

รายละเอียดการทดสอบเสาเข็ม

โดยวิธี **STATIC (INSTRUMENTED) PILE LOAD TEST**



โครงการ : Chao Praya River Crossing Bridge at
Nonthaburi 1 Road Construction Project

Static Pile Load test

- ❖ เป็นการทดสอบโดยการเพิ่มแรงกระทำโดยตรงต่อเสาเข็ม
- ❖ เพื่อประเมินขีดความสามารถรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มจากพฤติกรรมระหว่างแรงกระทำกับค่าการเคลื่อนตัวของเสาเข็ม
- ❖ เป็นแม่บทในการอ้างอิงเปรียบเทียบความถูกต้องของการทดสอบด้วยวิธีอื่นๆ

มาตรฐานของการทดสอบ (Static Load Test)

- ❖ มาตรฐานการทดสอบมีอยู่มากมาย ขึ้นอยู่กับข้อกำหนดของโครงการที่แต่ละหน่วยงาน, องค์กร หรือสถาบันต่างๆ จะเลือกใช้
- ❖ โดยทั่วไปมีพื้นฐานและขั้นตอนวิธีการที่คล้ายคลึงกัน แต่จะแตกต่างกันในรายละเอียดเฉพาะส่วนที่เป็นเงื่อนไขเท่านั้น
- ❖ ตัวอย่างมาตรฐานการทดสอบที่นิยมใช้
 - มาตรฐาน ASTM
 - มาตรฐาน วสท.
 - มาตรฐาน มยธ 106

ระบบของการเพิ่มน้ำหนักทดสอบ (Static Load Test)

- ❖ ระบบ Kentledge หรือ Dead Weight Platform
- ❖ ระบบเสาเข็มสมอ หรือ Anchor Pile System
- ❖ ระบบผสม หรือ Combine System



Dead Weight Platform



Dead Weight : แท่งคอนกรีต, ถูทราย, เหล็กน้ำหนักบรรทุกมากกว่า 10-15% ของน้ำหนักทดสอบ

Platform : Horizontal and Stable

Support Distance from Test Pile ≥ 2.00 เมตร

Anchor Pile System



ใช้เสาเข็มสมอข้างเคียงเป็นแรง
ปฏิกิริยา
เหล็กเสริมในเข็มสมอต้องสามารถ
ต้านทานแรงดึงที่เกิดขึ้นขณะ
ทดสอบได้
เสาเข็มทดสอบควรห่างจาก
เสาเข็มสมอไม่น้อยกว่า 3-5 เท่า
ของขนาดเสาเข็มที่ใหญ่ที่สุด
ต้องกำหนด จำนวน, ความยาว,
ขนาด ของเสาเข็มสมอให้
เหมาะสมและเพียงพอ

Combine System



เป็นระบบที่นำเอาระบบ
Kentledge และ
Anchor มาใช้ร่วมกัน
สามารถแก้ปัญหาในกรณี
ที่กำลังรับแรงดึงของ
เสาเข็มสมอที่มีอยู่ไม่
เพียงพอ

อุปกรณ์ควบคุมและวัดน้ำหนักทดสอบ

❖ แม่แรงไฮดรอลิก



ปั๊มไฮดรอลิก



Pressure Gauge



- ❖ การใช้ Pressure Gauge วัดค่าน้ำหนักทดสอบที่เกิดจากแม่แรงไฮดรอลิกโดยทั่วไปจะมีค่าความคลาดเคลื่อนประมาณ 5-10 %
- ❖ ในกรณีที่ต้องการความละเอียดในการวัดน้ำหนักทดสอบต้องใช้อุปกรณ์เพิ่มเติมได้แก่ “Load Cell” ซึ่งมีค่าความคลาดเคลื่อนสูงกว่า $\pm 1\%$

อุปกรณ์ควบคุมและวัดน้ำหนักทดสอบ

❖ Load Cell



อุปกรณ์วัดการเคลื่อนตัวของเสาเข็ม

อุปกรณ์หลัก

- ❖ มาตรวัดการเคลื่อนตัว (Dial Gauge)
 - ❖ ค่าความละเอียด 0.01-0.05 มม.
 - ❖ ระบบ Manual และ Automatic
 - ❖ ต้องทำการติดตั้งบนคานอ้างอิง Reference Beam ซึ่งติดตั้งอิสระไม่มีส่วนใดยึดรั้งกับระบบทดสอบ



อุปกรณ์สำรอง

- ❖ เพื่อป้องกันความผิดพลาดและตรวจสอบความถูกต้องของอุปกรณ์หลัก
 - ❖ กล้องระดับ(Optional Leveling)
 - ❖ Piano Wire



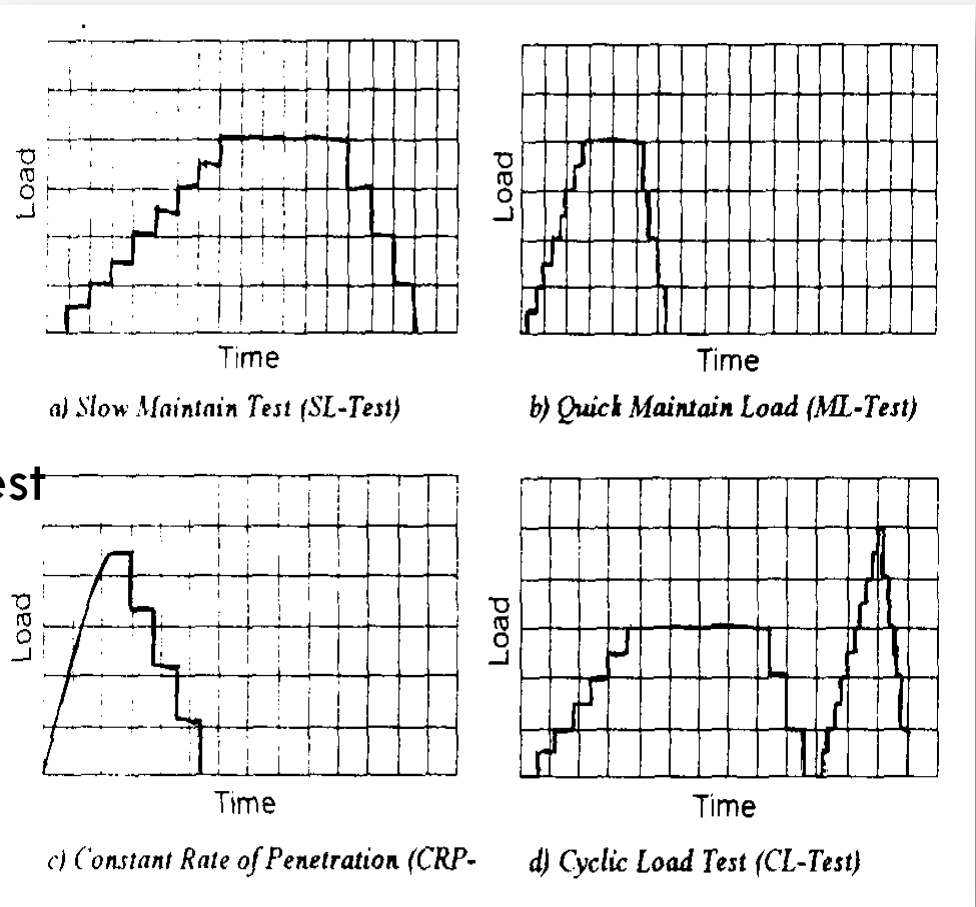
วิธีการทดสอบ (Static Load Test)

- ❖ Slow Maintain Load Test (SL-Test)

- ❖ Quick Load Test (ML-Test)

- ❖ Constant Rate Penetration Test (CRP-Test)

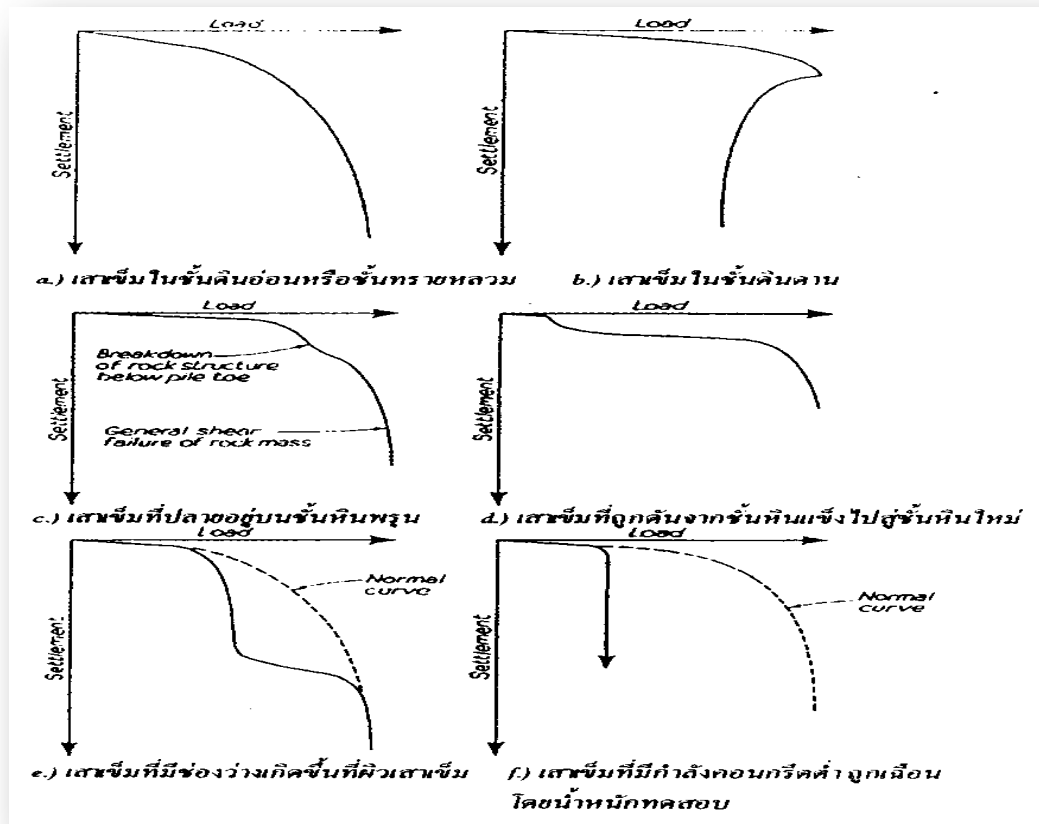
- ❖ Cyclic Loading Test (CL-Test)



การแปรผลการทดสอบ (Static Load Test)

❖ พฤติกรรมของเสาเข็ม (Pile Behavior)

พิจารณาจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับค่าการทรุดตัว (Load – Settlement Curve)



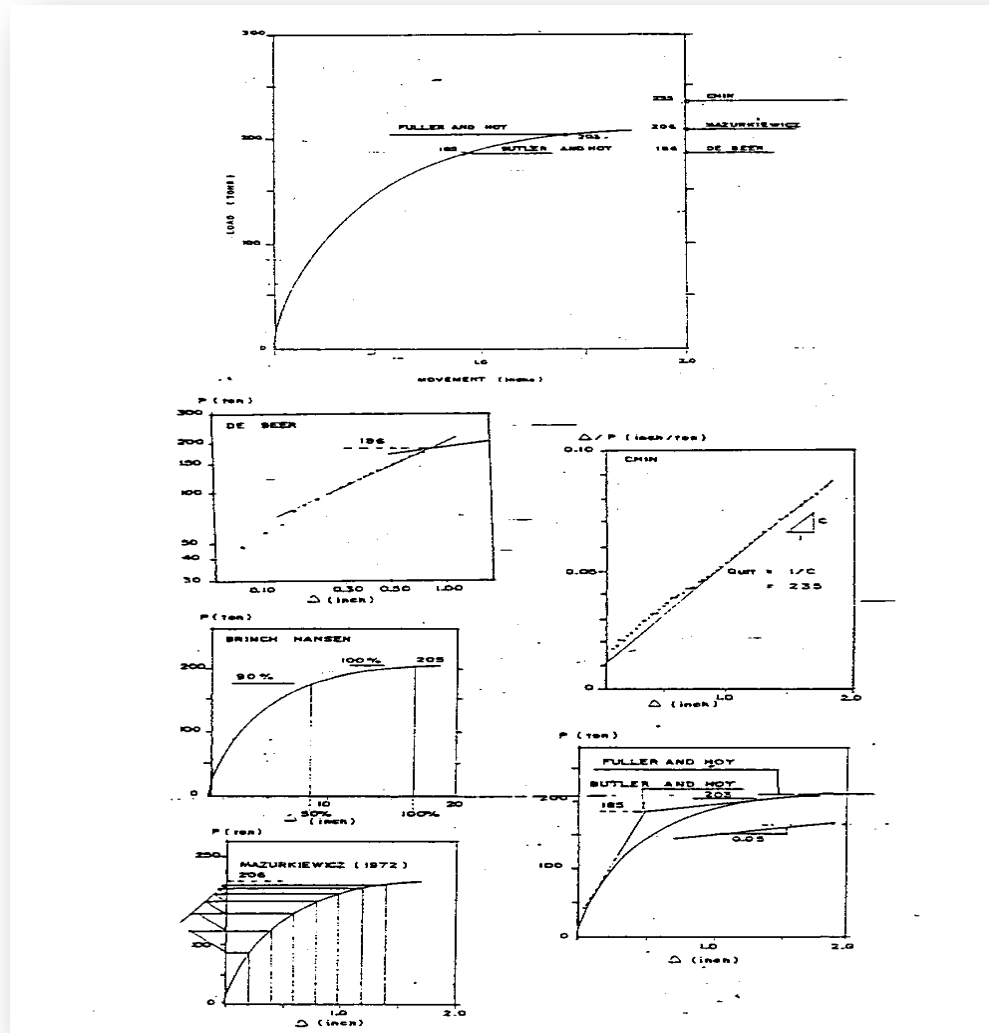
การแปรผลการทดสอบ (Static Load Test)

❖ ค่ากำลังรับน้ำหนักบรรทุกที่จุดวิบัติ

โดยทั่วไปเสาเข็มทดสอบมักจะทำการทดสอบไปที่น้ำหนักทดสอบสูงสุด 200%-250% ของน้ำหนักบรรทุกออกแบบ หากต้องการหาน้ำหนักบรรทุกที่จุดวิบัติ (Ultimate Capacity) จำเป็นต้องอาศัยเทคนิควิธีการต่างๆ เช่น

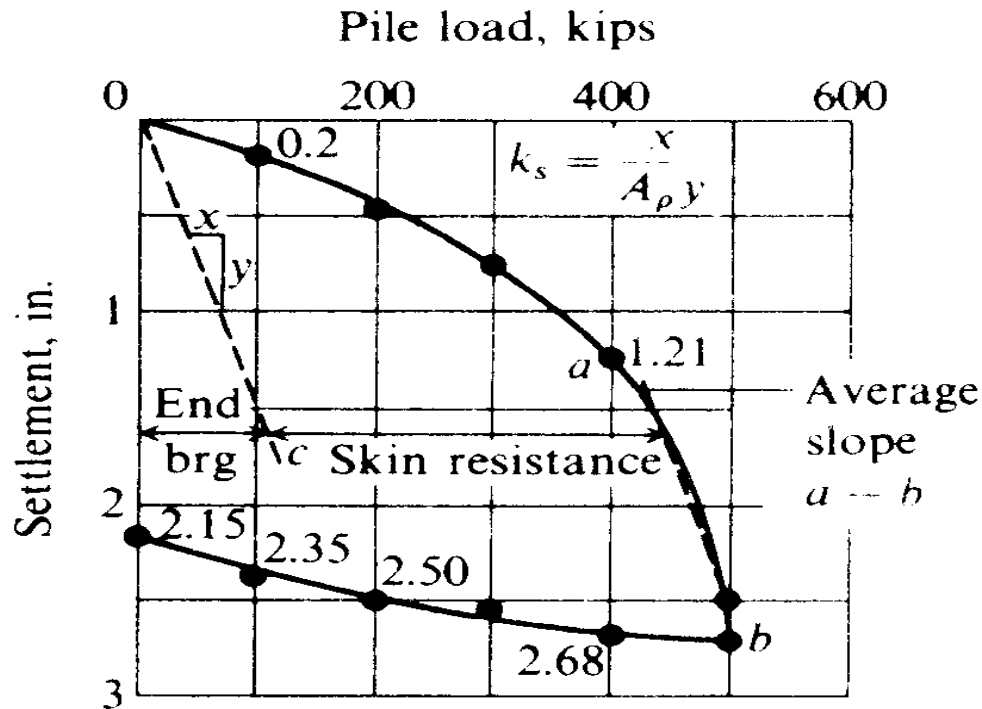
- **Davisson**
- **Chin**
- Debeer & Wallays
- **Brinch Hanson**
- **Mazurkiewics**
- Fuller & Hoy, Butler & Hoy
- Vander Veen

การแปรผลการทดสอบ (Static Load Test)



การประเมินแรงเสียดทานและแรงต้านทานปลายเข็ม

ในกรณีที่ไม่มีอุปกรณ์วัดแรงในแนวแกนเสาเข็ม อาจประเมินค่าแรงเสียดทานตลอดความยาวเข็มแยกจากแรงต้านทานที่ปลายเข็ม ได้ตามวิธีการของ Van Weel (1957)



(a) Usual method of presenting data.

ข้อกำหนดโครงการ

❖ Section 4.3 : Volume II Specifications Chapter 4 Foundation Works

- ❖ ระบบการทดสอบ : **Anchor (Tension Pile)** ระยะห่างระหว่างเสาเข็มสมอถึงเสาเข็มทดสอบต้องมีระยะไม่น้อยกว่า 3 เท่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเสาเข็ม (**Center to Center**) หรือ ไม่น้อยกว่า 2.00 เมตร เลือกใช้ระยะที่มากกว่า
- ❖ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ เช่น แม่แรงไฮดรอลิก ปัมป์ สายไฮดรอลิก และอุปกรณ์อื่นๆ จะต้องทำงานภายใต้การทดสอบที่ความดันไม่น้อยกว่า 1.50 เท่าของความดันสูงสุดที่เกิดจากการทดสอบ โดยไม่มีการรั่วซึม
- ❖ กำหนดให้ใช้อุปกรณ์พิเศษเพื่อวัดน้ำหนักบรรทุกทดสอบ (**Load Cell**) ที่ได้รับการสอบเทียบ (**Calibration**)
- ❖ กำหนดการทดสอบเป็นแบบ **Maintained Load Test** โดยมีค่าน้ำหนักบรรทุกสูงสุดในการทดสอบเท่ากับ 2.2 เท่าของน้ำหนักบรรทุกออกแบบ

ข้อกำหนดโครงการ

❖ Section 4.3 : Volume II Specifications Chapter 4 Foundation Works

❖ กำหนดให้มีการติดตั้งเครื่องมือวัดในเสาเข็มทดสอบ 2 ต้น 2 ชนิด ได้แก่ **Strain Gauge** และ **Mechanical Extensometer**

❖ **Strain Gauge** จะทำการติดตั้งที่ความลึกในช่วงความยาวเข็มใดๆ แตกต่างกันจำนวน 5 ระดับ ระดับละ 2 ตัวตามตำแหน่งดังนี้

- ❖ ที่ระดับหัวเสาเข็มทดสอบ
- ❖ ที่ระดับปลายของชั้นดินเหนียวอ่อน
- ❖ ที่ระดับปลายของชั้นดินเหนียวแข็งชั้นที่หนึ่ง
- ❖ ที่ระดับปลายของชั้นทรายชั้นที่หนึ่ง
- ❖ ที่ระดับ 1.0-2.0 เมตร จากปลายเสาเข็มทดสอบ

ทั้งนี้ระดับที่ติดตั้งอาจมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูลผลการสำรวจชั้นดินในบริเวณหรือใกล้เคียงเสาเข็มทดสอบ

ข้อกำหนดโครงการ

❖ Section 4.3 : Volume II Specifications Chapter 4 Foundation Works

- ❖ สำหรับ **Mechanical Extensometer** จะเป็น **Steel rod** สอดใส่ไว้ใน **Steel Tube** และปลายด้านบนติดตั้งกับ **Dial Gauge** เพื่อวัดการเคลื่อนตัว
- ❖ **Mechanical Extensometer** จะถูกติดตั้งไปกับโครงเหล็กในระดับเดียวกับระดับของ **Strain Gauge** ยกเว้นชั้นบนสุดเท่านั้นที่ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์ดังกล่าว
- ❖ โดยปกติค่า **Strain Gauge** จะต้องมีการตรวจวัดเป็นขั้นตอนในขณะที่ทำการติดตั้งเสาเข็มได้แก่ หลังจากติดตั้งในโครงเหล็กแล้วเสร็จ , ก่อนและหลังการเทคอนกรีต , ก่อนและหลังการทำ **Toe Grouting**

Instrumentation

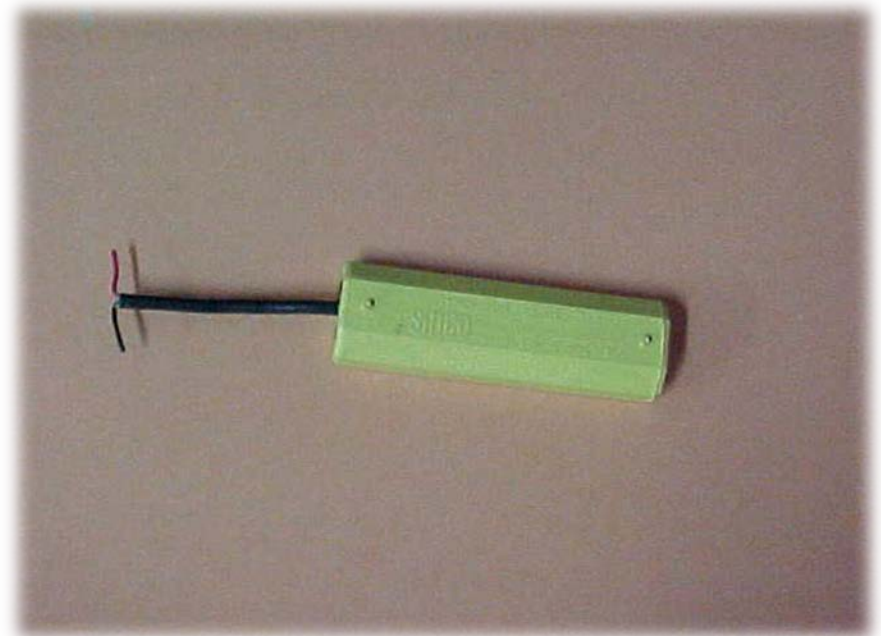
- ❖ Vibrating Wire Strain Gauges (VWSG)
- ❖ Mechanical Extensometer (Telldales)

Vibrating Wire Strain Gauge (VWSG)

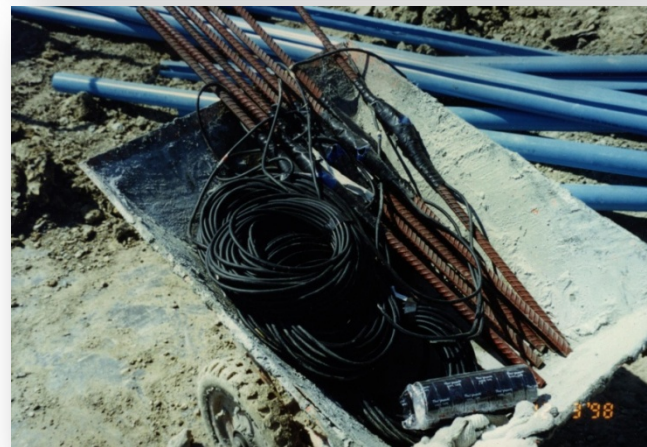
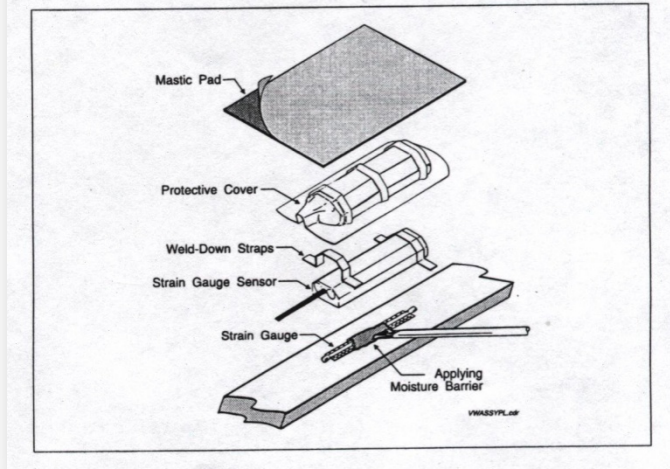
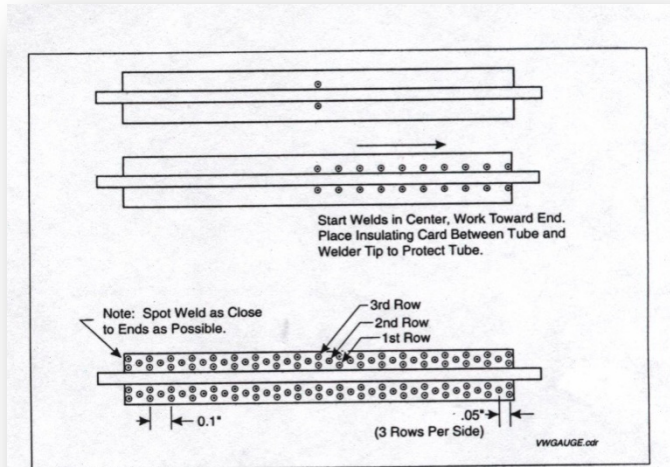


VWSG
(Spot Weld Type)


VWSG Sensor



INSTALLATION (VWWSG)



Vibrating Wire Strain Gauge (VWSG)



strain gauges
thermometers

VIBRATING WIRE and RESISTIVE STRAIN-GAUGES

Strain measurements during pile load testing

Stress and strain monitoring of tunnel final lining

Evaluation of the stress level in concrete diaphragm wall

Strain measurement of steel structures and arch support

Range of, suitable for demanding environments

VW strain-gauges are used to monitor strain in steel or in reinforced concrete and massive concrete structures.

- Arc-weldable VW strain-gauges are designed for arc welding to steel structure such as tunnel linings, piles and bridges.
- Embedment VW strain-gauges are directly embedded in concrete for strain measurements of piles, foundations, dams, tunnel, etc.
- Spot weldable VW strain gauges are specially designed for easy installation on steel structures by means of capacitive spot welder.
- Resistive strain-gauges are available for dynamic measurements in concrete or steel structure.

SISGEO

VIBRATING WIRE STRAIN-GAUGES

ACCESSORIES AND SPARE PARTS

OVK4200N00	"No-stress" embedment strain gauge with plastic container to isolate the section of concrete around the gauge	OVK4200C00	Mounting block for retrofit assembly of embedment strain-gauges (X-Y-Z orientation)
OVK400L000	Mounting jig for welding the strain-gauge mounting blocks on the steel surface	OVK400M000	Pair of arch weldable mounting blocks




TECHNICAL SPECIFICATIONS

Model	OVK4000V00	OVK4200V00	OVK4000M00
Description	surface mount type strain gauge with pluck coil and arch weldable end blocks	concrete strain-gauge with flanges for concrete embedment	embedment strain-gauge specially designed for <i>shockcrete</i> application
Method of installation	arc welding	embedment	embedment
After gauge length	150 mm	165 mm	200 mm
Gauge thickness	3000 µm	3000 µm	3000 µm
Linearity	1.0 µm	1.0 µm	0.1 µm
Accuracy	<±2.0% FSR	<±2.0% FSR	<±2.0% FSR
Stability	0.1% FSR/y	0.1% FSR/y	0.1% FSR/y
Typical frequency output	800 Hz	800 Hz	1400 Hz
Coil resistance	150 ohm	150 ohm	150 ohm
Thermal coeff. of expansion	12 ppm/°C	12 ppm/°C	12 ppm/°C
Temperature range	-20°C + 80°C	-20°C + 80°C	-20°C + 80°C

Strain-gauges on steel lining

CE **Electromagnetic compatibility according to EN 6132-1 and EN 6132-A1 standards for EMC emission and immunity**

PHYSICAL FEATURES



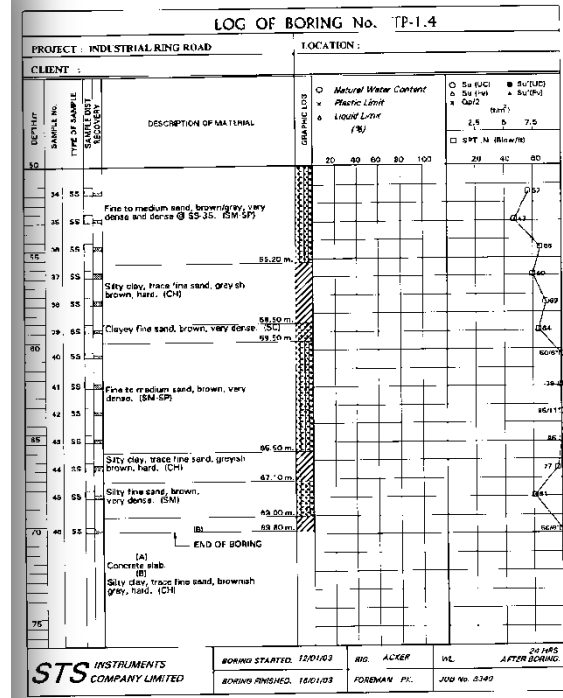
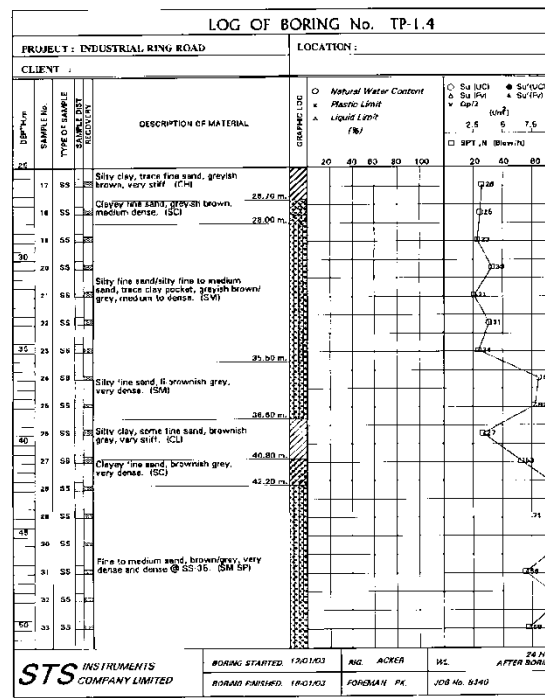
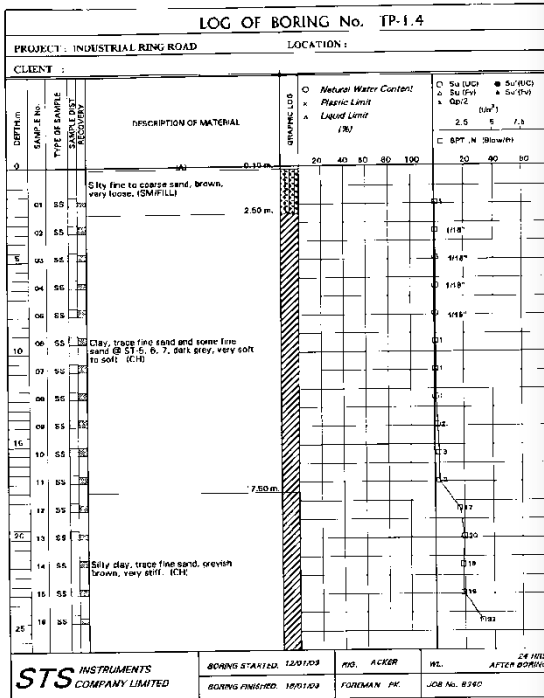

VWSG (Embedment Type)

Vibrating Wire Strain Gauge (VWSG)



VWSG (Embedment Type)

Log of Boring



Location of Instrument (VWSG and Telltales)

STS INSTRUMENTS COMPANY LIMITED				
Location of Instrument (New Proposed)				
TP-1.4				
Level m. (MSL.)		Soil Profile	VWSG Location	Rod Extensometer Location
+2.00				
+1.00	+1.84			
0.00	0.87	Very Loose Sand		
-1.00				
-2.00				
-3.00			2 No. at -2.90 m. (MSL.)	
-4.00				
-5.00				
-6.00				
-7.00				
-8.00				
-9.00				
-10.00		Soft Clay		
-11.00				
-12.00				
-13.00				
-14.00				
-15.00	15.67		2 No. at -15.65 m. (MSL.)	
-16.00				
-17.00				
-18.00				
-19.00				
-20.00				
-21.00		Very Stiff Clay		
-22.00				
-23.00				
-24.00				
-25.00	24.87		2 No. at -24.85 m. (MSL.)	1 No. at -24.85 m. (MSL.)
-26.00		Medium to Dense Sand		
-27.00	26.17			
-28.00				
-29.00		Medium to Dense Sand		
-30.00				
-31.00				
-32.00				
-33.00				
-34.00	33.67	Very Dense Sand		
-35.00				
-36.00				
-37.00	36.77	Very Stiff Clay	2 No. at -36.75 m. (MSL.)	
-38.00				
-39.00	38.07	Very Stiff Clay	2 No. at -38.95 m. (MSL.)	
-40.00				
-41.00		Very Dense Sand		
-42.00	40.37			
-43.00				
-44.00				
-45.00				
-46.00		Very Dense Sand	2 No. at -45.20 m. (MSL.)	
-47.00				
-48.00				
-49.00				
-50.00				
-51.00				
-52.00	52.00		2 No. at -51.50 m. (MSL.)	1 No. at -51.50 m. (MSL.)

Note : Pile Top and Tip Elevation is located at +1.834 and -52.000 m.(MSL) respectively

Installation (VWSG)



Installation (VWSG)



Convert measured strain value from VWSG to load

From hook 's law

$$E = \sigma / \varepsilon = P / (A\varepsilon)$$

Thus

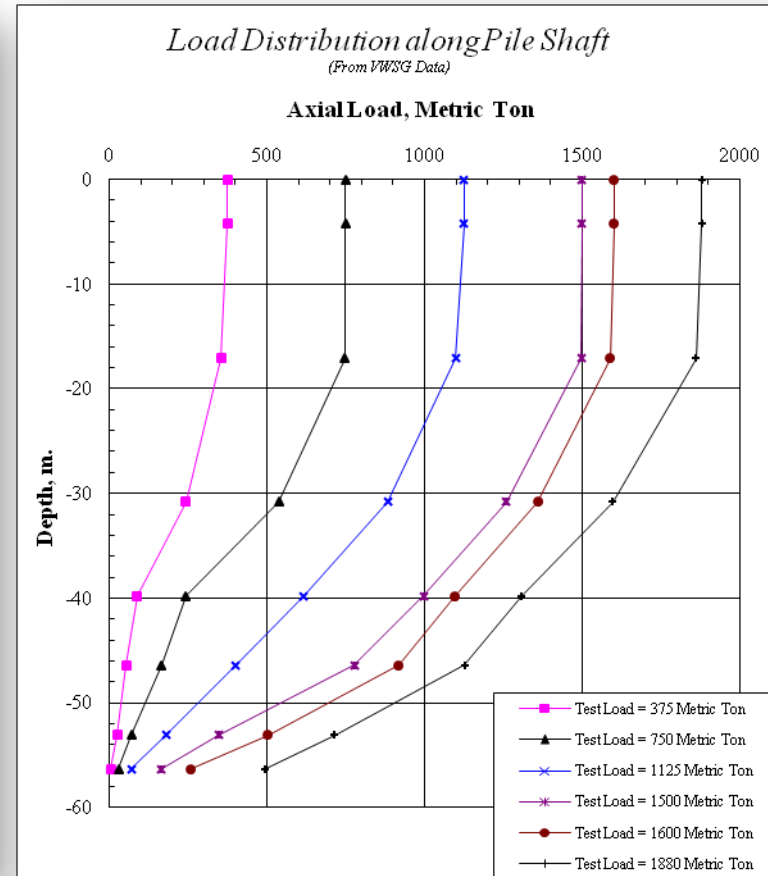
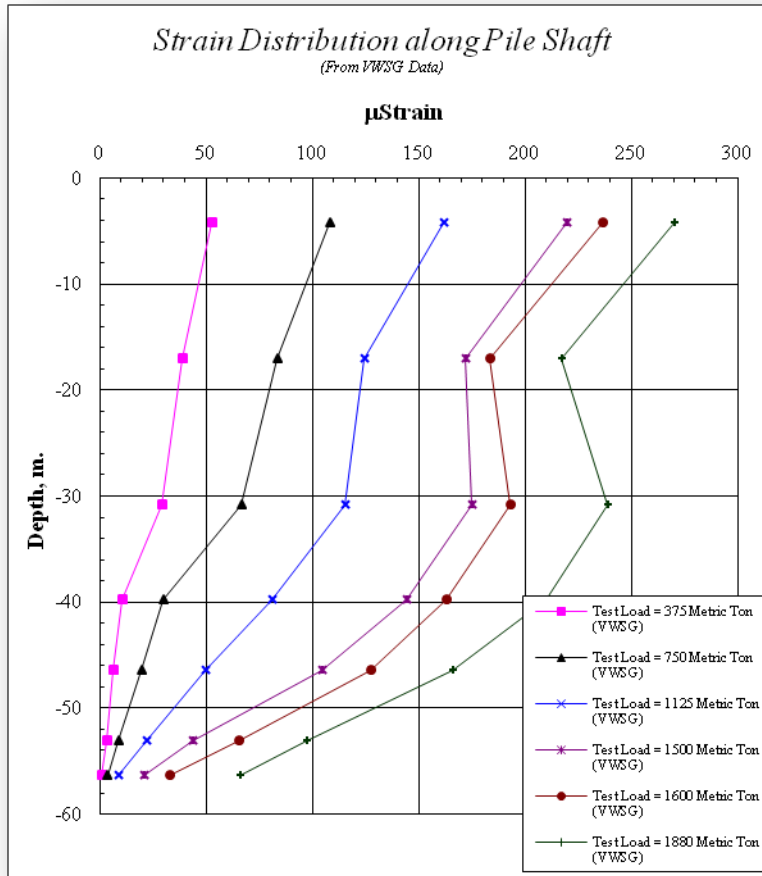
$$P = (EA) \varepsilon$$

E = *Elastic Modulus of Pile (Concrete & Reinforcement Steel)*

A = *Sectional area of Pile*

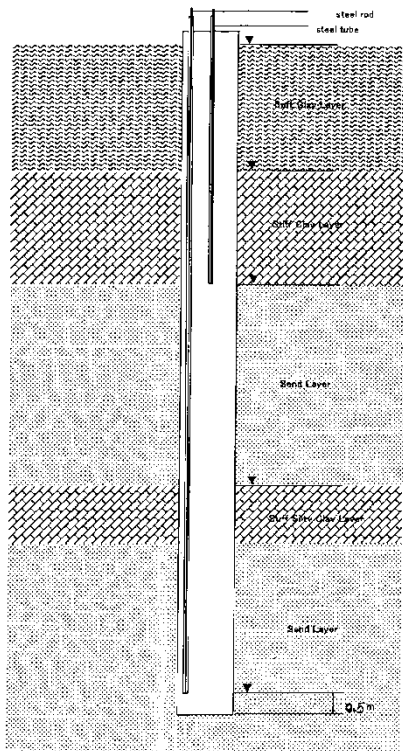
ε = *Measured Strain from vibrating wire strain gauge*

Strain and Load Distribution along pile Shaft from VWSG Data

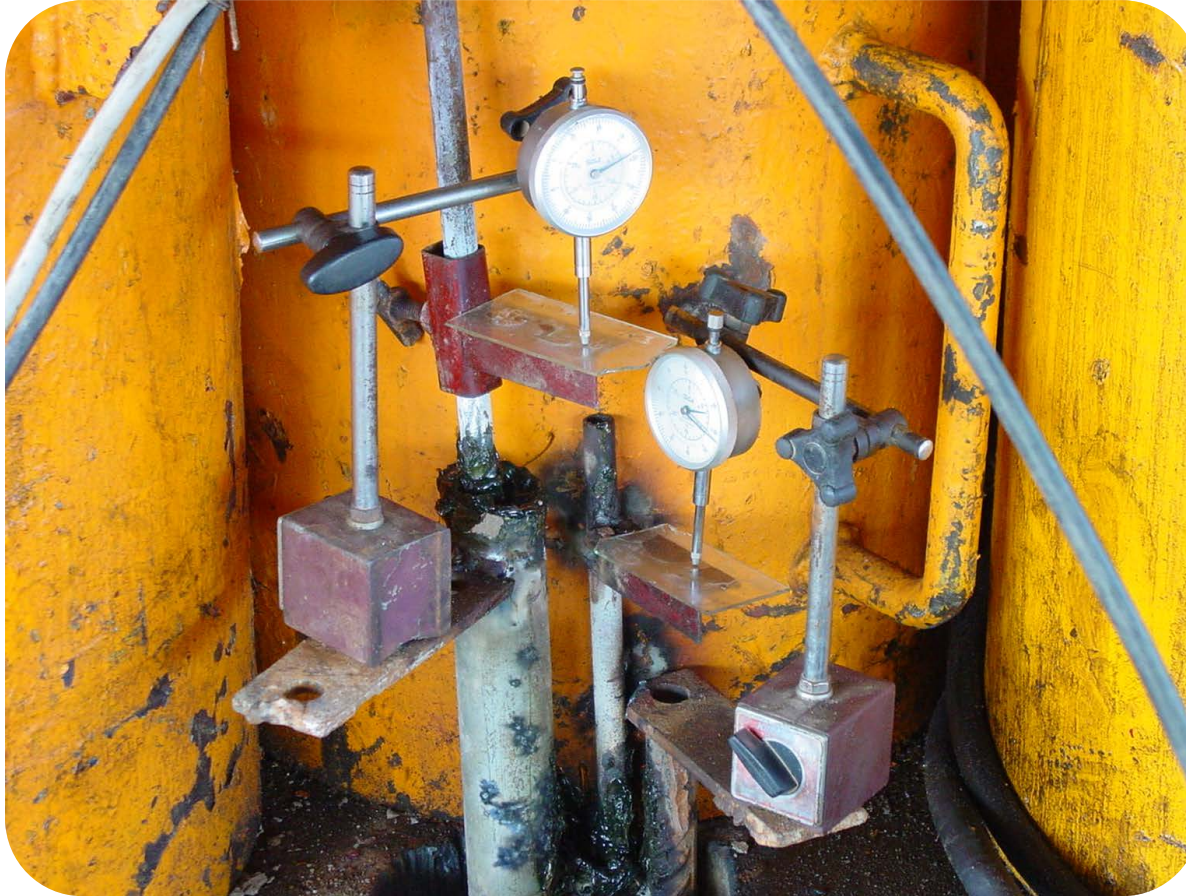


Mechanical Rod Extensometer (Telltales)

Location of Instrumentation (Tell-tale Rod)



Mechanical Rod Extensometer (Telldaes)



Compression Strain Mechanical Extensometer (Telltale)



Telltale is an instrument that measure pile shortening during the static pile load test

Data from telltale can convert to average strain by the following equation.

$$\epsilon_{av} = \Delta / L$$

Where

ϵ_{av} = *average strain at midway of L*

Δ = *Shortening of pile that gets from Extensometer Instrument.*

L = *Length between pile head and telltale anchor plate location*

Compression Strain Mechanical Extensometer (Telltale)

If the test pile installs telltale more than one location, we can calculate another strain average by

$$\varepsilon_{av} = (\Delta_i - \Delta_j) / (L_i - L_j)$$

Where

ε_{av} = average strain at midway of L_i and L_j that calculated from 2 telltale data.

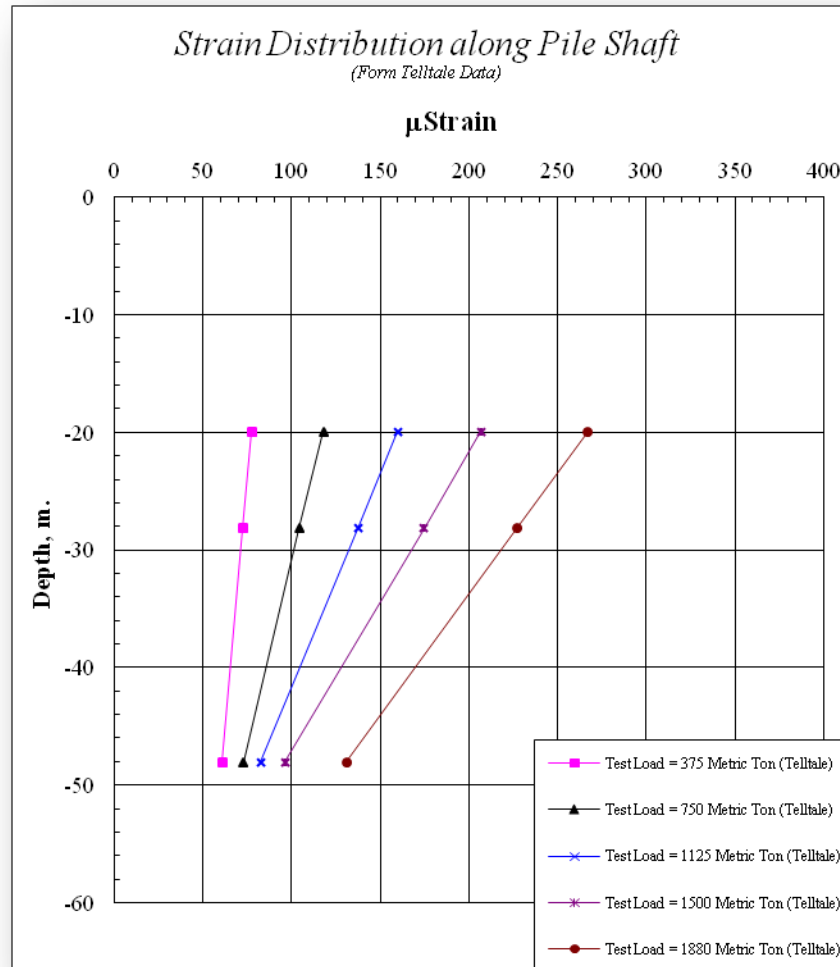
Δ_i = Shortening of pile that gets from Extensometer Instrument No. i

Δ_j = Shortening of pile that gets from Extensometer Instrument No. j

L_i = Length between pile head and telltale anchor plate location No. i

L_j = Length between pile head and telltale anchor plate location No. j

Strain Distribution along pile Shaft from Telltales Data



รายละเอียดเสาเข็มทดสอบในโครงการ

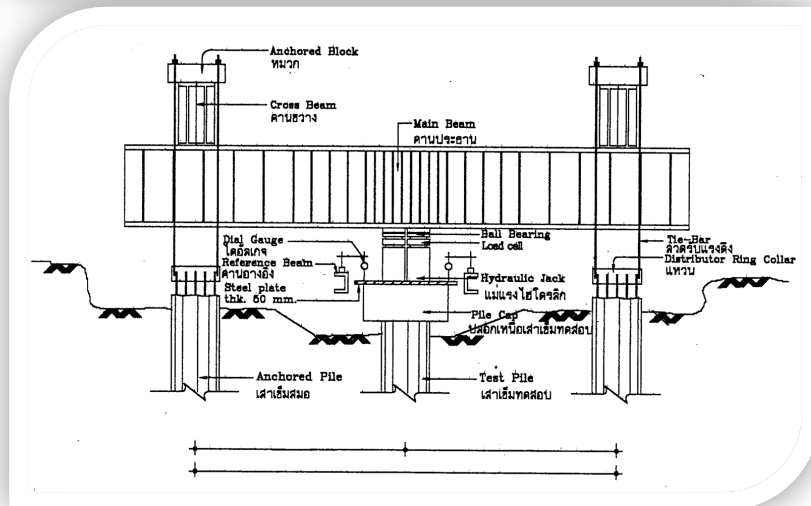
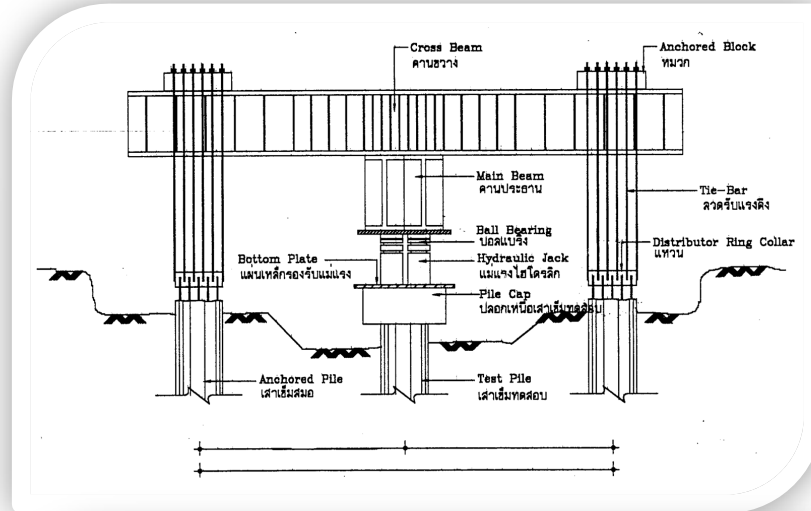
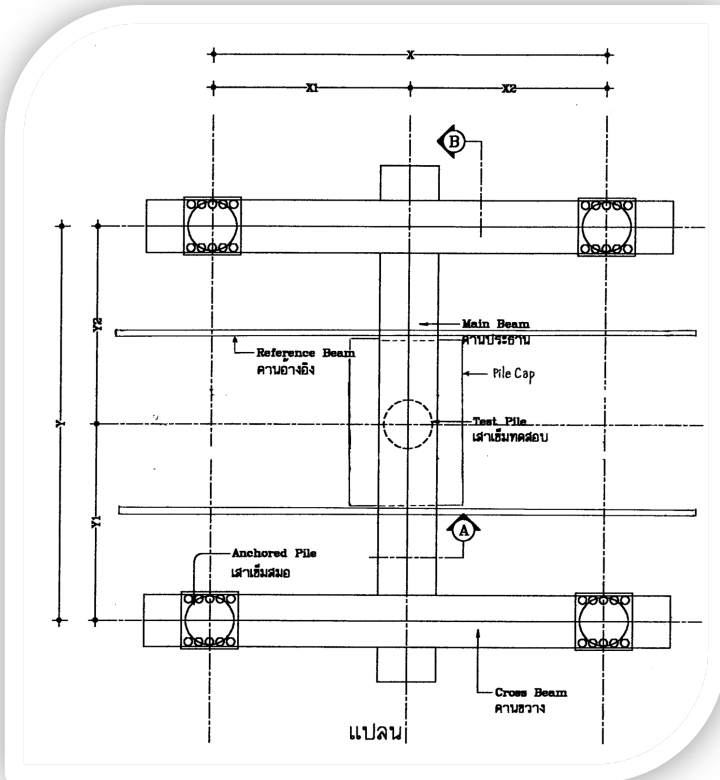
- ❖ เสาเข็มทดสอบในโครงการ จำนวนทั้งสิ้น 11 ต้น
- ❖ ของ **Siam Tone** จำนวน 3 ต้น ได้แก่
 - ❖ #M1 Dia. 1200 mm. Max test load 1320 ton (600x2.2)
 - ❖ #M4 Dia. 1200 mm. Max test load 1320 ton (600x2.2)
 - ❖ #M3 Dia. 1500 mm. Max test load 2420 ton (1100x2.2)
- ❖ ของ **Italthai Trevi** จำนวน 8 ต้น ได้แก่
 - ❖ Sta. 0+108.061 Dia. 800 mm. Max test load 660 ton (300x2.2)
 - ❖ Sta. 0+326.300 Dia. 800 mm. Max test load 660 ton (300x2.2)
 - ❖ Sta. 0+562.930 Dia. 800 mm. Max test load 660 ton (300x2.2)
 - ❖ Sta. 0+919.440 Dia. 800 mm. Max test load 660 ton (300x2.2)
 - ❖ Sta. 0+078.500 Dia. 1200 mm. Max test load 1320 ton (600x2.2)
 - ❖ Sta. 0+901.440 Dia. 1200 mm. Max test load 1320 ton (600x2.2)
 - ❖ Sta. 0+181.951 Dia. 1200 mm. Max test load 1320 ton (600x2.2)
 - ❖ #M2 River Pier Dia. 1500 mm. Max test load 2420 ton (1100x2.2)

รายละเอียดเสาเข็มทดสอบในโครงการ

- ❖ ระบบการทดสอบ ใช้ระบบแรงปฏิกิริยาแบบ เสาเข็มสมอ 4 ต้น
- ❖ ข้อกำหนดโครงการระบุให้เสาเข็มทดสอบขนาด 1500 มม. ต้องทำ Pile Toe Treatment แบบ Toe Grouting
- ❖ ข้อกำหนดโครงการระบุให้เสาเข็มทดสอบขนาด 1500 มม.จะต้องทำการติดตั้งเครื่องมือวัดจำนวน 2 ชนิด ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว
 - ❖ Vibrating Wire Strain Gauges (VWSG)
 - ❖ Mechanical Extensometer (Telldales)

รายละเอียดเสาเข็มทดสอบในโครงการ

ระบบเสาเข็มสมอ 4 ต้น



รายละเอียดเสาเข็มทดสอบในโครงการ

ตำแหน่งเครื่องมือวัดในเสาเข็มทดสอบขนาด 1500 มม.

STS INSTRUMENTS COMPANY LIMITED					
Location of Instrument					
Bored Pile Dia. 1.50 x 60.00 m., Nonthaburi Bridge, BH-6,M3					
Level (m.)	Depth (m.)	Soil Layer Level	Soil Layer Depth	Soil Profile	Strain Gauge
±0.00	0.00	G.L. -±0.00		Top of Boring at ±0.00 m.	
-1.00	1.00			Fill	2 No. at 2.5 m. below Top pile cap <small>This level shall be set up during installation on site</small>
-2.00	2.00				
-3.00	3.00	-3.000	3.000		
-4.00	4.00				
-5.00	5.00				
-6.00	6.00				
-7.00	7.00				
-8.00	8.00				
-9.00	9.00				
-10.00	10.00				
-11.00	11.00			Soft Clay	
-12.00	12.00				
-13.00	13.00				
-14.00	14.00	-14.000	14.000		
-15.00	15.00				
-16.00	16.00				
-17.00	17.00	-16.500	16.500		
-18.00	18.00				
-19.00	19.00				
-20.00	20.00				
-21.00	21.00			Medium Clay	2 No. at -16.500 m. 1 No. at -16.500 m. <small>(16.50 m. from Ground)</small>
-22.00	22.00				
-23.00	23.00	-22.500	22.500	Very Soft Clay	2 No. at -22.500 m. 1 No. at -22.500 m. <small>(22.50 m. from Ground)</small>
-24.00	24.00	-24.000	24.000		
-25.00	25.00			Dense Sand	2 No. at -28.500 m. 1 No. at -28.500 m. <small>(28.50 m. from Ground)</small>
-26.00	26.00				
-27.00	27.00	-27.000	27.000	Very Dense Sand	
-28.00	28.00				
-29.00	29.00			Dense Sand	
-30.00	30.00				
-31.00	31.00			Very Dense Sand	
-32.00	32.00				
-33.00	33.00	-30.000	30.000		
-34.00	34.00				
-35.00	35.00				
-36.00	36.00				
-37.00	37.00				
-38.00	38.00				
-39.00	39.00				
-40.00	40.00				
-41.00	41.00			Hard Clay	#M3
-42.00	42.00				
-43.00	43.00				
-44.00	44.00				
-45.00	45.00				
-46.00	46.00				
-47.00	47.00				
-48.00	48.00				
-49.00	49.00	-49.000	49.000		
-50.00	50.00				
-51.00	51.00			Hard Clay	
-52.00	52.00				
-53.00	53.00				
-54.00	54.00				
-55.00	55.00				
-56.00	56.00				
-57.00	57.00				
-58.00	58.00				
-59.00	59.00	-59.000	59.000		
-60.00	60.00	-60.000	60.000		

<<< Pile Tip at -60.000 m. (60.00 m. from G.L.) >>>

STS INSTRUMENTS COMPANY LIMITED					
Bored Pile Dia. 1.50 x 60.00 m., Nonthaburi Bridge, BH-5(1), River Pier					
Level (m.)	Depth (m.)	Soil Layer Level	Soil Layer Depth	Soil Profile	Strain Gauge
±0.00	0.00			Water	2 No. at 2.5 m. below Top pile cap <small>This level shall be set up during installation on site</small>
-1.00	1.00				
-2.00	2.00				
-3.00	3.00				
-4.00	4.00				
-5.00	5.00				
-6.00	6.00				
-7.00	7.00				
-8.00	8.00	-8.000	8.000		
-9.00	9.00				
-10.00	10.00				
-11.00	11.00				
-12.00	12.00				
-13.00	13.00				
-14.00	14.00				
-15.00	15.00				
-16.00	16.00	-16.000	16.000		
-17.00	17.00				
-18.00	18.00			Medium Sand	2 No. at -16.500 m. 1 No. at -16.500 m.
-19.00	19.00				
-20.00	20.00			Very Dense Sand	
-21.00	21.00	-21.000	21.000		
-22.00	22.00			Medium Sand	
-23.00	23.00	-22.000	22.000		
-24.00	24.00			Dense Sand	2 No. at -28.500 m. 1 No. at -28.500 m.
-25.00	25.00				
-26.00	26.00			Loose to Medium Sand	
-27.00	27.00	-27.000	27.000		
-28.00	28.00			Very Dense Sand	
-29.00	29.00	-27.000	27.000		
-30.00	30.00			Medium Clay	2 No. at -34.500 m. 1 No. at -34.500 m.
-31.00	31.00				
-32.00	32.00			Very Dense Sand	
-33.00	33.00	-37.000	29.000		
-34.00	34.00				
-35.00	35.00				
-36.00	36.00				
-37.00	37.00				
-38.00	38.00				
-39.00	39.00				
-40.00	40.00				
-41.00	41.00				
-42.00	42.00			Hard Clay	#M2
-43.00	43.00				
-44.00	44.00				
-45.00	45.00				
-46.00	46.00				
-47.00	47.00				
-48.00	48.00				
-49.00	49.00				
-50.00	50.00	-53.000	45.000		
-51.00	51.00				
-52.00	52.00			Very Dense Sand	
-53.00	53.00				
-54.00	54.00	-54.000	46.000		
-55.00	55.00				
-56.00	56.00	-55.000	47.000		
-57.00	57.00				
-58.00	58.00				
-59.00	59.00				
-60.00	60.00				
-61.00	61.00				
-62.00	62.00			Very Dense Sand	
-63.00	63.00				
-64.00	64.00				
-65.00	65.00				
-66.00	66.00				
-67.00	67.00				
-68.00	68.00				
-69.00	69.00				
-70.00	70.00				
-71.00	71.00				

<<< Pile Tip at -65.900 m. MSL >>>

รายละเอียดเสาเข็มทดสอบในโครงการ

ขั้นตอนดำเนินการทดสอบ

Cycle	Load, percentage of required test load	Minimum time of holding load
1	0	-
	10	30 min.
	20	30 min.
	30	30 min.
	40	30 min.
	50	30 min.
	40	10 min.
	30	10 min.
	20	10 min.
	10	10 min.
	0	1 hr.
2	10	30 min.
	20	30 min.
	30	30 min.
	40	30 min.
	50	12 hr.
	40	10 min.
	30	10 min.
	20	10 min.
	10	10 min.
	0	1 hr.

Cycle	Load, percentage of required test load	Minimum time of holding load
3	10	30 min.
	20	30 min.
	30	30 min.
	40	30 min.
	50	30 min.
	60	30 min.
	70	30 min.
	80	30 min.
	90	30 min.
	100	12 hr.
	90	10 min.
	80	10 min.
	70	10 min.
	60	10 min.
	50	10 min.
	40	10 min.
	30	10 min.
	20	10 min.
	10	10 min.
0	6 hr.	

- ❖ Each increment of load shall be held for not less than the period in table or until the rate of settlement is less than 0.25 mm/h slowing down.
- ❖ Each stage of unloading shall proceed after the expiry of the period shown in table
- ❖ When the load is constant, time and settlement shall be record immediately on reaching the load and at approximately 5 min intervals for 30 min., 10 min intervals between 30 min and 1 h., and 1 h. intervals between 1 h. and 12 h. after the application of the increment of load.

การทดสอบเสาเข็มทดสอบในโครงการ



Static Pile Load Test on Bored Pile Dia. 800 mm.

การทดสอบเสาเข็มทดสอบในโครงการ



Static Pile Load Test on Bored Pile Dia. 1200 mm.

การทดสอบเสาเข็มทดสอบในโครงการ



Instrumented Static Pile Load Test on Bored Pile Dia. 1500 mm.

การทดสอบเสาเข็มทดสอบในโครงการ



Installation Dial Gauge for Pile Settlement Measurement

การทดสอบเสาเข็มทดสอบในโครงการ



Back-up Settlement Measurement
(Piano Wire & Optional Leveling)



Recorded Data for
Strain Gauge and Load Cell

การทดสอบเสาเข็มทดสอบในโครงการ



Mechanical Extensometer Measured by Dial Gauge

การทดสอบเสาเข็มทดสอบในโครงการ



Pressure Gauge



Anchor Pile Uplift Measurement

การทดสอบเสาเข็มทดสอบในโครงการ



Leveling measurement



Reference BM for Leveling Measurement

ผลการทดสอบเสาเข็มทดสอบในโครงการ

Pile No.	Pile Dia. (mm.)	Length (m.)	Design Load (ton)	Max Test Load (ton)	Test Date	VWSG	Extensio	Pile Toe Grouting	Max Set (mm.)	Permanent Set (mm.)
SIAM TONE										
#M1	1200	60	600	1320	13/8/2012	👎	👎	👎	16.50	6.00
#M4	1200	60	600	1320	16/7/2012	👎	👎	👎	13.37	5.47
#M3	1500	60	1100	2420	7/7/2012	👍	👍	👍	24.54	11.80
ITALTHAI TREVI										
Sta.0+108.061	800	45	300	660	10/6/2012	👎	👎	👎	14.63	4.72
Sta.0+326.300	800	45	300	660	29/6/2012	👎	👎	👎	13.57	4.19
Sta.0+562.930	800	45	300	660	5/6/2012	👎	👎	👎	13.70	4.21
Sta.0+919.440	800	45	300	660	18/6/2012	👎	👎	👎	17.27	5.52
Sta.0+078.500	1200	60	600	1320	1/6/2012	👎	👎	👎	16.29	6.09
Sta.0+901.440	1200	60	600	1320	17/6/2012	👎	👎	👎	15.51	5.11
Sta.0+181.951	1200	60	600	1320	-	👎	👎	👎	-	-
#M2	1500	60	1100	2420	-	👍	👍	👍	-	-

ผลการทดสอบเสาเข็มทดสอบในโครงการ

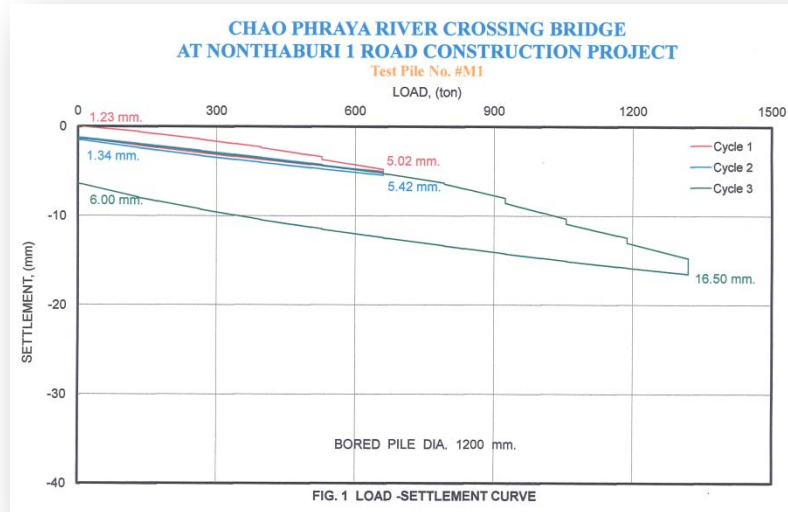


Example of Recorded Data

PILE LOAD TEST

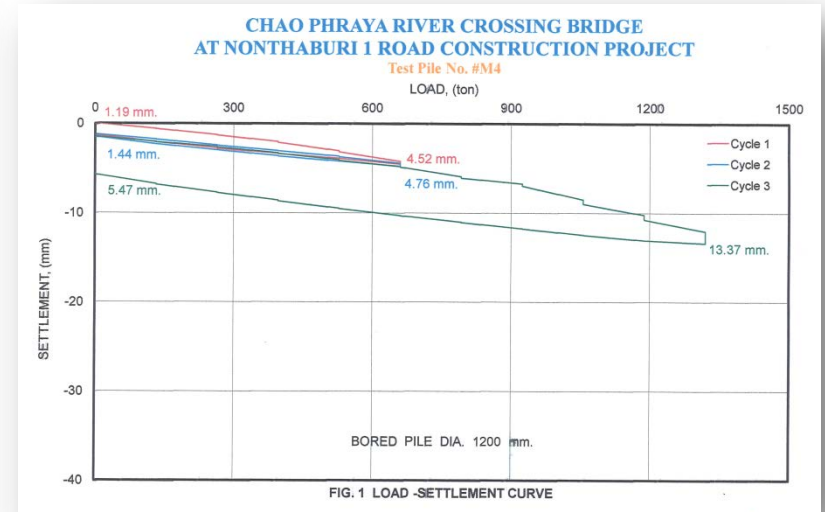
PROJECT : CHAO PHRAYA RIVER CROSSING BRIDGE AT NONTHABURI 1 ROAD CONSTRUCTION											PILE SIZE : Bored Pile dia. 800 mm.				TEST PILE NO. : P1/2 #1									
CONTRACTOR : ITT				DESIGN LOAD : 300 Ton				MAX. TEST LOAD : 660 Ton				LOCATION : Nonthaburi				TEST BY : Somdej								
DATE (d/m/y)	TIME	ELAP. TIME	LOADING		SETTLEMENT GAUGE				AVG. READING x 0.01 mm	RATE (mm./ 30 min.)	ACTUAL MOVE'NT (mm.)	LEVEL x 0.1 mm.								LOADCELL (Ton)	REMARKS			
			MANOMETER		READING x 0.01 mm.							REACTION PILE				REF. BEAM	TEST PILE	PIANO WIRE	BM			°C		
			READING	Ton	G1	G2	G3	G4				No.1	No.2	No.3	No.4									
03/07/12	11:45	0	0	0	100	100	100	100	100.00	-	0.00	500	500	500	500	500	100	100	710	-	0.00			
03/07/12	11:45	0	600	66	158	161	160	160	159.75	-	0.60	495	498	495	499	500	104	105	710	-	69.90	Cycle 1		
03/07/12	11:50	5	600	66	159	163	162	161	161.25	-	0.61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
03/07/12	11:55	10	600	66	160	163	162	161	161.50	-	0.62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
03/07/12	12:00	15	600	66	160	163	162	161	161.50	-	0.62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
03/07/12	12:05	20	600	66	161	164	163	161	162.25	-	0.62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
03/07/12	12:10	25	600	66	161	164	163	162	162.50	-	0.63	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
03/07/12	12:15	30	600	66	162	165	164	163	163.50	0.038	0.64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	69.54	
03/07/12	12:15	0	1100	132	226	220	219	223	222.00	-	1.22	489	492	489	495	500	111	110	710	-	135.89			
03/07/12	12:20	5	1100	132	227	221	221	225	223.50	-	1.24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
03/07/12	12:25	10	1100	132	229	223	223	227	225.50	-	1.26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
03/07/12	12:30	15	1100	132	230	225	225	229	227.25	-	1.27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
03/07/12	12:35	20	1100	132	231	225	225	229	227.50	-	1.28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
03/07/12	12:40	25	1100	132	232	225	225	229	227.75	-	1.28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
03/07/12	12:45	30	1100	132	232	225	226	229	228.00	0.060	1.28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	130.93
03/07/12	12:45	0	1600	198	312	300	296	302	302.50	-	2.03	480	490	480	491	500	119	120	710	-	202.95			
03/07/12	12:50	5	1600	198	314	301	298	305	304.50	-	2.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
03/07/12	12:55	10	1600	198	314	304	300	307	306.25	-	2.06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
03/07/12	13:00	15	1600	198	316	306	304	311	309.25	-	2.09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
03/07/12	13:05	20	1600	198	317	307	305	312	310.25	-	2.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
03/07/12	13:10	25	1600	198	317	307	305	312	310.25	-	2.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
03/07/12	13:15	30	1600	198	317	307	305	312	310.25	0.078	2.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	195.88
03/07/12	13:15	0	2000	264	395	381	378	388	385.50	-	2.86	472	489	478	488	500	128	125	710	-	264.43			

ผลการทดสอบเสาเข็มทดสอบในโครงการ



Description	Pile Head Movement, mm.		
	Cycle 1 Max. Test Load 660 ton	Cycle 2 Max. Test Load 660 ton	Cycle 3 Max. Test Load 1320 ton
Gross Settlement	5.02	5.42	16.50
Permanent Settlement	1.23	1.34	6.00
Recovery Rebound	3.79	4.08	10.50

#M1 (Dia. 1200 mm.)



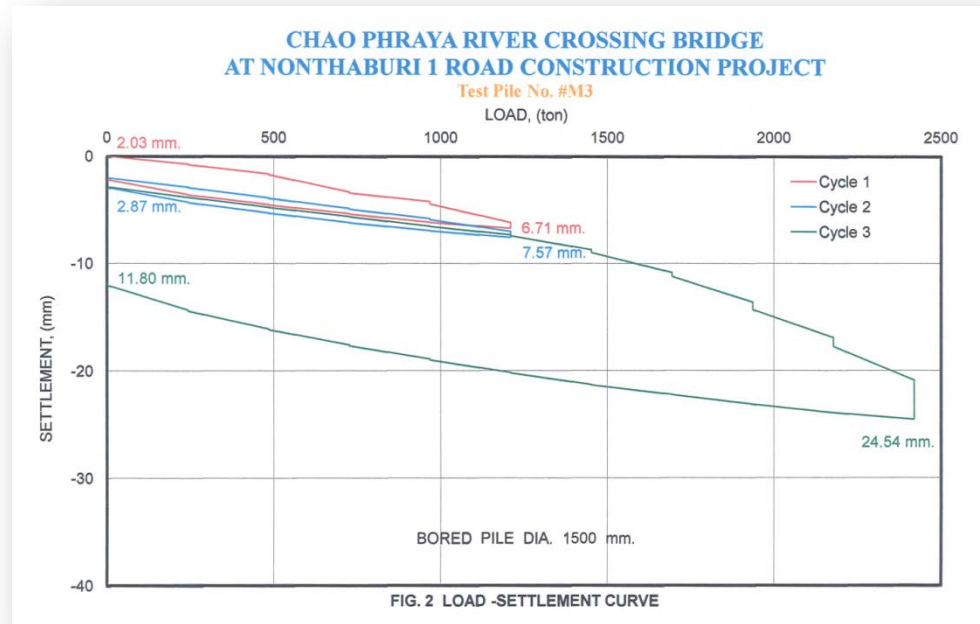
Description	Pile Head Movement, mm.		
	Cycle 1 Max. Test Load 660 Tons	Cycle 2 Max. Test Load 660 Tons	Cycle 3 Max. Test Load 1320 Tons
Gross Settlement	4.52	4.76	13.37
Permanent Settlement	1.19	1.44	5.47
Recovery Rebound	3.33	3.32	7.90

#M4 (Dia. 1200 mm.)

ผลการทดสอบเสาเข็มทดสอบในโครงการ

#M3

(Dia. 1500 mm.)



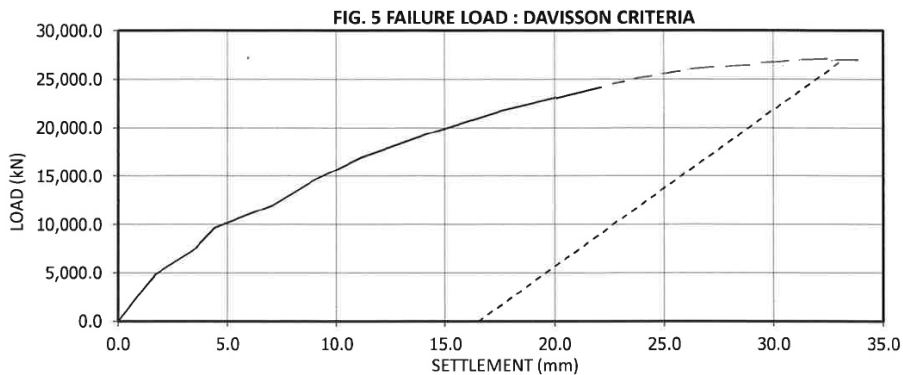
Description	Pile Head Movement, mm.		
	Cycle 1 Max. Test Load 1210 ton	Cycle 2 Max. Test Load 1210 ton	Cycle 3 Max. Test Load 2420 ton
Gross Settlement	6.71	7.57	24.54
Permanent Settlement	2.03	2.87	11.80
Recovery Rebound	4.68	4.7	12.74

ผลการทดสอบเสาเข็มทดสอบในโครงการ

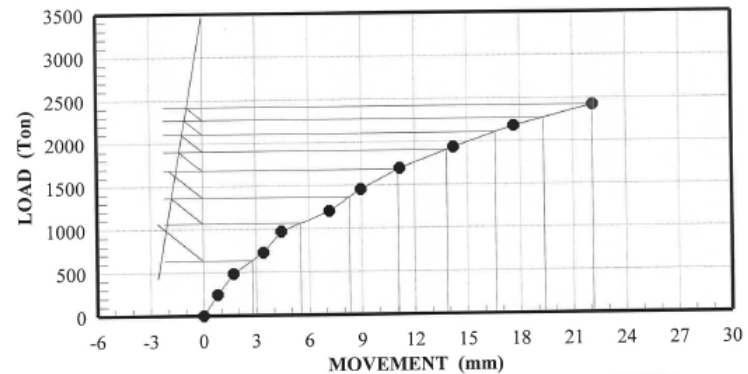
Limited Load Analysis#M3 (Dia. 1500 mm.)

Limited Load Criteria	Limited Load Type	Loading Capacity (ton)
Davisson	Yield Load	2700.0
Mazurkiewicz's	Ultimate Load	3458.5

Davisson Method

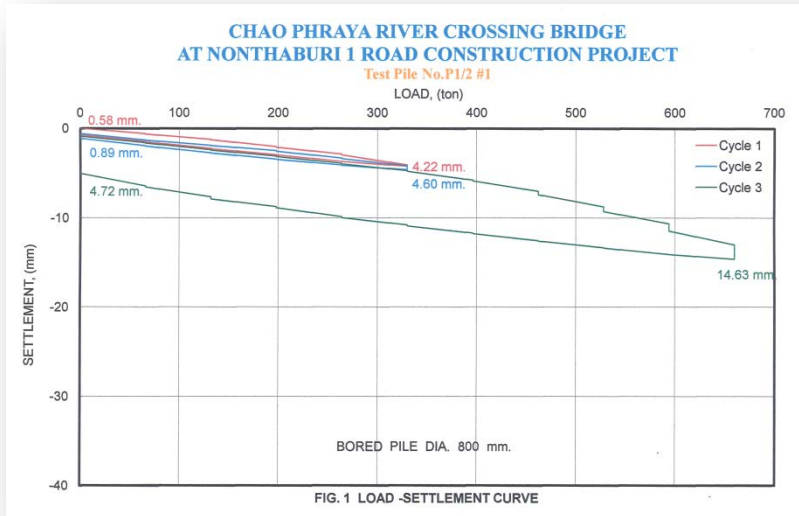


Mazurkiewicz's Method



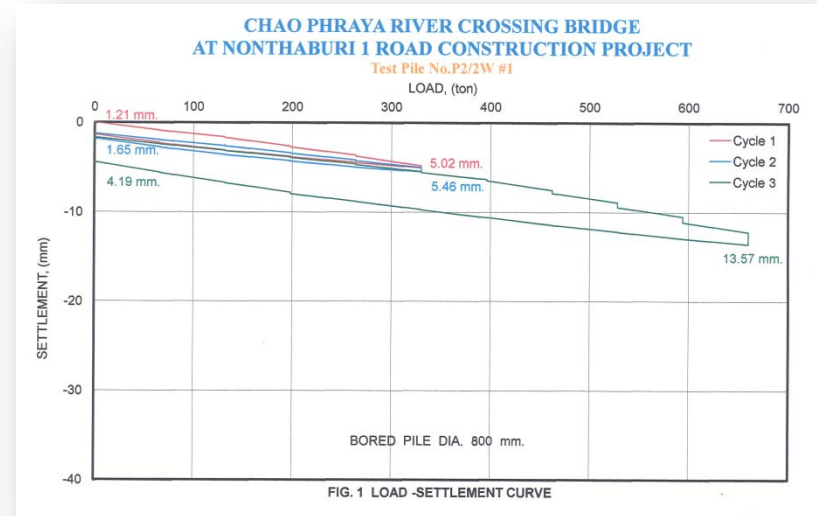
MAZURKIEWICZ'S LIMIT LOAD = 3458.5 ton

ผลการทดสอบเสาเข็มทดสอบในโครงการ



Description	Pile Head Movement, mm.		
	Cycle 1 Max. Test Load 330 ton	Cycle 2 Max. Test Load 330 ton	Cycle 3 Max. Test Load 660 ton
Gross Settlement	4.22	4.60	14.63
Permanent Settlement	0.58	0.89	4.72
Recovery Rebound	3.64	3.71	9.91

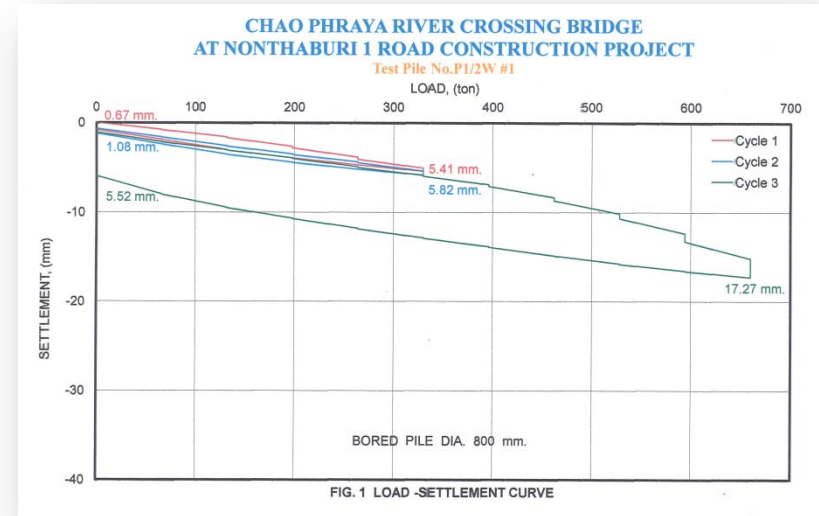
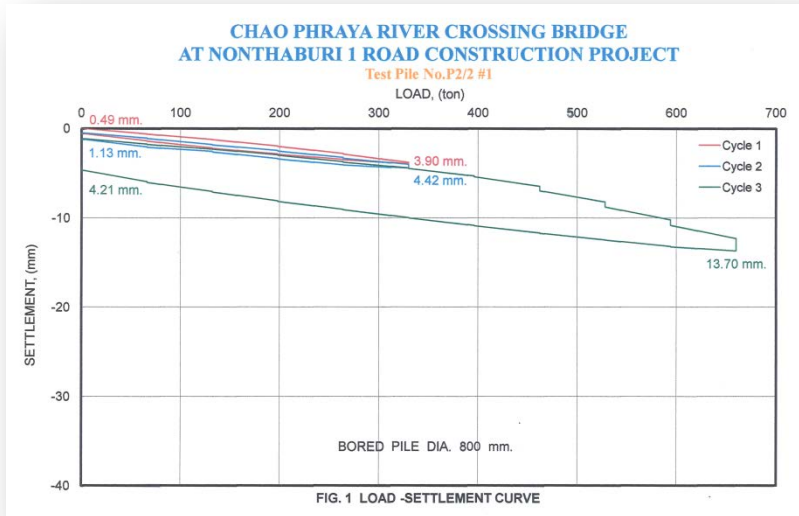
#Sta.0+108.061 (Dia. 800 mm.)



Description	Pile Head Movement, mm.		
	Cycle 1 Max. Test Load 330 ton	Cycle 2 Max. Test Load 330 ton	Cycle 3 Max. Test Load 660 ton
Gross Settlement	5.02	5.46	13.57
Permanent Settlement	1.21	1.65	4.19
Recovery Rebound	3.81	3.81	9.38

#Sta.0+326.300 (Dia. 800 mm.)

ผลการทดสอบเสาเข็มทดสอบในโครงการ



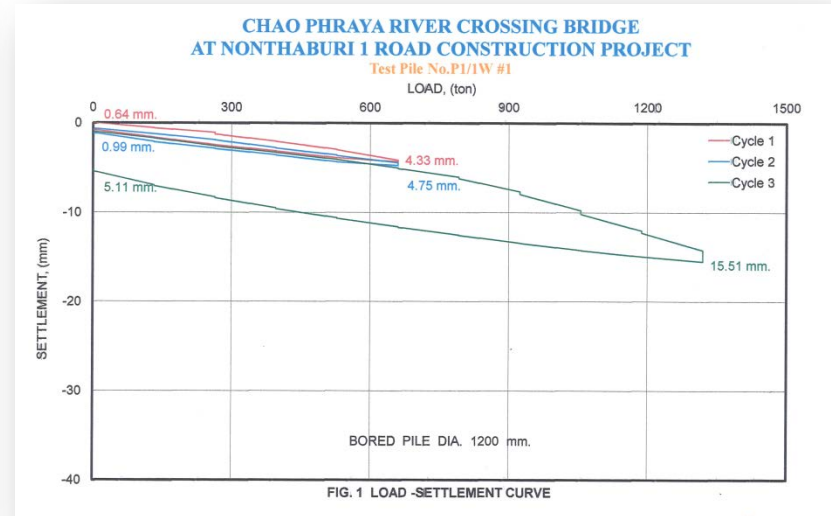
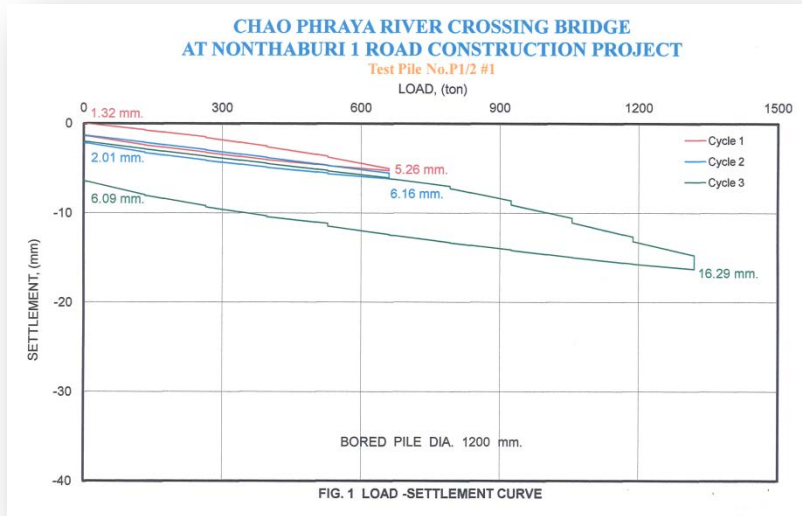
Description	Pile Head Movement, mm.		
	Cycle 1 Max. Test Load 330 ton	Cycle 2 Max. Test Load 330 ton	Cycle 3 Max. Test Load 660 ton
Gross Settlement	3.90	4.42	13.70
Permanent Settlement	0.49	1.13	4.21
Recovery Rebound	3.41	3.29	9.49

Description	Pile Head Movement, mm.		
	Cycle 1 Max. Test Load 330 ton	Cycle 2 Max. Test Load 330 ton	Cycle 3 Max. Test Load 660 ton
Gross Settlement	5.41	5.82	17.27
Permanent Settlement	0.67	1.08	5.52
Recovery Rebound	4.74	4.74	11.75

#Sta.0+562.930 (Dia. 800 mm.)

#Sta.0+919.440 (Dia. 800 mm.)

ผลการทดสอบเสาเข็มทดสอบในโครงการ



Description	Pile Head Movement, mm.		
	Cycle 1	Cycle 2	Cycle 3
	Max. Test Load 660 ton	Max. Test Load 660 ton	Max. Test Load 1320 ton
Gross Settlement	5.26	6.16	16.29
Permanent Settlement	1.32	2.01	6.09
Recovery Rebound	3.94	4.15	10.20

Description	Pile Head Movement, mm.		
	Cycle 1	Cycle 2	Cycle 3
	Max. Test Load 660 ton	Max. Test Load 660 ton	Max. Test Load 1320 ton
Gross Settlement	4.33	4.75	15.51
Permanent Settlement	0.64	0.99	5.11
Recovery Rebound	3.69	3.76	10.40

#Sta.0+078.500 (Dia. 1 200 mm.)

#Sta.0+901.440 (Dia. 1 200 mm.)

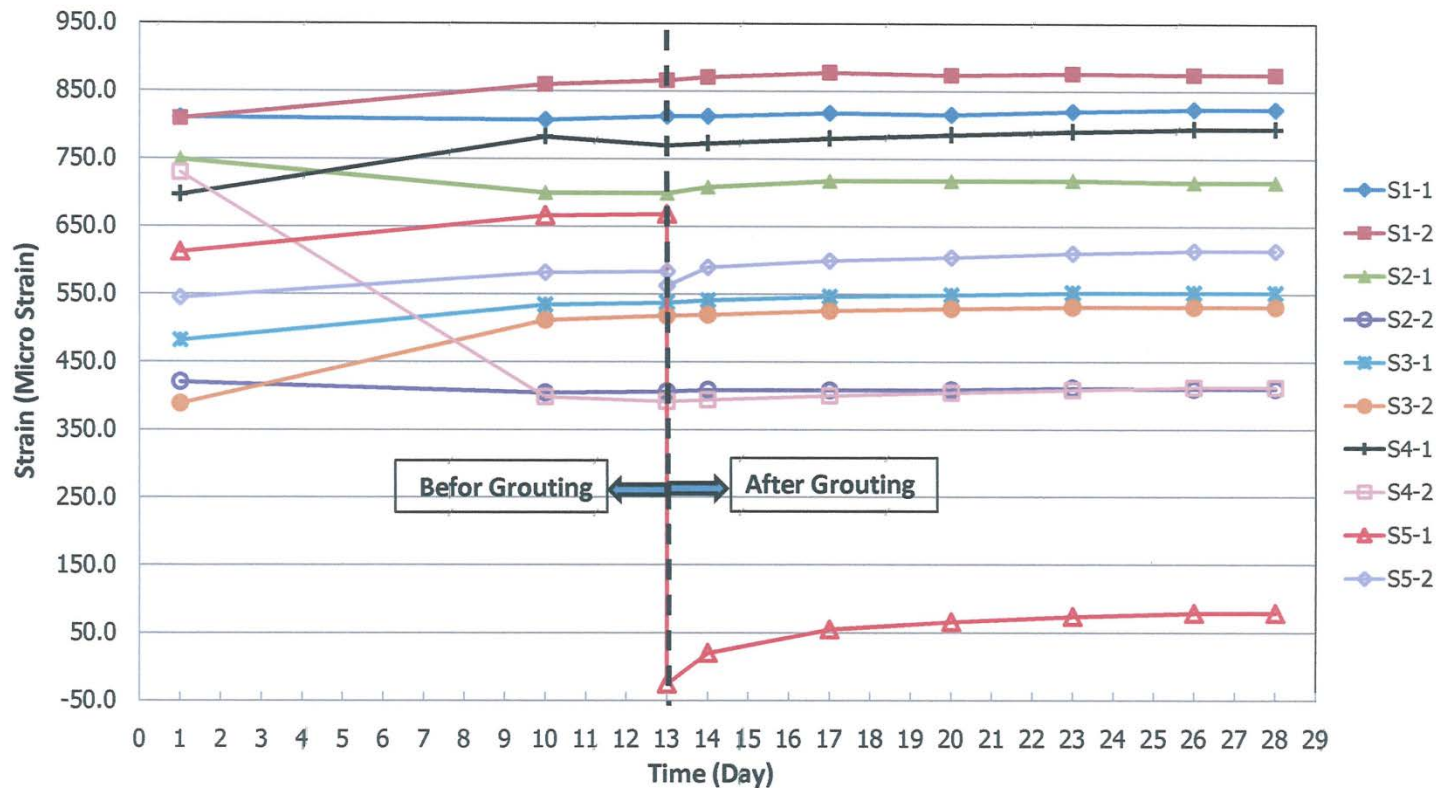
ผลการตรวจวัดเครื่องมือวัดในเสาเข็มขนาด 1500 มม. #M3

ผลการตรวจวัดค่า Strain Gauge ในระหว่างติดตั้งเสาเข็มถึงช่วงก่อนดำเนินการทดสอบ

Situation			Before Installation	After Installation	Befor Pouring Concrete	After Pouring Concrete	Befor Grouting	After Grouting	After Grouting	After Grouting	After Grouting	After Grouting	After Grouting	
Date.			7/6/2555	7/6/2555	8/6/2555	9/6/2555	18/6/2555	21/6/2555	22/6/2555	25/6/2555	28/6/2555	1/7/2555	4/7/2555	
			-	-	-	1	10	13	14	17	20	23	26	28
Layer	VWSG No.	Instrumentation Position(m.)	13:00	18:00	5:00	14:00	13:30	14:00	11:40	11:00	11:40	11:35	14:30	13:30
			$\mu\epsilon$	$\mu\epsilon$	$\mu\epsilon$	$\mu\epsilon$	$\mu\epsilon$	$\mu\epsilon$	$\mu\epsilon$	$\mu\epsilon$	$\mu\epsilon$	$\mu\epsilon$	$\mu\epsilon$	$\mu\epsilon$
1	S1-1	-2.50	685.9	722.6	645.9	811.0	807.3	812.9	812.8	817.8	815.4	820.0	823.0	823.0
	S1-2	-2.50	446.7	455.2	510.8	809.0	859.7	866.0	870.5	877.1	873.8	876.3	874.5	874.5
2	S2-1	-16.50	552.9	596.9	723.8	748.8	699.7	699.2	708.2	717.5	717.3	717.6	715.0	715.0
	S2-2	-16.50	546.1	565.8	547.1	420.0	404.5	406.2	408.7	408.1	408.9	410.9	410.0	410.0
3	S3-1	-22.50	513.9	506.7	478.6	482.0	534.1	536.8	540.7	546.5	548.8	551.4	551.4	551.4
	S3-2	-22.50	574.0	607.1	525.5	388.9	511.8	518.4	519.2	525.8	528.3	530.8	531.3	531.3
4	S4-1	-49.00	708.8	785.1	782.8	696.8	782.2	769.6	772.5	780.1	785.5	790.4	794.1	794.1
	S4-2	-49.00	638.8	678.2	709.5	729.4	398.5	391.9	394.1	400.3	404.6	408.6	412.3	412.3
5	S5-1	-59.00	591.8	600.8	705.9	612.1	665.3	-26.0	19.9	54.4	65.5	73.6	78.5	78.5
	S5-2	-59.00	392.0	422.6	442.1	544.3	581.4	561.9	589.5	599.3	604.3	610.2	613.8	613.8

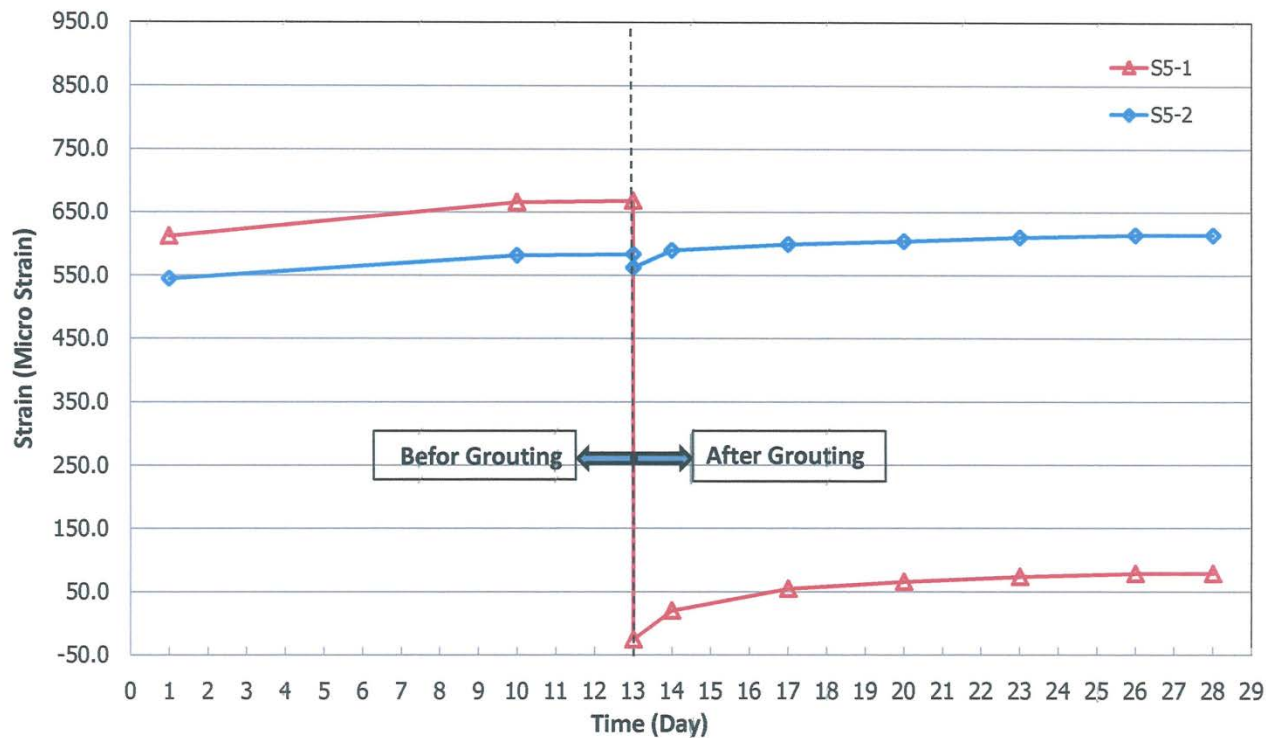
ผลการตรวจวัดเครื่องมือวัดในเสาเข็มขนาด 1500 มม. #M3

ผลการตรวจวัดค่า Strain Gauge ในระหว่างติดตั้งเสาเข็มถึงช่วงก่อนดำเนินการทดสอบ



ผลการตรวจวัดเครื่องมือวัดในเสาเข็มขนาด 1500 มม. #M3

ผลการตรวจวัดค่า Strain Gauge ในระหว่างติดตั้งเสาเข็มถึงช่วงก่อนดำเนินการทดสอบ

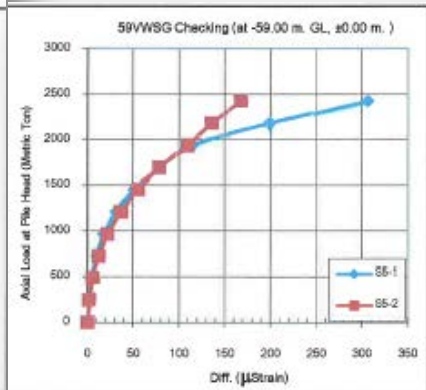
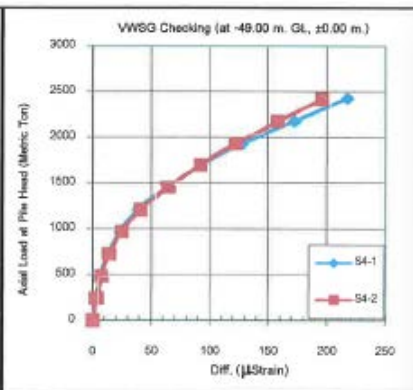
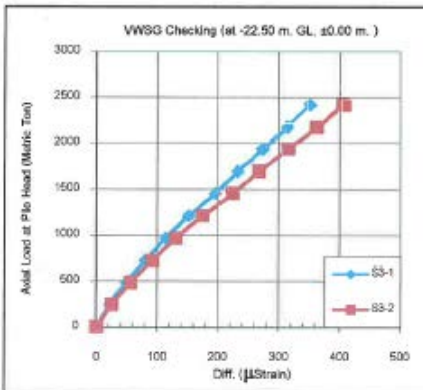
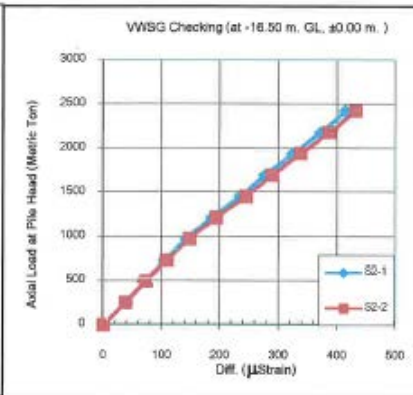
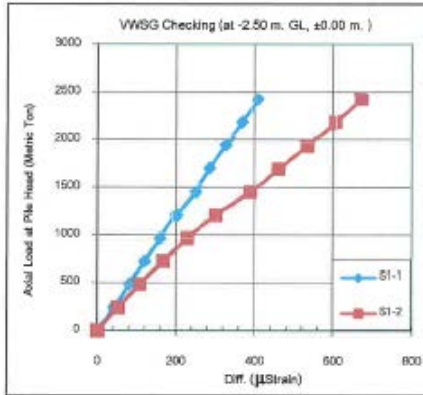


The residual load was not take into consideration due to Strain Gauge no. S5-1 shows unreasonable strain values which may be cause by concrete nearby was broken during grouting process

In opposite side, another Strain Gauge no.S5-2 shows very small change in strain values during grouting process. This indicate that there is not significant residual stress generated on toe during grouting

ผลการตรวจวัดเครื่องมือวัดในเสาเข็มขนาด 1500 มม. #M3

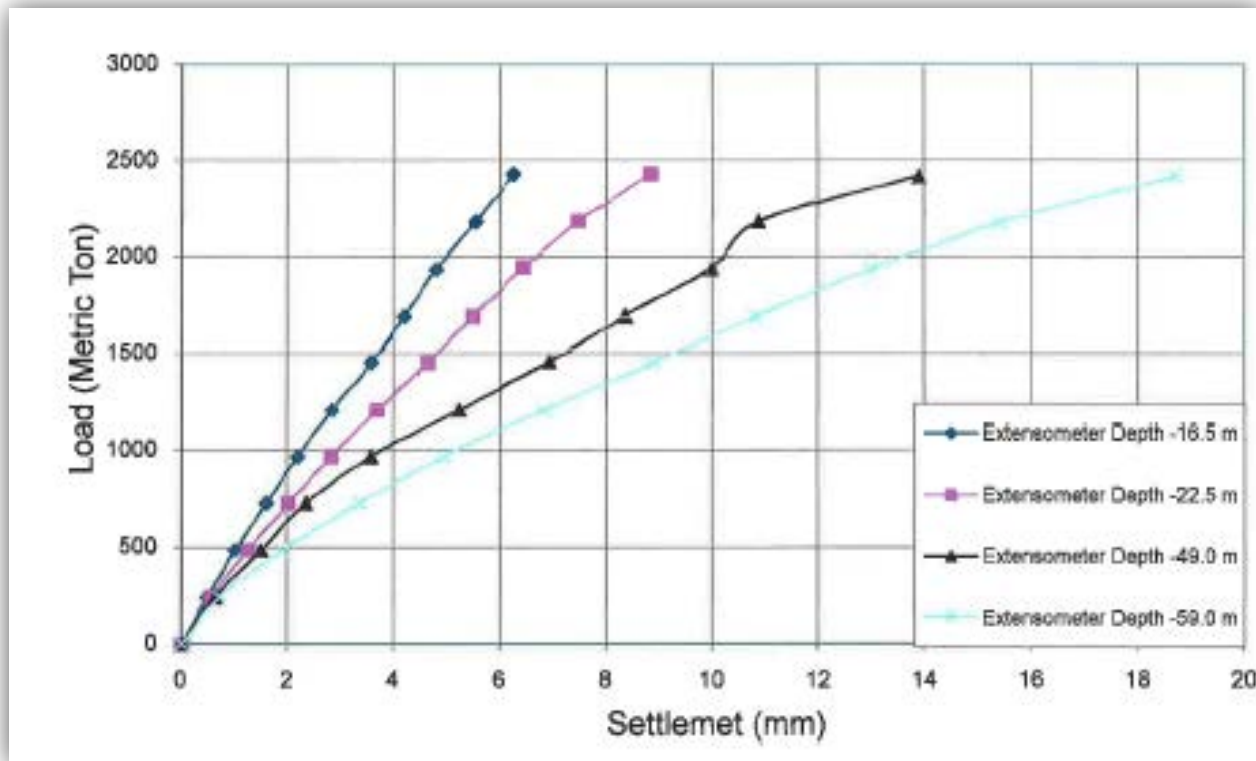
Selected Data



ผลการตรวจวัดค่า
Strain Gauge ใน
ระหว่างการ
ดำเนินการทดสอบ

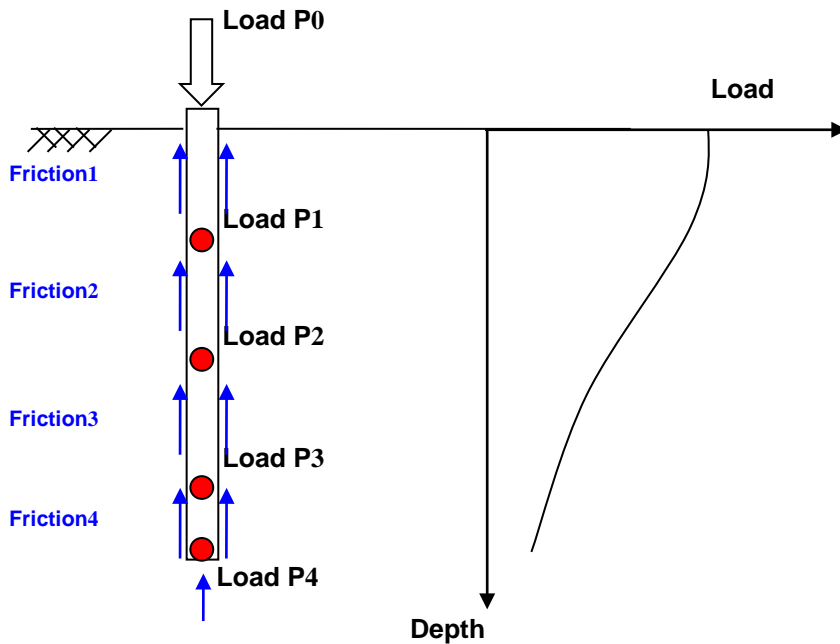
ผลการตรวจวัดเครื่องมือวัดในเสาเข็มขนาด 1500 มม. #M3

ผลการตรวจวัด Extensometer ในระหว่างการทดสอบ



รายละเอียดการวิเคราะห์ผลการตรวจวัด Strain Gauge

Pile Capacity = Skin Friction + End Bearing



$$\text{Friction1} = \text{Load } P_0 - \text{Load } P_1$$

$$\text{Friction2} = \text{Load } P_1 - \text{Load } P_2$$

$$\text{Friction3} = \text{Load } P_2 - \text{Load } P_3$$

$$\text{Friction4} = \text{Load } P_3 - \text{Load } P_4$$

$$\text{End Bearing} = \text{Load } P_4$$

$$\text{Unit skin friction} = \text{Friction } i / \text{Skin area}$$

Convert measured strain value to load

Form hooke's law

$$E = \sigma / \varepsilon = P / (A\varepsilon)$$

Thus

$$P = (EA) \varepsilon$$

P = load at strain gauge installed location

E = Elastic Modulus of Pile (Concrete & Reinforcement Steel)

A = Sectional area of Pile

ε = Measured Strain from vibrating wire strain gauge

❖ *Parameter “E” and “A” of pile is not easy to taken*

Methods to evaluate “EA” of test pile are shown below

❖ Theory EA

Modulus of concrete can get from standard concrete compression test of sample in laboratory. If not have, an empirical formula such as

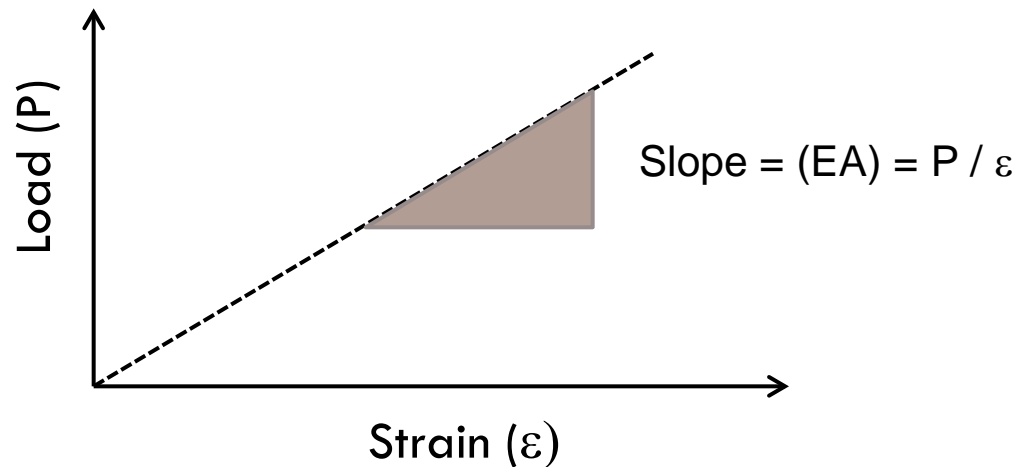
$$E_c = 15210\sqrt{f'_c}$$

When E_c and f'_c in ksc. unit

รายละเอียดการวิเคราะห์ผลการตรวจวัด Strain Gauge

❖ Calibrate Pile Stiffness (EA) from strain gauge near the pile head

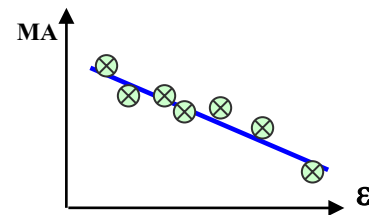
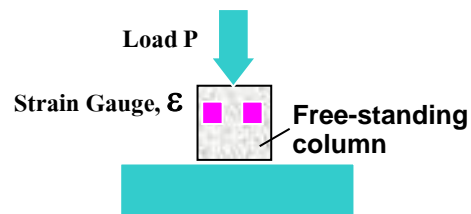
By install strain gauge near pile head and assume no skin friction near pile top. Load at pile head also knowing by calibrated load from hydraulic jack or load cell. Both stress and strain are measured, then modulus of concrete can be get and assume to use this value along the pile shaft.



รายละเอียดการวิเคราะห์ผลการตรวจวัด Strain Gauge

❖ Fellenius's method (1989)

- ❖ Fellenius's approach (1989) assume stress and strain relationship of test pile follow a second-degree line: $y = ax^2 + bx + c$
- ❖ For a pile taken as a free-standing column (case of no shaft resistance)



- ❖ The tangent modulus of the composite material is a straight line sloping from a larger tangent modulus to a smaller. Every measured strain value can be converted to stress via its corresponding strain-dependent secant modulus.

รายละเอียดการวิเคราะห์ผลการตรวจวัด Strain Gauge

The equation for the tangent modulus line $\times A$ is :

$$M \times A = (d\sigma/d\varepsilon) \times A = dP/d\varepsilon = D\varepsilon + C$$

which can be integrated to:

$$\sigma \times A = 0.5D\varepsilon^2 + C\varepsilon$$

However, $\sigma = E_s \times \varepsilon$

Therefore,

$$(E_s \times A) \varepsilon = P = (0.5D\varepsilon + C)\varepsilon$$

M = tangent modulus of composite pile material

E_s = secant modulus of composite pile material

D = slope of the tangent modulus line

e = measured strain

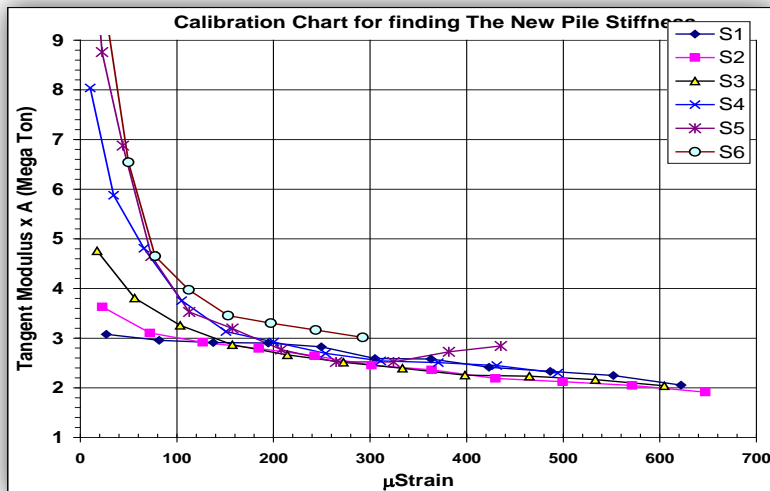
P = load

A = sectional area of pile

C = y-intercept of the tangent modulus line

รายละเอียดการวิเคราะห์ผลการตรวจวัด Strain Gauge

- ❖ Use Fellenius's approach (1989), and plot graph MA vs. Strain. Then Fit converge linear line (Normally layer that near the pile head will Full Mobilized first). However some layer that not full mobilized, Fellenius's approach can not give a "EA" value (or case converge linear line is not clearly see) thus for this case we need to assume converge linear line by comparing Fellenius's Pile Stiffness Value versus Theory EA.
- ❖ After get "EA" of every installed strain gauge layer of pile, we can calculate load at every layer by above equation

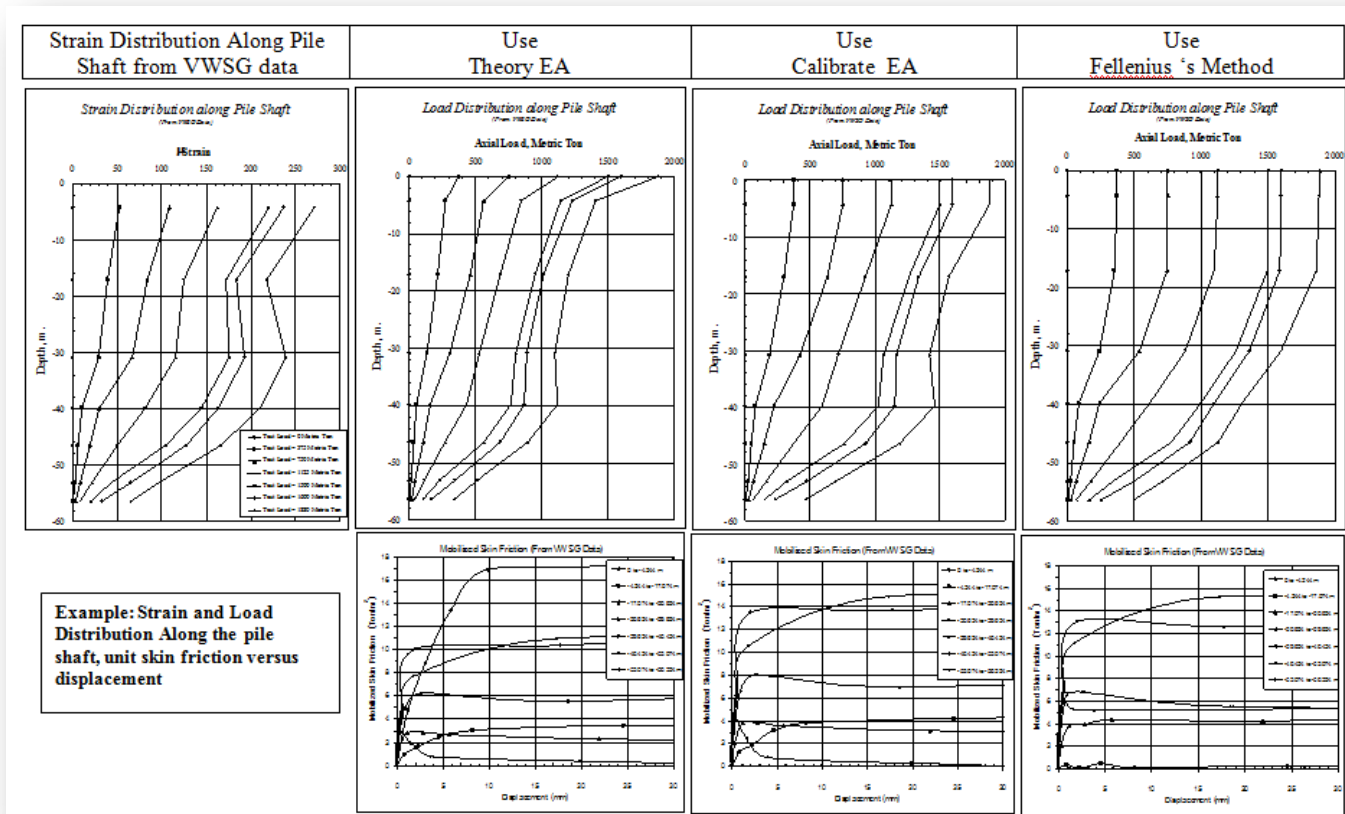


VWSG No.	Approx. Fit Line Eqn of Converge Point in Tangent Modulus Vs. μ Strain Graph		Coefficient of New Pile Stiffness	
	Slope	Intercept	0.5D	C
S1	Unknow	Unknow	-	-
S2	-1.931E-03	3.105	-9.653E-04	3.105
S3	-1.709E-03	3.028	-8.545E-04	3.028
S4	-2.240E-03	3.358	-1.120E-03	3.358
S5	Unknow		-1.120E-03	3.358

รายละเอียดการวิเคราะห์ผลการตรวจวัด Strain Gauge

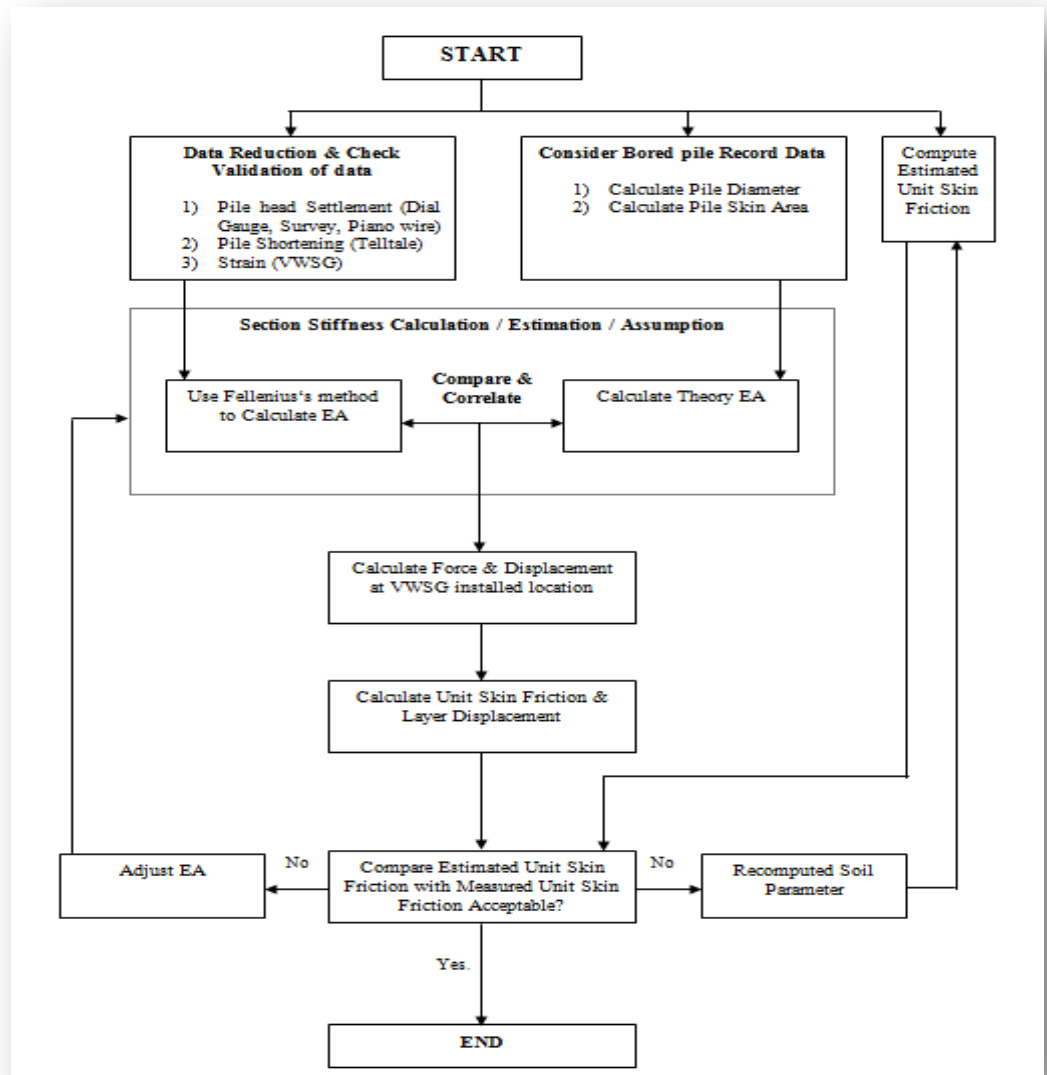
Load distribution along pile shaft

- ❖ After know pile stiffness parameter, a load distribution along the pile shaft at each load step can be plot. After that, unit skin friction between strain gauge installation layers can be calculated.



รายละเอียดการวิเคราะห์ผลการตรวจวัด Strain Gauge

Flow Chart for Analyzing Static Pile Load Test Data



รายละเอียดการวิเคราะห์ผลการตรวจวัด Extensometer

Strain Calculation from Extensometer Data (Telltale)

Extensometer (Telltale) is an instrument that measure pile shortening during the static pile load test and normally extensometer readings are referenced to the top of the pile thus measured pile shortening from telltale is the pile shortening between pile head and telltale anchor plate location. Data from extensometer can convert to average strain by the following equation.

$$\varepsilon_{av} = \Delta / L$$

Where

ε_{av} = average strain at midway of L

Δ = Shortening of pile that gets from Extensometer Instrument.

L = Length between pile head and telltale anchor plate location

If the test pile installs telltale more than one location, we can calculate another strain average by

$$\varepsilon_{av} = (\Delta_i - \Delta_j) / (L_i - L_j)$$

Where

ε_{av} = average strain at midway of L_i and L_j that calculated from 2 telltale data.

Δ_i = Shortening of pile that gets from Extensometer Instrument No. i

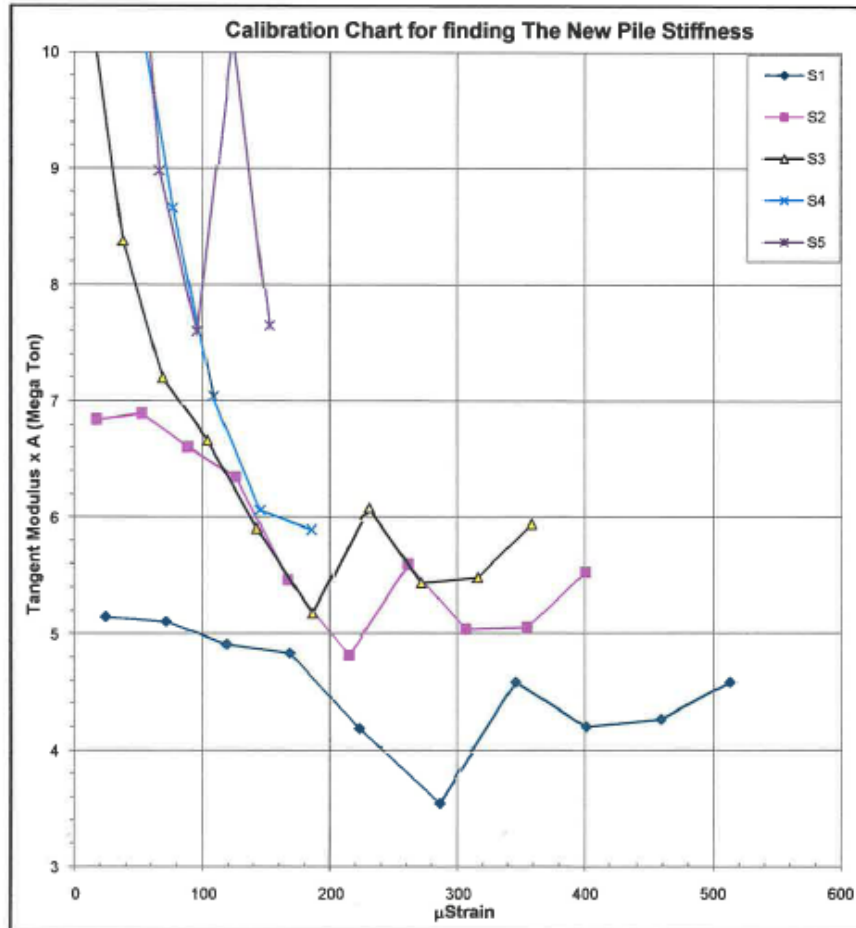
Δ_j = Shortening of pile that gets from Extensometer Instrument No. j

L_i = Length between pile head and telltale anchor plate location No. i

L_j = Length between pile head and telltale anchor plate location No. j

ผลการวิเคราะห์เครื่องมือวัดในเสาเข็มขนาด 1500 มม. #M3

Evaluation of Pile Stiffness

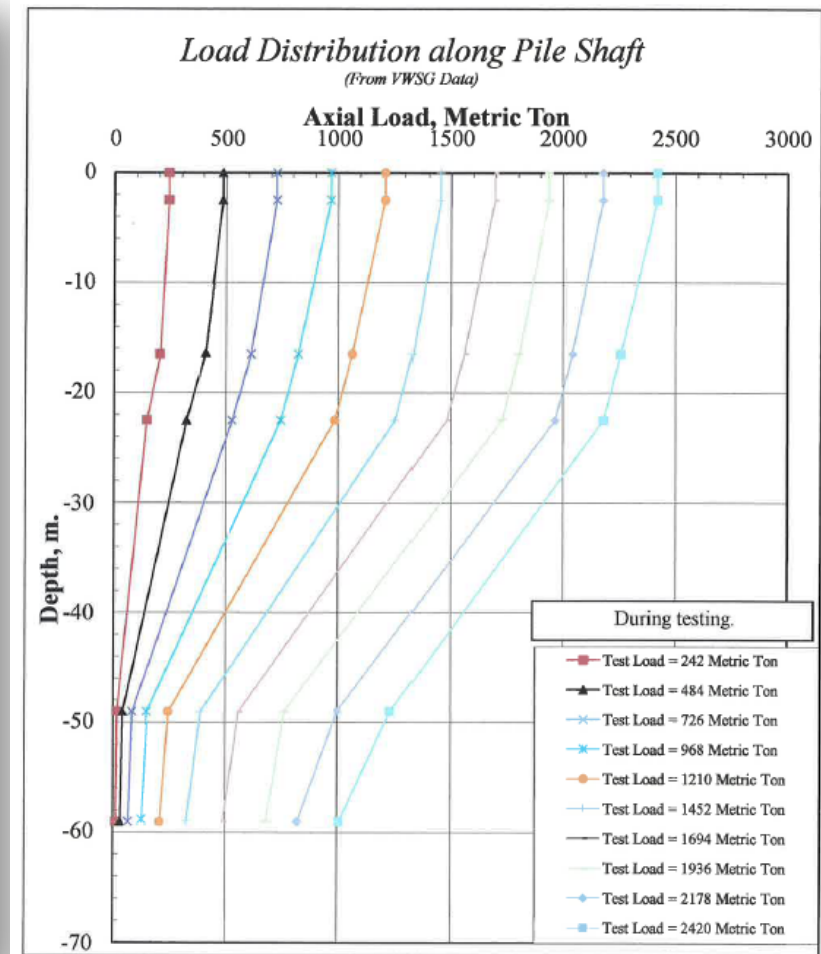
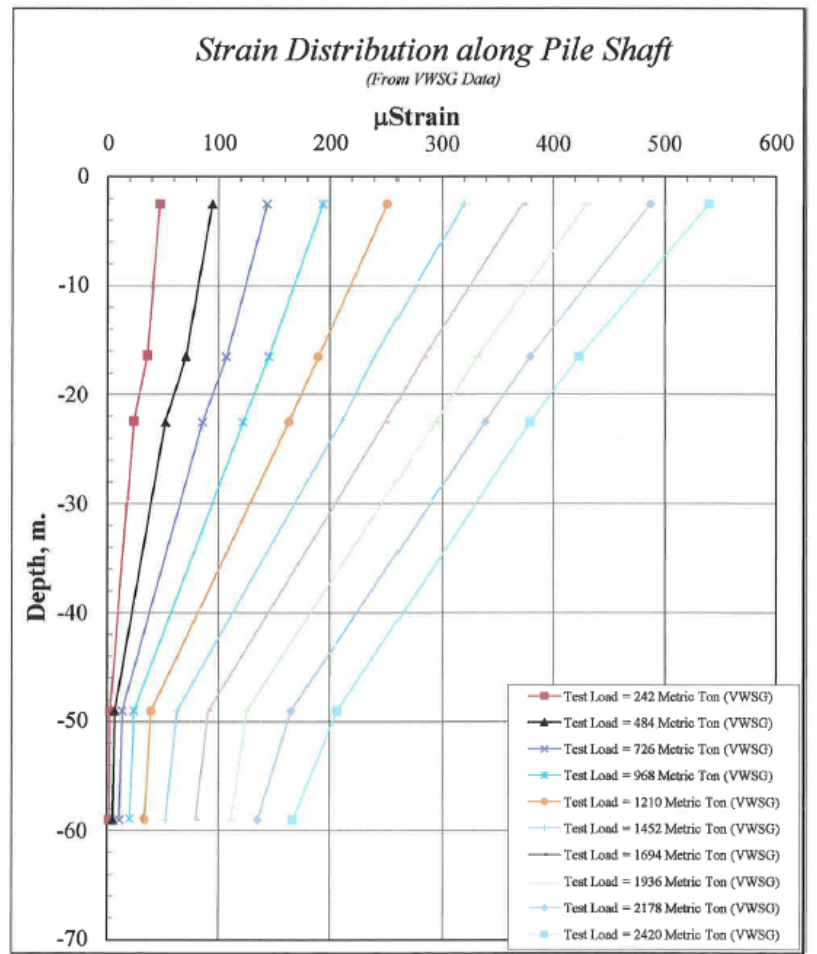


WWSG No.	Approx. Fit Line Eqn of Converge Point In Tangent Modulus Vs. μ Strain Graph		Coefficient of New Pile Stiffness	
	Slope	Intercept	0.5D	C
S1	-1.923E-03	5.183	-9.613E-04	5.183
S2	-2.351E-03	5.832	-1.175E-03	5.832
S3	-2.683E-03	6.260	-1.341E-03	6.260
S4	Unknow		-1.341E-03	6.260
S5	Unknow		-1.341E-03	6.260

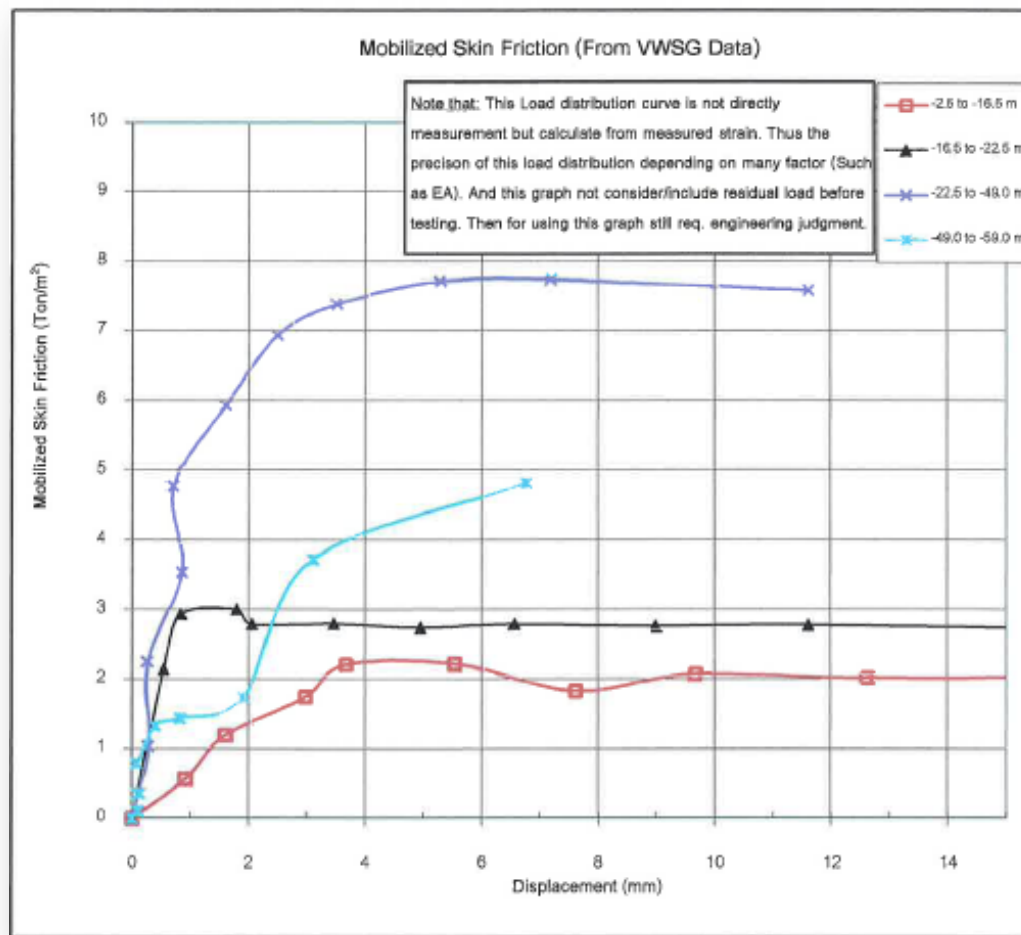
Remark

- 1) Strain gauge layer (S4 - S5) not have a clear converge point thus assume this test pile is prismatic member and pile stiffness at layer S4-S5 equal pile stiffness at S3

ผลการวิเคราะห์เครื่องมือวัดในเสาเข็มขนาด 1500 มม. #M3



ผลการวิเคราะห์เครื่องมือวัดในเสาเข็มขนาด 1500 มม. #M3



ผลการวิเคราะห์เครื่องมือวัดในเสาเข็มขนาด 1500 มม. #M3

Load ton	Total set (mm.)	Shrotening (mm.)	Toe Movement (mm.)	friction		End Bearing	
				ton	t/m2	ton	t/m2
1210	6.71	6.82	0	1002.22	3.60	207.78	118
1694	11.2	10.8	0.4	1204.17	4.33	489.83	277
2178	17.75	15.39	2.36	1355.43	4.88	822.57	466
2420	24.54	18.72	5.82	1412.15	5.08	1007.85	570

