

بسم الله تعالى

# اولین سمپوزیوم بین‌المللی ملاحظات ساخت و ساز در نزدیک گسل

1<sup>st</sup> International Symposium on Near Field Construction Considerations

ارزیابی مبتنی بر عملکرد سیستم‌های زیرسازه ساختمان‌ها:  
آثار بار-جابجایی، لرزه‌ای و همچوارسازی

Performance-Based Evaluation of Buildings Substructure Systems:  
Load-Displacement, Seismic, and Adjacent Construction Effects

توسط:

دکتر ابوالفضل اسلامی

Prof. Abolfazl Eslami

عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)،  
دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست (AUT)

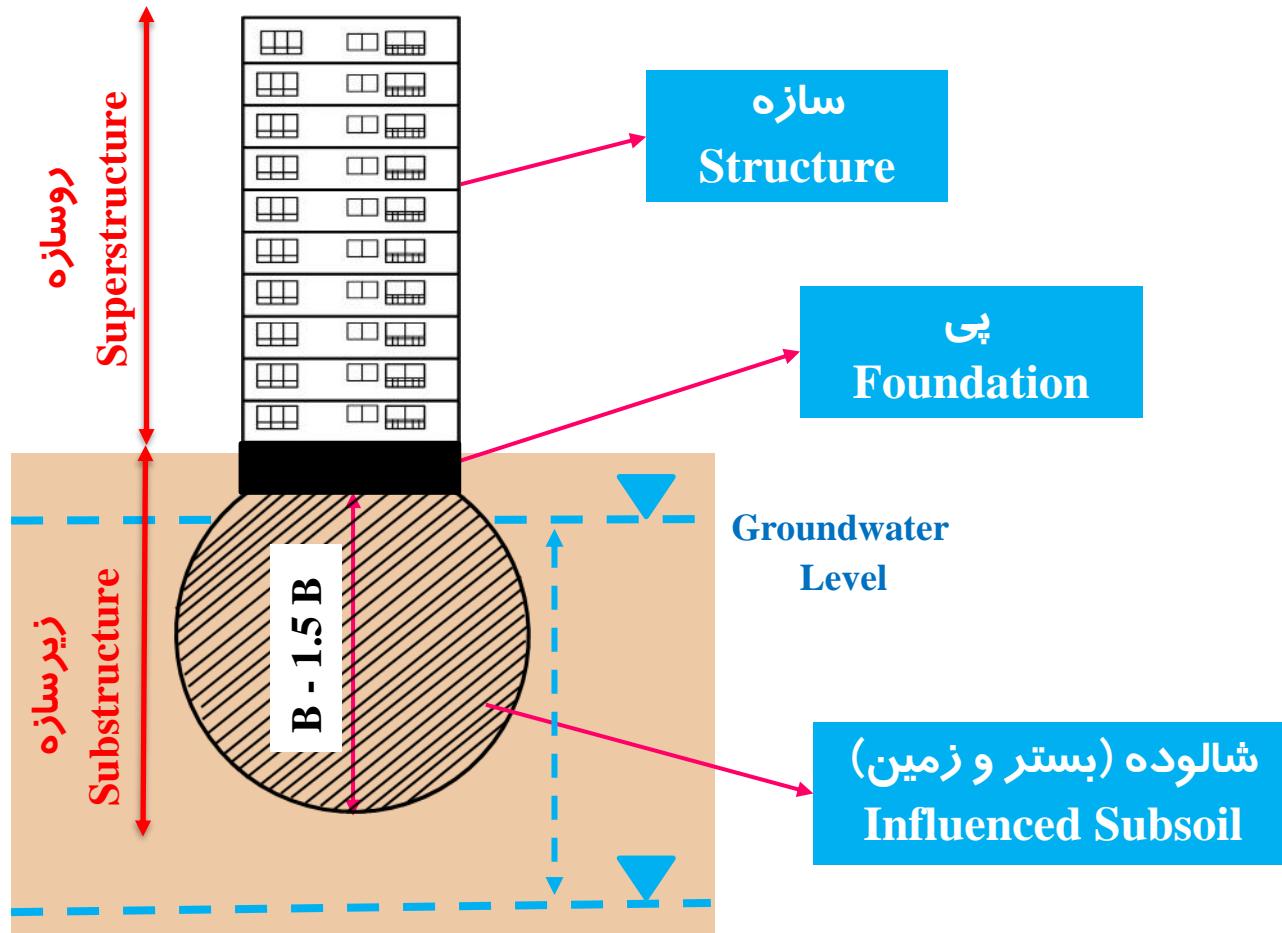
بهمن ۱۴۰۳ – تهران

- 1. Scope & Objectives**
- 2. Buildings Substructure Systems**
- 3. Foundations Performance; P-Δ**
- 4. Seismic Event & Combined Loading**
- 5. Adjacent Buildings Construction**
- 6. Summary & Prospect**

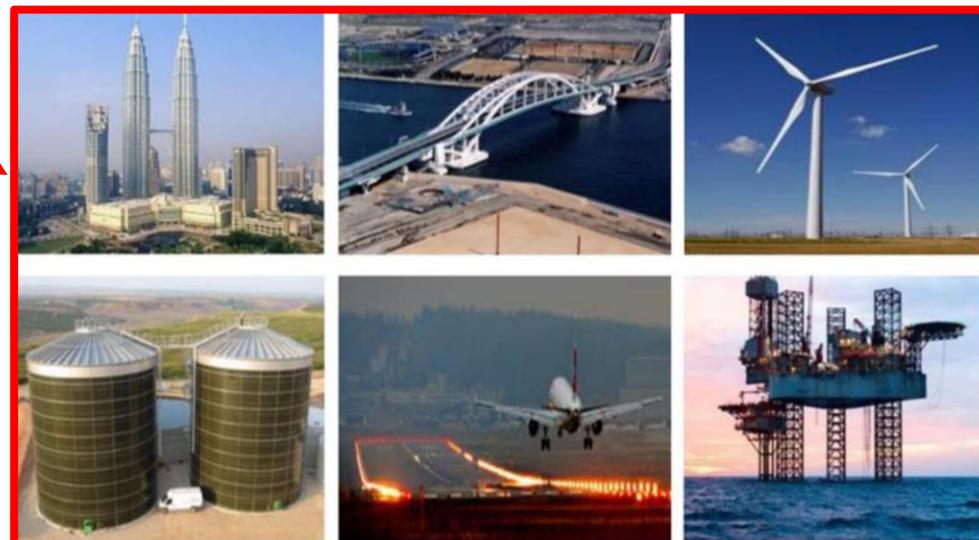
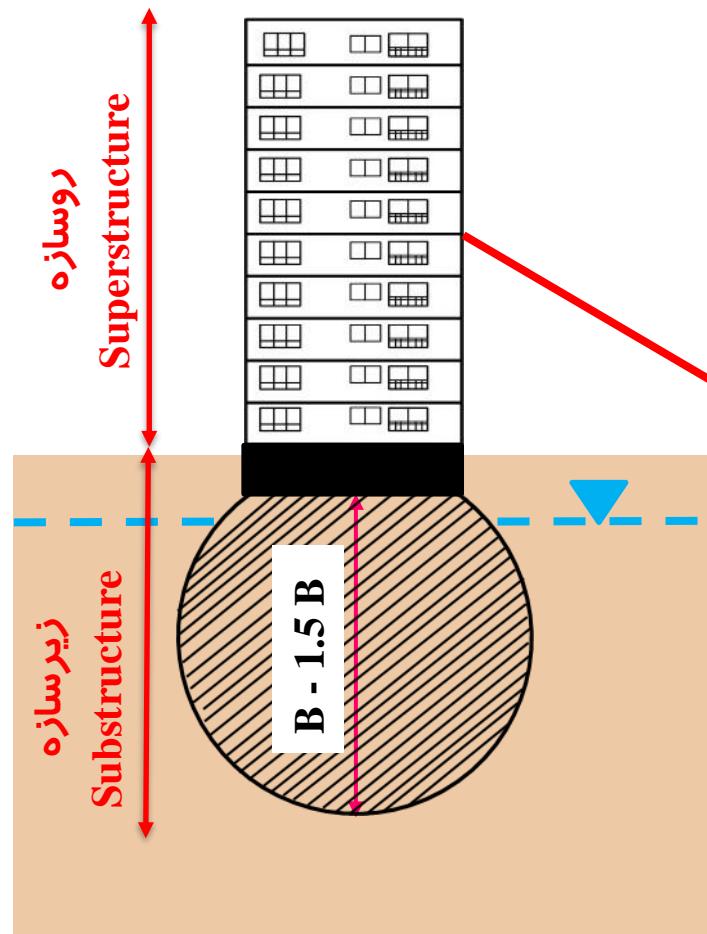
- ۱- سیمای کار و اهداف**
- ۲- سیستم زیرسازه ساختمان‌ها**
- ۳- عملکرد پی‌ها؛ داده‌های بار-جابجایی**
- ۴- شرایط لرزه‌ای بارگذاری ترکیبی**
- ۵- همچوارسازی ساختمان‌ها**
- ۶- جمع‌بندی و چشم‌انداز**

# اجزای اندرونی روسازه و زیرسازه

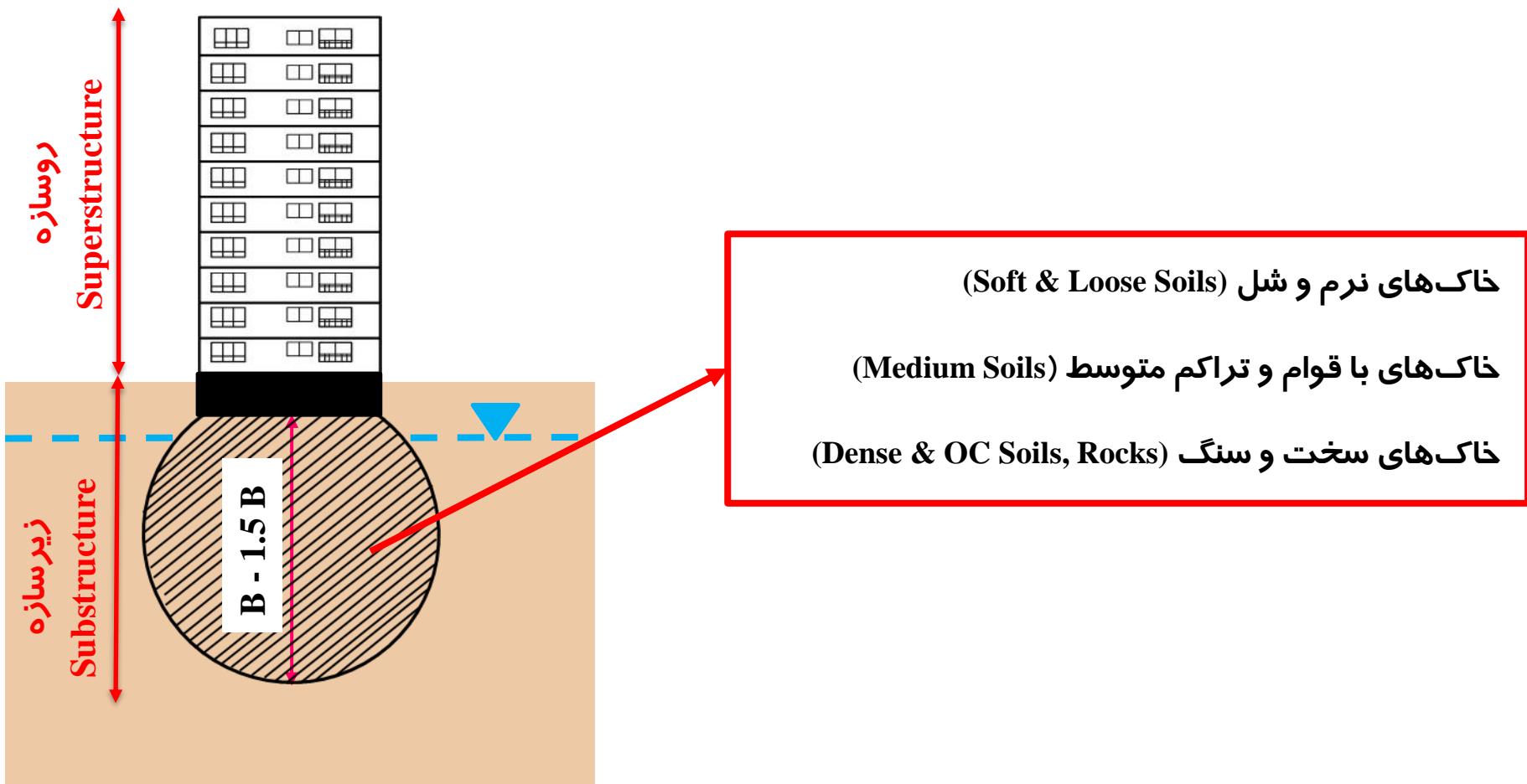
## Interaction of Superstructure & Substructure



# تنوع در سازه: نوع، ابعاد، اهمیت و ترکیب بارگذاری

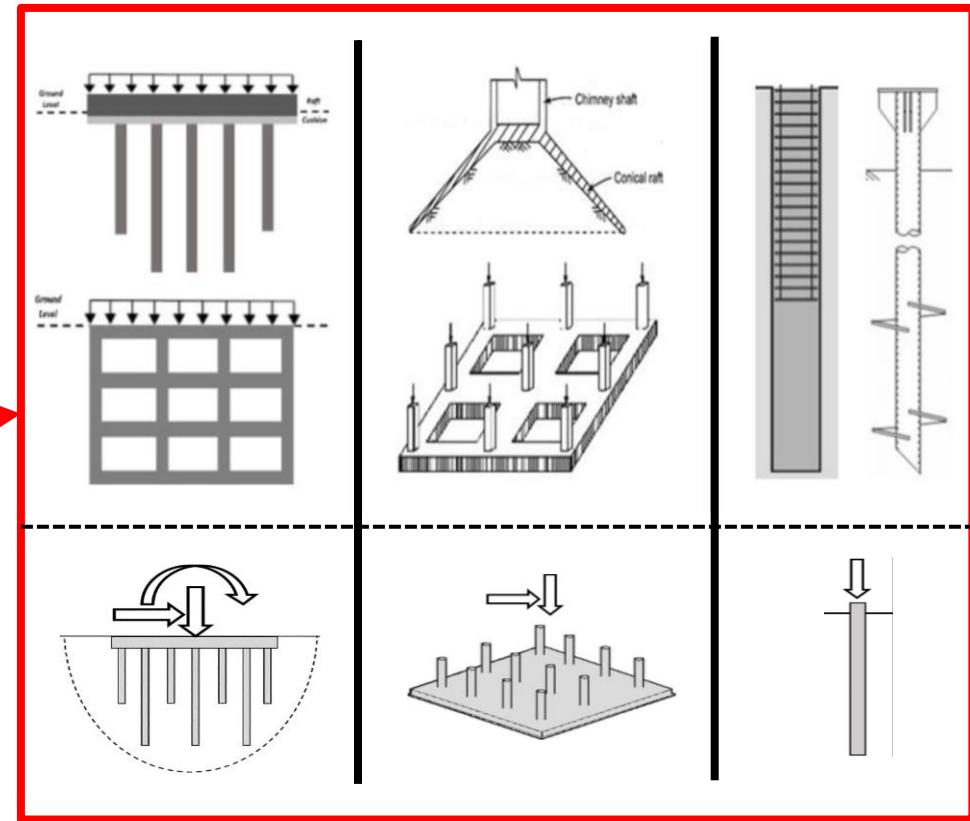
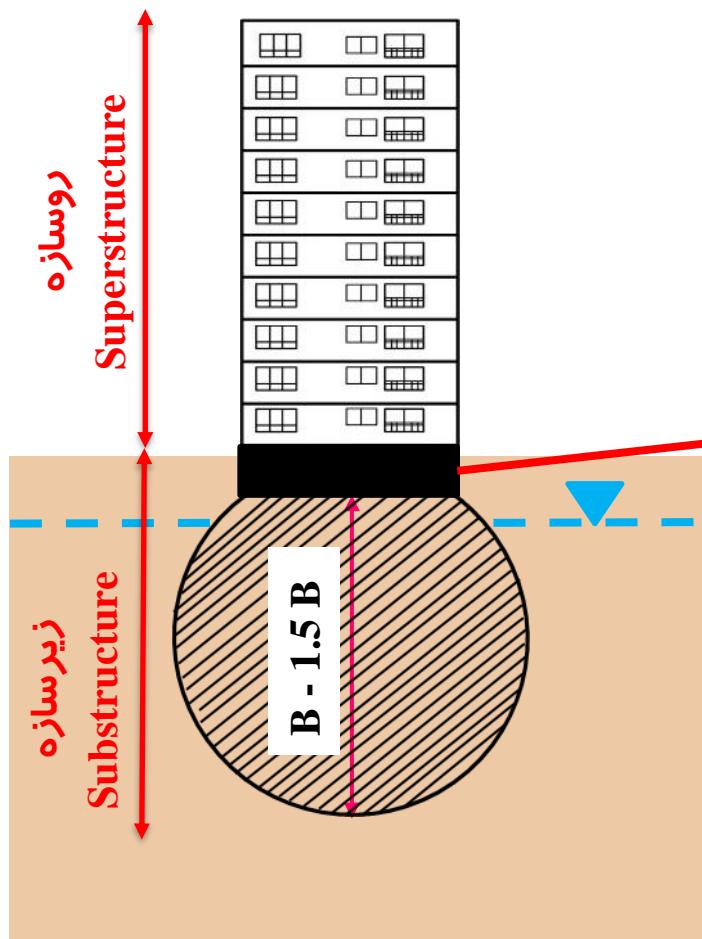


# تنوع در مصالح شالوده‌ها: نوع، تراکم - قوام و زهکشی



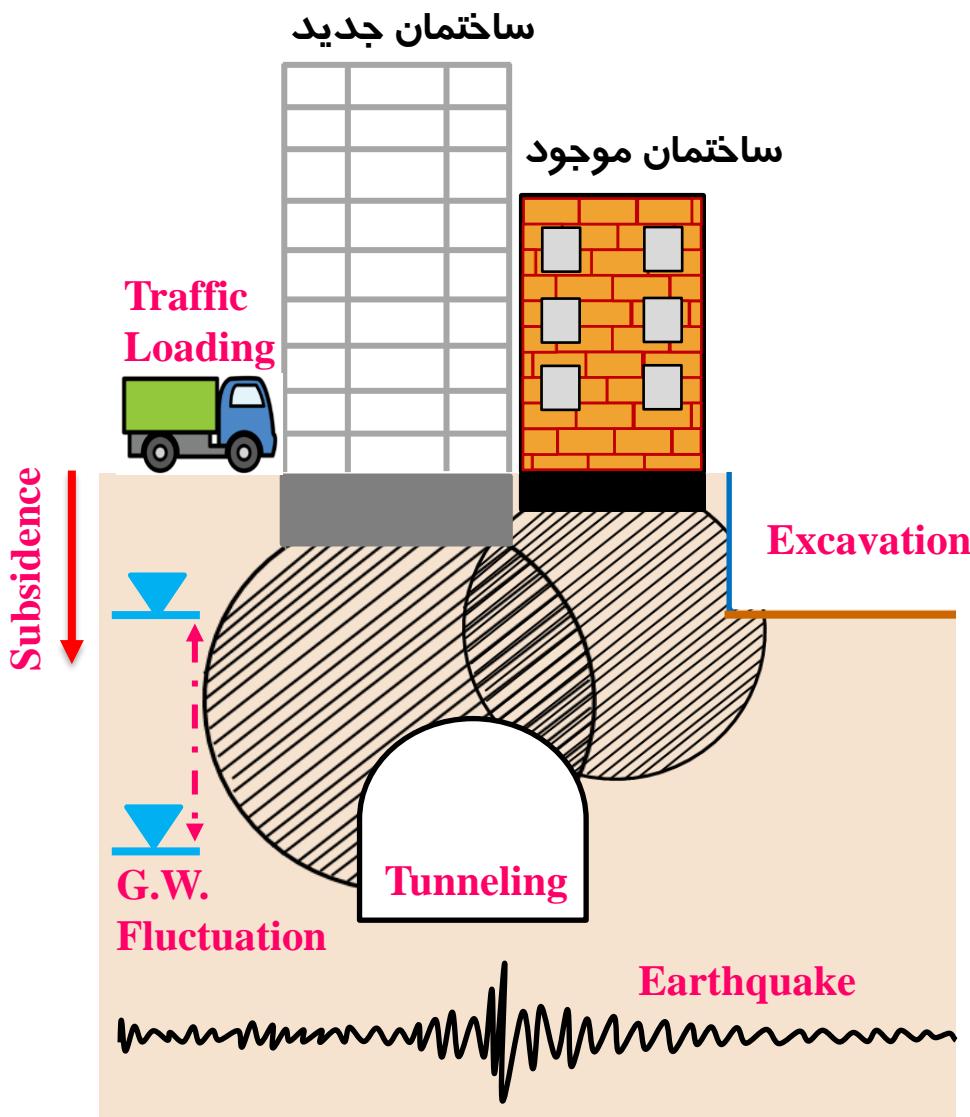
# تنوع در سیستم فونداسیون: نوع، هندسه و عمق استقرار

## Foundation Systems



# عوارض آتی و پیرامونی

## Futuristic & Circumferential Efficacies

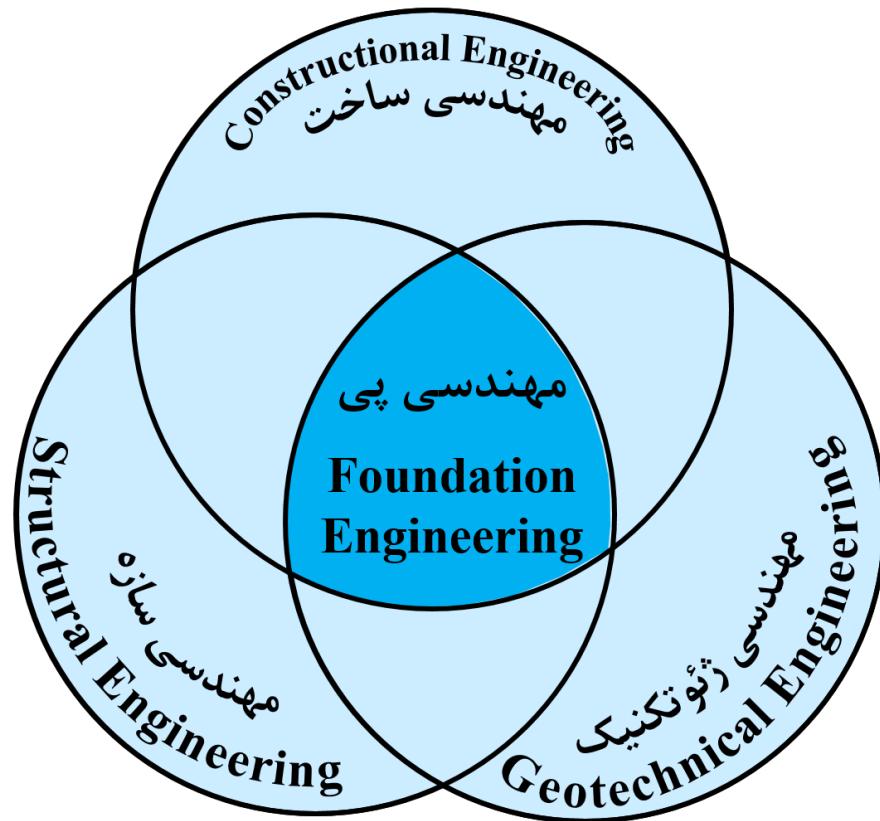


- ✓ همچوارسازی
- ✓ تغییرات آب زیرزمینی
- ✓ بارهای لرزه‌ای و دینامیکی
- ✓ حفر تونل در مجاور و یا زیر پی
- ✓ گودبرداری
- ✓ زلزله
- ✓ فرونشست

# مهندسی پی: همپوشانی ژئوتکنیک، سازه و ساخت

## Major Analysis & Design Requirements

- 1. Bearing Capacity**
- 2. Serviceability**
- 3. Structural Design**
- 4. Stability Control**
- 5. Full or Model Scale Testing**
- 6. Constructional Aspects**
- 7. Durability**
- 8. Economic Requirements**



**Fellenius (2015):** The analysis and design of foundations are an **iterative** process since the amount of imposed loads, corresponding settlement, and foundation geometry are **interactive**, affected by geotechnical capacity, structural capacity and settlement requirements.

# Tall Buildings; General View

## ساختمان‌های بلند؛ معرفی کلی

- 200–300 m: **Tall buildings**
- 300–600 m: **Super-Tall buildings**
- >600 m: **Mega-Tall buildings**



Tianjin Goldin  
Tower, China



One Shell  
Plaza, USA



Al Faisaliah,  
KSA



Messeeturm,  
Germany

Multi-disciplinary

Knowledge-based

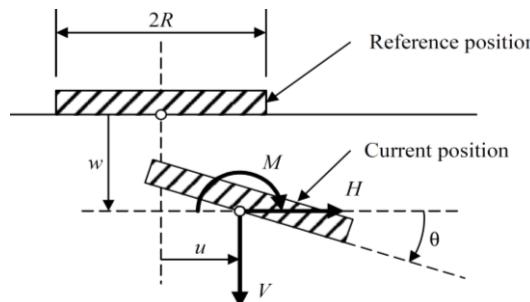
Mega-scale

Inspiring

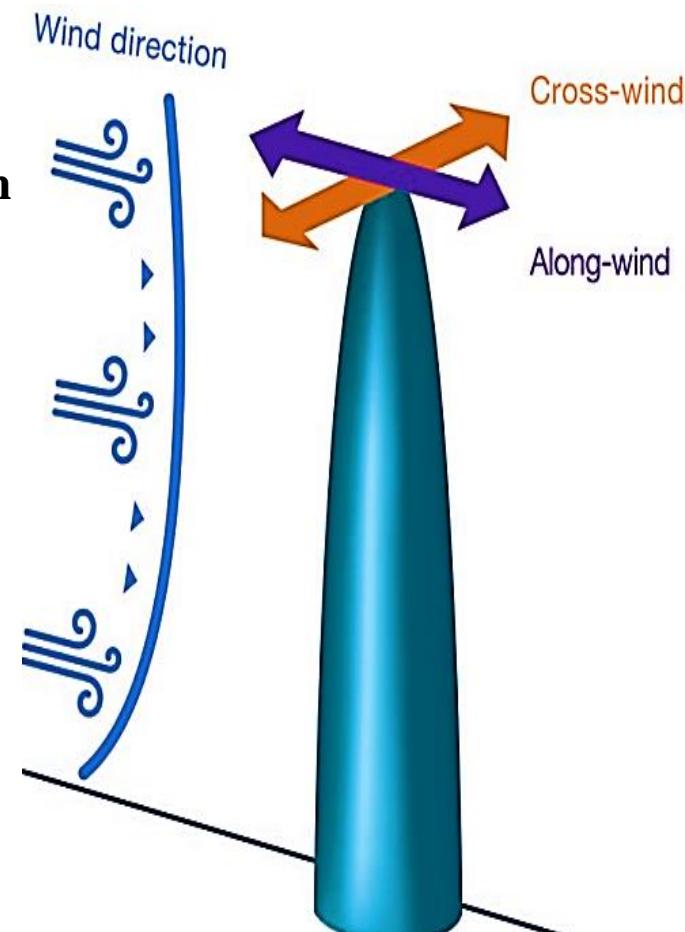
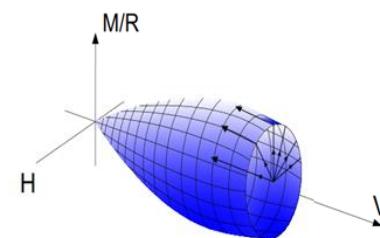
# Tall Buildings; Major Characteristics

# ساختمان‌های بلند، ویژگی‌های عمدۀ

- High weight & vertical load on foundation
- Non-uniform settlement due to adjacent construction
- Lateral load and overturning moments from wind
- Extra lateral load from earthquake
- Potential for resonance by wind & earthquake loads
- Structure under combined (VMH) loading



Combined loading (VMH)



Cross wind and along wind building responses

## Foundation Types for Tall Buildings

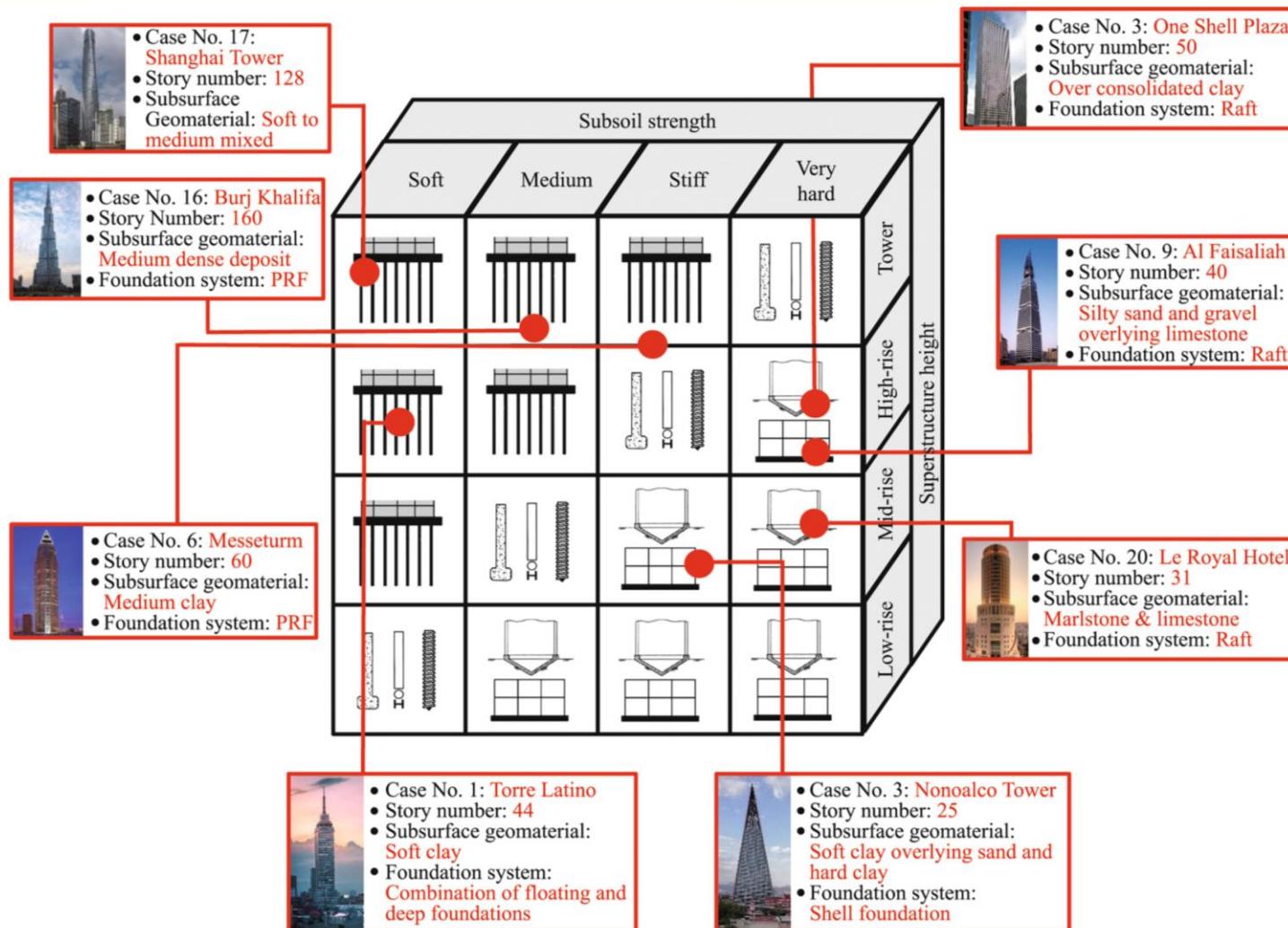
## أنواع فوونداسيون ساختمان‌های بلند

### Foundations for Tall Buildings

- ❖ Pile Group
- ❖ Hybrid Foundations
- ❖ Massive Modification
- ❖ Columnar Modification
- ❖ Piled Raft Foundation (PRF)
- ❖ Mat Foundations
- ❖ Shell Foundations
- ❖ Skirted Foundations
- ❖ Floating Foundations
- ❖ Barrette Foundations

# انتخاب سیستم فونداسیون برای ساختمان‌ها (Eslami et al., 2025)

## Foundation Selection Framework & Adoption



Visual presentation of representative case studies' compliance (Eslami et al., 2025)

## Load-Displacement: Dominant Factors

## عوامل موثر بر رفتار بار-جابجایی پی‌ها

### Foundation

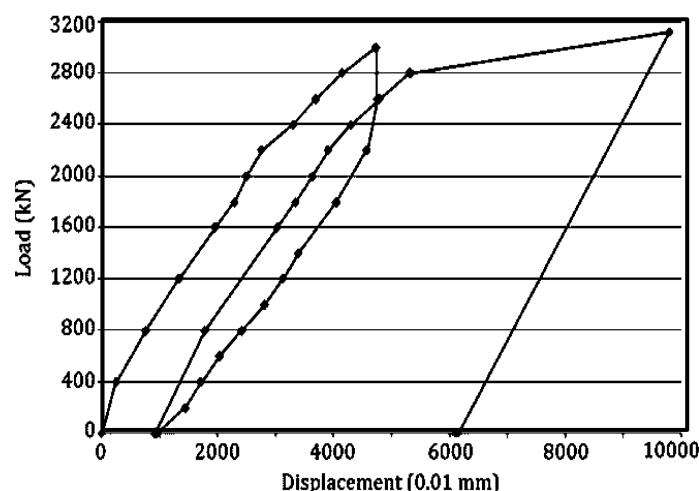
*Geometry & Embedment*  
*Installation Effects*  
*Interface Properties*  
*Structural Material*

### Geomaterial

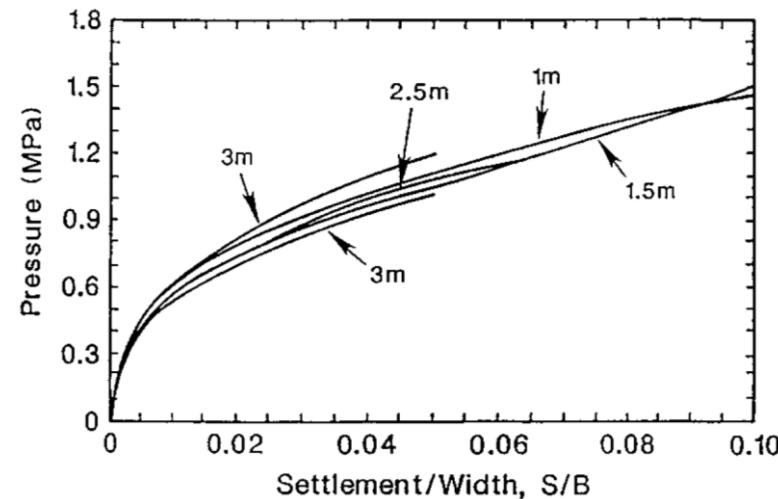
*Strength & Stiffness*  
*Drainage Condition*  
*Time History & Aging*  
*Sensitivity & Thixotropy*

### Loading

*Pattern:*  
Slow or Rapid  
*Type:*  
Compressive, Tensile, Cyclic



Load-displacement of driven pile, pull out test  
(Eslami et al., 2011)



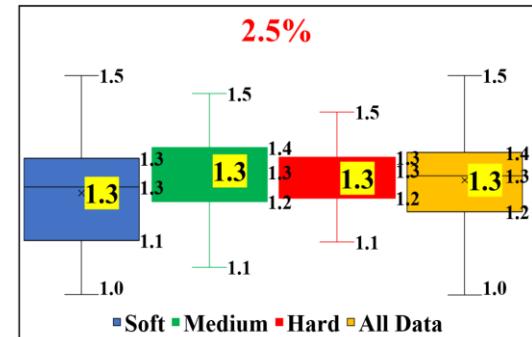
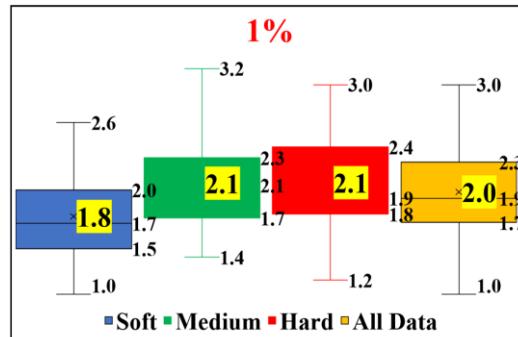
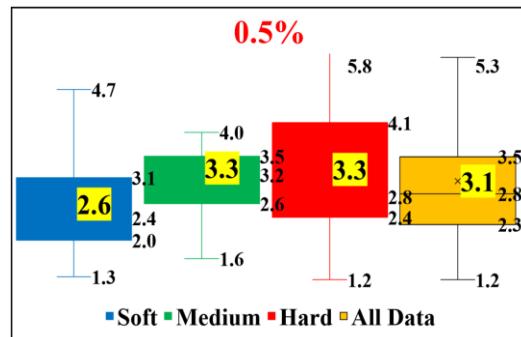
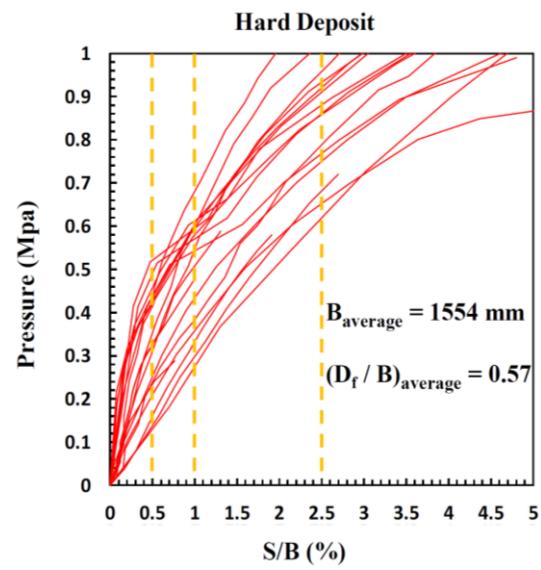
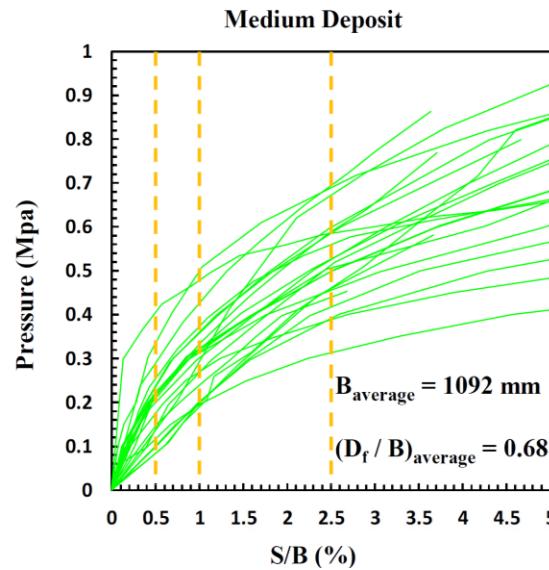
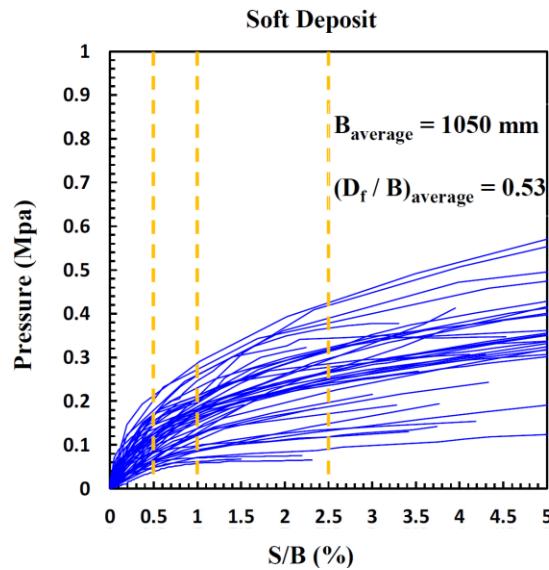
Pressure - relative displacement for spread footings  
(Briaud & Gibbens, 1999)

# رفتار بار-جابجایی پی‌های سطحی (Eslami et al., 2025)

## Load-Displacement: Spread Footings

- 70 Cases of Spread Footings
- Implemented on Sand, Clay and Mixed Deposits
- Embedment Depths between 0 to 3 m
- Breadth between 0.5 to 2.2 m

Assuming Ultimate Load at  $S/B = 5\%$

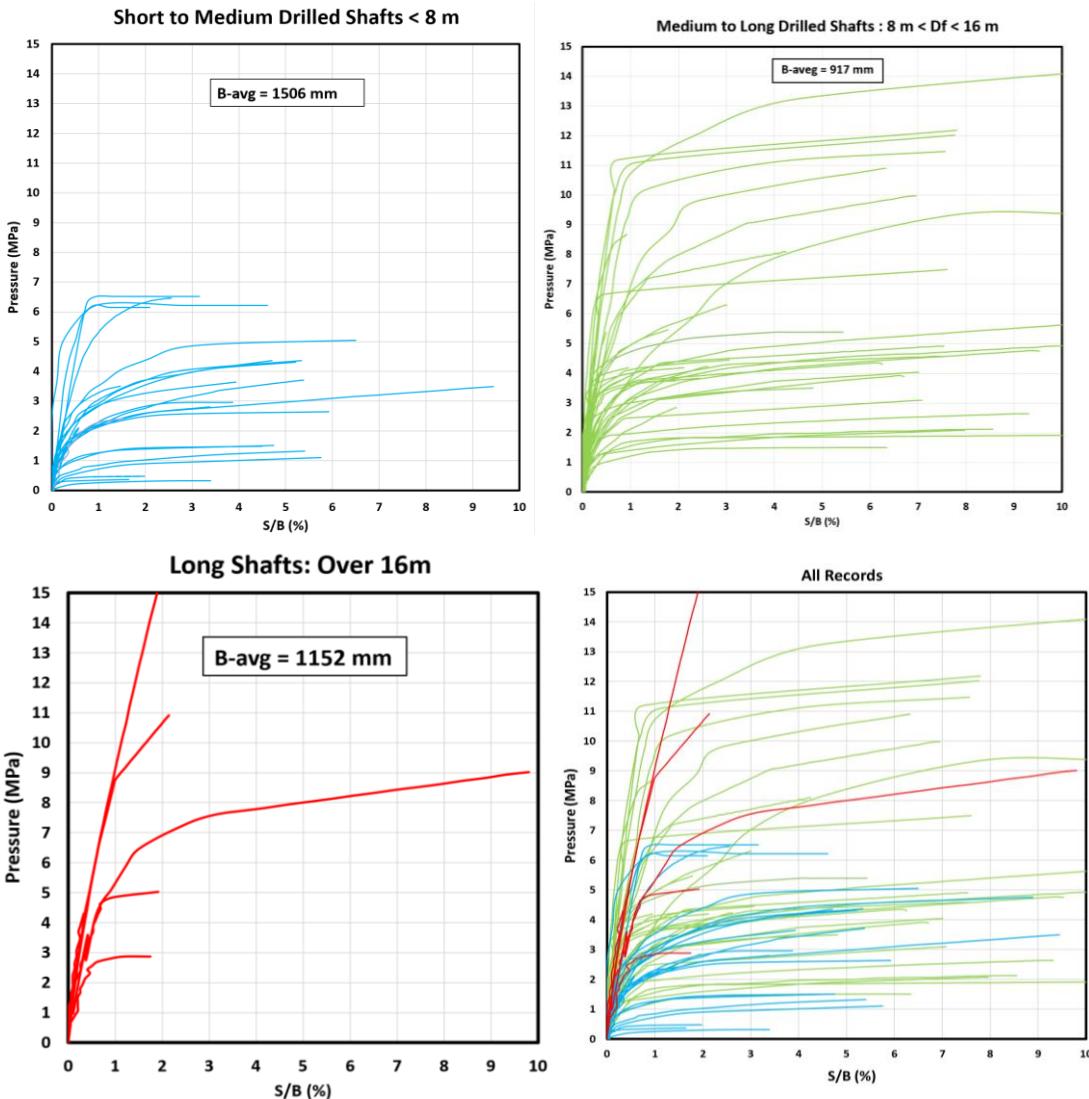


Evaluating factor of safety for spread footings based on displacement ratios

# رفتار بار-جابجایی شمع‌های درجا (Eslami et al., 2025)

## Load-Displacement: Drilled Shafts

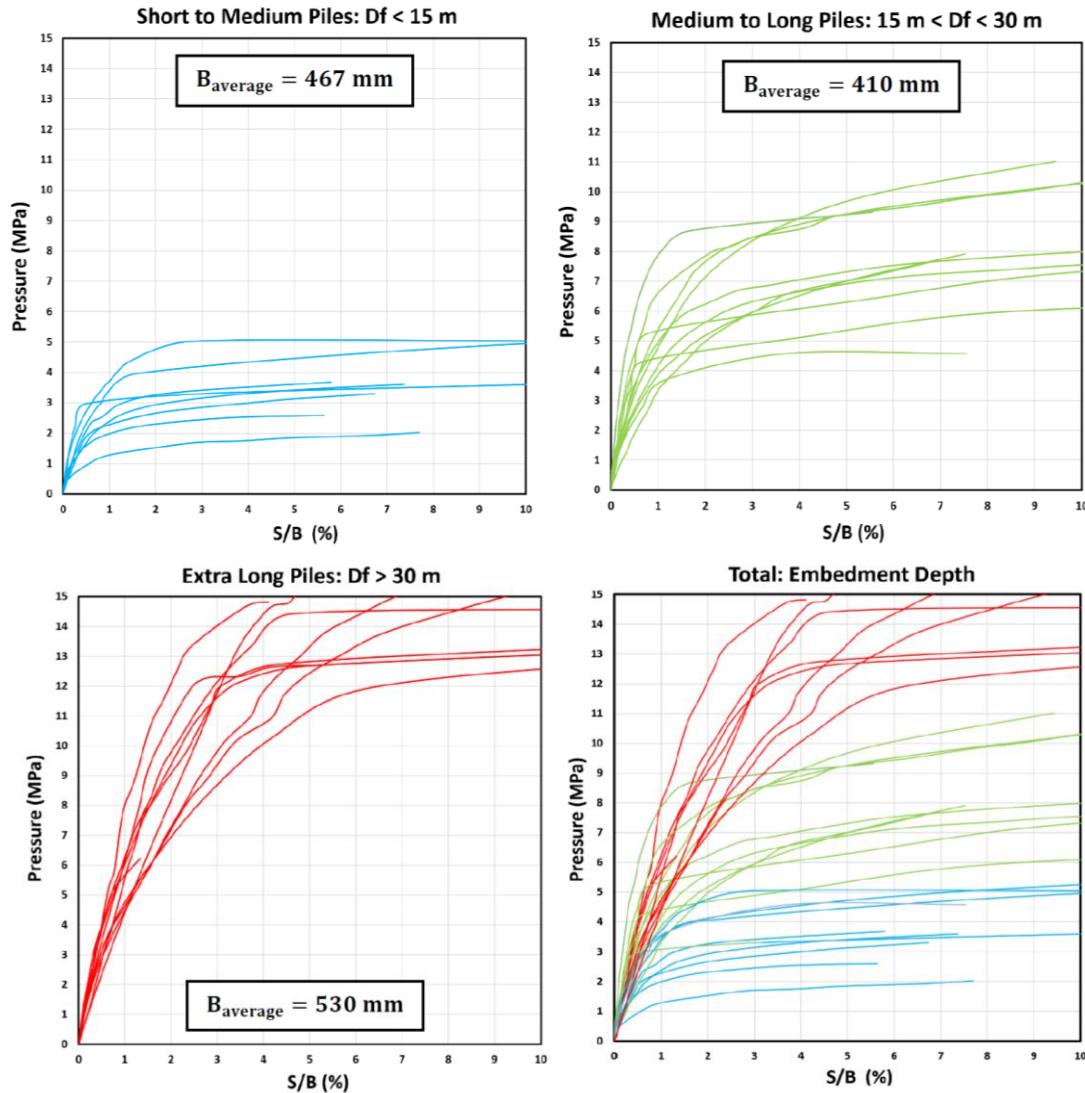
- **67 Cases of Drilled Shafts**
- **Bored in:**
  - ✓ Sand,
  - ✓ Clay
  - ✓ Mixed Deposits
- **Embedment Depths between 6 to 22 m**
- **Diameter between 350 to 2440 mm**



# رفتار بار-جابجایی شمع‌های کوییدنی (Eslami & Ebrahimipour, 2024)

## Load-Displacement: Driven Piles

- **71 Cases of Driven Piles**
- **Driven in:**
  - ✓ Sand,
  - ✓ Clay
  - ✓ Mixed Deposits
- **Embedment Depths between 6 to 56 m**
- **Diameter between 235 to 914 mm**



# رفتار بار-جابجایی شمع‌های کوییدنی (Eslami & Ebrahimpour, 2024)

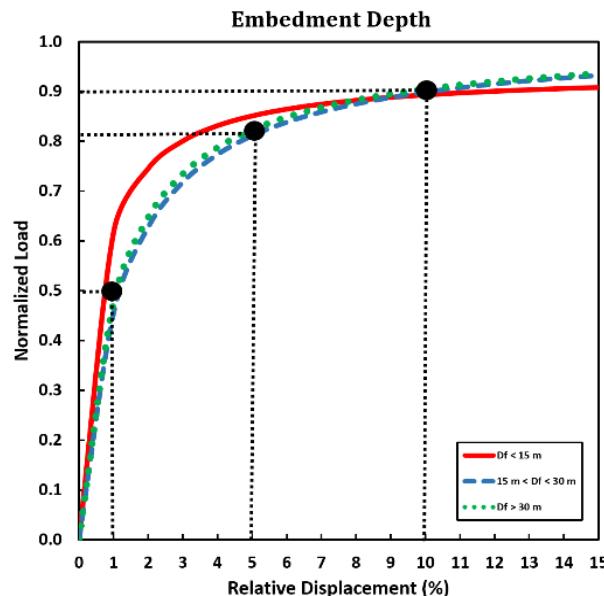
## Load-Displacement: Driven Piles

### Normalization Approach:

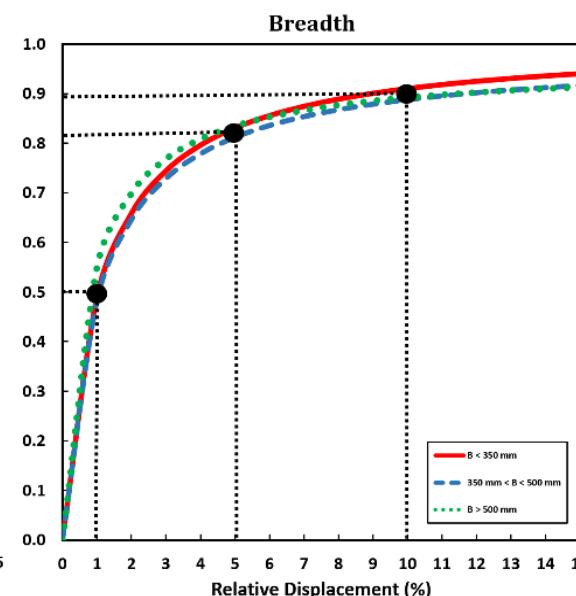
- Load: Brinch-Hansen 80% (1963)
- Displacement: Breadth

### Relative Displacement & Normalized Load:

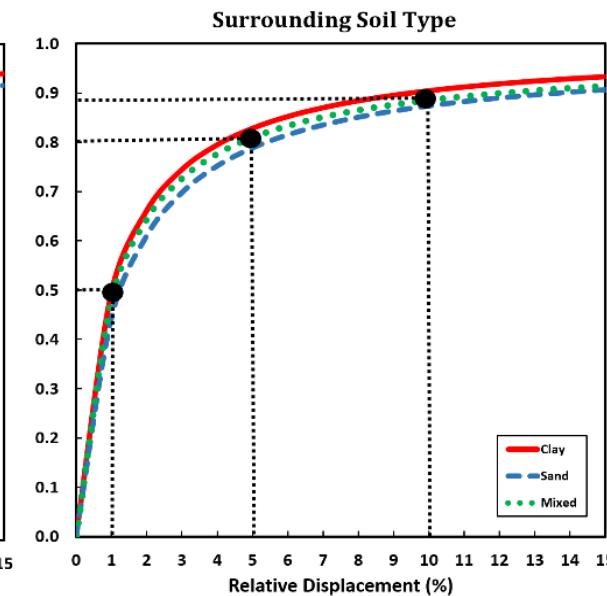
- 1 % → 0.5 Pu (FS=2)
- 5 % → 0.8 Pu
- 10 % → 0.9 Pu



(a)



(b)

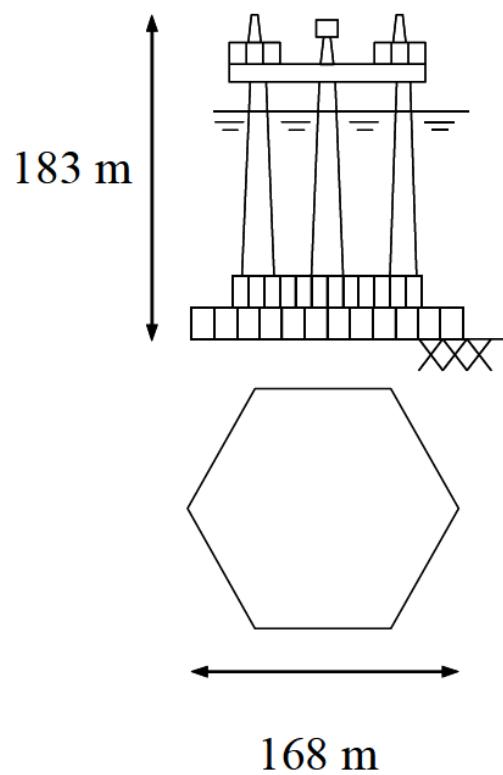


(c)

Normalized hyperbolic trending of load-displacement for dominant factors: a) embedment depth, b) breadth, c) surrounding soil type (Eslami & Ebrahimpour, 2024)

# نقش بارهای ناپایدار‌کننده در هندسه فونداسیون

## Effect of Combined Loading on Foundation Geometry



Taywood Seltrust

maximum storm loads

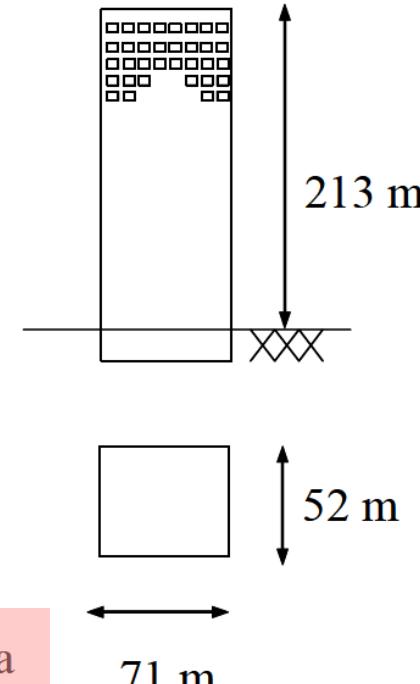
2006 MN	V	1500 MN
495 MN	H	29 MN
18850 MNm	M	3255 MNm

35% extra V  
1600% extra H  
500% extra M

foundation plan

9173 m <sup>2</sup>	A	3692 m <sup>2</sup>
---------------------	---	---------------------

150% bigger foundation area

One Shell Plaza  
Houston

مقایسه بارهای طراحی برای یک سازه فراساحل و یک سازه مستقر در خشکی (Poulos, 1988)

# سازه‌های با کاربری جدید و بارهای ترکیبی

## Super-Tall Structures and Combined VMH Loading



نمایی از برج شانگهای

### نمونه ساختمان‌های بلند: برج شانگهای چین

- ✓ ۱۲۸ طبقه، ارتفاع ۶۳۲ متر
- ✓ 632 m Height
- ✓ از بلندترین ساختمان‌های کشور چین
- ✓ بارهای مرده و زنده معادل  $671 \cdot MN$  و  $963 \cdot MN$
- ✓ نشست بیشینه بین ۱۰۱ تا ۱۰۴ میلیمتر
- ✓ Maximum settlement between 101 and 104 mm

### Horizontal Loads and overturning moments at the base level (Zhao et al., 2011)

نوع نیروی افقی وارد	نیروی برشی در تراز مبنا (MN)	لنگر واژگونی متناظر (MN.m)
باد (دوه بازگشت ۱۰۰ ساله)	95	37226
زلزله (دوره بازگشت ۵۰ ساله)	89	18842

# Collapses & Damages

# خرابی‌ها و آسیب‌ها



Earthquake, Turkey



Earthquake, Taiwan



Storm & Tornado, Fallen Wind Turbine



Flood, North of Iran

# Conventional & Novel Approaches

# مقایسه روش‌های تحلیل و طراحی

Rotation limits for some structures

(Charles & Skinner, 2003)

Structure or component	Tilt
Radar system	1/50 000
Satellite antenna tower	1/6000
Machine operation: turbine	1/5000
Warehouse high racking	1/2000
Concrete tanks	1/500
Crane rails	1/333
Chimneys, towers	1/250
Stacking of goods	1/100
Floor drainage	1/100–1/50

## Conventional Approach

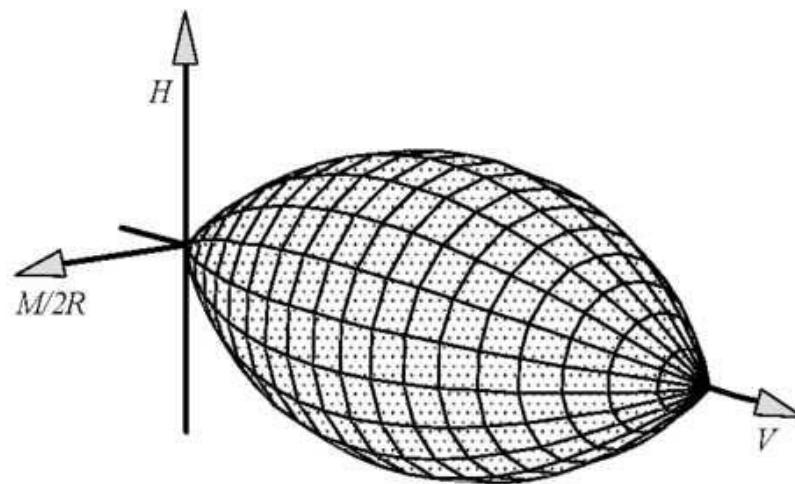
- **Conservative**
- **Modification Factors**
- **Improper for Uncertainties**

## Novel Approach

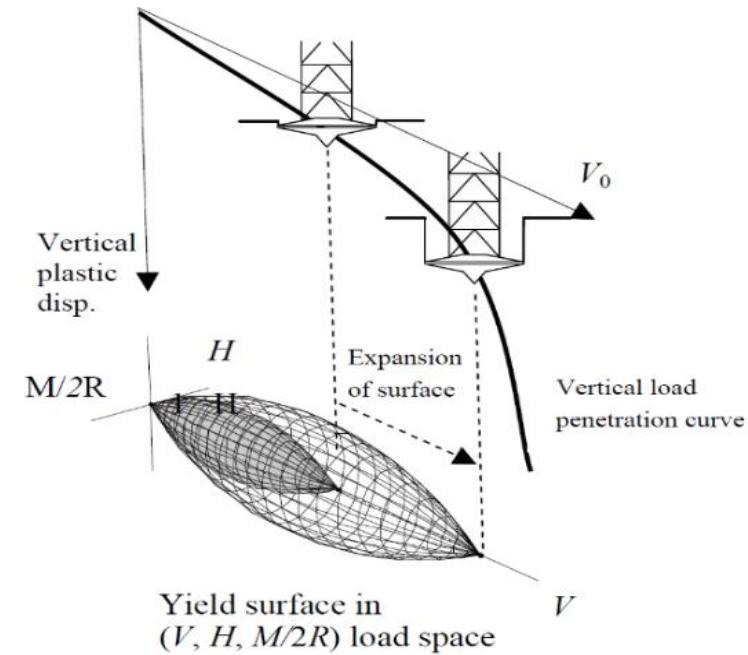
- **Different Loading Paths**
- **Interactive Analysis of Bearing Capacity, Settlement & structural Design**
- **Presenting a Failure Envelope**

## VMH Failure Envelopes

## روش پوش‌های گسیختگی VMH



(a)

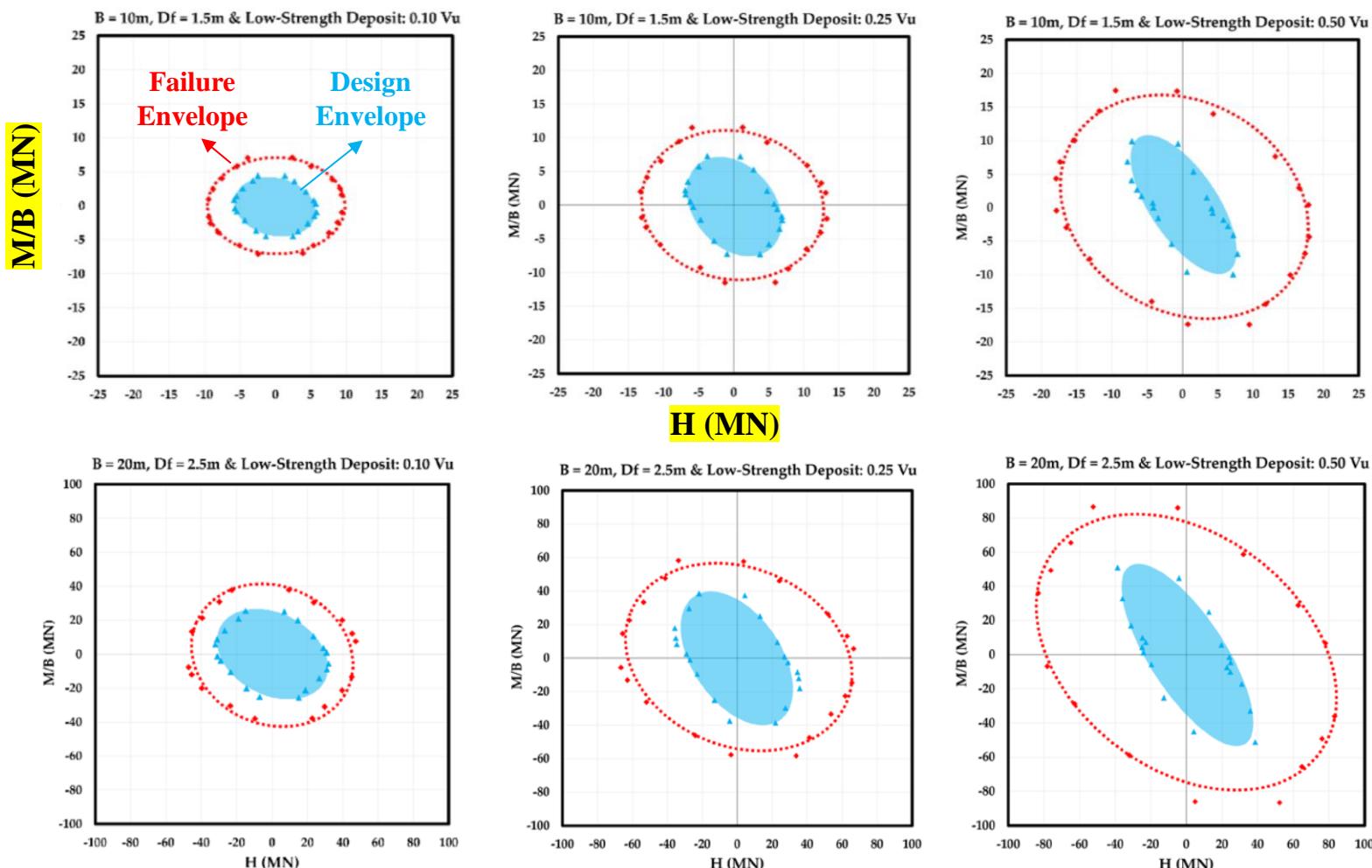


(b)

(a) Typical failure envelope (Houlsby & Cassidy, 2002); (b) Effect of embedment depth increase on failure envelope of spudcan foundation (Randolph et al., 2005)

# Failure & Design Envelopes

# پوشاهای گسیختگی و طراحی برای پی رادیه



Failure and design envelopes for rafts with breadth of 10 m & 20 m (Ebrahimpour & Eslami, 2025)

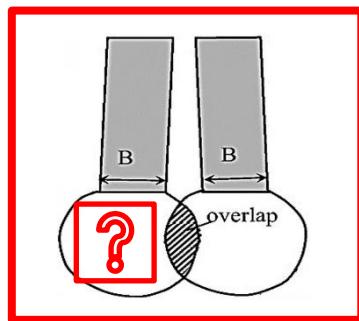
# Why Adjacent Construction?

چرا هم‌جوارسازی؟

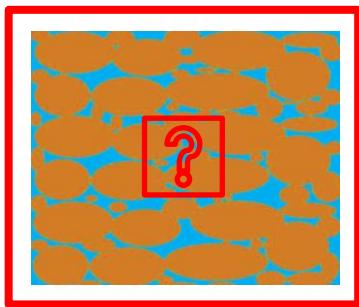
As cities evolve and populations grow, adjacent construction occurs more frequently. And when certain types of construction or excavation are planned, protections must be put into place to maintain the integrity of adjacent properties.



# بارهای نامرئی

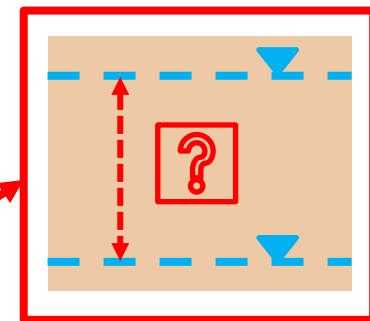


همپوشانی تنش‌ها  
Stresses Overlap

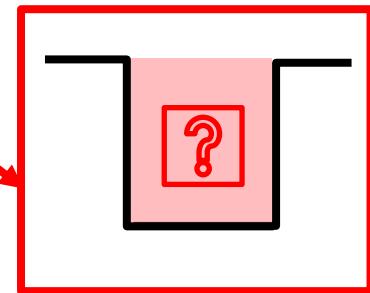


بارهای دینامیکی و ضربه‌ای  
افزایش فشار آب حفره‌ای

Excess Porewater  
Pressure



تغییر تراز آب زیرزمینی  
Groundwater Level Variation



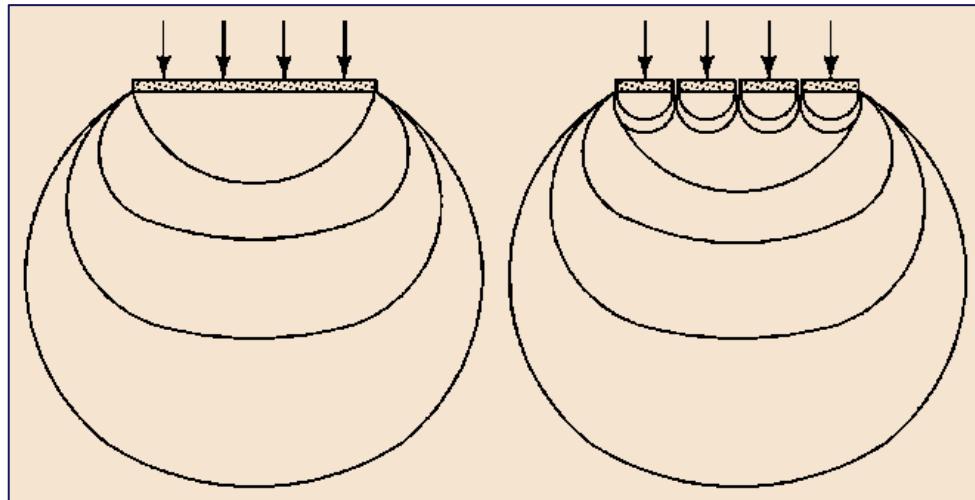
گودبرداری  
Excavation

## Invisible Loads

# عوارض ساخت پی‌های سطحی نزدیک به هم و تداخل تنش‌ها

## Adjacent Construction: Stress Overlap

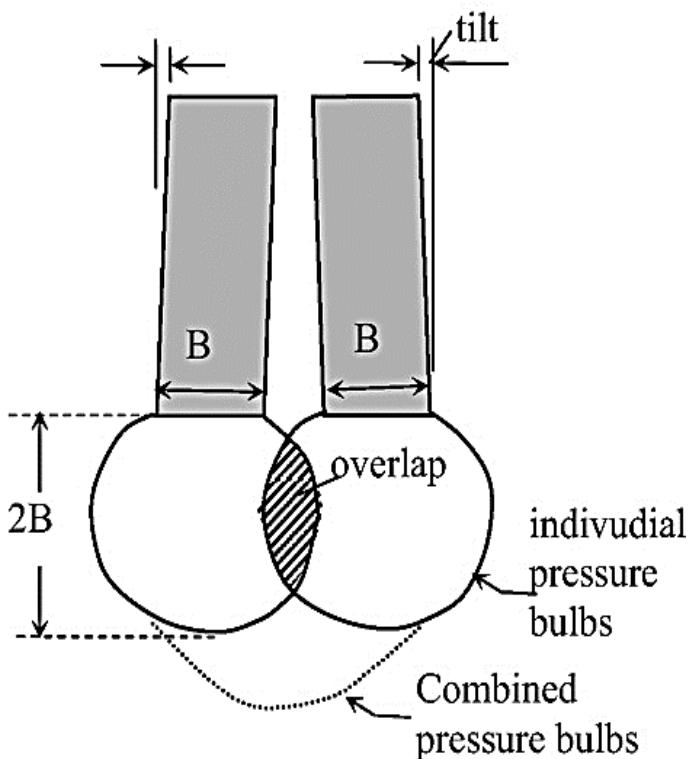
Adjacent and near foundations can perform similar to a raft foundation



Raft Foundation

Single Footings

### Tilt & Rotation



Tilting & interference of adjacent silos  
stress bulbs overlapping

## Case Studies & Complications

# موارد و معضلات هم‌جوارسازی پروژه‌ها



## ساختمان‌های مسکونی هم‌جوار: گلستان

Golestan, Iran

**موقعیت:**

استان گلستان، ایران

**خاک:**

طبقه‌بندی خاک CL و در برخی لایه‌ها CL-ML و CL Soil

**خسارت:**

- کج شدن ساختمان
- اندرکنش دو ساختمان به دلیل کجی و تماس با یکدیگر
- ریزش نمای ساختمان به دلیل فشار دو ساختمان بر هم
- ترک‌های ایجادشده ناشی از نشست نامتقارن ساختمان

4-Story Buildings

**جزئیات:**

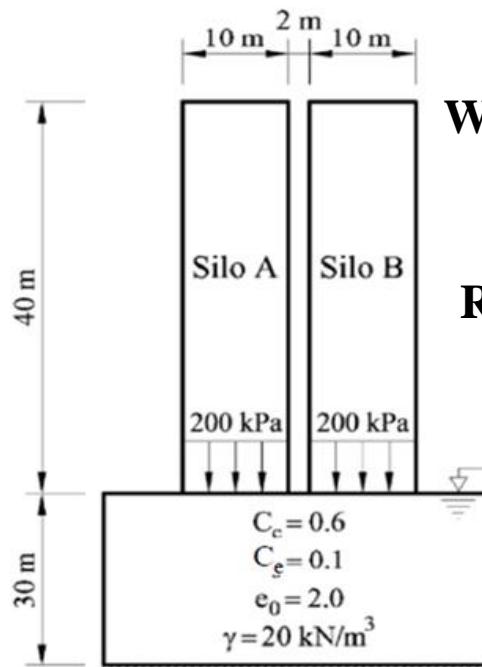
ساختمان‌ها ۴ طبقه

## Case Studies & Complications

## موارد و معضلات هم‌جوارسازی پروژه‌ها



کج شدگی سیلوها (Bozozuk, 1976)



**Height: 40 m**

**Foundation: Circular with D = 10 m**

### سیلوهای مجاور

**موقعیت:** وینیپگ، کانادا

**Winnipeg, Canada**

**خاک:** رس رودخانه‌ای

**Agassiz**

**Riverine Clay**

**خسارت:**

- چرخش سیلوها

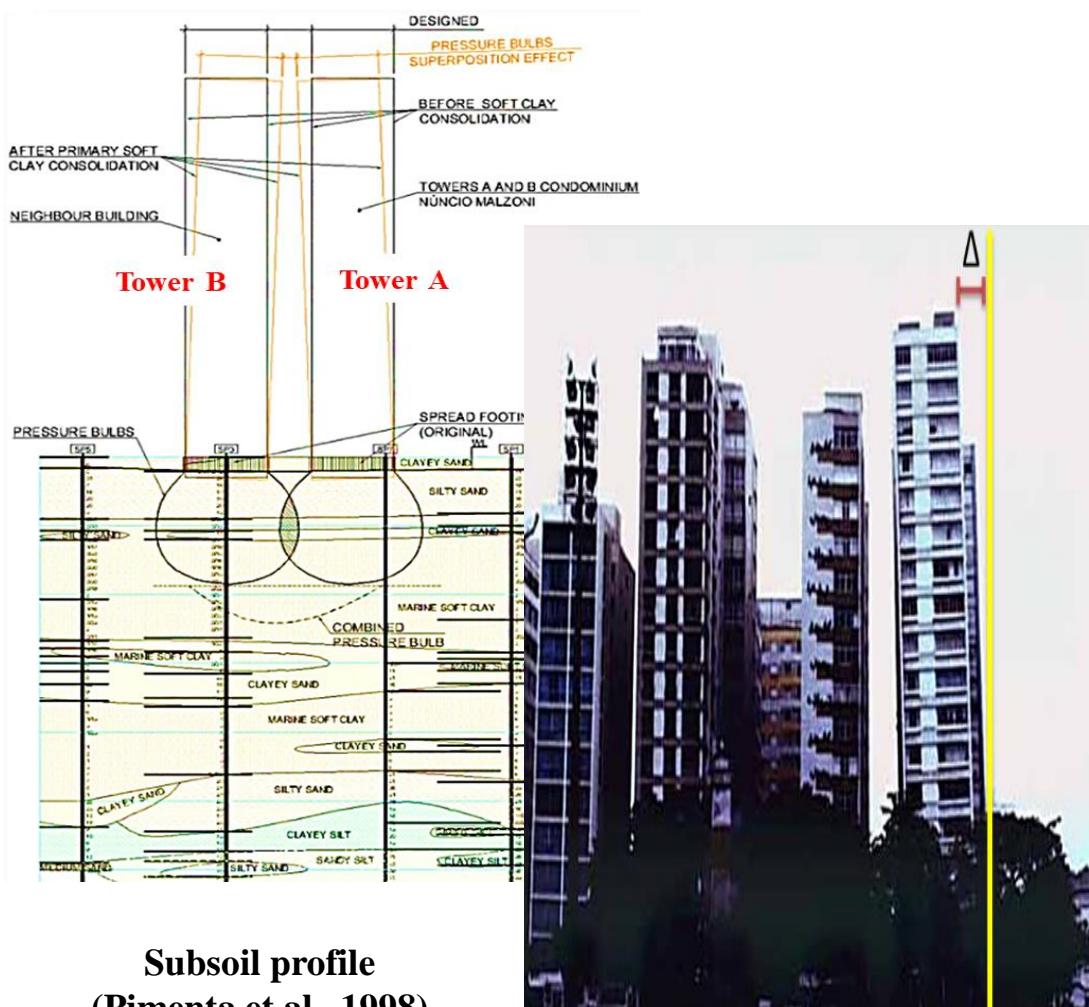
- تخریب

**جزئیات:**

- ارتفاع سازه ۴۰ متر

- پی دایروی به قطر ۱۰ متر

# موارد و معضلات همچوارسازی پروژه‌ها



## Santos Buildings

**موقعیت:** Santos, Brazil

**خاک:** ماسه و رس دریایی  
**Marine Sand & Clay**

**خساره:**

- چرخش ( $2/2$  درجه)
- نشست غیریکنواخت (۲ متر)
- ترک خوردگی

**Tilt: 2.2 Degrees**

**Non-uniform Settlement: 2 m**

**جزئیات:**

- ساختمان ۱۷ طبقه
- پی سطحی
- ارتفاع ساختمان ۵۷ متر

**Height: 57 m**

**17-Story Building  
Shallow Foundation**

# Physical Modeling Study in AUT

# مطالعات تجربی در دانشگاه صنعتی امیرکبیر

## 1g Device

- Diameter: 1 m
- Height: 1 m
- Wall Thickness: 1 cm

Studied  
Model  
Foundations



$150 \times 150 \times 20$  mm



$100 \times 100 \times 10$  mm



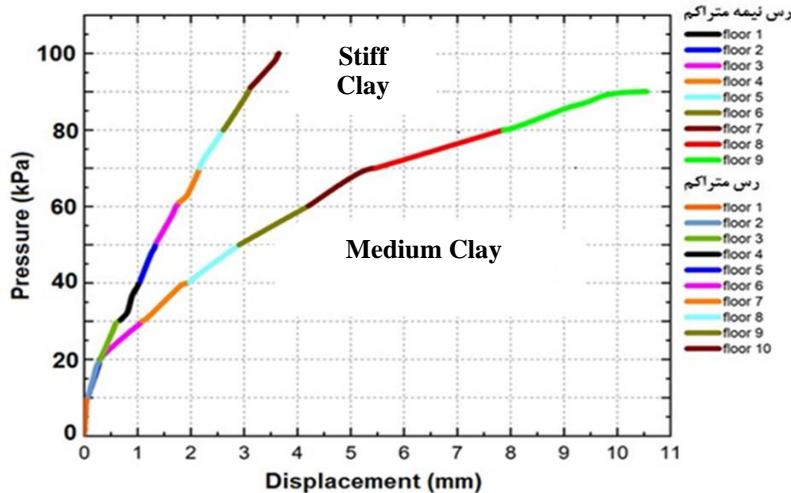
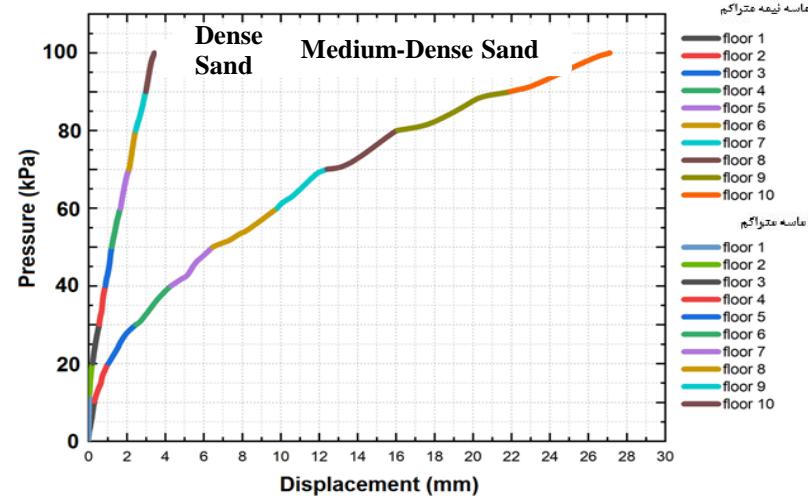
1g physical modeling  
(Moghadasi et al., 2024)

# Physical Modeling Study in AUT

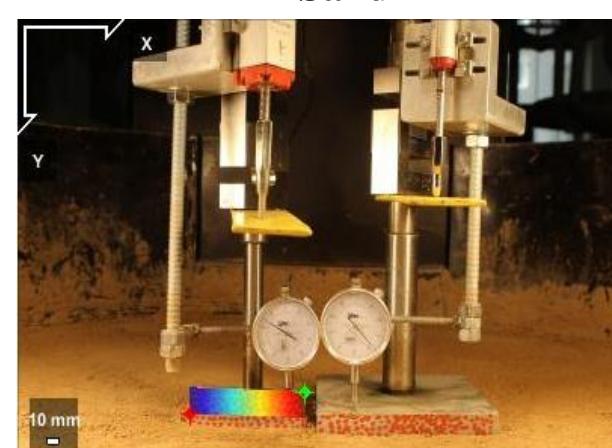
# مطالعه تجربی در دانشگاه صنعتی امیرکبیر

## Results

### Effect of Soil Type



### Image Processing Outputs



# Physical Modeling Study in AUT

# مطالعه تجربی در دانشگاه صنعتی امیرکبیر

## Scale Up Effect

For Cohesive Soils:

$$\frac{S_F}{S_P} = \frac{B_F}{B_P}$$

$S_P$  = Plate Settlement

$S_F$  = Foundation Settlement

For Granular Soils:

$$\frac{S_F}{S_P} = \left( \frac{2}{1 + (B_P/B_F)} \right)^2$$

$B_P$  = Plate Breadth

$B_F$  = Foundation Breadth

Settlement for small foundation with model dimension of 10 cm & actual dimension 10 m

Soil Type	Density	Settlement from Physical Modeling (mm)	Settlement for Actual Foundation (mm)
Sand	Medium-dense	4	7.2
	Dense	1	9.3
Clay	Medium-dense	2	200
	Dense	1	100

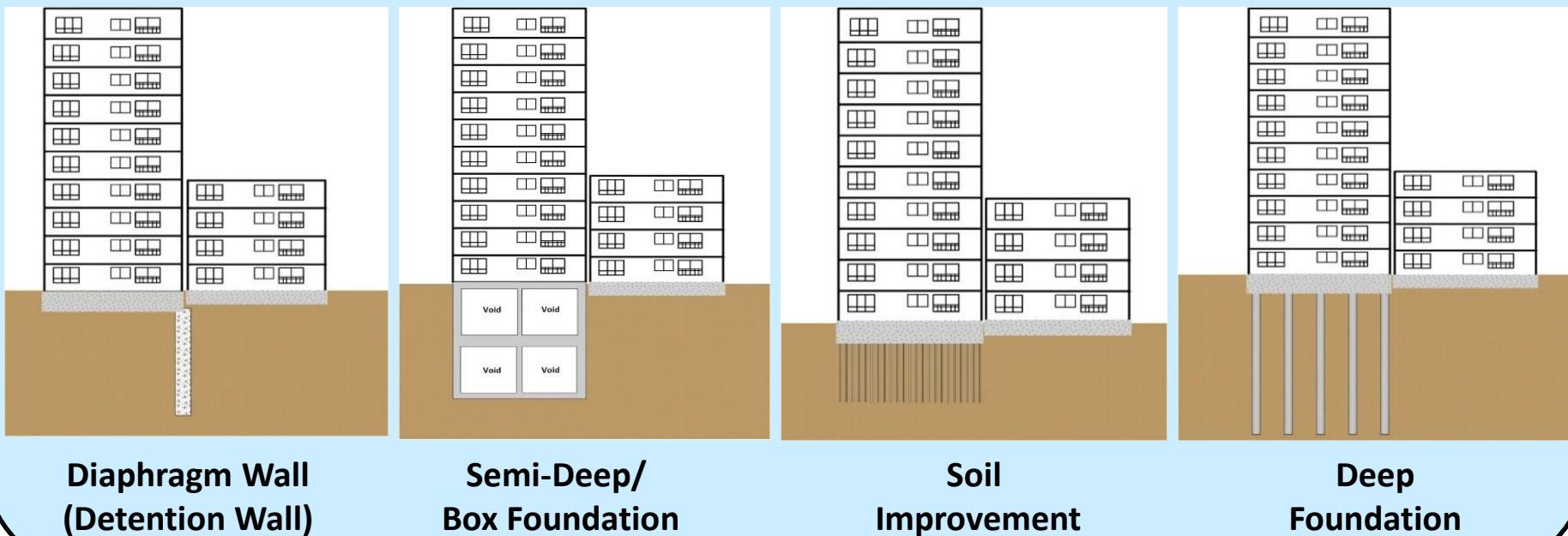
Dry Soil  
Settlement

Settlement for big foundation with model dimension of 15 cm & actual dimension 15 m

Soil Type	Density	Settlement from Physical Modeling (mm)	Settlement for Actual Foundation (mm)
Sand	Medium-dense	27	8.1
	Dense	4.3	3.1
Clay	Medium-dense	5.1	1050
	Dense	6.3	360

## Prevention and Remediation Solutions

## روش‌های جلوگیری و علاج بخشی



# جمع‌بندی

## Conclusions & Prospect

### ❖ Substructure System

- Data-Centric Geotechnics

### ❖ سیستم فونداسیون در اندرکنش با سازه و شالوده:

- ✓ ژئوتکنیک داده‌محور: مدل‌سازی بیشتر و تقلیل آزمایش‌ها
- ✓ حائز اهمیت در بارهای استاتیکی، دینامیکی و خاص

### ❖ Performance-Based Design

- Load-Displacement Records

### ❖ عملکرد بار-جابجایی پی‌ها:

- ✓ عملکرد فونداسیون در شرایط بارگذاری واقعی
- ✓ انتخاب فونداسیون بهینه با رویکرد ظرفیت به حجم

### ❖ Combined Loading (VMH)

- Failure vs. Design Envelopes

### ❖ بارگذاری ترکیبی، شرایط حاد و لرزه‌ای:

- ✓ تحلیل و طراحی، شرایط نهایی و سرویس‌دهی
- ✓ بارهای غالب افقی، لنگر، برکنش؛ کنترل پایداری

### ❖ Buildings Adjacent Construction

- Complications & Preventions

### ❖ معضلات همچووارسازی ساختمان‌ها:

- ✓ عوامل اندرکنشی؛ سازه‌ای، ژئوتکنیکی و اجرایی
- ✓ تشدید عوارض در شرایط لرزه‌ای و گسلش

### ❖ Prospect

*New Frontiers, Adaptive Solutions*

### ❖ چشم‌انداز:

## Main References

اسلامی، ا.، مهندسی پی، طراحی و اجرا، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن ایران، چاپ پنجم ۱۳۹۲

- Ebrahimipour, A., & Eslami, A. (2024). Analytical study of piles behavior for marine challenging substructures. *Journal of Ocean Engineering*, 292
- Ebrahimipour, A. & Eslami, A. (2025). Raft Foundations Under Combined Vertical-Moment-Horizontal Loading: A Numerical Study on Design-Adaptive Serviceability. *Transportation Infrastructure Geotechnology*, 12(1).
- Eslami, A., Moshfeghi, S., Heidari, S., & Valikhah, F. (2019). AUT: Geo-CPT&Pile Database Updates and Implementations for Pile Geotechnical Design. *Geotechnical Engineering Journal of the SEAGS & AGSSEA*
- Eslami, A., Afshar, D., Moghadasi, H., & Akbarimehr, D. (2023). Numerical and Experimental Investigations of Interference Effect of Adjacent Buildings on Sand and Fill Deposits. *International Journal of Civil Engineering*
- Eslami, A., & Ebrahimipour, A. (2024). Load-displacement appraisal and analysis for driven piles; a data-centric approach. *Journal of Computers and Geotechnics*, 171, 106377
- Eslami, A., & Mo, P.Q. (2024). Role of databases in the evaluation of soil properties. Chapter of Databases for Data-Centric Geotechnics, Edited By Kok-Kwang Phoon & Chong Tang, CRC Press EBooks, 152–209.
- Eslami, A., Ebrahimipour, A., Imani, M., Imam, R. & Mo, P.Q. (2025). Form and Load Transfer Aspects of Foundation Systems; Case-Based Implementation and Adaptation for Buildings. *Journal of Deep Underground Science and Engineering*
- Karakouzian, M. & Eslami, A. (2025). Advanced Foundation Engineering, Principles, Performance and Prospect, Wiley.
- Moghadasi, H., Eslami, A., Akbarimehr, D., & Asgari, S. (2024). Assessment of adjacent foundations consequences and solutions for remediation via physical modeling. *Journal of Soil Dynamics and Earthquake Engineering*

با تقدیر از همکاران:

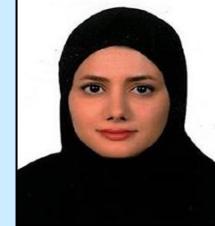
Dr. H.  
Moghadasi



Dr. D.  
Akbarimehr



Dr. Sara  
H. Golafzani



Dr. S.M.  
Imani



Dr. S.M.R.  
Imam



Engr. A. Ebrahimipour

با تشکر ویژه از:



با سپاس از التفات شما

Thanks for Your Attention

*abolfazleslami.com / Link*