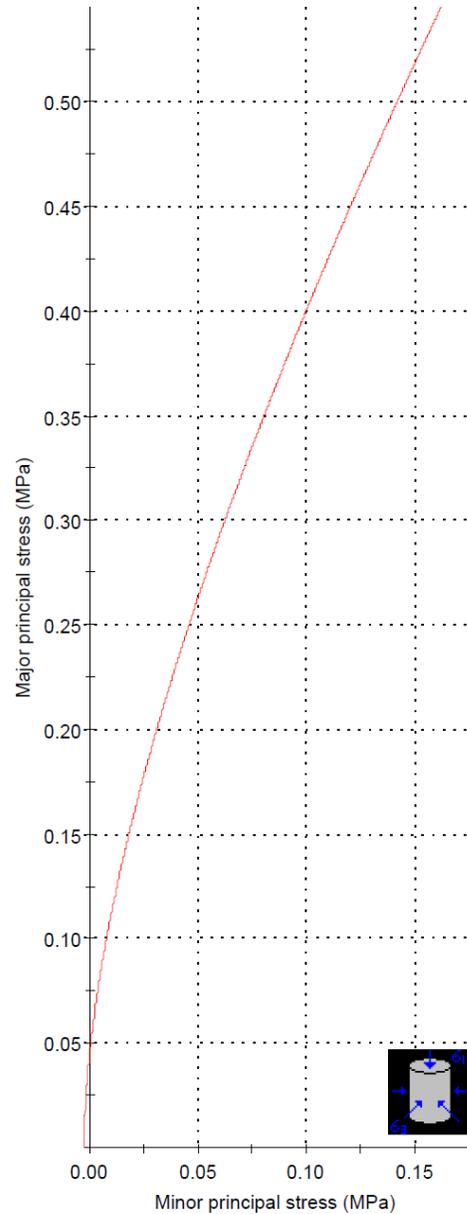
$m_b$  = 0.208  $s$  = 0.0001  $a$  = 0.515

### Mohr-Coulomb Fit

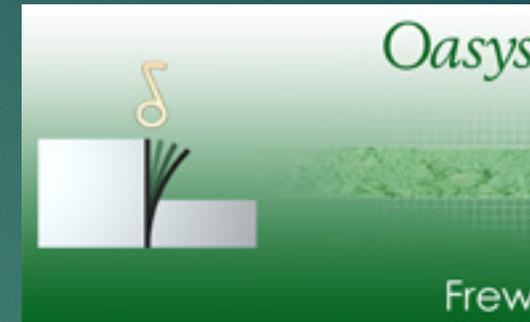
cohesion = 0.030 MPa friction angle = 29.11 deg

### Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.002 MPa  
 uniaxial compressive strength = 0.042 MPa  
 global strength = 0.280 MPa  
 deformation modulus = 7.06 MPa



Tasarım zemin  
 mukavemet parametresi  
 seçimi



## Limit Denge Analizleri ile Ön Boyutlandırma

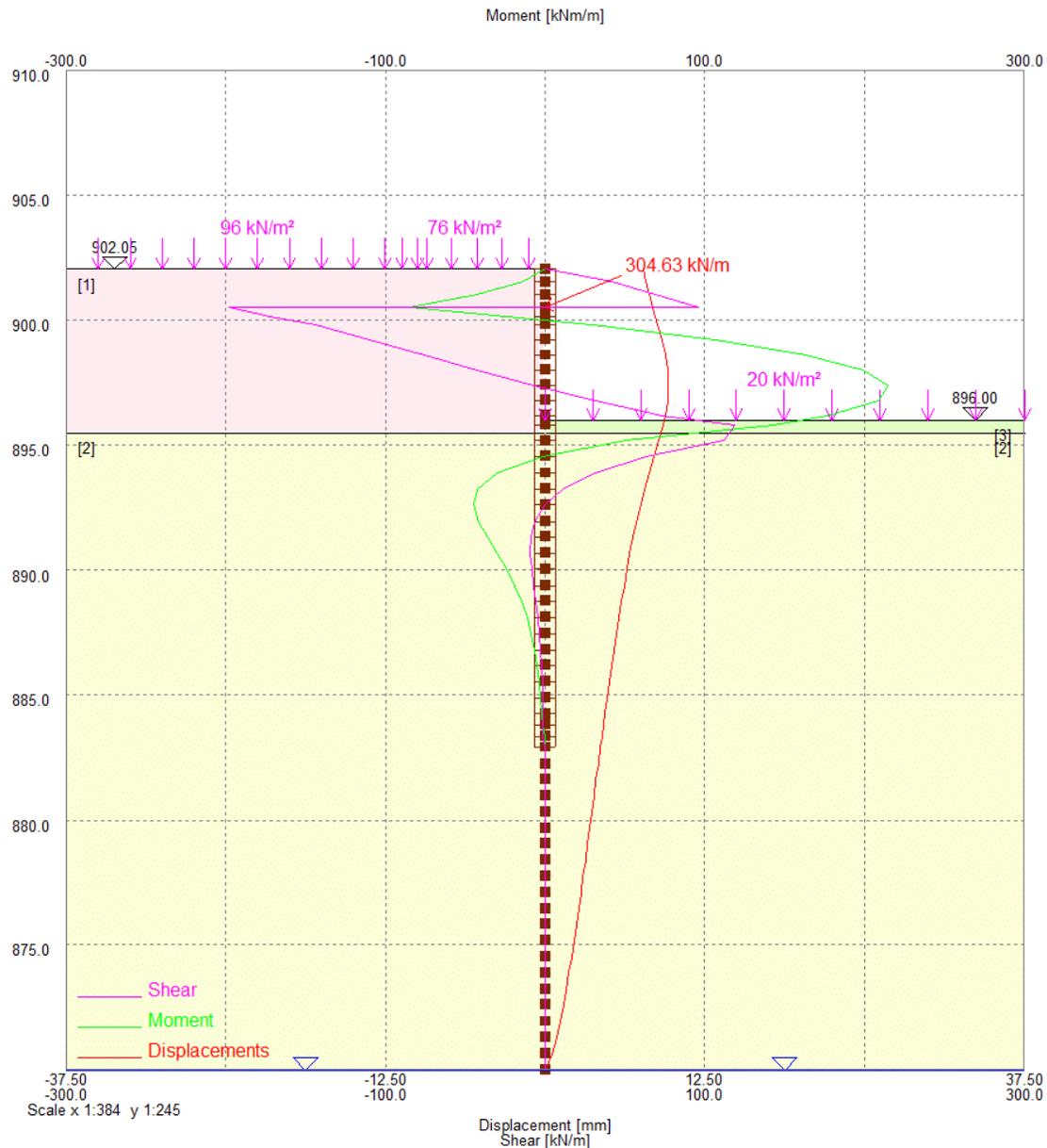
### Strut properties

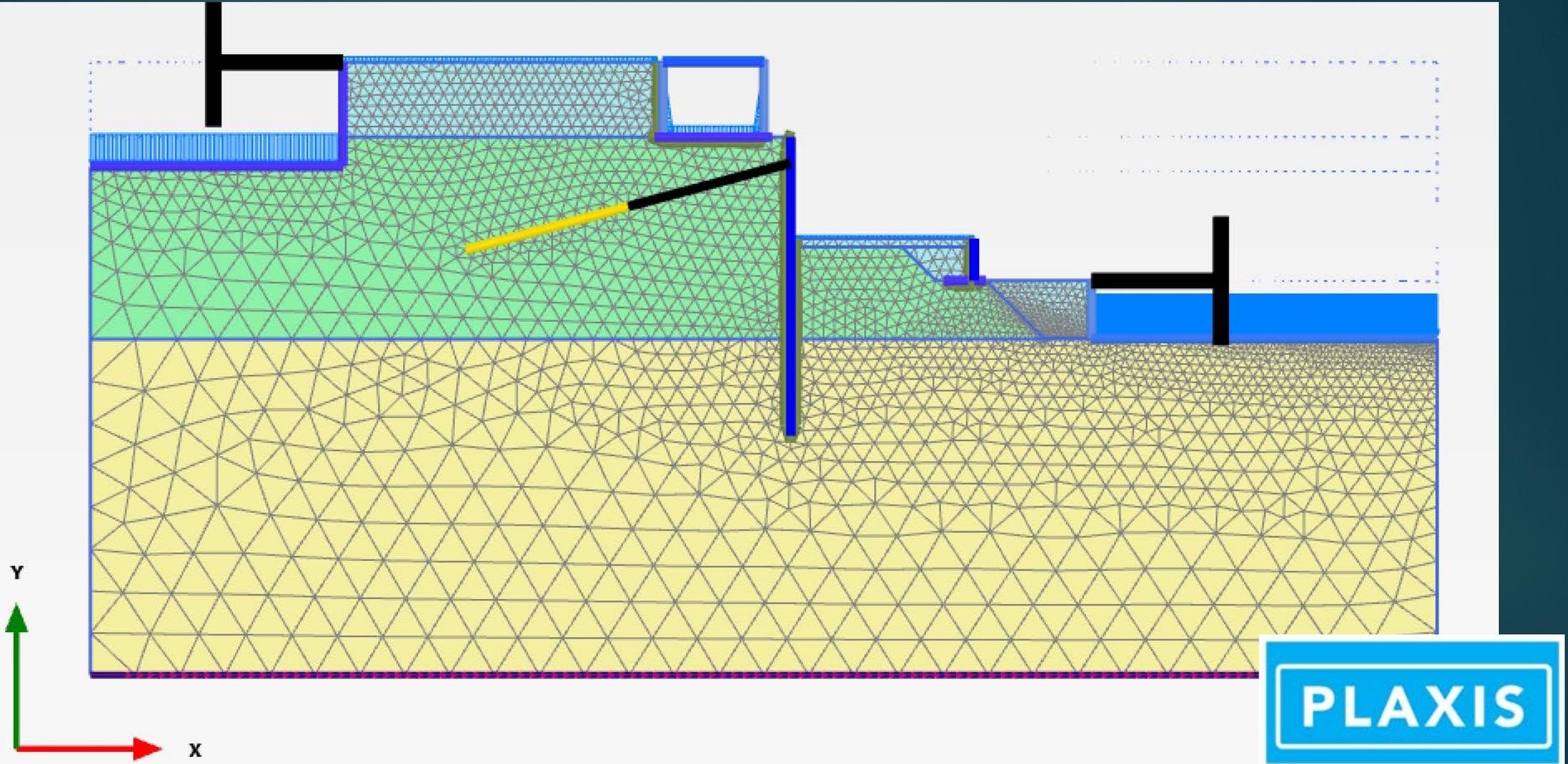
No.	Level	Prestress
	[m]	[kN/m]
1	900.5	0.0

### Results of Analysis

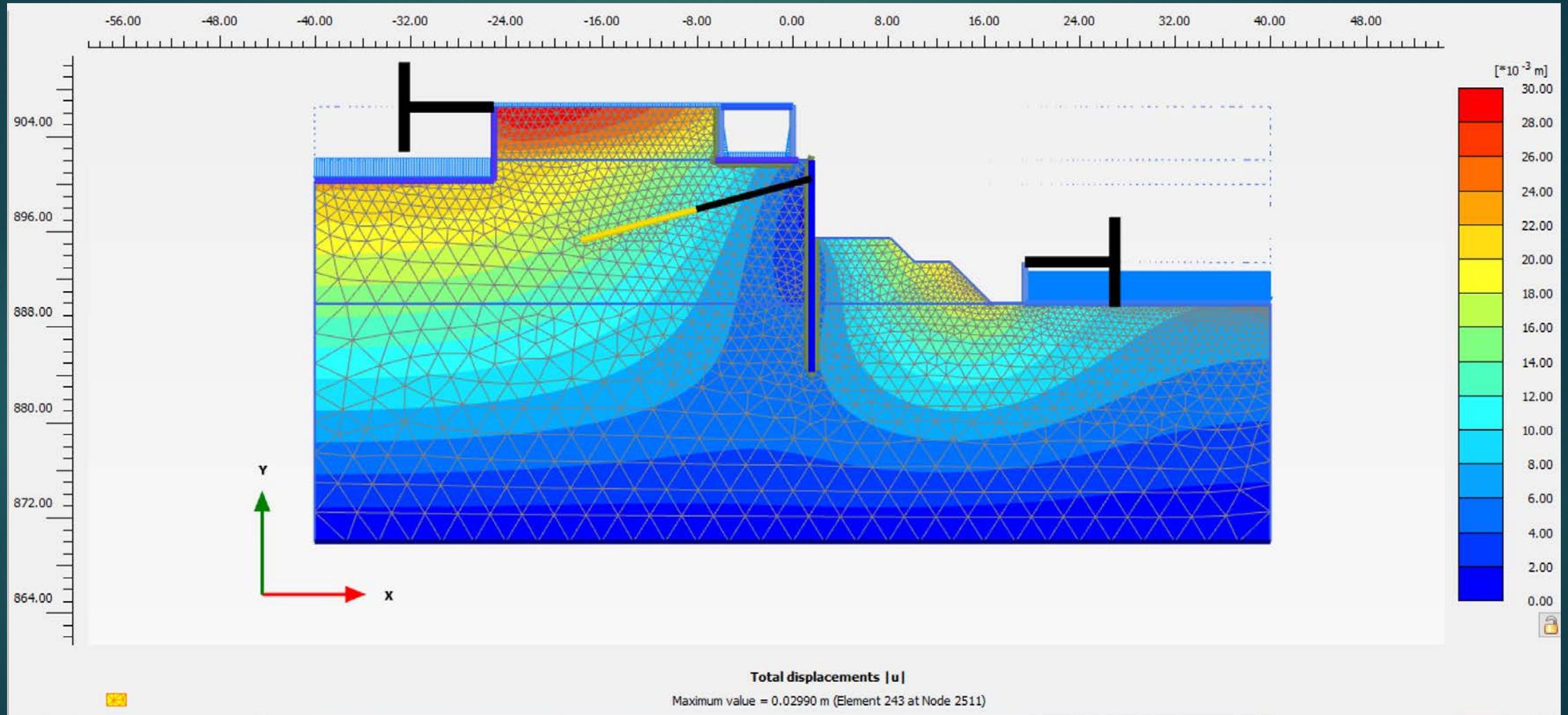
The required toe level of the wall [m] = 895.5  
 Ground level active side [m] = 902.0  
 Ground level passive side [m] = 896.0  
 Strut force [kN/m] = 61.89

Level	Left		Soil		Right		Bending Moment	Shear Force
	Pe	u	Soil	Soil	Pe	u		
[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]			[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm/m]	[kN/m]
902.0	0.0	0.0	1	0	0.0	0.0	0.0	0.0
901.0	6.581	0.0	1	0	0.0	0.0	-0.8227	3.291
900.0	21.00	0.0	1	0	0.0	0.0	18.65	17.08
900.0								-44.81
899.0	22.16	0.0	1	0	0.0	0.0	52.81	-23.23
898.0	22.16	0.0	1	0	0.0	0.0	64.97	-1.078
897.0	25.27	0.0	1	0	0.0	0.0	54.45	22.63
896.0	30.39	0.0	1	0	0.0	0.0	18.42	50.47
895.5	49.12	0.0	2	2	366.9	0.0	-0.009000	0.0

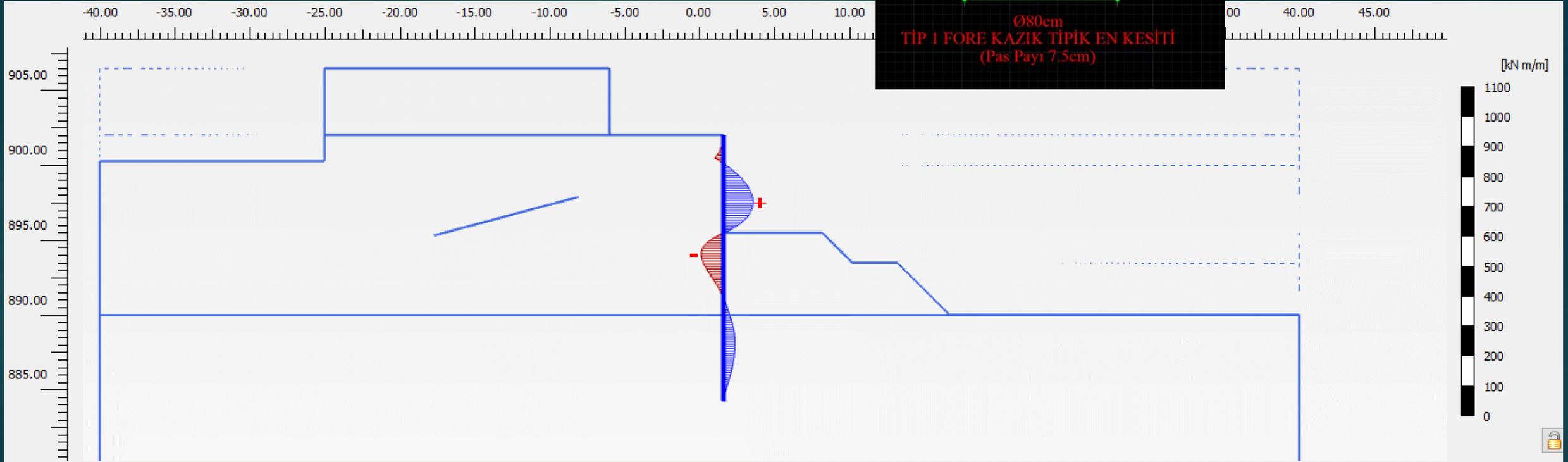




# Statik Durumda Hesaplanan Total Deplasmanlar



## Statik Durum için Eğilme Momentlerinin Dağılımı

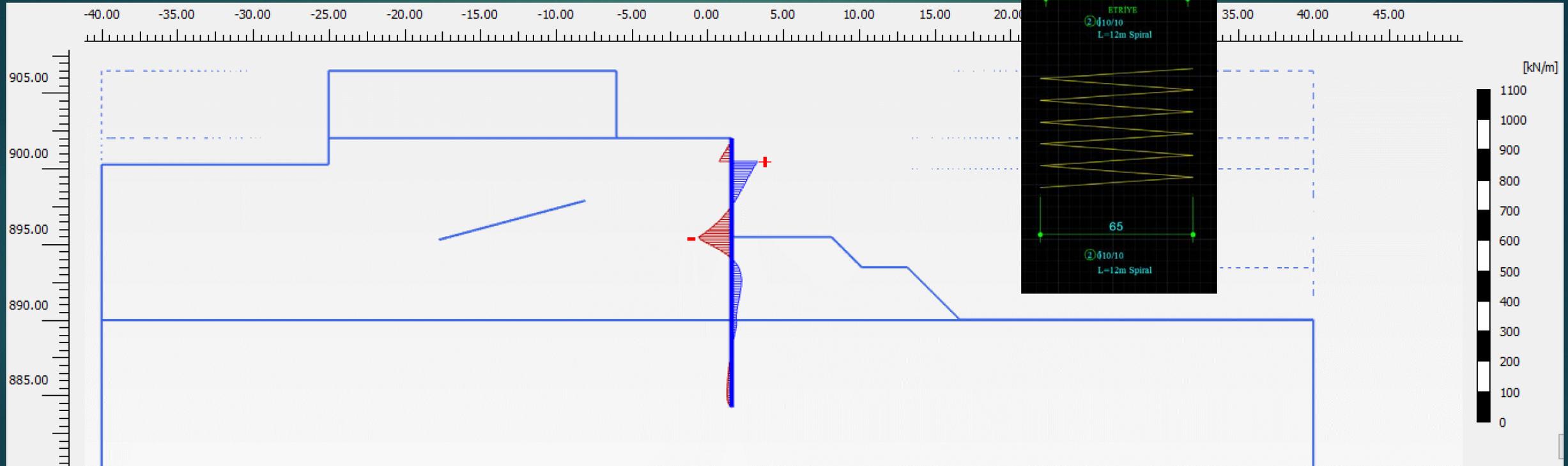


Bending moments M (scaled up 0.0200 times)

Maximum value = 98.81 kN m/m (Element 82 at Node 12277)

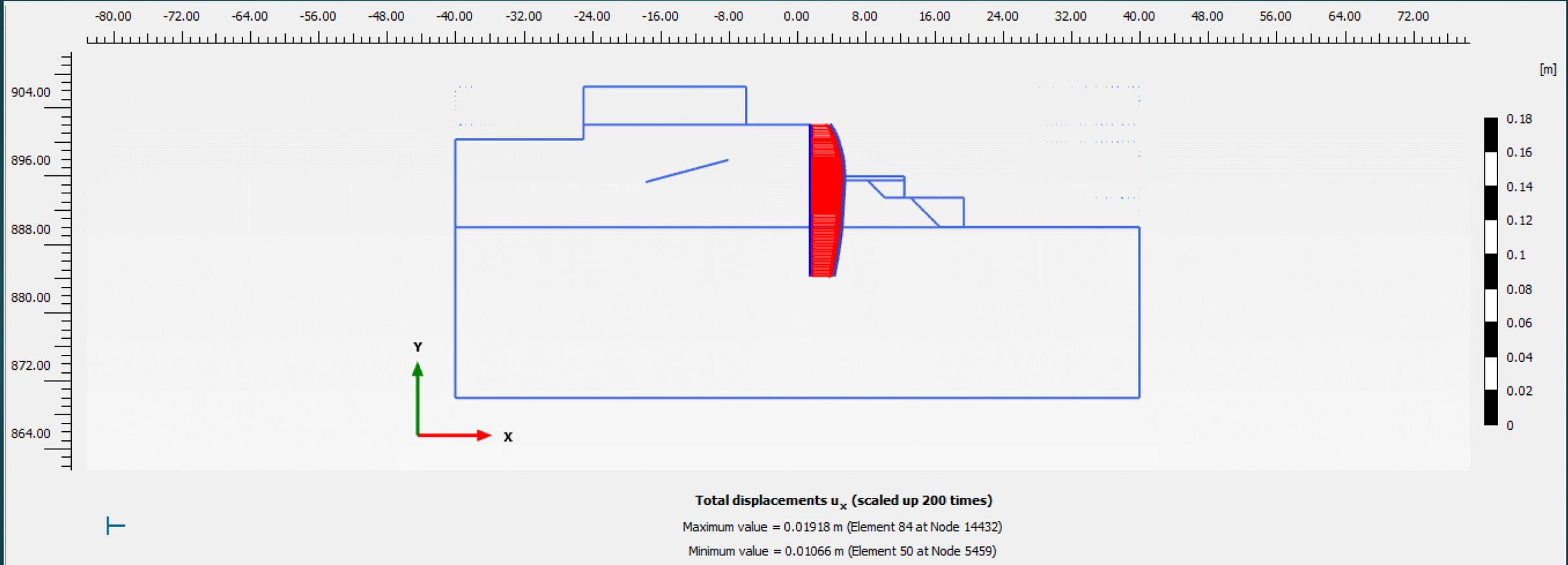
Minimum value = -74.62 kN m/m (Element 95 at Node 18381)

## Statik Durum için Kesme Kuvvetlerinin Dağılımı





# Staik Durum için Maksimum Yatay Deplasmanlar



# Deprem Performans Analizleri için Kayıt Seçimi

50

PLAXIS 2D: Kesit C-C\_01.p2dx

File Edit Phases Options Expert Help

Soil Structures Mesh Flow conditions Staged construction

Phases explorer

- Ucuncu Kademe Kazı (+893.50m) [P]
- Dorduncu Kademe Kazı (+890.05m) [P]
- Bina Insaası (H7A/B) [Phase\_8]
- Bina Bodrum Kat Geri Dolgusu [Phase\_8]
- Istinat Duvarı Insaası (+893.50m) [P]
- Istinat Duvarı Geri Dolgusu ve Sursar [Phase\_8]
- Deprem [Phase\_12]

Selection explorer (Phase\_12)

- Behaviour: Seepage
- LineDisplacement\_1\_1
  - Displacement\_x: Prescribed
  - Displacement\_y: Fixed
  - Distribution: Uniform
  - u\_x\_start\_ref: 1.000 m
- DynLineDisplacement\_1\_1
  - Multiplier\_x: <not assigned>
  - Multiplier\_y: <not assigned>

Model explorer (Phase\_12)

- Geometry
- Fixed-end anchors
- Plates
- Geogrids
- Node-to-node anchors
- Interfaces
- Line loads
- Line displacements
  - LineDisplacement\_1
    - LineDisplacement\_1\_1
      - Displacement\_x: Prescribed
      - Displacement\_y: Fixed
      - Distribution: Uniform
      - u\_x\_start\_ref: 1.000 m
    - DynLineDisplacement\_1\_1
      - Multiplier\_x: <not assigned>
      - Multiplier\_y: <not assigned>
- Groundwater flow BCs
- Soils
- Model conditions

Coordinates

Command line

```
Session Model histo
OK
1152> _displmulti
Added Displ
1153> _set DynLin
OK
1154> _delete Dis
Deleted DisplacementMultiplier_2
```

Multipliers

Displacement multipliers Load multipliers

Name: DisplacementMultiplier\_1

Signal: Table

Data type: Accelerations

Drift correction:

#	Time [s]	Multiplier
1	0.0000	0.000
2	5.0000E-3	-0.03156
3	0.010000	-0.05633

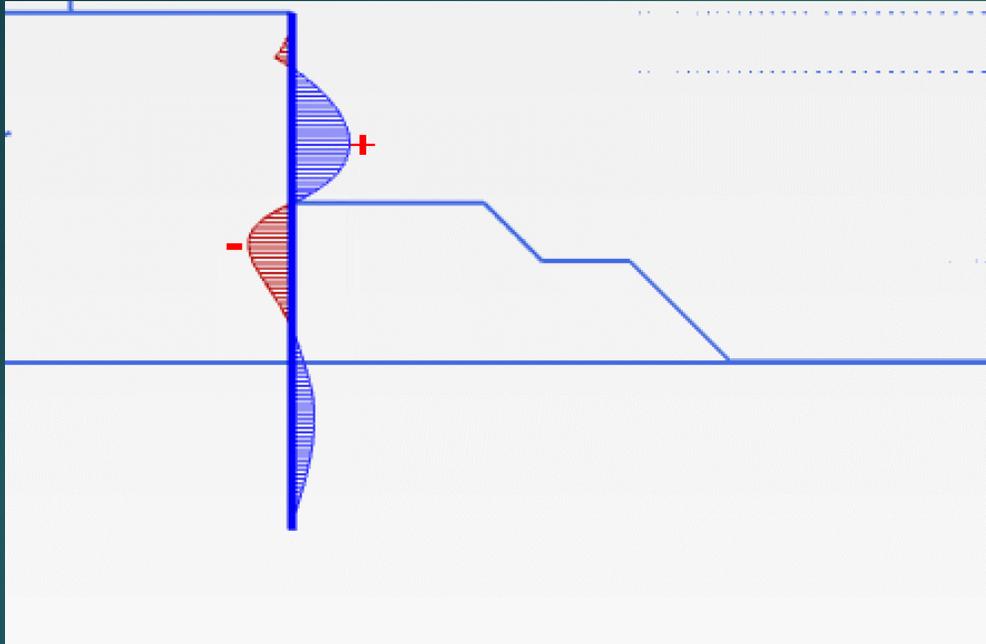
Signal

Dynamic multiplier

Time [s]

OK

## Statik ve Deprem Durumu için Performans Karşılaştırması

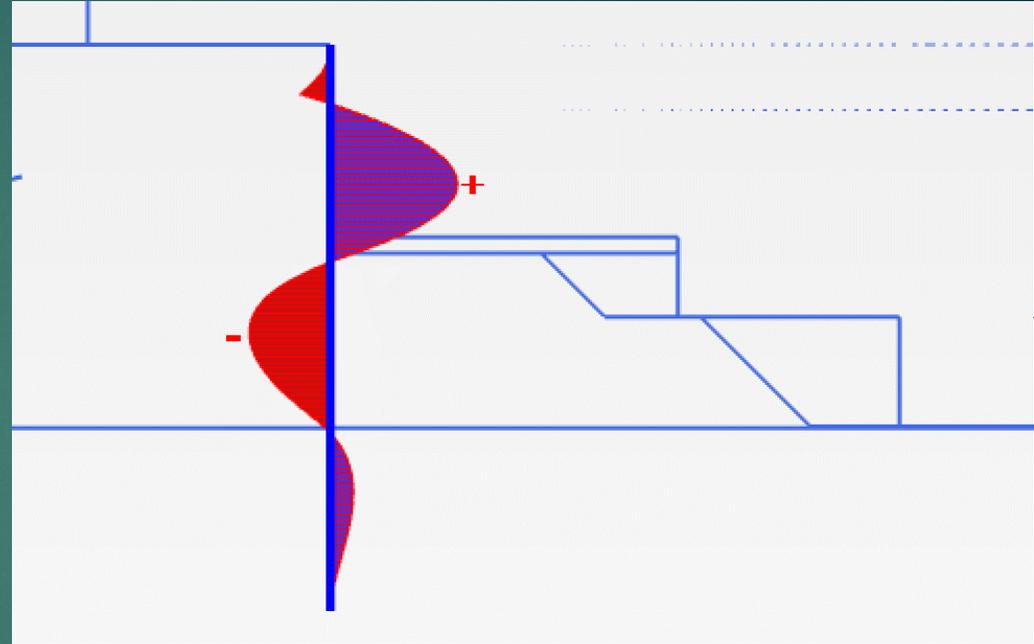


**Bending moments M (scaled up 0.0200 times)**

Maximum value = 98.81 kN m/m (Element 82 at Node 12277)

Minimum value = -74.62 kN m/m (Element 95 at Node 18381)

Statik



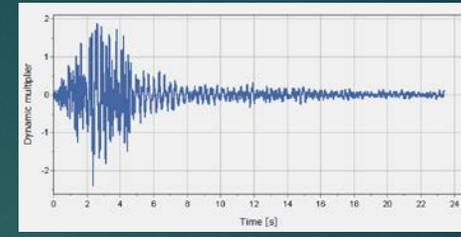
**Bending moments M (scaled up 0.0200 times)**

Maximum value = 199.5 kN m/m (Element 82 at Node 12278)

Minimum value = -126.9 kN m/m (Element 97 at Node 19535)

Deprem

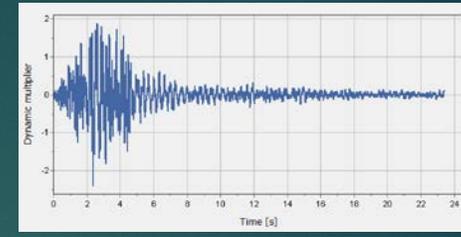
# Sonlu Elemanlar Metodu ile Elde Edilen Deformasyon Animasyonu



52



# Sonlu Elemanlar Metodu ile Elde Edilen Duvar Kesiti Deformasyon Animasyonu





## Performans kriterleri sağlanamazsa ne yapacağız?

54

- Problem ne kadar geç farkedilirse makul bir çözüm bulma olasılığı bir o kadar azalır. En doğru yaklaşım proje aşamasında muhtemel sorunları ve riskleri tespit edip bunların tasarım aşamasında çözümlenmesi ve bütçelendirilmesidir.
- Şayet inşaat aşamasında problem farkedilirse bina içinden veya çevresinden derin temel uygulamasına gidilip gidilemeyeceğine bakılır ama yeni kazıklar gerilimi alana kadar deformasyonlar daha da ilerleyebilir.
- Ekonomik açıdan makul görülürse yük hafifletmek için kat adeti sayısında azaltmaya gidilebilir.
- Servis yüklerini azaltmak için daha hafif inşaat malzemesi kullanımına gidilebilir.
- İleri analiz yöntemleri ile sorunun uzun vadede sürüp sürmeyeceği araştırılır gerekiyorsa ilave sondajlar yapılır.
- Façade, asansör ve mekanik sistemlerde ileride doğabilecek muhtemel problemlerin sorumlularca düzeltilmesi kabul edilir.



- Üç boyutlu zemin-yapı etkileşimi analizleri özellikle üstyapı yüklerinin, temel geometrisinin ve jeolojinin keskin değişiklikler gösterdiği projelerde iki boyutlu analizlere göre tasarımcıya büyük kolaylıklar sağlamaktadır.
- Buna mukabil üç boyutlu bir modelin oluşturulması için gerekli nümerik analiz süreci iki boyutlu analizlere göre nispeten daha uzun olabilmekte ve bu tür çözümler yüksek performanslı bilgisayarların süreçte kullanılmasını gerektirmektedir.
- Ülkemizde benzer uygulamaların artırılması ve nümerik analiz yöntemlerinin daha yaygın uygulama alanı bulabilmesi için akademik çalışmaların yürütülmesi kaçınılmazdır ama buna mukabil bu konunun inşaat sektörü içerisinde kabul görebilmesi için tasarımcı firmaların konuya ilgisinin çekilmesi ve bu tip analizlerin proje sürecinde pratikte çalışan mühendislerce gerçekleştirilmesi sağlanmalıdır.

# Soru ve Cevaplar