

องค์ความรู้ที่ควรมีในการสอบสัมภาษณ์เลื่อนระดับสามัญ
วิศวกร ระดับวุฒิวิศวกร และระดับภาคีวิศวกรพิเศษ
สาขาวิศวกรรมโยธา (งานวิศวกรรมปฐพี ส่วนเสาเข็มเจาะ
กำแพงกันดินแบบ Diaphragm wall และงานขุดดิน)
ดร.ณรงค์ ทศนนิพันธ์

9 ธันวาคม 2567

สภาวิศวกร



Contents

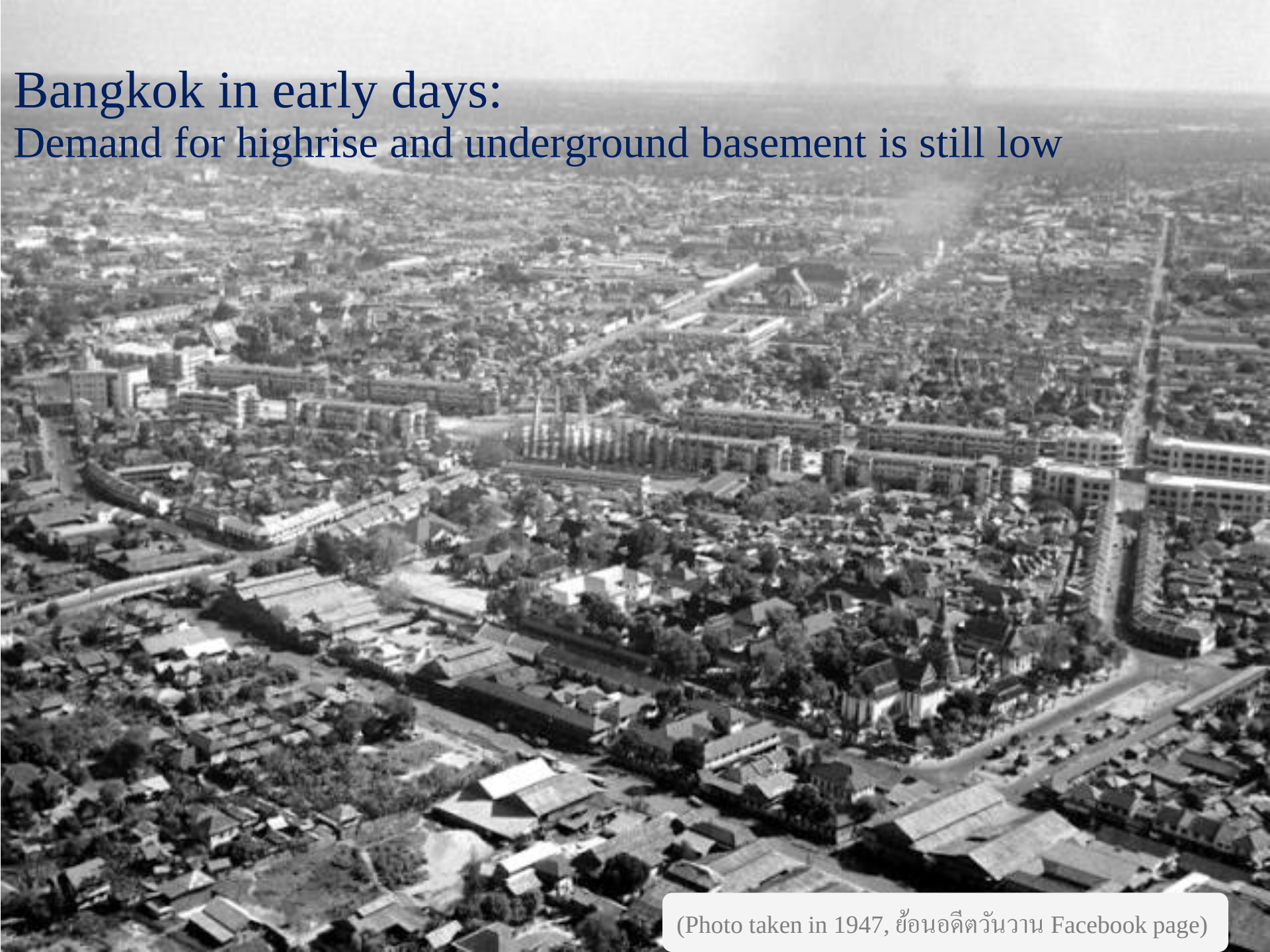
- Introduction
- Deep foundation
- Toe grouting
- Minimizing damage and disturbance to neighbors and adjacent structures
- Quality control and testing
- Deep excavation
- Instrumentation
- Tremie concrete
- Summary of contents



Introduction

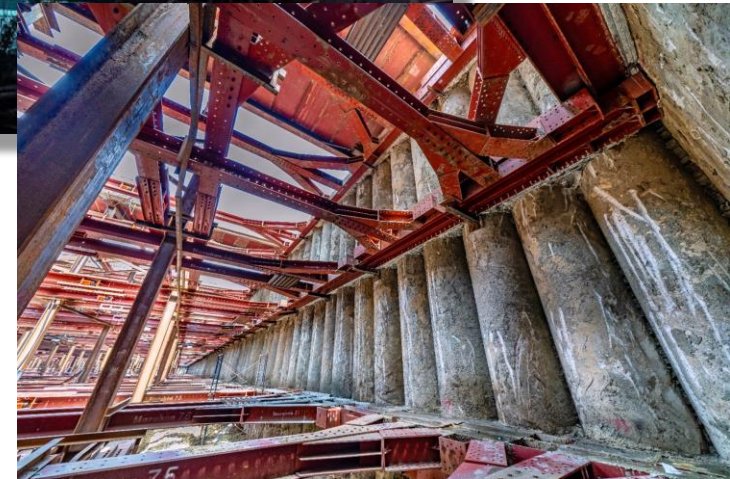
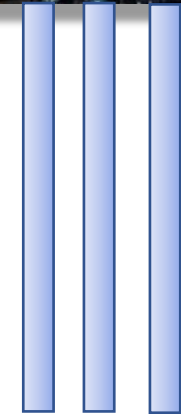
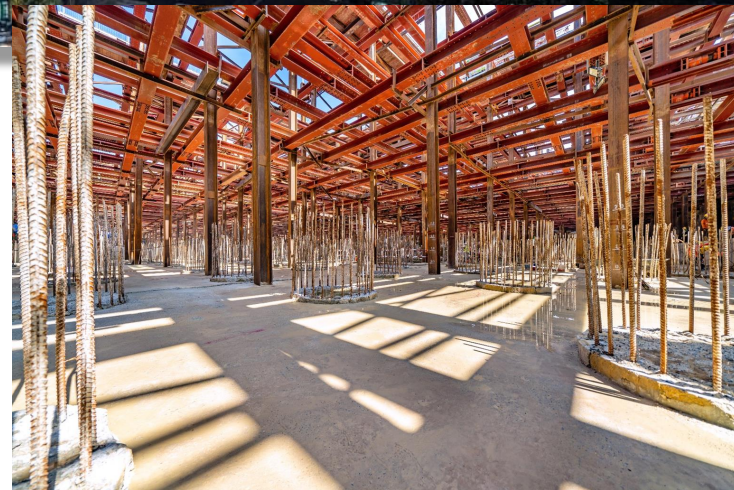


Bangkok in early days:
Demand for highrise and underground basement is still low

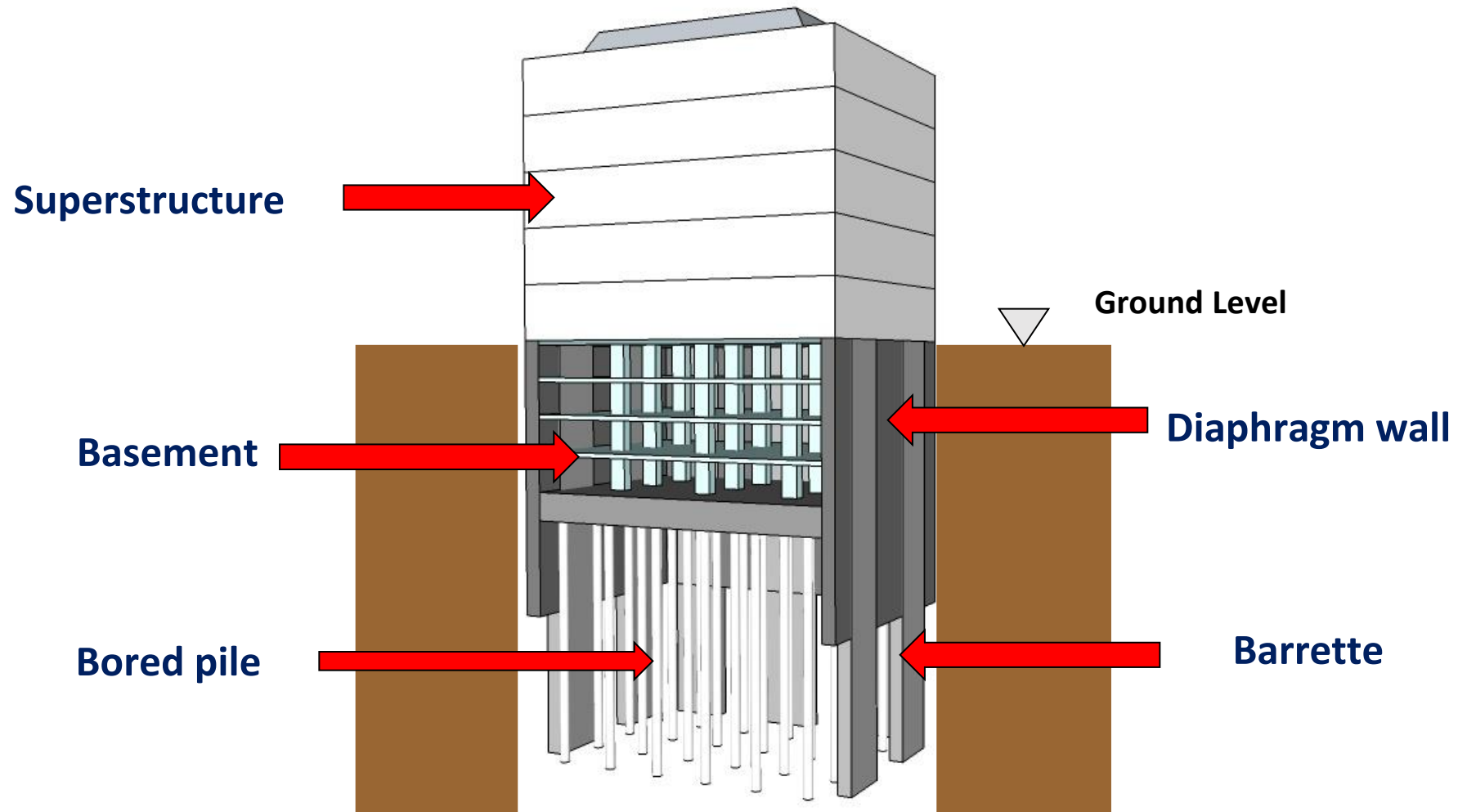


(Photo taken in 1947, ย้อนอดีตวันวาน Facebook page)

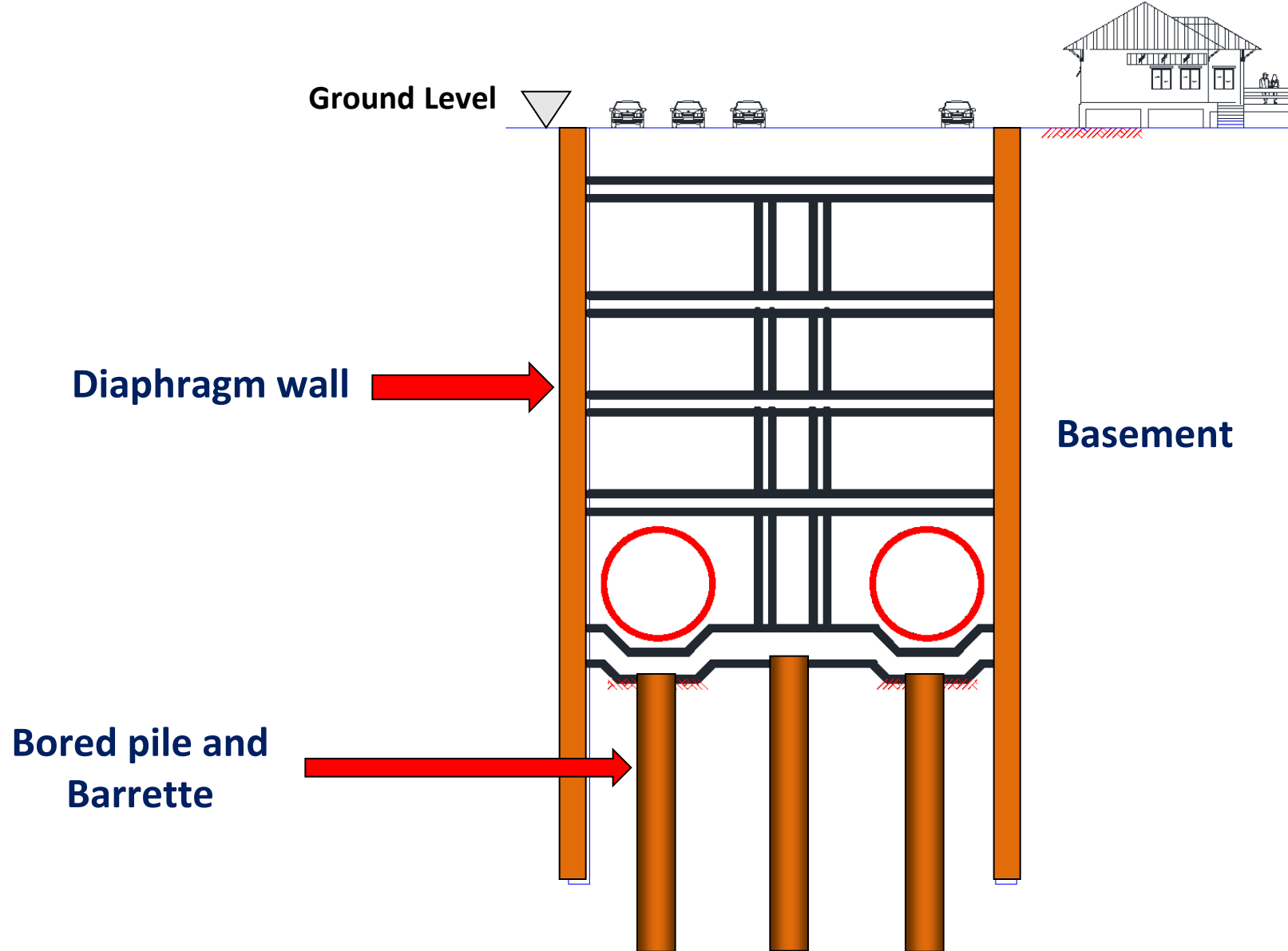
Deep foundation and underground structures supporting urbanization



Deep foundation and retaining wall for buildings



Deep foundation and retaining wall subway station



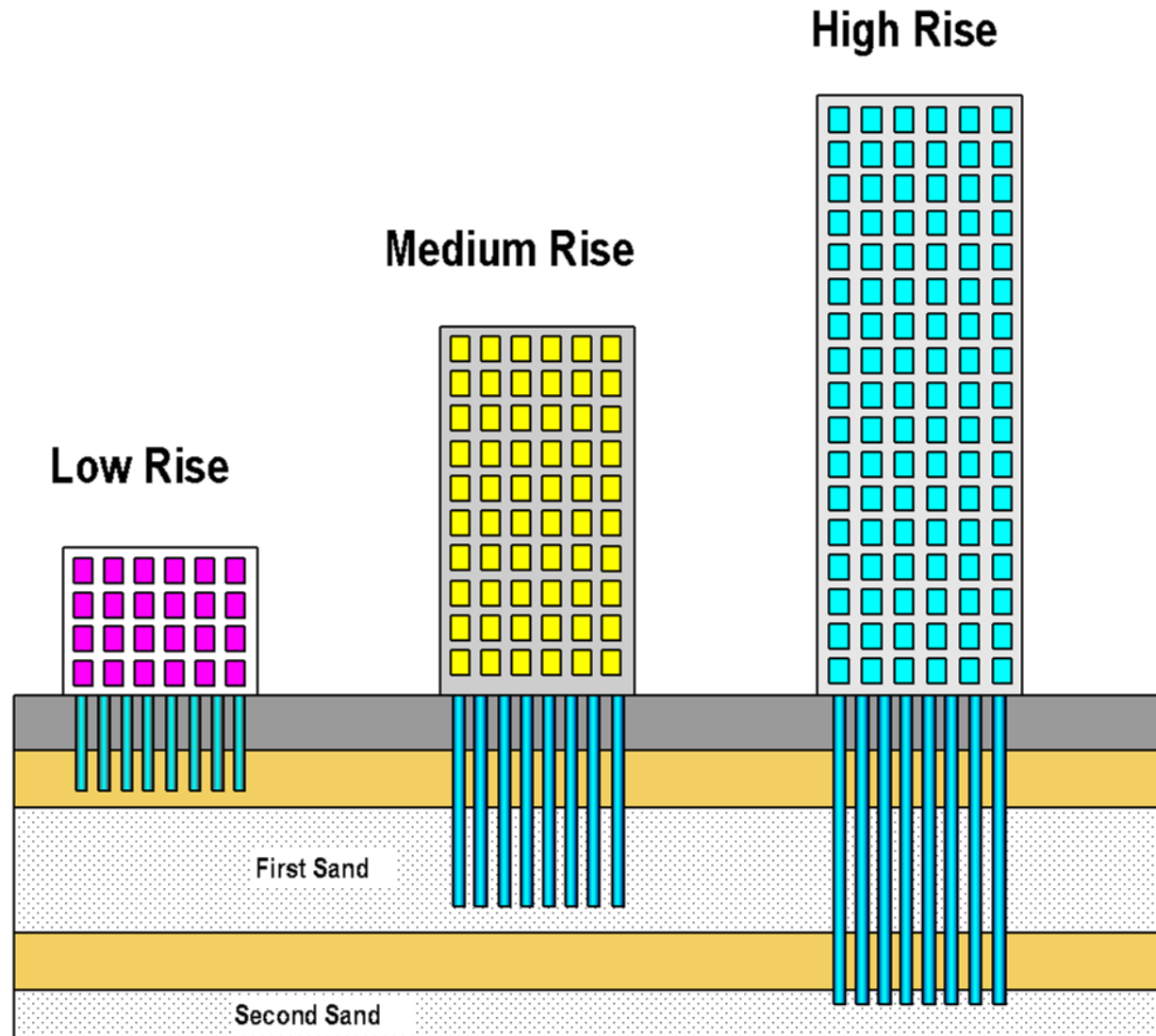
Deep foundation for viaduct



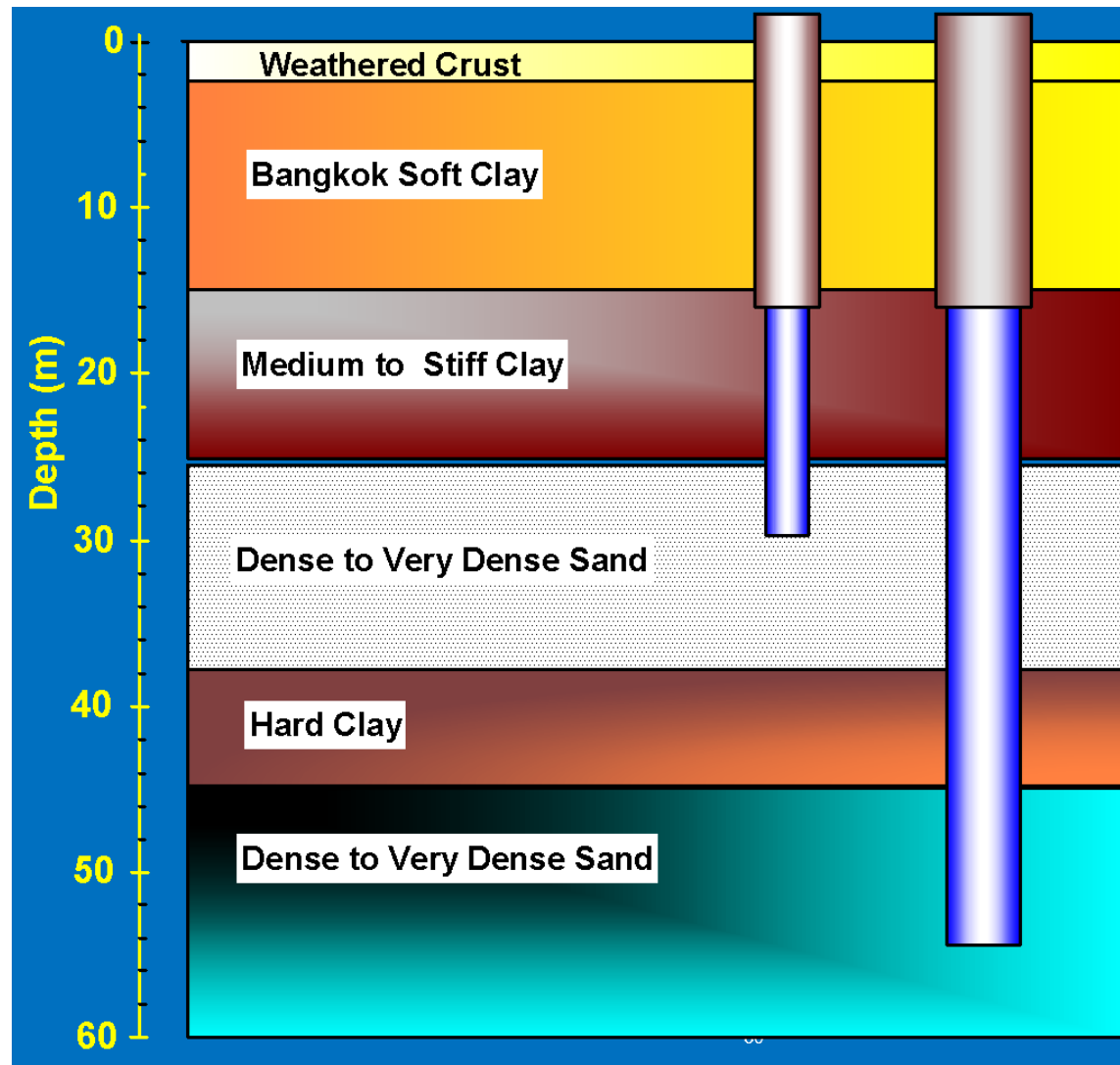
**Bored pile or
barrette**



Pile length VS building height



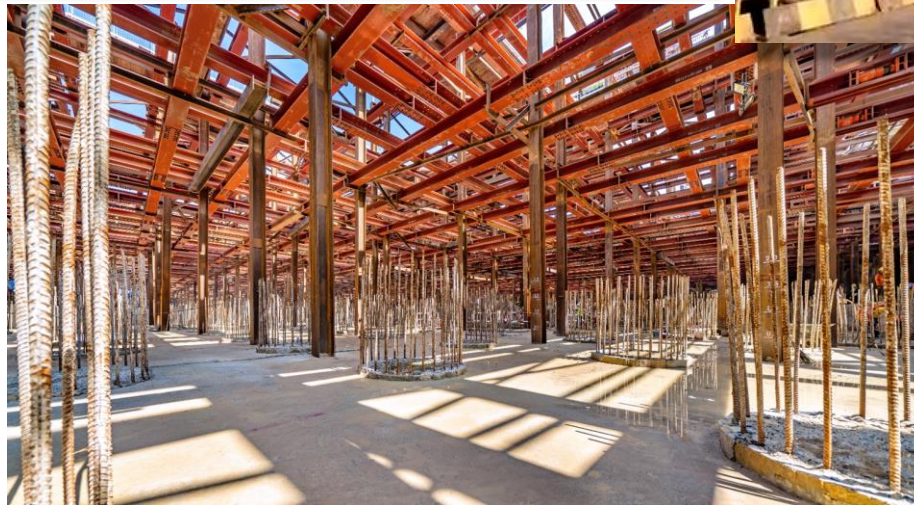
Wet-processed bored piles in Bangkok



- Diameter 0.60m to 2.00m bored piles with toe depths from 24m to 60m Below Ground Level
- Temporary casing of 15m is commonly used
- Drilling by Mechanical or Hydraulic-Rotary Drilling Rigs
- Polymer-based slurry is commonly used at present



องค์ความรู้ด้านเสาเข็ม



Example of deep pile projects



Mahanakorn

Icon Siam



One Bangkok



Dusit Central Park

Foundation cost =
5 – 15% of project cost



MRT Green, Blue, Orange,
Purple, Yellow, Pink Lines &
Airport rail link (Red)



Suitable conditions for large bored pile



- **Very high load per pile**
- **Difficult soil conditions**
- **Economically feasible**
- **Require very reliable foundation**



Machine in 1970s: Reverse Circulation

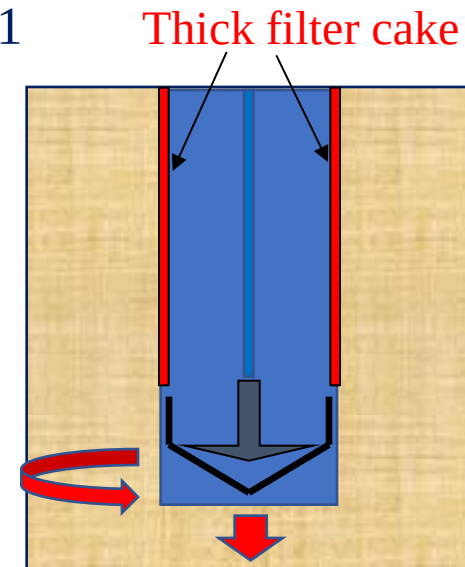


(Wong , 2000)



Pinklao Bridge was constructed by reverse circulation method in 1971

- Long construction time
 - No upward-downward movement of drilling tools
- => **Thick filter cake**



Machine in current practice: Auger and bucket



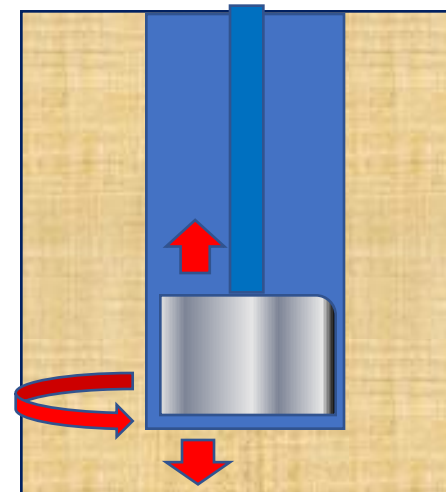
Machine for small diameter pile



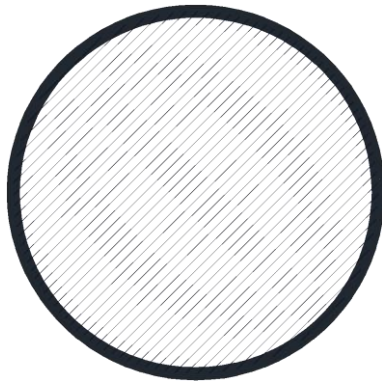
Machine for large diameter pile

- Shorter construction time
- Upward and downward movement of drilling tool to remove some part of filter cake

=> **Thinner filter cake than reverse circulation method**



Types of deep foundation

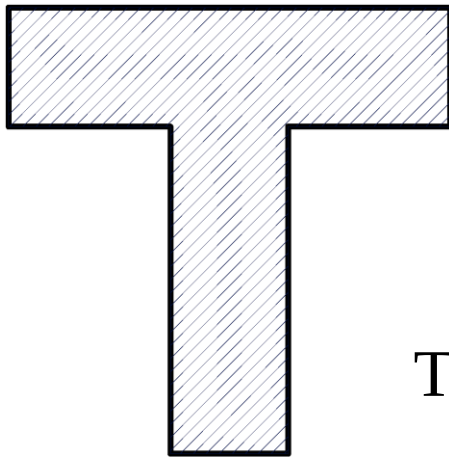


Circular bored pile

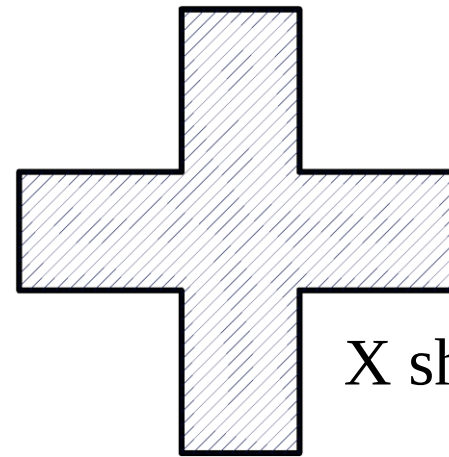


Rectangular shape barrette

Types of deep foundation



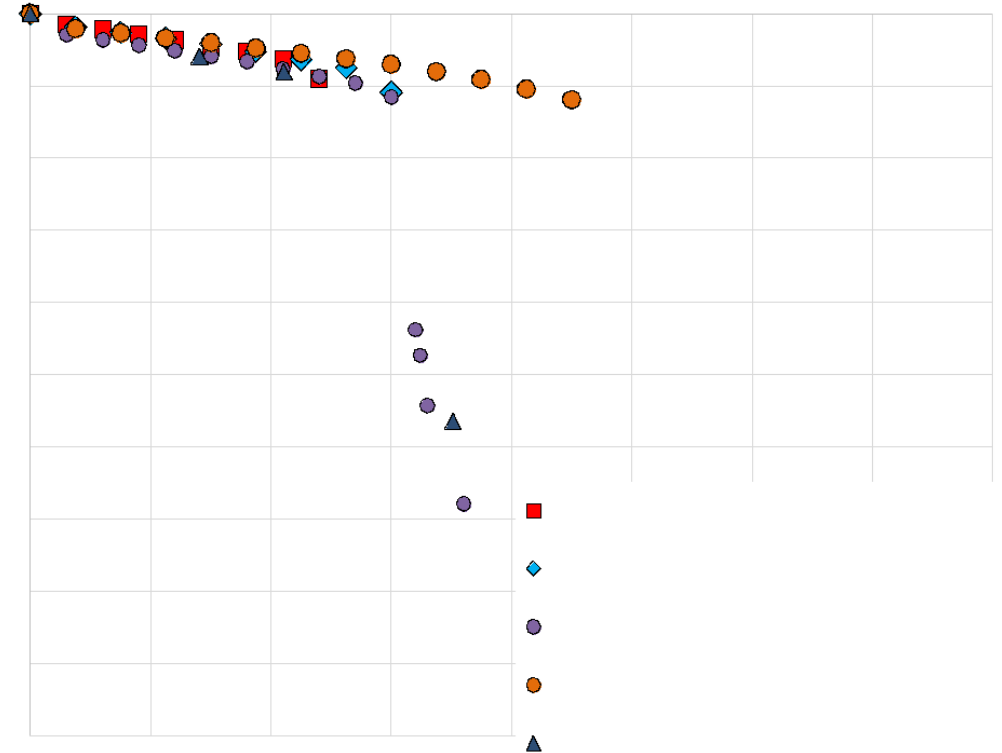
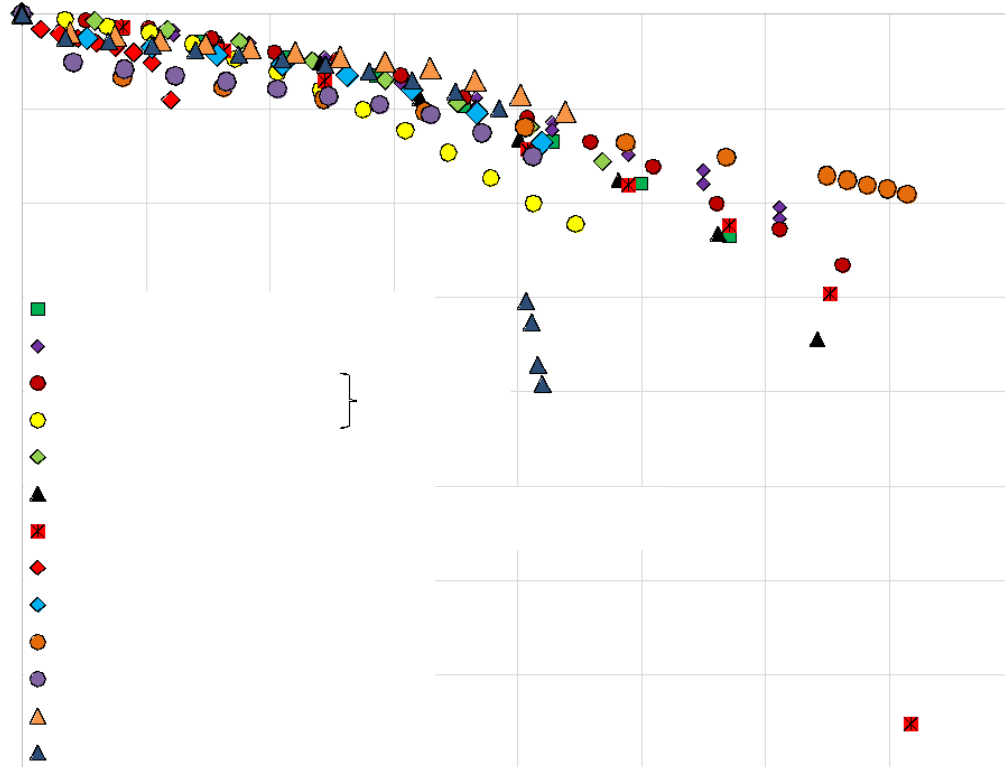
T shape barrette



X shape barrette



Database of pile load settlement curves



**Database of pile load-settlement in
Bangkok to improve the design**

Aye, Z. Z., and Boonyarak, T. (2017).

ปัญหาถนนทรุดตัวไม่เท่ากันบริเวณตอม่อ



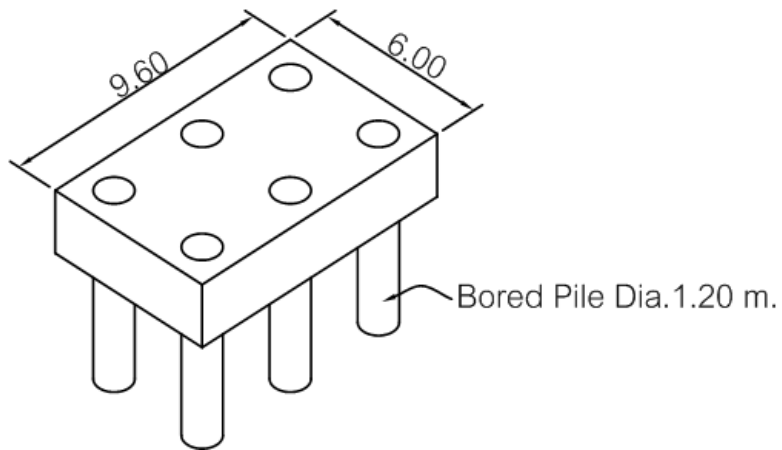
- ดินในส่วนนอกตอม่อทรุดตัวสูงกว่าบริเวณที่มีตอม่อ ทำให้ถนนเป็นคลื่น



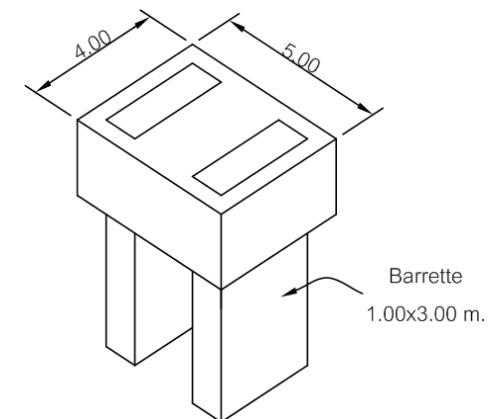
Using barrette substantially helps reducing size of pile cap



Bored piles supporting BTS pier with footing size likely to exceed the width of the road median



Barrettes supporting Purple Line MRT pier to reduce the size of the footing to be within the median

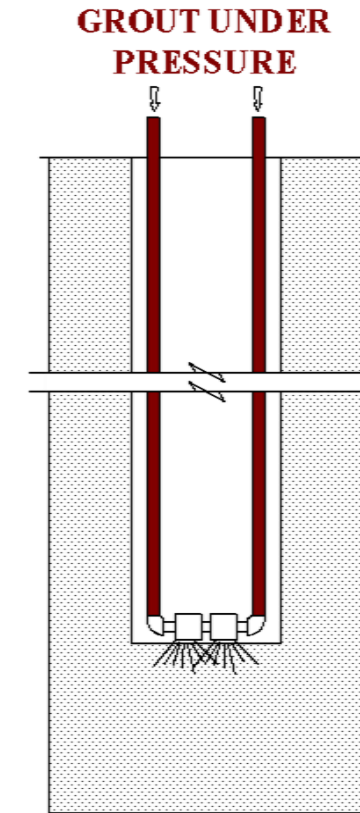


Toe grouting for pile and barrette

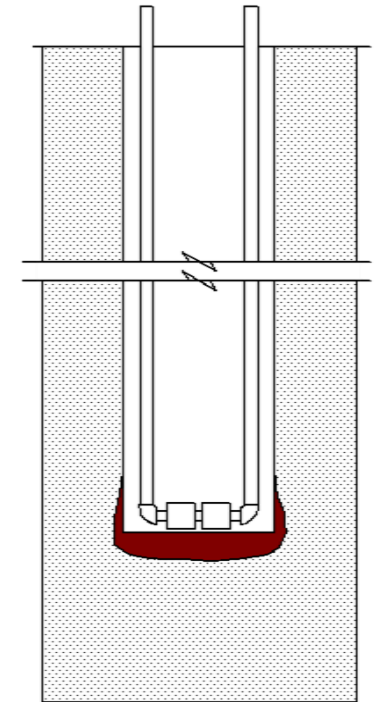


วัตถุประสงค์ของการอัดฉีดน้ำปูนที่ปลายเสาเข็ม

- แก้ปัญหาในกรณีไม่สามารถเก็บตะกอนก้นหลุมเจาะได้หมด
- เพิ่มค่าแรงต้านที่ปลายเสาเข็ม (Increase end bearing)
- น้ำปูนบางส่วนไหลขึ้นมาด้านข้างยังช่วยเพิ่มแรงเสียดทานด้านข้าง ใกล้ปลายเสาเข็ม



(3)
Pressurized
grouting

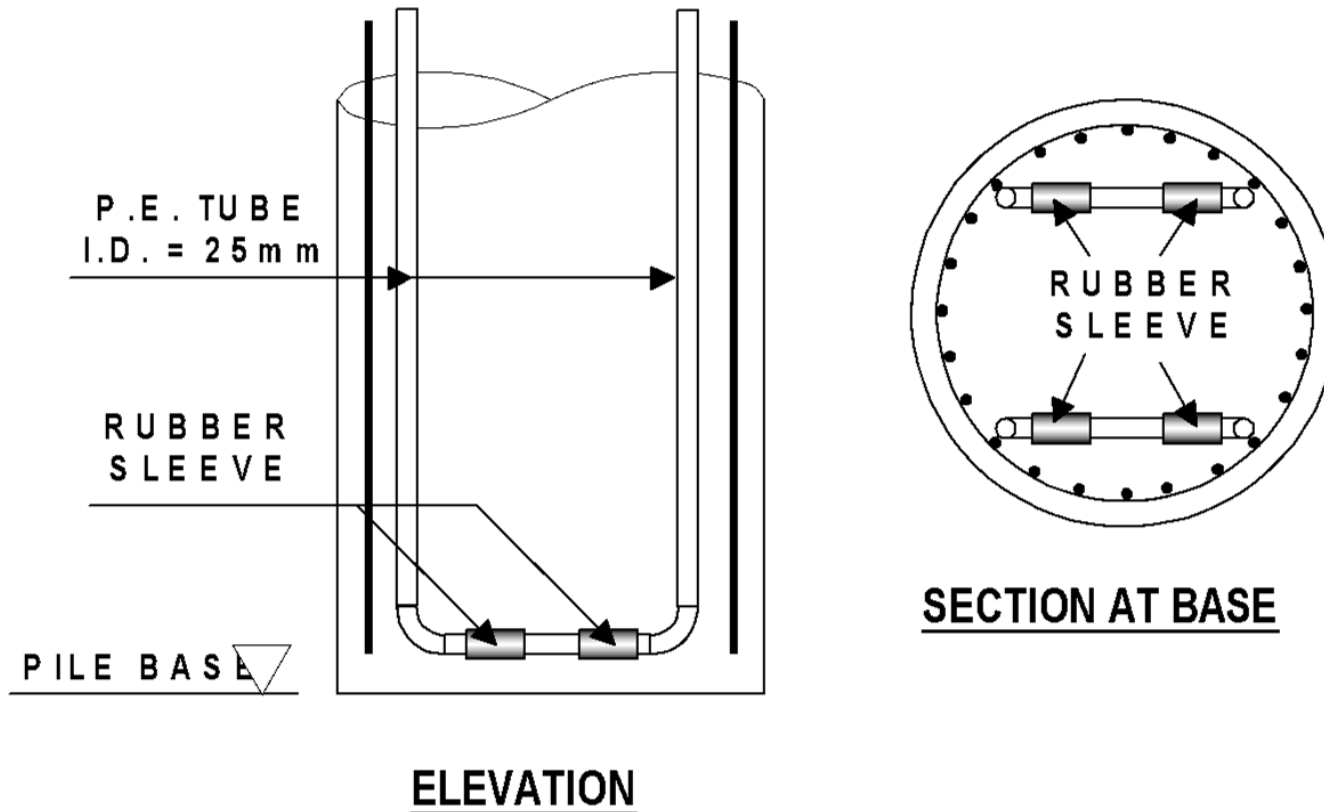


(4)
Grouted pile base



Grout Pipe Arrangement for Tube-â-Manchette Method

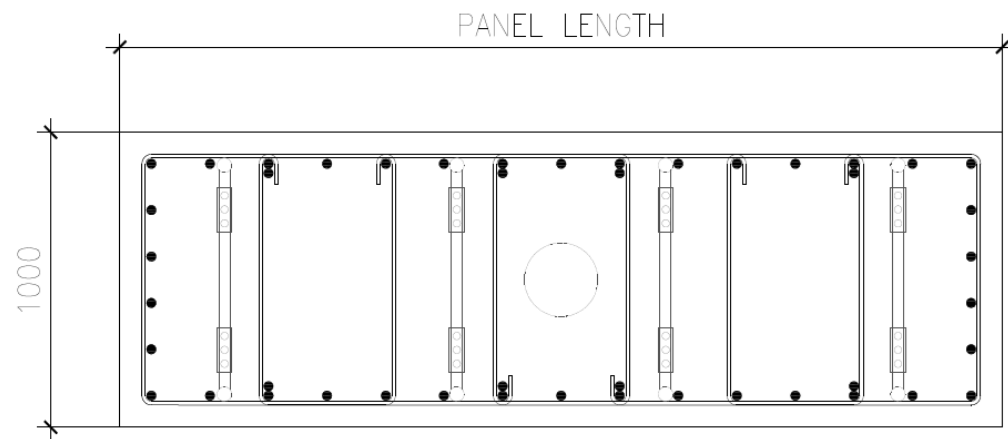
- Vertical steel pipes or PE pipes are used
- U-shape loops
- Manchette placed 5 to 10cm above pile tip



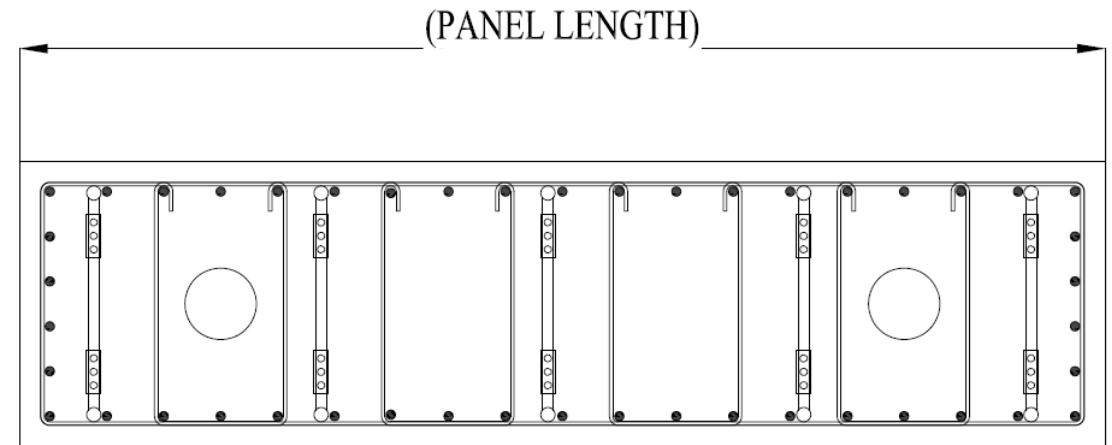
Example of Tube a Manchette



การจัดวางท่อ Grout สำหรับ Barrette



8 Nos (4 Loops) for 1.0x3.0 Barrette



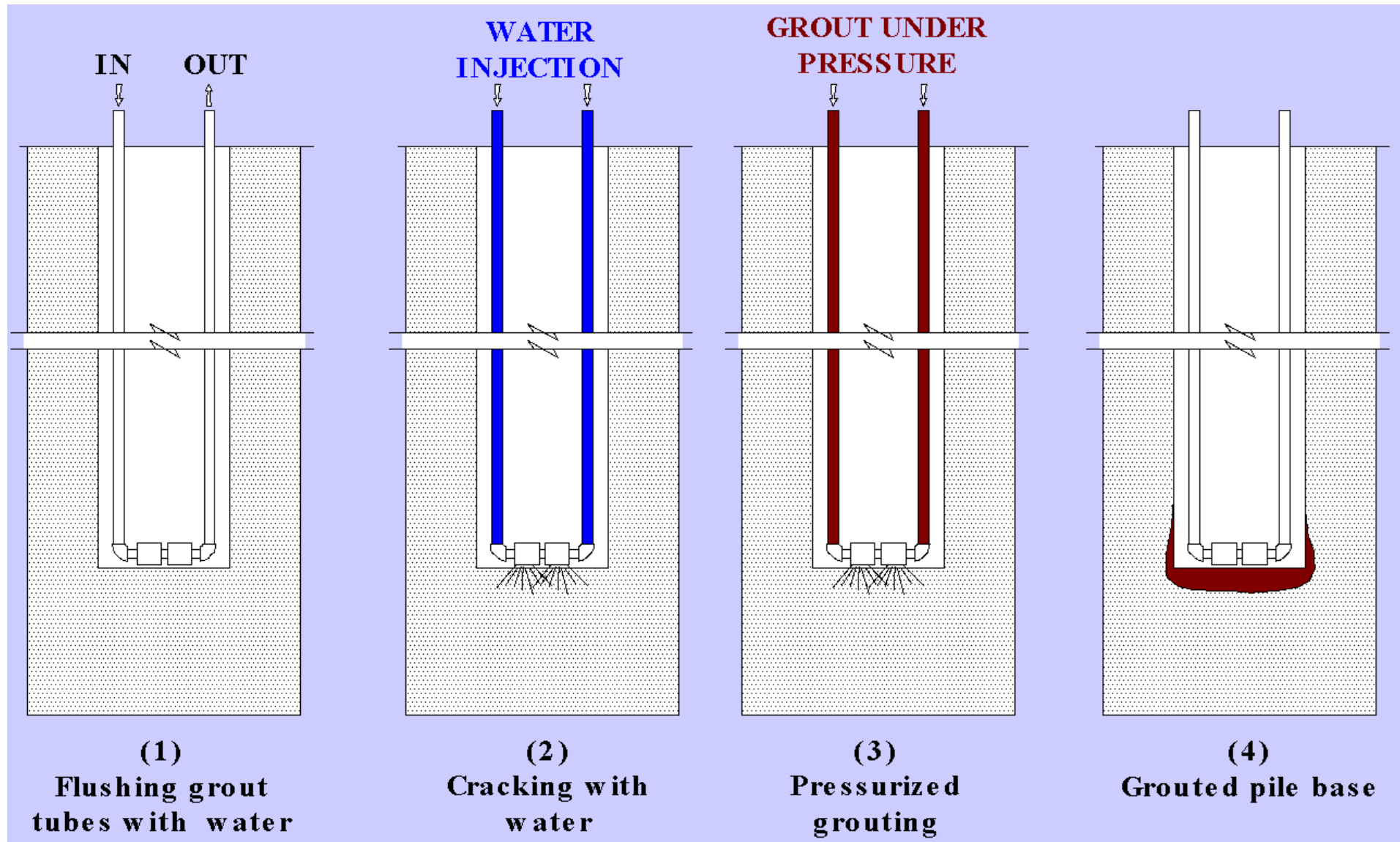
10 Nos (5 Loops) for 1.0x3.8 Barrette



Example of Tube a Manchette



Grouting process in Tube- â -Manchette

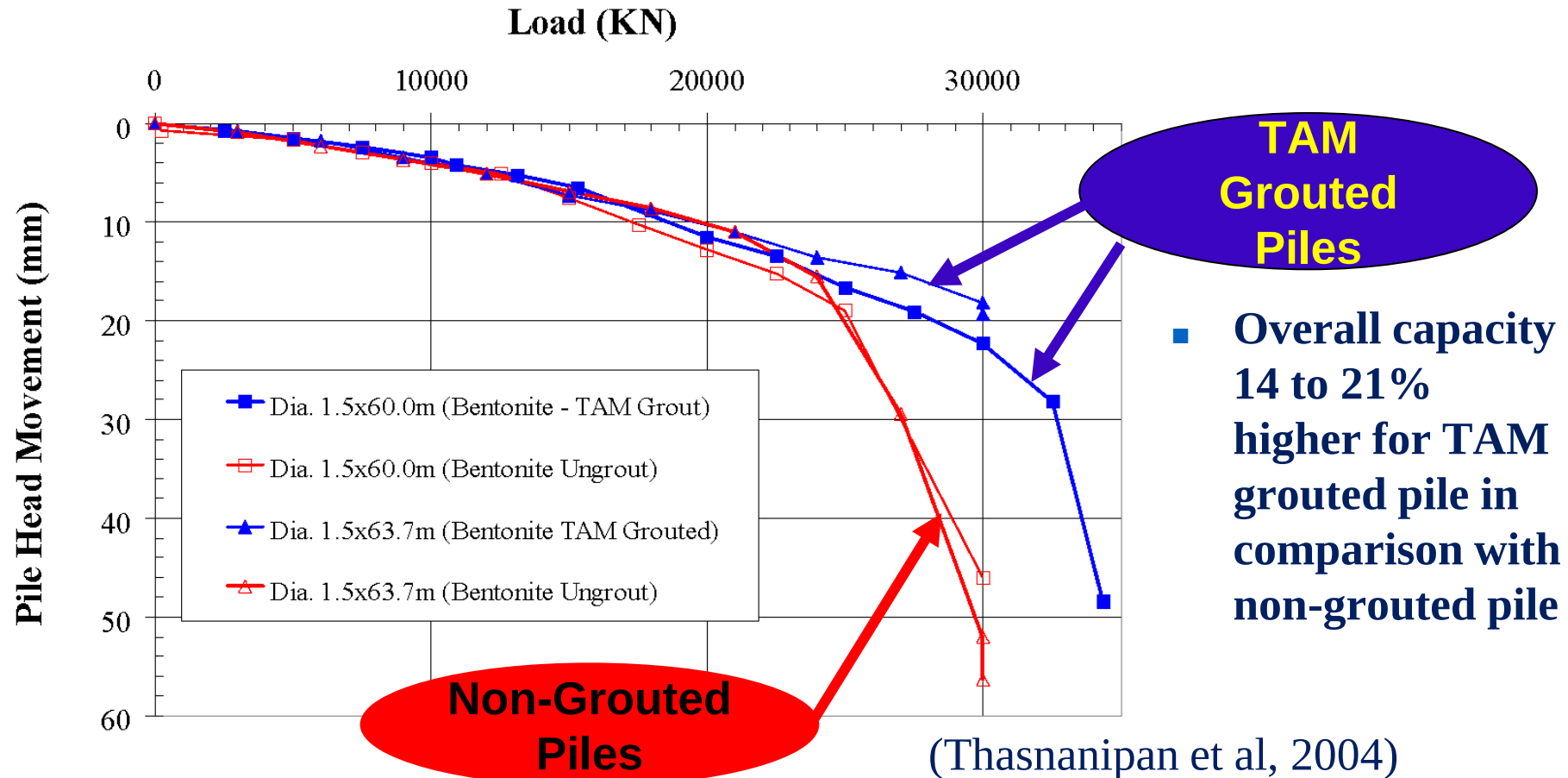


ทำการอัดน้ำเพื่อระเบิดปลายท่อ

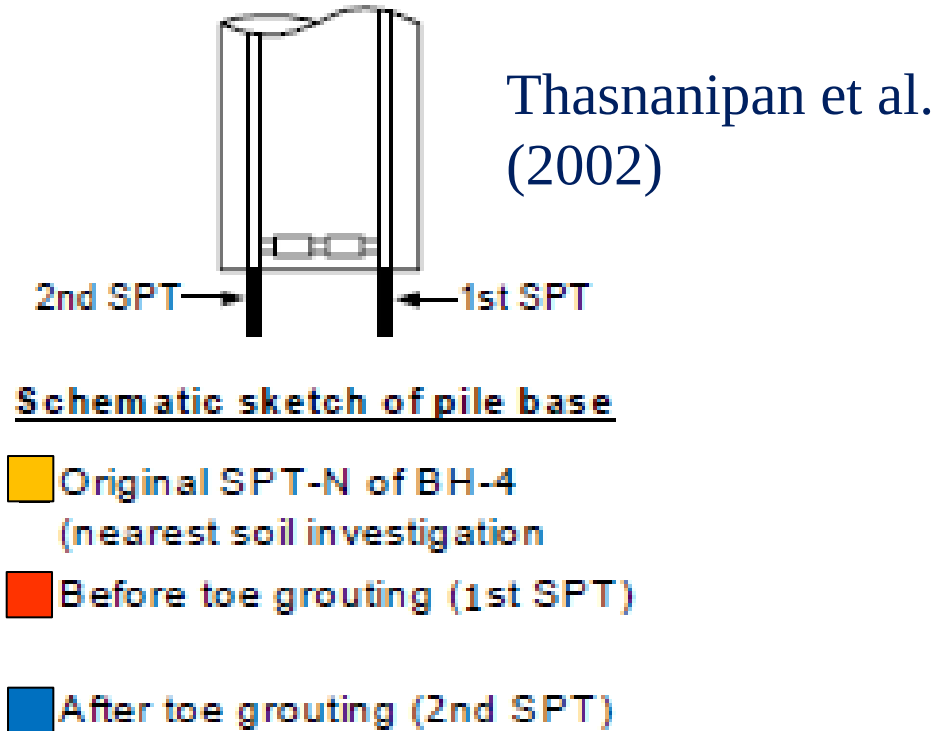
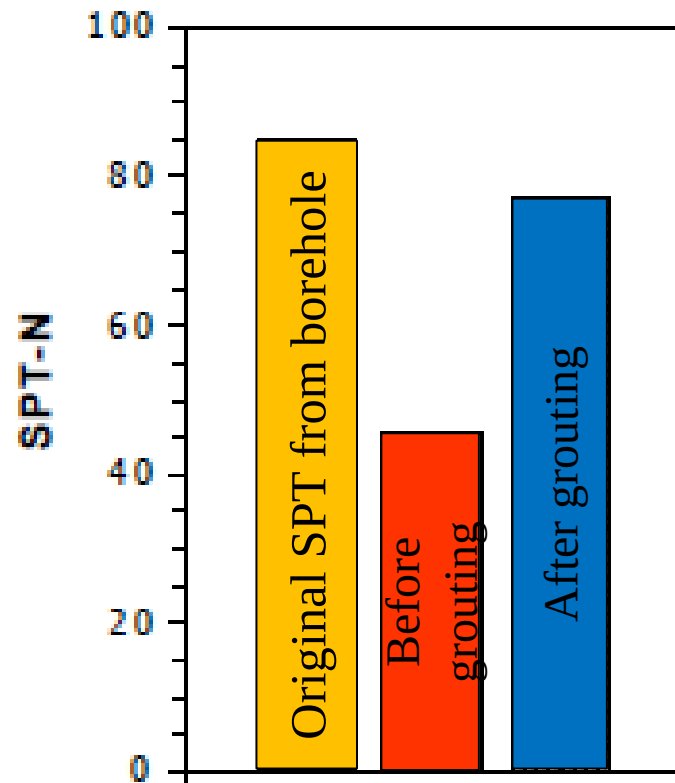


Load vs. Pile Head Movement Comparison

TAM Grouted and Non-grouted Piles both constructed with Bentonite



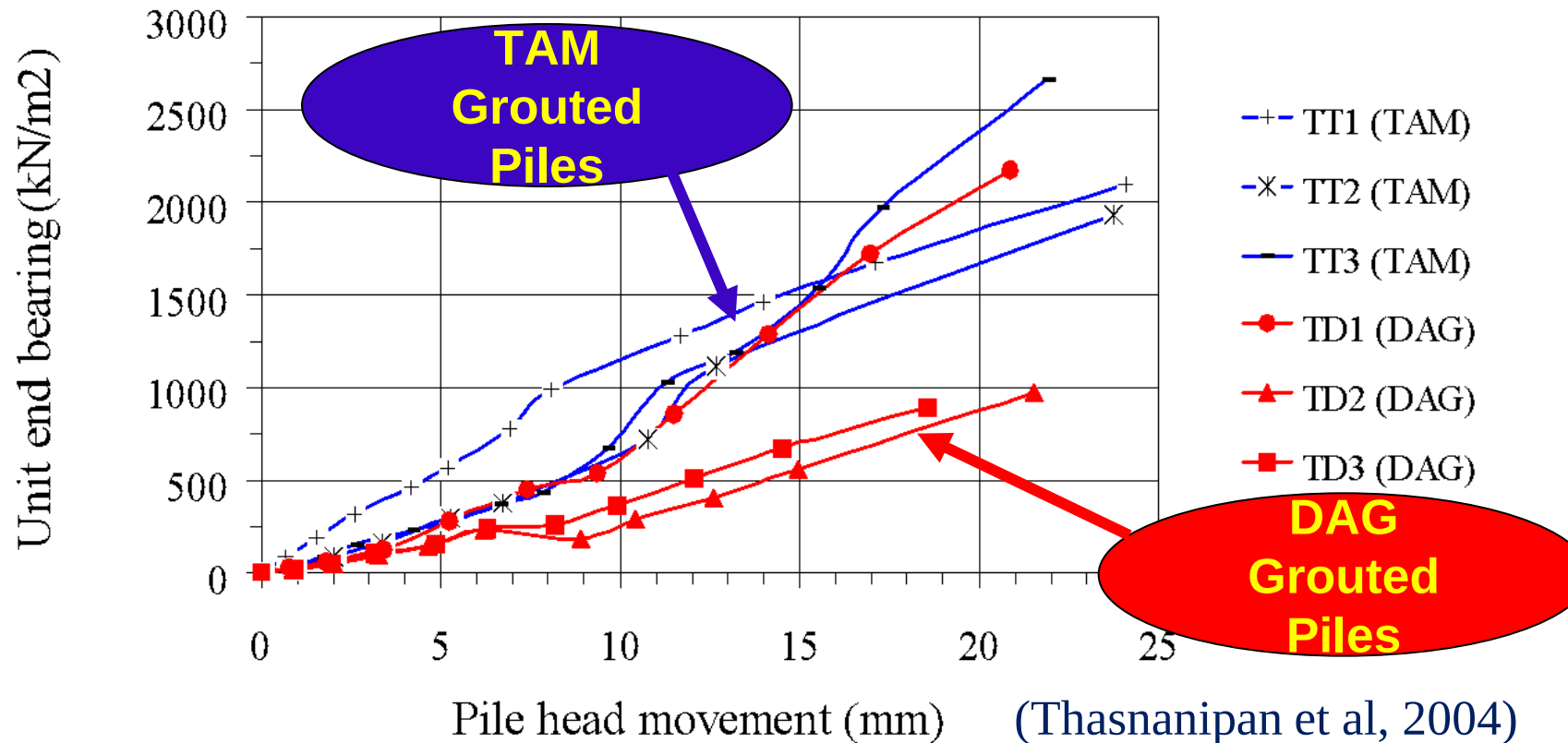
Comparison of SPT-N of soil beneath pile base



- Pile diameter: 1.5 m
- Depth: 44 m
- Sand-gravel at pile base
- Tube-a-Manchette grouting system
- Drilled through pile base inside sonic logging tube



Mobilized unit end bearing of TAM and DAG grouted bored piles



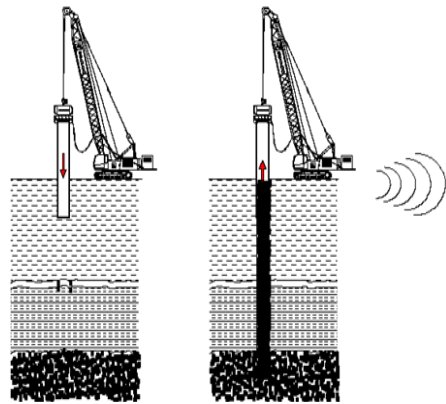
- Tube-â–Manchette give a larger end bearing than drill-and-grout => No relief of confining pressure for TAM



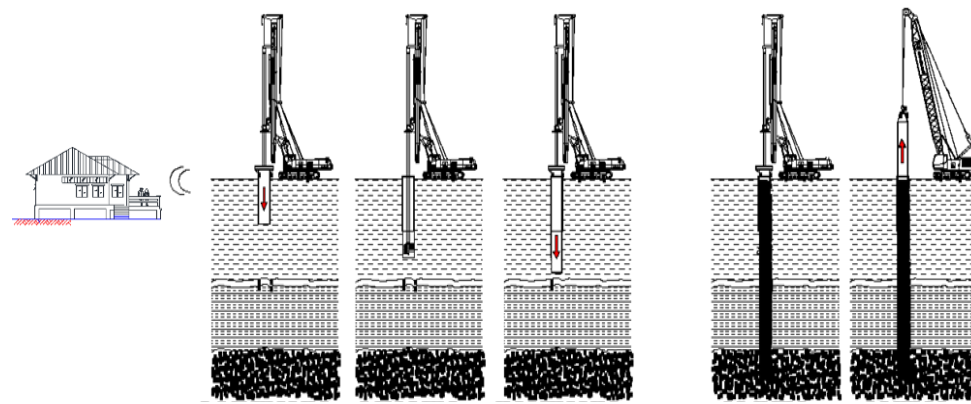
Minimizing damage and disturbance to neighbors and adjacent structures



Innovation to reduce vibration from piling



Conventional method:
High vibration



Innovative method:
Almost zero vibration



▪ **Vibration from vibro hammer**

▪ **Without vibro hammer**



อนุสิทธิบัตรเลขที่ 24497

เลขที่อนุสิทธิบัตร 24497



ฉบับ/200 - ข

อนุสิทธิบัตร

อาศัยอำนาจตามความในพระราชบัญญัติสิทธิบัตร พ.ศ. 2522
ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2542
อธิบดีกรมทรัพย์สินทางปัญญาออกอนุสิทธิบัตรฉบับนี้ให้แก่

บริษัท ซีฟโก้ จำกัด (มหาชน)

สำหรับกรรมสิทธิ์ตามรายละเอียดการประดิษฐ์ ชื่อสิ่งประดิษฐ์ และรูปเขียน (ถ้ามี) ดังที่ปรากฏในอนุสิทธิบัตรนี้

เลขที่คำขอ 2203001513

วันขอรับอนุสิทธิบัตร 13 เมษายน 2563

ผู้ประดิษฐ์ นายธยานันท์ บุณยรักษ์ และคณะ

ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์ ระบบและวิธีการก่อสร้างเสาเข็ม

ให้ผู้ทรงอนุสิทธิบัตรนี้ใช้สิทธิและหน้าที่ตามกฎหมายว่าด้วยสิทธิบัตรทุกประการ

ออกให้ ณ วันที่ 23 เดือน กันยายน พ.ศ. 2567

หมดอายุ ณ วันที่ 12 เดือน เมษายน พ.ศ. 2569



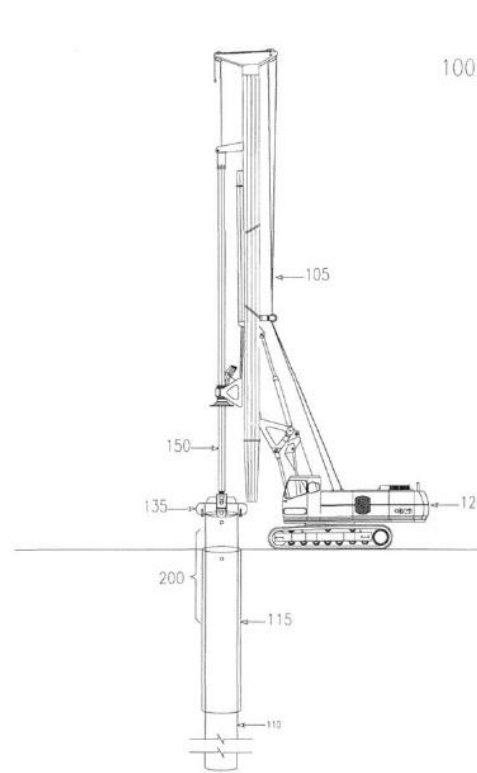
รองอธิบดีกรมทรัพย์สินทางปัญญา ปฏิบัติราชการแทน
อธิบดีกรมทรัพย์สินทางปัญญา
ผู้อำนวยการบริหาร
ผู้ออกอนุสิทธิบัตร

พนักงานเจ้าหน้าที่

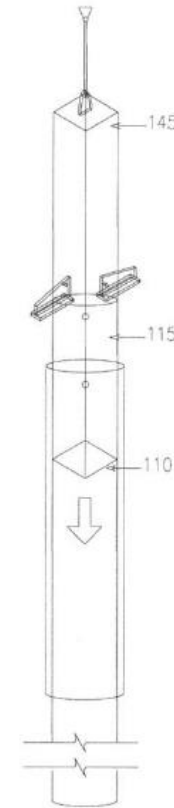


- หมายเหตุ
1. ผู้ทรงอนุสิทธิบัตรนี้จะต้องชำระค่าธรรมเนียมประจำปีไม่เกินวันที่ 5 พฤษภาคมของปีถัดไป มิฉะนั้น อนุสิทธิบัตรนี้จะสิ้นสุด
 2. ผู้ทรงอนุสิทธิบัตรจะต้องชำระค่าธรรมเนียมการตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษาไม่เกินวันที่ 5 พฤษภาคมของปีถัดไป มิฉะนั้น อนุสิทธิบัตรนี้จะสิ้นสุด
 3. ภายใน 90 วันนับแต่วันออกอนุสิทธิบัตร ผู้ทรงอนุสิทธิบัตรมีสิทธิขอต่ออายุอนุสิทธิบัตรได้ 2 ครั้ง โดยแต่ละครั้งต้องชำระค่าธรรมเนียมการต่ออายุ
 4. การขอต่ออายุอนุสิทธิบัตรจะต้องดำเนินการโดยผู้ทรงอนุสิทธิบัตรหรือผู้ได้รับมอบหมายจากผู้ทรงอนุสิทธิบัตร

ไฟล์: 256701072576318



รูปที่ 1



รูปที่ 6

▪ For vibration reduction

Double casing installation sequences

อนุสิทธิบัตรเลขที่ 24497



1. Outer casing installation



2. Pre-boring



3. Inspection of pre-bored hole

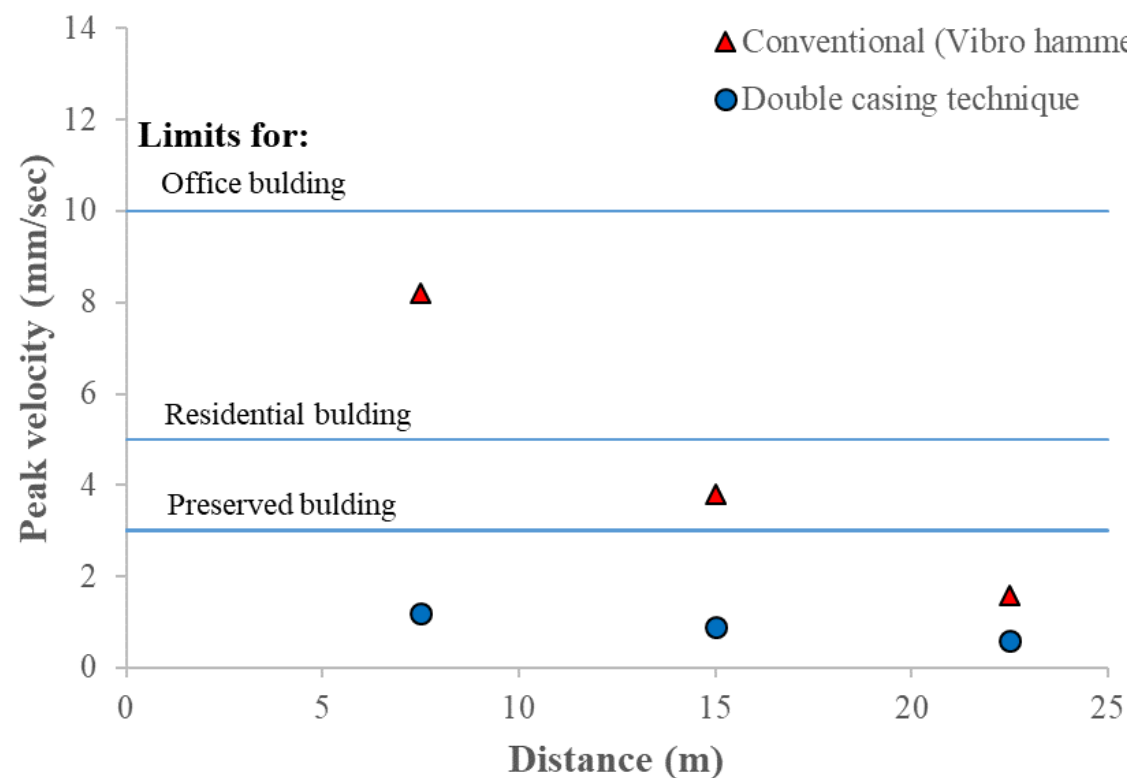
4. Inner casing installation



5. Check installed location



Innovation to reduce vibration from piling



Vibration sensor

15 m

22.5 m

Conventional method:

High vibration

Innovative method:

Almost zero vibration



บริษัท ซีพีโก้ ได้รับรางวัล องค์กรนวัตกรรมดีเด่น ปี พ.ศ. 2562 จากตลาด
หลักทรัพย์แห่งประเทศไทย เรื่อง เสริมเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม



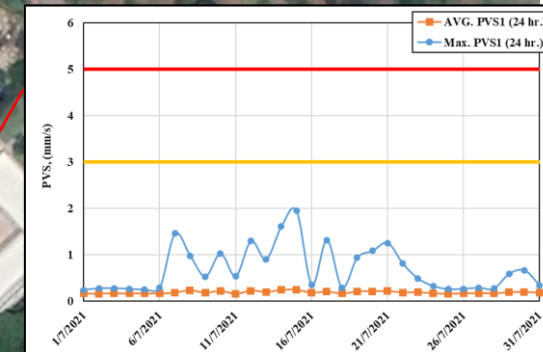
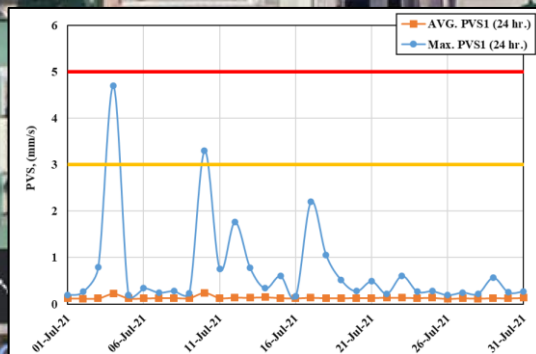
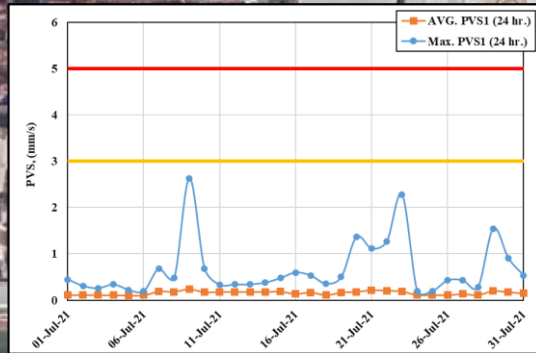
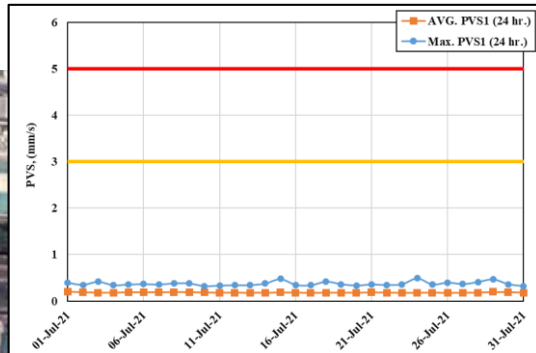
Near zero vibration construction

▲ Vibration Monitoring

11 SUSTAINABLE CITIES AND COMMUNITIES



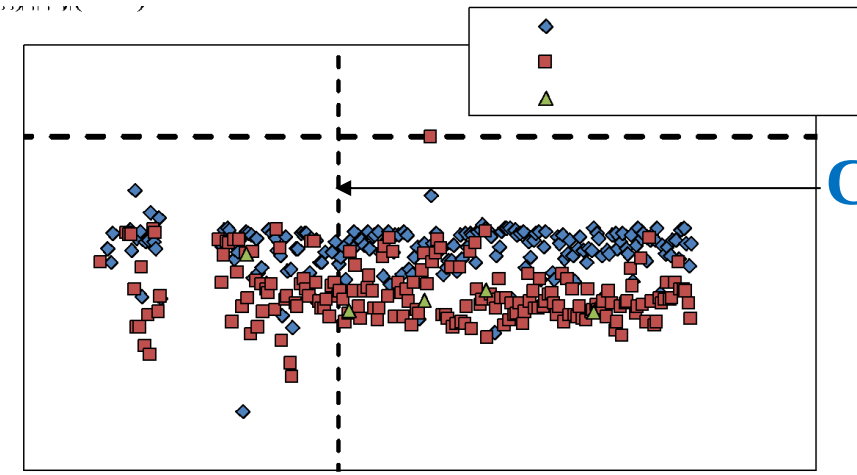
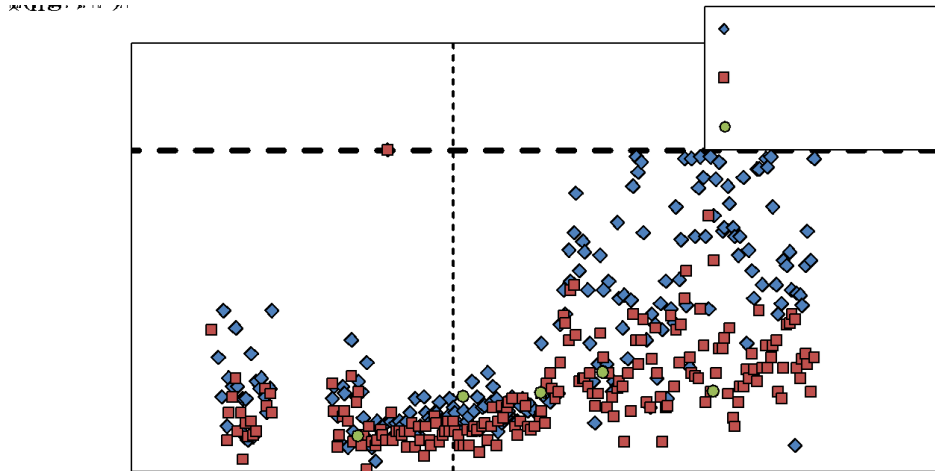
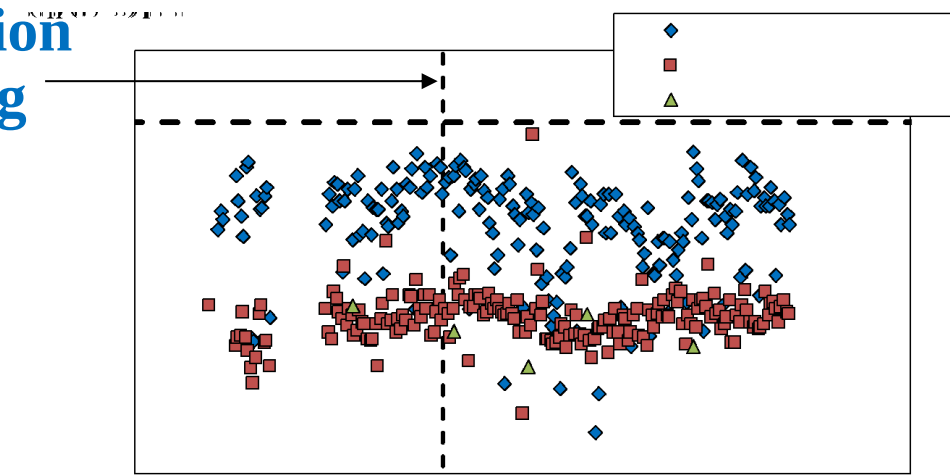
SITE AREA



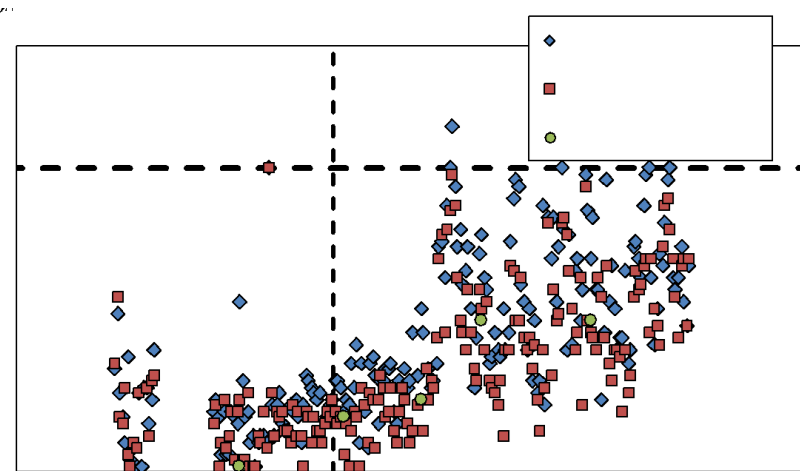
Noise and dust monitoring and minimizing



Completion
of piling



Completion
of piling



Quality control and testing



Development in quality control

Monitoring of borehole



**Drilling monitoring
machine**

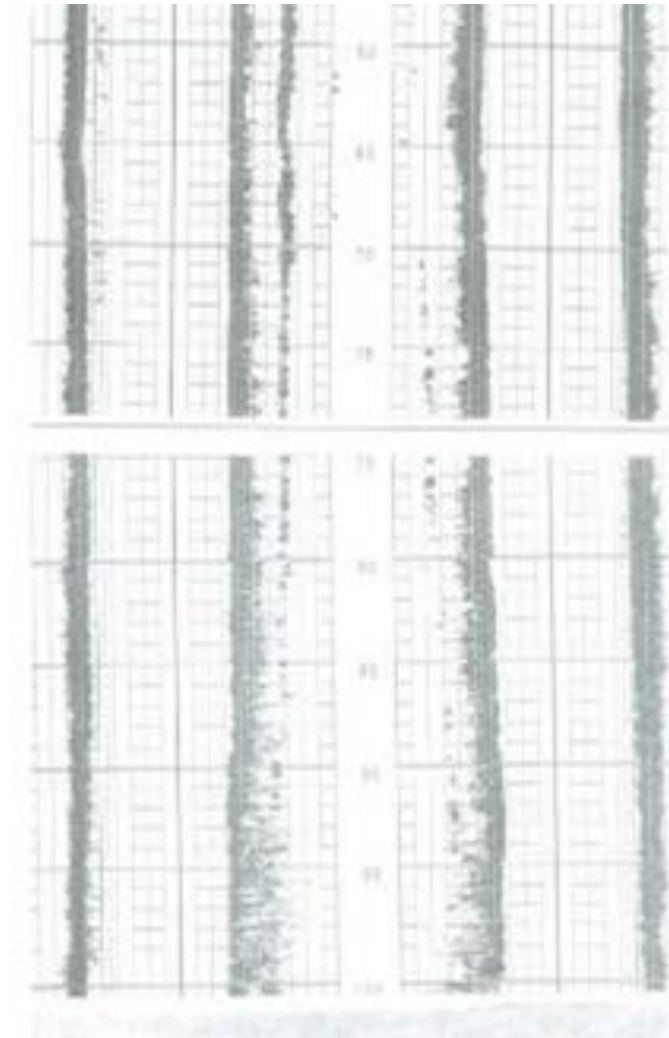
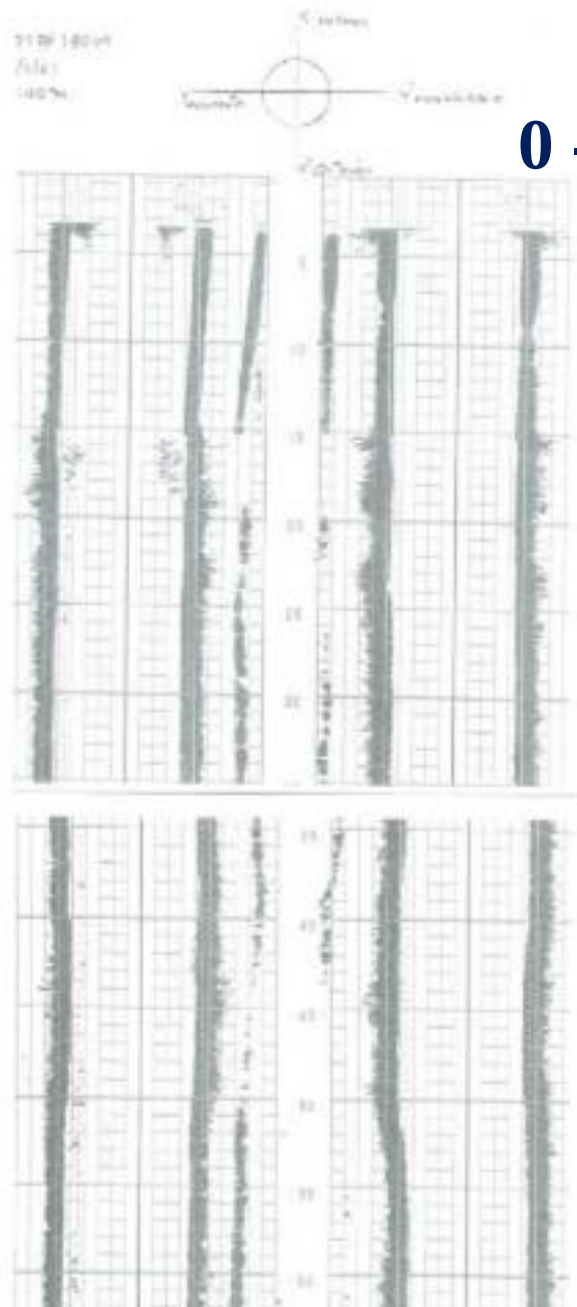


Reading of results

Borehole monitoring results

50- 100 m

0 - 50 m



Deviation at 100 m = 200 mm

Inclination = 1:500 < 1: 100 **OK**

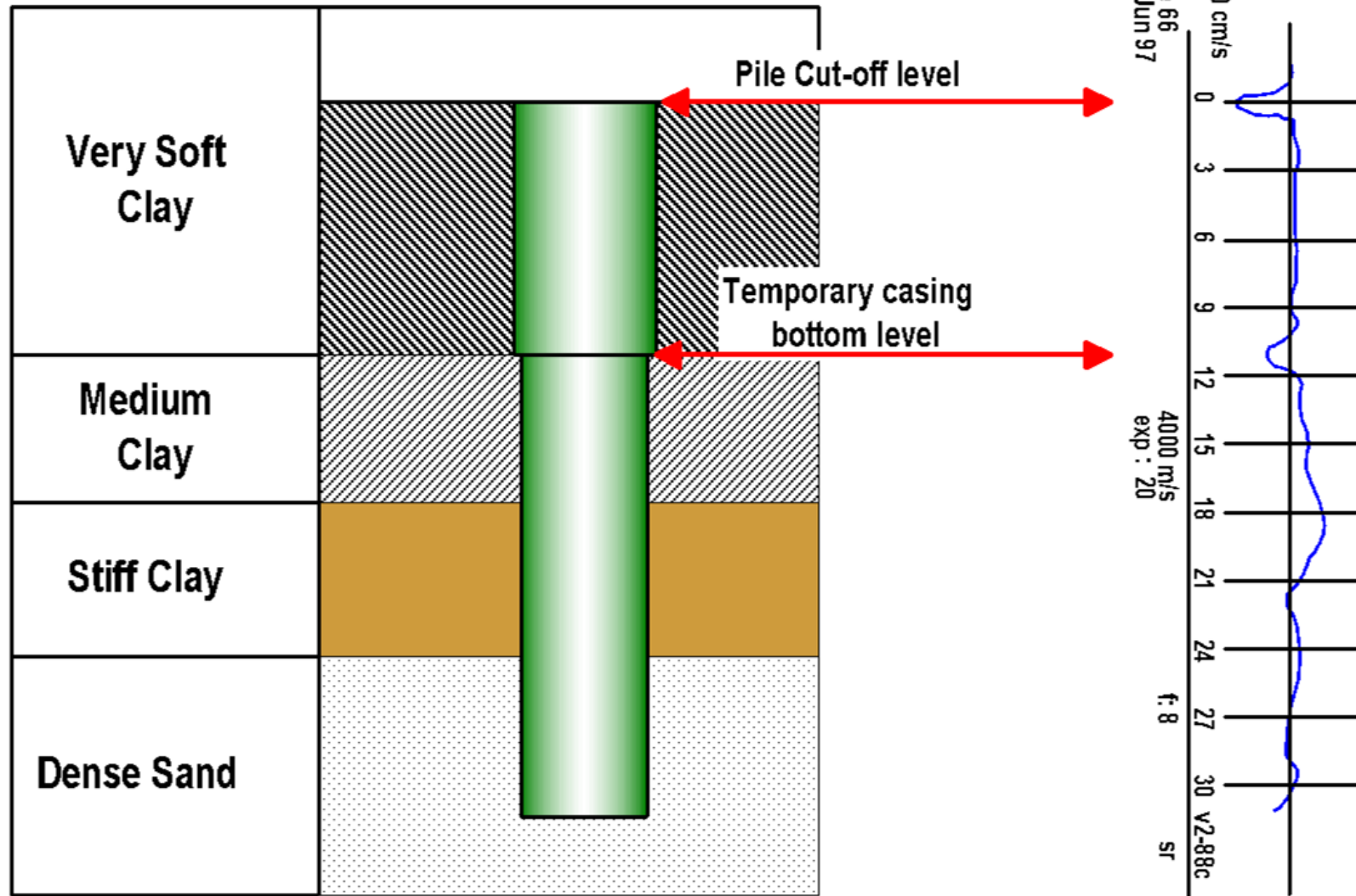


Development in integrity testing of pile

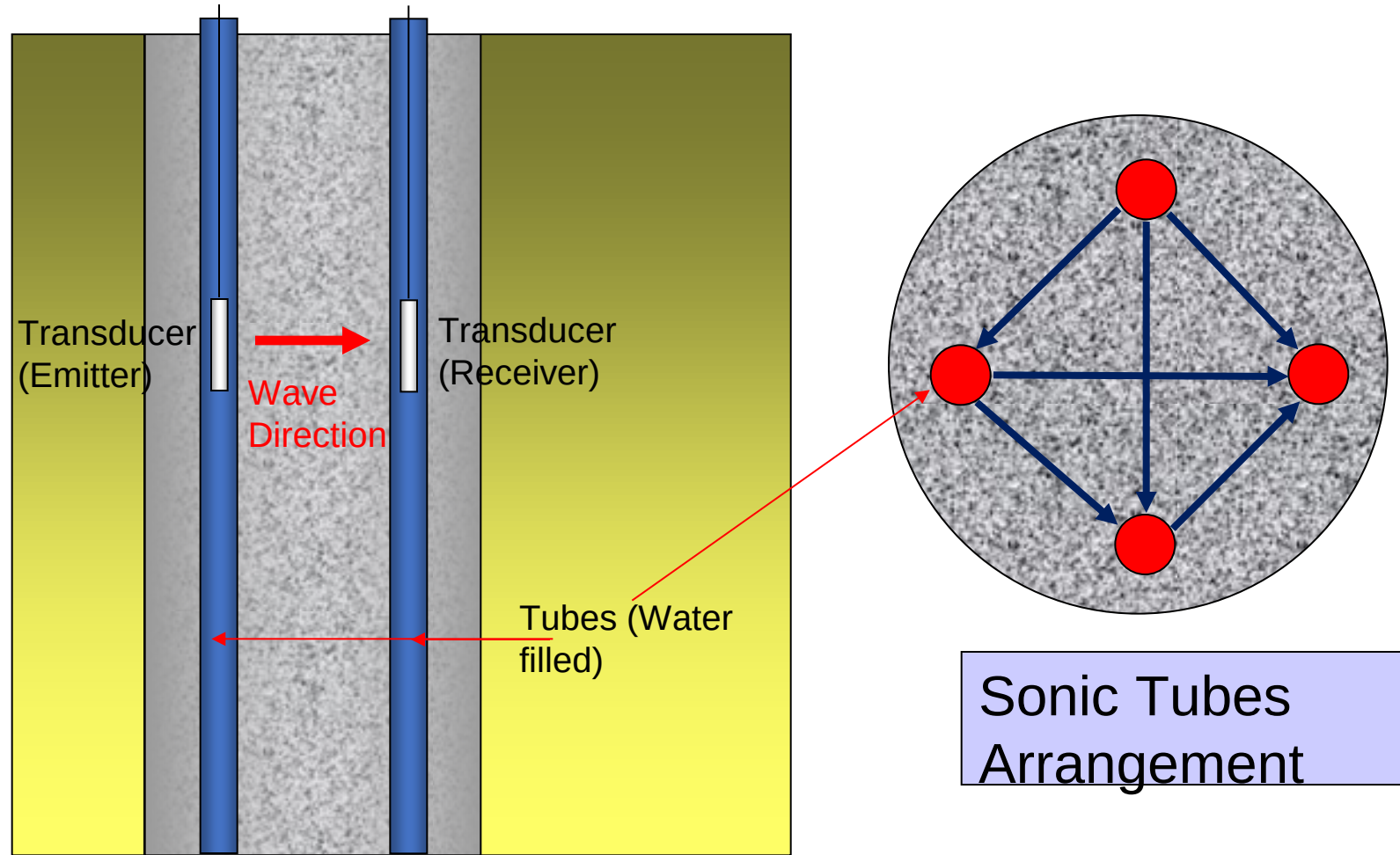
Sonic integrity test (Seismic test)



Understanding of seismic test result in Bangkok



Cross hole sonic logging test



Cross hole sonic logging test



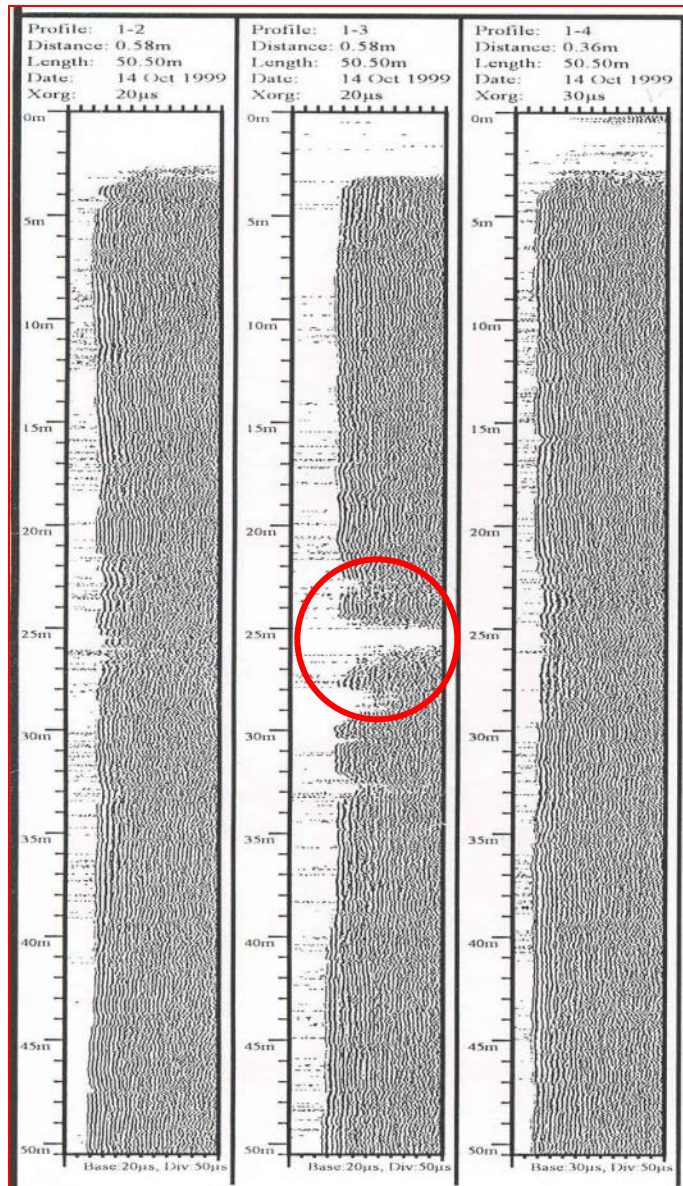
Sonic Logging Test

Transducer

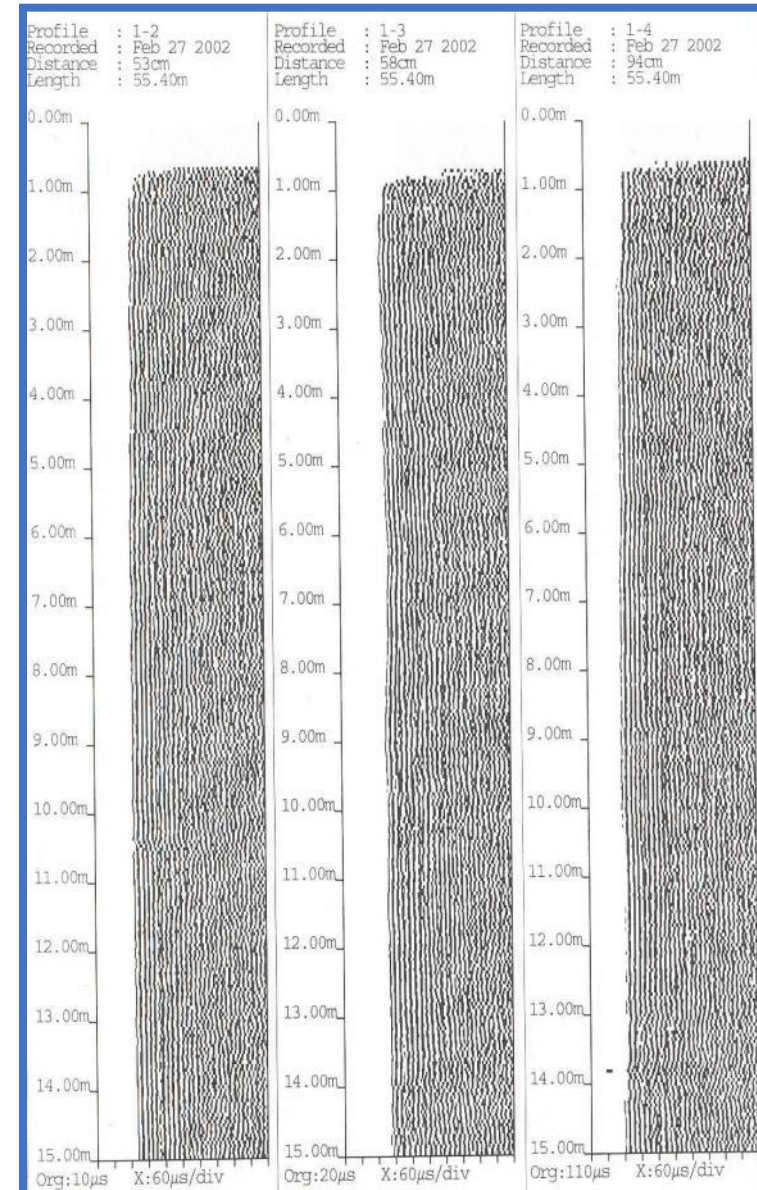


Anomaly can be detected by Sonic Logging Test

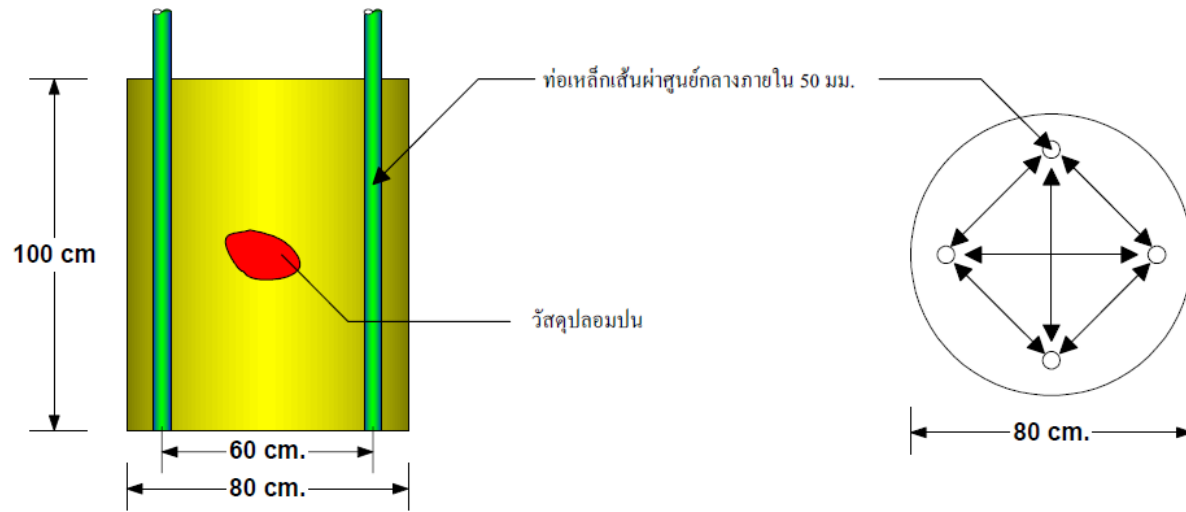
Pile detected with anomaly



Without anomaly



การทดสอบ Sonic logging ในเสาเข็มที่ใส่วัสดุแปลกปลอมเพื่อการศึกษา



รูปที่ 5 รายละเอียดของเสาเข็มตัวอย่างจำลอง

ภักพงษ์ และคณะ (2542)

การทดสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็มเจาะลึกมาก
ก่อสร้างในชั้นดินกรุงเทพ โดยวิธี Sonic logging
และการแปลคลื่นสัญญาณ

Case	Concrete & Material Properties	Profile	Discussion of signal
4	Good concrete with Layer of bentonite Slurry,sand,gravel filled (30 cm. Thickness whole Section) at middle of the pile		ผลของ Sonic Logging Profile แสดงให้เห็นว่าสัญญาณที่ผิดปกติขาดช่วงตั้งแต่ระดับความลึก 0.40 ม. — 0.70 ม. เนื่องจากคลื่นใช้เวลานานในการเดินทางเพิ่มขึ้นมาก
5	Good concrete with Clay on surface of one tube (50 cm. from top of concrete)		ผลของ Sonic Logging Profile เห็นสัญญาณผิดปกติ แนวที่ระดับความลึก 0.50 ม. เนื่องจาก คลื่น ใช้เวลานานในการเดินทางเพิ่มขึ้น
6	Concrete mixed with bentonite slurry		ผลของ Sonic Logging Profile แสดงคลื่นสัญญาณผิดปกติไม่สม่ำเสมอ สัญญาณไม่ชัดเนื่องจากผ่าน Poor concrete, non-homogeneous concrete
7	Thin smear of 2 M M . Bentonite slurry on tubes (50 cm. from top of concrete)		ผลของ Sonic Logging Profile แสดงให้เห็นว่าที่ระดับความลึกตั้งแต่ 0 — 0.50 ม. จาก top of concrete ลงไป สัญญาณผิดปกติคลื่นจะขาดหายไป ไม่ชัดเจนเนื่องจากคลื่นใช้เวลานานในการเดินทางเพิ่มขึ้น

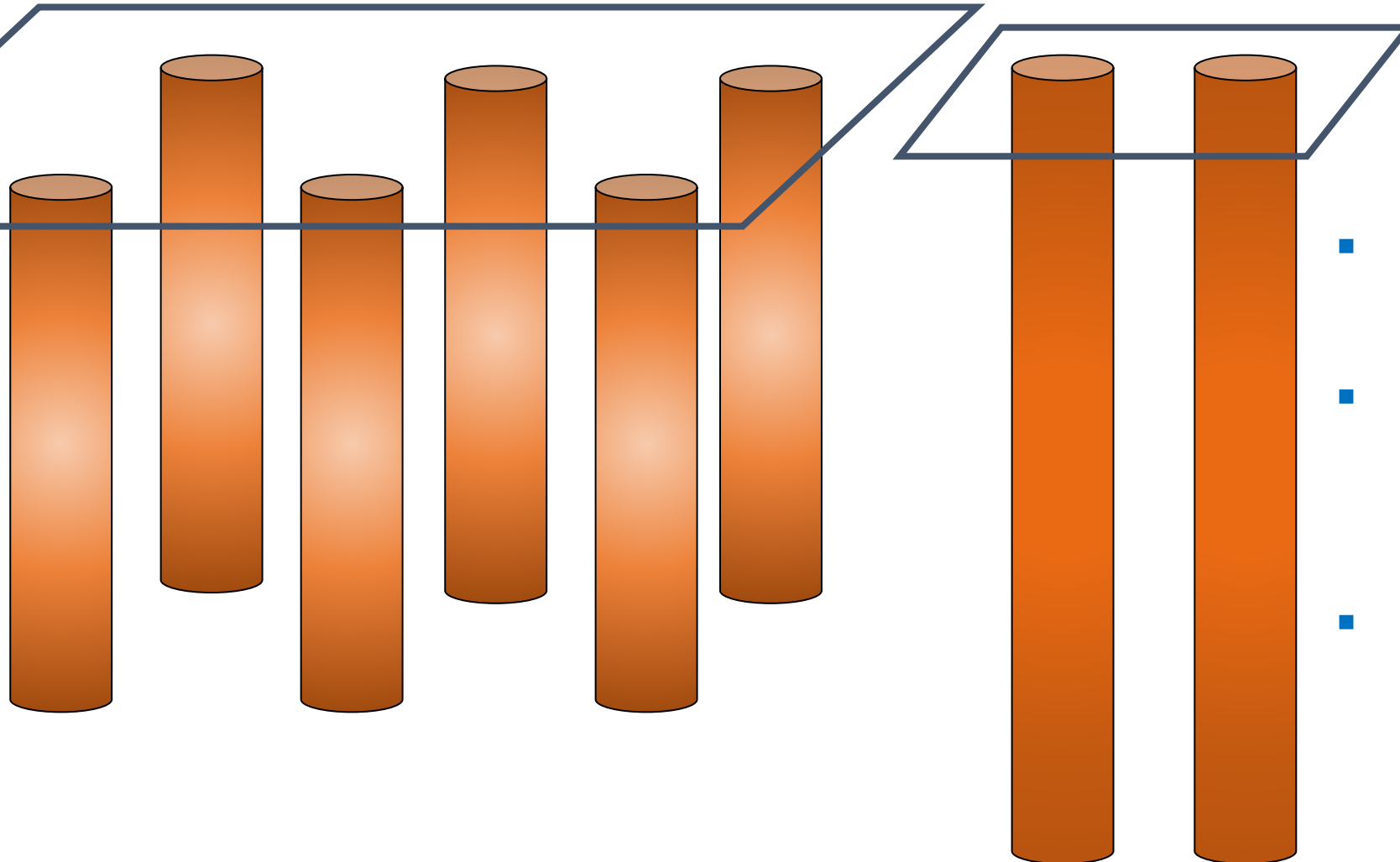
Static pile load test using four anchor piles



- Suitable for friction pile
- Anchor pile can be used as working pile
- Economical and commonly used in Bangkok



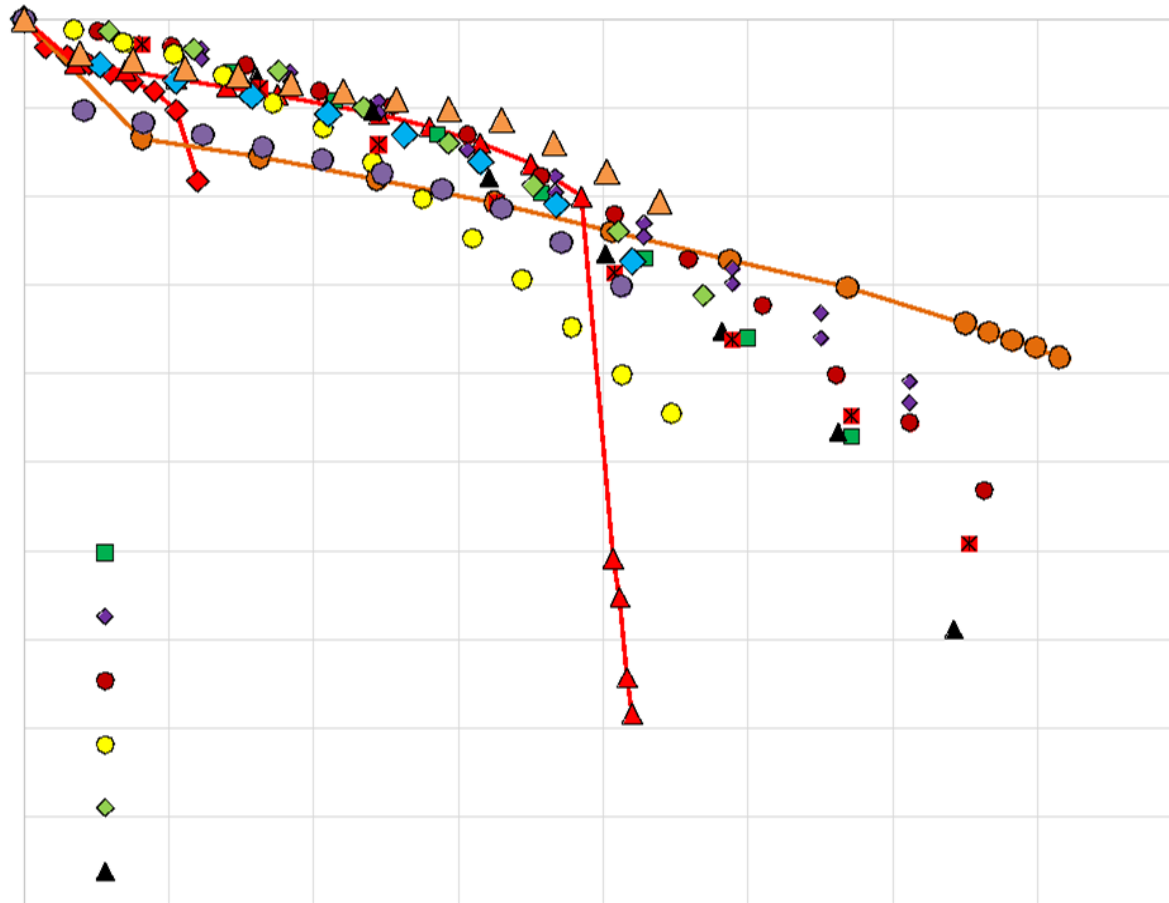
Comparison of pile material usage between conventional depth and very deep one



- Equivalent capacity
- Pile material saving about 40 – 60%
- Pile cap material and footprint saving



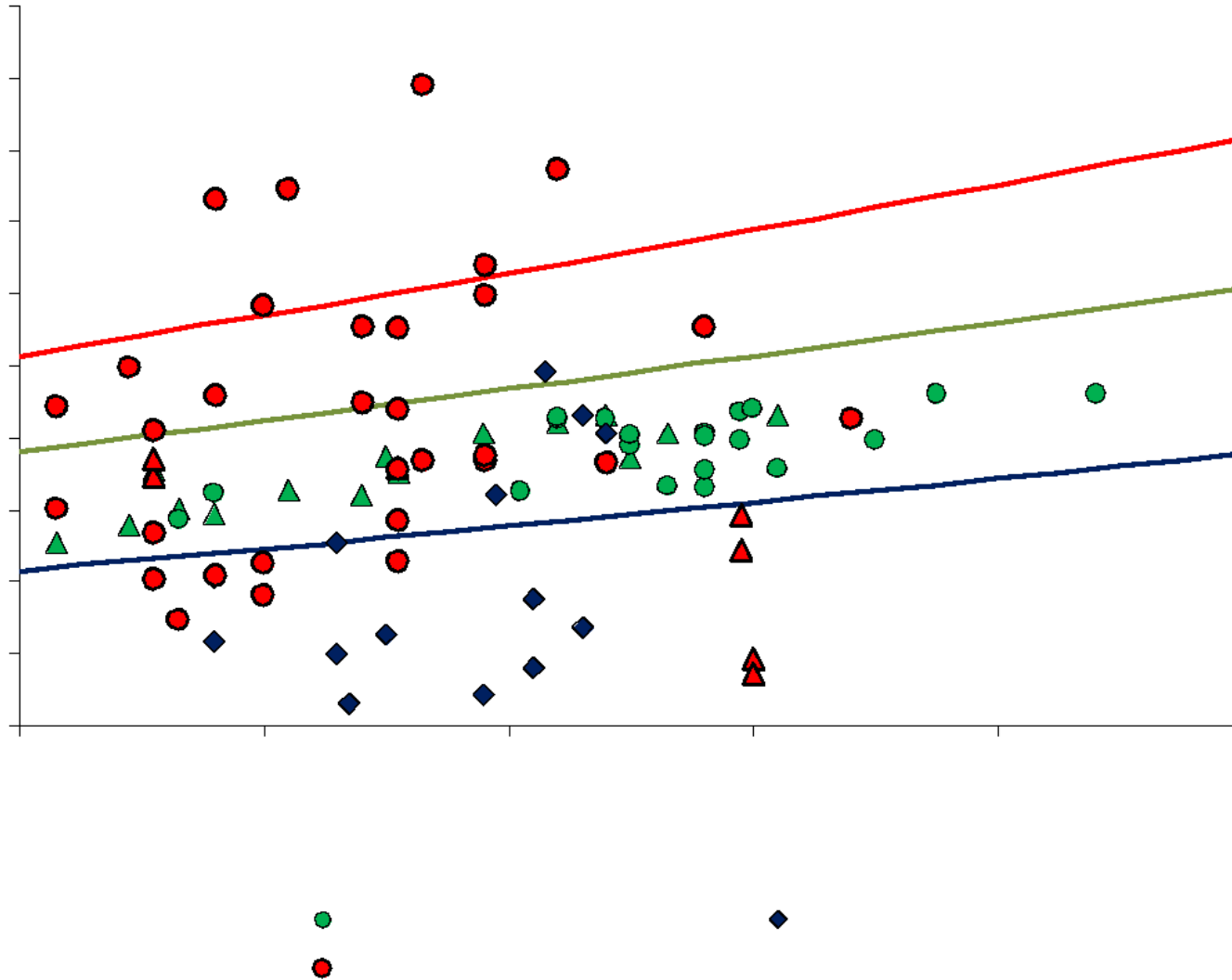
Very deep bored pile construction leads to less material consumption



- **Load capacity / material**
 - 99 m deep = 12.7 T/m³
 - 69 m deep = 7.0 T/m³
- **Load/concrete volume increase by 50%**

Aye, Z. Z., and Boonyarak, T. (2017). Axial load response of long piles in deep alluvial soil Bangkok experience. 3rd International Soil-Structure Interaction Symposium, 18-20 October 2017, Izmir, Turkey

Reason: Larger friction parameter (β) than in the past

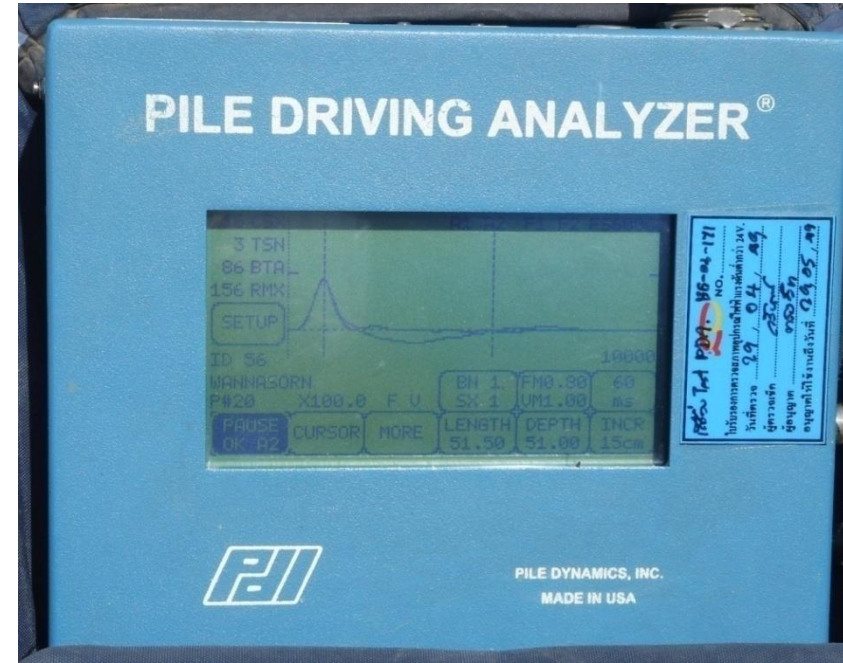


Due to new technology, quality control and construction technique

Thasnanipan, N., Boonyarak, T., Aye, Z. Z., Chea, S., and Roth, C. (2019). Recent challenges in deep foundation constructions in Thailand. International Society of Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ISSMGE): Short Course on Deep Foundations. 26 July 2019, Bangkok, Thailand

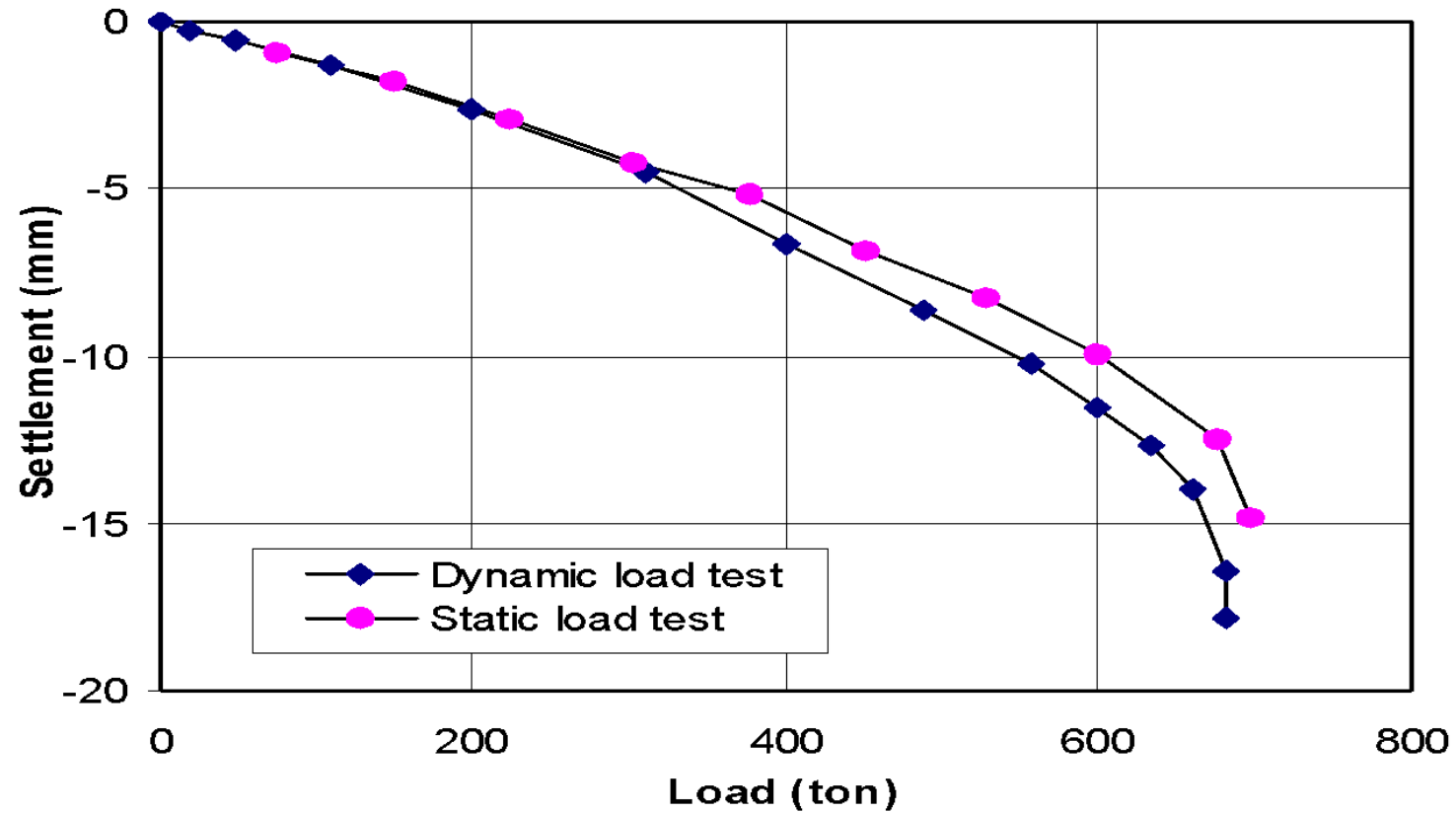


High strain dynamic load test



- **Advantage**
 - No anchor pile =>
Cheaper than static load test
- **Limitation**
 - Impact energy may not be adequate for large and deep pile

Static and dynamic load test: Result comparison

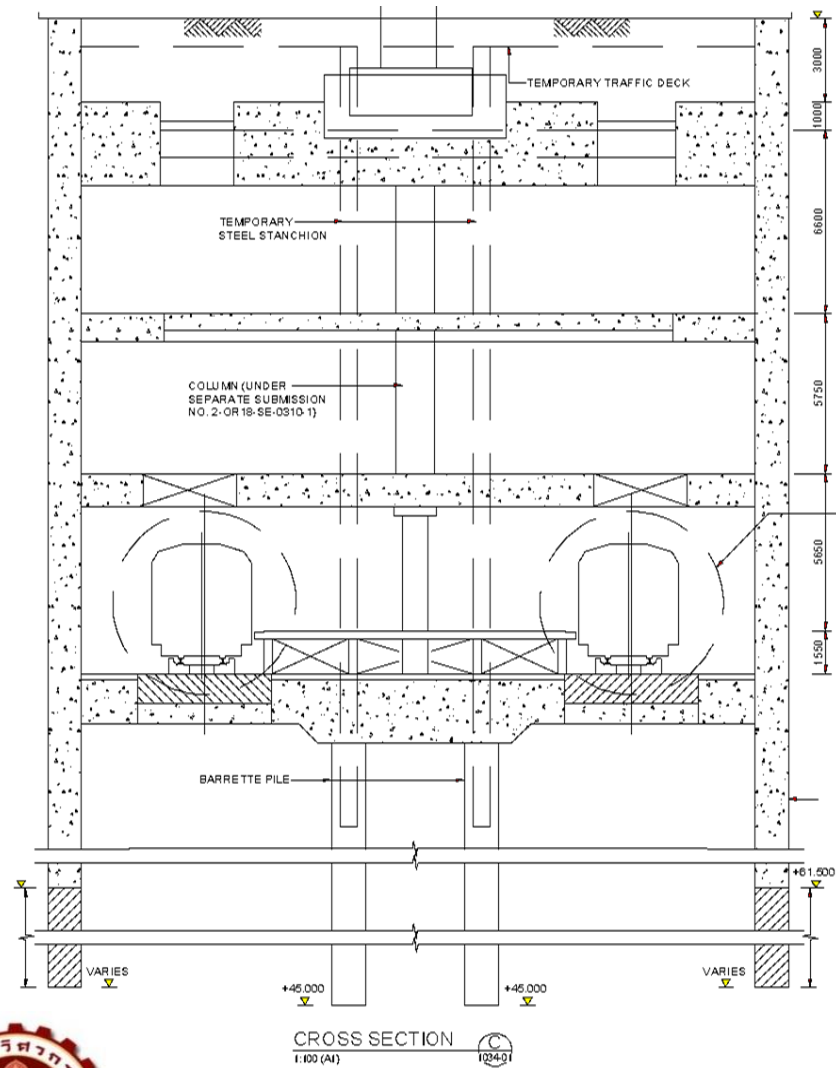


(Chanchad, 2007)

- **Dynamic load test is suitable for below conditions:**
 - Impact energy can mobilize skin friction and end bearing
 - Availability of test data for calibration with static load test



องค์ความรู้ด้านกำแพงกันดินและโครงสร้างใต้ดิน

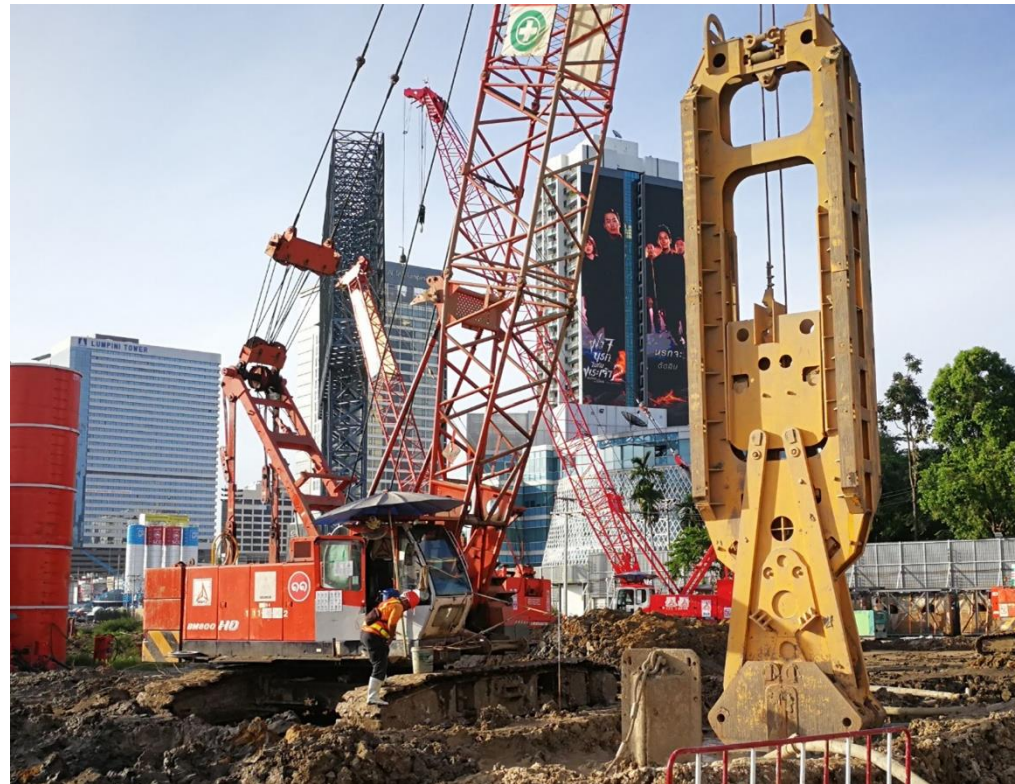


Advantage of diaphragm wall

- **Small movement of wall and surrounding soil**
- **High water tightness during basement construction**
- **Suitable for deep excavation**
- **Relatively low vibration during construction**
- **Can be used as permanent structure**



Equipment for Diaphragm wall: Mechanical grab with slurry protection



Development in equipment that adjust the verticality

Hydraulic grab improve verticality and productivity



**Panel
thickness:
0.6 – 1.5 m
Panel length:
2.5 – 6.0 m**

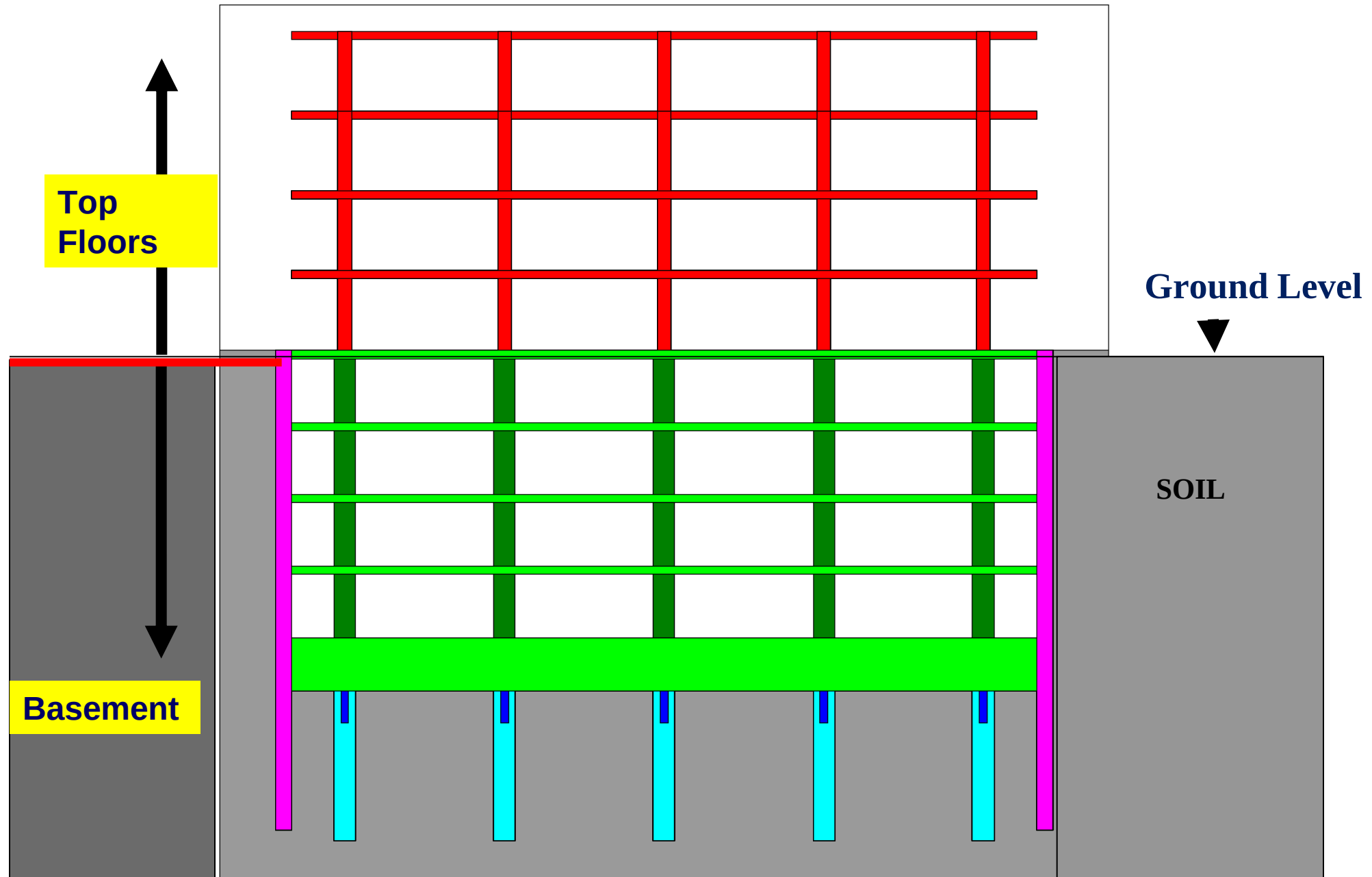
**Verticality
adjustment
tools**



Deep excavation supported by diaphragm wall



Super-structure and Basement for Tall Buildings



Bottom-up

1. Using temporary steel bracing
2. Vertical span of bracing ranges between 3 to 5m
3. Mostly design-bid-built
4. Designer preference



Top down

1. Constructing floor slabs as permanent bracing
2. Vertical span of bracing (at skipping floor) ranges 6 to 8m
3. Mostly design-built
4. Contractor preference



Comparison of Bottom-up and Top-down Construction Method

Less temporary material usage & safer working condition

Bottom-up with temporary steel casing

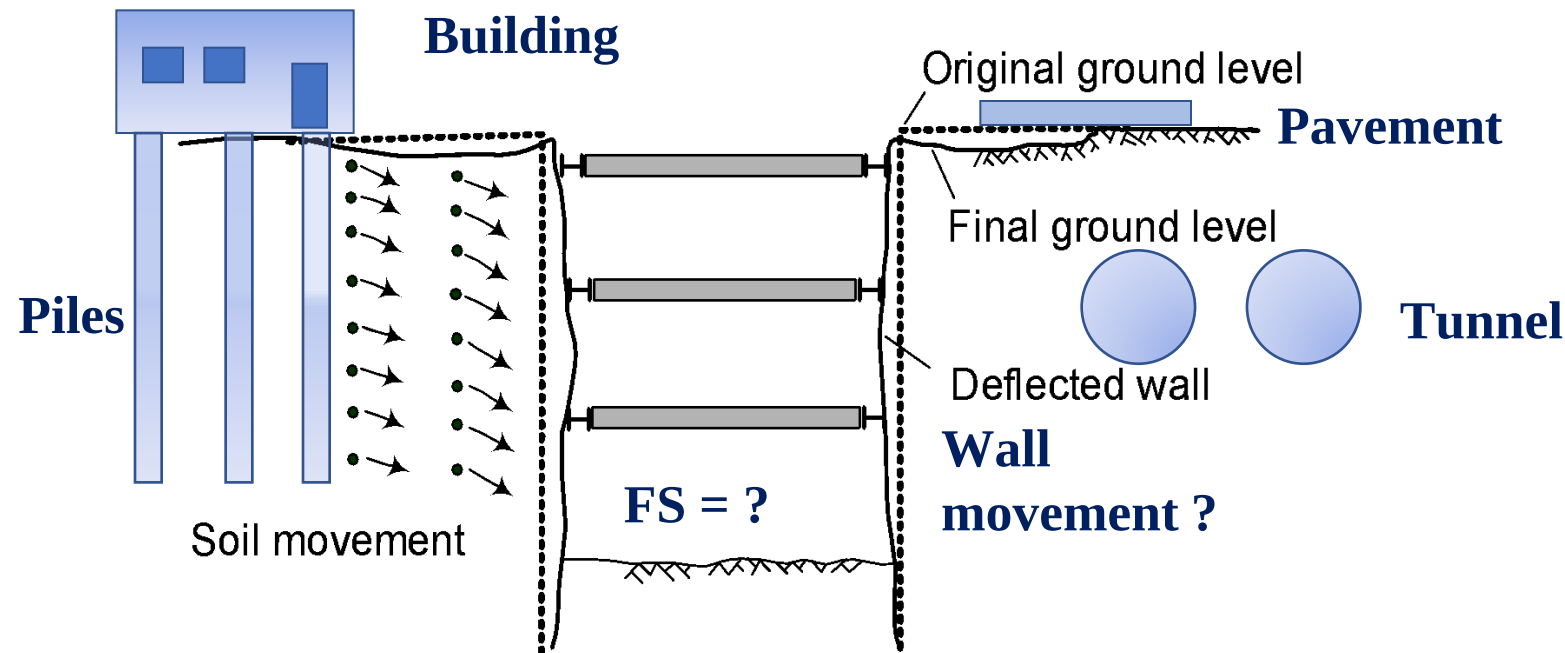


Top down without temporary steel casing



Roles of geotechnical instrumentation

- To check force or movement of sub-structure against the design value
- To ensure safety and stability of excavation and underground construction
- To evaluate construction impact on adjacent structures
- To minimize dispute among construction parties and neighbors



Case study of underground car park construction



- 2 Basements and football field for roof slab
- Size 85 m x 130 m
- Excavation depth 7.0 – 8.5 m
- Soft clay depth 14 m



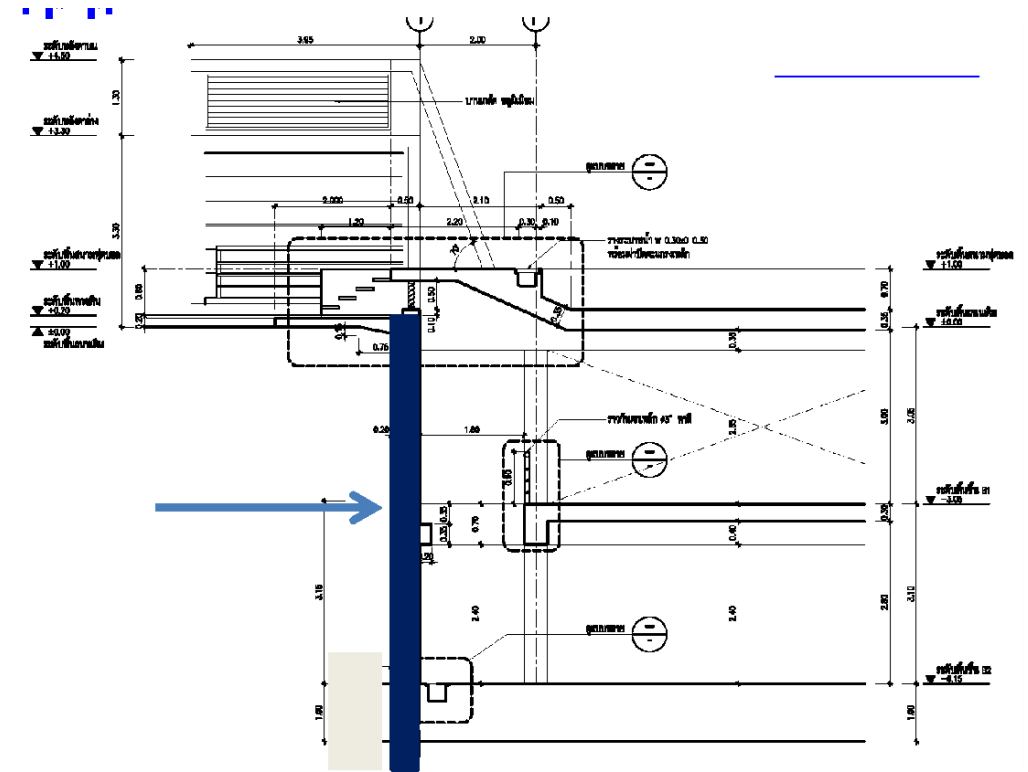
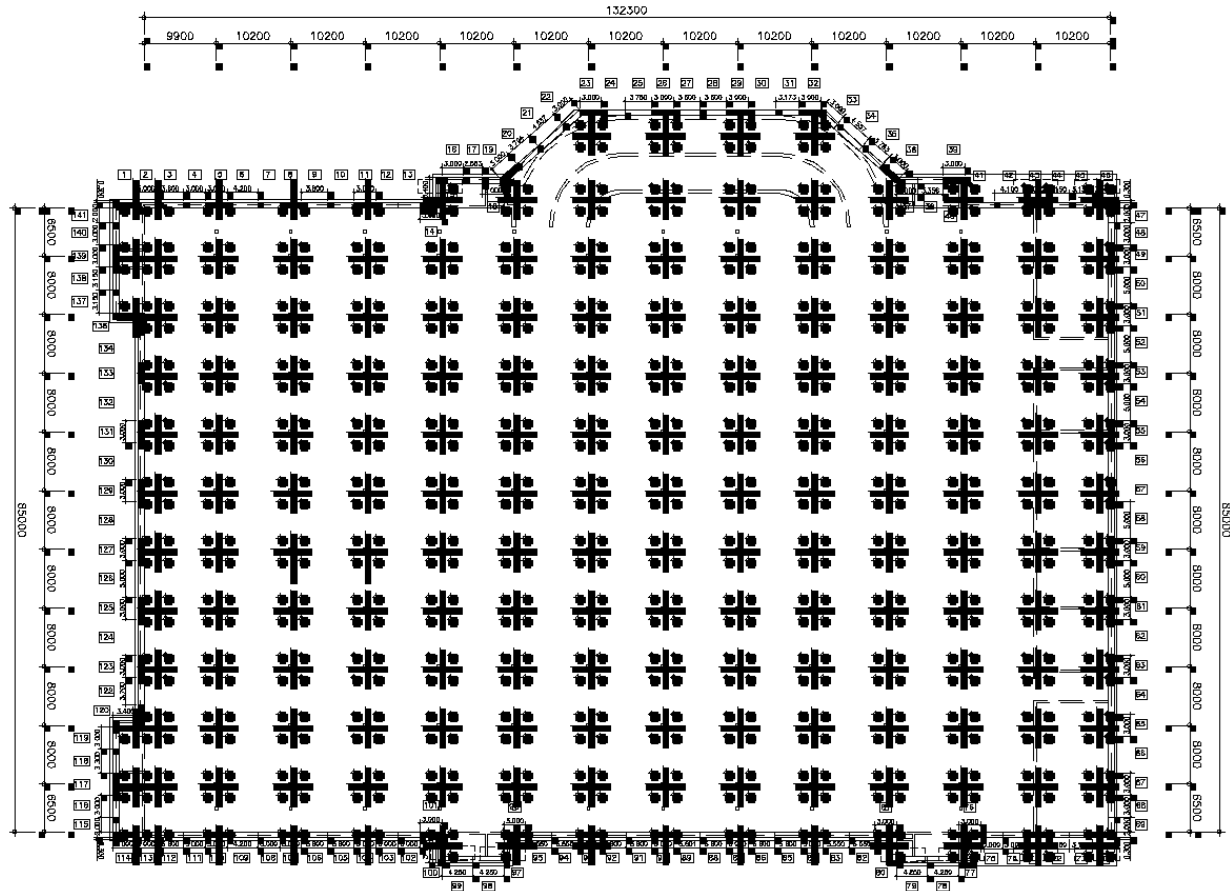
Photo credit: googlemap.com

Conditions before construction



Underground Parking, Srinakharinwirot University

Plan and section



2 Story underground car park underneath football field



Construction of car park building underneath a football field

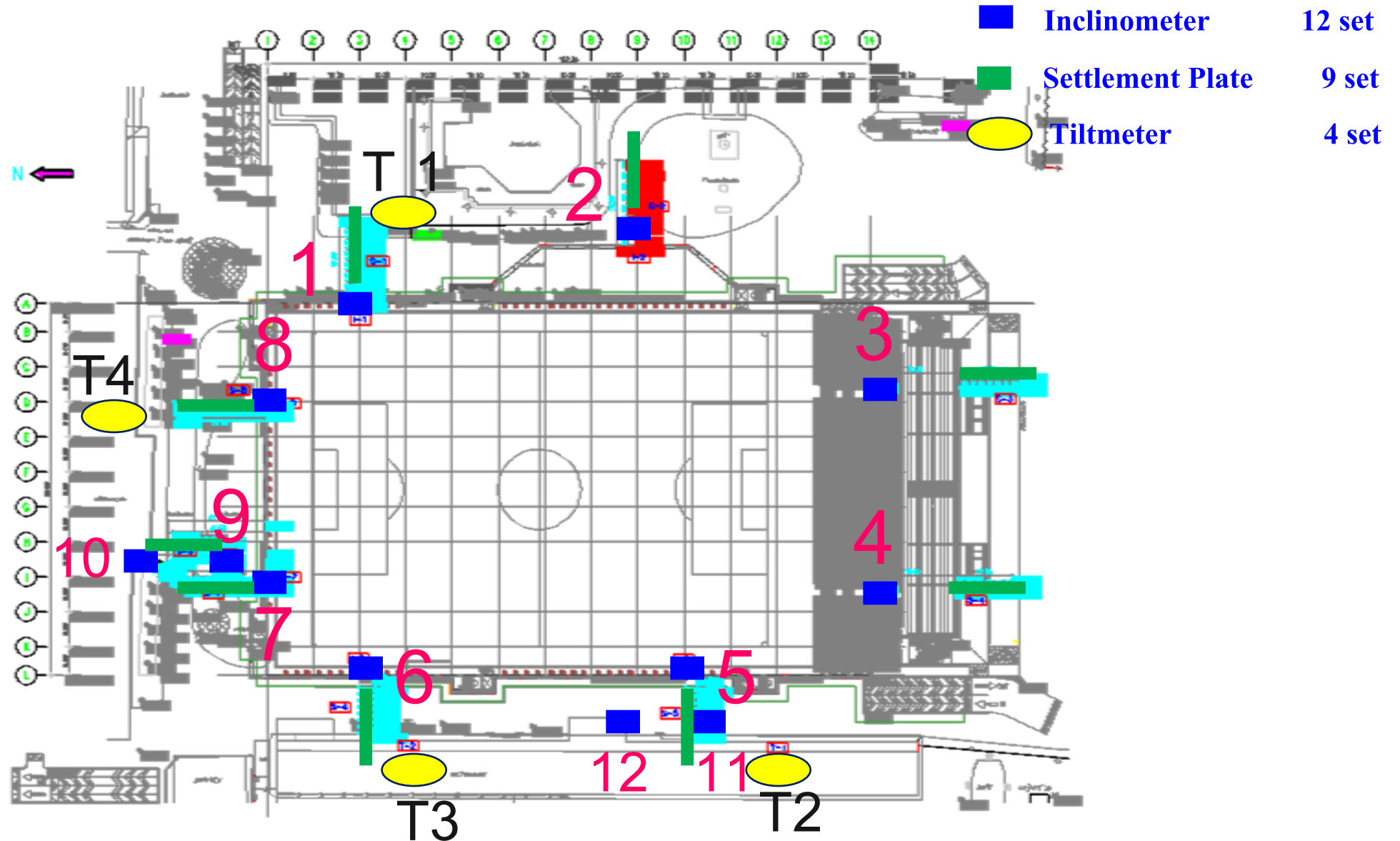


Ring and bracing slab act as a strut

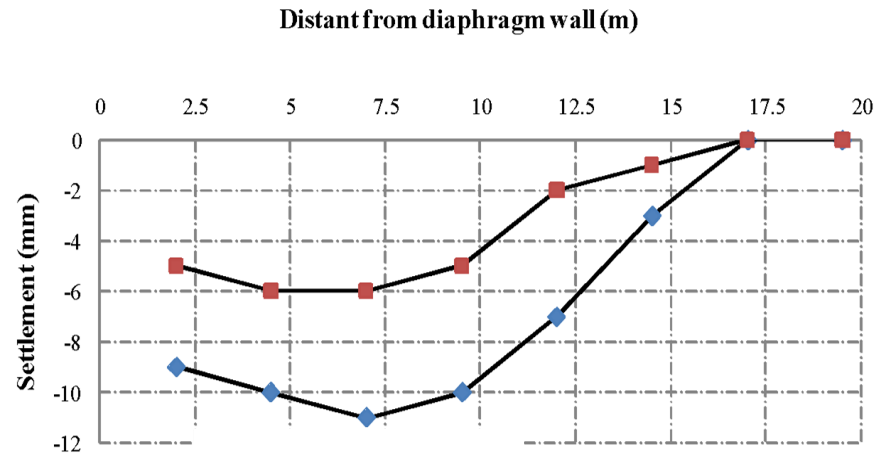
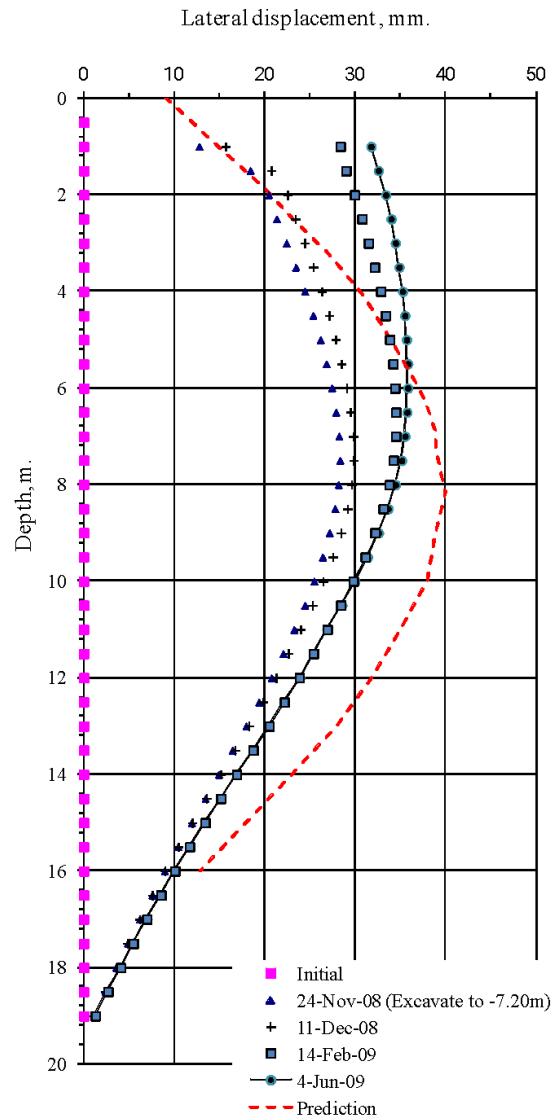
Temporary strut



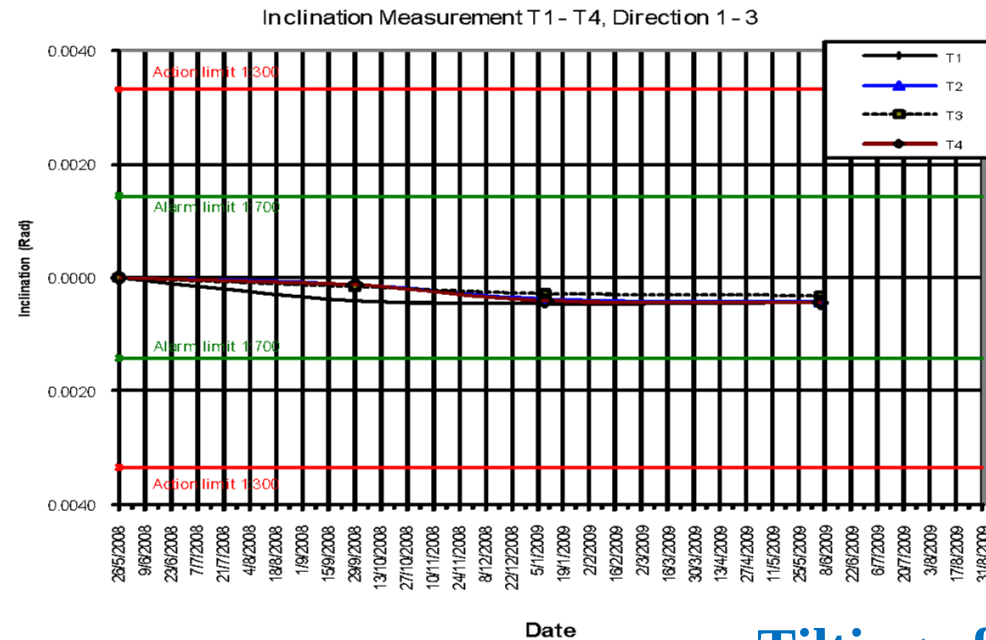
Instrumentation



Monitoring results



**Ground surface
settlement: Road
& stability => OK**



**Tilting of nearby building: OK
(Less than 1:700)**



**Retaining wall lateral
movement: Stability OK**

Completed structure

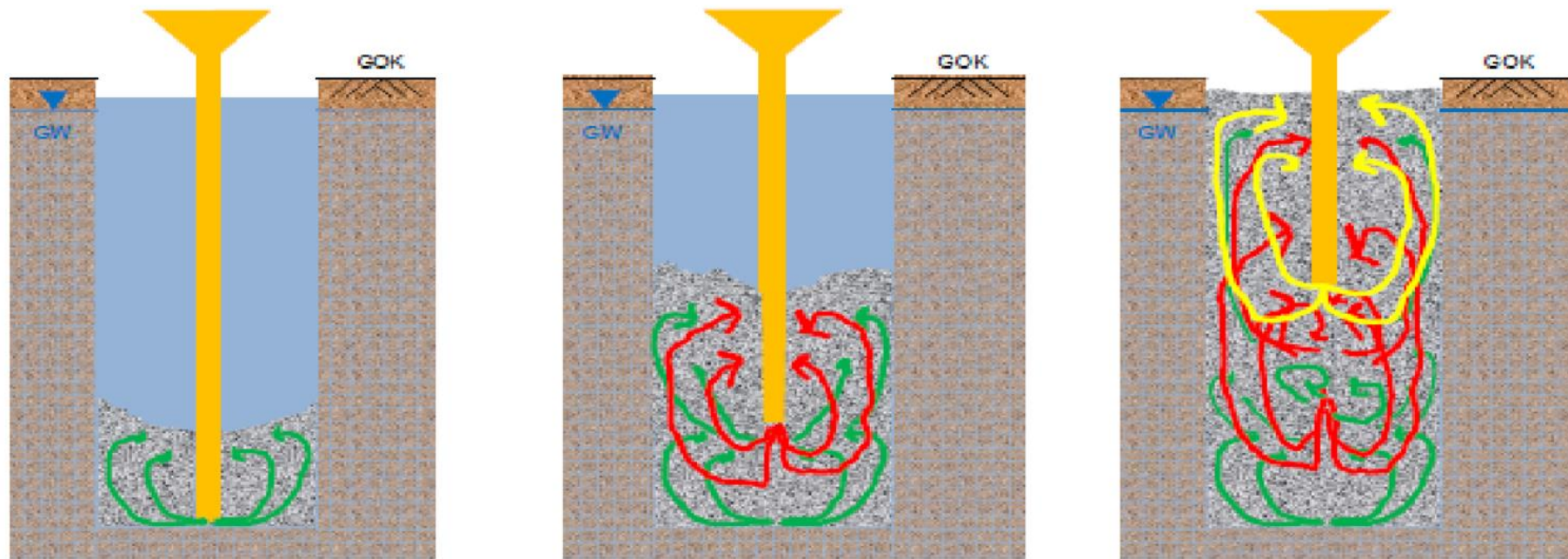


15/11/2011 08:52

คุณสมบัติของคอนกรีตที่เหมาะสมสำหรับงาน
เสาเข็มเจาะและ **Diaphragm wall**
(Tremie Concrete)



รูปแบบการไหลของคอนกรีตในเสาเข็มเจาะ

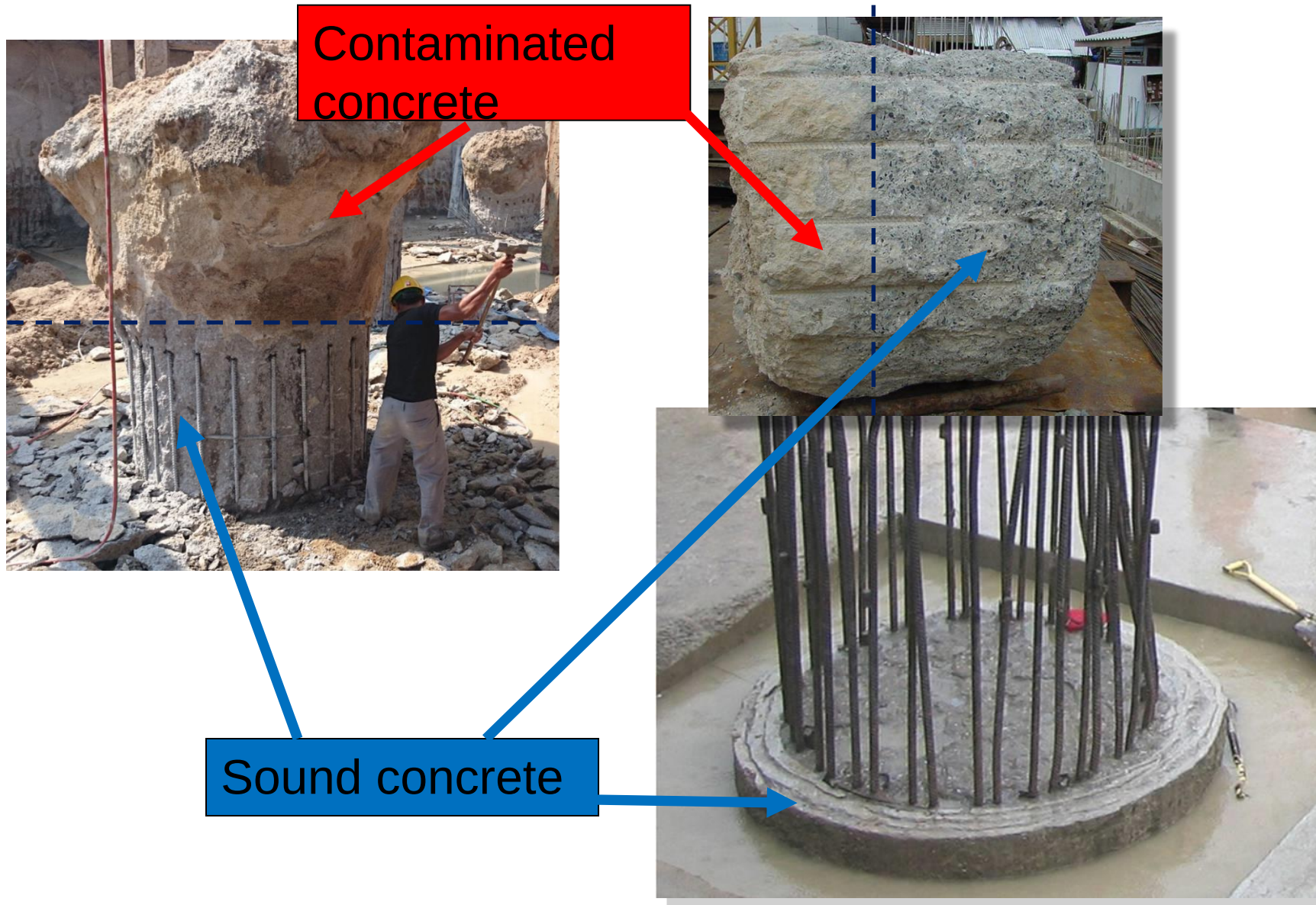


ระหว่างเทคอนกรีตผู้ปฏิบัติงานไม่สามารถมองเห็นสภาพ
การไหลของคอนกรีต เนื่องจากการเทใต้น้ำในหลุมเจาะ



After: pilingcontractors.com.au

Sufficient overcast length is important to guarantee sound concrete quality at the pile head



Poor quality concrete at pile head due to concrete bleeding or insufficient overcast length



Bad pile head condition



Contaminated concrete



Excessive Overcast length



Excessive Overcast length create high carbon footprint in material, causing delay and claims



คุณสมบัติหลักๆ ที่ต้องควบคุมสำหรับคอนกรีตที่เทผ่านท่อ Tremie

Workability

- **Flow ability**
- **Fill ability**
- **Passing ability**

Stability

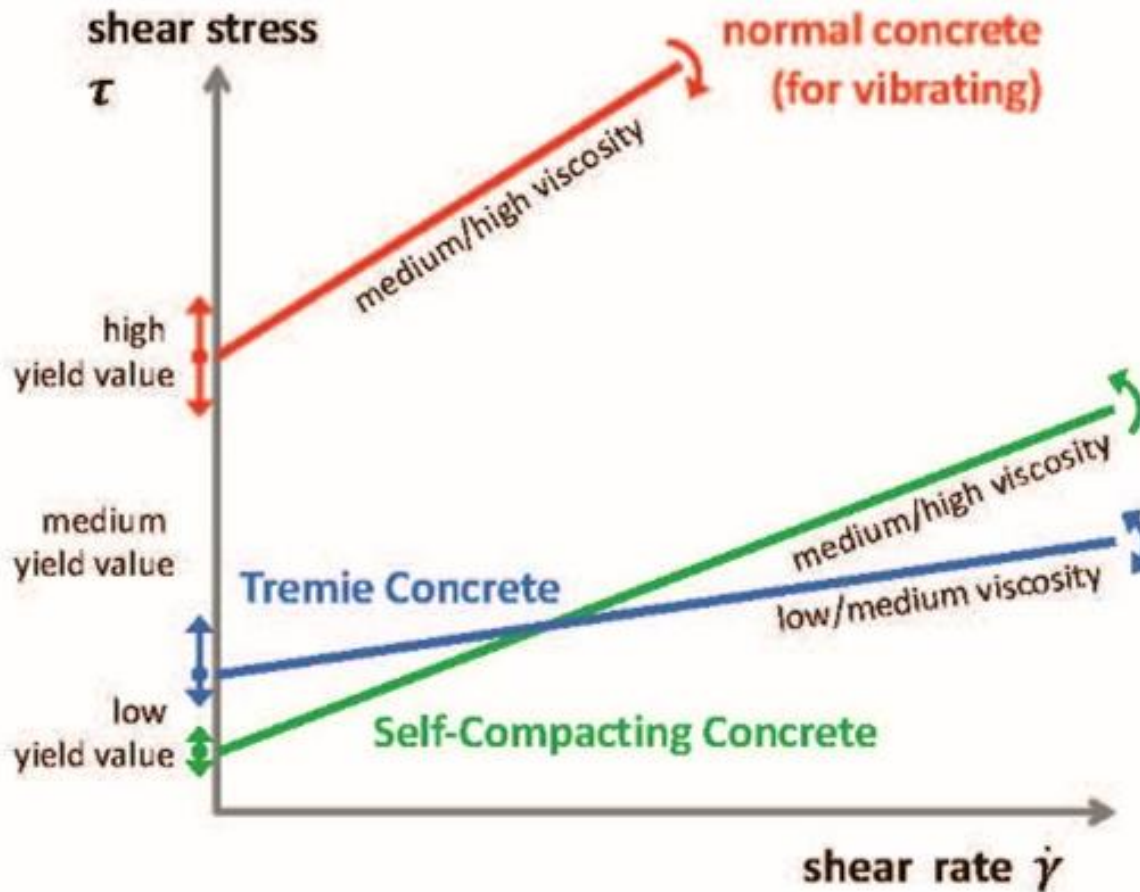
- **Water retention**
- **Retardation**
- **Slump retention ability**



คุณสมบัติด้านการไหลและต้านทานการแยกตัวของคอนกรีต

คอนกรีตปกติ มีการไหลไม่ดี
แต่ต้านทานการแยกตัวได้ดี

คอนกรีต Tremie มีการไหลดี
แต่ต้านทานการแยกตัวไม่ดี
เท่าคอนกรีตปกติ



(EFFC/DFI 2018)



Properties for tremie concrete in Thailand



Slump test in the project

Properties	Range	Testing method
Slump	150 - 200 mm	Slump Cone
Flow diameter	400 – 550 mm	Flow table
Initial setting time	Casting + 2 hours	Timer
Resistance to bleeding or segregation	Specified on project basis	ASTM C232, ASTM C1610, CIA Z17,
Compressive strength	24-45 MPa (cylinder)	Unconfined compression test



Slump test alone may not be enough to differentiate concrete quality

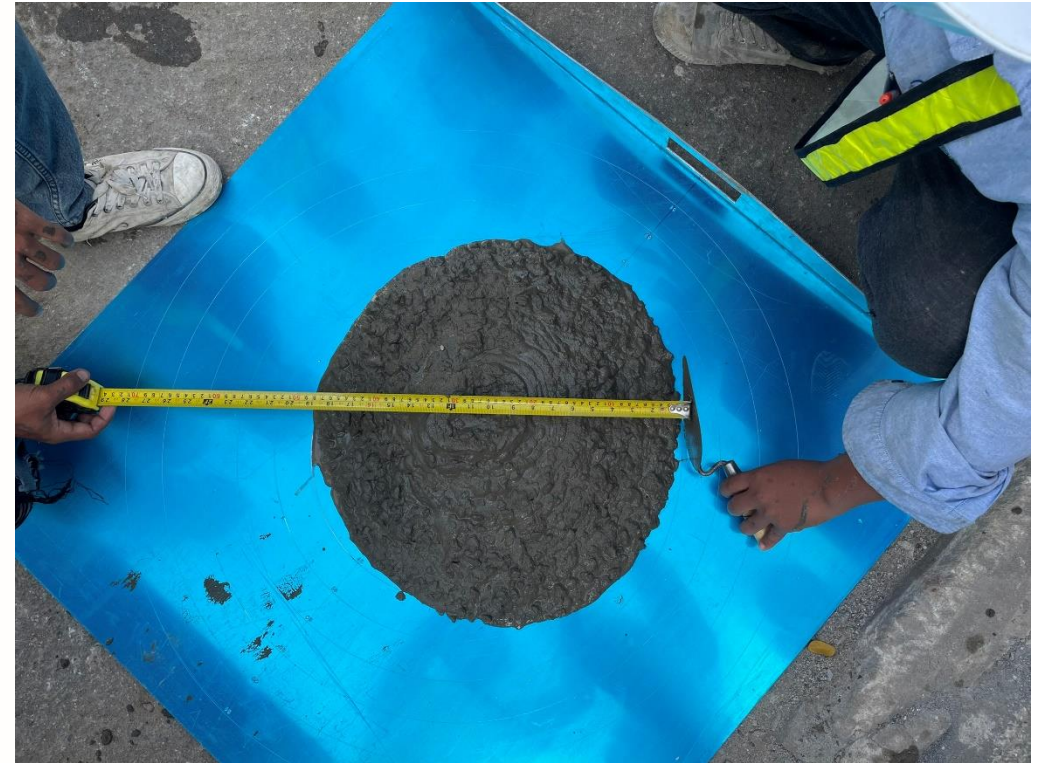
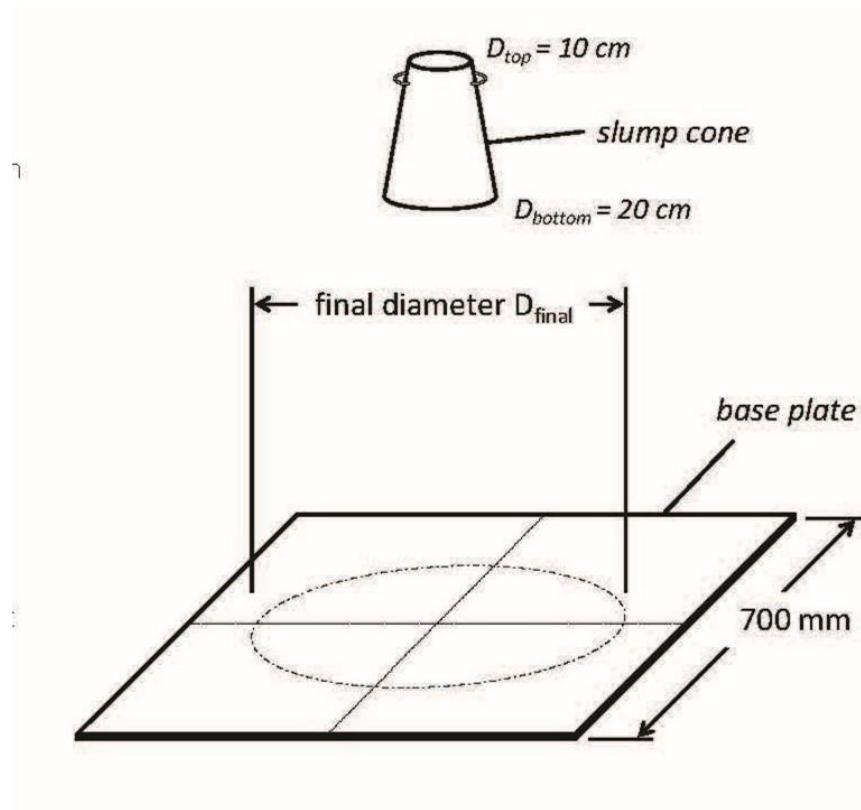


Same slump height but different slow behavior and performance



After: pilingfederation.org.au

Slump flow test

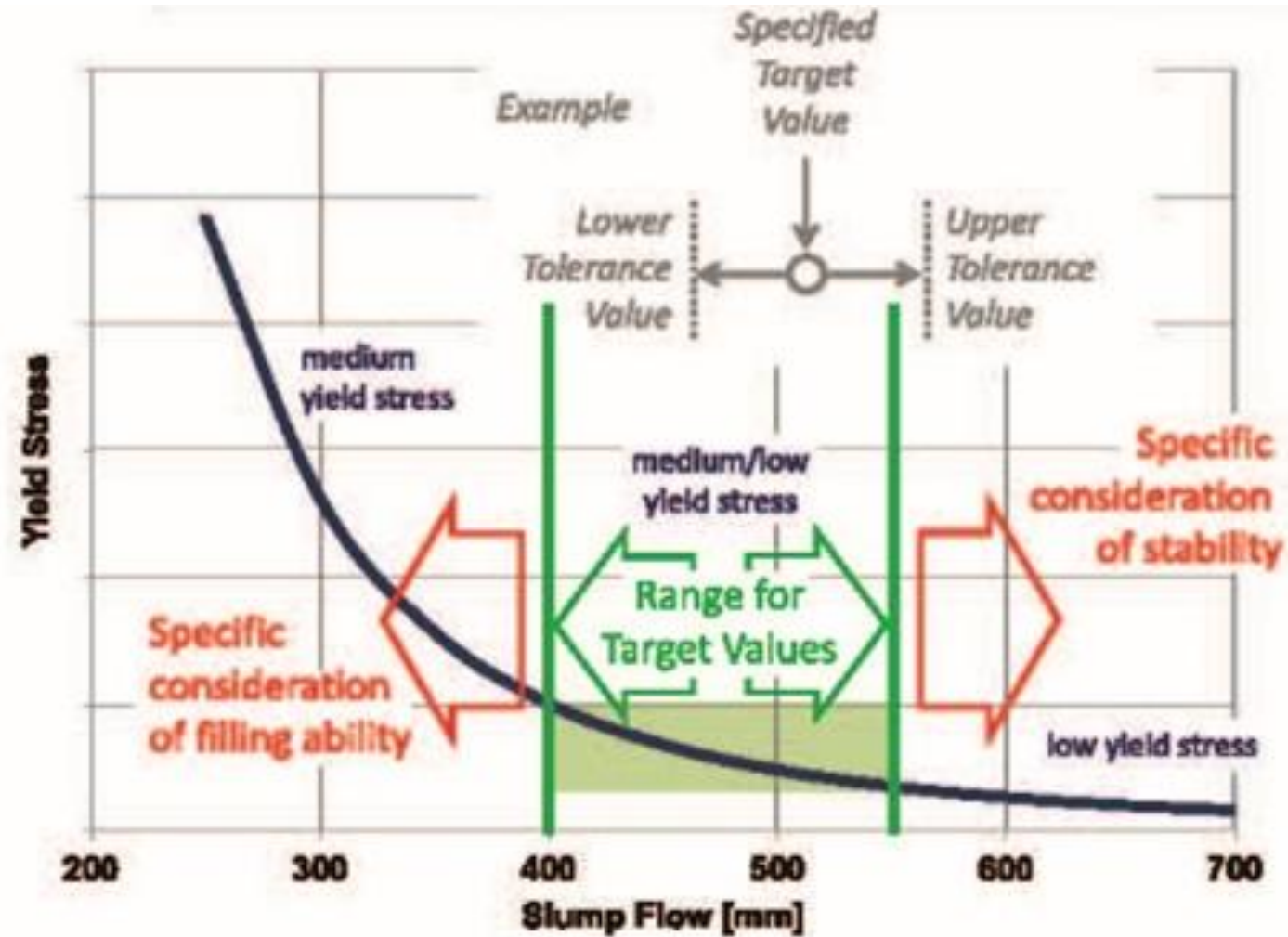


- ใช้ Cone สำหรับ slump flow หรือ Invert cone ในการทดสอบ Slump height
- Indirect relationship with yield stress



After: EFFC/DFI (2018)

Suitable range of flow diameter



400 – 550 mm

After: EFFC/DFI (2018)



Visual inspection test (VSI)

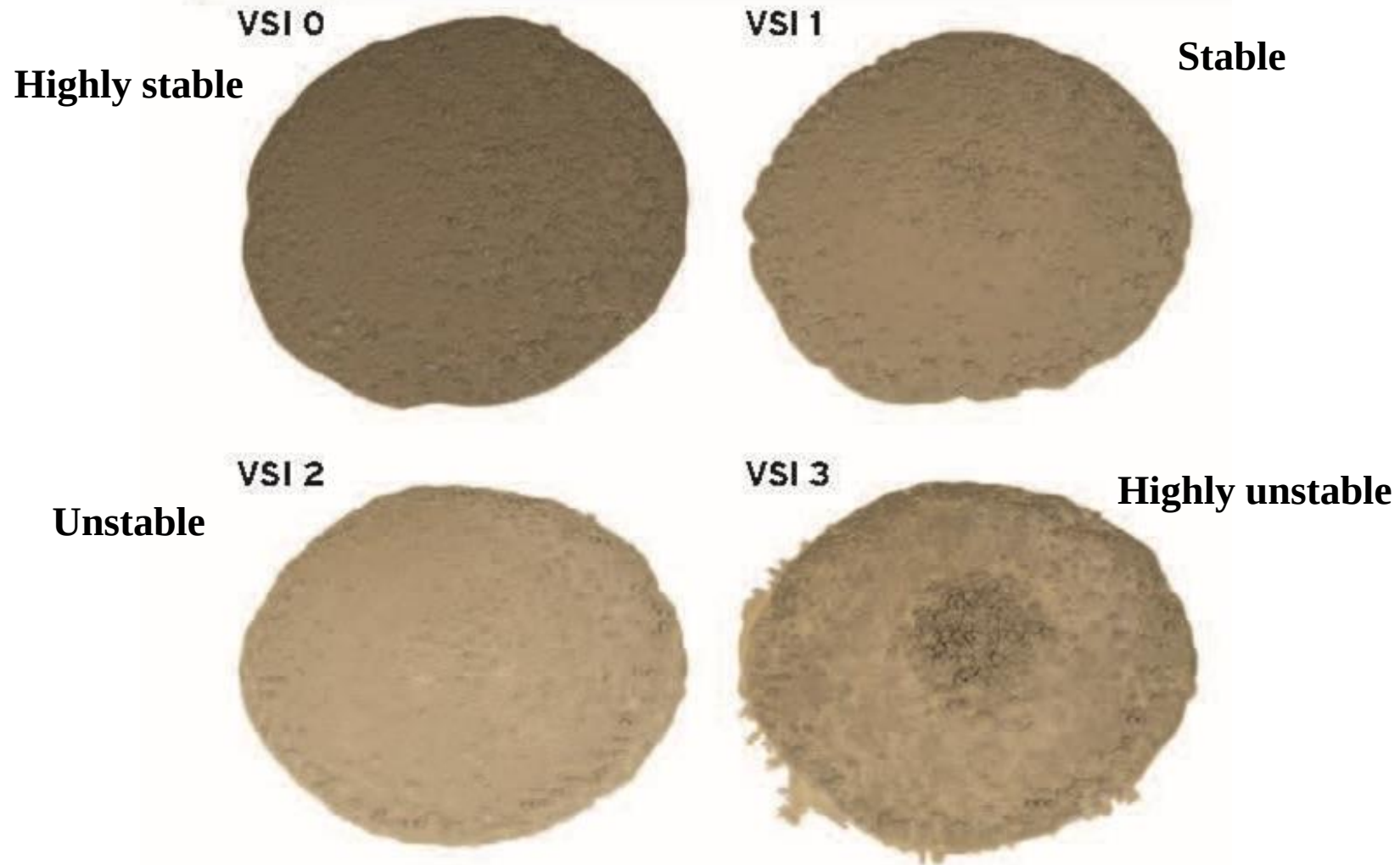


Photo courtesy of BASF Corporation

After: EFFC/DFI (2018)



Problem of concrete for bored pile

Concrete material

- Poor mix design
- Inadequate setting time
- Bleeding
- Segregation

Piling contractor

- Improper concreting technique
- Tremie pipe too far from pile base
- Embedded length of tremie pipe too long

Designer

- Too dense rebar cage
- Improper specification of concrete



Concrete segregation at tremie pipe location

- Causing weak spot of section



Capillary flow of ground water through segregated concrete

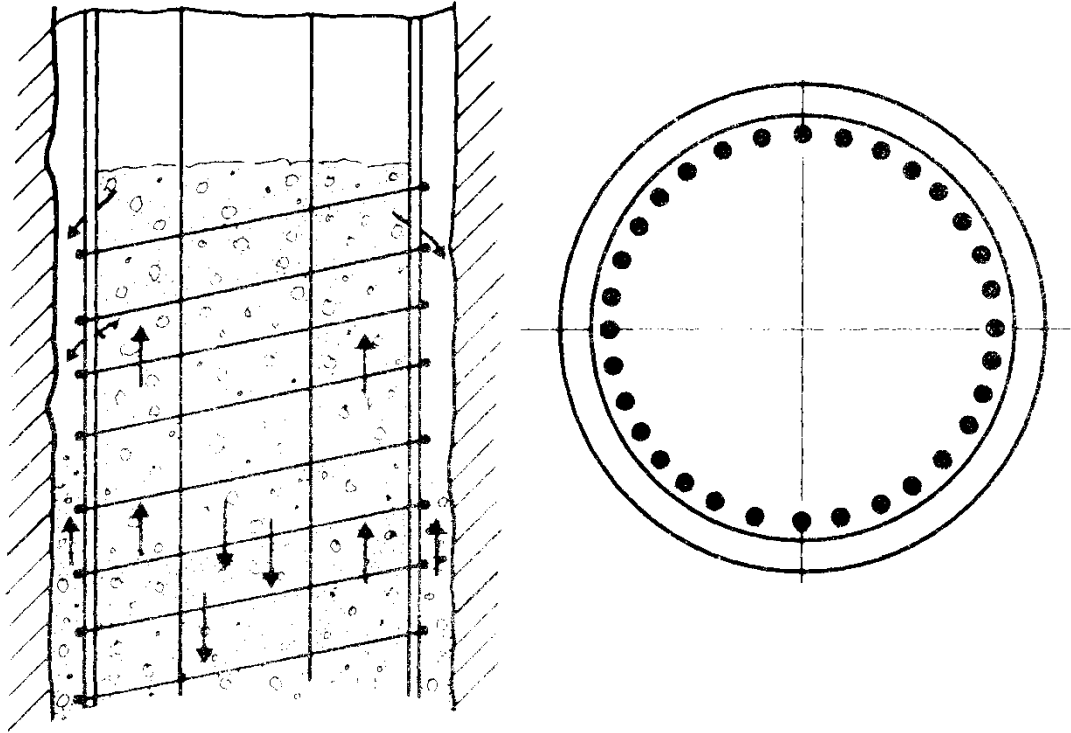


Core sample of segregated concrete



Too dense reinforcement

- Causing concrete trapped inside rebar cage



- Suggestion: Clear spacing > 100 mm



Observed bleeding and channeling in bored pile



Bleeding of fresh concrete
at pile head



Channel water
from pile head

Thasnanipan, N., Boonyarak, T., Aye, Z. Z., Roth, C. and Chea, S. (2019). Bleeding and channeling problems of tremie concrete in Bangkok. 9th International RILEM Symposium on Self Compacting Concrete (SCC9) & 2nd International RILEM Conference on Rheology and Processing of Construction Materials (RheoCon2). 9-11 September 2019. Dresden, Germany



Improvement of concrete quality by funding research

(Joint research with Mahidol Uni, SiamCityCement and Elkem)



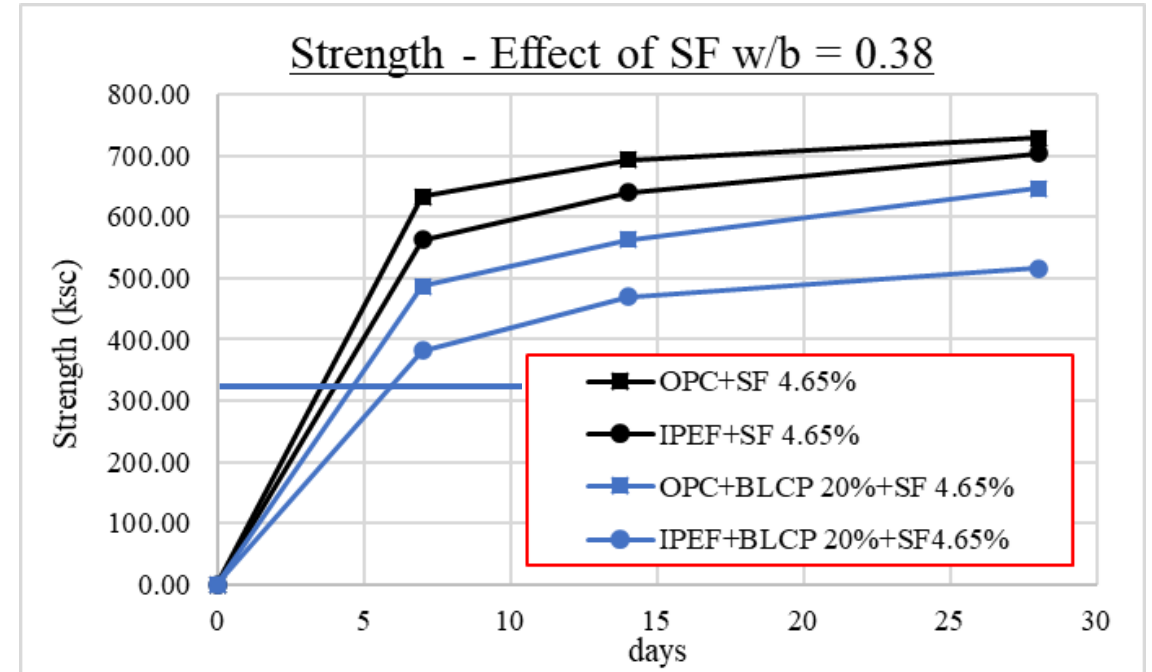
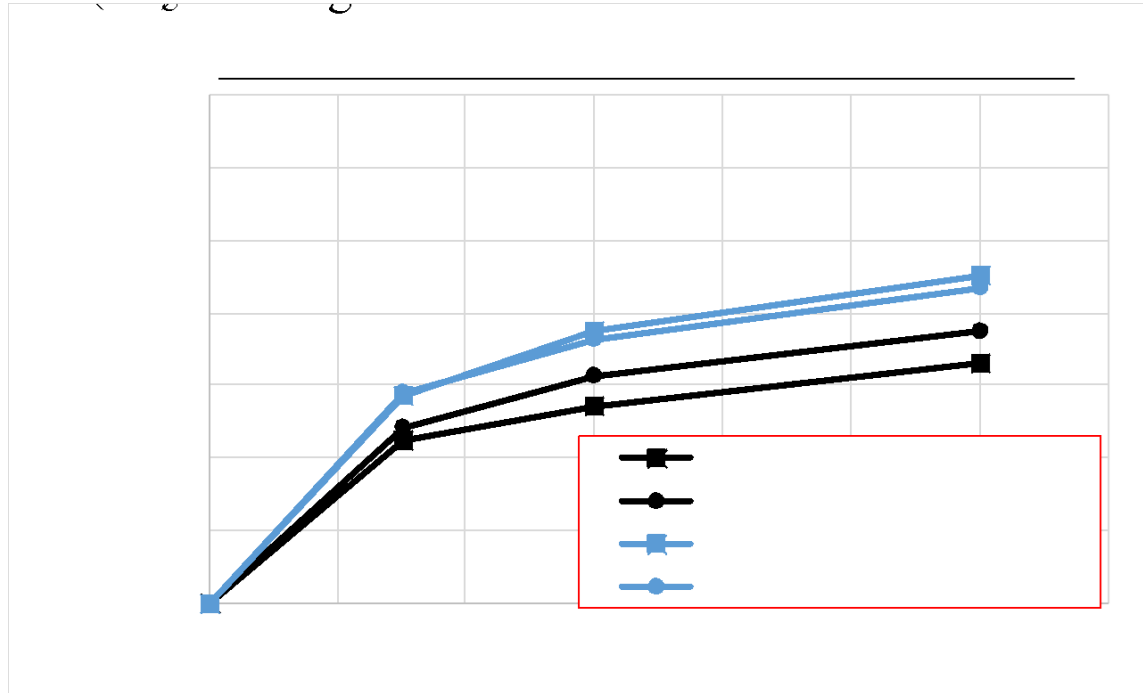
Concrete bleeding and channeling: **Poor concrete quality**

Filtration apparatus of fresh concrete (DFI/EFEC, 2018)

For testing water retention ability to high water pressure (depth > 80 m)



Replacing Portland cement by hydraulic cement and fly ash



- **Force bleeding:** Hydraulic cement = OPC
- **Compressive strength:** Hydraulic cement < OPC
- **Amount of fly ash:** should be controlled < 20%



สรุปเนื้อหา

- การออกแบบหรือก่อสร้างเสาเข็มเจาะควรมีความเข้าใจเกี่ยวกับสภาพชั้นดินของพื้นที่ก่อสร้างให้ดี มีความเข้าใจในขั้นตอนการก่อสร้างเพื่อให้เสาเข็มที่สร้างมีคุณภาพ
- ควรมีการเก็บข้อมูลเพื่อสร้างฐานข้อมูลเพื่อพัฒนาคุณภาพของงาน
- งานขุดดินในพื้นที่ๆ ยอมให้มีการเคลื่อนตัวของกำแพงน้อยควรใช้ Diaphragm wall เนื่องจากมีความแข็งแรง และควรติดตั้งเครื่องมือวัดเพื่อเฝ้าระวังระหว่างงานขุดดิน



สรุปเนื้อหา

- คอนกรีตสำหรับเสาเข็มเจาะควรมีคุณสมบัติที่เหมาะสมทั้งระหว่างที่เป็นคอนกรีตสดระหว่างเทคอนกรีต ระหว่างรอการก่อตัว และการพัฒนากำลัง
- การก่อสร้างเสาเข็มติดกับพื้นที่ข้างเคียง (แรงสั่นสะเทือนต่ำ) ควรใช้วิธีการก่อสร้างแบบเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม



ขอบคุณครับ

