



بسمه تعالی



سیزدهمین کنگره بین المللی مهندسی عمران
13th International Congress on Civil Engineering

نگرشی نوین بر طبقه بندی سیستم های پی
با لحاظ فرم هندسی و انتقال بار

Insight on Foundation Systems Categorization;
Form & Load Transfer Aspects

توسط:

دکتر ابوالفضل اسلامی

عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر تهران
دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست

مهر ۱۴۰۲

Outline:

عناوین:

1- Conventional Classification

۱- طبقه‌بندی متداول پی‌ها

2- Foundation Systems

۲- سیستم‌های پی

3- Novel Insight; Form & Load Transfer

۳- نگرش نوین؛ فرم و انتقال بار

4- Implementation & Case Histories

۴- کاربرد و موارد عملی

5- Summary

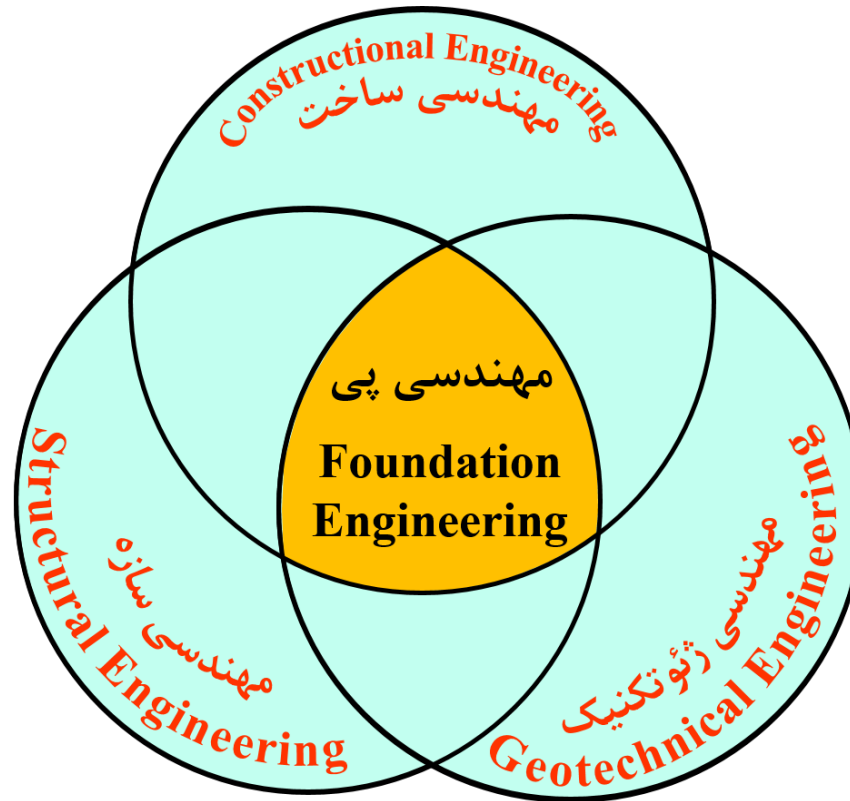
۵- جمع‌بندی

1- Conventional Classification

۱- طبقه‌بندی متداول پی‌ها

پی: عنصر واسطه جهت انتقال مطلوب بار روسازه به زیرسازه

مهندسی پی: هنر بکارگیری علوم ژئوتکنیک، سازه و قضاوت مهندسی برای طراحی و انتخاب فونداسیون مناسب



Multidisciplinary, Knowledge Based, & Optimization

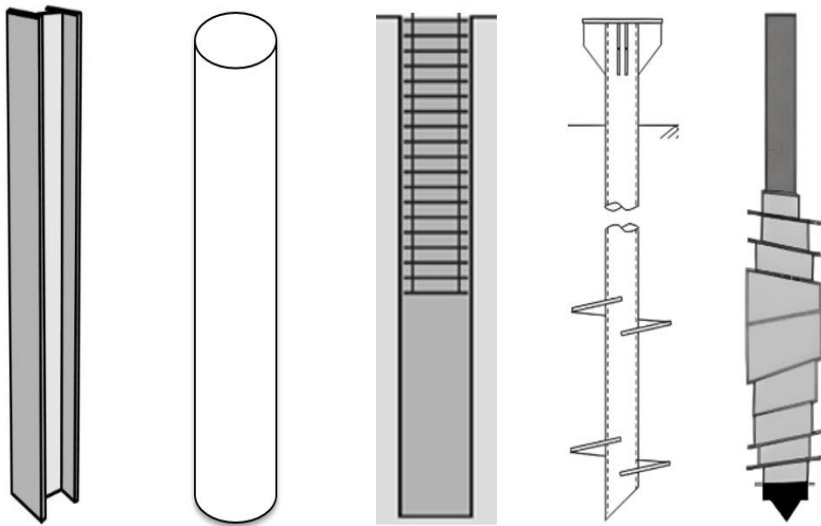
1- Conventional Classification

۱- طبقه‌بندی متداول پی‌ها

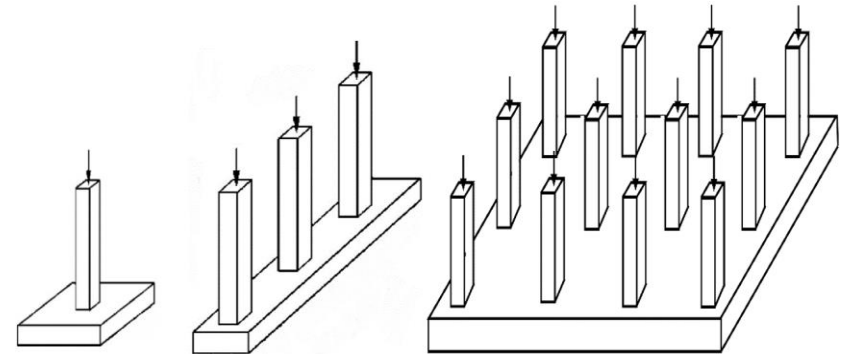
❖ Typical Foundations

❖ پی‌های متعارف

• پی‌های عمیق



• پی‌های سطحی



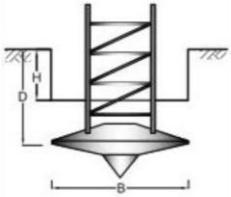
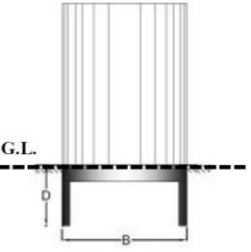
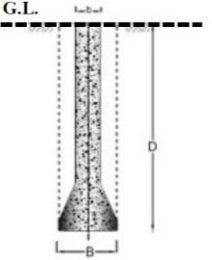
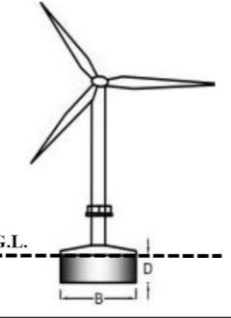
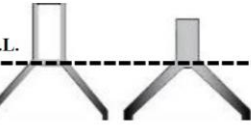
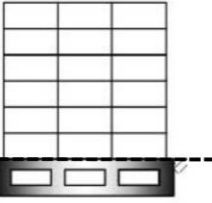
1- Conventional Classification

۱- طبقه‌بندی متداول پی‌ها

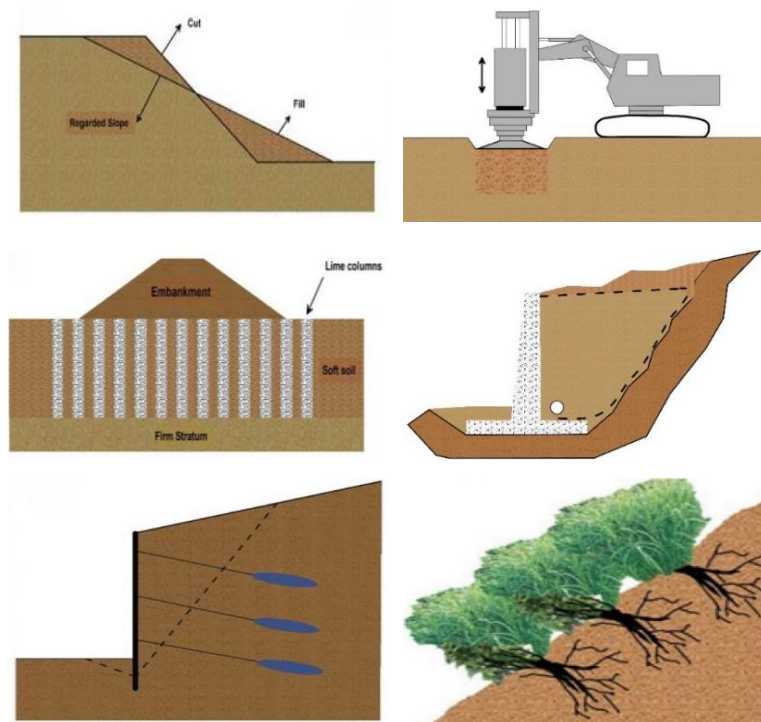
❖ Intermediate Solutions

❖ راه‌حل‌های میانه

• پی‌های نیمه عمیق

		
Spudcan	Skirted Foundation	Well Foundation
		
Bucket	Shell Foundation	Box Foundation

• بهسازی خاک



2-Foundation Systems

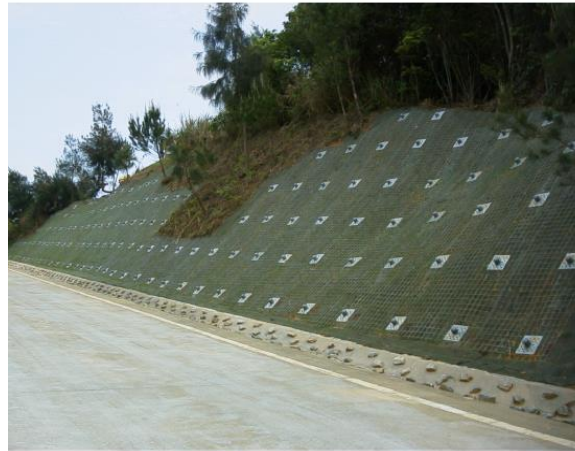
۲- سیستم‌های پی

❖ Geosystems

❖ ژئوسیستم‌ها

سیستم مرکب متشکل از:

- خاک و سنگ
- چوب و گیاه
- آب زیرزمینی
- المان‌های سازه‌ای



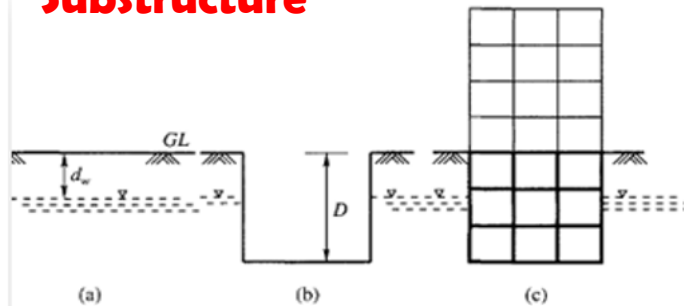
2-Foundation Systems

۲- سیستم‌های پی

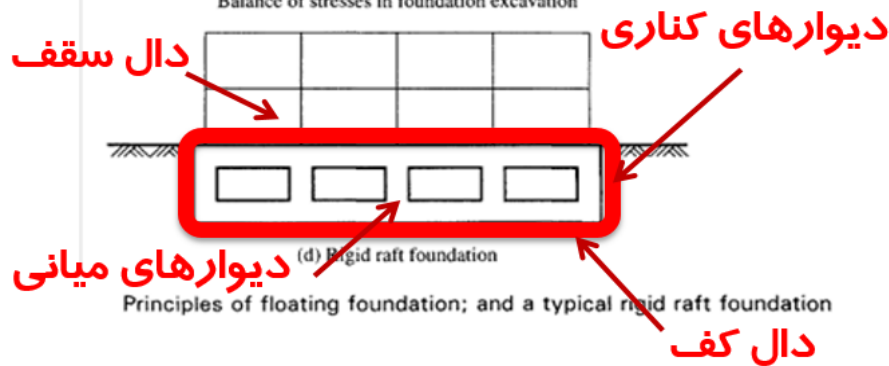
❖ Major Building Parts

- Superstructure
- Substructure

❖ اجزای اصلی یک پروژه ساختمانی



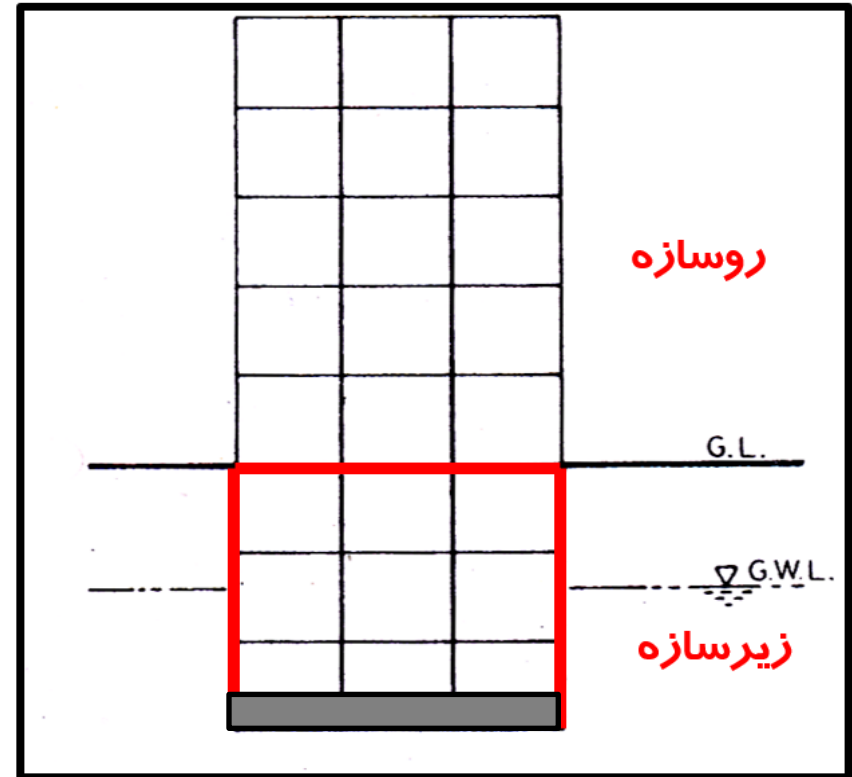
Balance of stresses in foundation excavation



(d) Rigid raft foundation

Principles of floating foundation; and a typical rigid raft foundation

سیستم فونداسیون

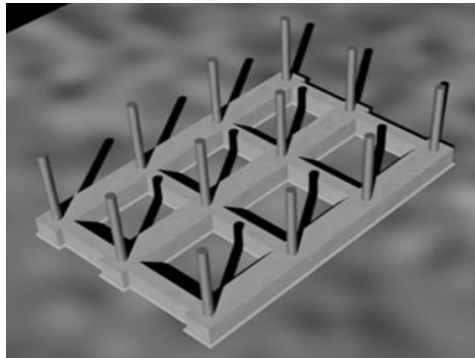


پی رادیه

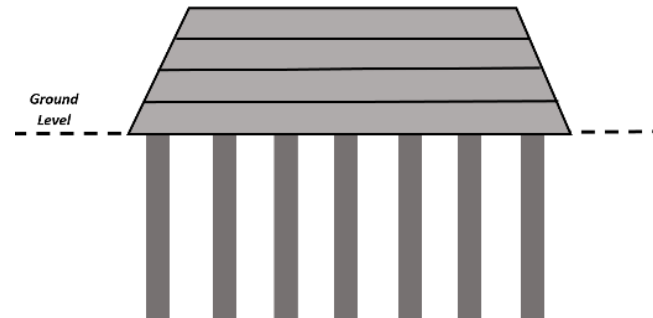
2-Foundation Systems

۲- سیستم‌های پی

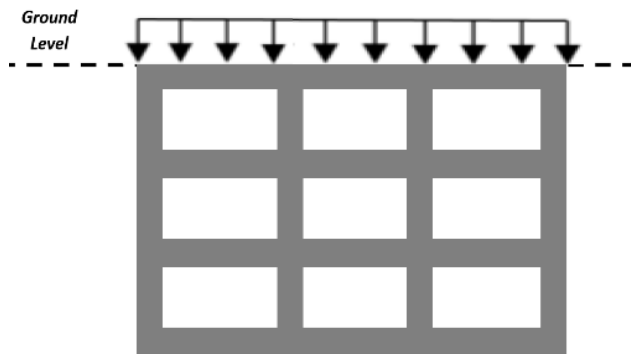
❖ Examples of Foundation Systems ❖ نمونه‌هایی از سیستم‌های پی



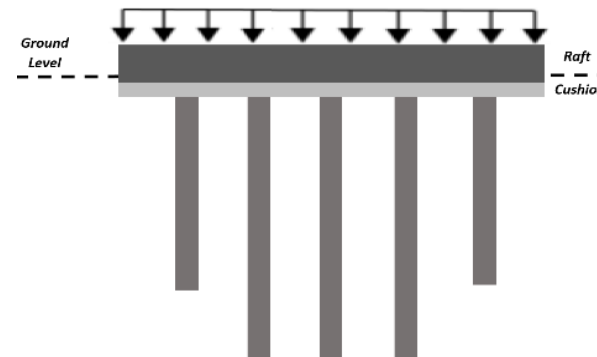
(a)



(b)



(c)



(d)

Various foundation systems; a) grid shallow foundation, b) embankment on rigid intrusion stabilized soil, c) semi-deep box foundation, d) piled raft foundation (PRF)

2-Foundation Systems

۲- سیستم‌های پی

Torre Latino Americana Mexico City, Mexico (Zeevaert, 1956; Coduto et al., 2016)

- Year of Completion: 1956
- Height: 204 m
- Number of Storeys: 44
- Gross floor area: 27,727 m²
- Primary use: Office & Museum

نشست حدود ۳ متر برای ساختمان ۱۸ طبقه مجاور این بنا !!!

❖ مصداق کاربرد سیستم پی



نوع و شرایط خاک	عمق (متر)
خاکریزه‌های قدیمی - سطح آب در ۲ متری	۵/۵-۰
نهشته‌های Becarra - ماسه، لای و رس	۹/۱-۵/۵
رس Tacubaya ولکانیک نرم Cc= 4-10 رطوبت ۱۰۰ تا ۴۰۰ درصد، Su=35-70 kPa	۳۳/۵-۹/۱
نهشته‌های ماسه ای متراکم Tarango	۷۰-۳۳/۵

2- Foundation Systems

۲- سیستم‌های پی

❖ مصداق کاربرد سیستم پی

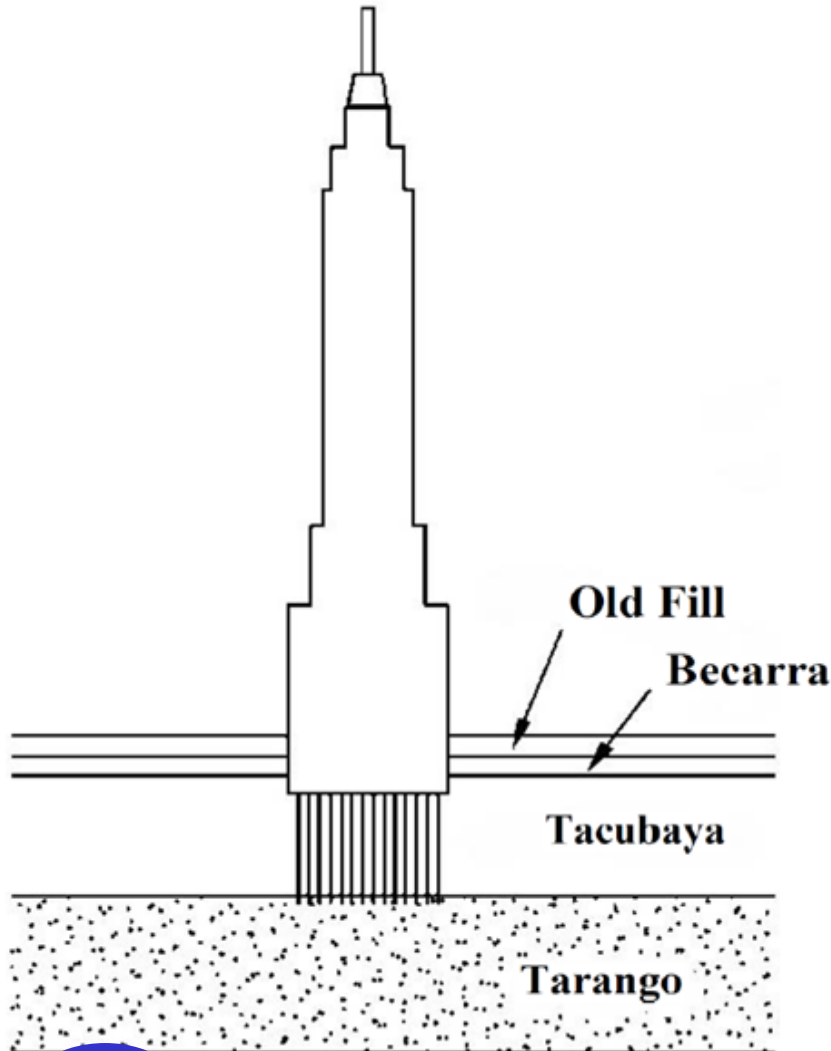
۱- نقش مطالعات ژئوتکنیک در شناخت خاک مسئله‌دار

۲- انتخاب سیستم فونداسیون مطلوب

• نمونه موفق پی‌های شناور

• اهمیت گروه شمع‌های اتکایی

۳- اندرکنش المان‌های فونداسیون جهت کنترل نشست‌ها



Schematic view of the building, foundation system and subsoil (Coduto et al., 2016)

۳- نگرش نوین؛ فرم هندسی و انتقال بار 3-Novel Insight; Form & Load Transfer

❖ Structural Geometrical Forms

❖ فرم‌های هندسی سازه‌ای



(a)



(b)

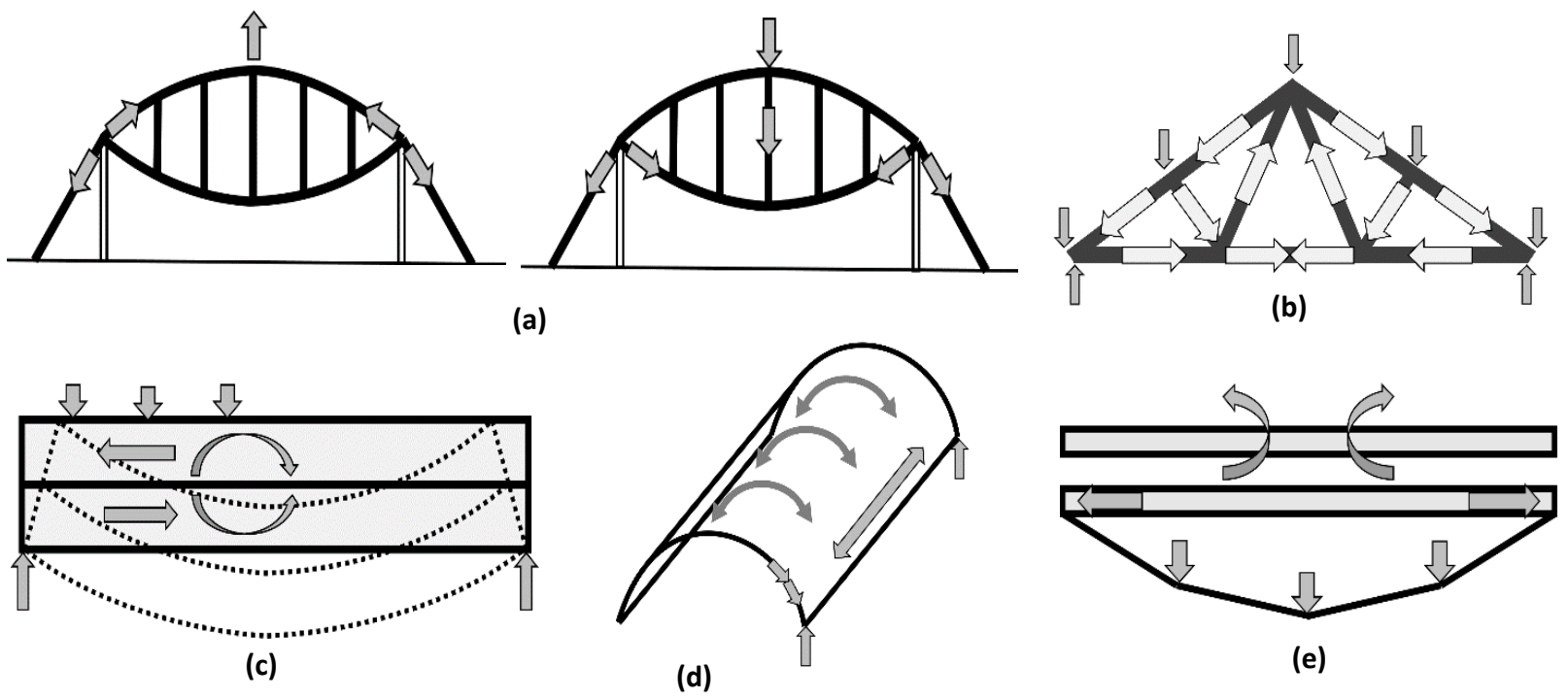


(c)

Examples of three primary type of structures based on the form a) the cables of the Golden gate bridge, (one-dimensional), b) the shell roof of the opera house of Sydney, (two-dimensional), c) ancient pyramids of Cairo (three-dimensional)

۳- نگرش نوین؛ فرم هندسی و انتقال بار Form & Load Transfer

❖ مکانیزم انتقال بار در سازه‌ها Structures Load Transfer Mechanism ❖



Different structural systems load transfer mechanisms: a) form-act structure; b) vector-act structure; c) section-act structure; d) surface-act structure; e) hybrid structure (adapted from Engel, 2013)



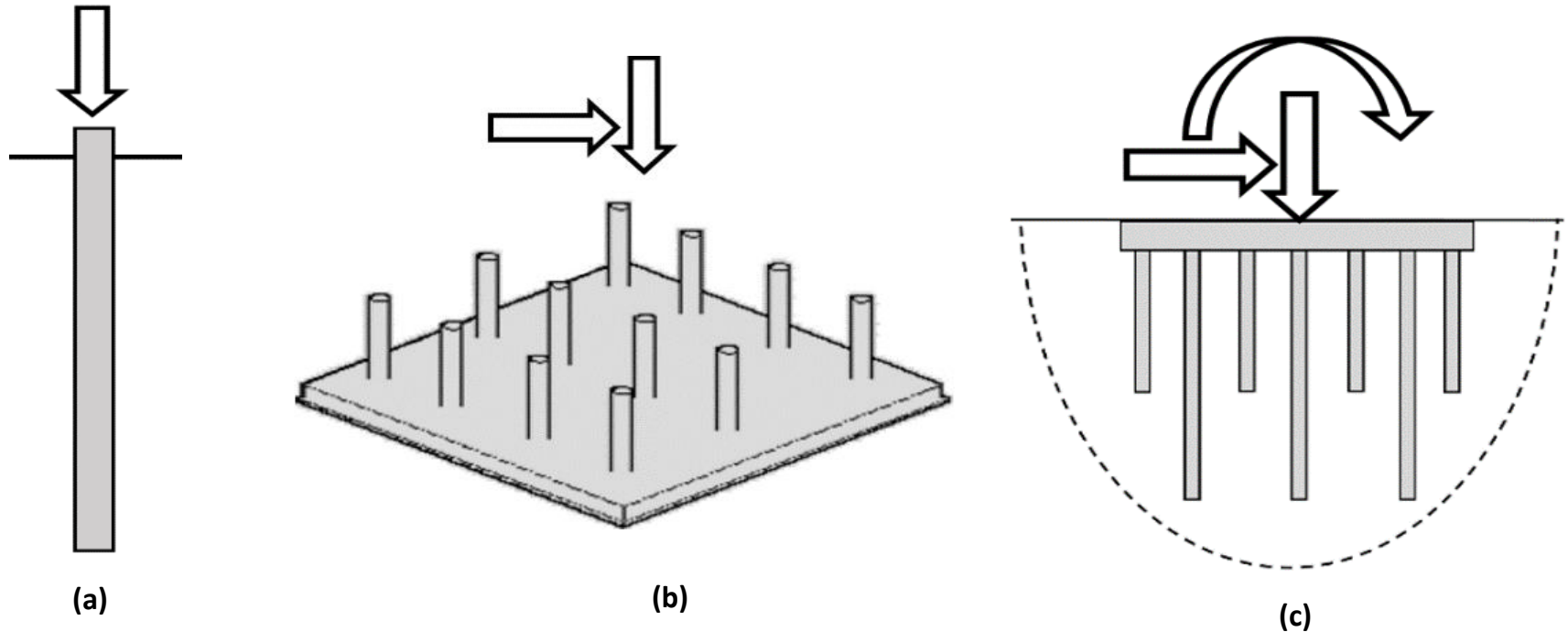
۳- نگرش نوین؛ فرم هندسی و انتقال بار Form & Load Transfer 3-Novel Insight

❖ فرم هندسی در پی‌ها ❖ Geometrical Form of Foundations



۳- نگرش نوین؛ فرم هندسی و انتقال بار **3-Novel Insight; Form & Load Transfer**

❖ انتقال بار بر مبنای فرم هندسی **Load Transfer upon Geometrical Form** ❖

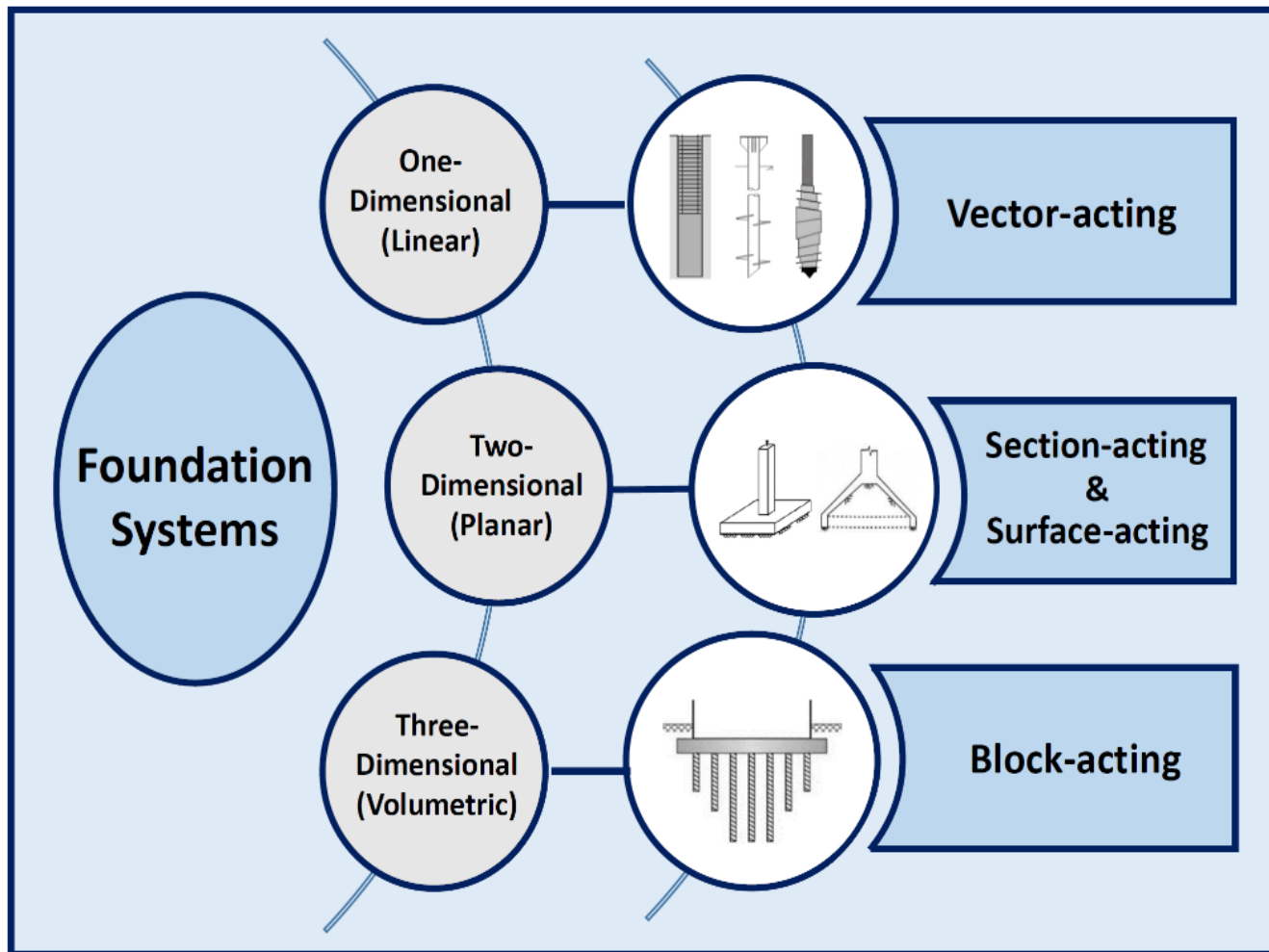


Typical categories of foundations based on form and prevalent applied loads a) one dimensional, b) two dimensional, c) three dimensional

۳- نگرش نوین؛ فرم هندسی و انتقال بار 3-Novel Insight; Form & Load Transfer

❖ Foundations Categorization

❖ رده‌بندی پی‌ها

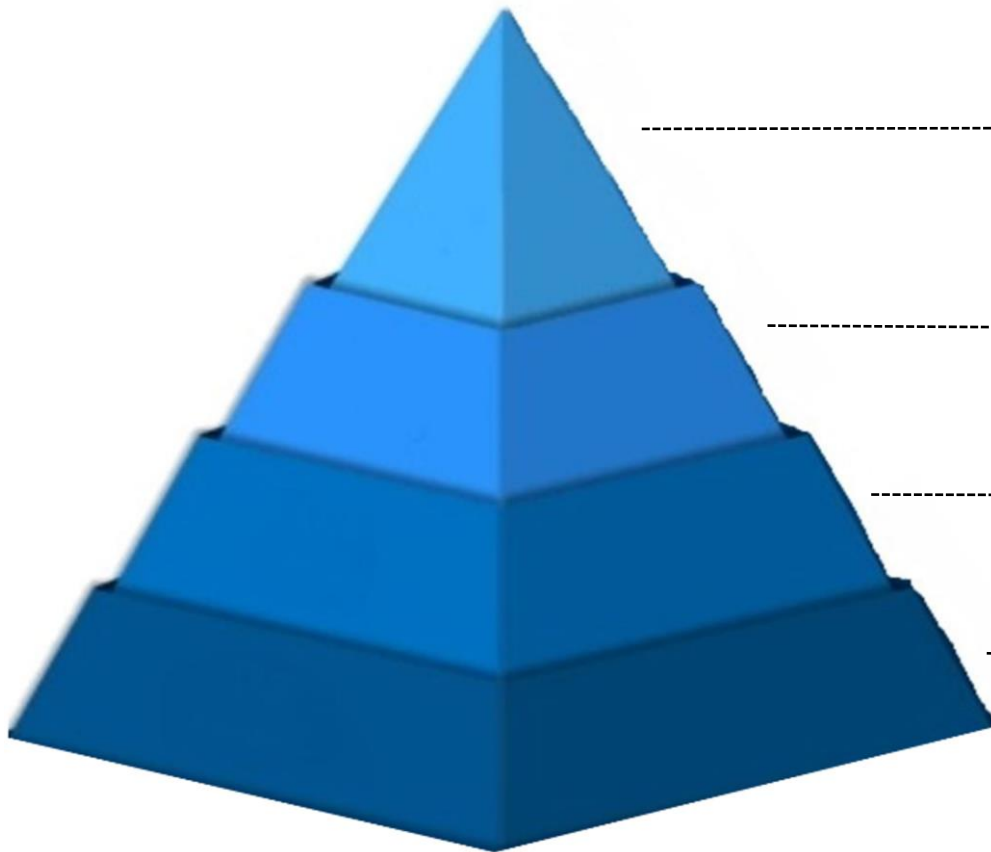


4-Implementation & Case Histories

۴- کاربرد و موارد عملی

❖ Frequency of Foundations Application

❖ فراوانی کاربردی پی‌ها



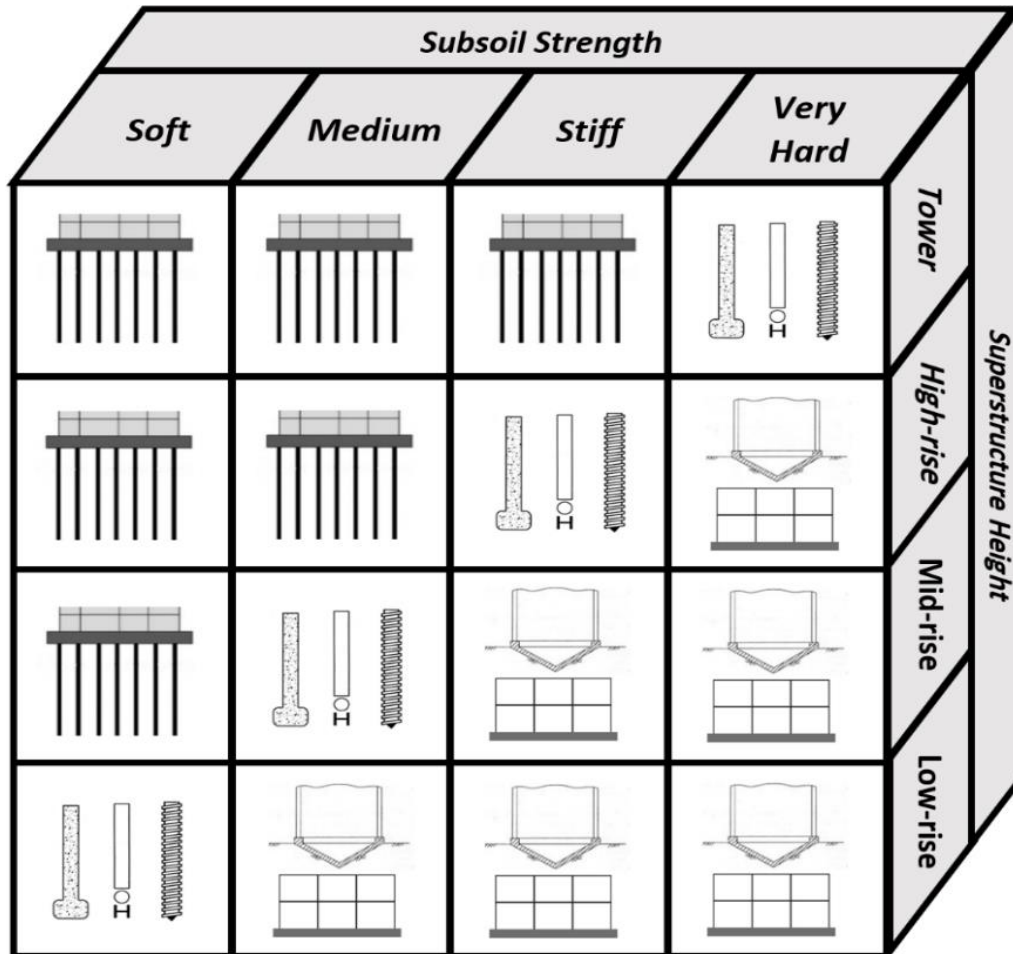
Surface-acting Foundations (2D)	
Block-acting (Hybrid) Foundations (3D)	
Vector-acting Foundations (1D)	
Section-acting Foundations (2D)	





4-Implementation & Case Histories

۴- کاربرد و موارد عملی

❖ Foundation System Selection

❖ انتخاب سیستم پی



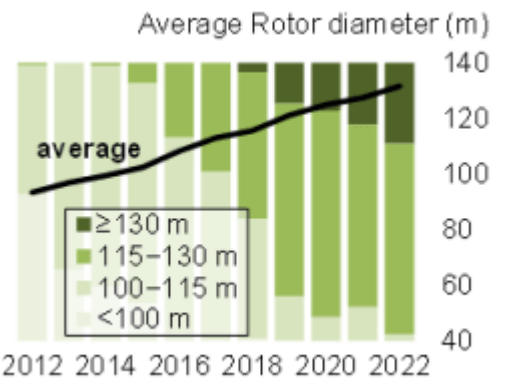
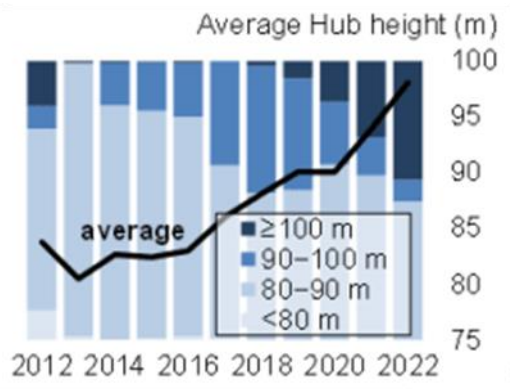
1D	 Vector-acting
2D	 Section-acting
	 Surface-acting
3D	 Block-acting

4-Implementation & Case Histories

۴- کاربرد و موارد عملی

Case No. 1: Monopiles for Offshore Wind Turbines

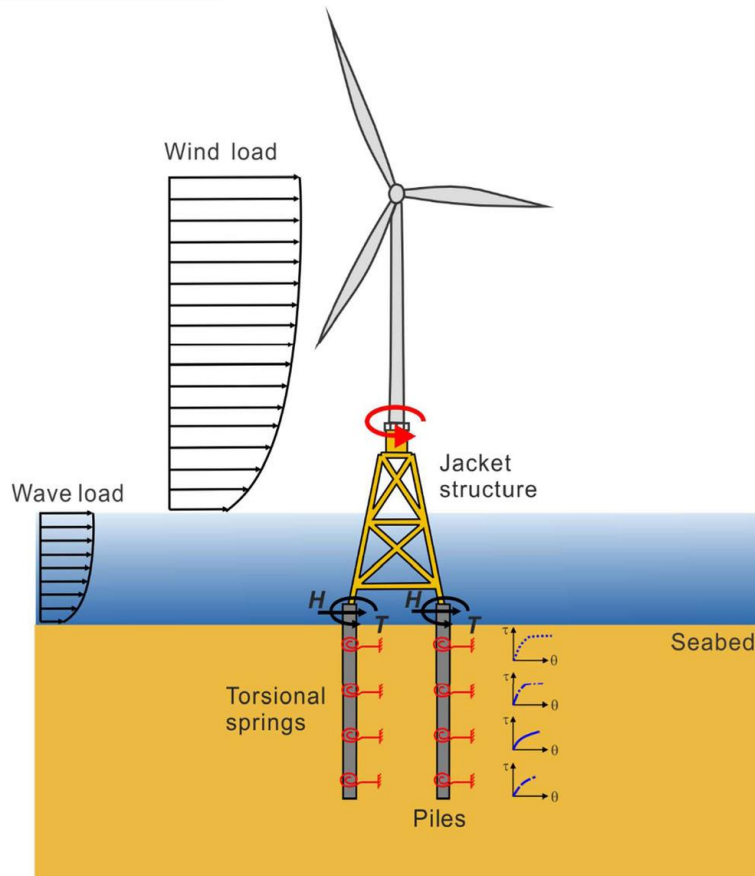
Vector-acting



4-Implementation & Case Histories

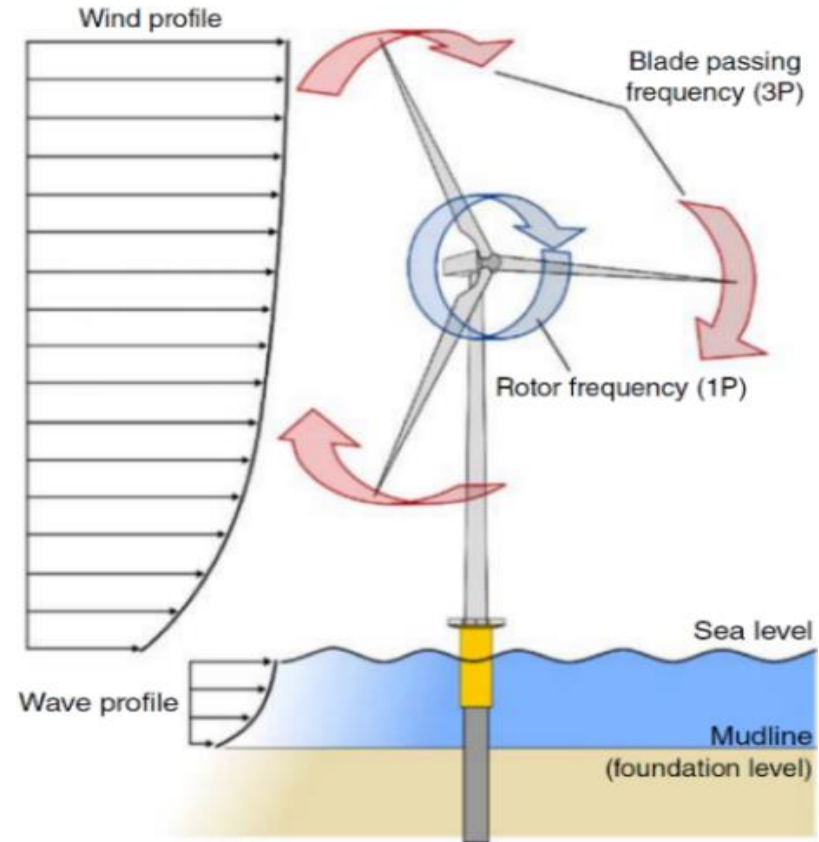
۴- کاربرد و موارد عملی

Case No. 1



Torsional moments (torques) on an offshore jacket (Wen et al., 2023)

لزوم توجه به بارهای ترکیبی (VMH)، در نظر گرفتن عمق مدفون قابل توجه جهت تامین پایداری



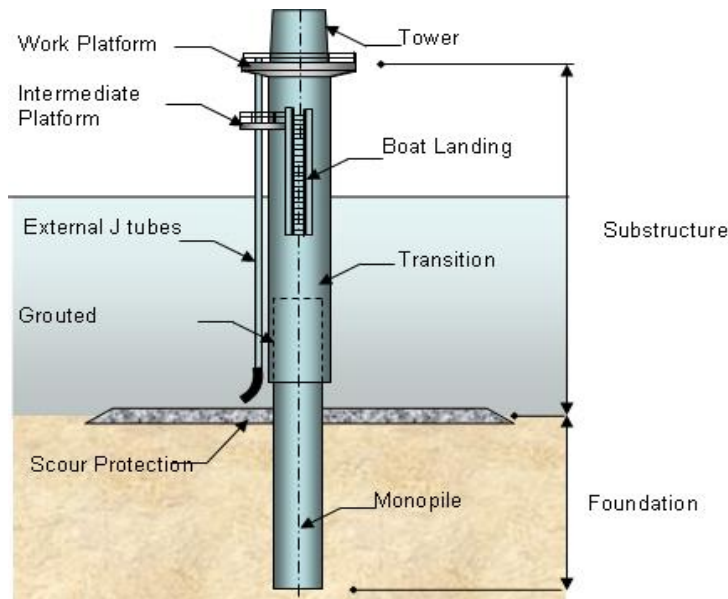
realistic distribution of main loads imposing on OWTs (Bhattacharya, 2019)

4-Implementation & Case Histories

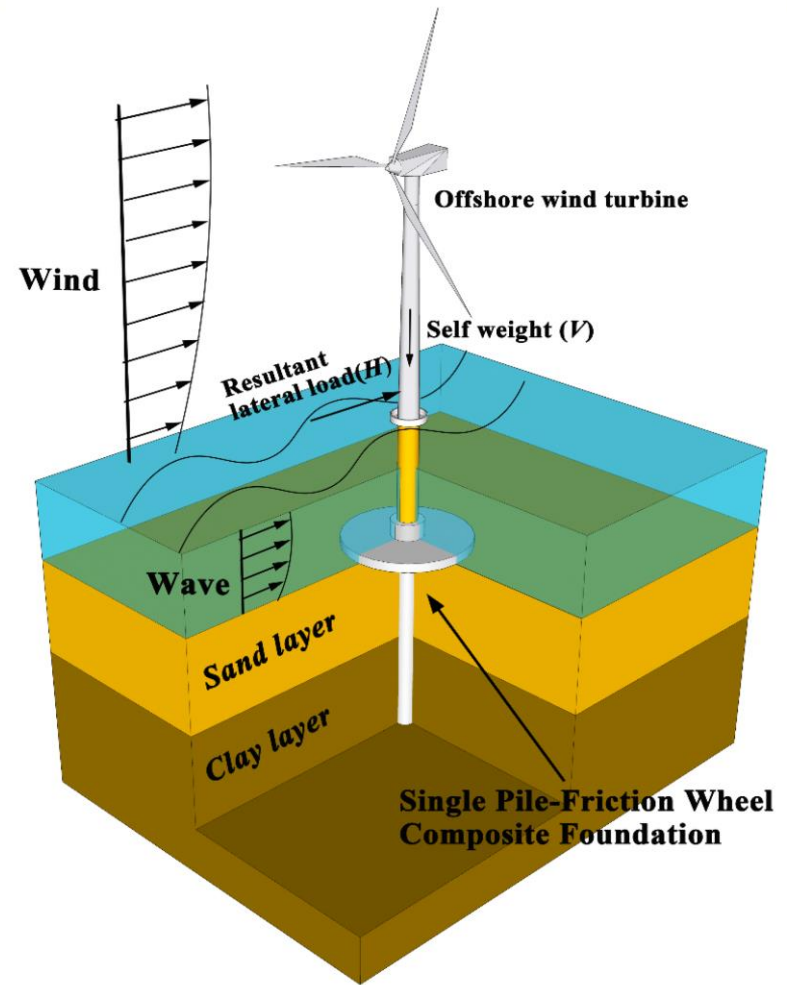
۴- کاربرد و موارد عملی

Case No. 1

- Hollow, steel cylinders
- Diameter between 3.5 and 4.5 m
- Length around 30 to 50 m
- Combined with wheel foundation



Typical monopile foundation used in the offshore wind energy industry (EWEA, 2010)



Monopile-friction wheel composite foundation (Wang et al., 2021)

4-Implementation & Case Histories

۴- کاربرد و موارد عملی

Case No. 2: Al Faisaliah Building Riyadh, Saudi Arabia

Section-acting

- Year of Completion: 2000
- Height: 267 m
- Number of Storeys: 44
- Gross floor area: 240,000 m^2
- Primary use: Commercial
- Subsoil: Gravel and silty sand (6 m) overlain on limestone (Jurassic Period)

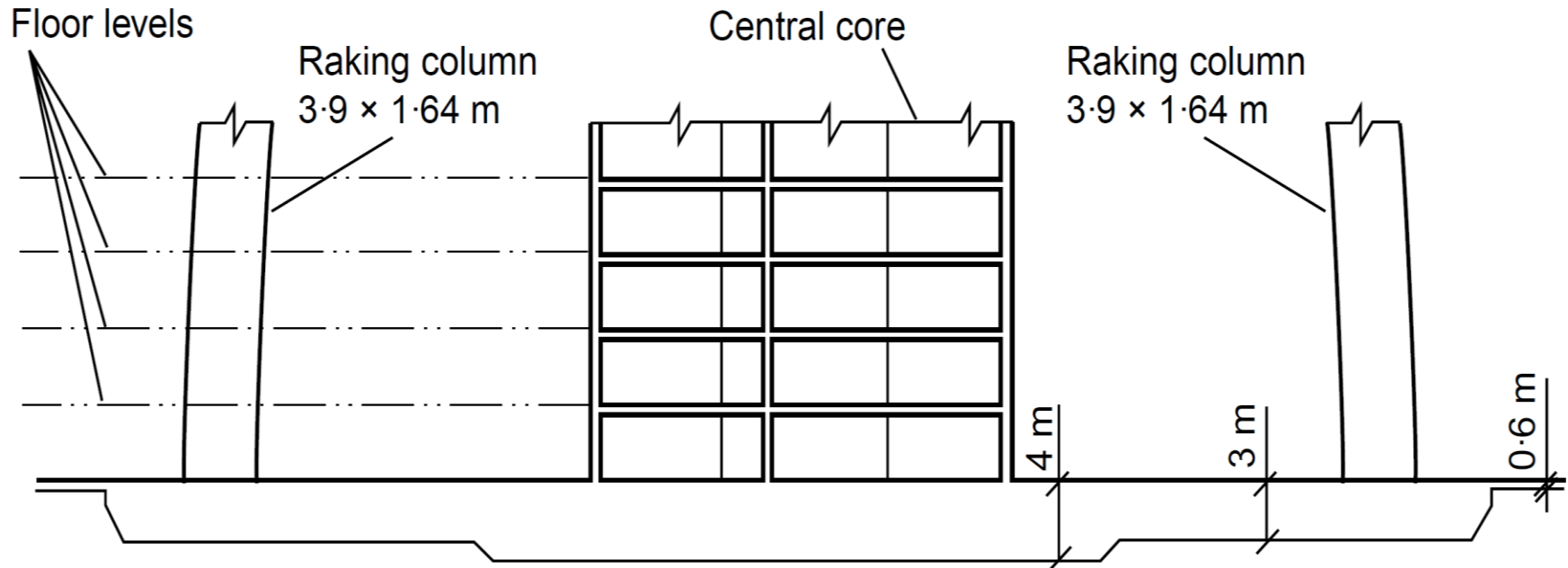


4-Implementation & Case Histories

۴- کاربرد و موارد عملی

Case No. 2

- ۱- سیستم فونداسیون رادیه، خاک سخت
- ۲- بتن‌ریزی عظیم فونداسیون (6000 m^3)



Foundation section of Al Faisaliah building (Hemsley, 2000)

4-Implementation & Case Histories

۴- کاربرد و موارد عملی

Case No. 3: Shanghai Tower Shanghai, China

Block-acting

- Year of Completion: 2014
- Height: 632 m
- Number of Storeys: 128
- Gross floor area: 380,000 m^2
- Primary use: Commercial
- Challenging Deposits: Alternating layers of sand and clay up to 120 m
- Bedrock: Beyond practical reach

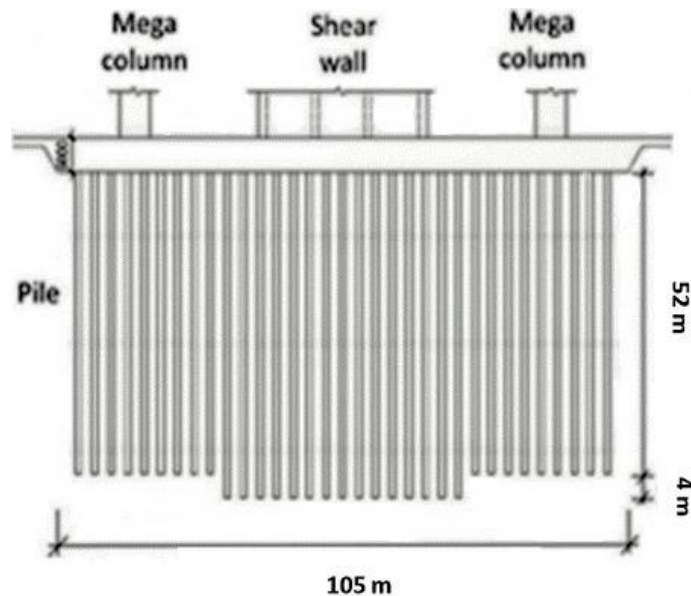


4-Implementation & Case Histories

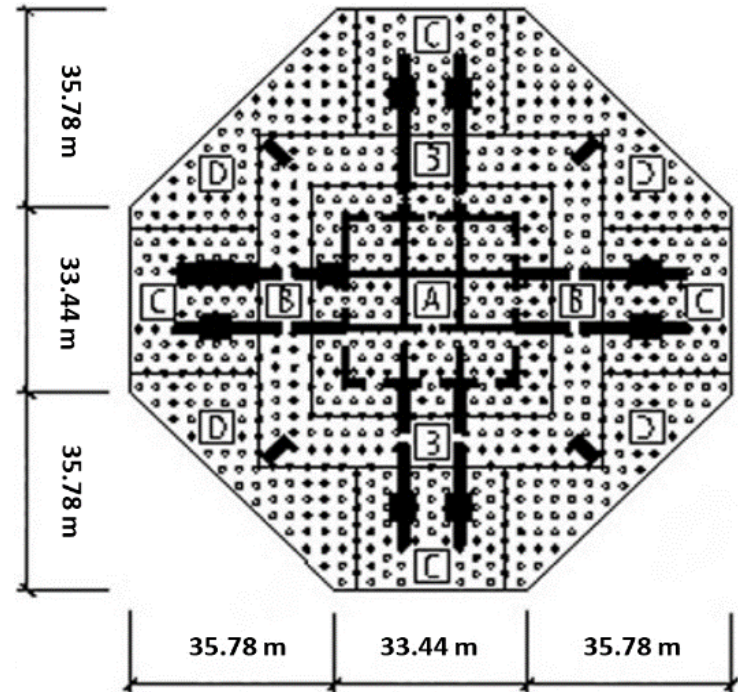
۴- کاربرد و موارد عملی

Case No. 3

- Piled Raft Foundation (PRF)
- Raft: 6 m thickness & 8945 m² area
- Bored Piles: 947 ones, toe grouting, D=1 m
- Embedment Depth: 52 to 56 m



(b)



(a)

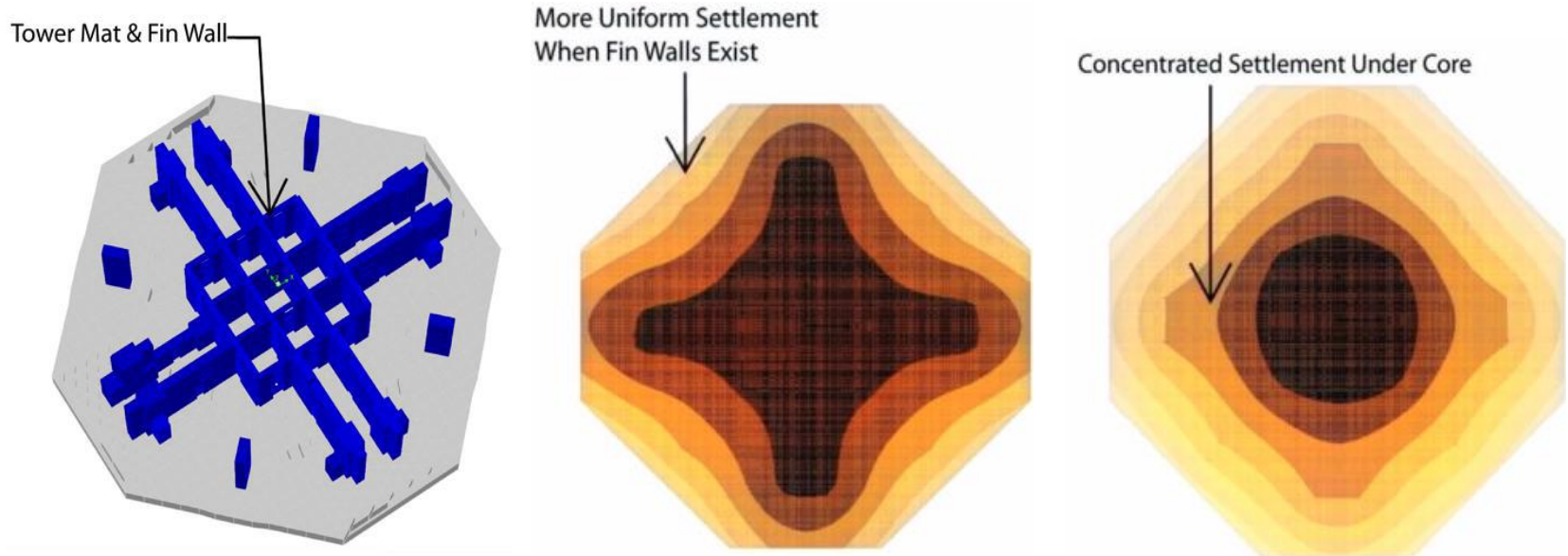
Shanghai Tower, a) foundation layout, plan view, b) foundation layout, front view (Wang et al., 2021)

4-Implementation & Case Histories

۴- کاربرد و موارد عملی

Case No. 3

- ۱- افزایش صلبیت پی
- ۲- کاهش نشست بیشینه (۲۰-۳۰٪)
- ۳- توزیع یکنواخت‌تر نشست



Tower mat and fin wall and its effects on settlement distribution (Zhu et al., 2012)

❖ **سیستم پی:** ❖
❖ **Foundation System:**

- اجزای سازه‌ای
- عنصر پی
- ژئومتریال پیرامونی

❖ **طبقه‌بندی متداول:** ❖
❖ **Conventional Classification:**

- پی‌های اصلی: سطحی و عمیق
- پی‌های میانه: بهسازی و نیمه‌عمیق

❖ **نگرش نوین:** ❖
❖ **Novel Insight:**

- | | |
|---|--|
| <p><u>مکانیزم انتقال بار:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • برداری (Vector-acting) • مقطعی (Section-acting) • پوسته‌ای (Surface-acting) • بلوکی (Block-acting) | <p><u>فرم هندسی:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • خطی (Linear) • صفحه‌ای (Planar) • حجمی (Volumetric) |
|---|--|

❖ **انتخاب سیستم پی بهینه: Foundation Selection:** ❖

- نوع، ابعاد و ترکیب بارهای روسازه
- شرایط ژئوتکنیکی و مطالعات
- شرایط پیرامونی
- عملکرد مورد انتظار

❖ **چالش‌ها و چشم‌اندازها: Challenges & Prospects:** ❖

- شرایط محیطی غیرعادی
- محدودیت‌های اجرایی
- ملاحظات زیست‌محیطی
- مبانی توسعه پایدار (People, Planet & Profit)

با تشكر ویژه از:

مهندس امیر حسین ابراهیمی پور

جهت همکاری و مشارکت در مقاله:

GE-11-100

Foundation Systems Performance;
Technical and Practical Aspects

با سپاس از همراهی و توجه شما

Thanks for Your Attention

abolfazleslami.com / [Link](#)