

اولین سمینار تخصصی پی‌های ویژه

درباره سخنران:



دکتر کاظم فخاریان

نام موسسه: دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سمت: عضو هیات علمی

«رویکرد بهینه سازی در طراحی و اجرای انواع شمع»



دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

دکتری ژئوتکنیک از دانشگاه اتاوا – کانادا – سال ۱۹۹۵

اولین سمینار تخصصی پی‌های ویژه



رویکرد بهینه‌سازی در طراحی و اجرای انواع شمع

دکتر کاظم فخاریان
دانشگاه صنعتی امیرکبیر



ششم اسفند ماه ۱۳۹۴
تهران - ایران

سالن اجتماعات شرکت توسعه منابع
آب و نیروی ایران

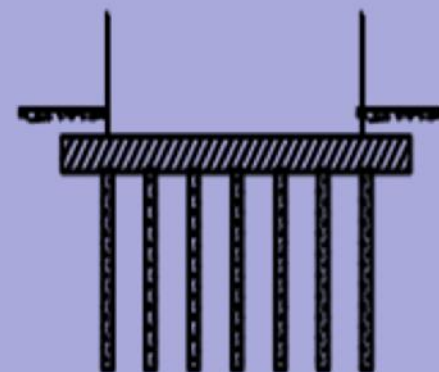
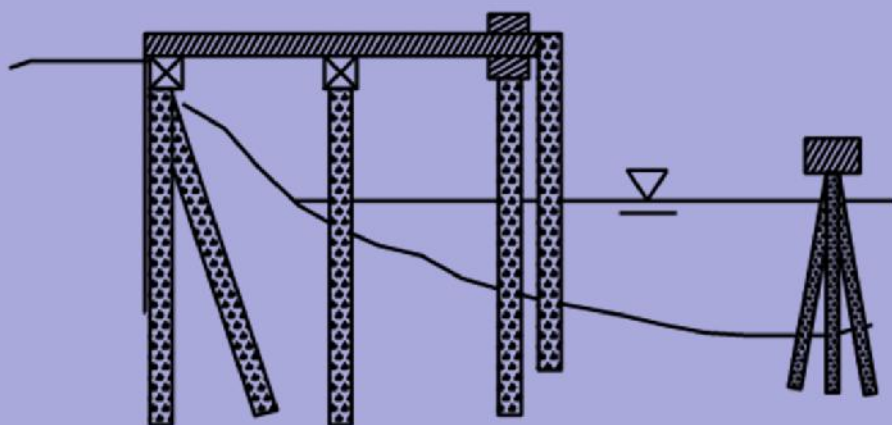
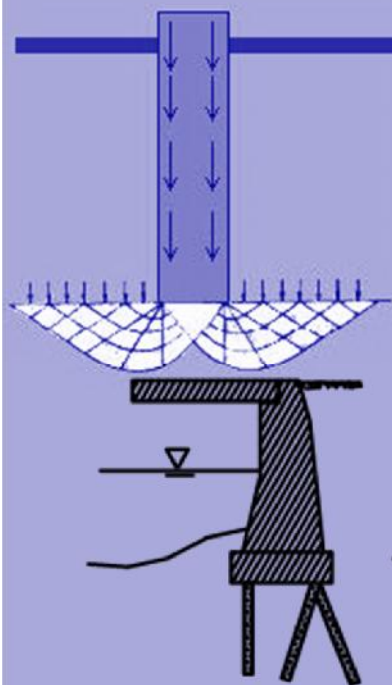
فهرست مطالب

- مقدمه: کاربرد و انواع شمع
- چالش اصلی در طراحی و اجرای شمع
- آزمایش‌های بارگذاری شمع
- ضریب اطمینان و نکات آئین‌نامه‌ای
- نتیجه‌گیری و توصیه در طرح/اجرا

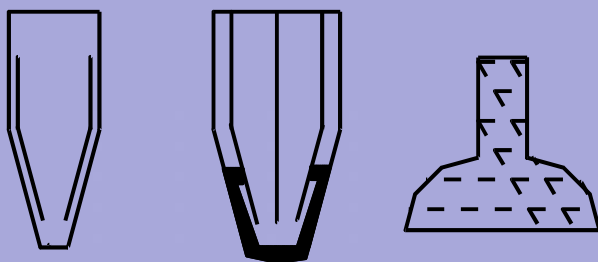
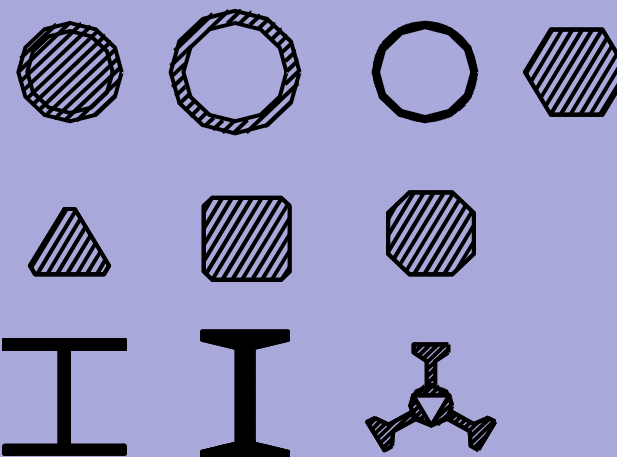
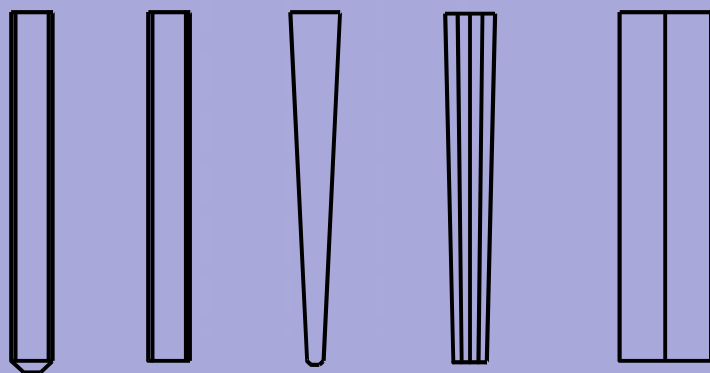
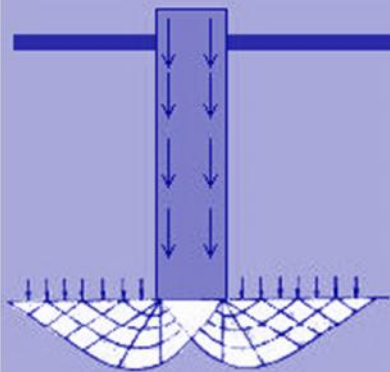
تعریف شمع یا پی عمیق

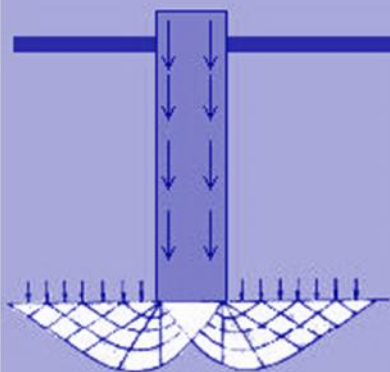
شمع‌ها المانهای نسبتاً باریک، به صورت قائم، یا اندکی مایل هستند که نیروهای وارد از سازه‌های فوقانی را به لایه‌های مقاوم زیرین انتقال می‌دهند.

مثالهایی از کاربرد شمع ها



انواع شمع از لحاظ جنس و شکل





مقدمه

انواع شمع ها به لحاظ اجرا

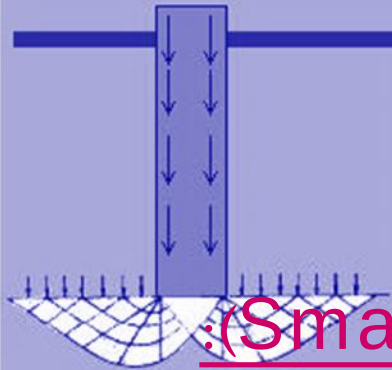
به لحاظ روش اجرا، استاندارد بریتانیا (BS 8004) شمع ها را در سه گروه زیر طبقه بندی می کند:

الف - شمع های با جابجایی بزرگ (Displacement Piles):

شامل شمع های توپر و توخالی با نوک بسته است که بوسیله «ضربه» یا «جک» به داخل

خاک رانده شده و موجب جابجایی نسبتاً زیادی در خاک اطراف شمع می شوند.

مقدمه



ب- شمع‌های با جابجایی کوچک (Small Displacement Piles):

این شمع‌ها نیز بوسیله ضربه یا جک به داخل خاک رانده می‌شوند، با این تفاوت که سطح مقطع نسبتاً کوچکی دارند، یا مانند شمع‌های لوله‌ای نوک باز و مقاطع H که جابجایی کمتری حین نفوذ در خاک ایجاد می‌کنند.

ج- شمع‌های بدون جابجایی (Non-Displacement Piles):

پس از نصب غلاف فولادی، ابتدا گمانه یا چاهی در زمین حفر شده و سپس با بتن پر می‌شود.

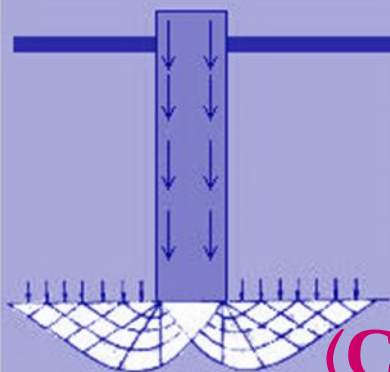
RANDOLPH (2003)

علیرغم پیشرفت قابل توجه روشهای علمی طراحی شمع در دهه‌های اخیر، هنوز مهمترین مرحله طراحی شمع، یعنی تخمین ظرفیت باربری محوری، تا حد زیادی به نتایج تجربی وابسته است!

روشهای مختلف تعیین ظرفیت باربری □□□:

- ۱- روشهای تحلیلی مبتنی بر پارامترهای مقاومت برشی (c, f)
- ۲- کاربرد مستقیم نتایج آزمایشهای درجا: مانند SPT و CPT
- ۳- آزمایش بارگذاری استاتیکی
- ۴- روشهای دینامیکی:

- فرمولهای دینامیکی
- تحلیل معادله موج (WEAP)
- آزمایش دینامیک شمع (PDA)
- تحلیل انطباق موج (CAPWAP)
- مدل‌های محیط پیوسته (رویکرد پژوهشی)



روش‌های تحلیلی

بر اساس ضرایب مقاومت برشی خاک (c , f)

مقاومت جدار (اصطکاکی)

روش a ✓

روش b ✓

روش l ✓

مقاومت نوک (انتهای شمع)

روش مایرهورف Meyerhof ✓

روش جانبو Janbu ✓

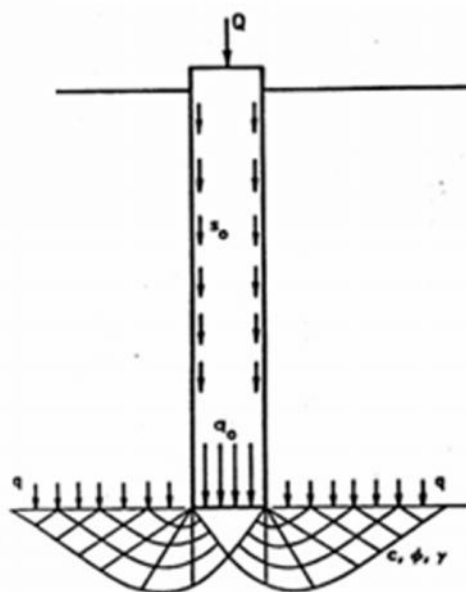
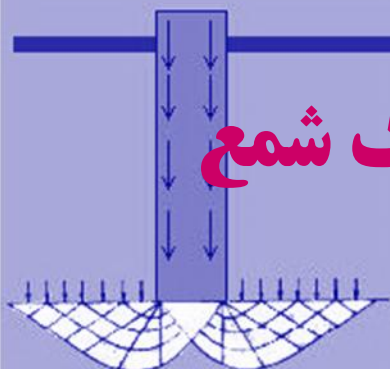
روش وسیک Vesic ✓

روش کوله‌های Kulhawy ✓

راهنمای مهندسی پی کانادا CFEM ✓

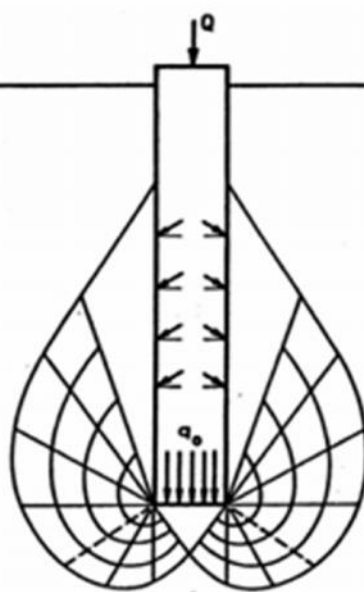
روش API ✓

مکانیسم های مختلف گسیختگی در اطراف نوک شمع



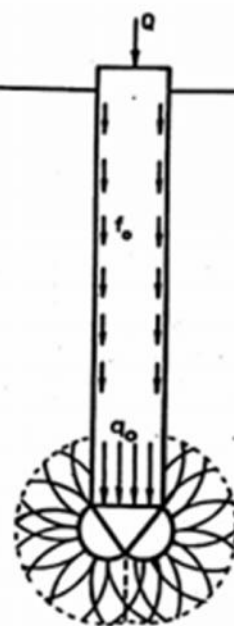
(a)

Prandtl (1921)
Reissner (1924)
Caquot (1934)
Buisman (1935)
Terzaghi (1943)



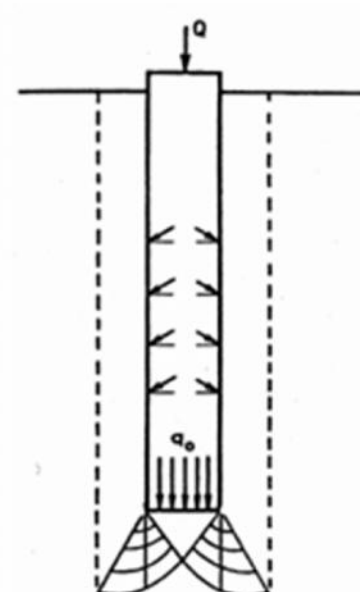
(b)

De Beer (1945)
Jaky (1948)
Meyerhof (1951)



(c)

Berezantsev and
Yaroshenko (1962)
Vesic (1963)



(d)

Bishop, Hill,
and Mott (1945)
Skempton, Yassin,
and Gibson (1953)

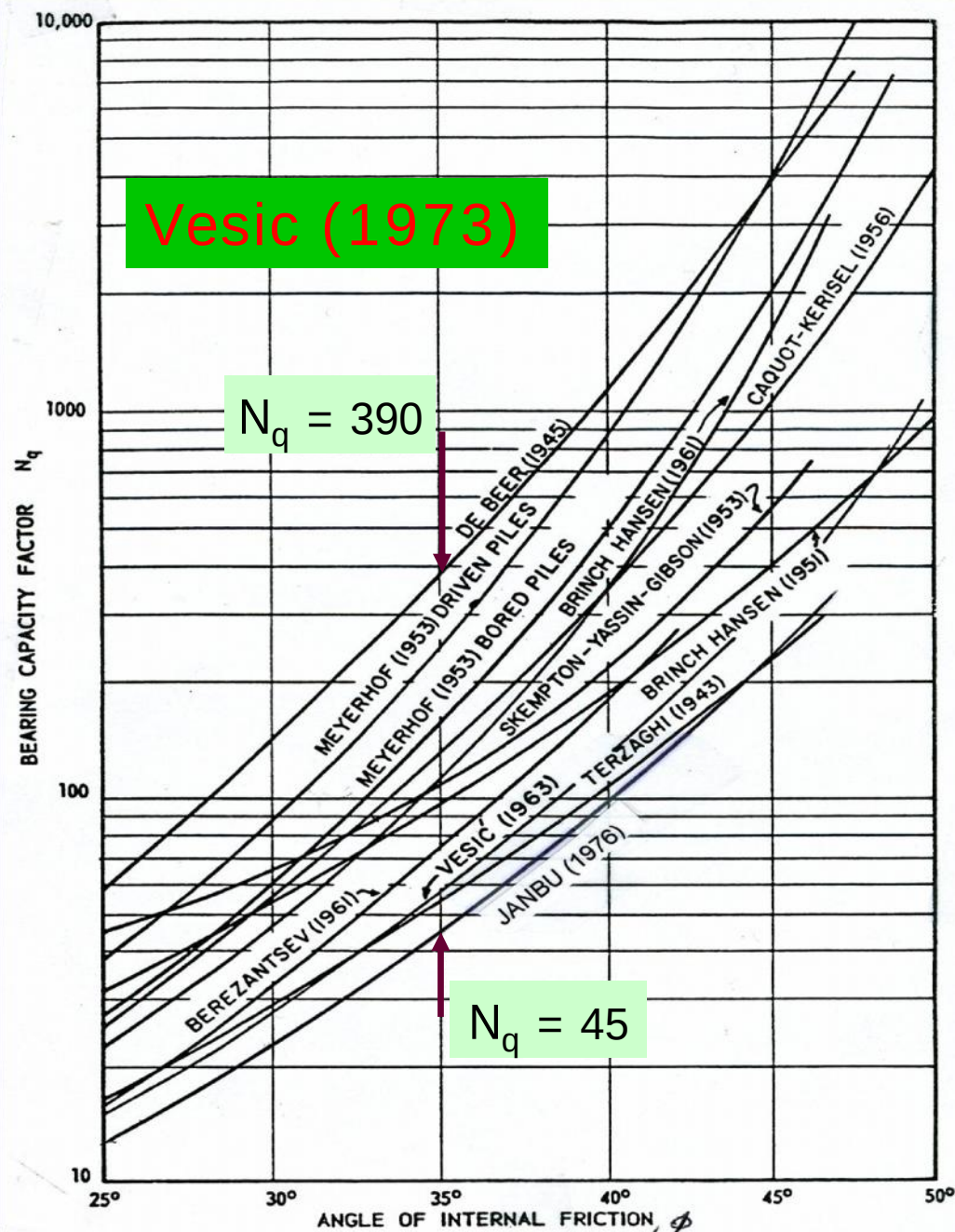
$$Q_t = A_t q_t = A_t (CN_c^* + s'_0 N_q^*)$$

روشهای تحلیلی مبتنی بر
پارامترهای مقاومت برشی
(c , f)

روشهای مختلف توصیه

شده جهت تعیین N_q

بر حسب f



روشهای مختلف تعیین ظرفیت باربری □□□:

- ۱- روشهای تحلیلی مبتنی بر پارامترهای مقاومت برشی (c, f)
- ۲- کاربرد مستقیم نتایج آزمایشهای درجا: مانند SPT و CPT
- ۳- آزمایش بارگذاری استاتیکی
- ۴- روشهای دینامیکی:

- فرمولهای دینامیکی
- تحلیل معادله موج (WEAP)
- آزمایش دینامیک شمع (PDA)
- تحلیل انطباق موج (CAPWAP)
- مدل‌های محیط پیوسته (رویکرد پژوهشی)

کاربرد مستقیم نتایج آزمایشهای درجا (SPT)

شماره روش	محققین	نوع خاکهای تحت پوشش	نوع شمعهای تحت پوشش	ناحیه موثر در مقاومت نوک
۱	Meyerhof, 1956	رس		-
۲	Aoki & Velloso, 1975	رس، لای و ماسه	کوبشی-درجا	میانگین سه N_{SPT}
۳	Meyerhof, 1976	ماسه	کوبشی-درجا	D-8B/D+3B
۴	Decourt et al., 1982	رس، لای و ماسه		D-1m/D+1m
۵	Shioi & Fukui, 1982	رس، ماسه و شن	کوبشی-درجا	
۶	Meyerhof, 1983	ماسه	کوبشی-درجا	D-8B/D+3B
۷	Briaud & Tucker, 1988	ماسه	کوبشی	D-4B/D+4B
۸	Bazaraa & Kurkur, 1986	رس، لای و ماسه	کوبشی-درجا	D-4B/D+1B
۹	Lopes & Laprovitera, 1988	رس، لای و ماسه	درجا	D-1B/D+1B
۱۰	Resse & O' Neill, 1989	-	درجا	D/D+2B
۱۱	Hirayama, 1990	رس، ماسه و شن	درجا	D-1B/D+1B
۱۲	Robert, 1997	ماسه	کوبشی-درجا	-
۱۳	Bouafia et al., 2004	ماسه	درجا	D-8B/D+3B

کاربرد مستقیم نتایج آزمایشهای درجا

$$r_s = n \cdot \bar{N}$$

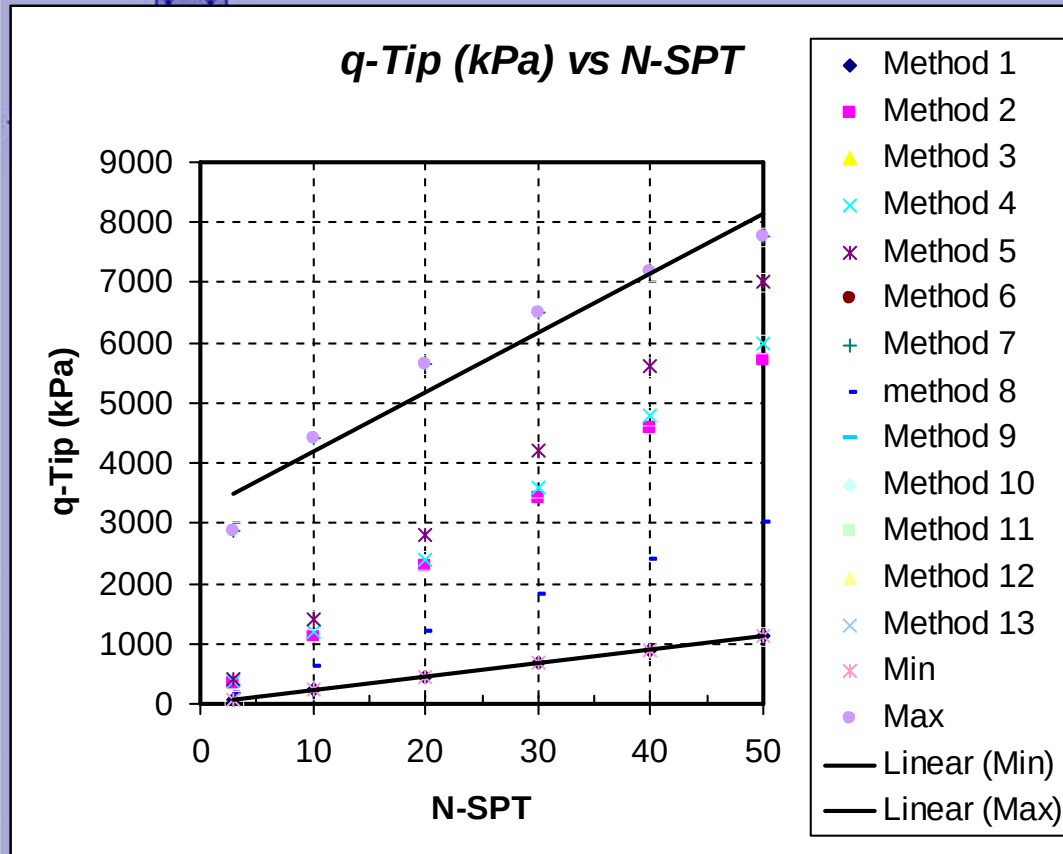
$$r_t = m \cdot N$$

مقایسه روشهای مختلف

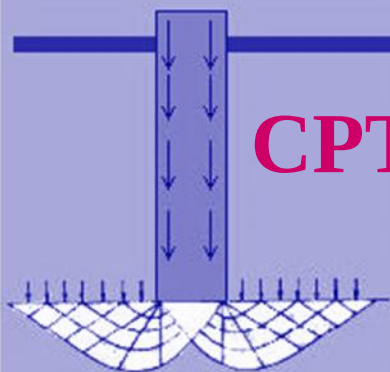
توصیه شده جهت تعیین

ظرفیت باربری شمع

بر حسب N_{SPT}



تغییرات مقاومت واحد نوک در روشهای مختلف برای
های کوبشی در خاکهای رسی شمع
Fakharian & Vaezian (2007)

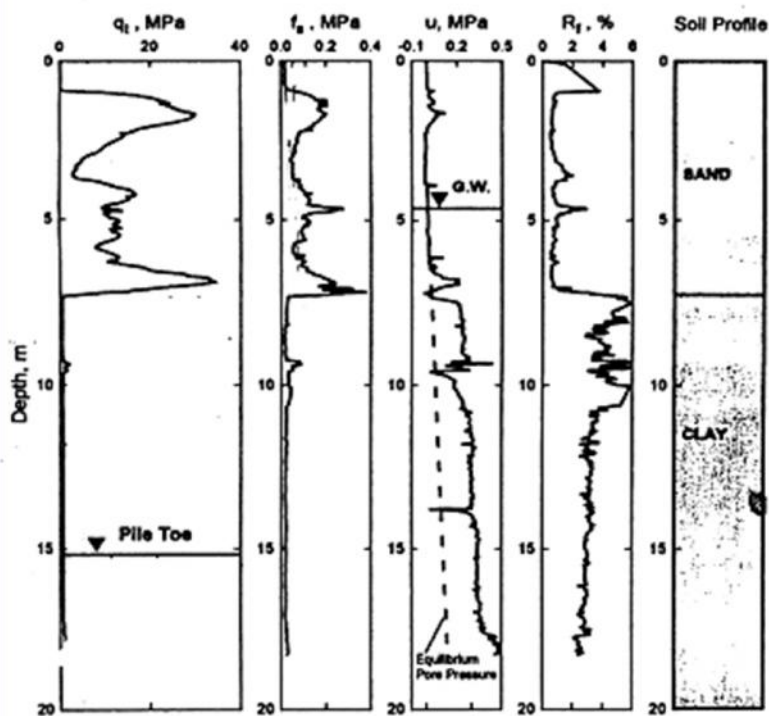


محاسبه ظرفیت باربری شمع با استفاده از CPT

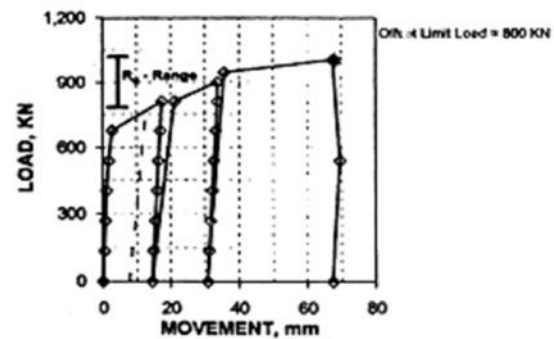
روش‌های متعددی توسط محققین مختلف توصیه شده است:

1. Schmertmann and Notteringham method (1975, 1978)
2. The de Ruiter and Beringen method (1979), called European method
3. The LCPC method (Bustamante and Gianceselli, 1982)
4. The Meyerhof method (1956, 1976, 1983)
5. The Tomay and Fakhroo method (1981)
6. Eslami and Fellenius method (1997)

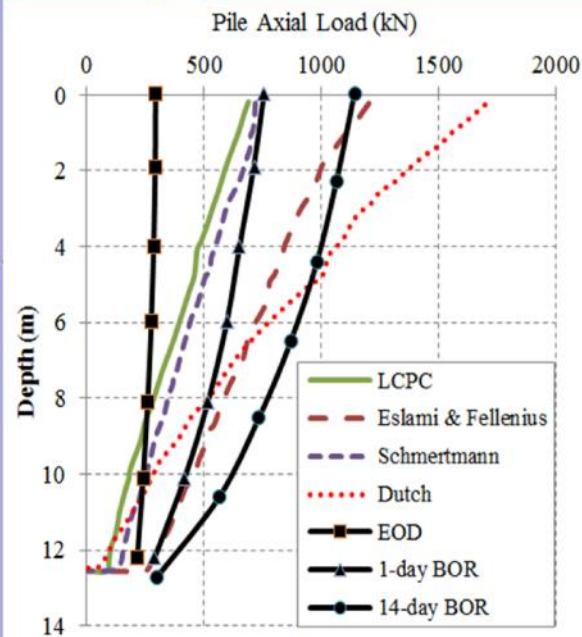
مقایسه بین نتایج CPT و آزمایش‌های بارگذاری



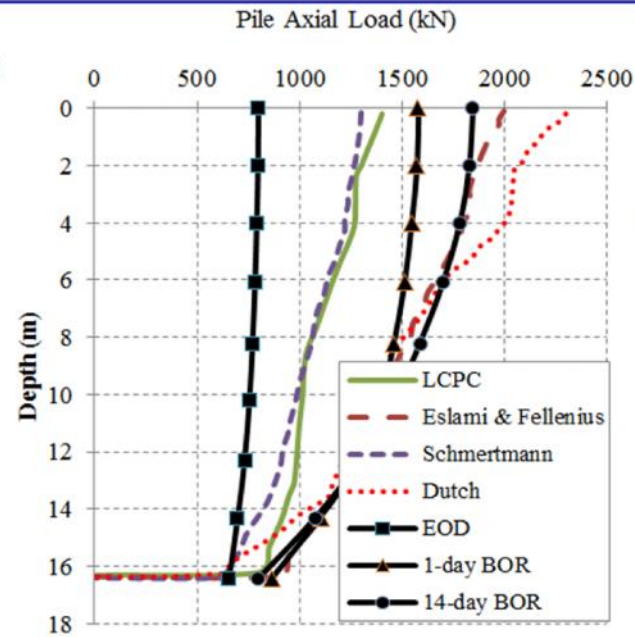
DETAIL	DESCRIPTION	SCHEMATIC PROFILE
1	Site	Evanston, IL, USA
2	Reference	Finnö, 1989
3	Shape, Material, and Installation	Pipe, Steel, Driven
4	Diameter, b , and Wall Thickness, t , mm	450
5	Embedment Length D , m	15.2
6	Cross Sectional Area A_s , m^2	0.159
7	Unit Circumferential Area, A_u , m^2/m	1.41
8	Toe, Closed or Open	Closed
9	Type of Test and Loading	Static Compression, SML
10	Toe Capacity, R_t , KN	62
11	Shaft Capacity, R_s , KN	958
12	*Capacity, R_u , KN	1,020



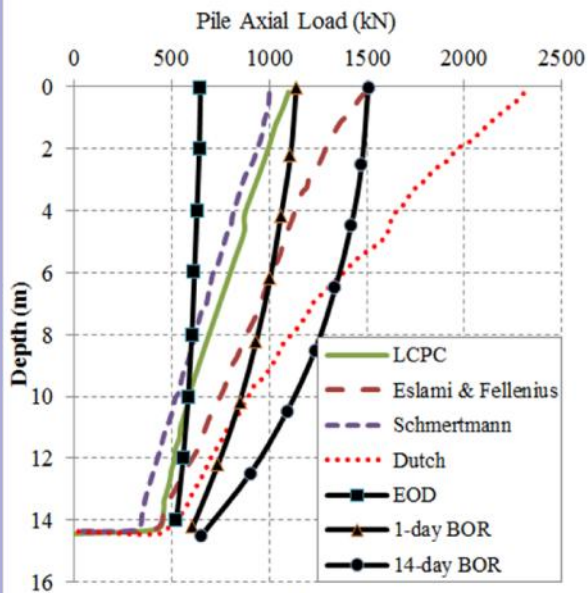
کاربرد مستقیم نتایج آزمایشهای درجا (CPT)



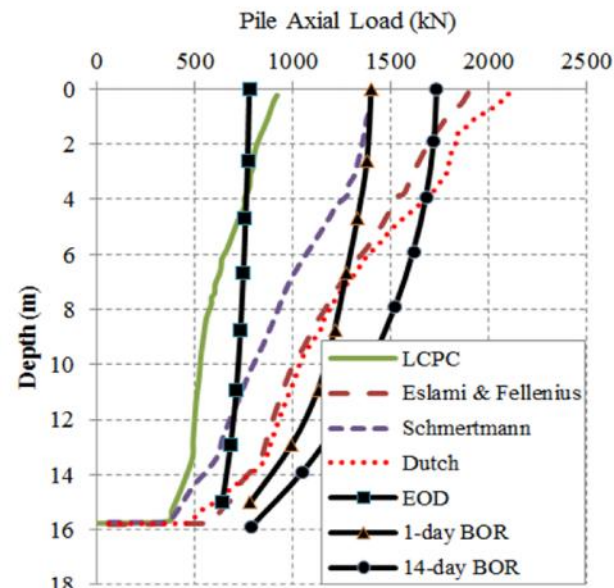
a



d



b



c

مقایسه روشهای مختلف تعیین
ظرفیت باربری شمع برحسب نتایج
CPT با آزمایش های PDA در
زمانهای مختلف بر روی ۴ شمع
آزمایشی در پروژه آزادگان شمالی
(Fakharian & Khanmohammadi, 2015)



3 Prediction Events

Prediction Event 1:

- Organized by Prof. Bengt Fellenius
- Date: May 2011, Location: British Columbia, Canada
- Pile Type: CFA, Diam 406 mm, Depth 18.5 m
- Soil Profile: Alternates of Silt & Clay, with lenses of Sand
- GWT: 1.5 m
- Geotechnical Investigation **Quality: Average**
- *In situ* Test: SPT

رویکرد بهینه‌سازی در طراحی و اجرای انواع شمع

نتایج SPT

Depth (m)	BH1 (N)	BH2 (N)	BH3 (N)	BH4 (N)	ADDED BOREHOLE
1	10	7	6	7	10
2.5	7	11	7	9	5
4	5	>50	8	11	6
5.5	9	--	8	10	4
7	9	24	13	38	4
8.5	31	>50	24	16	9
10	>50	26	>50	40	8
11.5	>50	13	--	11	>50
13	25	14	26	28	>50
14.5	25	17	20	33	>50
16	19	17	14	32	>50
17.5	26	19	12	29	>50
19	22	32	21	29	>50
20.5	19		5	25	>50
22.5	23		22	>50	24
24	>50		14	18	--
26.5			21	13	--

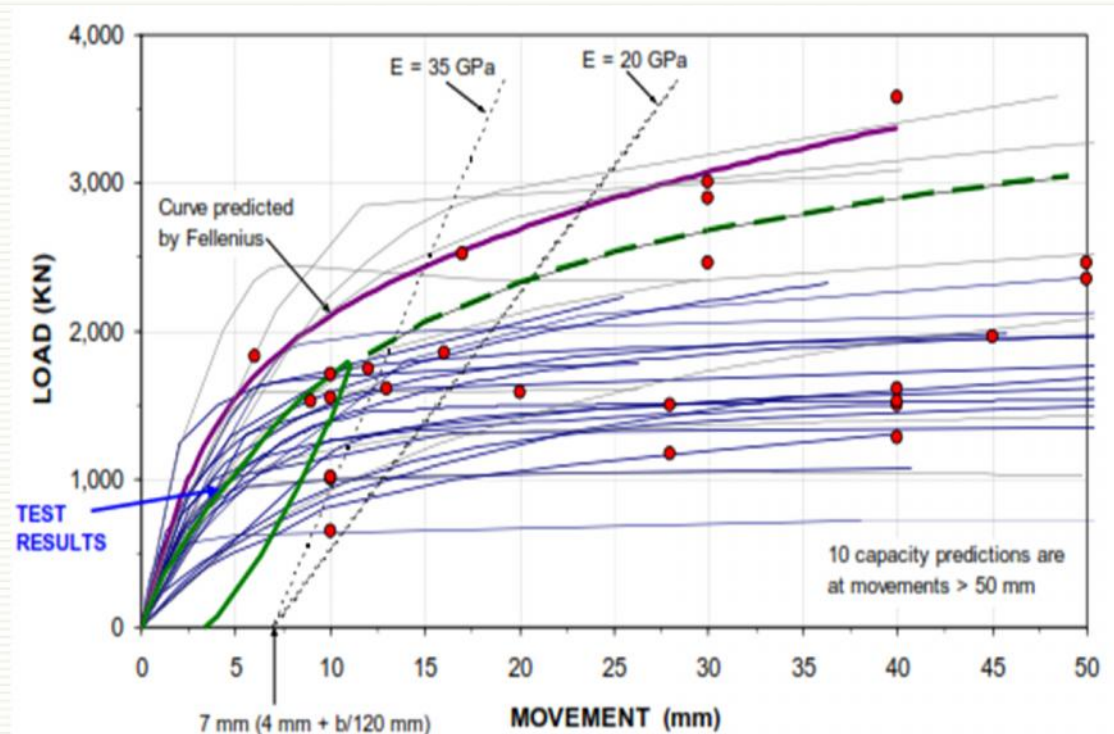
رویکرد بهینه‌سازی در طراحی و اجرای انواع شمع

Fellenius invited 100, 42 submitted predictions:

Australia	Stephen Buttlng	USA	John Hayes
Australia	Harry Poulos	USA	Nicole Lavergne
Belgium	Peter Van Impe	USA	John Livingston
Brazil	Luciano Decourt	USA	Paul Mayne
Canada	Lech Brzezinski	USA	Ross McGillivray
Canada	Bengt H. Fellenius	USA	James Niehoff
Canada	Munawar Hussein	USA	Mauricio Ochoa
Estonia	Mats Mets	USA	Kathryn Petek
Iran	Kazem Fakharian	USA	Ha Pham
Israel	Joram Amir	USA	Frank Rausche
Italy	Gianni Togliani	USA	Greg Reuter
Japan	Phan Le	USA	Tim Siegel
Japan	Tatsunori Matsomoto	USA	Jim Stewart
Mexico	Manuel J. Mendoza	USA	Mark Thompson
Portugal	Jaime Santos	Vietnam	Luu Van Dong
Singapore	Hartano Wu	Vietnam	Nguyen Xuan Hai
Singapore	Sun Jie	Vietnam	Nguyen Minh Hai
Singapore	Harry Tan	Vietnam	Nguyen Truong Tien
USA	Ha Da	Vietnam	Quan Duy Nguyen
USA	Tom Gurtowski	Vietnam	Trinh Viet Cuong
USA	Fouad Hammoud	Vietnam	Vu Cong Ngu
USA	Dean Harris		

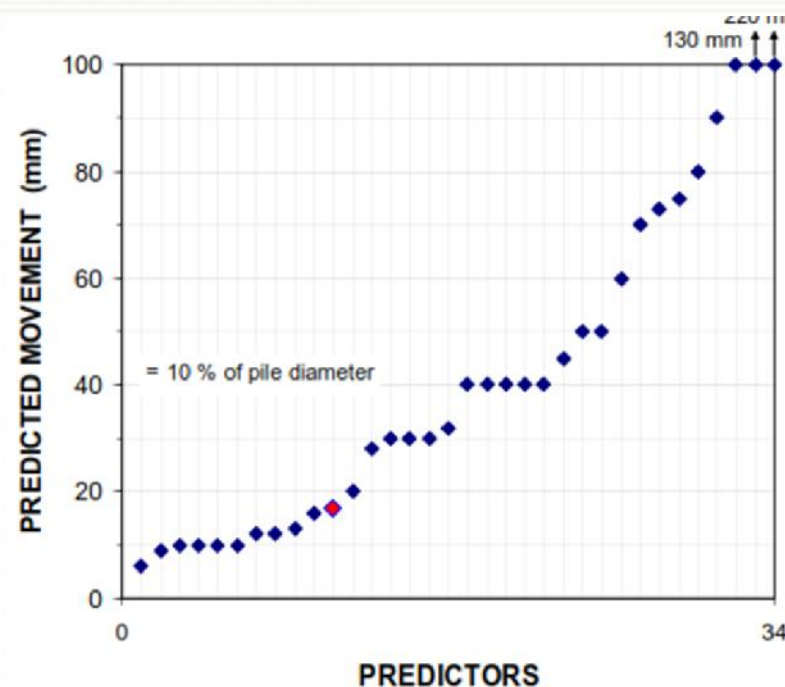
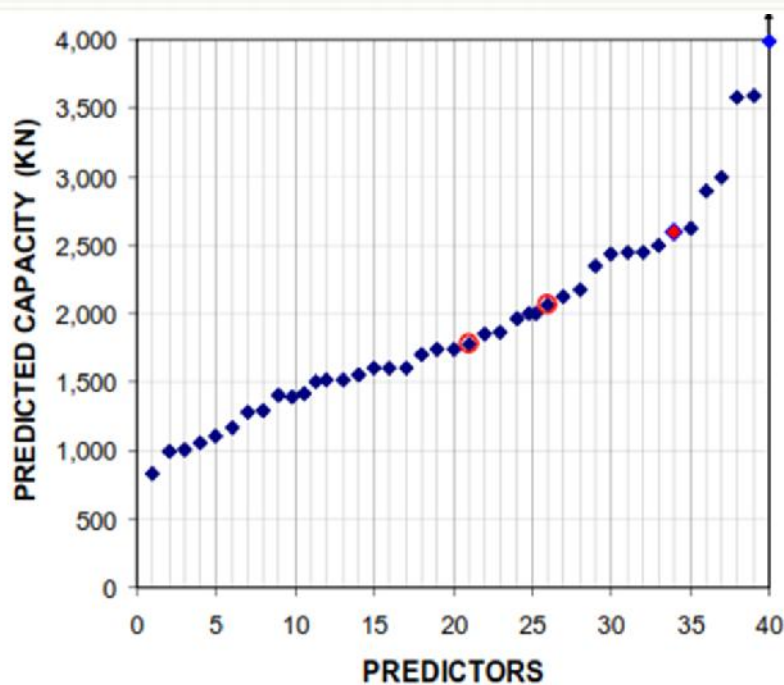
رویکرد بهینه‌سازی در طراحی و اجرای انواع شمع

نیرو-جابجایی: پیش‌بینی‌ها نسبت به
نتیجه آزمایش بارگذاری استاتیکی!!!



رویکرد بهینه‌سازی در طراحی و اجرای انواع شمع

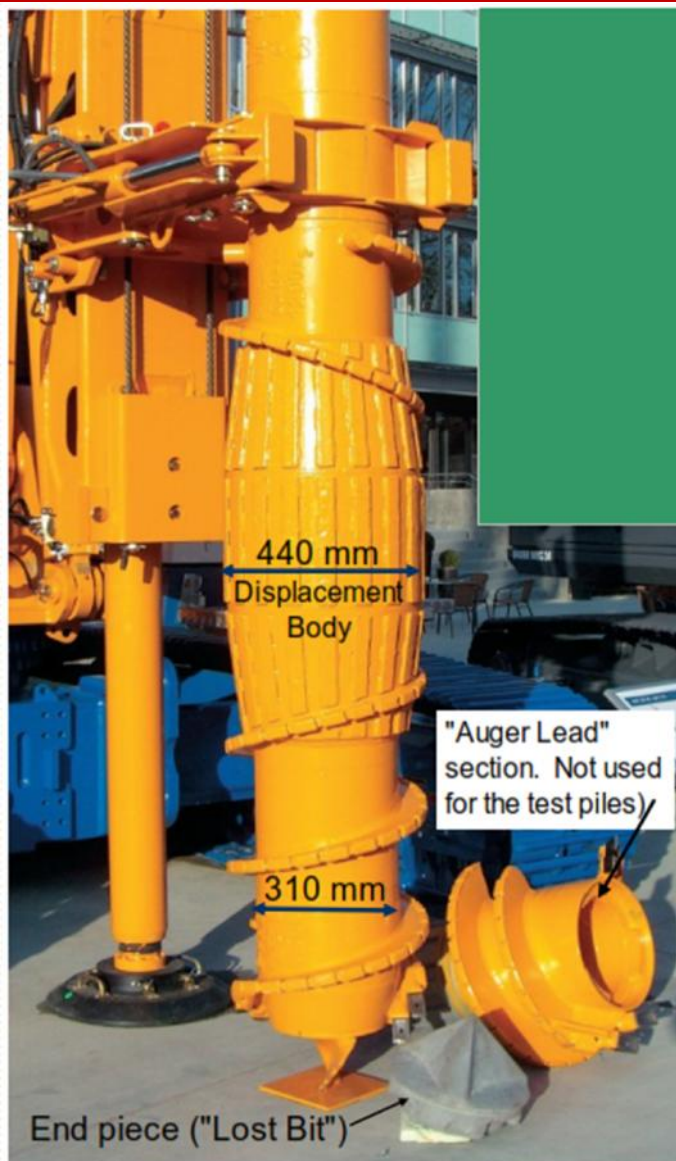
توزیع پیش‌بینی‌های ظرفیت و جابجایی در ۱۰٪ قطر شمع



Prediction Event 2:

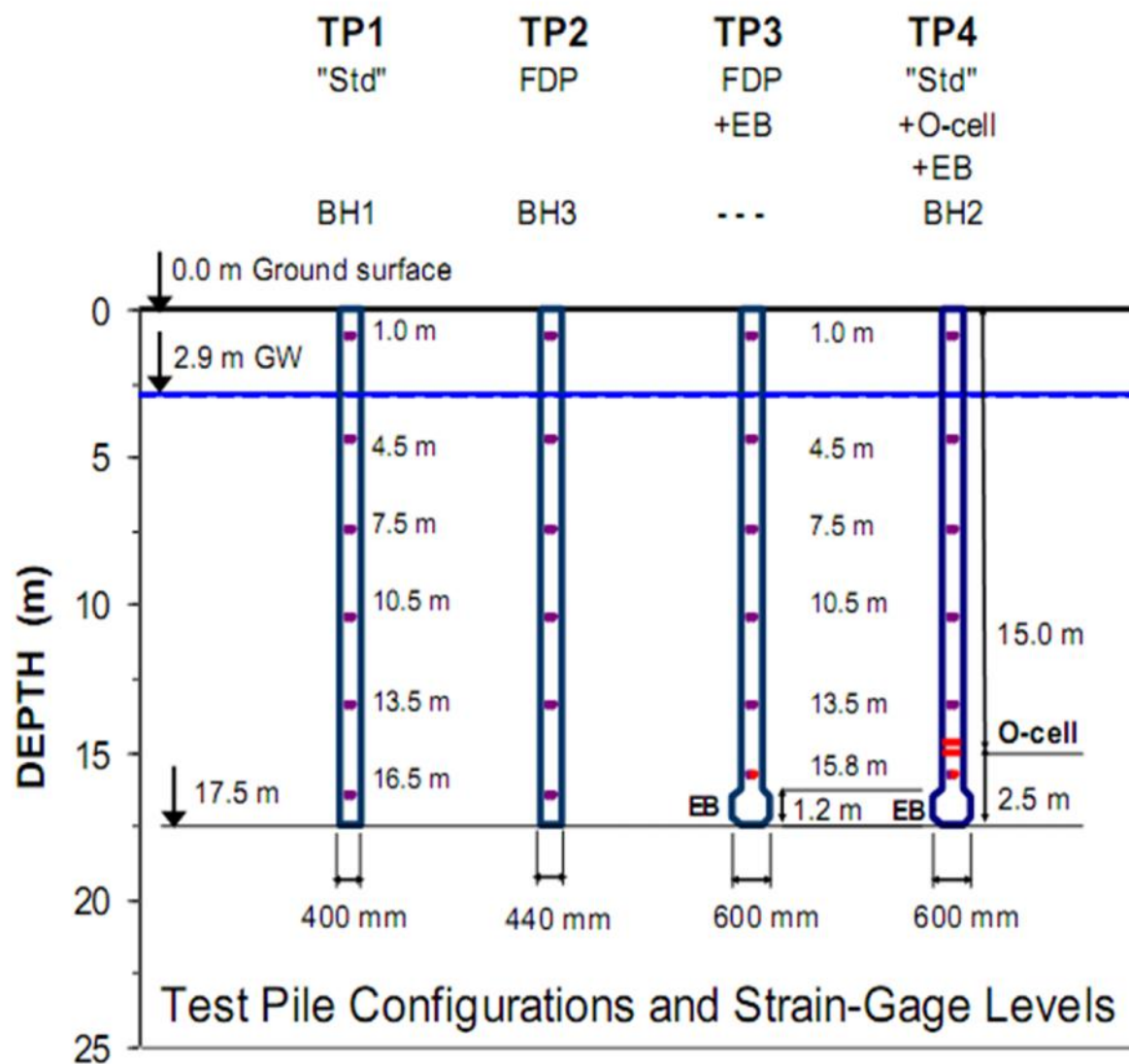
- Organized by Prof. Bengt Fellenius
- Date: Feb. 2013, Location: Bolivia
- Pile Types: 4 bored piles, Diam 400 and 440 mm, Depth 17.5 m, two with base expanders (600 mm)
- Soil Profile: Fine to medium Sand, GWT at 2.9 m
- Geotechnical Investigation **Quality: very good**
- *In situ* Test: SPT, CPTu, Geophysical

رویکرد بهینه‌سازی در طراحی و اجرای انواع شمع

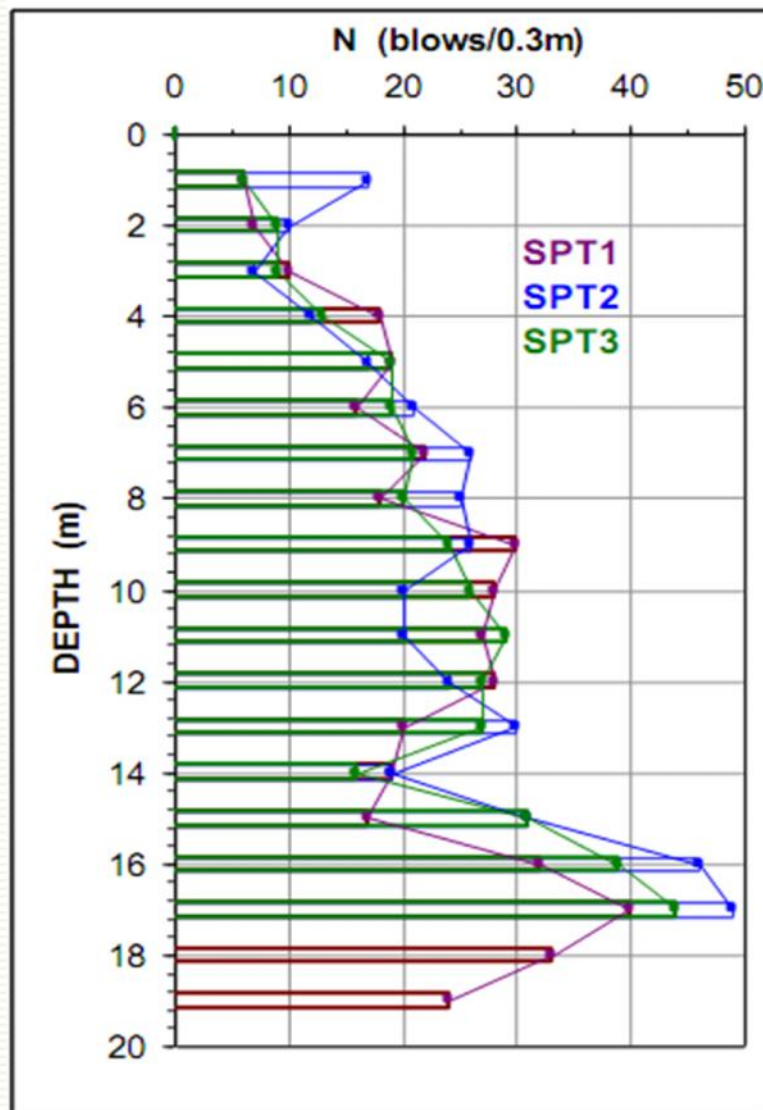


سیستم حفاری: Displacement Piles

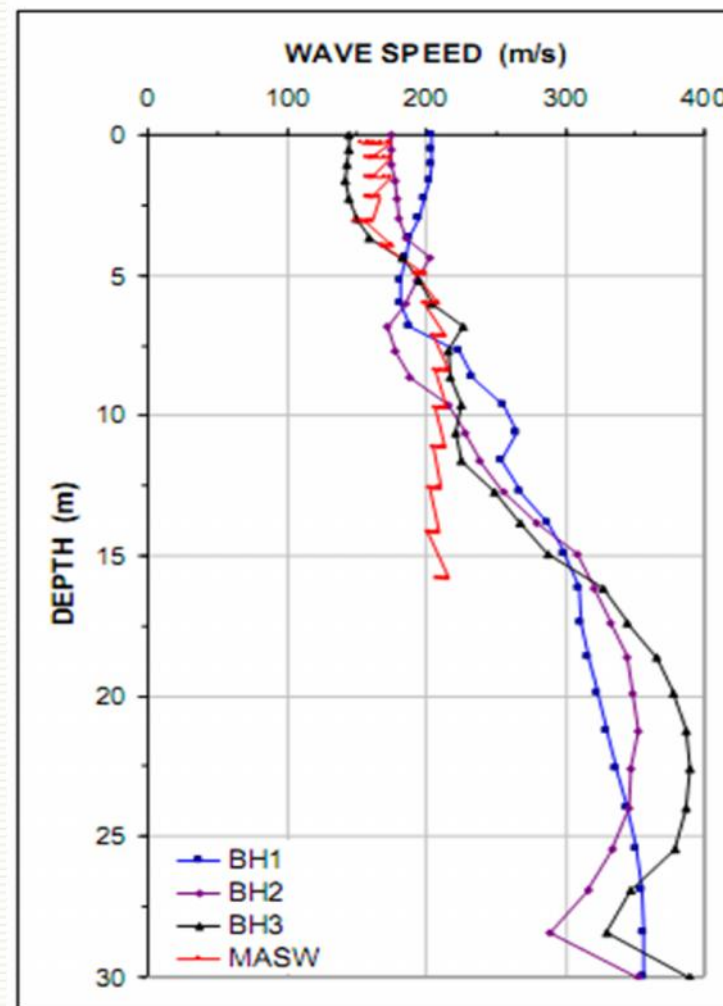
رویکرد بهینه‌سازی در طراحی و اجرای انواع شمع



رویکرد بهینه‌سازی در طراحی و اجرای انواع شمع

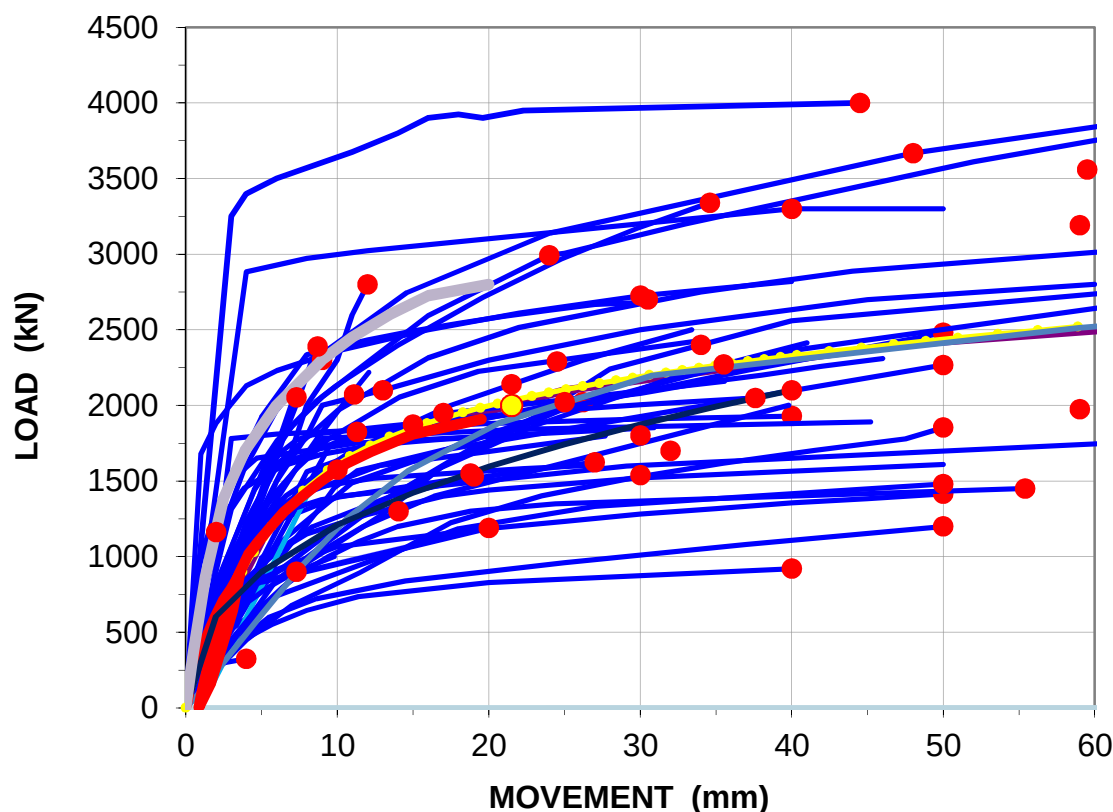


Soil Profile. N-indices from SPT tests



Soil Profile. Seismic Waves: Wave Speed distribution

رویکرد بهینه‌سازی در طراحی و اجرای انواع شمع



نیرو-جابجایی:
TP 1

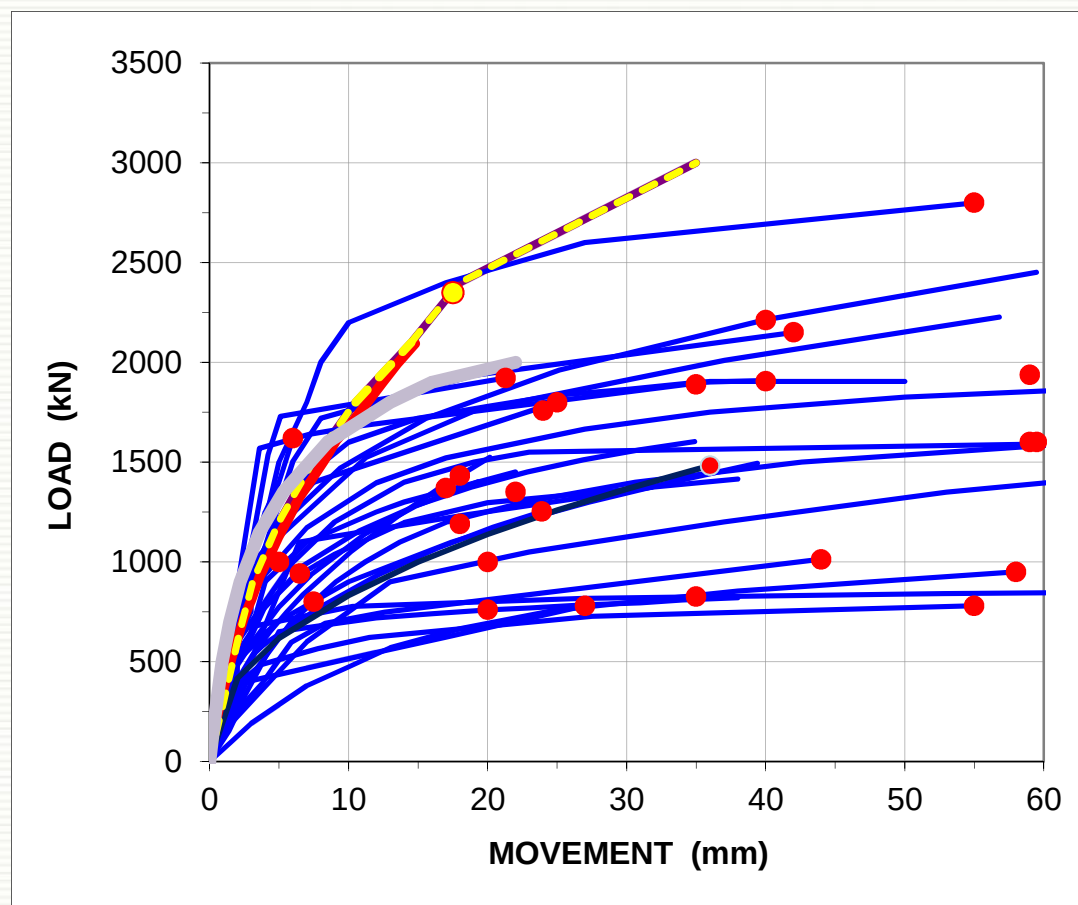
Blue curves are predicted load-movement curves

Heavy **red line** shows test records

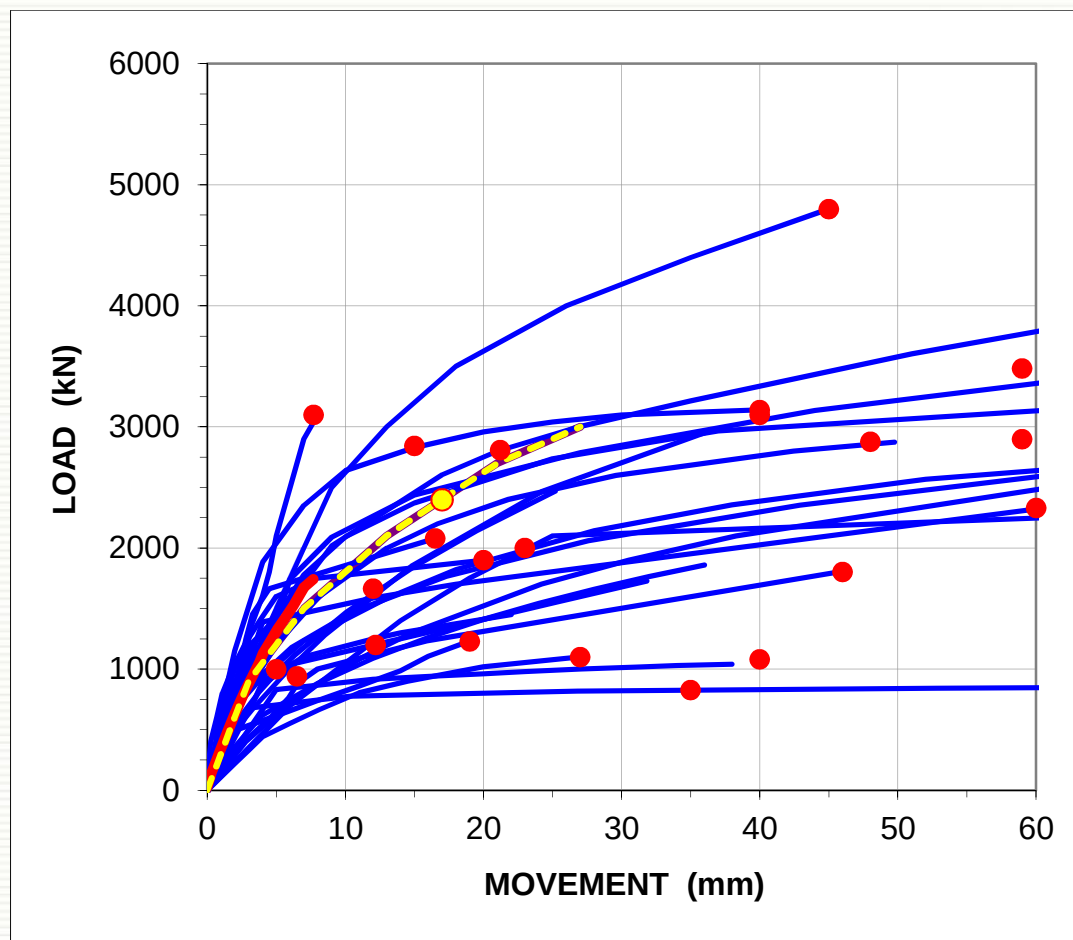
Red dots are capacities evaluated from the curve by the predictors

Yellow dashed line is Bengt Fellenius' prediction

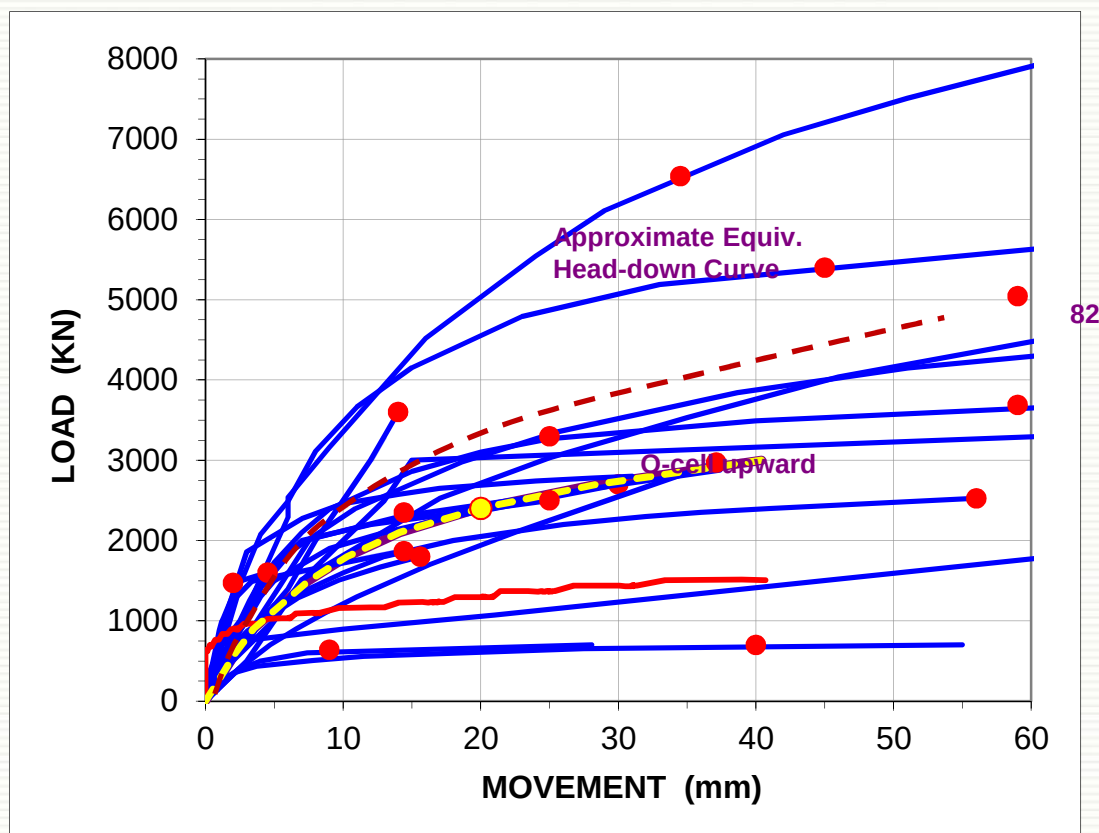
نیرو-جابجایی: TP 2



نیرو-جابجایی: TP 3



نیرو-جابجایی: TP 4



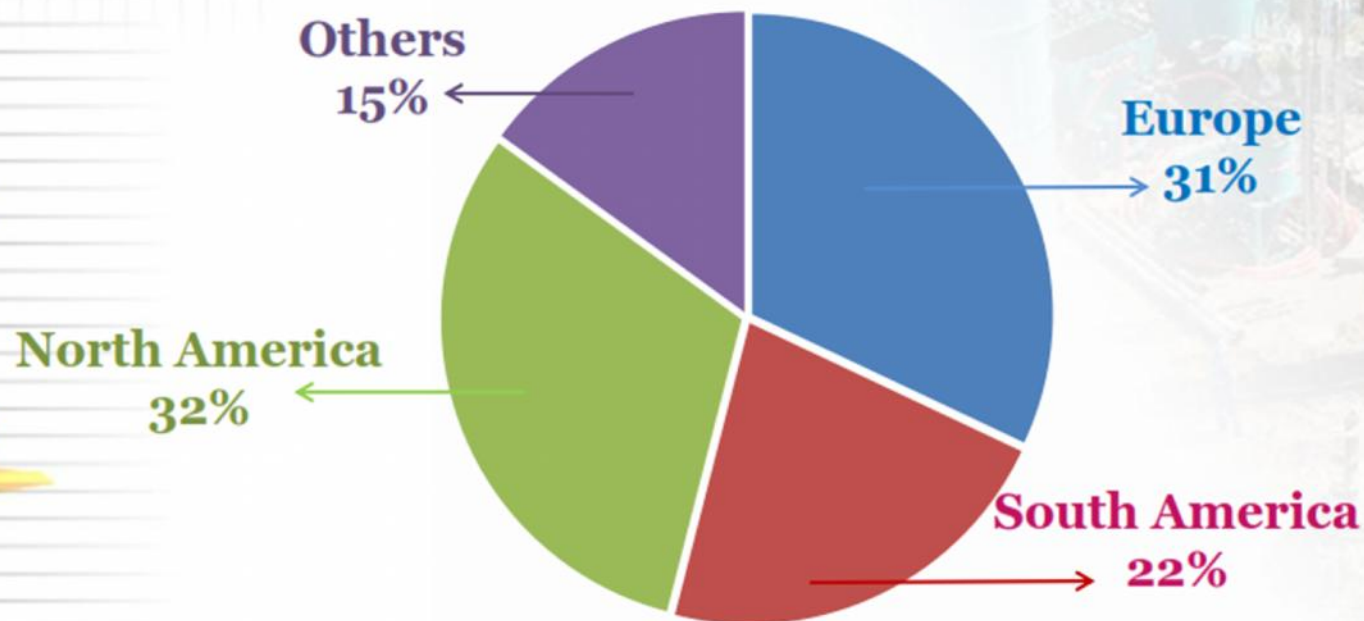
Prediction Event 3:

- Organized by: SEFE 2015 Conference, June 2015, Sao Palo
- Date: 2015, Araquari Experimental Testing Site, Brazil
- Pile Types: Polymer-Based Bored pile, Diam 1 m, Depth 24.4 m
- Soil Profile: 4 variable Sandy layers, GWT at 2.9 m
- Geotechnical Investigation **Quality: Excellent**
- *In situ* Test: SPT, CPTu, Dilatometer, Geophysical
- Consultants: Fugro and a local consultant involved in studies
- Instrumentation: Pile heavily instrumented at 8 sections

Predictions: 72 Participants

42% Academics

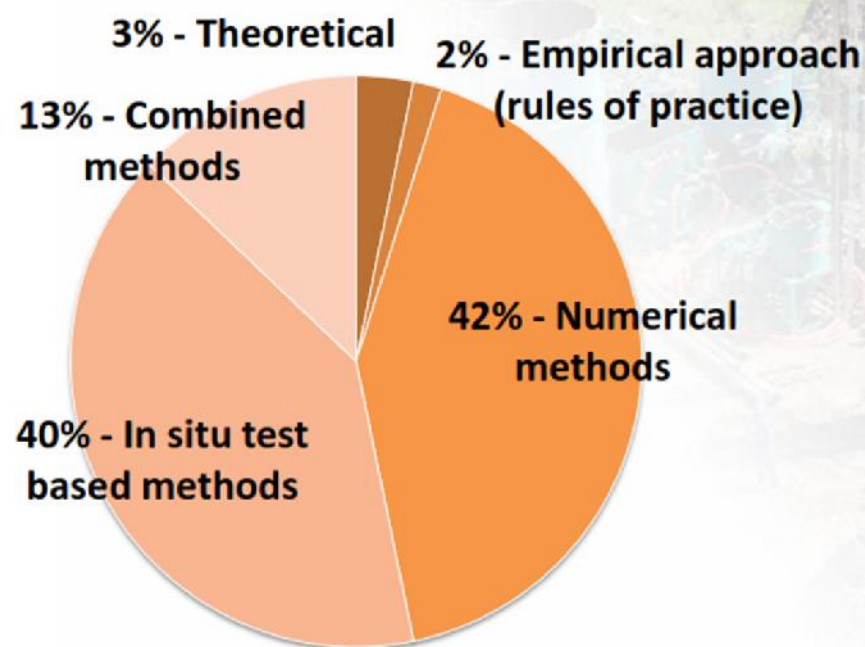
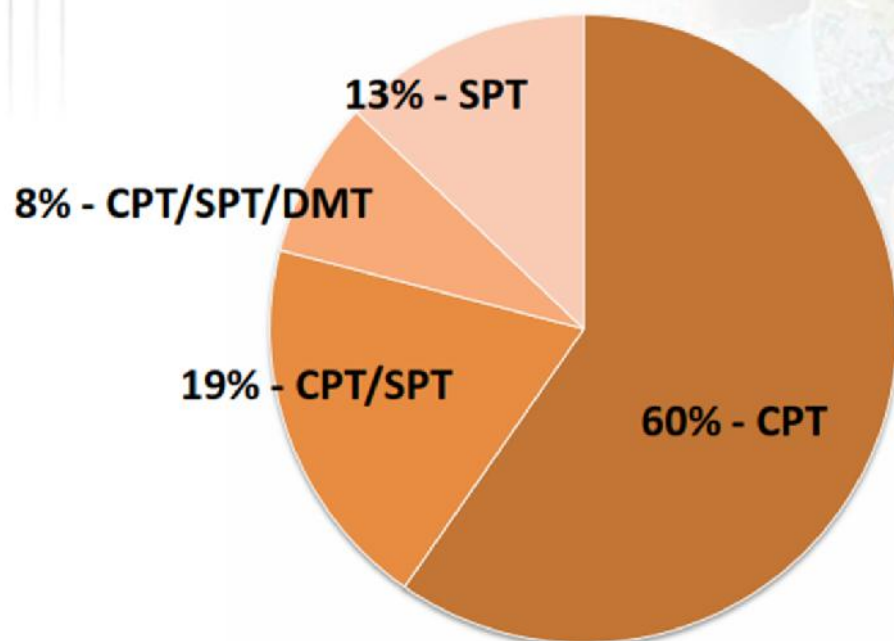
58% - Practitioners



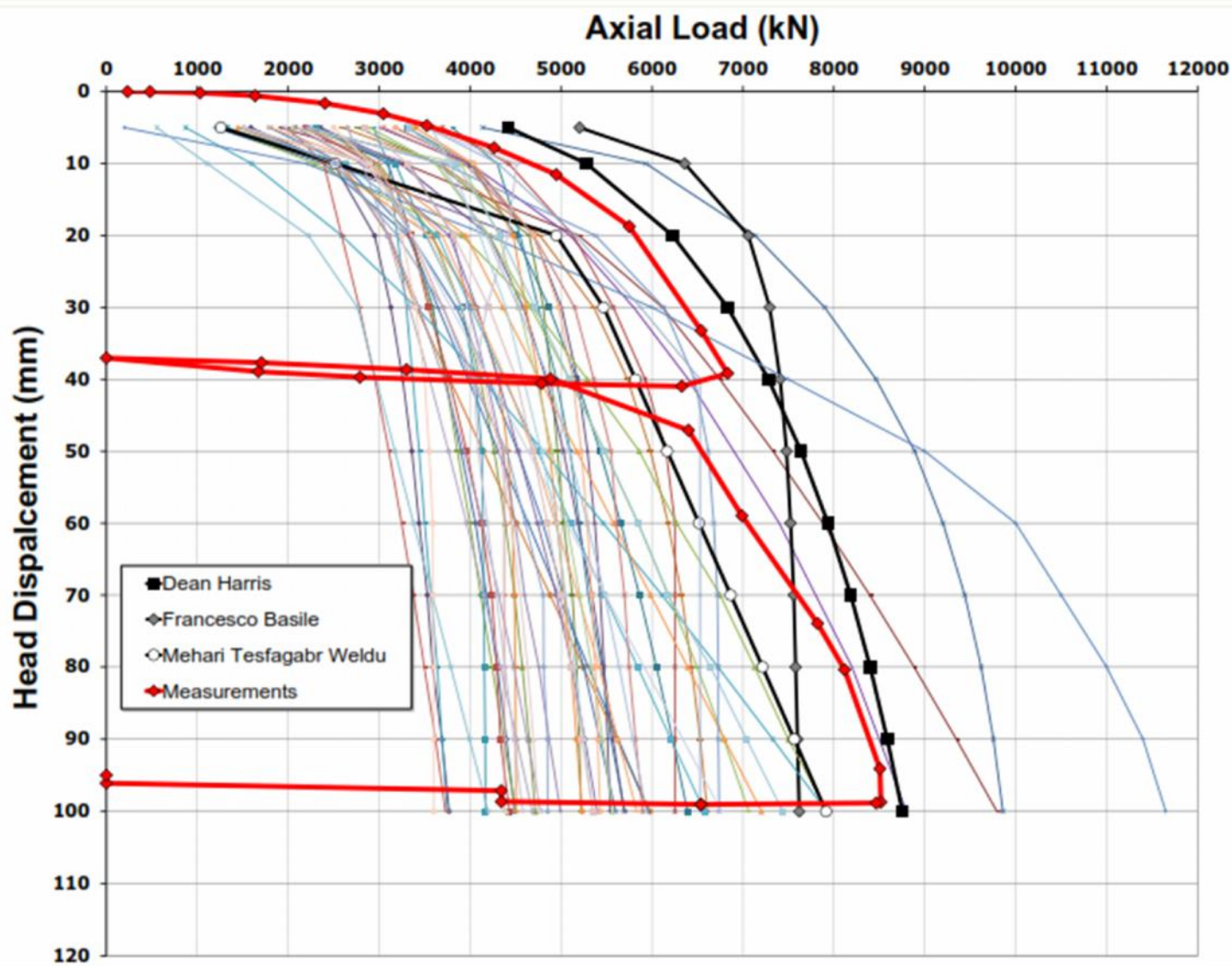
Countries

N_o	Country	N_o	Country
1	South Africa	1	Singapore
1	Bulgari	2	Australia
1	Chile	2	Belgium
1	China	2	France
1	Croatia	3	England
1	Hungary	4	UAE
1	Iran	10	Italy
1	Lithuania	15	Brazil
1	Sweden	23	USA
1	Switzerland		

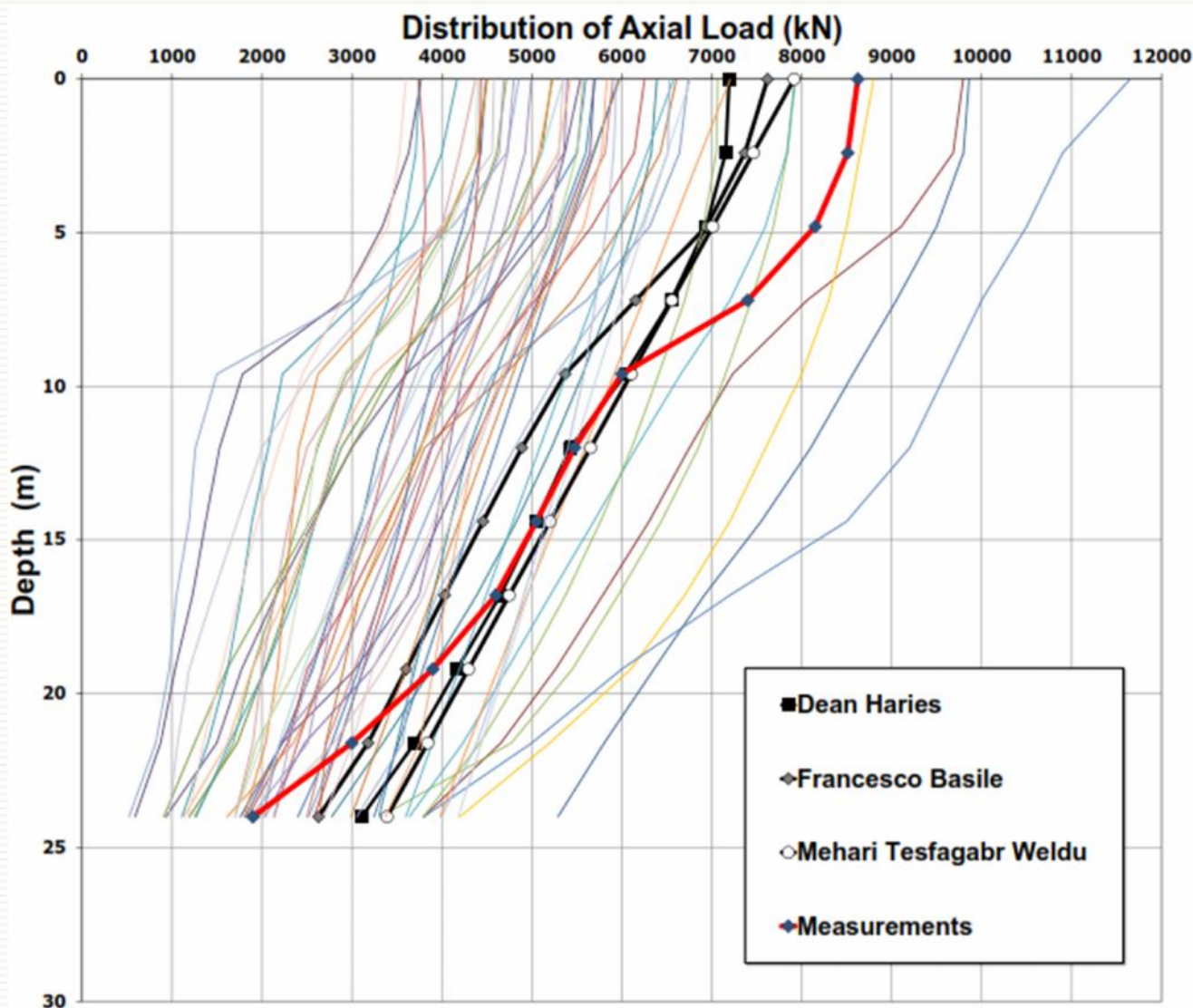
رویکرد بهینه سازی در طراحی و اجرای انواع شمع



رویکرد بهینه‌سازی در طراحی و اجرای انواع شمع



رویکرد بهینه‌سازی در طراحی و اجرای انواع شمع



روشهای مختلف تعیین ظرفیت باربری □□□:

۱- روشهای تحلیل استاتیکی مبتنی بر پارامترهای مقاومت برشی
(c, f)

۲- کاربرد مستقیم نتایج آزمایشهای درجا: مانند SPT و CPT

۳- آزمایش بارگذاری استاتیکی

۴- روشهای دینامیکی:

- فرمولهای دینامیکی
- تحلیل معادله موج (WEAP)
- آزمایش دینامیک شمع (PDA)
- تحلیل انطباق موج (CAPWAP)
- مدل‌های محیط پیوسته (رویکرد پژوهشی)

آزمایشهای بارگذاری استاتیکی شمع

- بارگذاری محوری فشاری

- استفاده از سربار
- استفاده از شمع‌های عکس‌العمل
- روش O-Cell

- بارگذاری جانبی

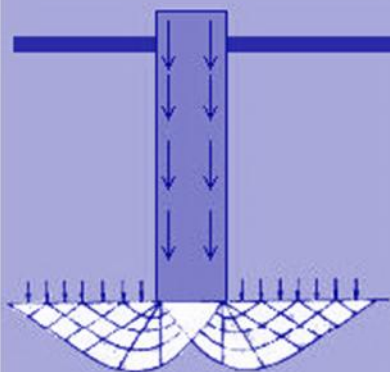
- بارگذاری کششی

اهداف اصلی از آزمایش بارگذاری محوری فشاری:

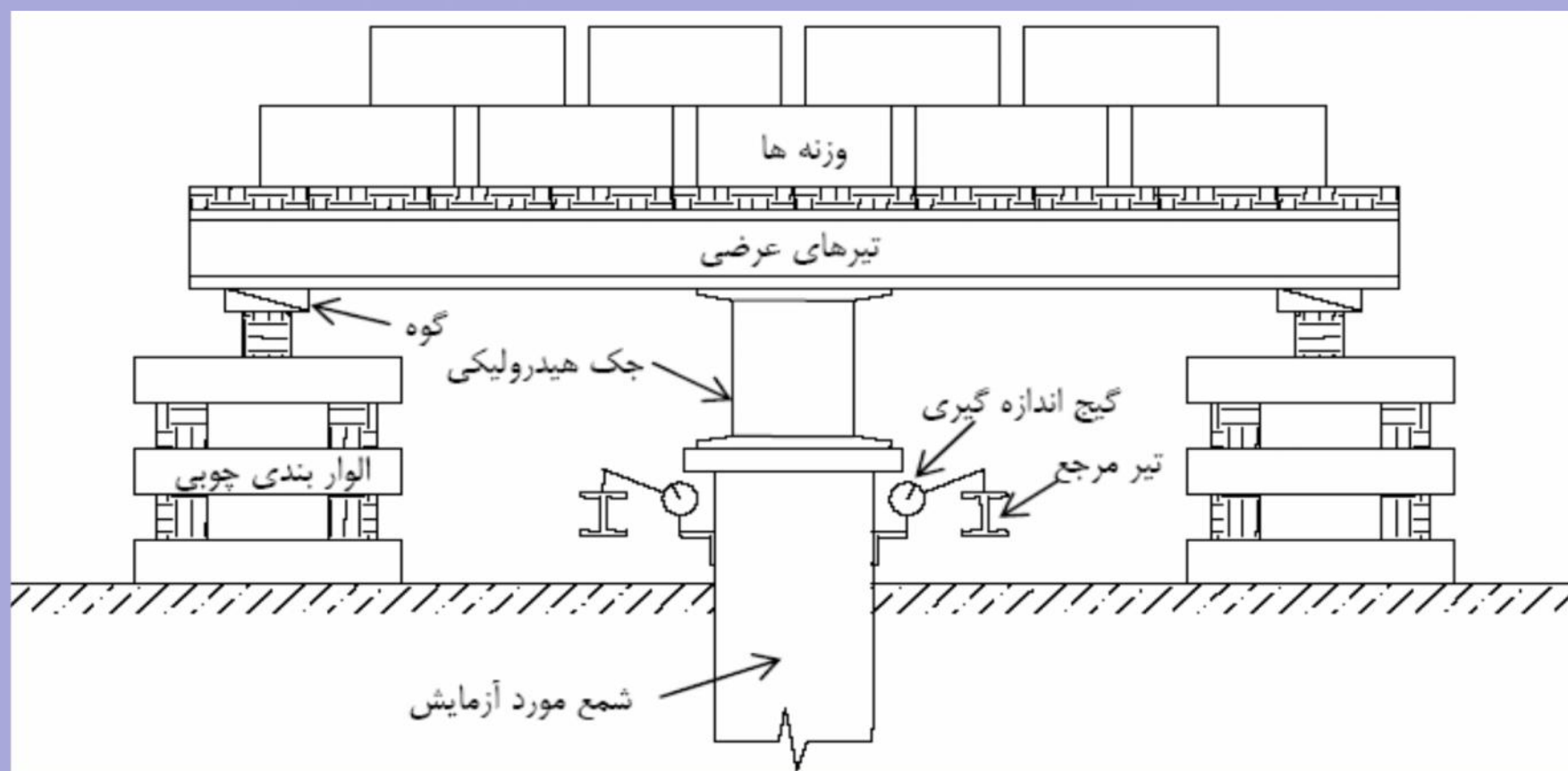
□. تدقیق ظرفیت باربری

□. اندازه‌گیری سختی شمع (K) برای محاسبات
اندرکنشی با سازه

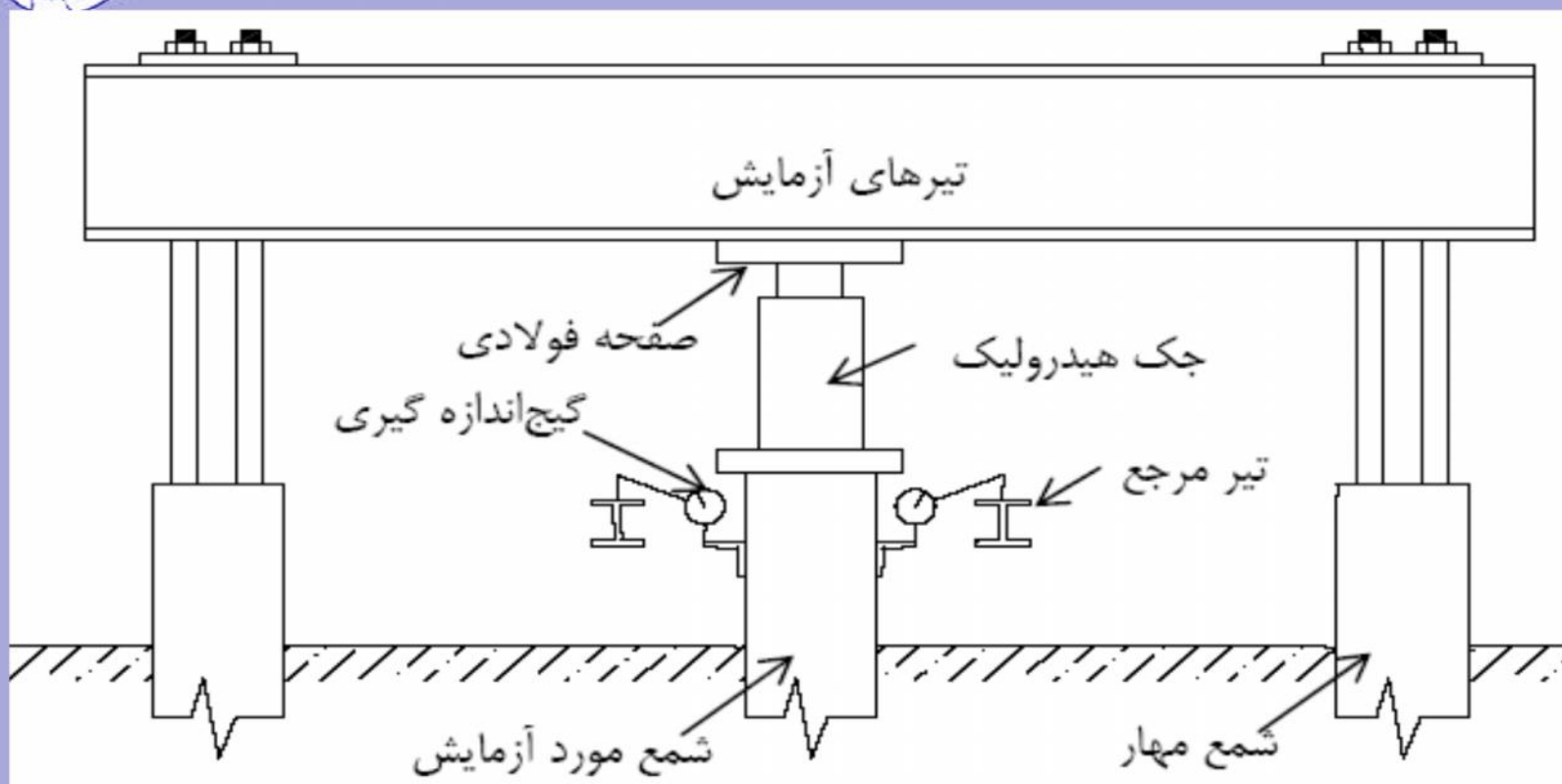
□. تفکیک مقاومتهای نوک و جدار با نصب ابزار



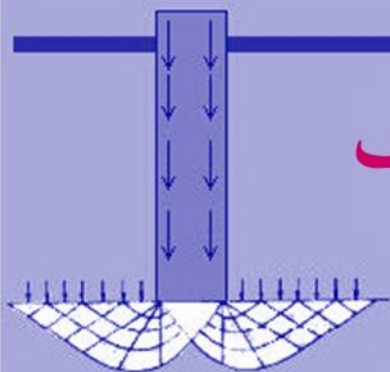
نوع ۱: استفاده از سربار



نوع ۲: استفاده از شمع‌های عکس‌العمل

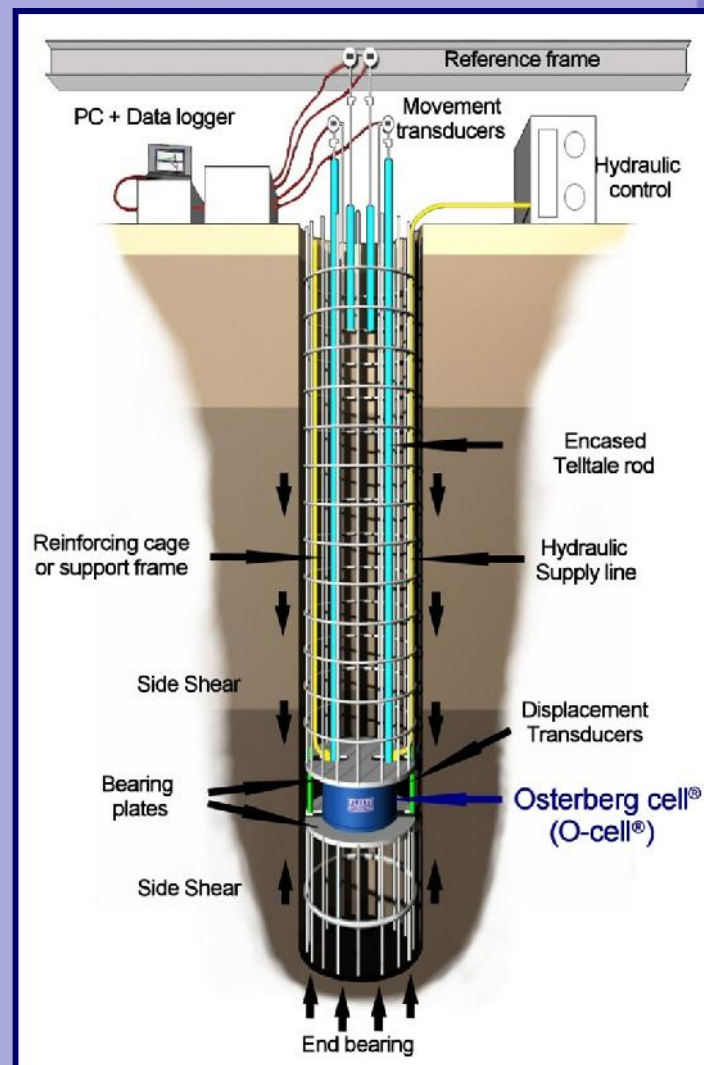


استفاده از شمع‌های کششی جهت ایجاد نیروی عکس‌العمل

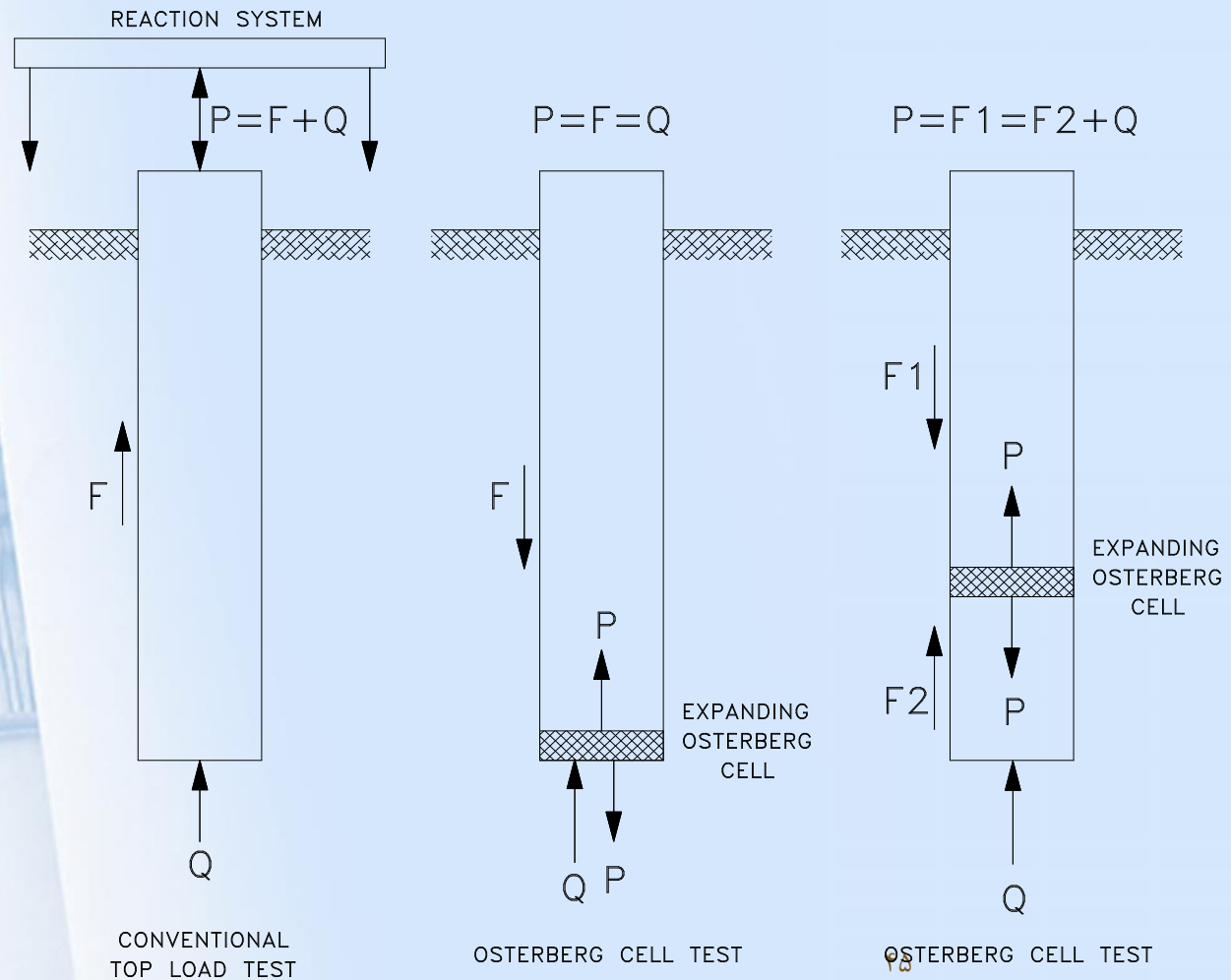


نوع ۳: استفاده از اصطکاک شمع با خاک

استفاده از O-Cell
(Osterberg Cell)



COMPARISON OF O-CELL AND CONVENTIONAL TESTS





2500 ton Reaction System



300 ton Surcharge System



3000 ton O-cell Test

O-Cell: No reaction
system required

Advantage in many in-situ scenarios including:

- offshore
- low concrete cut-offs
- confined areas

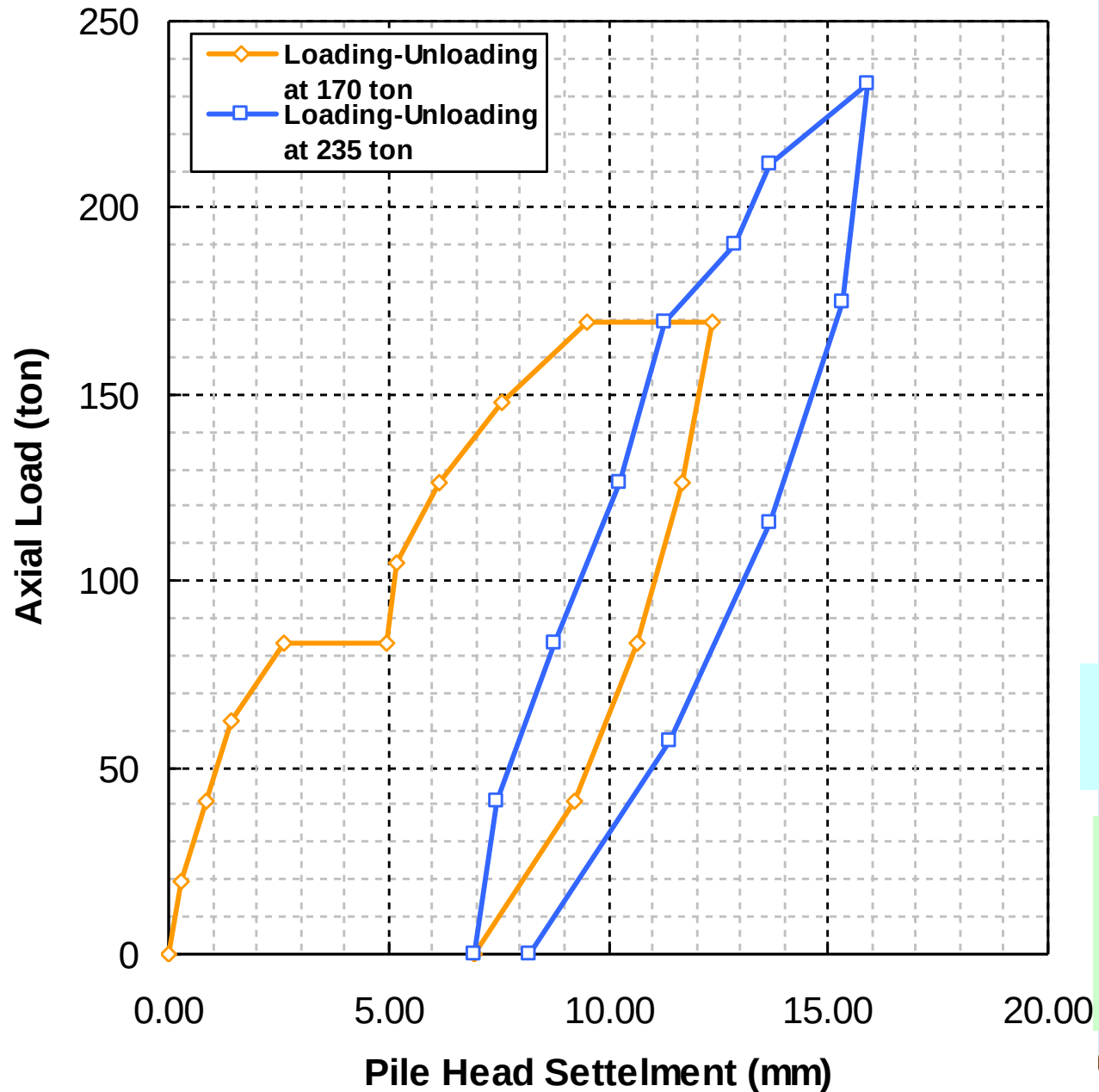
World-Record Drilled Shaft Load Test:

27,800 tons

Incheon, Korea, 3 m Diameter



Axial Load-Displacement Plot



آزمایش بارگذاری

محوری:

برج‌های زاگرس کیان پارس اهواز
تعاونی کارکنان شهرداری

اثر خزش

تاریخ شروع تست: ۵/۱۲/۸۵

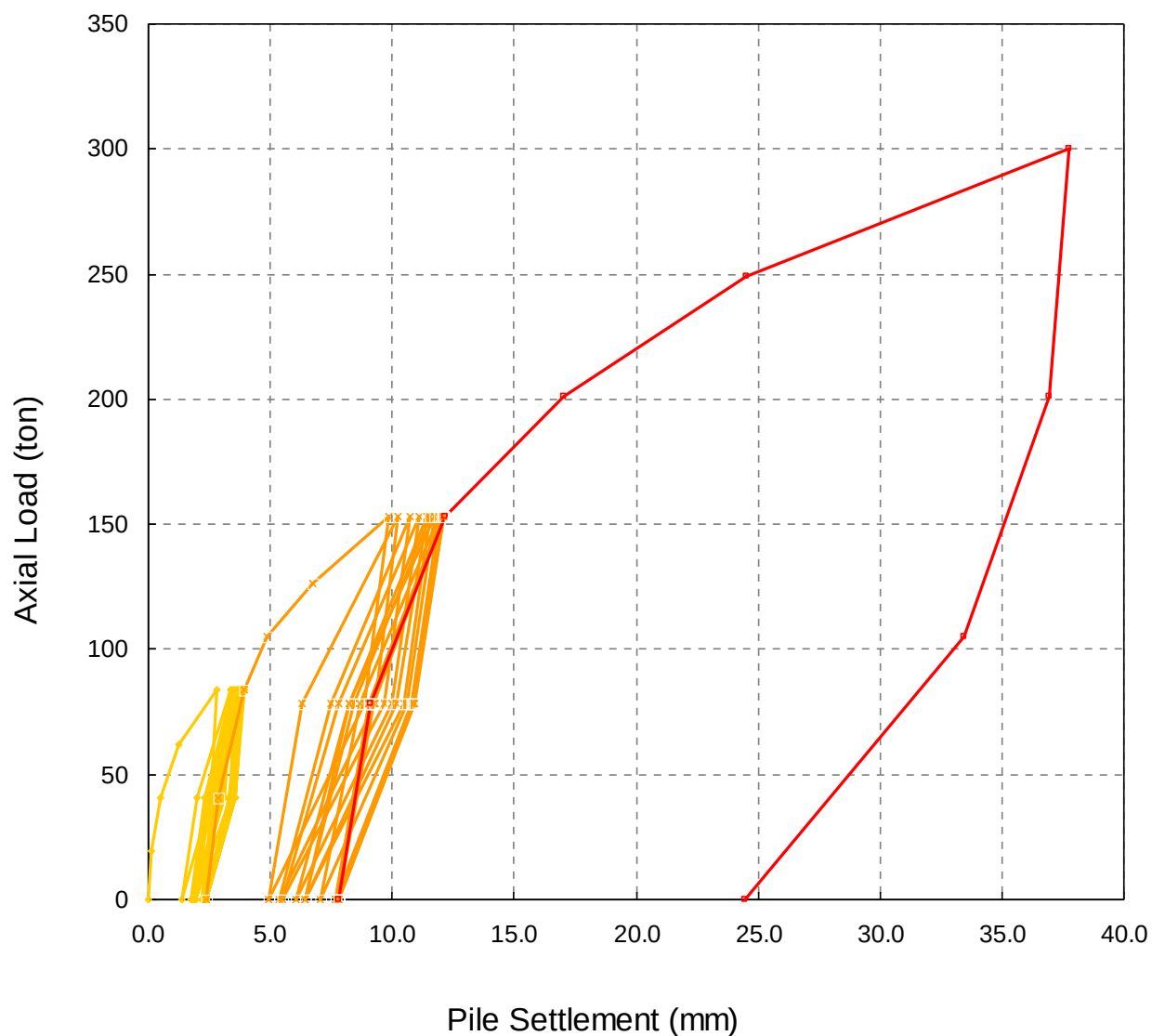
تاریخ خاتمه تست: ۱۴/۱۲/۸۵

Pile Type: Square Precast
Concrete

Dimensions: 40 x 40 cm

Embedment Depth: 8.3 m

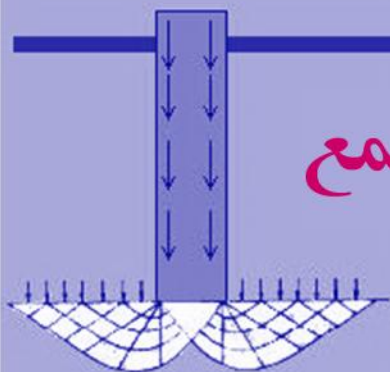
Axial Cyclic Load-Displacement Plot (TP2)



آزمایش بارگذاری
محوری سیکلیک:

مجتمع کارکنان شهرداری
(اهواز)

Pile Type: Square Precast
Concrete
Dimensions: 40 x 40 cm
Embedment Depth: 8.25 m



روشهای تفسیر نتایج آزمایش بارگذاری شمع

۱- روش حدی دیویسون Davisson Offset Limit

۲- روش Mazurkiewicz

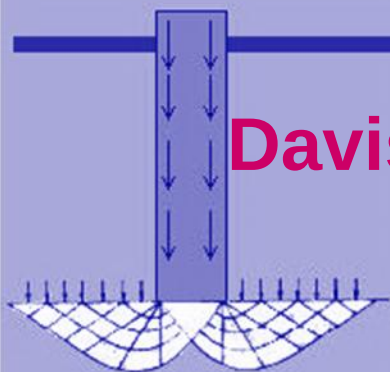
۳- روش Nordland Butler & Hoy

۴- روش برنیچ هنسن Hansen Brinch

۵- روش برون یابی چین-کوندر Failure Load Chin-Konder Extrapolation

۶- روش حدی دبیر DeBeer Yeild Limit

۷- روش انحناء ماکزیمم Maximum Curvature Point



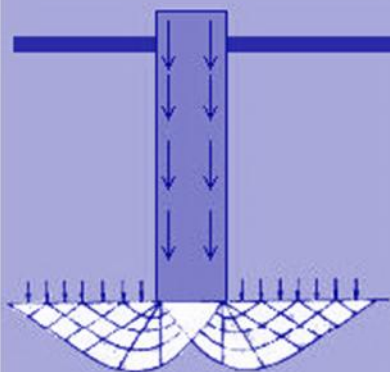
روش حدی دیویسون Davisson Offset Limit

Davisson, 1972

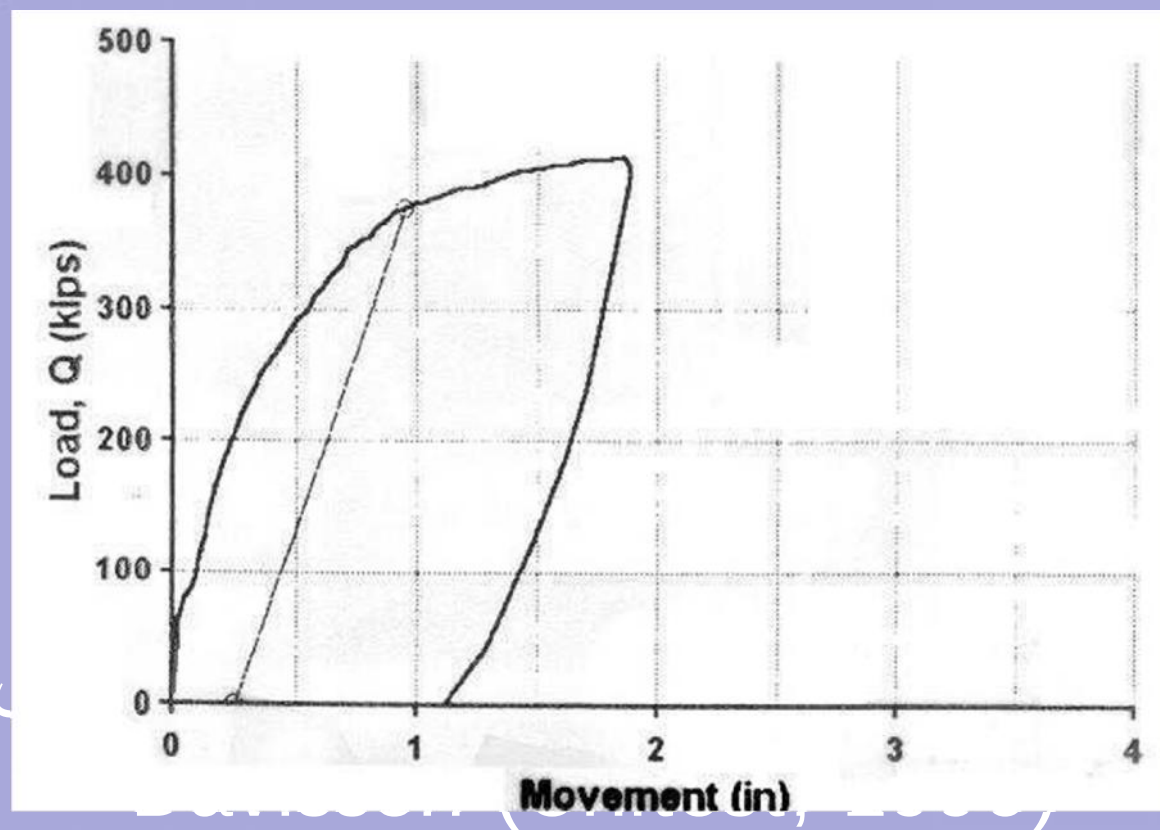
بار حدی به باری اطلاق می شود که جابجایی کل نظیر آن بار به میزان یک مقدار اضافی بیش از فشردگی الاستیکی شمع باشد.

$$Offset = 4 + \frac{b}{120}$$

b: قطر شمع بر حسب میلیمتر

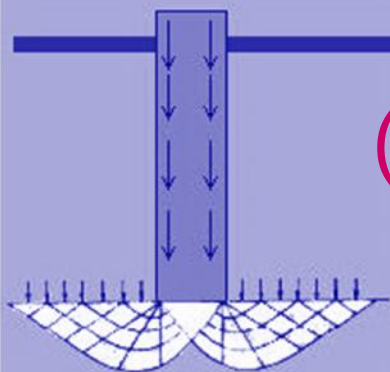


روش حدی دیویسون (ادامه...)

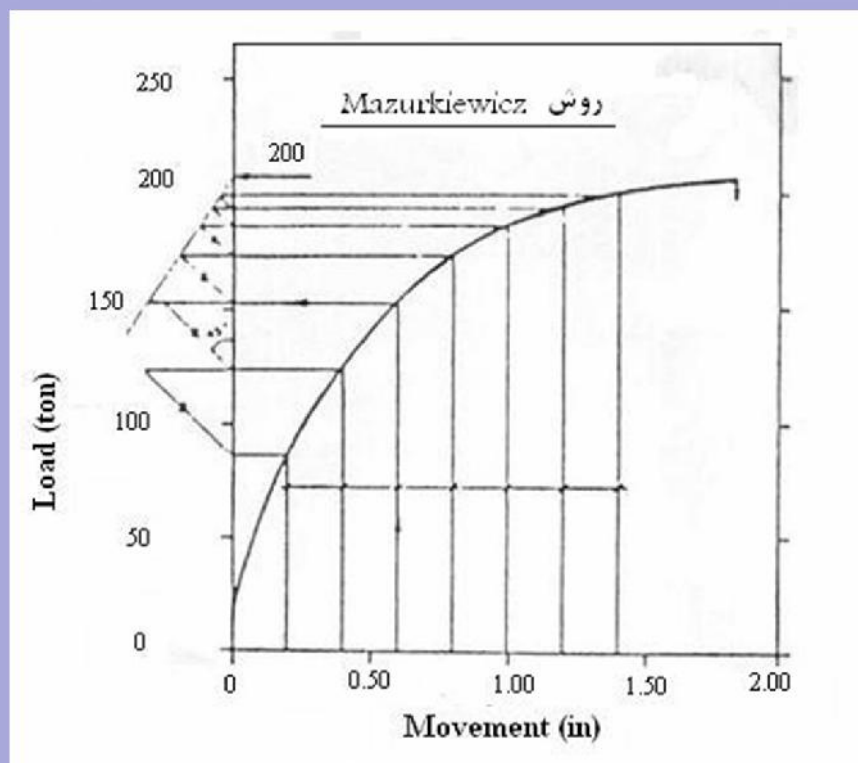


مثالی از تخمین بار نهایی شمع توسط روش

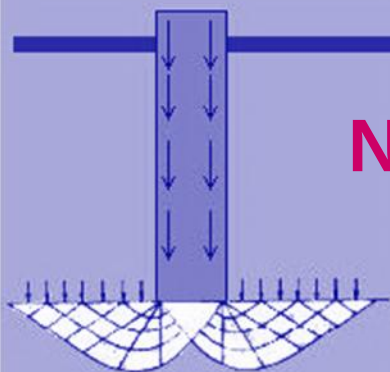
Davisson



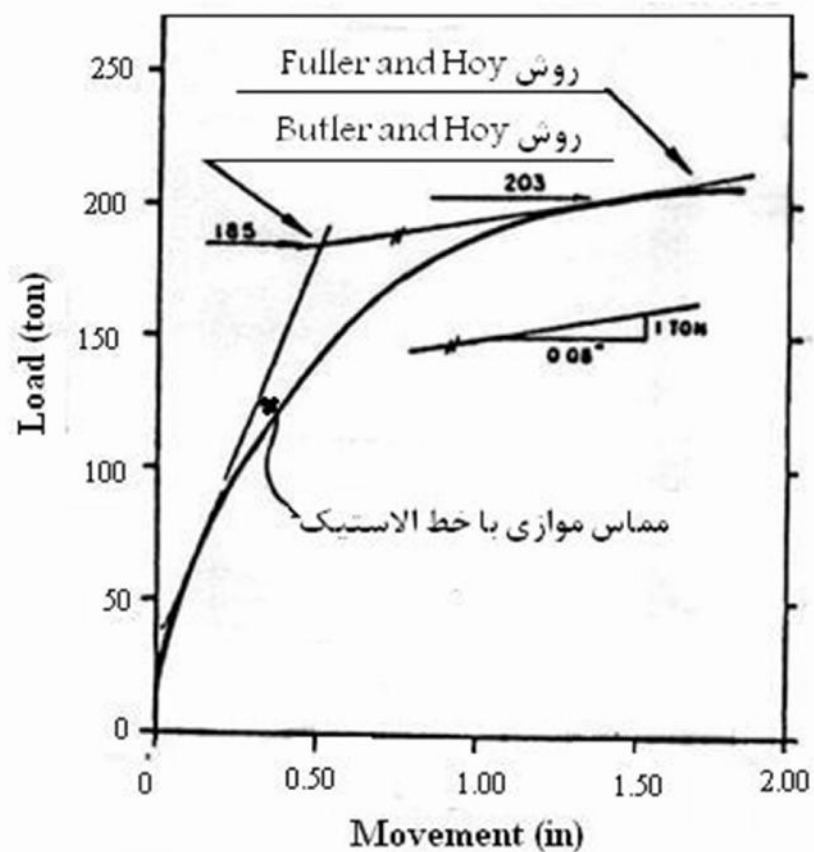
روش Mazurkiewicz, 1972 (ادامه....)



مثالی از تخمین بار نهایی شمع توسط روش
Mazurkiewicz



روش Nordland-Butler & Hoy, 1977



روشهای مختلف تعیین ظرفیت باربری □□□:

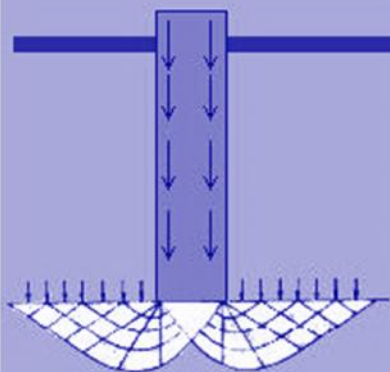
۱- روشهای تحلیل استاتیکی مبتنی بر پارامترهای مقاومت برشی
(c, f)

۲- کاربرد مستقیم نتایج آزمایشهای درجا: مانند SPT و CPT

۳- آزمایش بارگذاری استاتیکی

۴- روشهای دینامیکی:

- فرمولهای دینامیکی
- تحلیل معادله موج (WEAP)
- آزمایش دینامیک شمع (PDA)
- تحلیل انطباق موج (CAPWAP)
- مدل‌های محیط پیوسته (رویکرد پژوهشی)



فرمول های دینامیکی

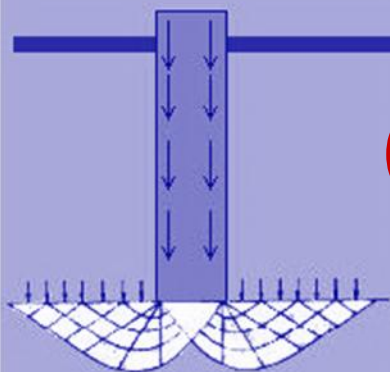
از روابط ضربه-ممنتیم بدست می آیند

برای استفاده از این فرمولها نیاز به وزن اجزای
کوبش، انرژی چکش، راندها، چکش، ضریب بازگشت
و مقدار نفوذ نوک شمع به ازای هر ضربه می باشد.

بطور مثال فرمول ENR:

$$P_u = \left(\frac{1.25e_h E_h}{s + C} \right) \left(\frac{W_r + n^2 W_p}{W_r + W_p} \right), C = 2.5\text{mm}$$

S مقدار نفوذ نوک شمع به ازای هر ضربه



روش تحلیل معادله موج (WEAP)

پس از اعمال ضربه چکش به شمع یک کرنش الاستیک در راس شمع ایجاد و به سمت پایین توسط معادله زیر انتشار می یابد:

$$\frac{d^2 D}{dt^2} = \frac{E}{r} \frac{d^2 D}{dX^2} \pm R$$

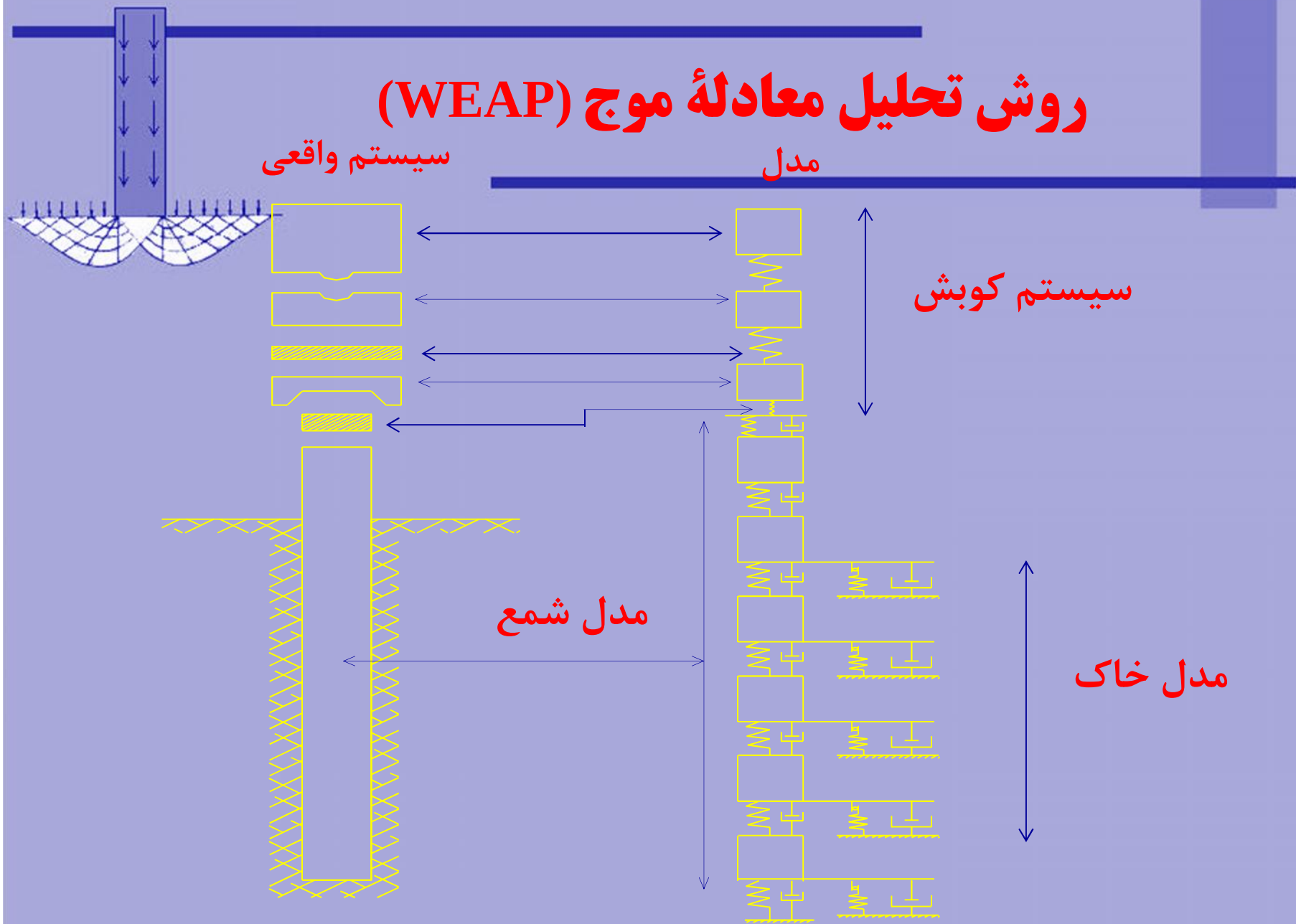
ρ = چگالی جرمی مصالح شمع

E = مدول یانگ مصالح شمع

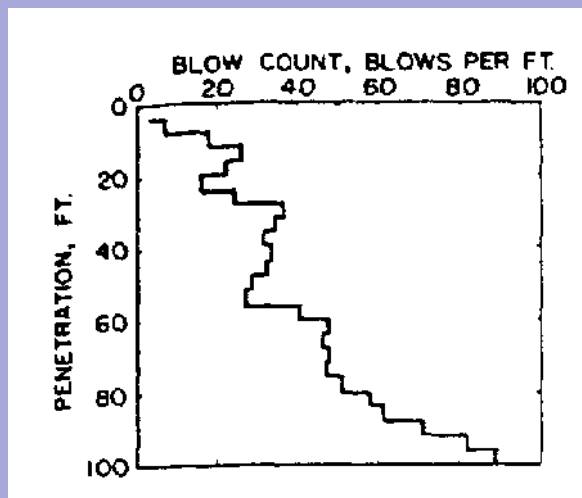
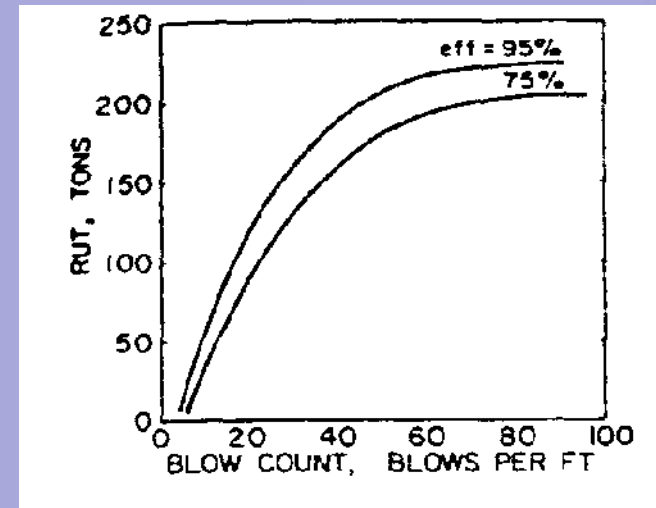
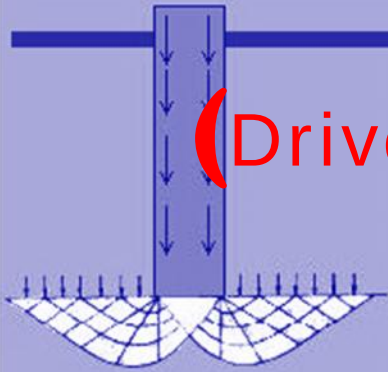
D = تغییر مکان شمع در جهت طولی

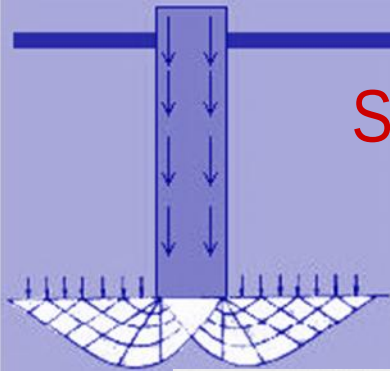
R = مقاومت خارجی در برابر حرکت شمع

روش تحلیل معادله موج (WEAP)

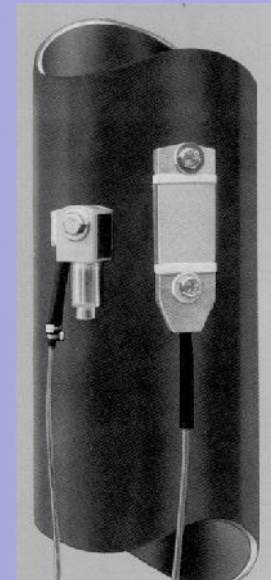
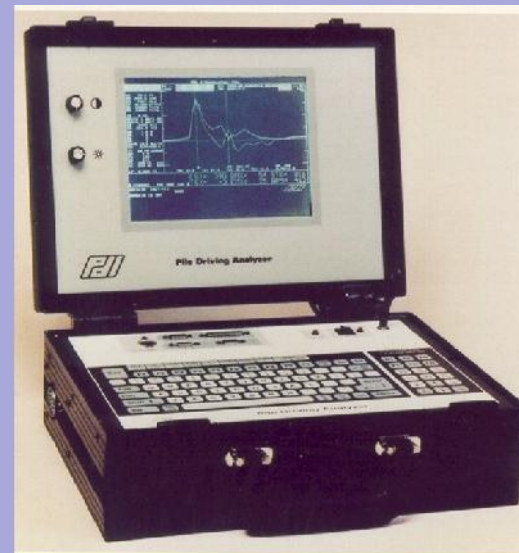
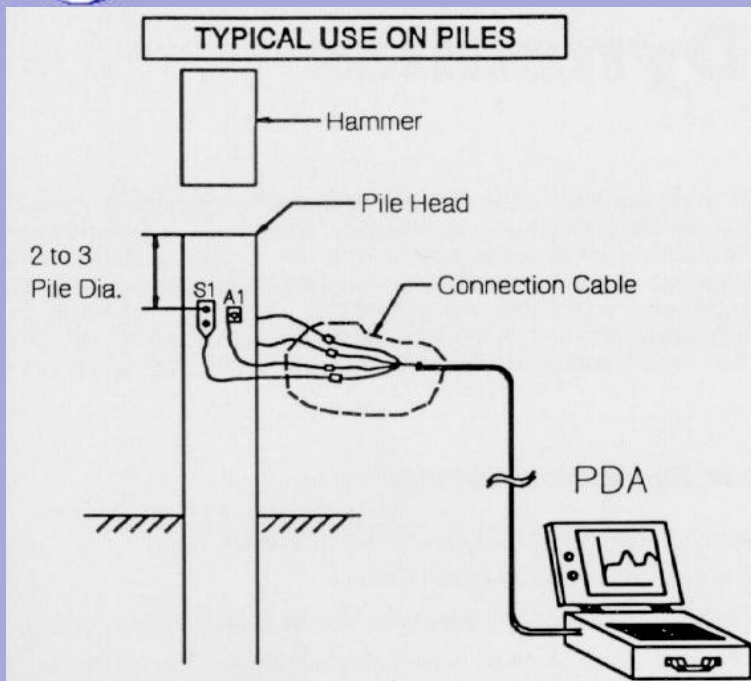


تحليل قابليت كوبش (Driveability Analysis)

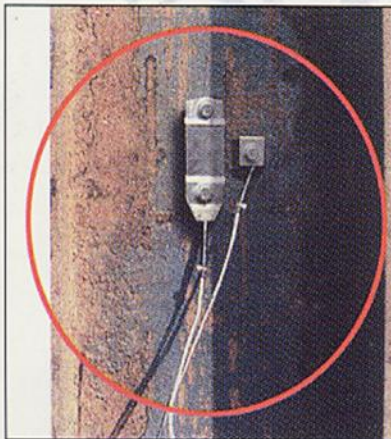
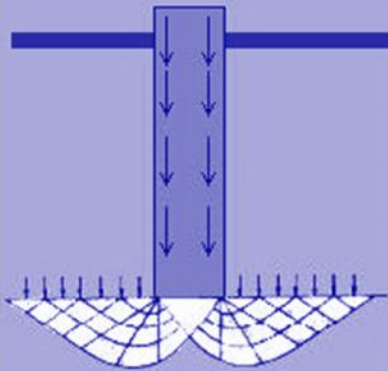




Schematic of PDA testing system, PDA unit, transducer set-up



تجهيزات تحليل گر شمع کوبی

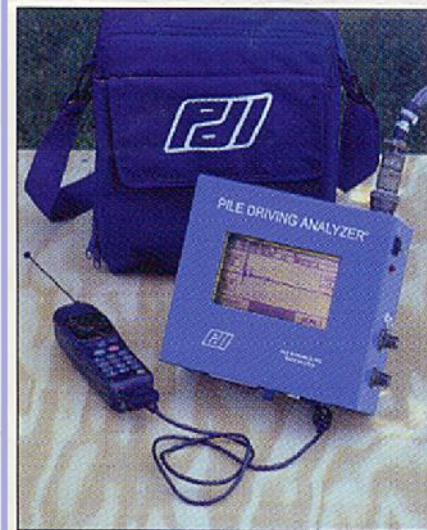
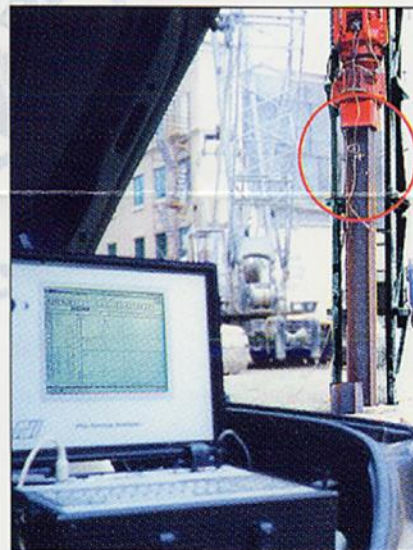


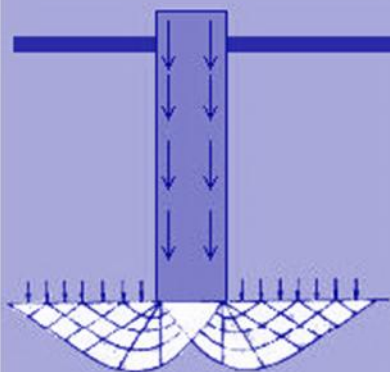
Accelerometers and strain transducers are attached to a foundation shaft . . .

. . . and connected by cable to the PDA.

of strain-data acquisition are essential for large-diameter drilled shafts and spiral-welded pipe or where measurements are required at two different locations along the length of the pile.

The PAK is the only PDA with the capability of monitoring pile installation with a vibratory hammer.

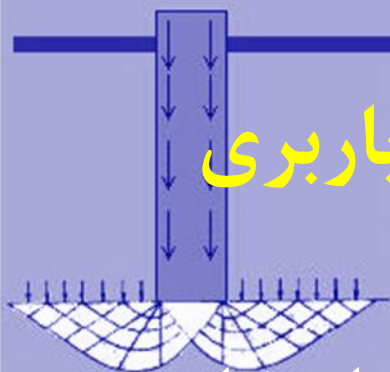




آزمایش دینامیک شمع - خروجی

با استفاده از سیستم تحلیل گر شمع کوبی که مقادیر نیرو و سرعت در نزدیکی راس شمع را نسبت به زمان اندازه گیری می نماید، می توان اطلاعات زیر را بدست آورد:

- ۱- استفاده از روش Case جهت تعیین ظرفیت باربری
- ۲- عملکرد شمع کوب و میزان انرژی انتقال یافته به شمع
- ۳- تعیین تنشهای ایجاد شده در شمع حین کوبش
- ۴- کنترل سلامت و آسیب دیدگی شمع حین کوبش
- ۵- پارامترهای ورودی تحلیل معادله موج



استفاده از روش Case برای تعیین ظرفیت باربری

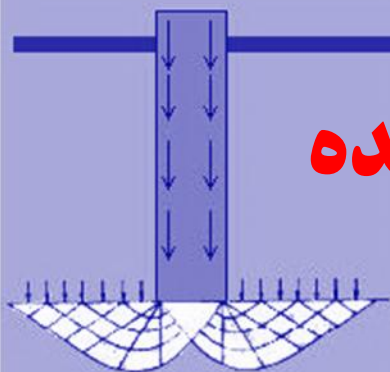
تحلیل گر شمع کوبی با استفاده از حل به روش بسته انتشار یک بعدی موج، مقاومت‌های کل استاتیکی و دینامیکی در برابر کوبش را محاسبه می‌کند. محاسبه این مقادیر توسط روش Case مطابق رابطه زیر صورت می‌گیرد:

$$RTL = \frac{1}{2}(FT1 + FT2) + \frac{1}{2}(VT1 - VT2) \frac{MC}{L}$$

مقاومت استاتیکی + دینامیکی

$$RSP = RTL - J_c \left[VT1 \left(\frac{MC}{L} \right) + FT1 - RTL \right]$$

مقاومت استاتیکی



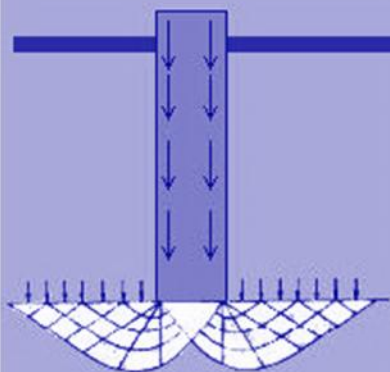
موجهای نیروی بالا رونده و پایین رونده

موج نیروی پائین رونده: برای محاسبه حداقل نیروی فشاری رو به پائین که برای خنثی کردن نیروهای کششی در دسترس است، کاربرد دارد.

$$WaveDown = \frac{1}{2} \left[F(t) + V(t) \left(\frac{MC}{L} \right) \right]$$

نیروی موج بالارونده: برای تعیین توزیع مقاومت خاک و همچنین تعیین حداکثر نیروی کششی بالارونده مورد استفاده قرار می گیرد.

$$WaveUp = \frac{1}{2} \left[F(t) - V(t) \left(\frac{MC}{L} \right) \right]$$



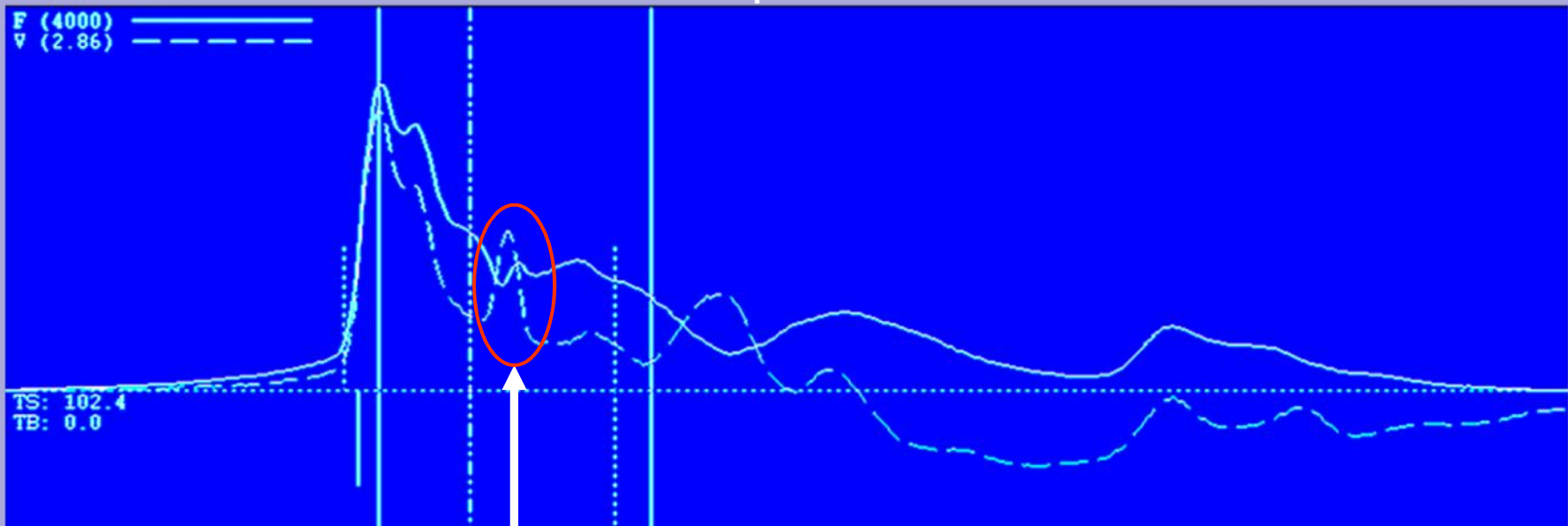
تعیین تنش‌های ایجاد شده در شمع

تنش‌های فشاری: مستقیماً توسط کرنش سنج‌های نصب شده در نزدیکی رأس شمع اندازه‌گیری می‌شوند. اما به منظور تعیین محل حداکثر تنش بهتر است از تحلیل انطباق سیگنال یا تحلیل معادله موج استفاده نمود.

تنش‌های کششی: تنش‌های کششی مستقیماً اندازه‌گیری نمی‌شوند، بلکه توسط موجهای پائین رونده و بالارونده محاسبه می‌گردند.

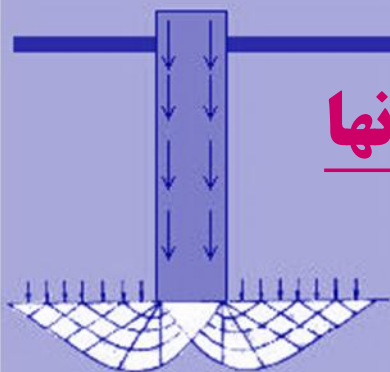
آسیب دیدگی شمع و ارزیابی پیوستگی آن

$$L_p = 26 \text{ m}$$



$$\frac{2L}{C}$$

$$\beta = \underline{51@13.2} \text{ m}$$



معرفی آزمایش‌های دینامیکی شمع و تحلیل آنها

۱- فرمول‌های دینامیکی

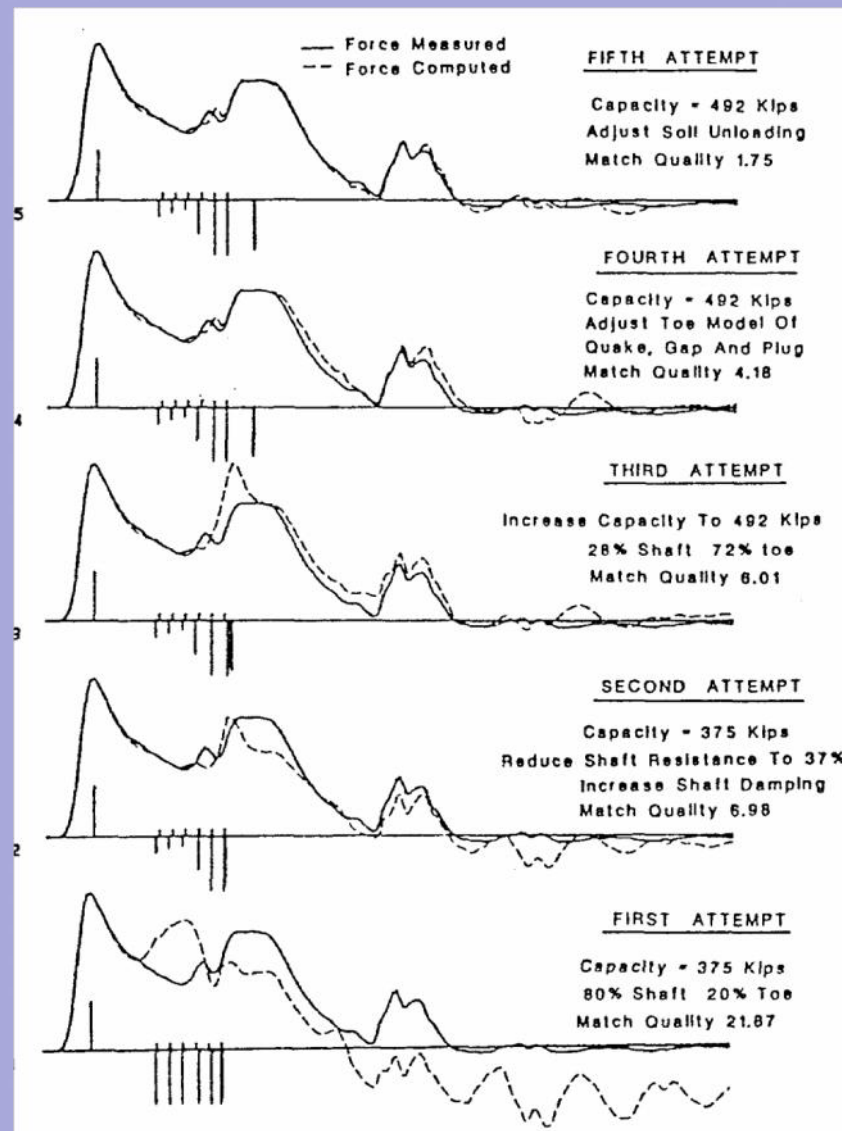
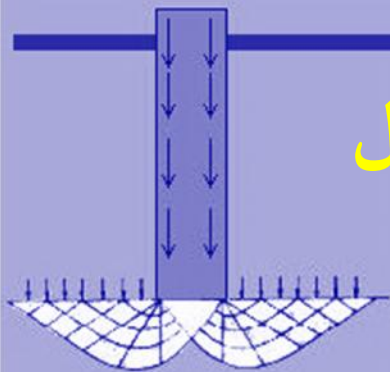
۲- روش تحلیل معادله موج (WEAP)

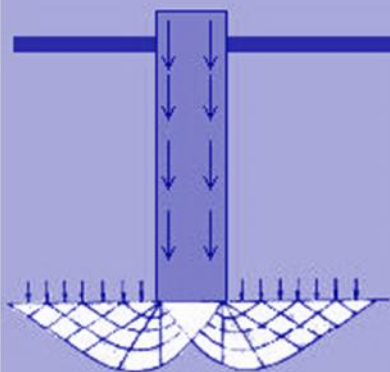
۳- آزمایش دینامیک شمع (PDA)

۴- تحلیل انطباق سیگنال (CAPWAP)

۶- آزمایش یکپارچگی شمع (PIT)

فرآیند سعی و خطا در تحلیل انطباق سیگنال



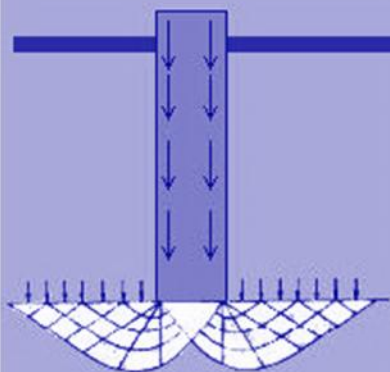


آزمایش دینامیک شمع

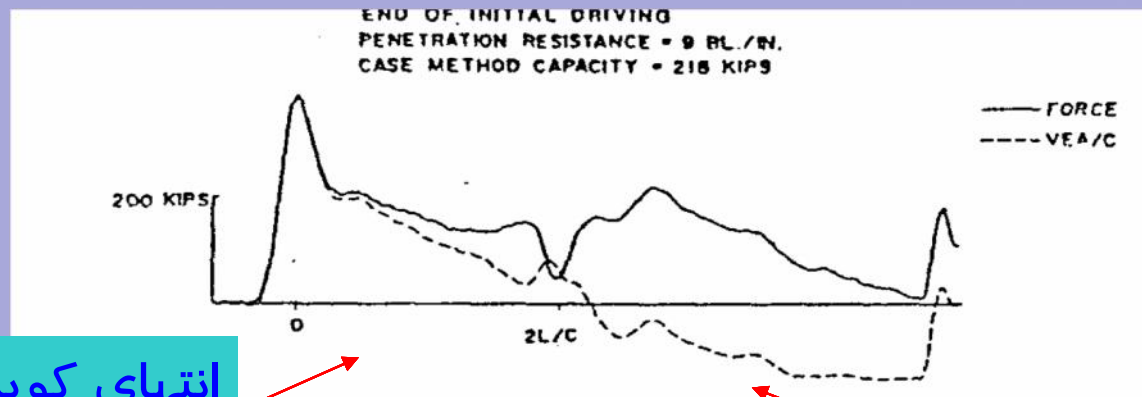
دو یا چند نوبت آزمایش دینامیک برای تعیین ظرفیت
باربری شمع انجام می شود:

- تست در انتهای کوبش اولیه (EOID)

- تست در ابتدای کوبش مجدد (BOR)



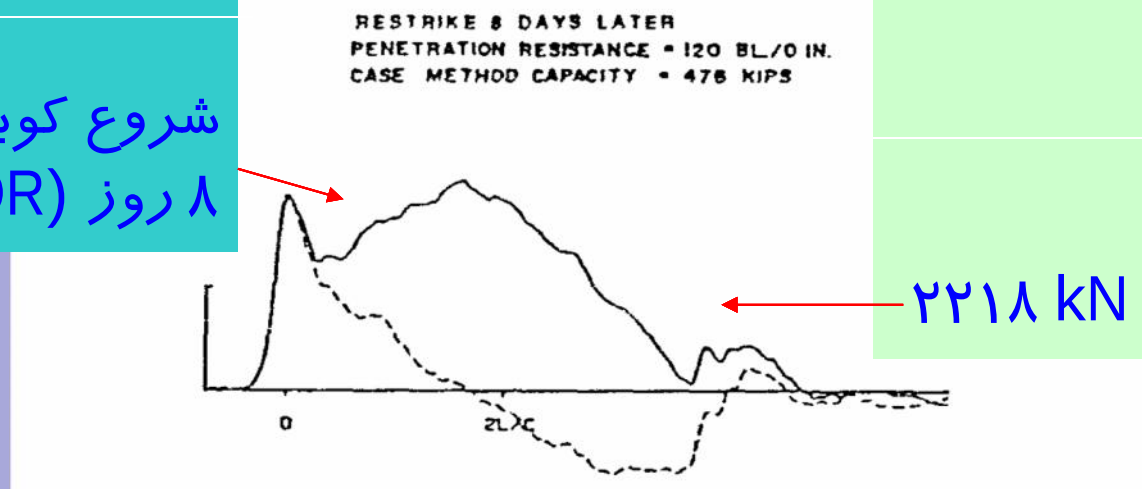
گیرش خاک (Soil Set up)



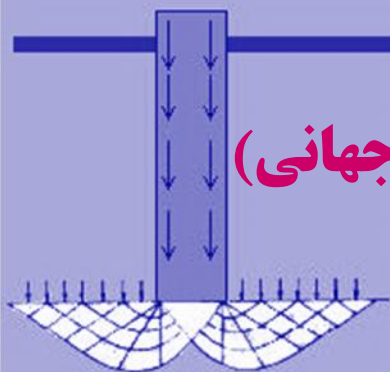
انتهای کوبش اولیه (EOID)

ظرفیت باربری ۹۷۰ kN

شروع کوبش مجدد پس از
۸ روز (BOR)



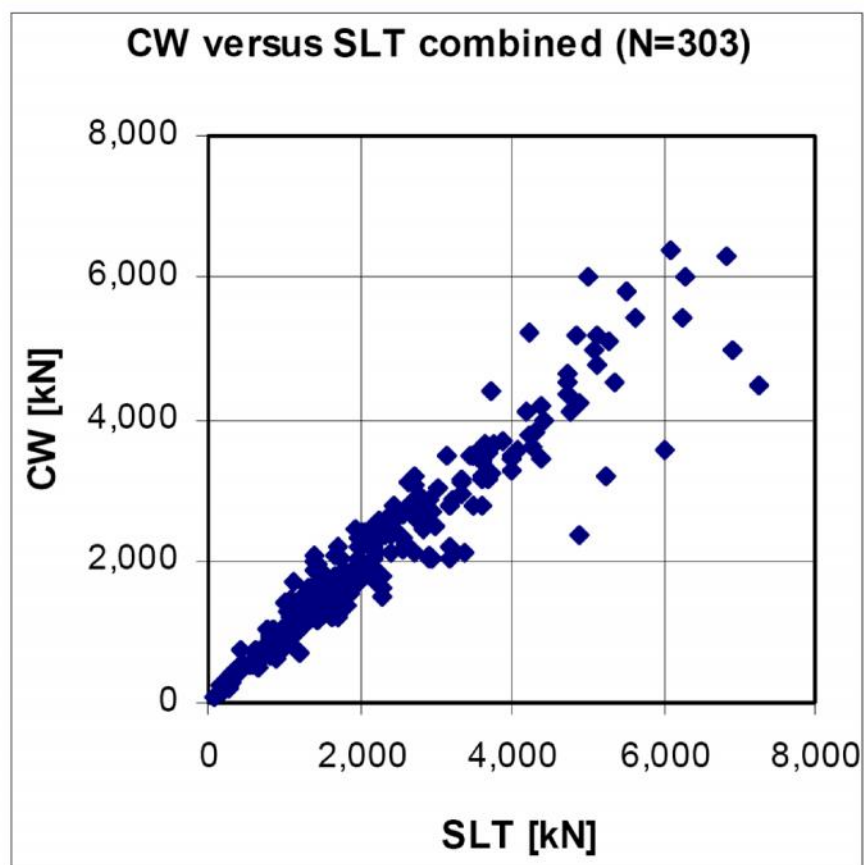
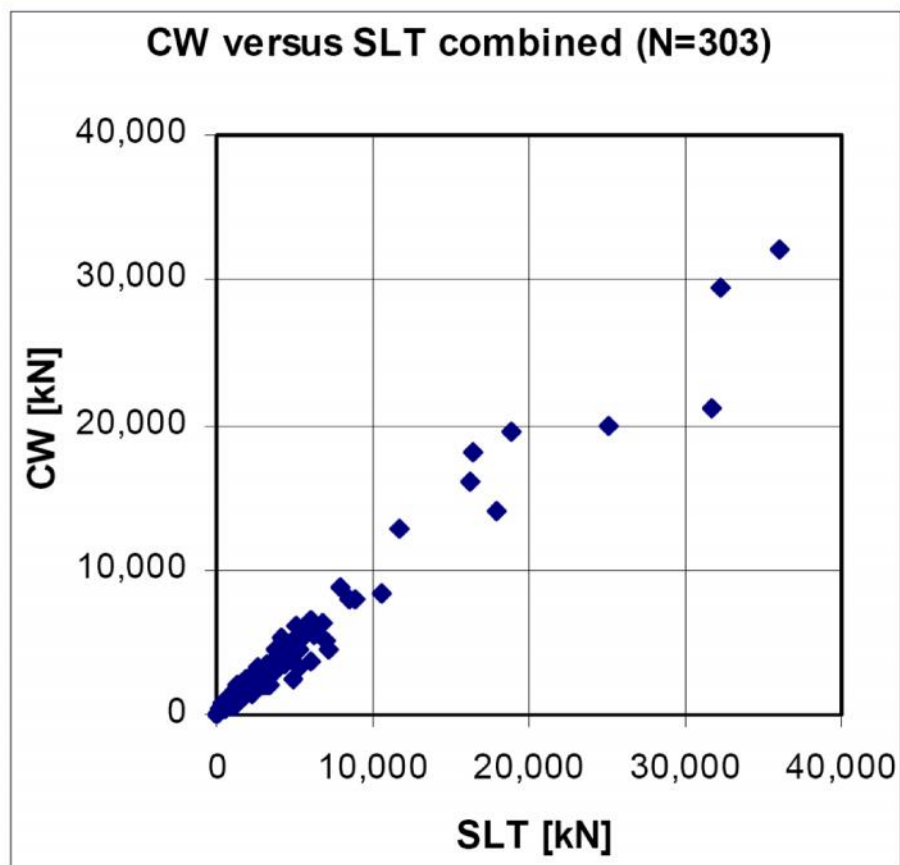
ظرفیت باربری ۲۲۱۸ kN

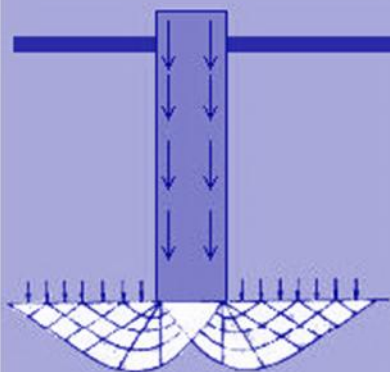


مقایسه تست‌های استاتیک و دینامیک (اطلاعات جهانی)

مقایسه تست استاتیک و تحلیل CAPWAP

Likins and Rausche (2004)



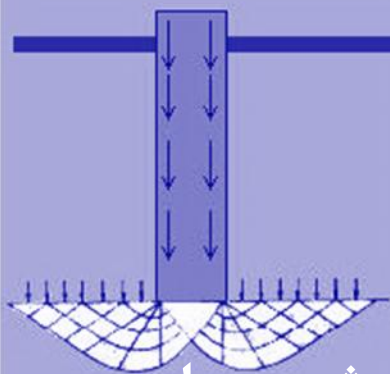


نتایج یک مقایسه موردی

فخاریان و حسینزاده عطار (۱۳۸۹)

ظرفیت باربری یک شمع بتنی پیش تنیده توخالی نوک بسته با قطر خارجی 450 میلی متر و طول ۱۵.۶ متر را با روشهای مختلف مقایسه کردند.

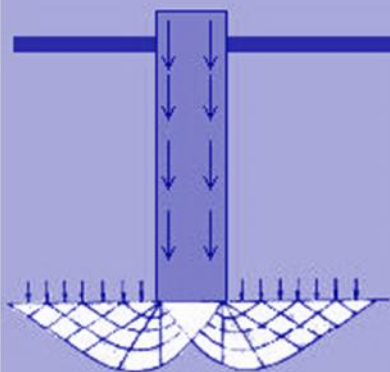
روش تعیین ظرفیت باربری شمع	تحلیل استاتیکی (CFEM-2006)	استفاده از نتایج SPT (Aoki and Vellosos, 1975)	آزمایش استاتیک شمع	آزمایش دینامیک شمع (PDA)
ظرفیت نهایی (kN)	۱,۴۴۶	۱,۶۱۷	۲,۵۰۰	۲,۵۷۶



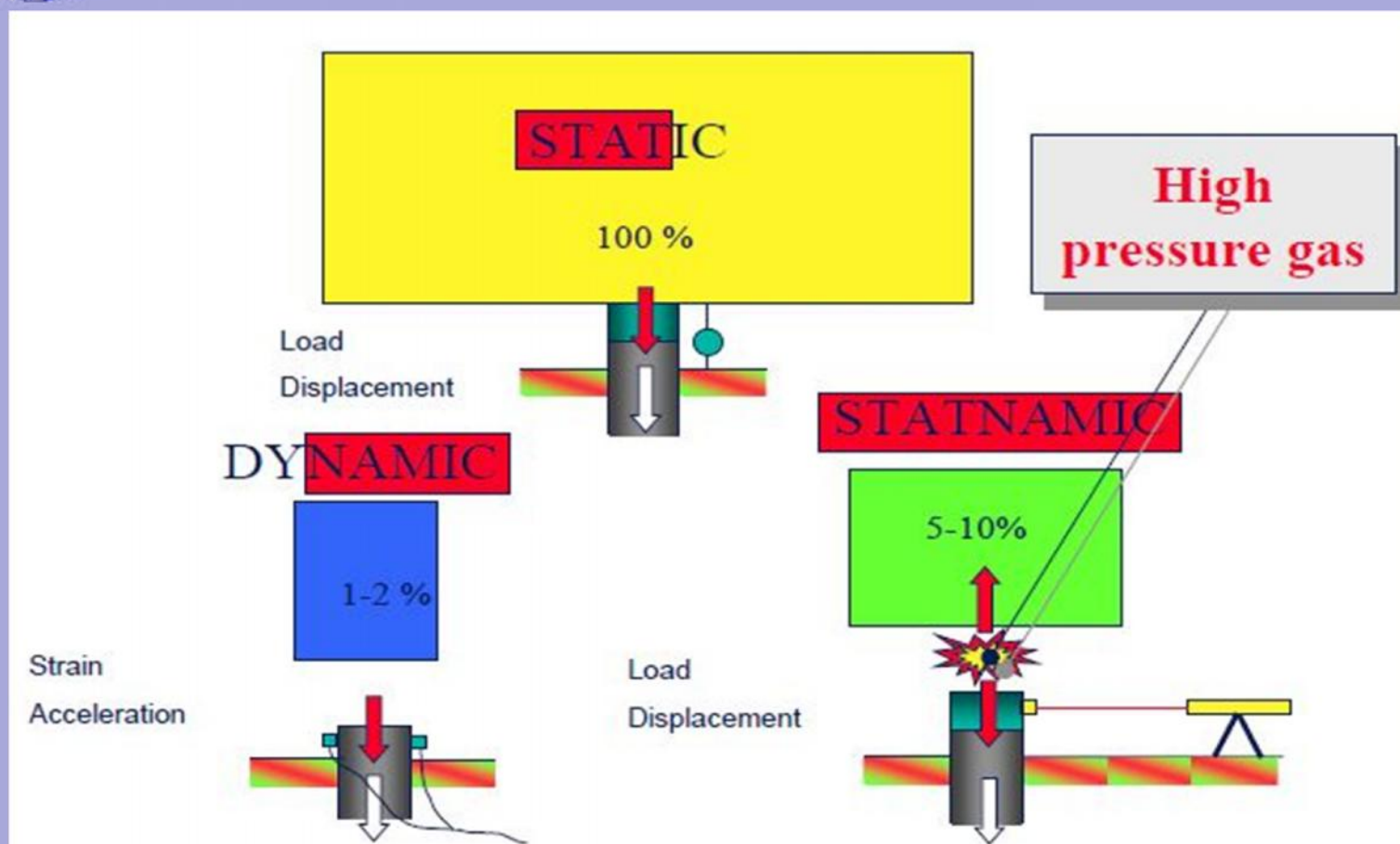
آزمایش بارگذاری سریع (RLT)

در سال ۱۹۸۶ مهندسين به دنبال روشی برای بارگذاری شمع‌ها بودند، که مزایای دو روش مذکور را توأمان داشته باشد. تلاش‌های آنها به معرفی روش بارگذاری سریع (Rapid Load Test) انجامید.

این روش در کشورهایایی مثل کانادا، آمریکا، ژاپن، آلمان، کره، چین و ... مورد استفاده قرار گرفته است.



روش های بارگذاری شمع



روش های بارگذاری شمع

Static Load Test (SLT)

Mass
 m

Load
 $F = m \cdot g$

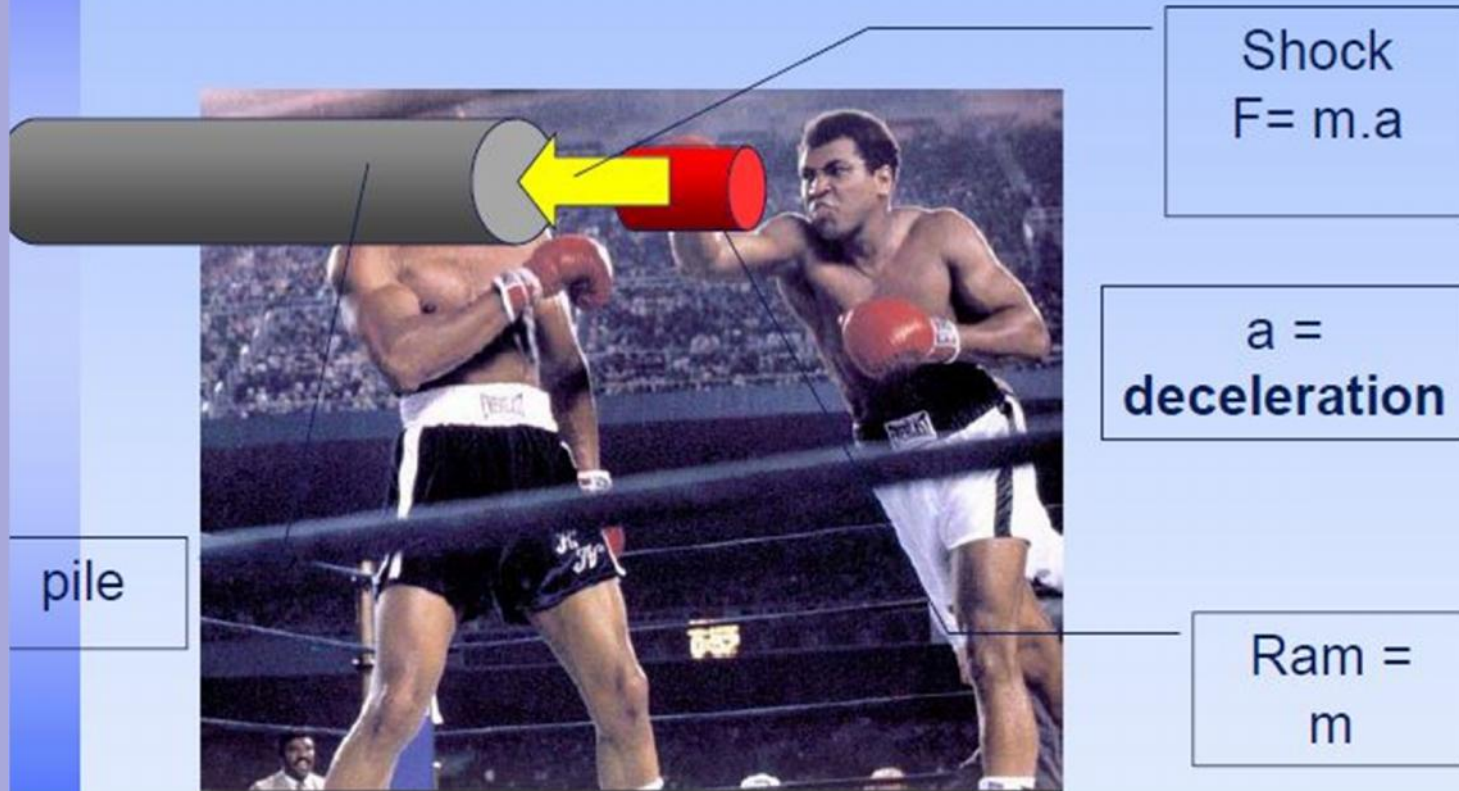
g = gravitational
acceleration



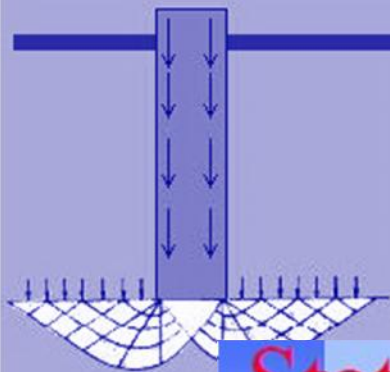
Pile

روش های بارگذاری شمع

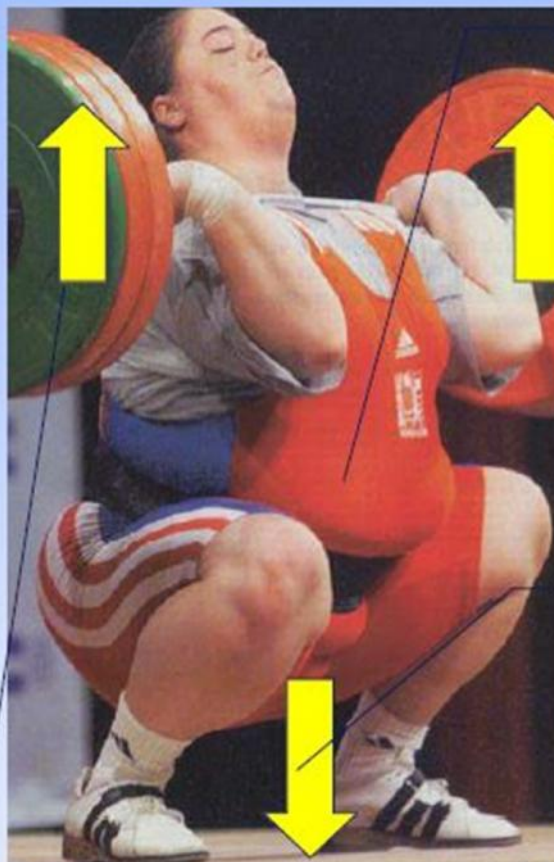
Dynamic Load Test (DLT)



روش های بارگذاری شمع



Statnamic Load Test (STN)



Gas pressure chamber with fuel

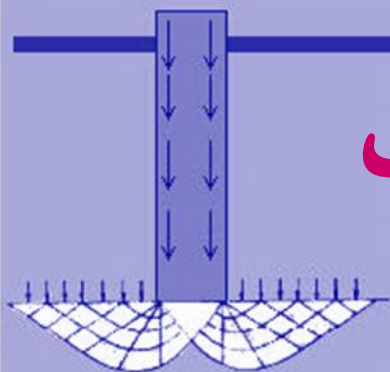
$a \sim 20 \text{ g}$

$m_{\text{stn}} = 1/20 m_{\text{slt}}$

$m \cdot a = F$

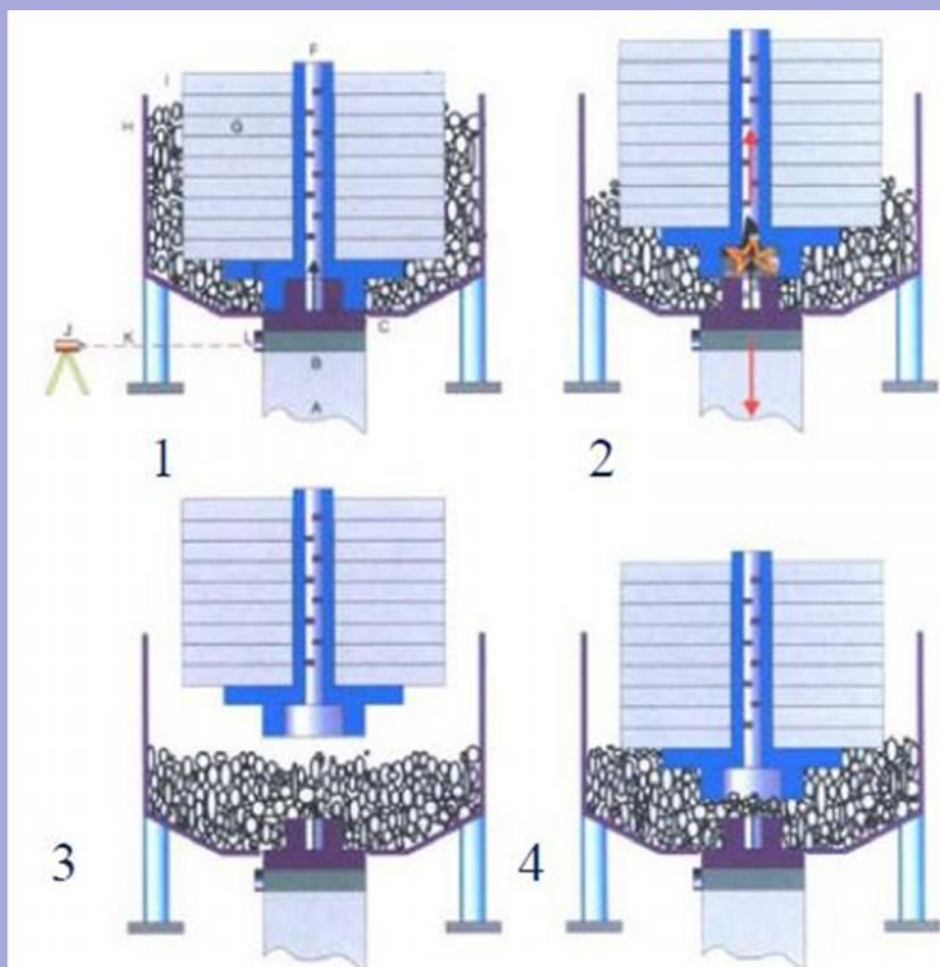
Pile

Reaction mass
 m



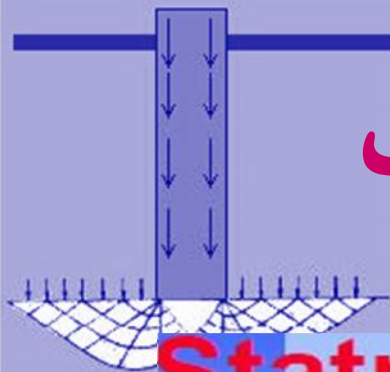
روش STN با استفاده از محفظه شنی

۰,۵ تا ۲ شمع در روز و تا بیش از 30 MN نیرو



- A = Pile
- B = Load cell
- C = Cylinder
- D = Piston with chamber
- E = Platform
- F = Silencer
- G = Reaction mass
- H = Gravel Container
- I = Gravel
- J = Laser
- K = Laser beam
- L = Laser sensor

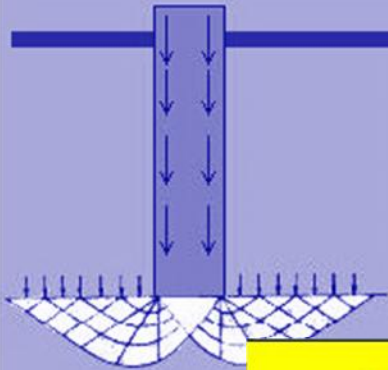
روش STN با استفاده از محفظه شنی



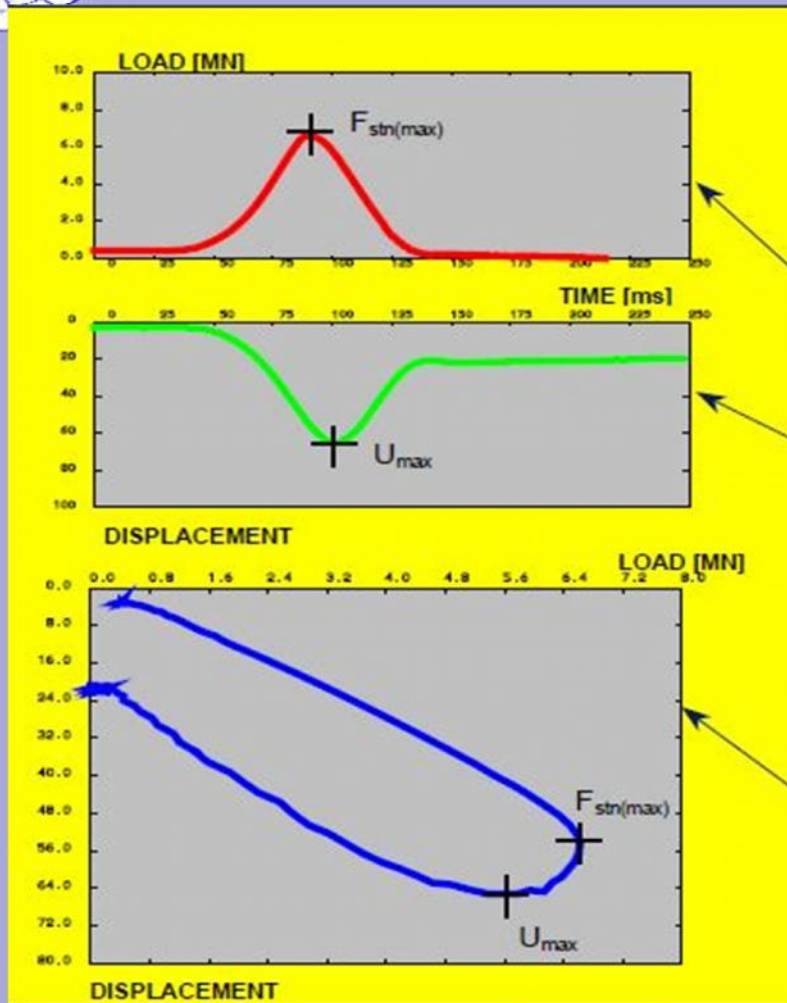
Statnamic Test Taipei 20 MN



روش STN



Statnamic signals



From load cell

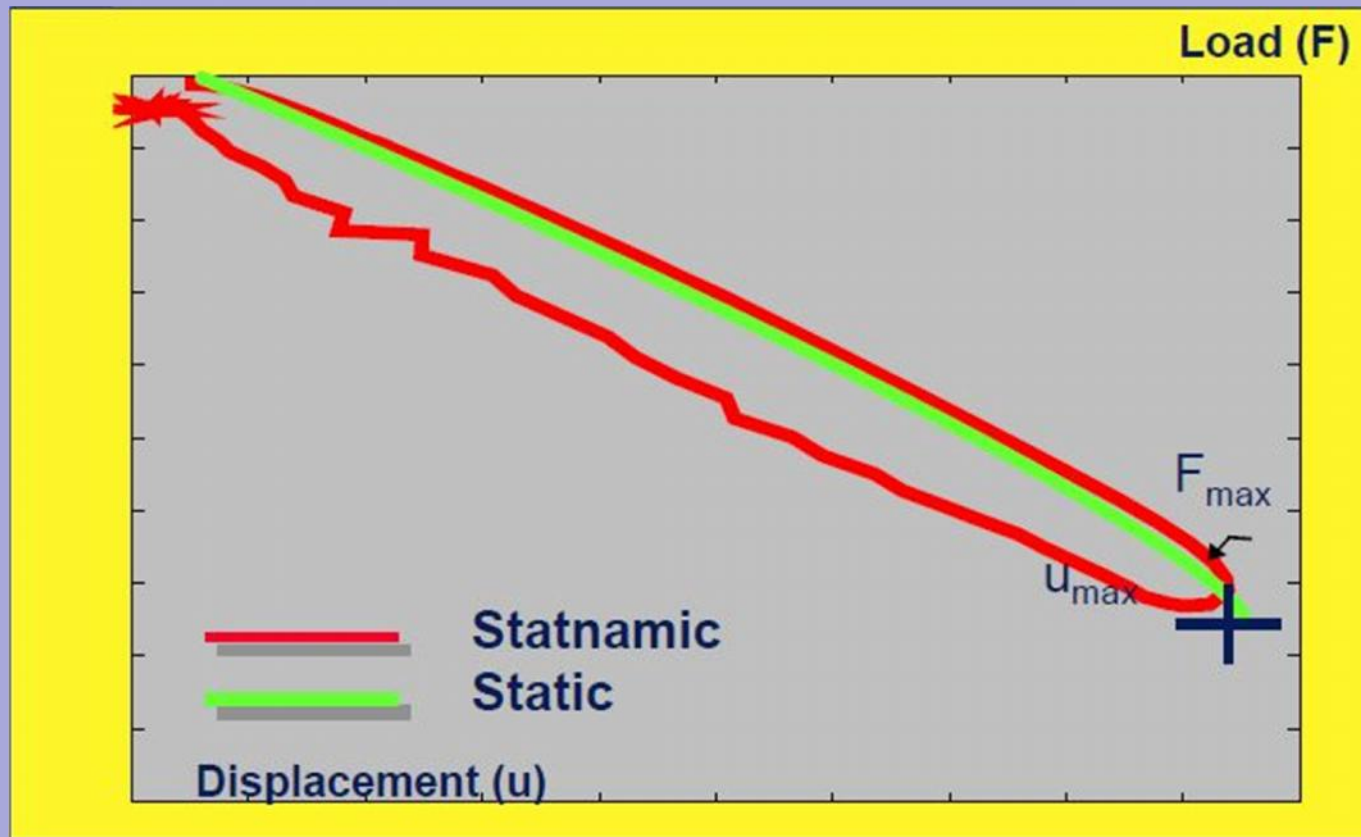
From laser sensor

Load displacement
diagram

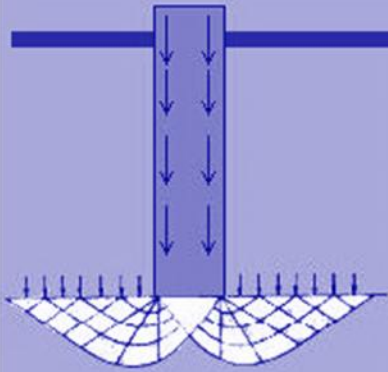


روش STN

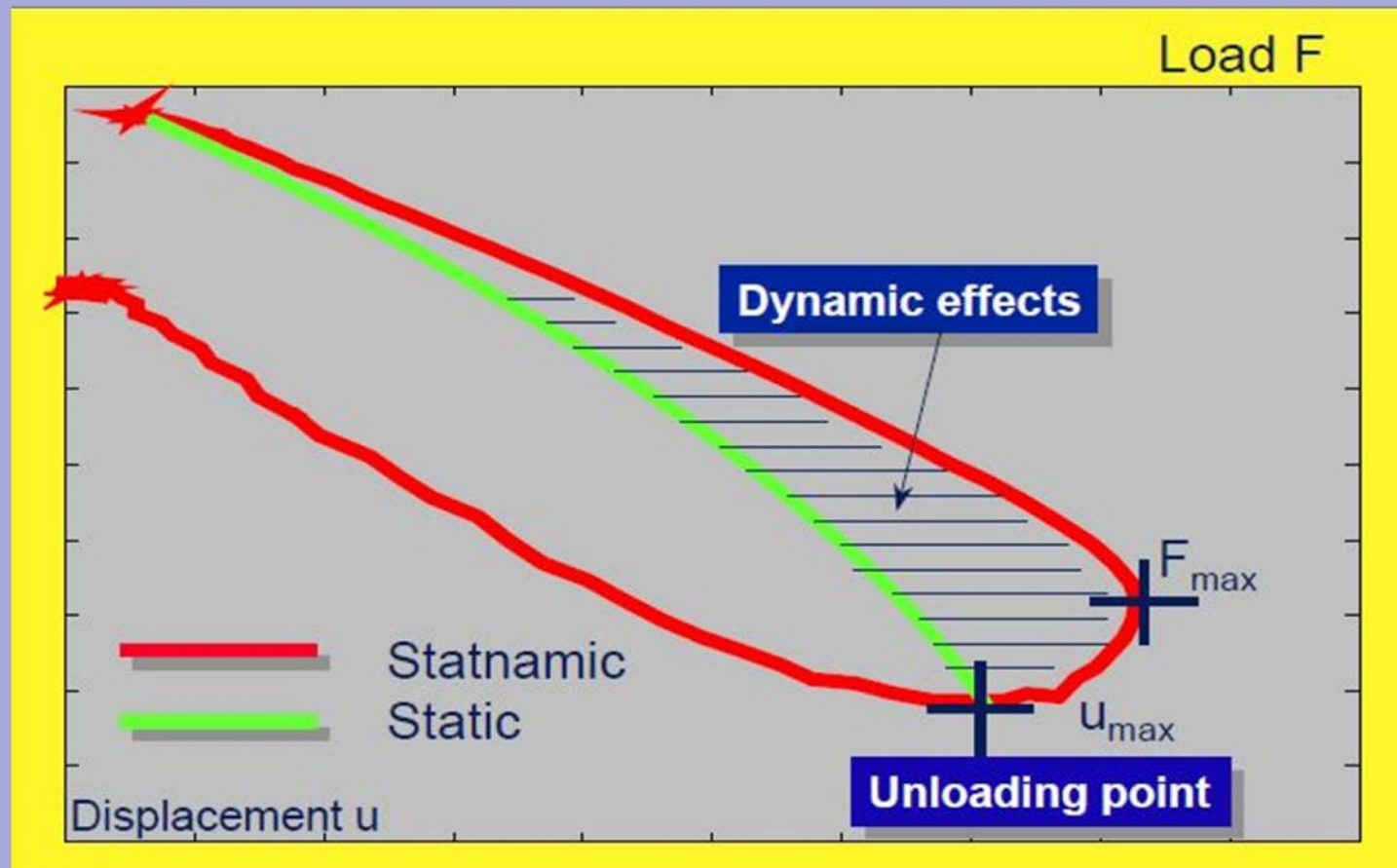
نتایج روش در خاک های سخت و سنگ

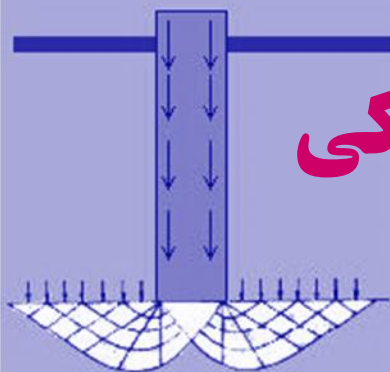


روش STN



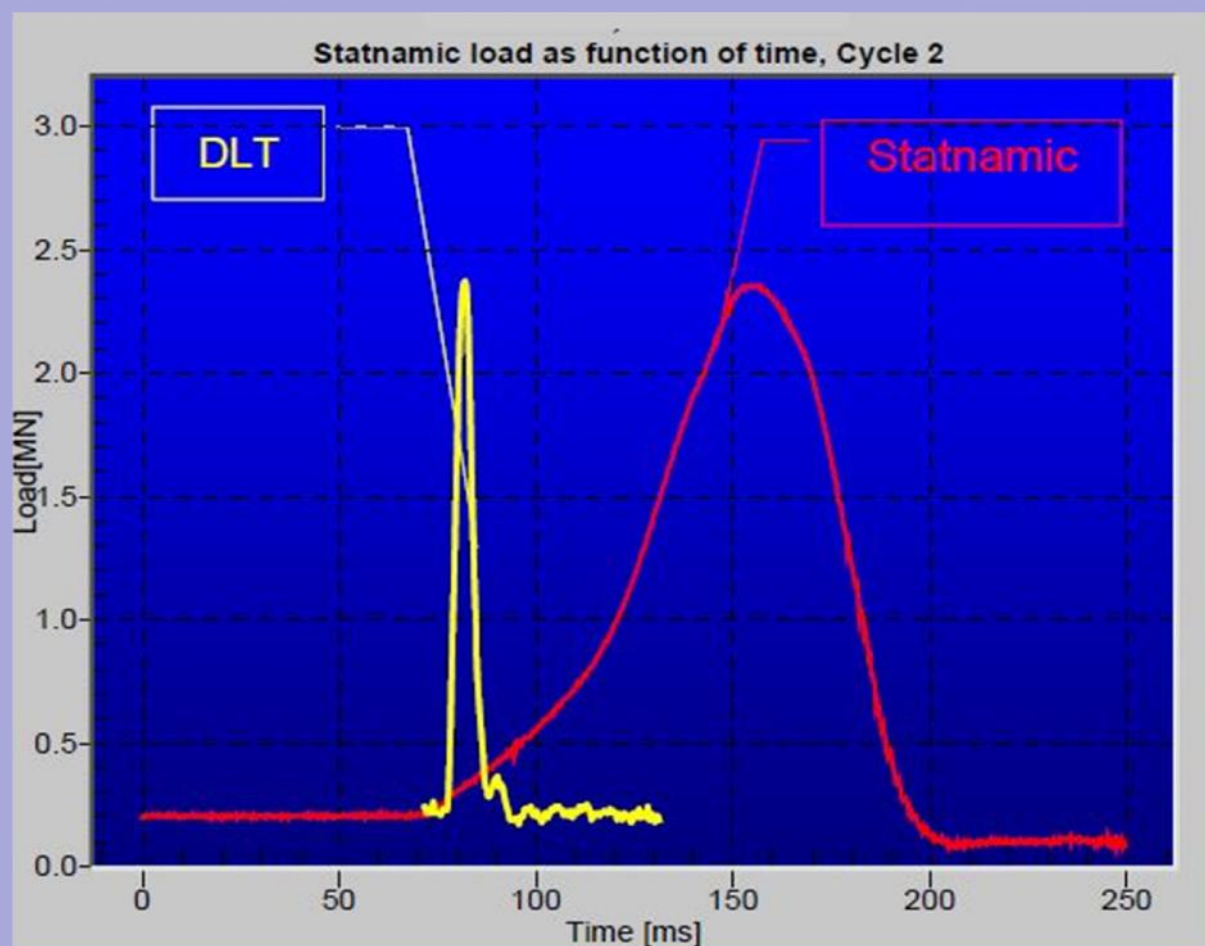
نتایج روش در خاک های نرم

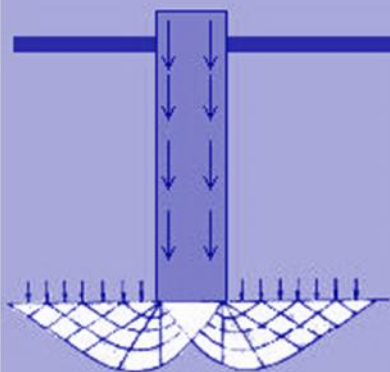




مقایسه روش STN و بارگذاری دینامیکی

مقایسه بار وارده در دو آزمایش

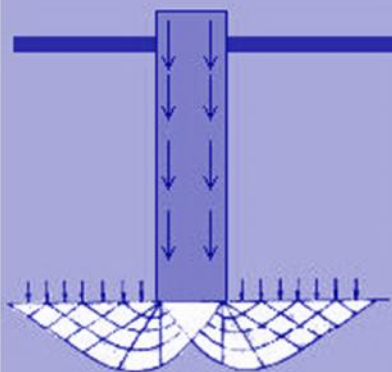




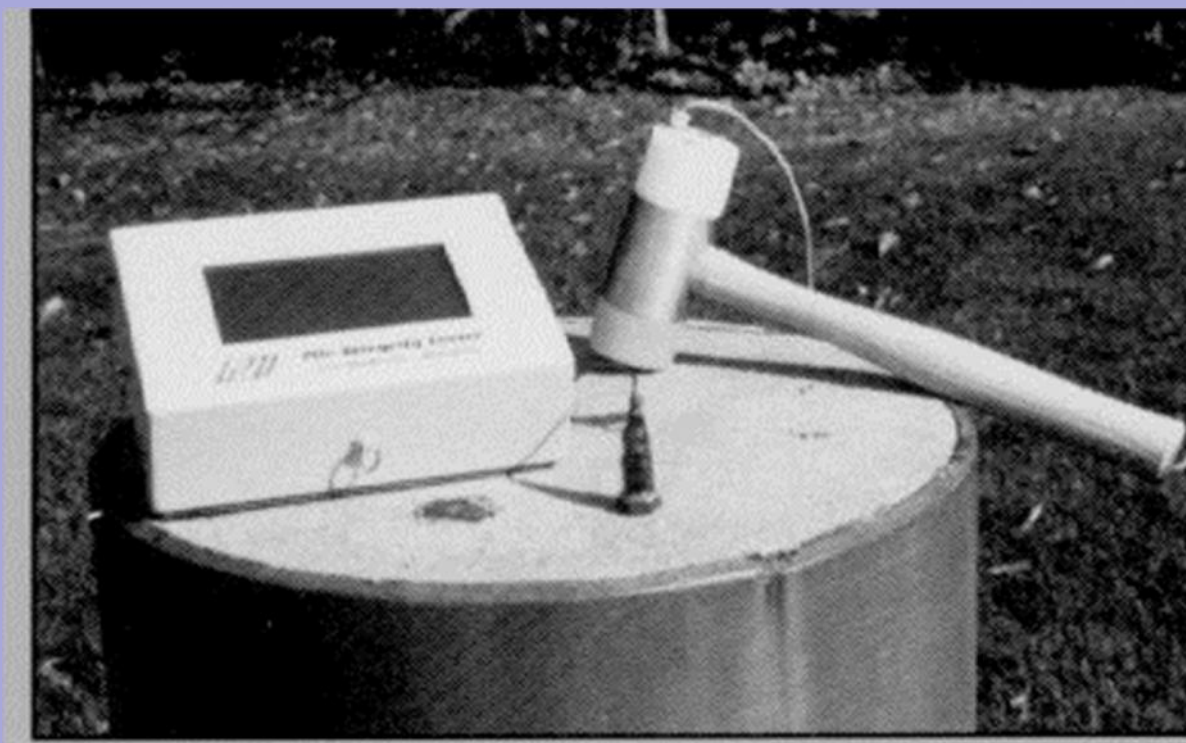
آزمایش یکپارچگی شمع (PIT)

Pile Integrity Test

آزمایش یکپارچگی شمع یک روش موثر در ارزیابی سلامت و تعیین محل آسیب دیدگی شمع‌های بتنی درجا و کوبیدنی

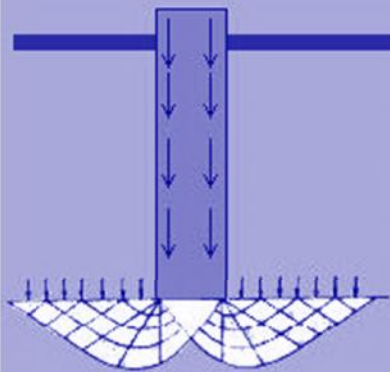


آزمایش یکپارچگی شمع (PIT)



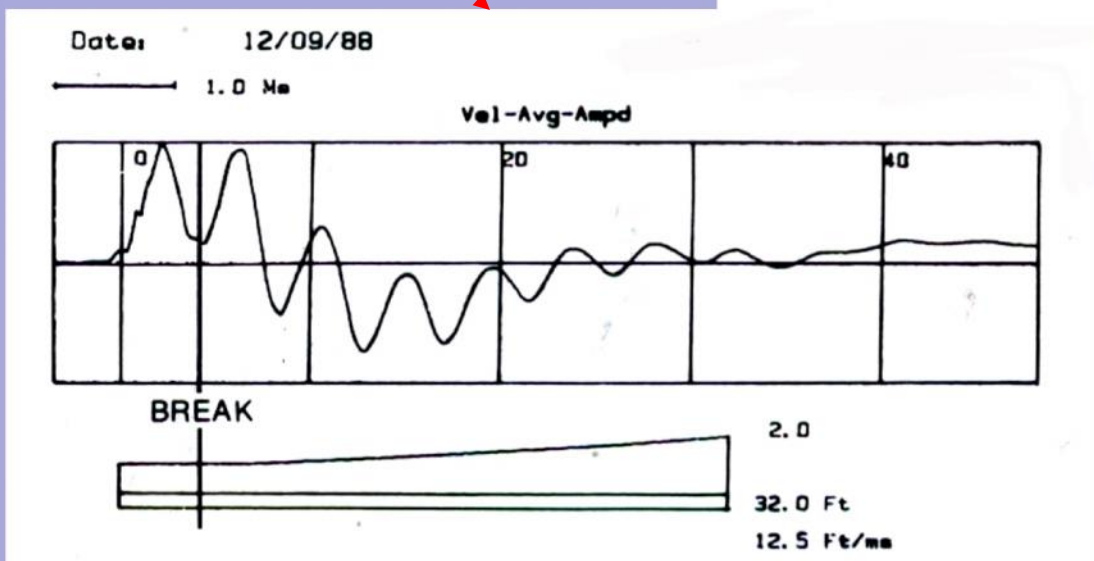
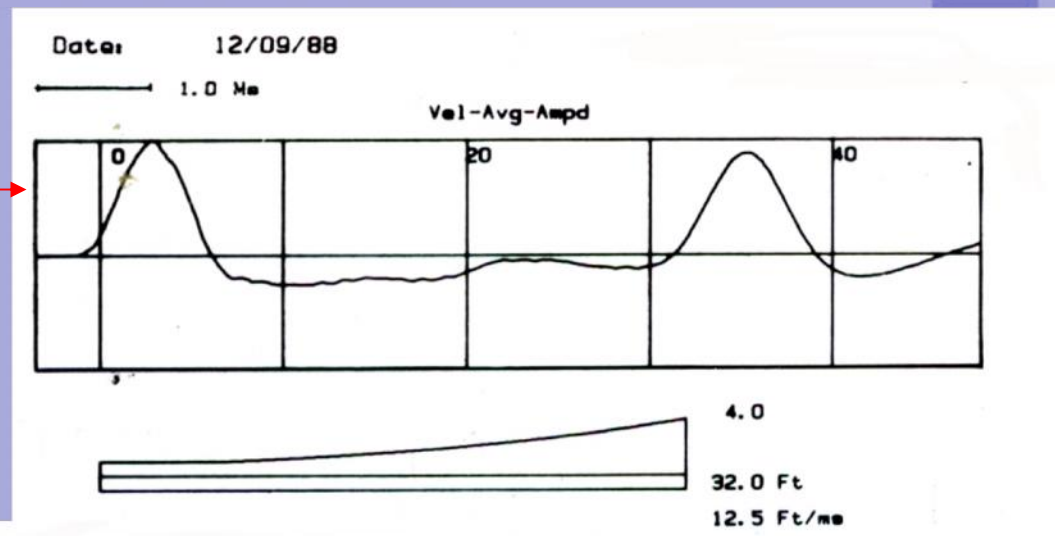
شماتیک ابزار مورد نیاز جهت انجام آزمایش یکپارچگی شمع

آزمایش یکپارچگی شمع (PIT)



شمع سالم

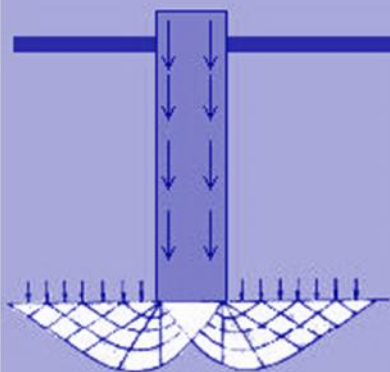
شمع معیوب



نمودار مسیر موج سرعت در
طول شمع بدست آمده از
آزمایش یکپارچگی شمع



انجام آزمایش
یکپارچگی شمع در
پروژه‌های واقعی

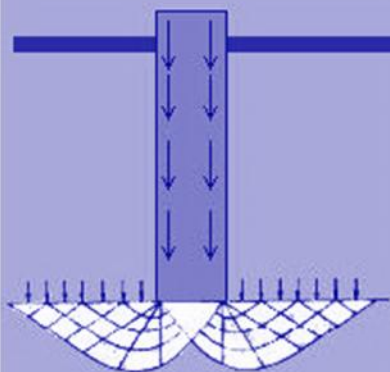


مراحل آزمایش شمع

• آزمایش‌های شمع در دو مرحله برنامه‌ریزی می‌گردد:

□ شمع‌های آزمایشی (Test Piles)

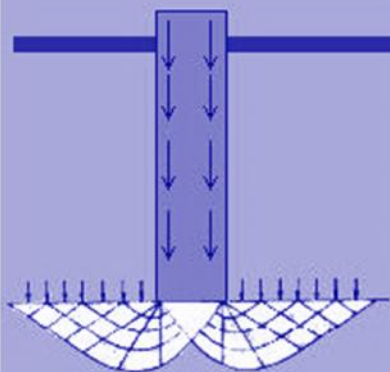
□ شمع‌های اجرایی (Working Piles یا Construction Piles)



شمع‌های آزمایشی

پس از مطالعات ژئوتکنیک و طرح مقدماتی، «شمع‌های آزمایشی»
برای تدقیق موارد زیر اجرا و آزمایش می‌شوند:

- نوع شمع و روش اجرا (کوبشی - درجاریز)
- طول و قطر شمع
- ظرفیت باربری شمع (فشاری، جانبی و کششی)
- تجهیزات اجرا (مانند چکش مناسب، دستگاه حفار، ...)

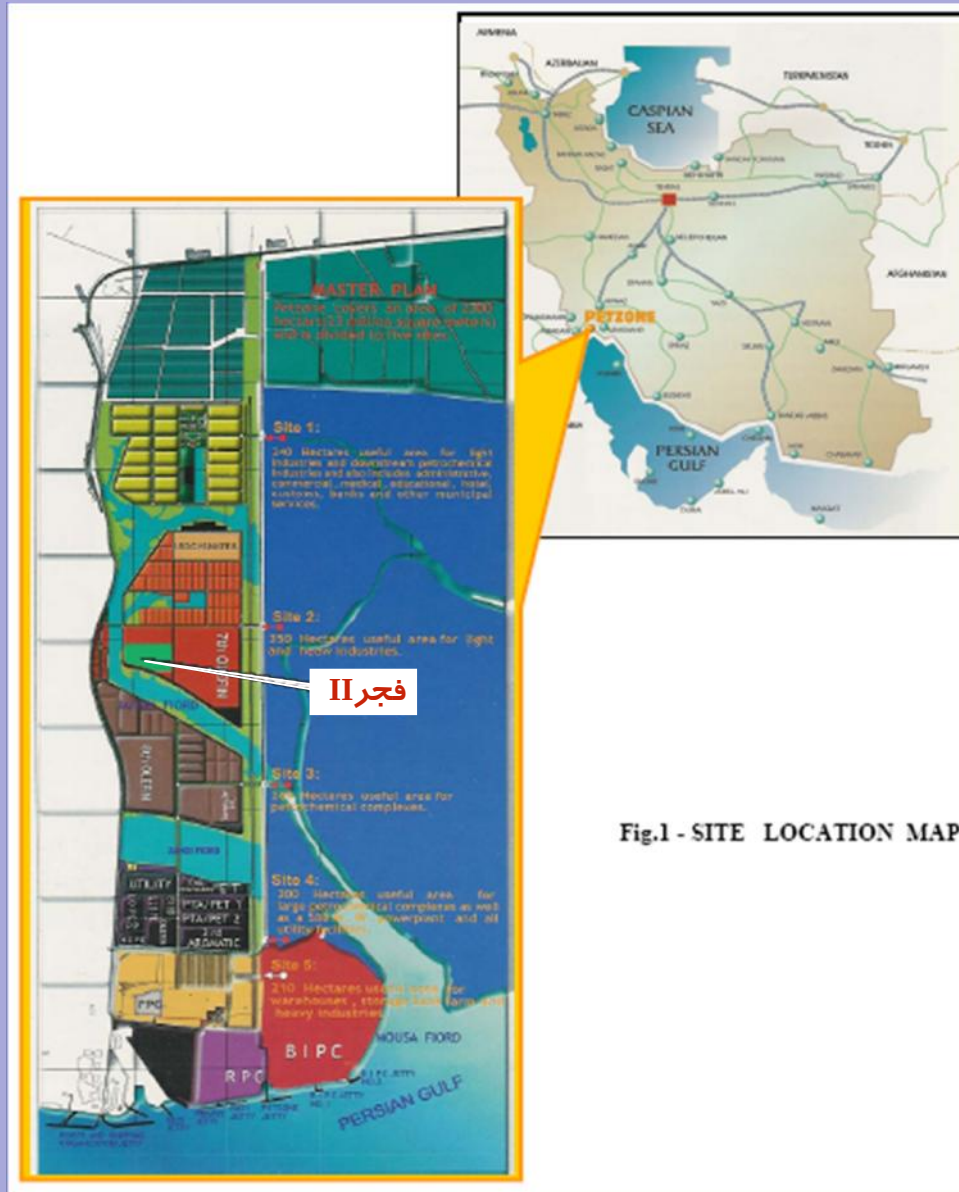


□ □ شمعی های اجرایی

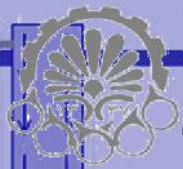
در مرحله اجرای شمع های اصلی (یا شمع های اجرایی) نیز تعدادی یا درصدی از شمع ها به منظور اطمینان از حصول ظرفیت مورد نظر و کنترل کیفیت آزمایش می شوند:

- آزمایش های بارگذاری روی «شمع های اجرایی» در مراحل مقدماتی اجرا و در طول اجرای شمع انجام می شود.
- انتخاب شمع های مورد آزمایش توسط مهندس مشاور دستگاه نظارت و بر اساس مشاهدات رفتاری شمع در حین اجرا انجام می پذیرد.
- همچنین آزمایش های کنترلی در طول اجرا و پس از اتمام اجرا معمولاً به منظور کنترل کیفیت، بازرسی و اطمینان از صحت اجرا (QC/QA) انجام می شود.

پروژه پتروشیمی فجر II – طرح توسعه

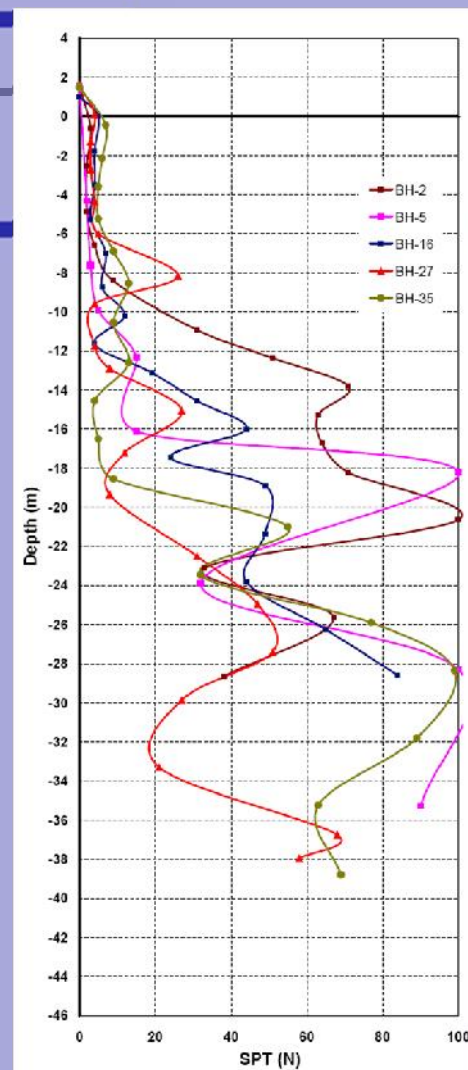
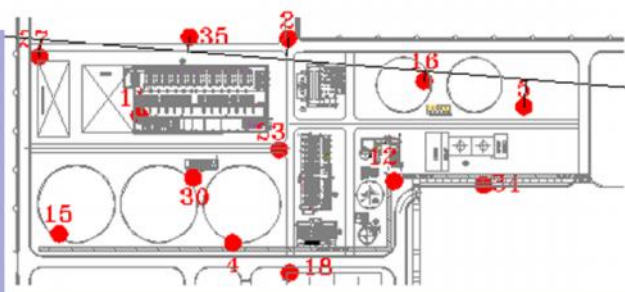
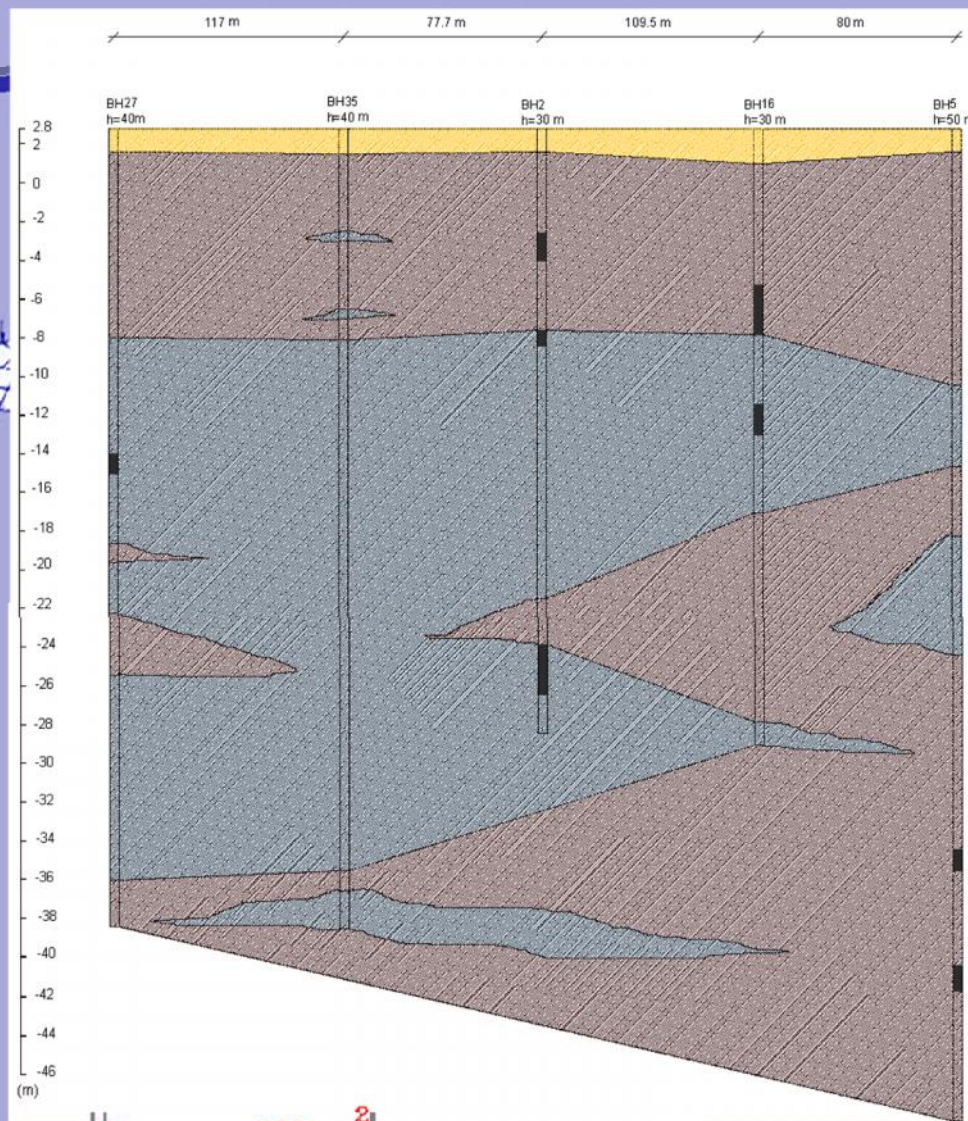


منطقه ماهشهر - پروژه فجر II



عکس هوایی موقعیت پروژه
(شاخه‌های خور مشخص است)



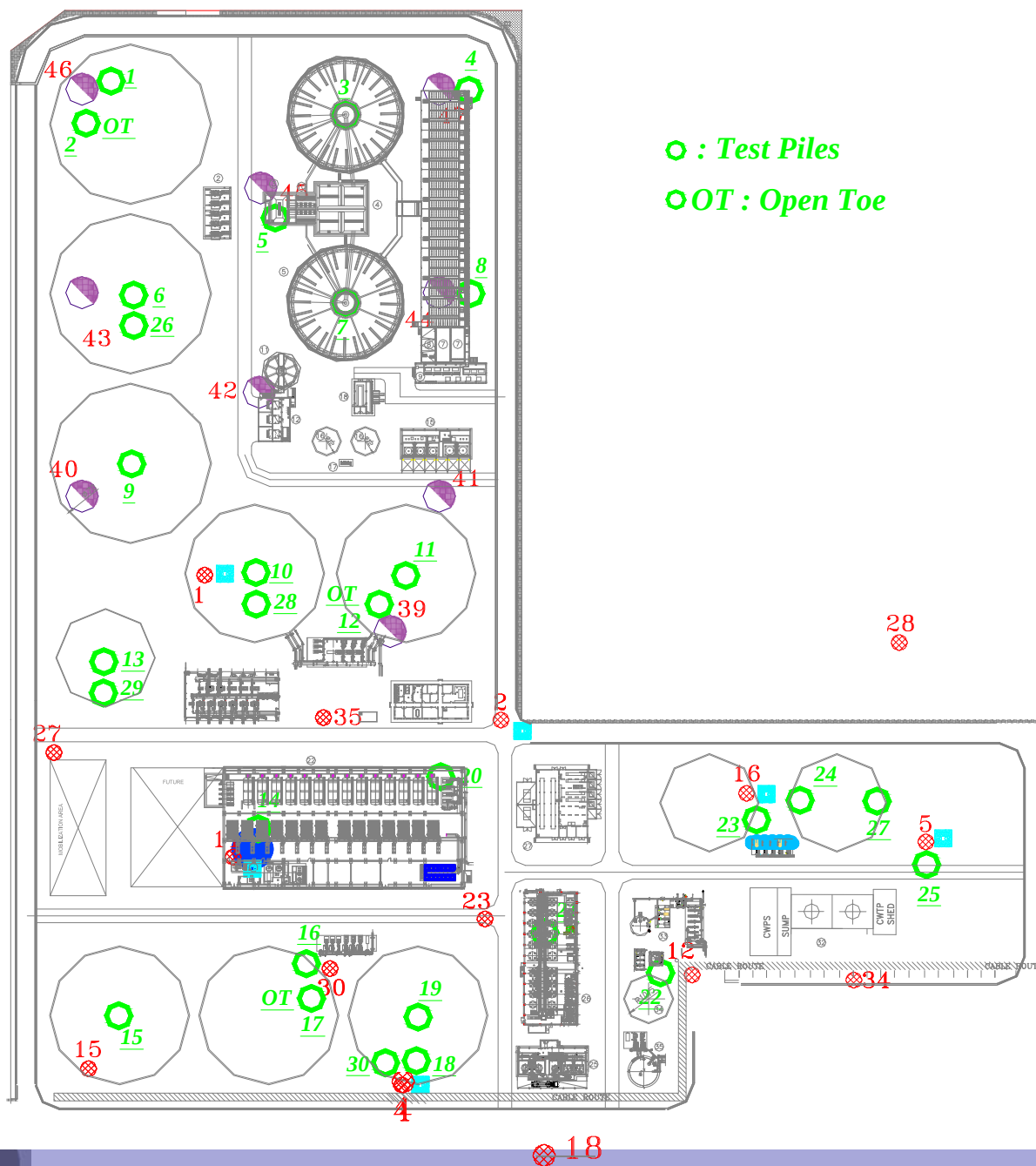


پروفیل شماره ۱

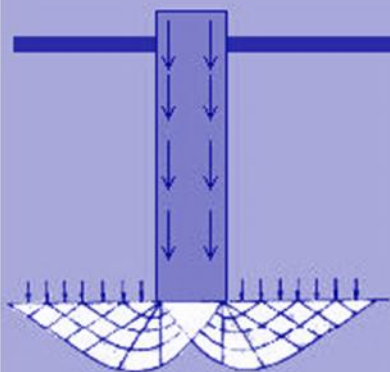
برنامه شمعی آزمایشی

در این مطالعات ۳۰
شمع آزمایشی
کوبیده شد

شمع ها با رنگ سبز
مشخص شده اند



بیان مسئله



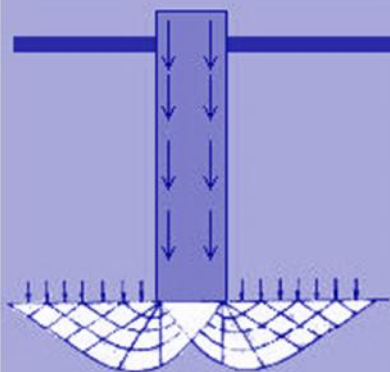
طرح یک سوال :

آیا ظرفیت باربری شمع کوبشی که در زمان انجام

آزمایش بدست می آید، نسبت به گذشت زمان

ثابت خواهد ماند؟

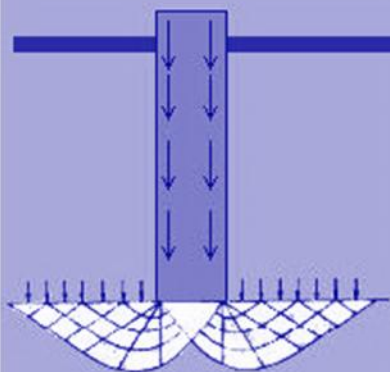
بیان مسئله



دو حالت ممکن است ایجاد شود:

- گیرش خاک (Soil Setup)

- رهایی خاک (Soil Relaxation)



تغییرات ظرفیت باربری با زمان

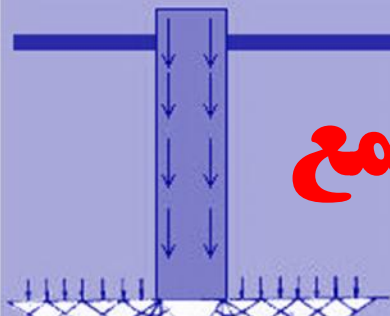
مفهوم پدیده گیرش (Soil Setup)

- ✓ افزایش ظرفیت شمع در طول زمان پس از کوبش
- ✓ انجماد شمع (Pile Freeze)

مفهوم پدیده رهایی (Soil Relaxation)

- ✓ کاهش ظرفیت شمع در طول زمان پس از کوبش
- ✓ کاهش فشار آب حفره‌ای (ایجاد فشار آب حفره‌ای منفی)

تأثیر گیرش در بهینه سازی طرح شمع



کوبش اولیه

گیرش ۱۰۰٪

گیرش ۳۰۰٪

گیرش ۶۰۰٪

عمق (m)

ظرفیت نهایی (ton)

12 m

50 ton

100 ton

150 ton

300 ton

18 m

100 ton

200 ton

300 ton

24 m

150 ton

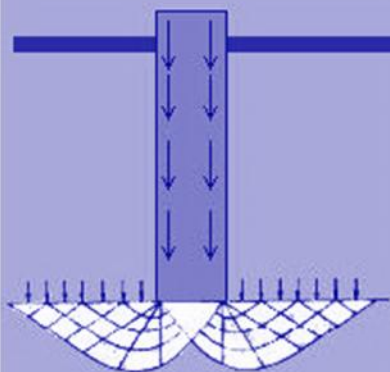
300 ton

30 m

36 m

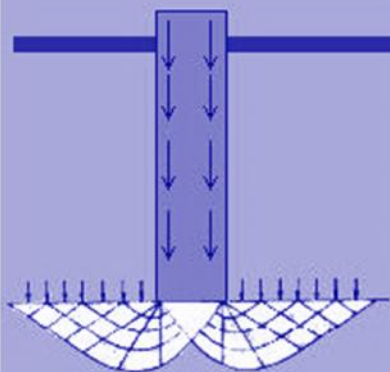
300 ton

فرض: ظرفیت نهایی ۳۰۰ تن



عوامل تاثیرگذار بر میزان گیرش

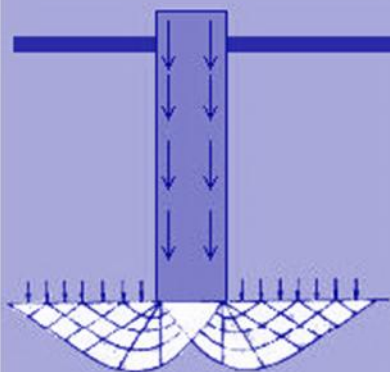
- ✓ نوع خاک
- ✓ نوع شمع
- ✓ قطر شمع
- ✓ روش نصب شمع
- ✓ عمق نفوذ شمع
- ✓ درصد رطوبت خاک (سطح آب زیرزمینی)



مولفه های گیرش

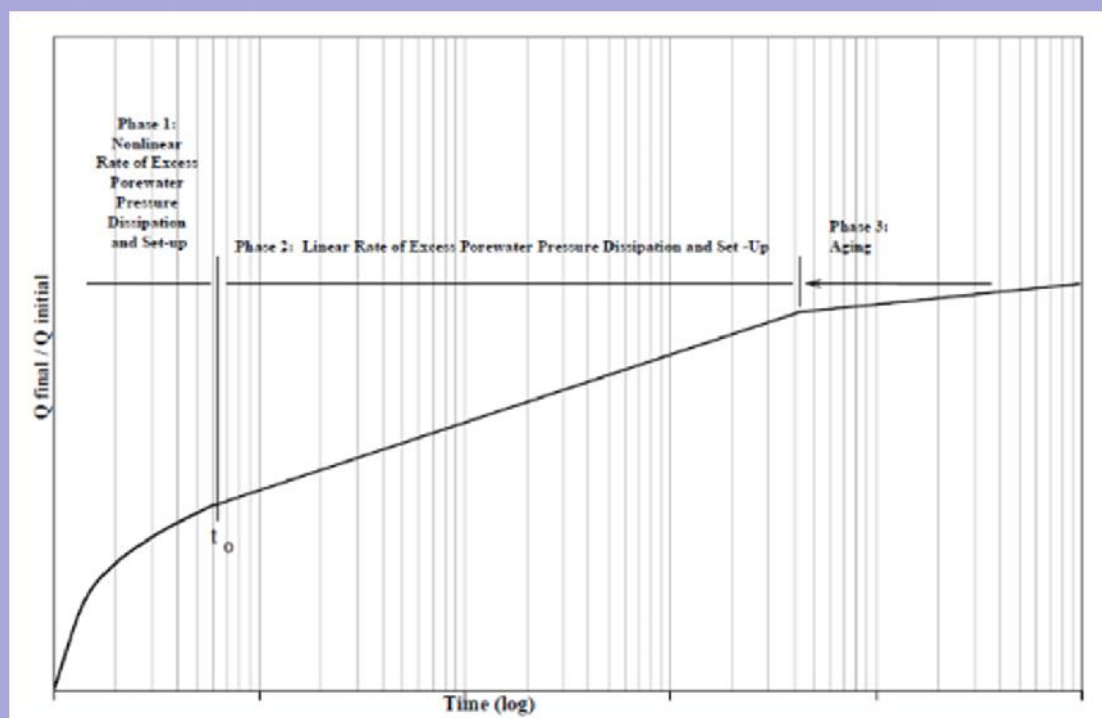
✓ محو اضافه فشار آب حفره ای ایجاد شده بر اثر نصب شمع

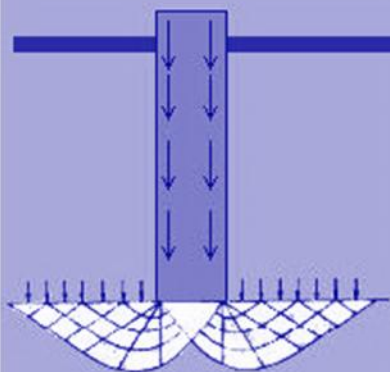
✓ سالخوردگی خاک (Aging)



مکانیزم گیرش

- ← فاز اول محو اضافه فشار آب حفره‌ای با نرخ لگاریتمی غیر خطی
- ← فاز دوم محو اضافه فشار آب حفره‌ای با نرخ لگاریتمی خطی
- ← فاز سوم مستقل از تنش مؤثر - سالخوردگی خاک





روابط تجربی گیرش

$$Q/Q_0 = 1 + A \log(t/t_0)$$

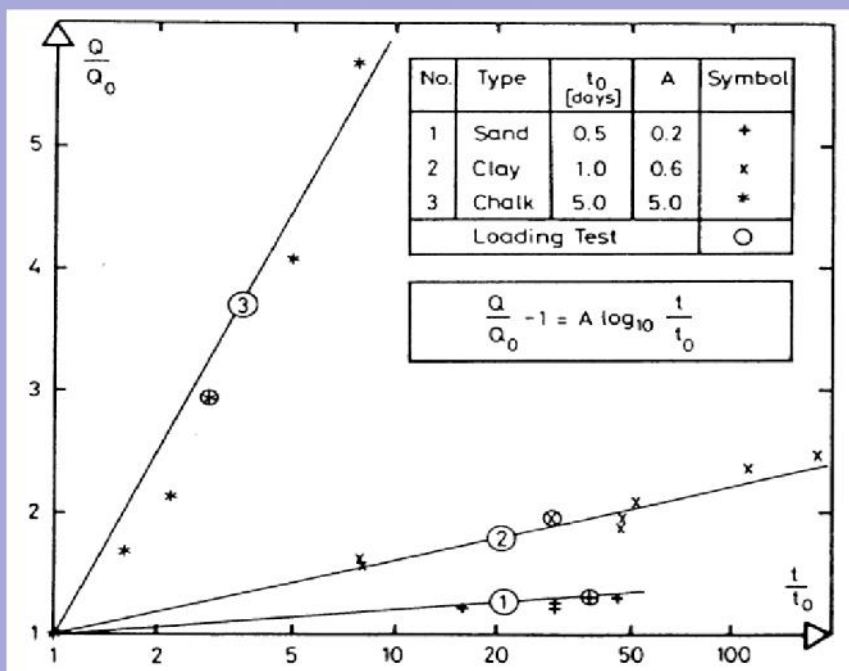
رابطه‌ی Skov و Denver (۱۹۸۸)

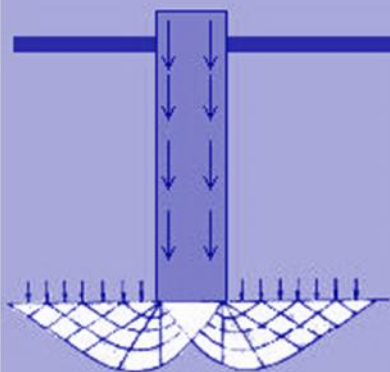
Q_t : ظرفیت محوری در زمان t

Q_0 : ظرفیت محوری در زمان t_0

A : ضریب ثابت وابسته به نوع خاک

t_0 مقداری تجربی بر حسب روز

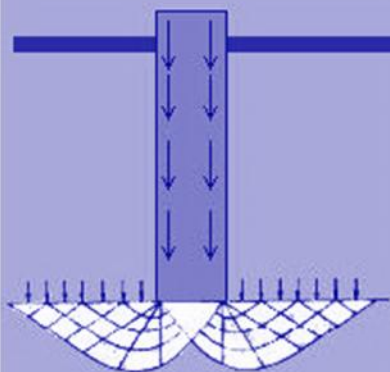




روابط تجربی گیرش

مقادیر پیشنهادی A و t_0 توسط محققین مختلف

t_0 (day)	A	شرایط خاک	ارائه دهنده
۰/۲ ۰/۶	۰/۵ ۰/۲	ماسه رس	Skov and Denver ()
۱ یا ۲	۰/۳۶ – ۱/۰۷	رس	Svinkin et al ()
۱	۰/۲ – ۰/۸	غیر چسبنده	Axelsson ()
	۰/۲۵ – ۰/۷۵	کلیه خاک‌ها	Chow et al ()
۲	۰/۳۷ – ۱/۳۱	رس ماسه‌دار یا سیلت ماسه‌دار	Camp and Palmer ()
۱	۰/۲۱	ماسه ریز متراکم و رس سیلتی نرم تا متوسط	Bullock et al ()
۱	۰/۵	خاک‌های رسی	Yang and Liang ()



مطالعات تحلیلی میدانی

مطالعات صراف زاده و فخاریان (۱۳۹۰)
مطالعات حسین زاده و فخاریان (۱۳۹۲)

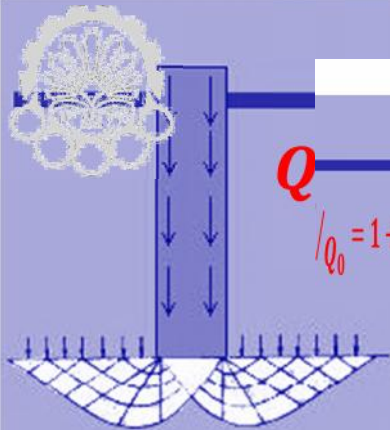
رویکرد تنش موثر در تعیین ظرفیت باربری جداری

Biurrum-**Burland** Parameter; e.g. CFEM (2006)

$$q_s = \sigma'_v K_s \tan \delta = \beta \sigma'_v$$

مسئله اصلی تعیین β در طول و پس از زمان کوبش شمع است...

در تحلیلهای انجام شده از نتایج تستهای انجام شده در **پروژه فجر II** بهره برده شد



$$\frac{Q}{Q_0} = 1 + A \log \left(\frac{t}{t_0} \right)$$

روش Skov and Denver

✓ تعیین t_0

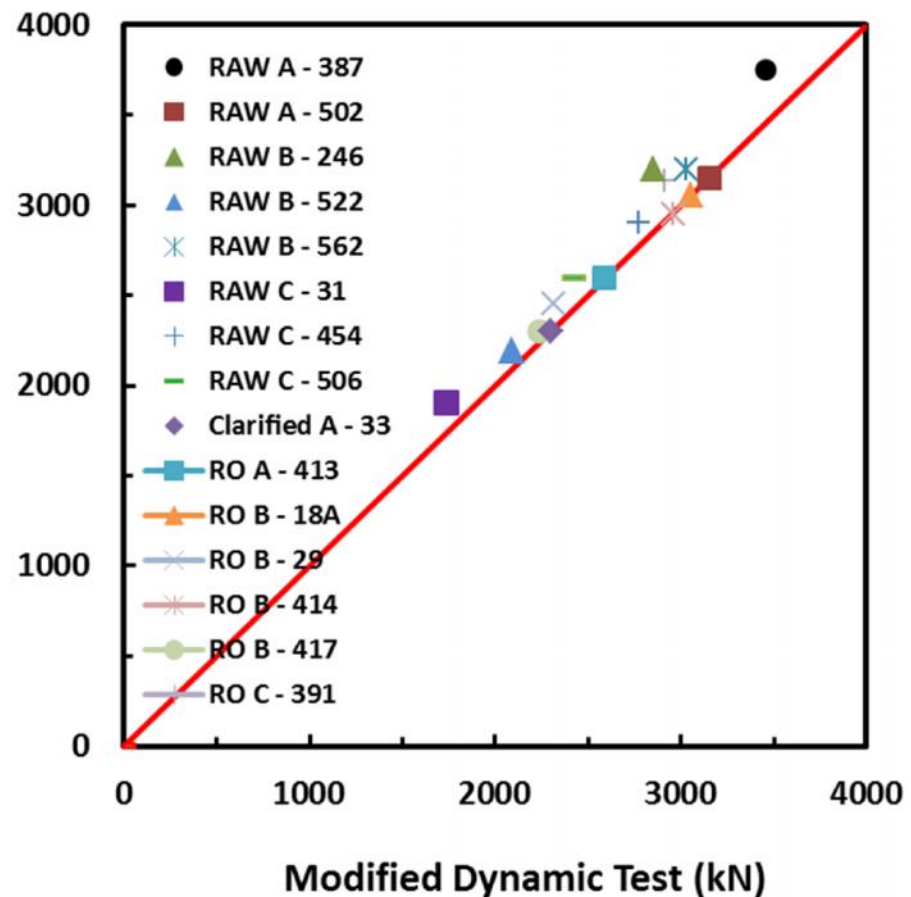
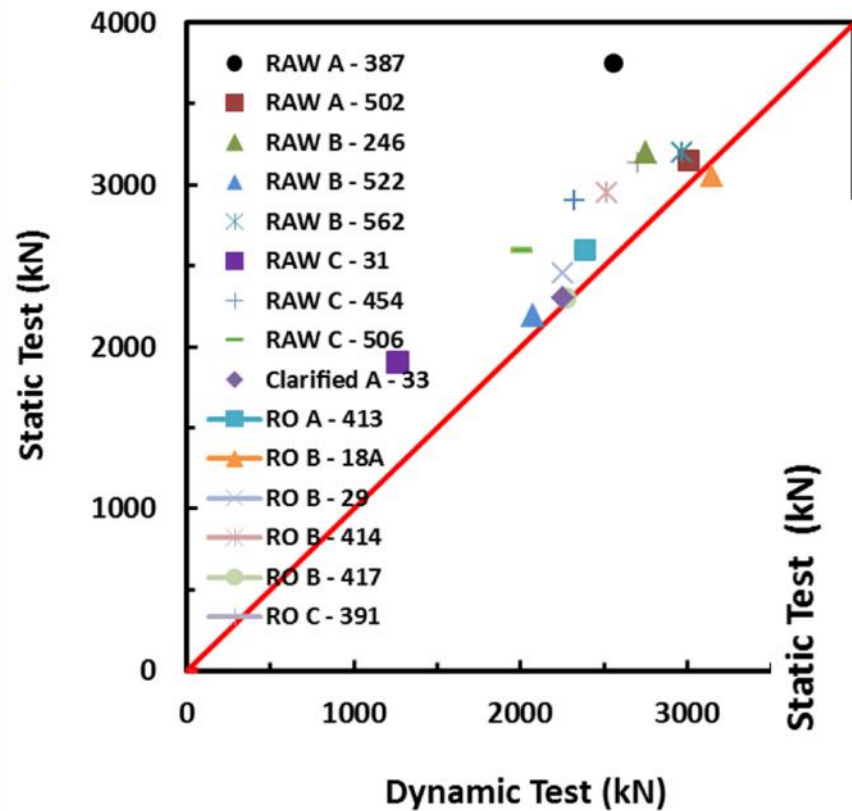
✓ محاسبه برگشتی از معادله برای تعیین ضریب A در هر شمع

✓ تعیین دامنه تغییرات و مقادیر حداقل و حداکثر A در سایت

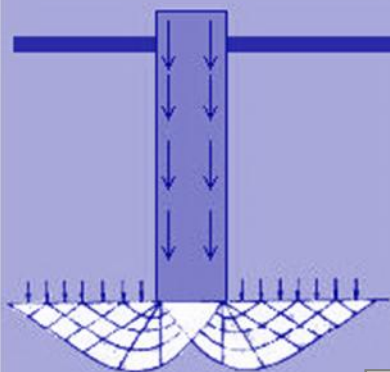
✓ رسم نمودار Q/Q_0 در مقابل $\log(t/t_0)$ برای بررسی روند تغییرات ظرفیت شمع‌ها در طول زمان

✓ جمع نتایج و تعیین ضریب A در سایت

تطابق آزمایش‌های استاتیکی – دینامیکی

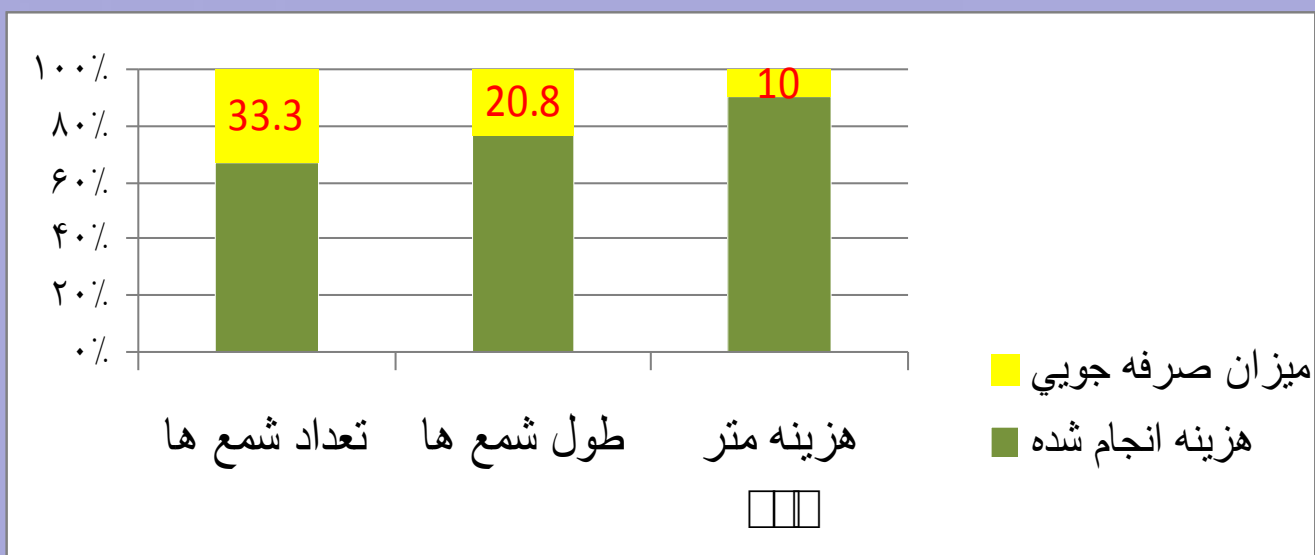


سایت پتروشیمی فجر



پروژه فجر ۱۱

صرفه جویی



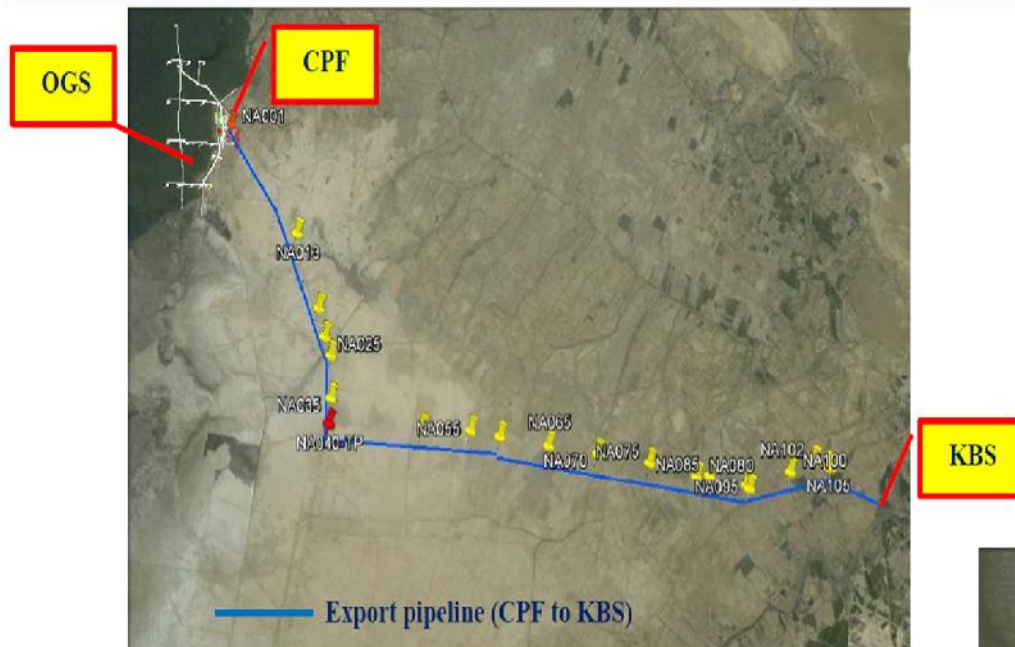
صرفه جویی حاصل از ادغام موارد فوق در مقایسه با شمع ۴۰×۴۰:

52.4%

← همچنین صرفه جویی حاصل از عدم انجام پیش حفاری در مخزن

RAW-C در نظر گرفته نشده است.

میدان نفتی آزادگان شمالی (۱۳۹۱-۱۳۹۳)

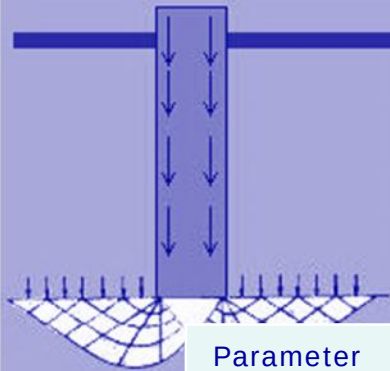


موقعیت CPF

موقعیت سایت اصلی (CPF) و سایر
نواحی و خطوط انتقال نفت/گاز

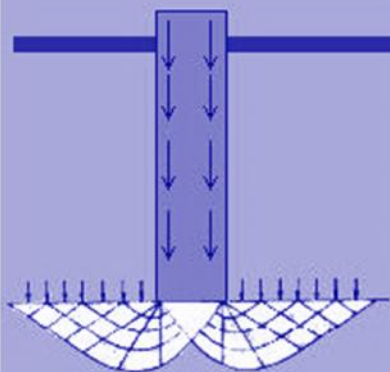


CPF مشخصات خاک در سایت



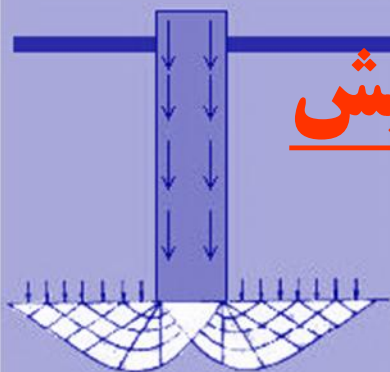
Parameter		Unit	Layer I	Layer II	Layer III
Soil Type		-	CL	CL & ML	CH & ML
Depth		m	0 – 2.8	2.8– 16	>16
Moisture		-	10 – 20	29 – 34	25 – 29
Dry Density		kN/m ³	14 – 15	14 – 15	15 – 16
Undrained Shear Strength (Su) [$\phi=0$]		kPa	35 – 50	35 – 50	80 – 100
Total Stress	Cohesion (c)	kPa	15 – 25	15 – 25	15 – 25
	Friction Angle (ϕ)	Degree	25 – 28	25 – 28	23 – 26
Effective Stress	Cohesion (c')	kPa	10 – 15	10 – 15	10 – 15
	Friction Angle (ϕ')	Degree	26 – 30	26 – 30	28 – 33
Modulus of Elasticity		MPa	10 – 15	10 – 15	18 – 25
Poisson's Ratio (ν)		-	0.4	0.4	0.35
OCR		-	2	1	1
Compression Index (C_c)		-	0.2 – 0.25	0.2 – 0.25	0.14 – 0.22
Swell Index (C_s)		-	0.02 – 0.03	0.02 – 0.03	0.01 – 0.02
Initial Void Ratio (e_0)		-	0.7 – 0.8	0.7 – 0.8	0.6 – 0.7





تست‌های شمع انجام شده

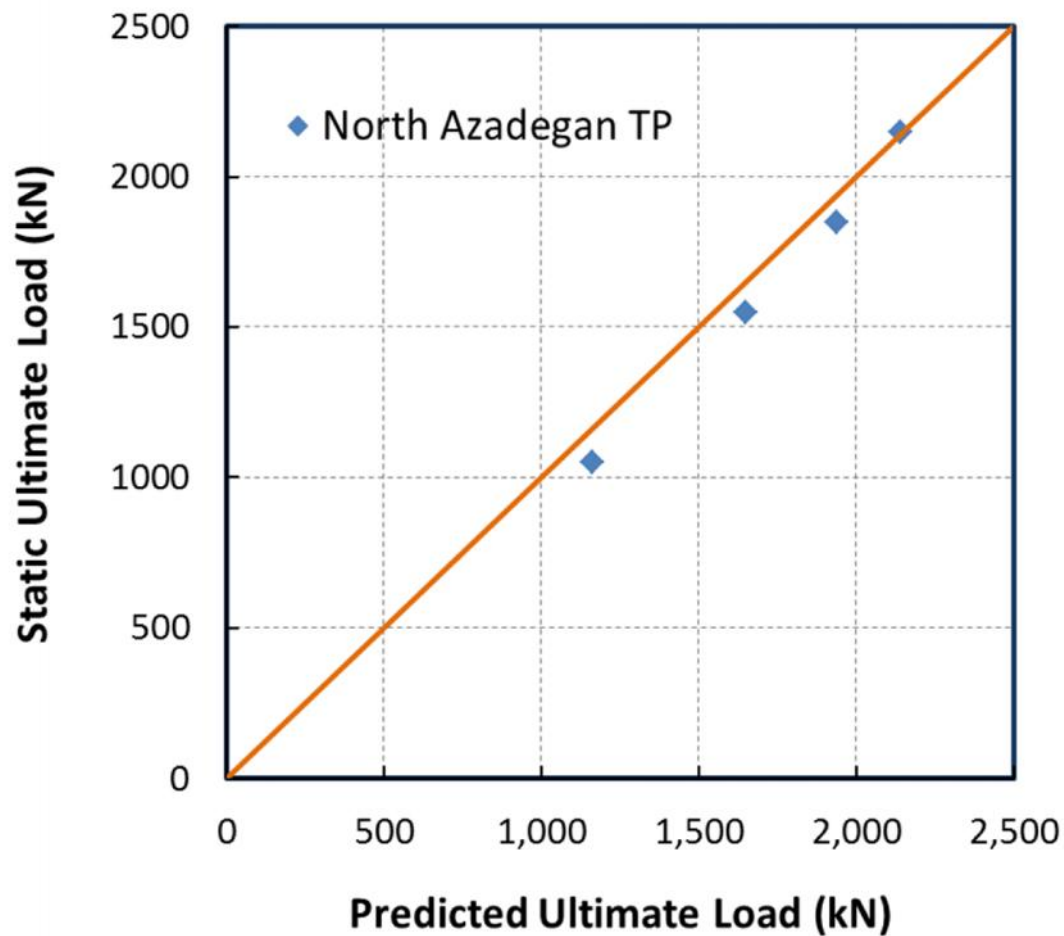
- اجرای ۱۴ شمع آزمایشی جهت انجام تست‌های دینامیکی و استاتیکی در محل سایت
- شمع‌ها از نوع پیش‌ساخته بتنی و کوبشی با مقطع مربع به ضلع ۴۰ سانتیمتر
- عمق مدفون شمع‌ها بین ۱۲ تا ۲۱ متر است.
- آزمایش‌های دینامیکی شمع (PDA) در سه مرحله:
 - مرحله اول، آزمایش در زمان کوبش شمع‌ها و اصطلاحاً در پایان کوبش اولیه (EOID)
 - مرحله دوم آزمایش به فاصله ۱ الی ۳ روز از مرحله اول و در شرایط آغاز کوبش مجدد (BOR)
 - مرحله سوم آزمایش بعد از فاصله زمانی ۱۴ روز از کوبش اولیه
- تعداد ۴ تست استاتیکی فشاری بر روی شمع‌های آزمایشی



بینی گیرش خاک و یک روشی جهت پیش مورد عملی

در سایت آزادگان شمالی با استفاده از اطلاعات آزمایش دینامیکی روی شمع‌های آزمایشی در طول دو هفته، ظرفیت باربری دراز مدت شمع‌ها پیش‌بینی شده و با انجام آزمایش‌های استاتیکی فشاری پس از گذشت حدود ۴۰ تا ۵۰ روز بر روی چهار شمع با عمق نفوذهای مختلف این پیش‌بینی کنترل شده است.

بینی گیرش خاک و یک روشی جهت پیش مورد عملی



– صحت تحلیل‌ها
– فراگیری نتایج

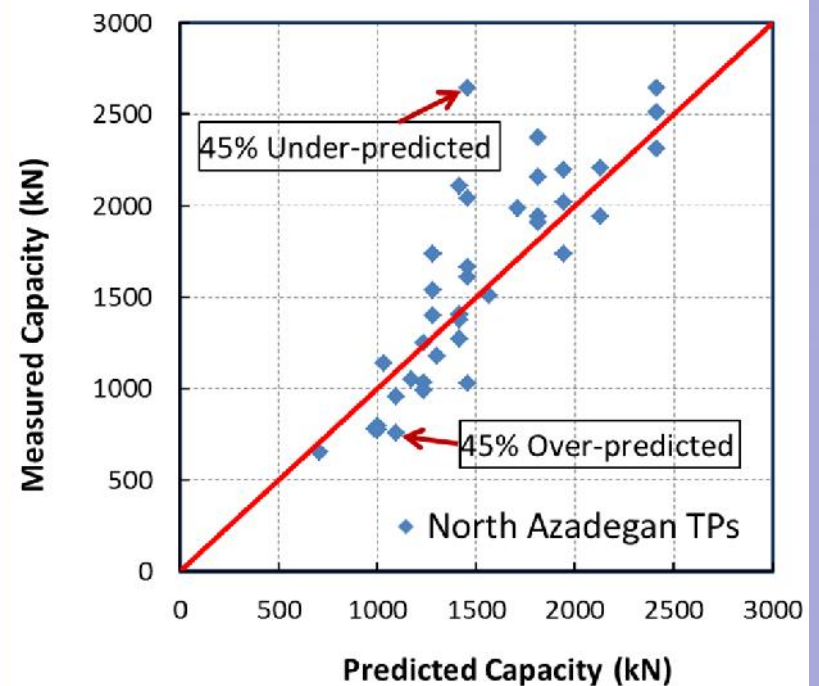
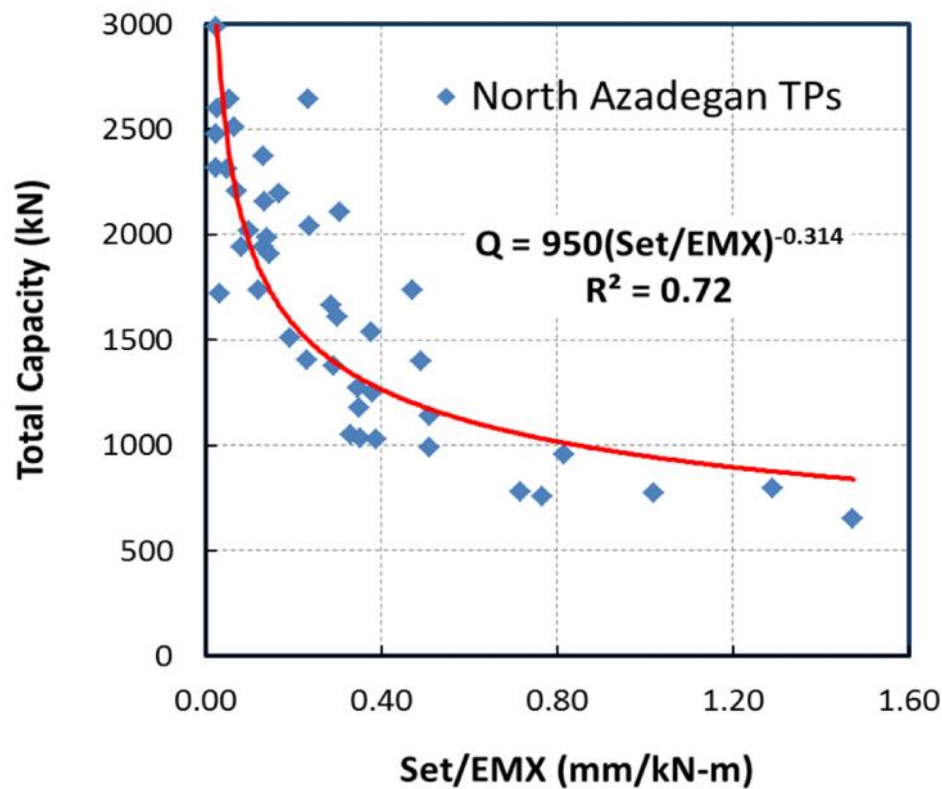
انتخاب زمان مبنا برای رابطه گیرش

ردیف	ارائه‌دهنده	t_0 (Day)	نوع خاک
۱	Camp and Palmer (1999)	۲	-
۲	Axelsson (1998)	۱	غیرچسبنده
۳	Long et al. (1999b)	۰/۰۱	کلیه خاک‌ها
۴	Bullock et al. (2005)	۱	کلیه خاک‌ها
۵	Skov and Denver (1988)	۱	رس
۶	Skov and Denver (1988)	۰/۵	ماسه
۸	Svinkin et al. (1994)	۱-۲	
۹	پژوهش حاضر	۰/۰۱	رس‌های ماسه‌دار و ماسه ×
۱۰	پژوهش حاضر	۱	رس نسبتاً یکدست ××

× مانند سایت‌های فجر و شکر نوین

×× مانند سایت‌های آزادگان شمالی و فولاد شادگان

روش میزان نفوذ شمع بر اثر کوبش



سایت آزادگان شمالی

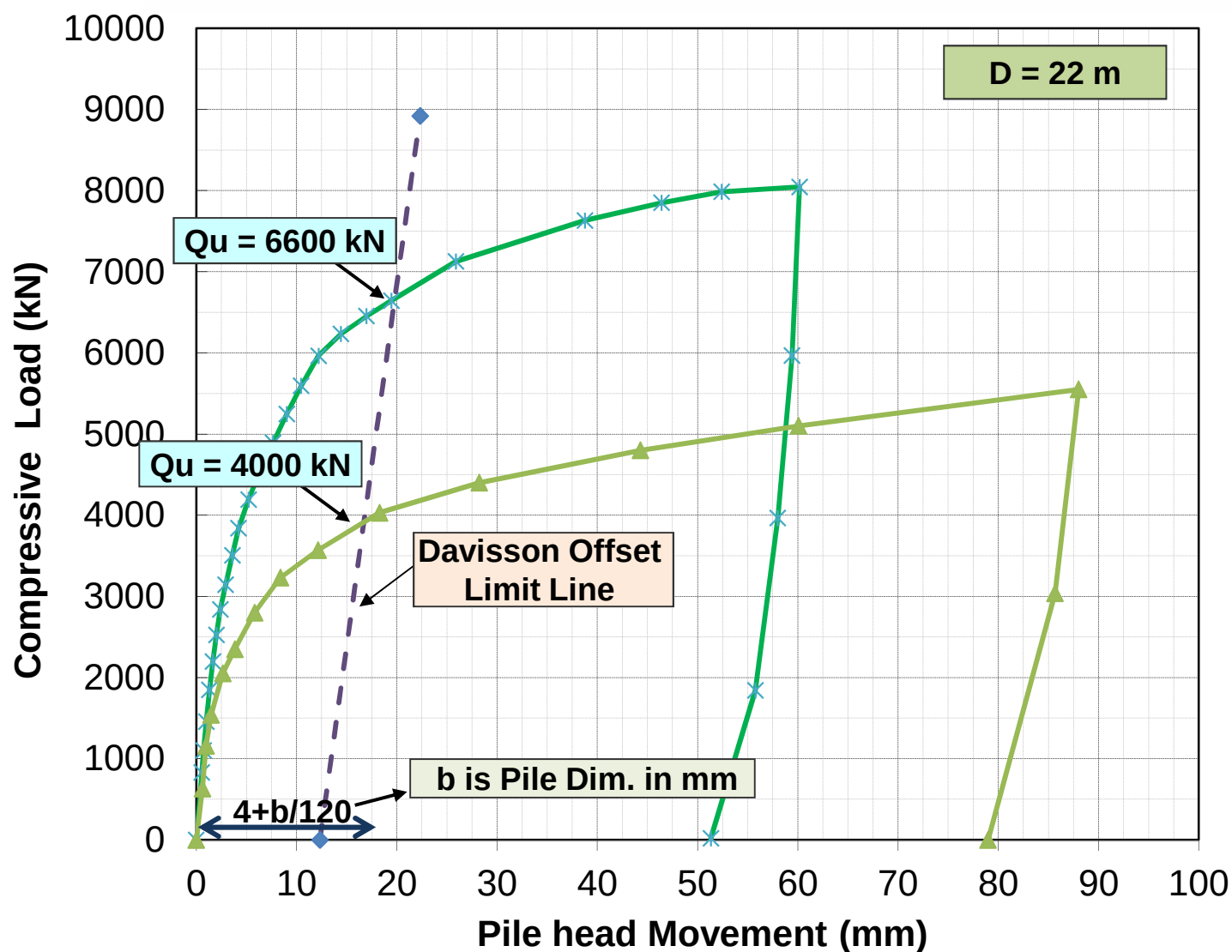
نکاتی در مورد شمع‌های درجا

ظرفیت باربری در شمع‌های درجا به عوامل زیر وابسته است:

- ۱- جنس لایه‌های خاک
- ۲- روش اجرا: گل حفاری، با غلاف، بدون غلاف، ..
- ۳- کیفیت اجرا

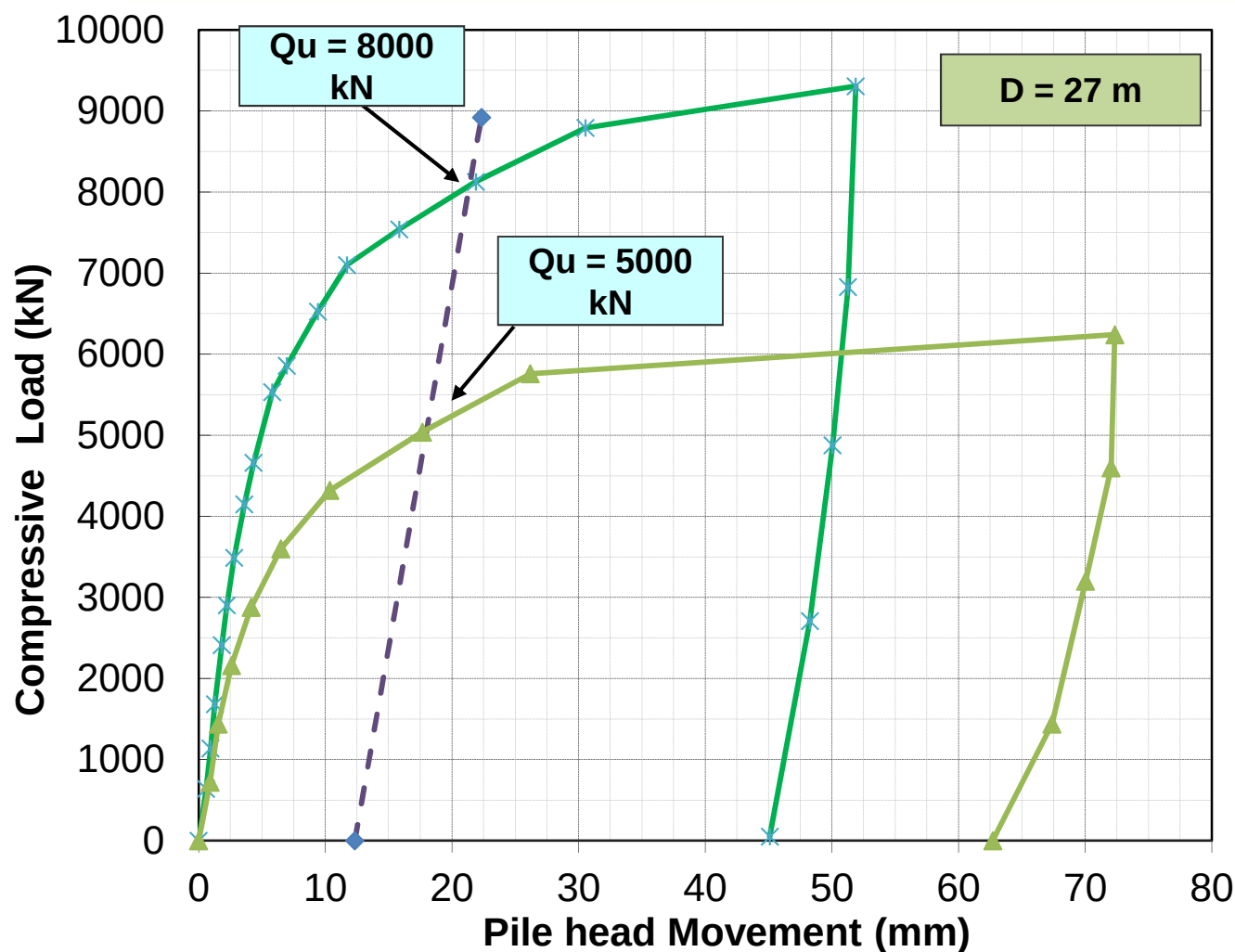
رویکرد بهینه‌سازی در طراحی و اجرای انواع شمع

تجربه اخیر ساختگاهی در جنوب خوزستان:



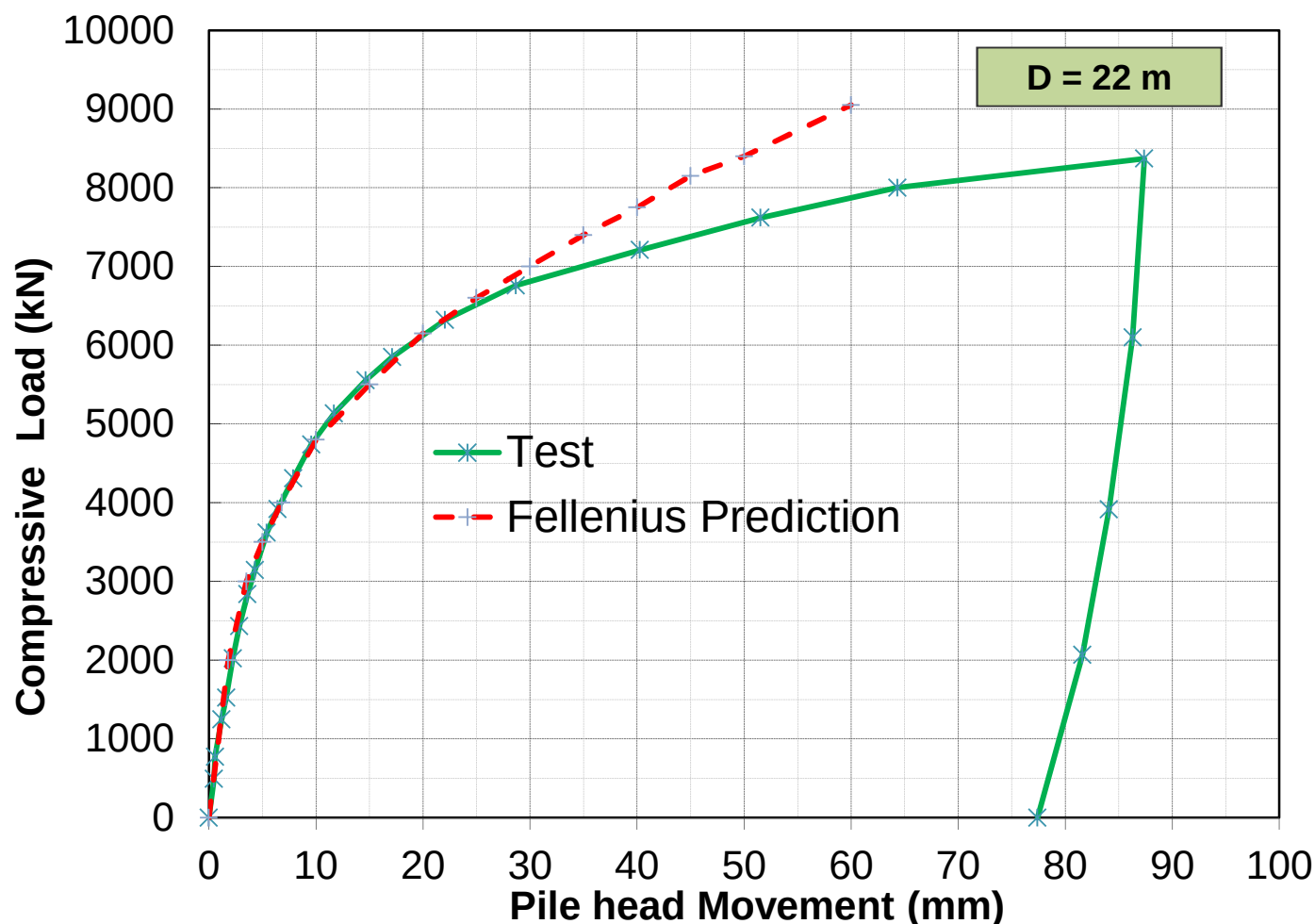
رویکرد بهینه‌سازی در طراحی و اجرای انواع شمع

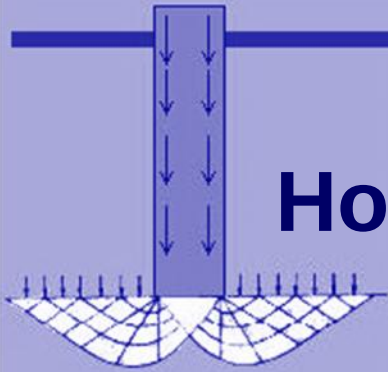
تجربه اخیر ساختگاهی در جنوب خوزستان:



رویکرد بهینه‌سازی در طراحی و اجرای انواع شمع

تجربه اخیر ساختگاهی در جنوب خوزستان:





- Uncertainty - How does it affect safety factors?

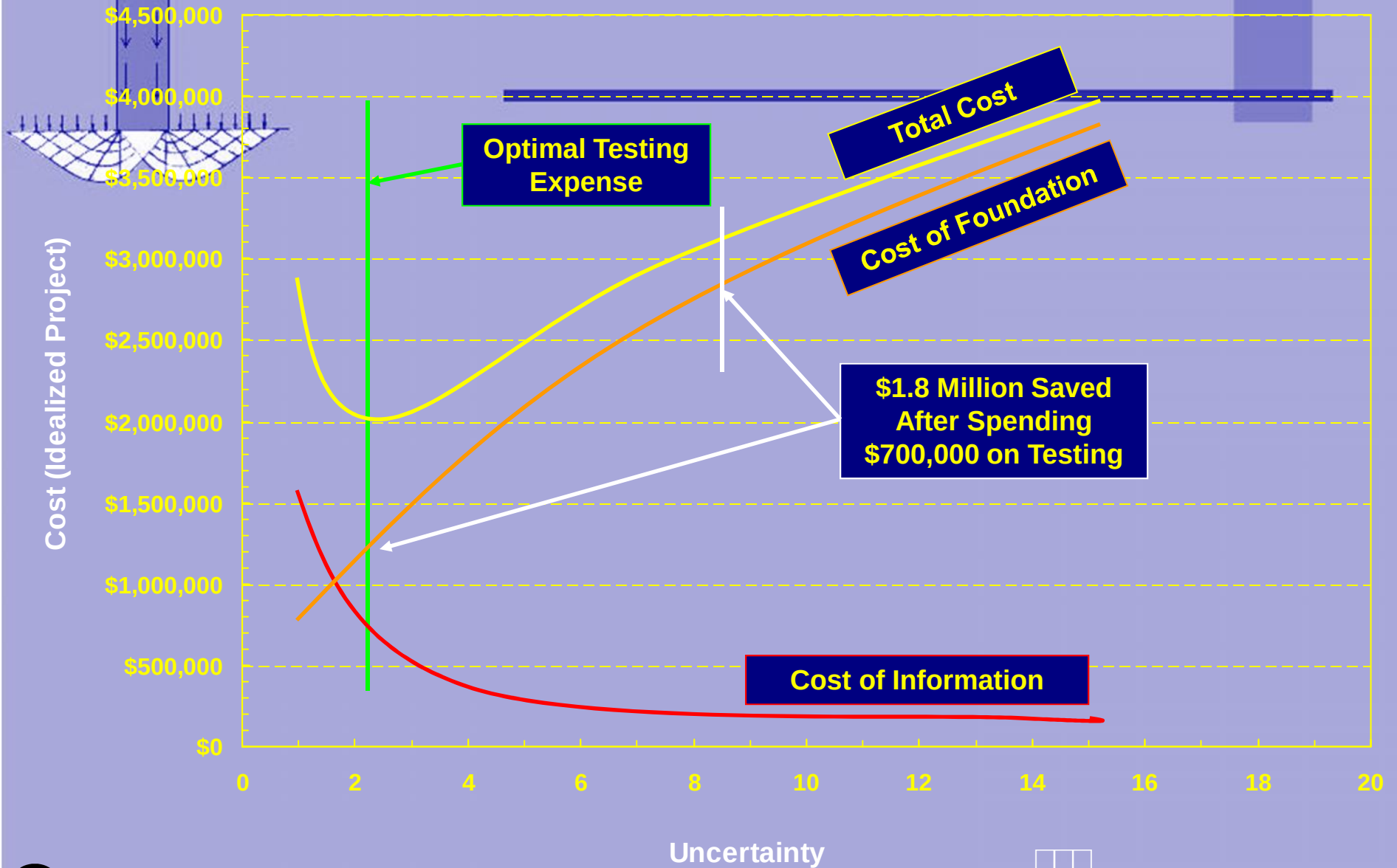
Definitions (Factor of Safety)

What is a Factor of Safety?

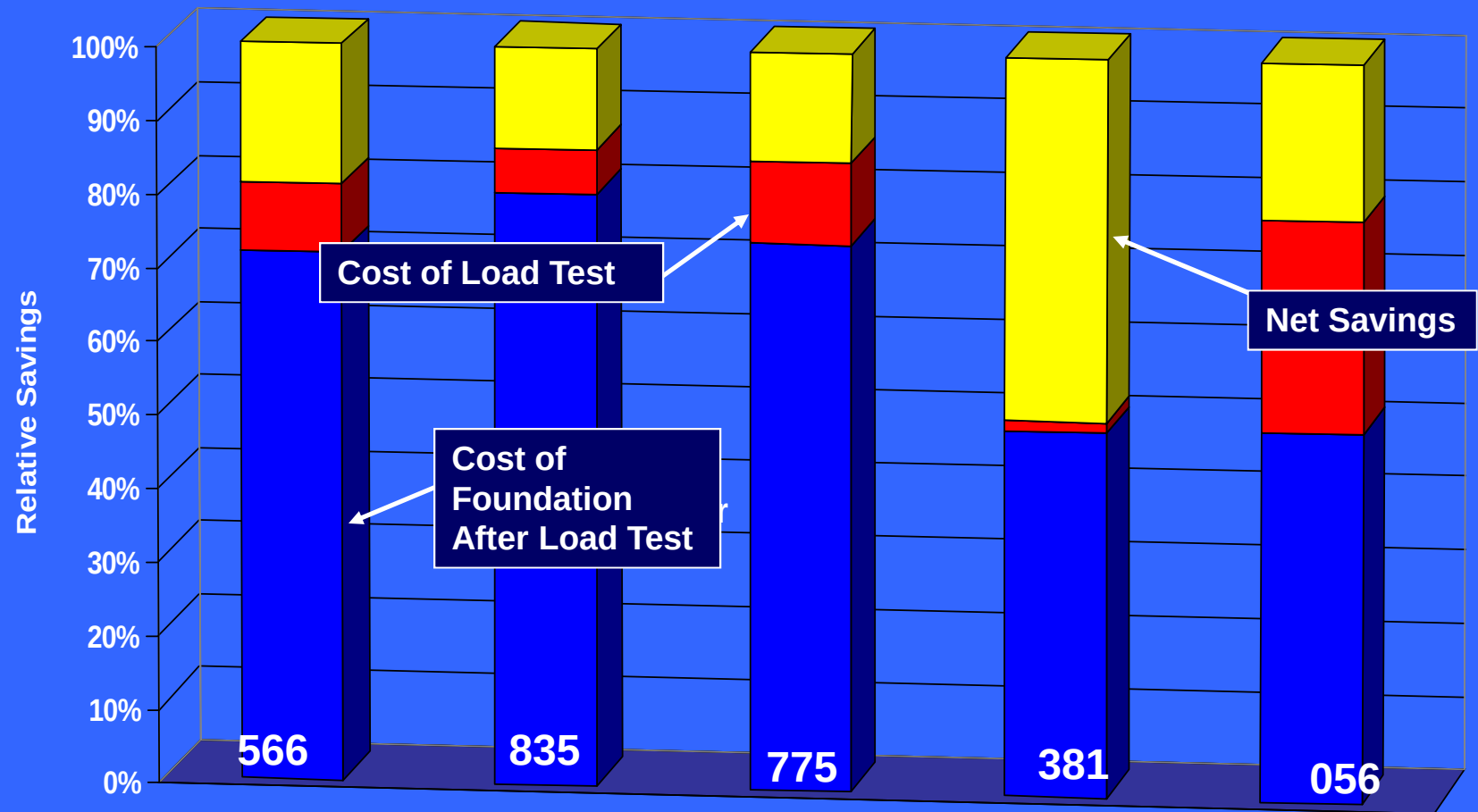
$$FS_e = \frac{\text{Estimated Ultimate Load}}{\text{Allowable Load}}$$

$$FS_m = \frac{\text{Measured Ultimate Load}}{\text{Allowable Load}}$$

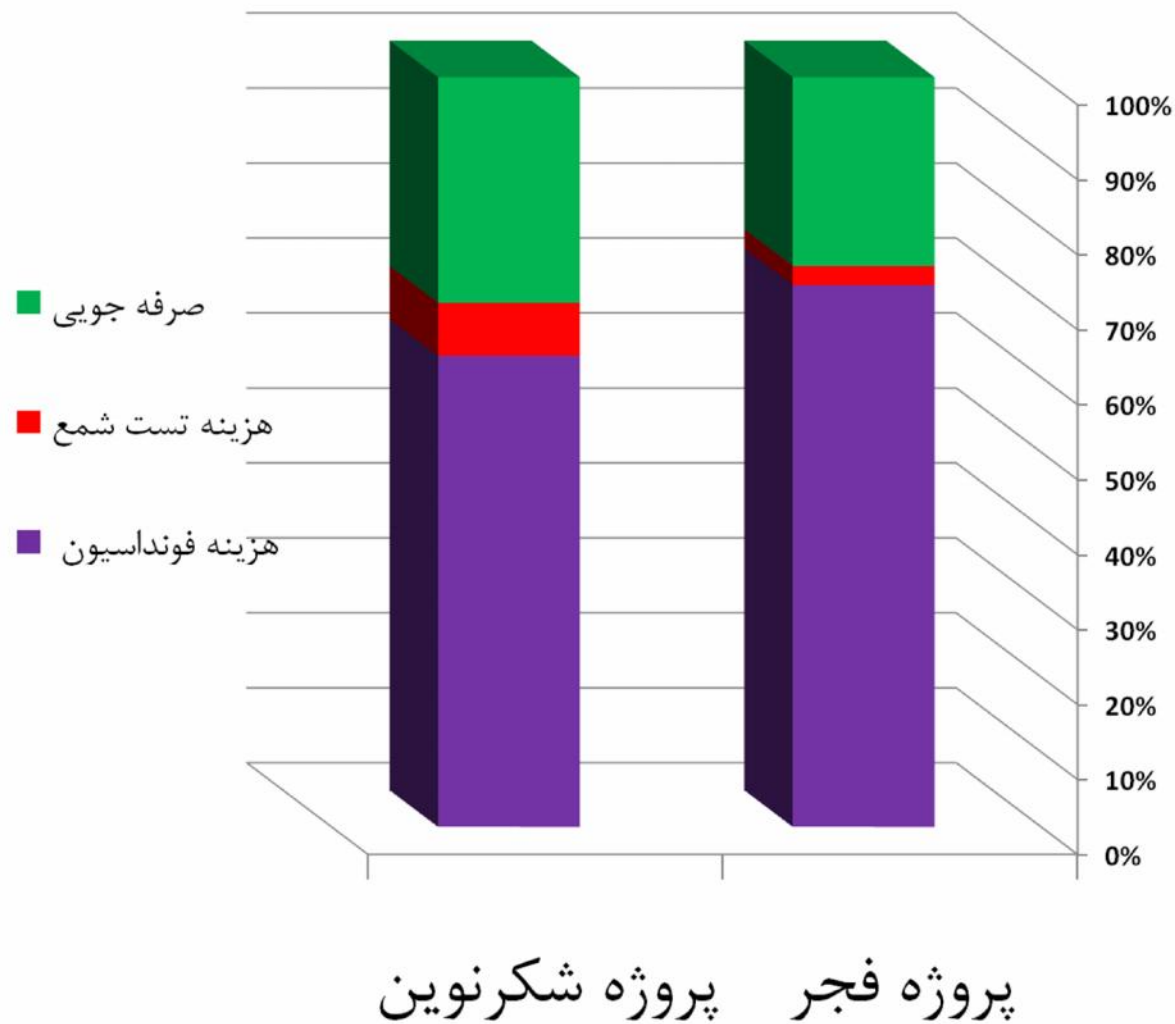
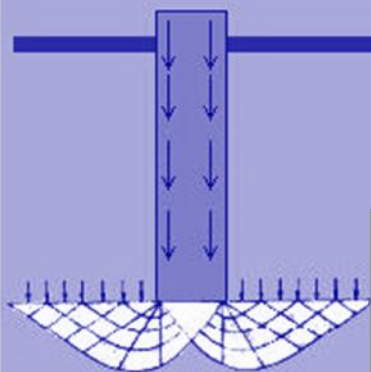
Uncertainty Decreases with Increasing Information

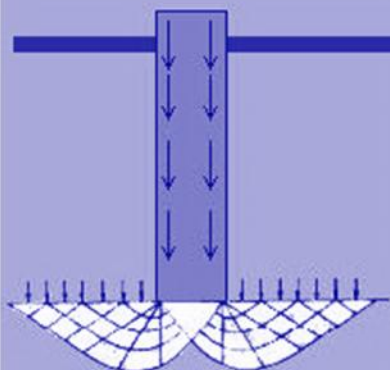


Cost Reductions After Actual Load Tests



جویی آنالیز هزینه و صرفه





توصیه برای تدقیق F.S. در کشور

۱- تشکیل بانکهای اطلاعاتی وسیع از پروژه‌ها، پردازش و استخراج

روابط، گراف، و جداولی برای F.S.

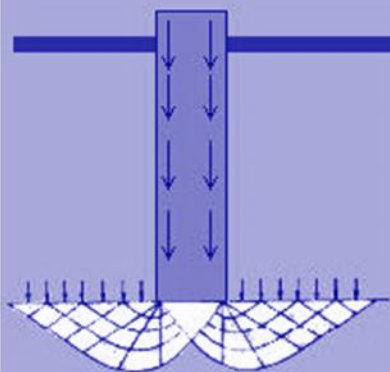
۲- بکارگیری شیوه‌های جایگزین:

- روش حالت حد نهائی (LSD)
- روش طرح بر اساس ضرائب بار و مقاومت (LRFD)



۱۲۵

نگرشی بر ضریب اطمینان

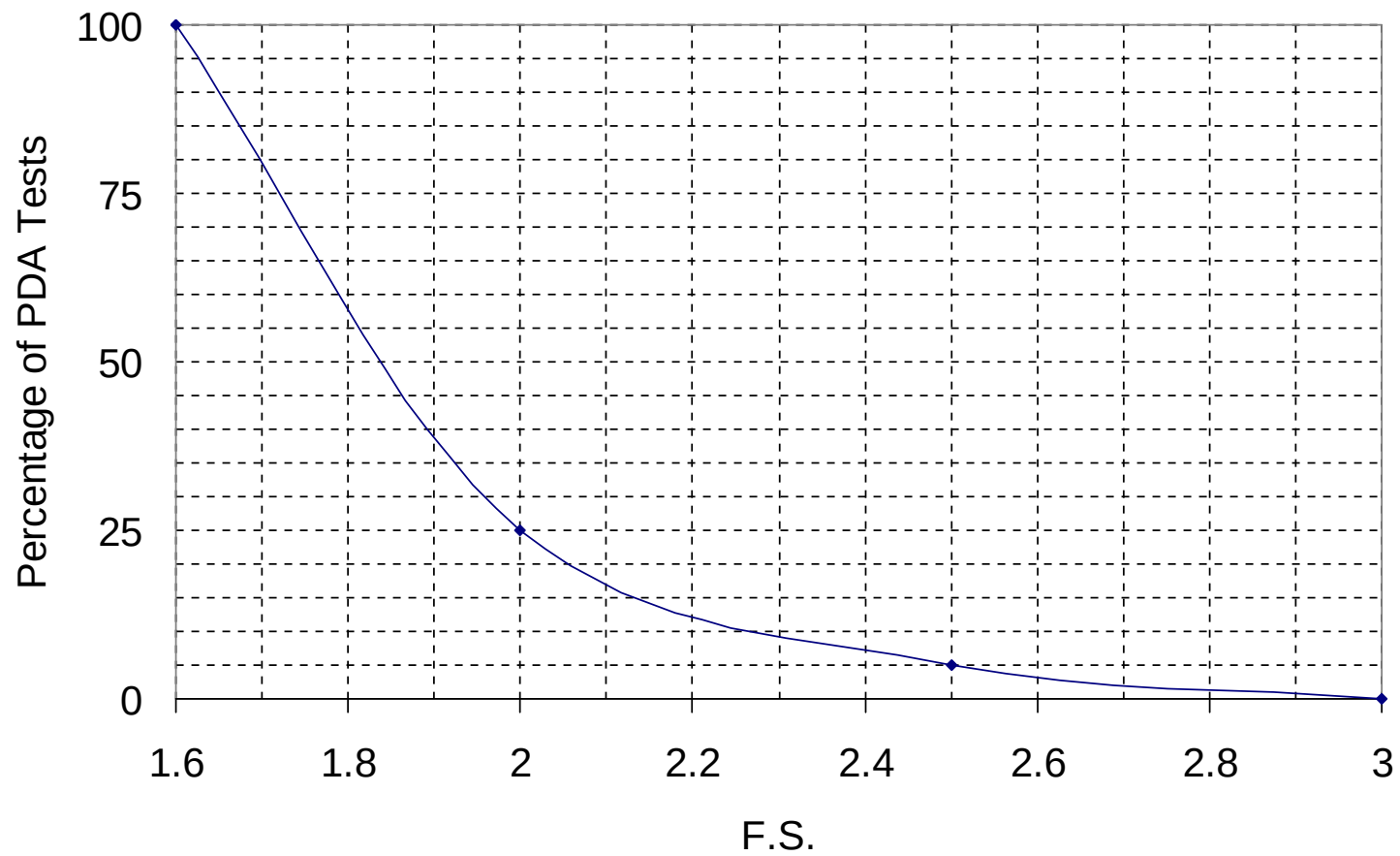


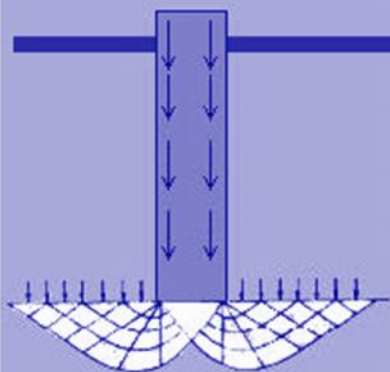
- با استفاده از تست‌های شمع ظرفیت نهایی معمولاً بالاتر از روش‌های دیگر بدست آمده و ضریب اطمینان بطور همزمان کاهش یافته و ظرفیت مجاز به صورت مضاعف بالا می‌رود.

$$Q_{allow} = \frac{Q_{ult}}{F.S.}$$

نگرشی بر ضریب اطمینان - نمونه توصیه‌های جهانی

PDA versus F.S. (Sweden Standard, 2000)





نگرشی بر ضریب اطمینان - ارائه یک مطالعه موردی در پروژه فجر ۱۱

۱- تحلیل استاتیکی با استفاده از روش راهنمای پی کانادا (F.S. = 3.5)

۲- استفاده مستقیم از آزمایش SPT (F.S. = 3.0)

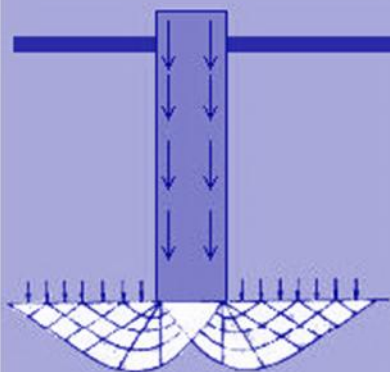
۳- آزمایش استاتیک شمع (F.S. = 2.0) ← زمان بر و پرهزینه

۴- آزمایش دینامیک شمع (F.S. = 2.8) ← سریع و اقتصادی اما کمی نامطمئن

۵- تلفیق آزمایش‌های استاتیک و دینامیک شمع ← سریع، اقتصادی و مطمئن

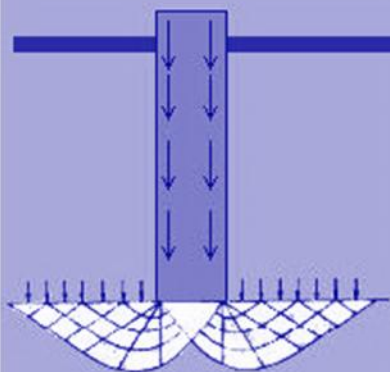
$$F.S. = 2.0 \times (1 + d)$$

δ درصد متوسط اختلاف بین ظرفیت بدست
آمده از آزمایش‌های استاتیکی و دینامیکی
است.



نگرشی بر ضریب اطمینان – ارائه یک مطالعه موردی در پروژه فجر ۱۱

ظرفیت مجاز (kN)	ضریب اطمینان	روش تعیین ظرفیت باربری شمع
۴۱۳	۳/۵	تحلیل استاتیکی (CFEM-2006)
۵۳۹	۳	استفاده از نتایج SPT (Aoki and Vellosos, 1975)
۱۲۵۰	۲	آزمایش استاتیک شمع
۹۲۰	۲/۸	آزمایش دینامیک شمع (PDA)
۱۲۰۰	$2.0 \times (1 + \delta) = 2.2$	تلفیق آزمایش‌های استاتیک و دینامیک شمع



بار مجاز طراحی شمع (مبحث ۷ مقررات ملی ساختمان)

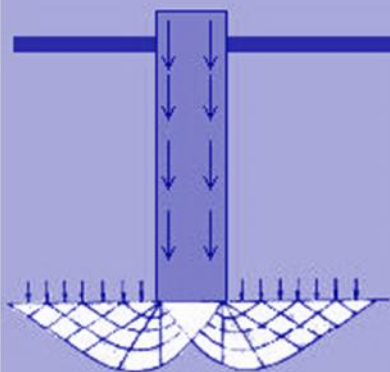
• روش تنش مجاز

$$Q_{allow} = \frac{Q_{ult}}{F.S.}$$

حداقل ضریب اطمینان شمع در شرایط استاتیکی



نوع بار اعمالی	روش تعیین ظرفیت باربری	ضریب اطمینان (F.S.)
فشاری/کششی	فقط روش تحلیلی	۳
		۴
	آزمایش نفوذ مخروط	۲/۸
	آزمایش بارگذاری استاتیکی (فشاری/کششی)	۲/۲
	آزمایش بارگذاری دینامیکی	۲/۵
جانبی	فقط روش تحلیلی	۲/۵
	آزمایش استاتیک (جانبی)	۲

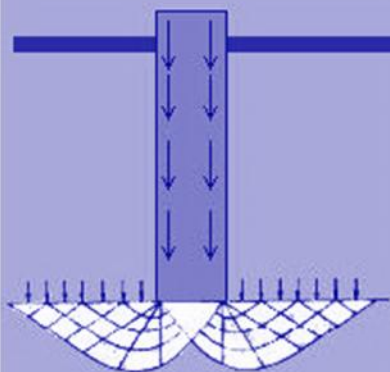


بار مجاز طراحی شمع (مبحث ۷ مقررات ملی ساختمان)

• روش تنش مجاز



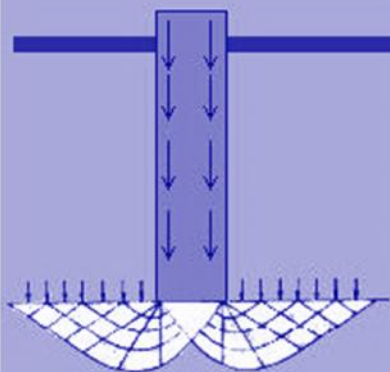
- ✓ عدد ضریب اطمینان ۲.۲ مربوط به آزمایش بارگذاری استاتیکی در شرایطی قابل استفاده است که شمع تا بار گسیختگی بارگذاری شده باشد.
- ✓ به شرط انجام آزمایش های بارگذاری علاوه بر «شمعهای آزمایشی» بر روی تعدادی یا درصدی «شمعهای اصلی» می توان ضریب اطمینان را تا ۲ کاهش داد. نوع آزمایش، تعداد یا درصد آن و ترکیب آزمایشهای مختلف با نظر مشاور ذیصلاح باید مشخص گردد.



نتیجه‌گیری و توصیه

در شمع‌های کوبشی:

- ۱- یک روش **مکمل** و مناسب برای آزمایش بارگذاری استاتیکی، استفاده از **تست دینامیک شمع** (PDA) برای تعیین ظرفیت باربری شمع است.



نتیجه‌گیری و توصیه

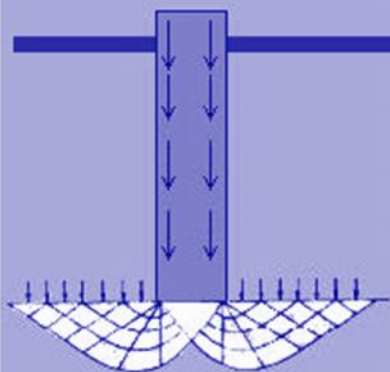
۲- ظرفیت باربری شمع‌های کوبشی در طول زمان تغییر می‌کند.

۳- بنابراین برای مقایسه بین ظرفیت باربری بدست آمده از آزمایش‌های استاتیک و دینامیک شمع لازم است دو آزمایش با فاصله کوتاهی از یکدیگر انجام شود.

اهمیت زمان انجام آزمایش:

شرایط EOID و Restrike



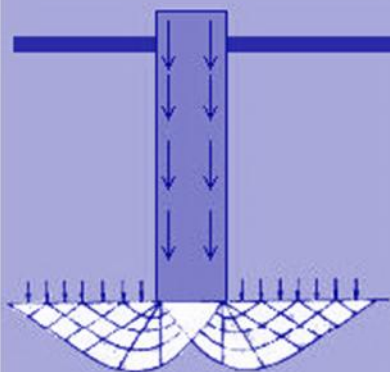


نتیجه‌گیری و توصیه در شمعهای درجاریز:

۱- در کنترل کیفیت **شمعهای درجاریز**: استفاده از **تست PIT** جهت ارزیابی سلامت شمع از ضروریات است.

۲- در کنترل **ظرفیت باربری شمعهای درجاریز**: آزمایش بارگذاری استاتیک بهترین گزینه ایت. میتوان از آزمایش دینامیک یا بارگذاری سریع بهره جست، اما به بانک اطلاعات و تجربه کشوری بیشتری نیاز داریم که فقط به نتایج آن به تنهایی اکتفا کنیم.





نتیجه‌گیری و توصیه در شمع‌های درجاریز:

۱- در کنترل کیفیت شمع‌های درجاریز: استفاده از تست PIT جهت ارزیابی سلامت شمع از ضروریات است.

۲- در کنترل ظرفیت باربری شمع‌های درجاریز: آزمایش بارگذاری استاتیک بهترین گزینه ایت. میتوان از آزمایش دینامیک یا بارگذاری سریع بهره جست، اما به بانک اطلاعات و تجربه کشوری بیشتری نیاز داریم که فقط به نتایج آن به تنهایی اکتفا کنیم.



تقدیر و سپاس

- شرکت پتروشیمی فجر
- مجتمع فولاد شادگان
- شرکت فولاد جهان آرا ارونند
- شرکت CNPCI
- شرکت ژئومحیط پارس

Ralph Peck (*on Education*):

It would be a serious mistake to permit the subject of soil mechanics to be taught by individuals who do not possess an adequate background of field experience!

سیاس از توجه شما

Fajr Utility Plant, Mahshahr, IRAN

