

ภาคผนวก 10

รายงานผลการเจาะสำรวจดิน

บริษัท เลกาซี เวนเจอร์ส จำกัด

เลขที่ 41/12 หมู่ 3 ตำบลคึกคัก อำเภอตะกั่วป่า
จังหวัดพังงา 82190

รายงานผล

การเจาะสำรวจดินและหิน

โครงการ

Khao Lak

ตำบลคึกคัก อำเภอตะกั่วป่า

จังหวัดพังงา

1 มีนาคม 2567

จัดทำโดย



บริษัท เอส ที เอส คอร์ปอเรชั่น จำกัด

196/8-12 ซ.ประดิพัทธ์ 14 ถ.ประดิพัทธ์ แขวงพญาไท เขตพญาไท กรุงเทพมหานคร 10400

โทรศัพท์ : (662) 270 8899 ต่อ. 2

แฟกซ์ : (662) 279 3422 E-mail : boring@sts.co.th

พ10 หน้า 1/66



1 มีนาคม 2567

เอส ที เอส งานหมายเลข 67009

เรื่อง รายงานผลการเจาะสำรวจสภาพชั้นดินและหินโครงการ Khao Lak
ตำบลคึกคัก อำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา

เรียน กรรมการผู้จัดการ
บริษัท เลกาซี เวนเจอร์ส จำกัด

ตามที่บริษัทฯ ได้เป็นผู้รับทำการเจาะสำรวจวิเคราะห์ชั้นดิน เพื่อใช้ประกอบในการออกแบบฐานรากของ
โครงการ Khao Lak ตำบลคึกคัก อำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา นั้น

บัดนี้ บริษัทฯ ได้ทำการสำรวจและวิเคราะห์หิ้วยสภาพดินแล้วเสร็จ พร้อมทั้งรวบรวมรายงานผลการ
ทดลองและได้จัดส่งมาพร้อมกันนี้แล้ว เพื่อใช้ประกอบสำหรับผู้ออกแบบในการออกแบบฐานรากของโครงการได้
อย่างประหยัดและปลอดภัย

บริษัทฯ หวังว่าคงจะมีโอกาสรับใช้งานอื่นๆ ต่อไปอีก และหากมีปัญหาหรือข้อสงสัยใดๆ ขอได้โปรด
ติดต่อกับบริษัทฯ ได้ตลอดเวลา บริษัทฯ พร้อมที่จะอำนวยความสะดวกให้กับท่านเสมอ

จึงเรียนมาเพื่อทราบ

ขอแสดงความนับถือ

บริษัท เอส ที เอส คอร์पोเรชั่น จำกัด

(นางสาวเยาวลักษณ์ สิทธิขำ)

วิศวกรโครงการ

(นายชูชาติ เกียรติขจรกุล)

ผู้จัดการโครงการ

วุฒิวิศวกร สาขาวิศวกรรมโยธา

Geotechnical /คุณละอง เพ็ญภาคกุล

โทร. 02-270-8899 ต่อ 311 โทรสาร 02-2793422

E-mail: boring@sts.co.th

ยส/รม

	<u>สารบัญ</u>	<u>หน้า</u>
1.	บทนำ	1
2.	การเจาะสำรวจและทดสอบในสนาม	1
3.	การทดสอบในห้องปฏิบัติการ	3
4.	ลักษณะชั้นดินและหิน	3
5.	ระดับน้ำใต้ดิน	4
6.	ข้อเสนอแนะ	5
7.	รายการทั่วไป	7
8.	ภาคผนวก	20

วันที่ 1 มีนาคม 2567

1. บทนำ

การเจาะสำรวจดินและหินสำหรับโครงการ Khao Lak ตำบลคึกคัก อำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา ได้เสร็จเรียบร้อยแล้ว โดยทำการเจาะสำรวจจำนวน 3 หลุมประกอบด้วยหลุม BH-1, BH-2 และ BH-3 ความลึกประมาณ 11 – 17 เมตรจากระดับผิวดินขณะสำรวจ ได้มีการเจาะสำรวจเก็บตัวอย่างแท่งหิน (Rock Coring) หนาประมาณ 3 เมตร และติดตั้งบ่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน (Observation Well) จำนวน 1 จุด ความลึก 6 เมตรจากระดับผิวดินขณะสำรวจ พื้นที่โครงการและตำแหน่งหลุมเจาะสามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 1 และ 2 ตามลำดับ สำหรับตำแหน่งหลุมเจาะที่แน่นอนถูกกำหนดในสนามโดยผู้ว่าจ้าง

สภาพพื้นที่โครงการฯ ที่หลุม BH-1 และ BH-2 เป็นพื้นที่โล่งมีการถมดิน และหลุม BH-3 เป็นพื้นที่ดินเดิมมีต้นมะพร้าวล้อมรอบ ค่าพิกัดหลุมเจาะที่อ่านค่าจาก Handheld GPS และค่าระดับปากหลุมเจาะเทียบกับหมุดอ้างอิง BM-1 (E = 416645, N = 961981, Elev. = ± 0.00 เมตร) พ่นสีแดง อยู่บริเวณมุมสะพานหน้าทางเข้าโครงการ มีค่าดังนี้

หลุมเจาะ	พิกัดหลุมเจาะ		ระดับปากหลุมเจาะ เมตร
	E	N	
BH-1	416724	962061	- 0.65
BH-2	416732	962015	± 0.00
BH-3	416779	961980	- 1.30
OW-1	416717	962058	- 0.65

วัตถุประสงค์ของรายงานฉบับนี้ เพื่อแสดงลักษณะชั้นดินที่พบในหลุมเจาะและผลทดสอบในห้องปฏิบัติการ เพื่อให้ข้อเสนอแนะในการออกแบบฐานรากอย่างประหยัดและปลอดภัย

2. การเจาะสำรวจและทดสอบในสนาม

การเจาะสำรวจได้กระทำโดยใช้เครื่องเจาะชนิด Rotary วิธีการเจาะในช่วง 1 – 2 เมตรแรก ใช้วิธีการเจาะโดยใช้ Power Auger และที่ระดับความลึกลงไปใช้วิธีเจาะแบบ Wash Boring และ Rotary Drilling จนกระทั่งสิ้นสุดการเจาะสำรวจ ขณะทำการเจาะได้ใช้ปลอกเหล็ก (Casing) และน้ำผสม Bentonite ใส่เพื่อป้องกันหลุมพัง

การเก็บตัวอย่างดิน ได้เก็บตัวอย่างแบบเปลี่ยนแปลงสภาพ (Disturbed Sample) โดยใช้กระบอกผ่าซีกมาตรฐาน พร้อมกับทำการทดสอบ Standard Penetration Test (SPT) ตามมาตรฐาน ASTM D 1586 การเก็บตัวอย่างได้กระทำที่ระดับความลึก 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0 เมตร และทุกๆ ระยะความลึก 1.5 เมตรจนถึงสิ้นสุดการเจาะสำรวจ

การทดสอบ SPT กระทำโดยการตอกกระบอกผ่าซีกมาตรฐานขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 34.9 มม. (1 3/8 นิ้ว) ภายนอก 50.8 มม. (2 นิ้ว) เพื่อเก็บตัวอย่าง การตอกใช้ตุ้มหนัก 63.5 กก. ชนิด Safety Hammer ยกสูง 76 ซม. นับจำนวนครั้งที่ตอกซึ่งทำให้กระบอกผ่าจมลงไปในดินได้ 45 ซม. ถือจำนวนครั้งที่ตอกในระยะ 30 ซม. หลังเป็นค่า SPT N VALUE มีหน่วยเป็นครั้ง/30 ซม. ซึ่งค่านี้จะบอกความแน่นหรือกำลังของดินได้อย่างคร่าวๆ

เมื่อเจาะสำรวจจนถึงชั้นหน้าหิน (Rock Surface) ที่หลุม BH-1, BH-2 และ BH-3 ทำการลงท่อปลอกเหล็กจนถึงชั้นหน้าหินและล้างหลุมให้สะอาดด้วยน้ำใส ต่อมาทำการเจาะหิน (Rock Coring) และเก็บตัวอย่างแท่งหินด้วยเครื่องมือ NMLC Diamond Core Bit coupled with NMLC Triple Tube Core Barrel ได้ตัวอย่างแท่งหินขนาด ϕ 52 มิลลิเมตร หนาประมาณ 3 เมตร นำตัวอย่างแท่งหินที่ได้มาเรียงลงในลังใส่ตัวอย่างแท่งหินขนาด 0.3 x 1.0 เมตร แบ่งออกเป็น 5 แถว เพื่อให้ นักธรณีวิทยาบรรยายชนิดของหิน (Log of Coring) พร้อมหาค่า RQD (Rock Quality Designation) ซึ่งเป็นดัชนีบอกคุณภาพของหิน และส่งทดสอบต่อไป

การติดตั้งบ่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน (Observation Well Installation) มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ตรวจวัดระดับน้ำใต้ดิน การติดตั้งบ่อมีขั้นตอนดังนี้

- 1) ใช้ปลอกเหล็ก (Casing) ขนาด 100 มม. ใส่เพื่อป้องกันผนังหลุมเจาะถล่ม
- 2) ทำการเจาะโดยใช้หัวเจาะ Rock Bit ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 1/8" จากระดับผิวดินจนถึง 6 เมตร
- 3) หลังจากเจาะจนถึงความลึก 6 เมตร แล้วทำการล้างหลุมให้สะอาดด้วยน้ำใส
- 4) ใส่ท่อเจาะร่องตรง (Slotted PVC Screen Pipe) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว ลงถึงก้นหลุม โดยที่ปลายท่อล่างมีฝาปิด (End Cap) และท่อแต่ละท่อนต่อเชื่อมกันด้วยข้อต่อและกาว ปลายท่อด้านบนสูงจากผิวดินประมาณ 0.7 เมตร
- 5) ค่อยๆ หย่อนทรายหยาบลงรอบๆ ท่อเจาะร่อง (Slotted PVC Screen Pipe) และผนังหลุมเจาะจนได้ระดับทรายตามต้องการ สูงจากท่อเจาะร่อง 0.5 เมตร
- 6) ค่อยๆ หย่อน Bentonite Pellets ให้ได้ระดับความสูงประมาณ 0.5 เมตรถัดจากชั้นทรายหยาบ
- 7) ชั้นบนสุดทำการ Grout ด้วย Bentonite - Cement Grout ถึงปากหลุมเจาะ
- 8) ทำการถอน Casing และทำฐานคอนกรีตรอบบ่อหน้า 0.1 เมตร กว้าง x ยาว เท่ากับ 0.7 x 0.7 เมตร รอบท่อ PVC ϕ 3" ปลายท่อ PVC สูง 0.7 เมตรจากผิวดิน

3. การทดสอบในห้องปฏิบัติการ

ตัวอย่างดินที่ได้จากสนาม จะถูกนำมาทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติของดินต่อไป การทดสอบประกอบด้วย

- 1) หาความชื้นในมวลดินตามธรรมชาติ (Natural moisture content)
- 2) หาความหนาแน่นเปียก (Wet density) ของตัวอย่างดินเหนียว
- 3) ทดสอบ Atterberg limits เฉพาะบางตัวอย่างดินเหนียว
- 4) ทดสอบ Sieve analysis เฉพาะบางตัวอย่างดินทราย
- 5) ทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัด (Compressive Strength, q_{uc}) ในตัวอย่างแท่งหินที่ได้จากการเจาะโดยการ
ทำ Unconfined Compression Test เฉพาะตัวอย่างแท่งหินที่มีขนาด ความยาว (L) / เส้นผ่าศูนย์กลาง
(D) ≈ 2 แต่ทดสอบ Point Load Test สำหรับตัวอย่างแท่งหินที่มีขนาด $L/D < 2$

วิธีการทดสอบกระทำตามมาตรฐาน ASTM และผลที่ได้จากการทดสอบแสดงอยู่ในภาคผนวกของ
รายงานฉบับนี้

4. ลักษณะชั้นดินและชั้นหิน

ลักษณะชั้นดินและชั้นหินทั่วไป (Typical Subsoil) สามารถอธิบายแต่ละชั้นดังต่อไปนี้

ความลึก*, เมตร			ชนิดของดินและหิน	ค่า SPT N Value. ครั้ง/ฟุต
BH-1	BH-2	BH-3		
0.0 – 1.0	0.0 – 1.0	0.0 – 1.0	ทรายปนดินเหนียว	–
1.0 – 1.5	1.0 – 1.5	1.0 – 3.0	ทรายปนซิลท์ถึงทรายปนดินเหนียวแน่นปานกลาง	11 – 20
1.5 – 6.0	1.5 – 4.0	3.0 – 4.5	ทรายปนซิลท์ถึงทรายปนดินเหนียวหวมมากถึง หวม	2 – 8
6.0 – 7.5	–	4.5 – 5.5	ทรายปนซิลท์แน่นปานกลาง	11
–	4.0 – 9.0	–	ดินเหนียวปนทรายอ่อน	3 – 4
–	9.0 – 10.0	–	No Recovery (ดินเหนียวปนทรายดานแข็งมาก?)	50/4"
–	–	5.5 – 10.5	ซิลท์ปนดินเหนียวปนทรายแข็งปานกลางถึงแข็ง	4 – 10
–	–	10.5 – 12.0	ทรายปนซิลท์แน่นปานกลาง	14
–	–	12.0 – 13.6	No Recovery (ทรายปนซิลท์แน่นมาก?)	50/4"

ความลึก*, เมตร			ชนิดของดินและหิน	ค่า SPT N Value, ครั้ง/ฟุต
BH-1	BH-2	BH-3		
–	10.0 – 10.5	–	หินดินดานชนิด Moderately Weathered Calcareous Shale, RQD = 0%	50/0"
7.5 – 10.7	10.5 – 13.23	13.6 – 16.7	หินดินดานชนิด Slightly Weathered Calcareous Shale, RQD = 59 – 92%, q_{uc} = 180 – 584 ksc	50/0"

* ความลึกเทียบกับผิวดินปากหลุมเจาะขณะทำการเจาะสำรวจ

จาก Bowles, Joseph E. (1996) จำแนกคุณภาพของหินโดยพิจารณาค่า RQD ดังนี้

RQD, %	ROCK DESCRIPTION
<25	Very Poor
25 – 50	Poor
50 – 75	Fair
75 – 90	Good
>90	Excellent

สำหรับรายละเอียดของแต่ละชั้นดินสามารถพิจารณาได้จาก Log of Boring, Log of Coring และ Summary of Test Result ภายในภาคผนวก

รูปที่ 3 : แสดงลักษณะชั้นดินและชั้นหินของหลุมเจาะ BH-1, BH-2 และ BH-3

5. ระดับน้ำใต้ดิน

ระดับน้ำใต้ดินวัดในหลุมเจาะ 24 ชั่วโมง ภายหลังเสร็จสิ้นการเจาะมีค่า 2.0 เมตรต่ำกว่าระดับผิวดินปากหลุมเจาะ และระดับน้ำใต้ดินวัดจากบ่อสังเกตการณ์มีค่า 1.7 เมตรต่ำกว่าระดับผิวดินปากหลุมเจาะ

อย่างไรก็ตาม ระดับน้ำใต้ดินที่วัดได้ในหลุมเจาะนี้อาจจะไม่ใช่อะดับน้ำใต้ดินที่แท้จริงแต่น้ำผสม Bentonite ที่เหลือค้างในหลุมเจาะ ระดับน้ำใต้ดินที่แท้จริงสามารถแปรผันได้ตลอดเวลา ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝนที่ตกในแต่ละฤดูกาล

6. ข้อเสนอแนะ

จากข้อมูลเจาะสำรวจดินและหินจำนวน 3 หลุมเจาะสำหรับโครงการ Khao Lak ตำบลคึกคัก อำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา สามารถให้ข้อเสนอแนะดังนี้

- 1) ชั้นดินที่พบได้ความลึก 1 เมตร ประกอบด้วยชั้นทรายปนซิลต์ถึงทรายปนดินเหนียวหลวมถึงหลวมมาก (Very Loose to Loose Silty to Clayey Sand) ถึงระดับความลึกประมาณ 4 – 6 เมตร แต่พบชั้นทรายปนซิลต์ถึงทรายปนดินเหนียวแน่นปานกลาง (Medium Dense Silty to Clayey Sand) แทรกในชั้นทรายหลวมถึงหลวมมากนี้ระหว่างความลึกประมาณ 1.0 – 1.5 เมตรที่หลุม BH-1 และ BH-2 แต่พบระหว่าง 1.0 – 3.0 เมตรที่หลุม BH-3 ค่า SPT N VALUE ซึ่งเป็นดัชนีบอกความแน่นของชั้นทรายมีค่าต่ำมากระหว่าง 2 – 8 ครั้ง/ฟุตในชั้นทรายหลวมถึงหลวมมาก ดังนั้นฐานรากตื้น (Shallow Foundation) จะไม่เหมาะกับโครงสร้างบริเวณนี้ แนะนำฐานรากเสาเข็มจะเหมาะกับโครงการนี้
- 2) สภาพชั้นดินในบริเวณนี้มีความแปรปรวนสูงมากทางด้านชนิดของดิน (Soil Type) และความหนาของชั้นดินแต่ละชั้น ตลอดจนค่าความแน่นที่พิจารณาจากค่า SPT N VALUE ที่ระดับความลึกเดียวกัน นอกจากนั้นพบชั้นหินดินดานชนิด Moderately to Slightly Weathered Calcareous Shale ถูกพบที่ต่างระดับความลึกประมาณ 7.5, 10.0 และ 13.6 เมตรจากผิวดินปากหลุมเจาะที่หลุม BH-1, BH-2 และ BH-3 ตามลำดับ, ดูรูปตัดชั้นดินและชั้นหินในรูปที่ 3
- 3) สำหรับเสาเข็มตอก ที่หลุม BH-1 ปลายเสาเข็มแนะนำฝังจมอยู่ในชั้นหินดินดานชนิด Slightly Weathered Calcareous Shale, ที่หลุม BH-2 ปลายเสาเข็มแนะนำฝังจมอยู่ในชั้นดินเหนียวปนทรายดานแข็งมาก (Hard Sandy Clay) และที่หลุม BH-3 ปลายเสาเข็มแนะนำฝังจมอยู่ในชั้นทรายปนซิลต์แน่นมาก (Very Dense Silty Sand) ซึ่งระดับความลึกปลายเสาเข็มจะขึ้นอยู่กับกำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มต่อต้านที่ต้องการ ถ้าพิจารณาปลายเสาเข็มฝังจมอยู่ในชั้นหินดินดานการตอกเสาเข็มจะต้องตอกจนตอกไม่ลง (Driven to Refusal) แนะนำควรพิจารณาน้ำหนักดัมตอกเสาเข็มค่อนข้างหนักประมาณ 2 เท่าของน้ำหนักเสาเข็ม จากความแปรปรวนของชั้นดินแนะนำให้ตอกเสาเข็มนำร่อง (Pilot Piles) ทัวบริเวณก่อนกำหนดความยาวของเสาเข็มให้แน่นอนในแต่ละโซน และเพื่อตรวจสอบอุปสรรคที่อาจจะเกิดขึ้นระหว่างการตอกเสาเข็ม
- 4) สำหรับเสาเข็มเจาะ แนะนำปลายเสาเข็มฝังจมอยู่ในชั้นหินดินดานชนิด Slightly Weathered Calcareous Shale อย่างน้อย 0.2 – 0.3 เมตร และไม่ใช่หินลอย (Float Rock) อย่างไรก็ตาม ชั้นหินดินดานนี้ถูกพบที่ต่างระดับความลึก โดยถูกพบที่ระดับความลึก 7.5, 10.5 และ 13.6 เมตรที่หลุม BH-1, BH-2 และ BH-3 ตามลำดับ เป็นเหตุให้ความยาวเสาเข็มจะแปรปรวนตามหลุมเจาะ และเนื่องจากหลุม BH-2 พบชั้นหินดินดานชนิด Moderately Weathered Calcareous Shale มีค่า RQD = 0% ที่ระดับความลึก 10.0 – 10.5 เมตร จึงไม่แนะนำให้วางปลายเสาเข็มในชั้นหินนี้ แนะนำค่าหน่วยแรงต้านปลายเข็ม

ประลัยไม่เกิน 1,000 ตัน/ตร.เมตรในชั้นหินดินดาน ค่าหน่วยแรงต้านปลายเสาเข็มประลัยที่เกิดขึ้นจริง อาจจะมากกว่าหรือน้อยกว่าที่แนะนำในตาราง ขึ้นอยู่กับความสะอาดของกันหลุมเสาเข็มก่อนเทคอนกรีต, ค่า RQD และค่ากำลังรับแรงอัดของหินที่ปลายเข็ม จากประสบการณ์ของบริษัทฯ ถ้ากันหลุมมีตะกอนของสารละลายเบนโทไนต์ค้างอยู่ค่าหน่วยแรงต้านทานปลายเสาเข็มอาจลดลงเหลือเพียง 100 ตัน/ตร.เมตร

- 5) จากความแปรปรวนของชั้นดินและชั้นหิน ระหว่างการทำเสาเข็มจะต้องมีวิศวกรหรือนักธรณีวิทยาผู้ที่มีประสบการณ์คอยตรวจสอบตลอดเวลาเพื่อให้แน่ใจว่าปลายเสาเข็มฝังจมอยู่ในชั้นหินดินดานชนิด Slightly Weathered Calcareous Shale ตามที่ออกแบบ ผู้รับเหมาทำเสาเข็มเจาะควรเป็นบริษัทฯ ที่มีประสบการณ์เคยทำเสาเข็มเจาะฝังจมอยู่ในหินชนิดนี้
- 6) แนะนำให้ทดสอบ Pile Load Tests เพื่อยืนยันน้ำหนักปลอดภัยของเสาเข็มที่ใช้ออกแบบ และทดสอบ Pile Integrity Tests ในเสาเข็มเจาะทุกต้น เพื่อตรวจสอบคุณภาพของคอนกรีต
- 7) ตารางที่ 1 และ 2 : แนะนำตัวอย่างกำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มคอนกรีตสำหรับตอกและเจาะต้นเดียว (Single Driven and Bored Pile) ของหลุม BH-1, BH-2 และ BH-3
- 8) รูปที่ 4 ถึง 6 : แสดงหน่วยแรงเสียดทานผิวสะสมประลัยและหน่วยแรงต้านทานปลายเข็มประลัยพล็อตเทียบกับความลึกของเสาเข็มตอกต้นเดียว (Single Driven Pile) ของหลุม BH-1, BH-2 และ BH-3
- 9) รูปที่ 7 ถึง 9 : แสดงหน่วยแรงเสียดทานผิวสะสมประลัยและหน่วยแรงต้านทานปลายเข็มประลัยพล็อตเทียบกับความลึกของเสาเข็มเจาะต้นเดียว (Single Bored Pile) ของหลุม BH-1, BH-2 และ BH-3

รายการทั่วไป

ในอาคารเดียวกันปลายฐานรากควรจะอยู่ในสภาพชั้นดิน และคุณสมบัติของการทรุดตัวเดียวกันหรือใกล้เคียงกัน เพื่อหลีกเลี่ยงการทรุดตัวของอาคาร อันสืบเนื่องจากลักษณะการทรุดตัวของชั้นดินที่รองรับฐานรากแตกต่างกัน

ความลึกเสาเข็มที่แน่นอน จะต้องตรวจสอบด้วยค่า Blow Count ในขณะที่ตอกเทียบกับต้นที่ใกล้จุดเจาะสำรวจดินและจุดการทดสอบเสาเข็ม

สำหรับฐานรากแผ่ ความลึกแน่นอนจะต้องตรวจสอบกับสภาพชั้นดินขณะทำการขุด เพื่อที่จะวางฐานรากบริเวณตำแหน่งเฉพาะนั้นอย่างละเอียด โดยวิศวกรที่มีประสบการณ์เท่านั้นและควรจะบดอัดดินเดิมก่อนที่จะมีการเทฐานรากบนชั้นดินนั้นเพื่อให้ความแน่นของชั้นดินที่รองรับฐานรากเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ

ถ้ากำลังแบกทาน (Bearing Capacity) ของชั้นดินเพื่อรับฐานรากแผ่ไม่มากพอและจำเป็นต้องใช้ฐานรากขนาดใหญ่มากเพื่อรับน้ำหนักเสา ขนาดของฐานรากควรจะได้มีการทดสอบว่าจะใหญ่จนไปชิดกับฐานรากตัวถัดไปที่อยู่ข้างเคียงหรือไม่ โดยทั่วไปถ้าพื้นที่ของฐานรากรวมกันแล้วมากกว่าครึ่งของพื้นที่ที่จะก่อสร้างทั้งหมดแล้ว ฐานรากรวม (Mat Foundation) ควรจะออกแบบเพื่อใช้รับน้ำหนักของอาคารทั้งหมดแทนฐานรากเดี่ยว (Isolate Footing)

สภาพดินและคำแนะนำดังกล่าว ยึดถือจากข้อมูลที่ได้จากการเจาะสำรวจที่บริเวณสภาพดินระหว่างหลุมเจาะ อาจมีความแตกต่างไป ฉะนั้นควรมีวิศวกรผู้เชี่ยวชาญทางปฐพีกลศาสตร์ของดินคอยตรวจสอบประจำระหว่างที่ลงมือทำฐานราก เพื่อให้ผู้รับเหมาสามารถปฏิบัติให้เป็นไปตามคำแนะนำที่ให้ไว้ และหากข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้รับไม่ถูกต้องทางผู้ออกแบบหรือผู้ว่าจ้างควรจะแจ้งให้ทางบริษัท ทราบทันที เพื่อจะได้แก้ไขให้ถูกต้องตามความเหมาะสมต่อไป

รายงานฉบับนี้ทำขึ้นเพื่อเป็นแนวทางสำหรับวิศวกร ผู้คำนวณงานฐานรากของอาคารและโครงสร้างเท่านั้น งานออกแบบระบบฐานรากยังคงเป็นดุลยพินิจของผู้ออกแบบ หรือวิศวกรผู้รับผิดชอบตามจรรยาบรรณแห่งวิชาชีพ

ตารางที่ 1 แนะนำตัวอย่างกำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มตอกตันเดี่ยว (Single Driven Pile)

หมายเลข	ขนาดของเสาเข็ม ม.	ระดับความลึก ปลายเข็ม * ม.	หน่วยแรง เสียดทานผิว ตัน/ม	แรงเสียด ทานผิว ตัน	หน่วยแรงต้าน ปลายเข็ม ตัน/ม ²	แรงต้าน ปลายเข็ม ตัน	กำลังรับน้ำหนัก ประลัยของเสาเข็ม ตัน	กำลังรับน้ำหนัก ปลอดภัยของเสาเข็ม ตัน
BH-1	□ - 0.30 x 0.30	7.5 - 7.8**	9	11	900	81	92	37
	□ - 0.35 x 0.35	7.5 - 7.8**	9	13	900	110	123	49
	□ - 0.40 x 0.40	7.5 - 7.8**	9	14	900	144	158	63
	□ - 0.45 x 0.45	7.5 - 7.8**	9	16	900	182	198	79
BH-2	□ - 0.30 x 0.30	9 - 9.5	12	14	500	45	59	24
	□ - 0.35 x 0.35	9 - 9.5	12	17	500	61	78	31
	□ - 0.40 x 0.40	9 - 9.5	12	19	500	80	99	40
	□ - 0.45 x 0.45	9 - 9.5	12	22	500	101	123	49
* ระดับความลึกปลายเข็มเทียบกับผิวดินปากหลุมเจาะขณะทำการเจาะสำรวจ								
** กรณีปลายเสาเข็มฝังจมอยู่ในชั้นหินดินดานชนิด Slightly Weathered Calcareous Shale								

หมายเหตุ : 1. ที่หลุม BH-1 ปลายเสาเข็มแนะนำฝังจมอยู่ในชั้นหินดินดานชนิด Slightly Weathered Calcareous Shale, ที่หลุม BH-2 ปลายเสาเข็มแนะนำฝังจมอยู่ในชั้นดินเหนียวปนทรายดานแข็งมาก (Hard Sandy Clay) และที่หลุม BH-3 ปลายเสาเข็มแนะนำฝังจมอยู่ในชั้นทรายปนซิลต์แน่นมาก (Very Dense Silty Sand) ซึ่งระดับความลึกปลายเสาเข็มจะขึ้นอยู่กับกำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มตอกตันที่ต้องการ ถ้าพิจารณาปลายเสาเข็มในชั้นดินดานการตอกเสาเข็มจะต้องตอกจนตอกไม่ถึง (Driven to Refusal)

2. ใช้ค่าที่คิดความปลอดภัย (F.S.) ในการออกแบบเท่ากับ 2.5

3. กำหนดหัวเสาเข็มต่ำกว่าผิวดินปากหลุมเจาะขณะทำการเจาะสำรวจ 1 เมตร

4. จากความแปรปรวนของชั้นดิน แนะนำให้ตอกเสาเข็มนำร่อง (Pilot Piles) ที่บริเวณก่อนกำหนดความยาวของเสาเข็มให้แน่นนอนในแต่ละโซนและเพื่อตรวจสอบอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการตอกเสาเข็ม

ตารางที่ 1 (ต่อ) แนะนำตัวอย่างกำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มตอกต้นเดี่ยว (Single Driven Pile)

หมายเลข	ขนาดของ เสาเข็ม ม.	ระดับความลึก ปลายเข็ม *	หน่วยแรง เสียดทานผิว ตัน/ม	แรงเสียด ทานผิว ตัน	หน่วยแรงต้าน ปลายเข็ม ตัน/ม ²	แรงต้าน ปลายเข็ม ตัน	กำลังรับน้ำหนัก ประลัยของเสาเข็ม ตัน	กำลังรับน้ำหนัก ปลอดภัยของเสาเข็ม ตัน
BH-3	□ - 0.30 x 0.30	12 - 12.5	25	30	600	54	84	34
	□ - 0.35 x 0.35	12 - 12.5	25	35	600	74	109	44
	□ - 0.40 x 0.40	12 - 12.5	25	40	600	96	136	54
	□ - 0.45 x 0.45	12 - 12.5	25	45	600	122	167	67
* ระดับความลึกปลายเข็มเทียบกับผิวดินปากหลุมเจาะขณะทำการเจาะสำรวจ								
** กรณีปลายเสาเข็มฝังจมอยู่ในชั้นหินดานชนิด Slightly Weathered Calcareous Shale								

หมายเหตุ: 1. ที่หลุม BH-1 ปลายเสาเข็มแน่นฝังจมอยู่ในชั้นหินดานชนิด Slightly Weathered Calcareous Shale, ที่หลุม BH-2 ปลายเสาเข็มแน่นฝังจมอยู่ในชั้นดินเหนียวปนทราย

ดานแข็งมาก (Hard Sandy Clay) และที่หลุม BH-3 ปลายเสาเข็มแน่นฝังจมอยู่ในชั้นทรายปนซิลต์แน่นมาก (Very Dense Silty Sand) ซึ่งระดับความลึกปลายเสาเข็มจะขึ้นอยู่กับกำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มที่ต้องการ ถ้าพิจารณาปลายเสาเข็มในชั้นดินดานการตอกเสาเข็มจะต้องตอกจนตอกไม่ถึง (Driven to Refusal)

2. ใช้ค่าพิสัยความปลอดภัย (F.S.) ในการออกแบบเท่ากับ 2.5

3. กำหนดหัวเสาเข็มต่ำจากผิวดินปากหลุมเจาะขณะทำการเจาะสำรวจ 1 เมตร

4. จากความแปรปรวนของชั้นดิน แนะนำให้ตอกเสาเข็มสำรอง (Pilot Piles) ที่บริเวณก่อนกำหนดความยาวของเสาเข็มให้แน่นอนในแต่ละโซนและเพื่อตรวจสอบอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการตอกเสาเข็ม

ตารางที่ 2 แนะนำตัวอย่างกำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มเจาะต้นเดี่ยว (Single Bored Pile)

หมายเลข	ขนาดของเสาเข็ม	ระดับความลึกปลายเข็ม*	หน่วยแรงเสียดทานผิว	แรงเสียดทานผิว	หน่วยแรงต้านทานปลายเข็ม	แรงต้านทานปลายเข็ม	กำลังรับน้ำหนัก	กำลังรับน้ำหนักปลอดภัยของเสาเข็ม
	เมตร	เมตร	ตัน/เมตร	ตัน	ตัน/ม ²	ตัน	ตัน	ตัน
BH-1	φ - 0.60	7.8	33	62	900	254	316	126
	φ - 0.80	7.8	33	83	900	452	535	214
	φ - 1.00	7.8	33	104	900	707	811	324
BH-2	φ - 0.60	10.8	92	173	1000	283	456	182
	φ - 0.80	10.8	92	231	1000	503	734	294
	φ - 1.00	10.8	92	289	1000	785	1074	430
BH-3	φ - 0.60	14	75	141	1000	283	424	170
	φ - 0.80	14	75	188	1000	503	691	276
	φ - 1.00	14	75	236	1000	785	1021	408
* ระดับความลึกปลายเข็มเทียบกับผิวดินปากหลุมเจาะขณะทำการเจาะสำรวจ								

หมายเหตุ

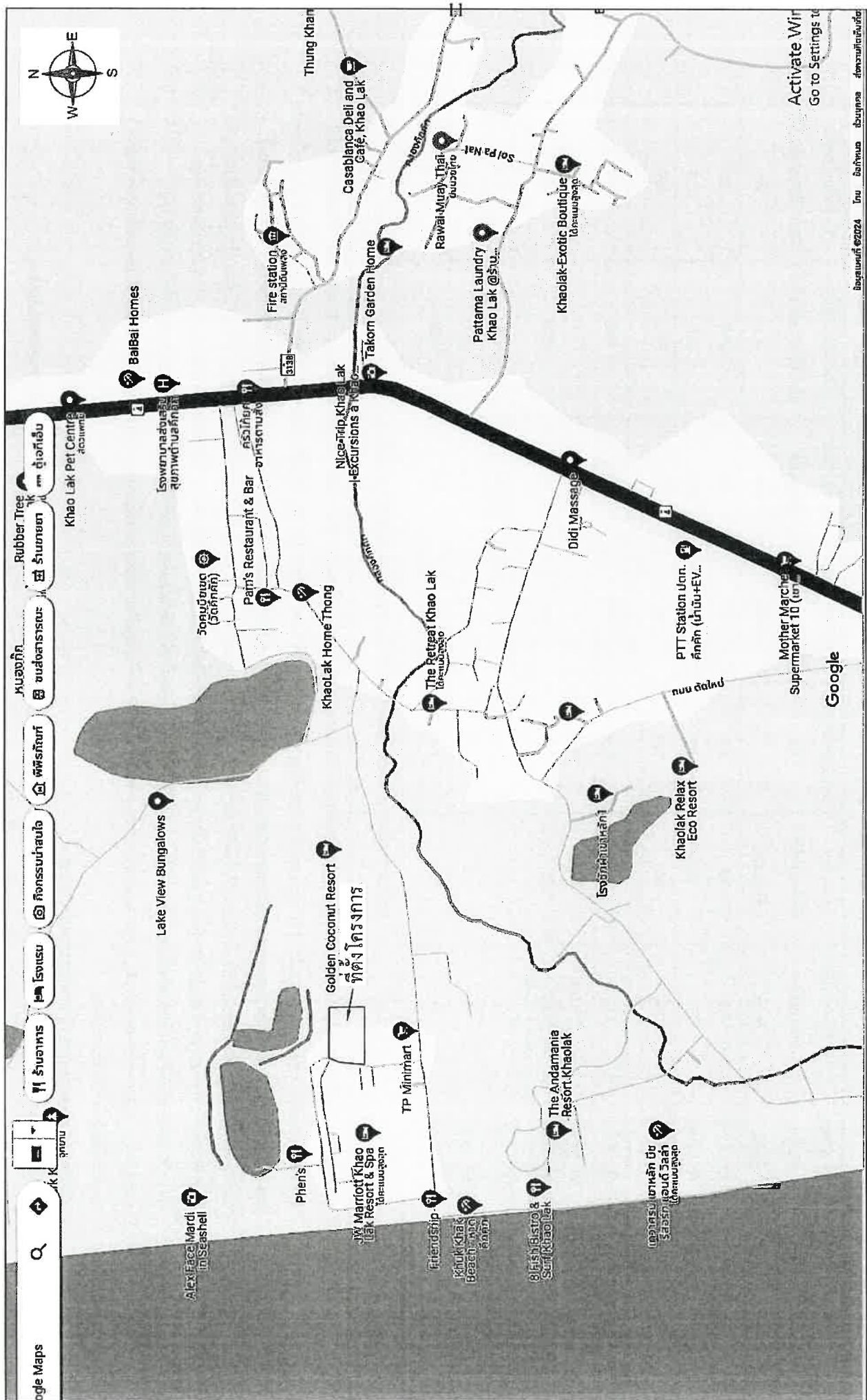
1. ปลายเสาเข็มแนะนำฝังจมอยู่ในชั้นหินดินดานชนิด Slightly Weathered Calcareous Shale อย่างน้อย 0.2 - 0.3 เมตร และไม่ใช้หินลอย อย่งไรก็ตาม ชั้นหินดินดานนี้ถูกพบที่ต่างระดับความลึก โดยพบที่ระดับความลึก 7.5, 10.5 และ 13.6 เมตรที่หลุม BH-1, BH-2 และ BH-3 ตามลำดับ เป็นเหตุให้ความยาวเสาเข็มจะแปรปรวนตามหลุมเจาะ และเนื่องจากหลุม BH-2 พบชั้นหินดินดานชนิด Moderately Weathered Calcareous Shale มีค่า RQD = 0% ที่ระดับความลึก 10.0 - 10.5 เมตร จึงไม่นำให้วางปลายเสาเข็มในชั้นหินนี้
2. ในการคำนวณน้ำหนักประลัยของเสาเข็ม กำหนดระดับน้ำใต้ดินที่ความลึก 1 เมตรต่ำกว่าผิวดินปากหลุมเจาะ และกำหนดหน่วยแรงต้านปลายเข็มประลัยไม่เกิน 1,000 ตัน/ตร.เมตร ในชั้นหินดินดาน ค่าหน่วยแรงต้านปลายเสาเข็มประลัยที่เกิดขึ้นจริงอาจมากกว่าหรือน้อยกว่าที่แนะนำในตาราง ขึ้นอยู่กับความสะอาดของกันหลุมเสาเข็มก่อนเทคอนกรีต, ค่า RQD และค่ากำลังรับแรงอัดของหินที่ปลายเข็ม และผู้ออกแบบต้องตรวจสอบน้ำหนักปลอดภัยของเสาเข็มต้องไม่เกิน Structural Failure ของเสาเข็มซึ่งมีค่าประมาณ $0.25f_c A_c$ (f_c = Concrete Strength, A_c = Pile Area) จากประสบการณ์ของบริษัทฯ ถ้ากำหนดค่าของเสาเข็มจะอยู่ค่าหน่วยแรงต้านทานปลายเสาเข็มอาจลดลง เหลือเพียง 100 ตัน/ตร.เมตร

3. ค่าพิถีพิถันความปลอดภัย (F.S.) ในการออกแบบเท่ากับ 2.5

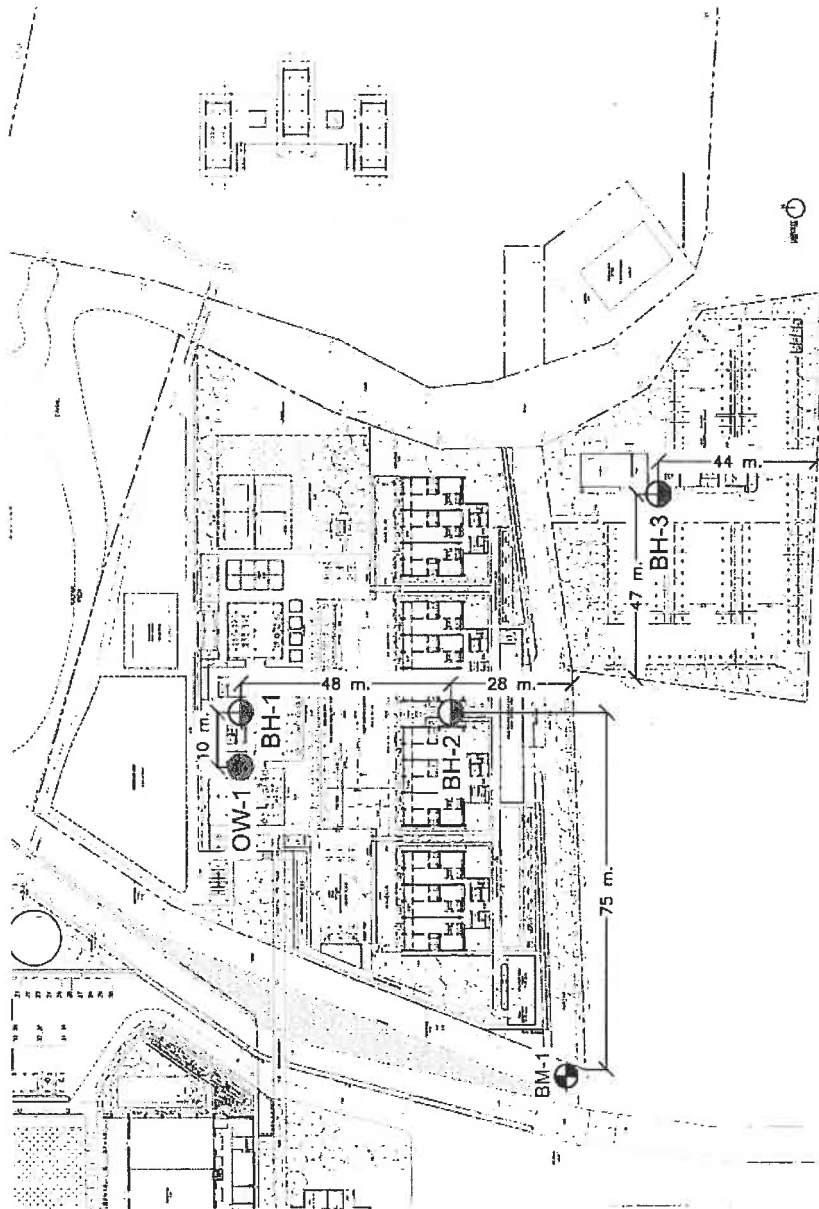
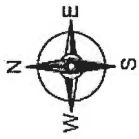
4. แนะนำให้ทดสอบ Pile Load Tests และ Pile Integrity Tests เพื่อยืนยันน้ำหนักปลอดภัยของเสาเข็มที่ใช้ออกแบบ และคุณภาพของคอนกรีตในเสาเข็มเจาะ

5. ในระหว่างการทำเสาเข็มเจาะต้องมีวิศวกรหรือนักธรณีวิทยาผู้มีความรู้ประสบการณ์โดยตรวจสอบตลอดเวลาเพื่อให้แน่ใจว่าปลายเสาเข็มฝังจมอยู่ในชั้นหินดินดานชนิด Slightly

Weathered Calcareous Shale ตามที่ออกแบบ



รูปที่ 1: แผนผังแสดงตำแหน่งที่ตั้งโครงการ KHAO LAK ตำบลคึกคัก อำเภอดงทับปด จังหวัดพังงา

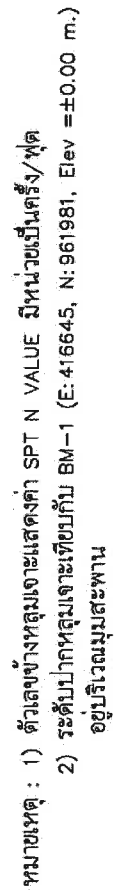


ถนน รพช. 10000

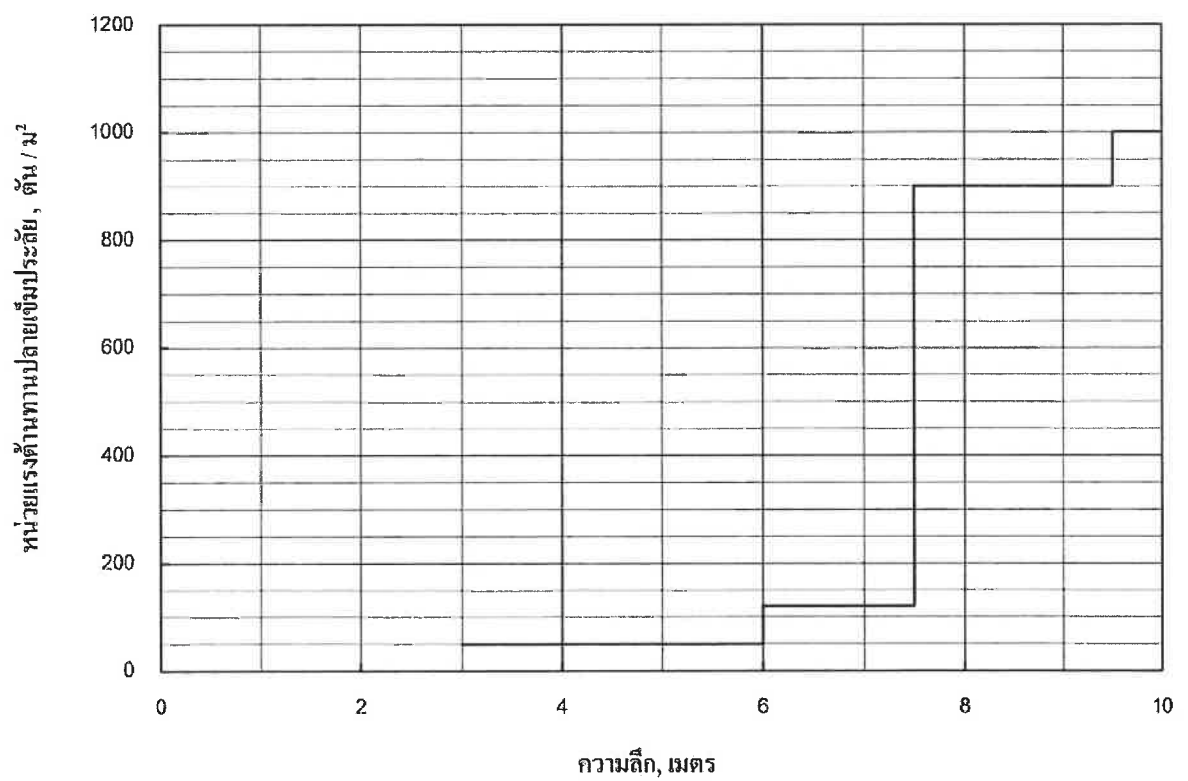
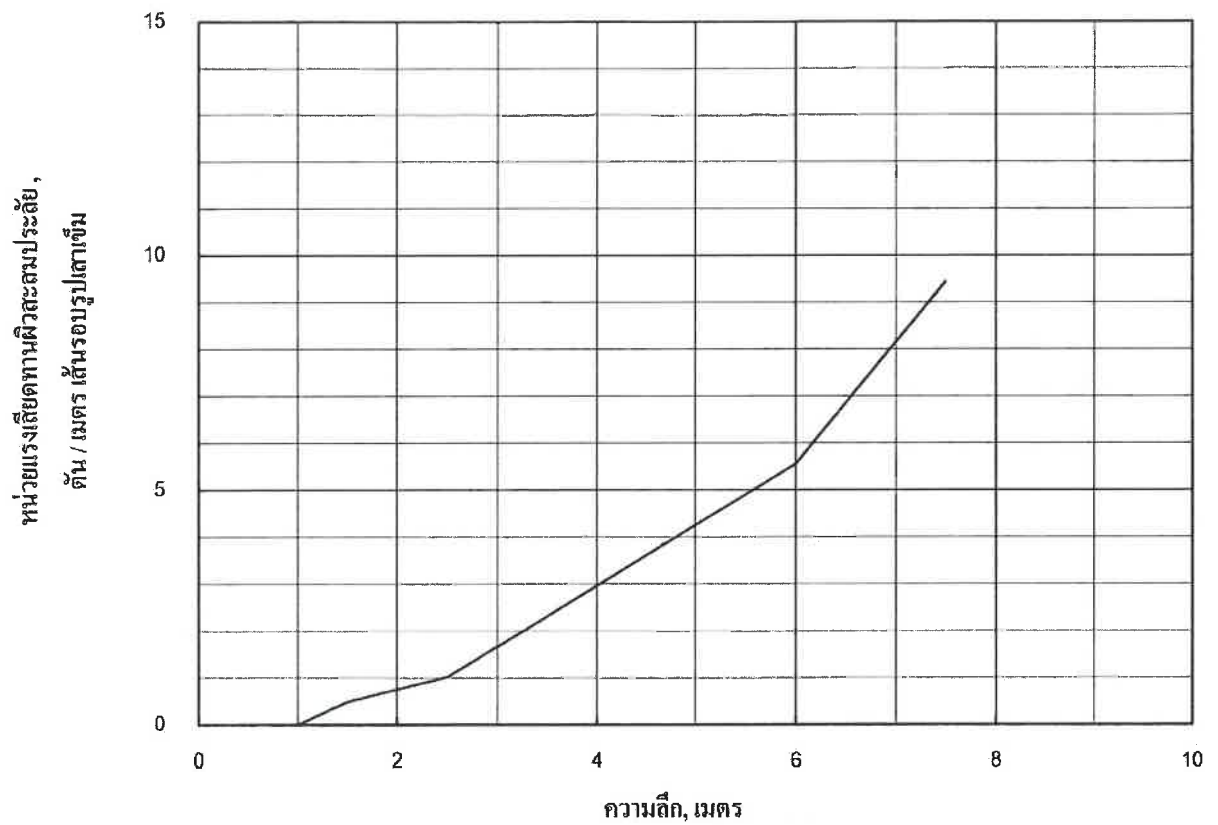
จุดเจาะ	ค่าพิกัดจาก HANDHELD GPS		Elev. m.
	E	N	
BH-1	416724	962061	-0.65
BH-2	416732	962015	±0.00
BH-3	416779	961980	-1.30
OW-1	416717	962058	-0.65

หมายเหตุ: ระดับปากหลุมเจาะเทียบกับ BM-1 (E:416645, N:961981, Elev. ±0.00 m.) อยู่บริเวณมณฑล

รูปที่ 2: แผนผังแสดงตำแหน่งหลุมเจาะโครงการ KHAO LAK ตำบลคึกคัก อำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา

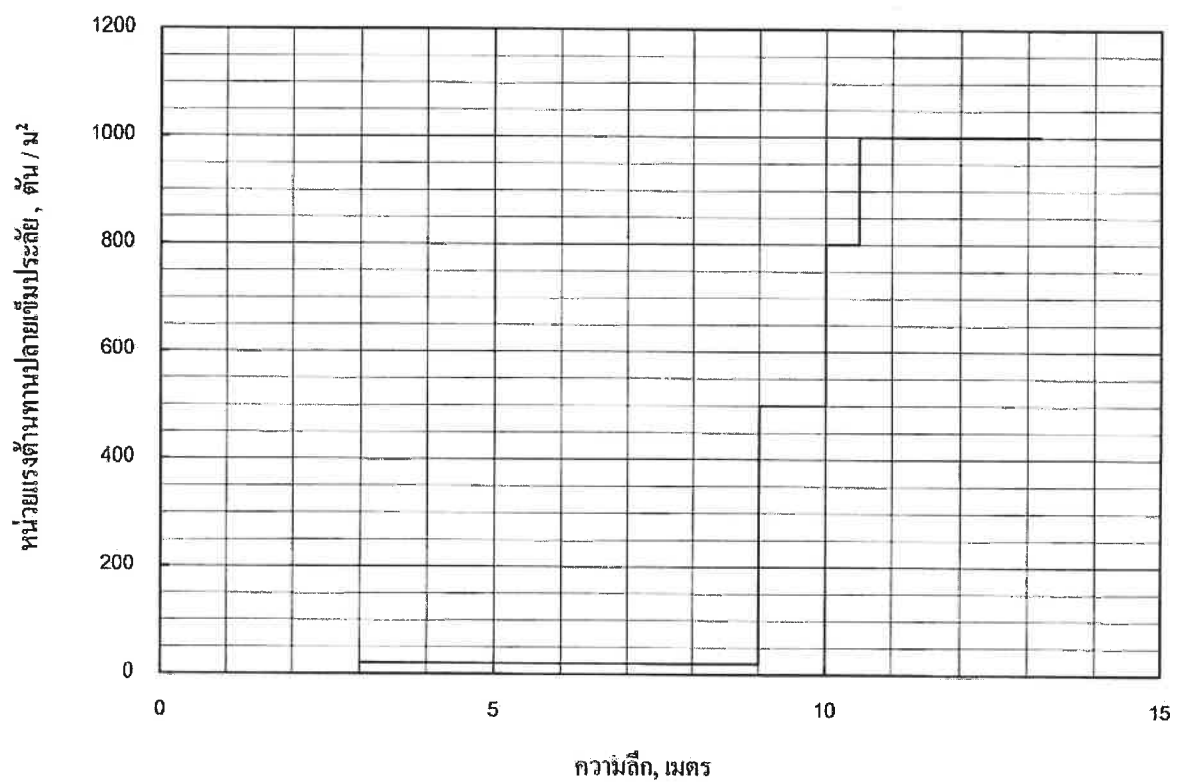
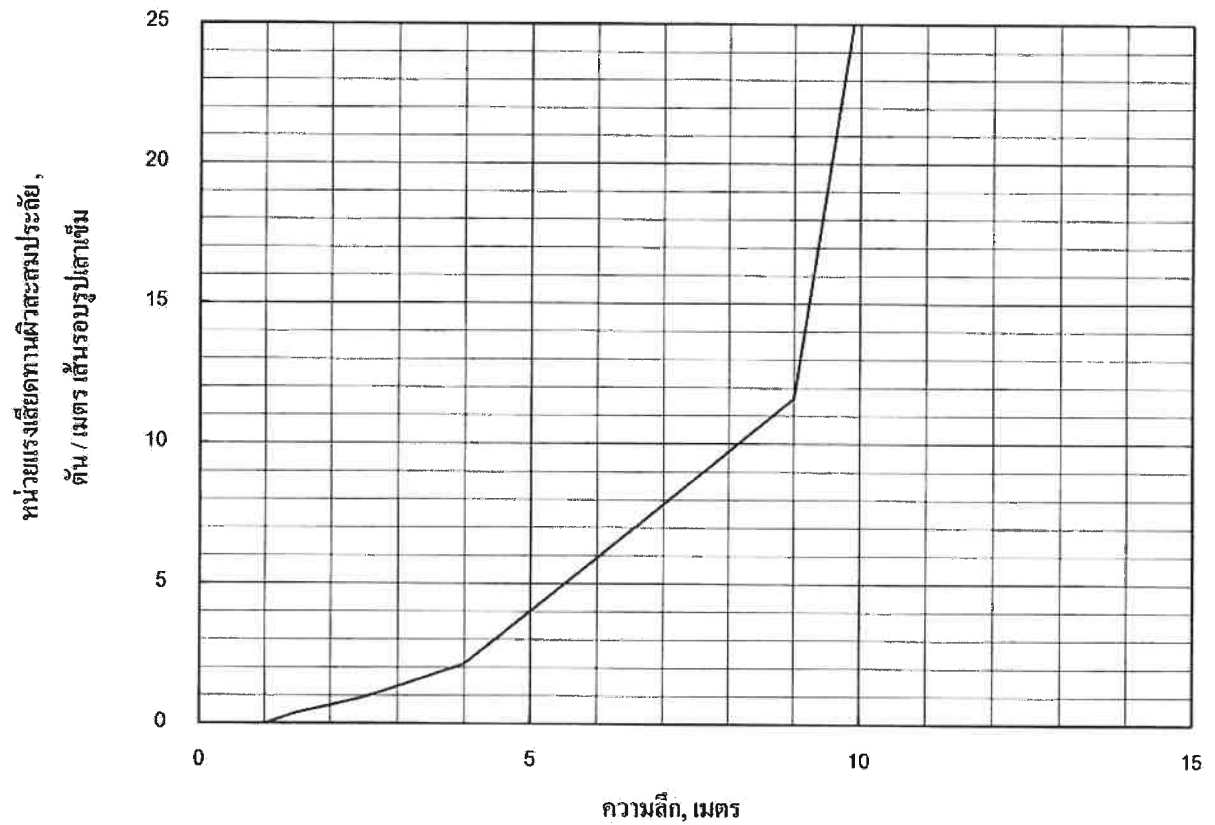


รูปที่ 3: ลักษณะชั้นดินและชั้นหินของหลุมเจาะ BH-1, BH-2 และ BH-3



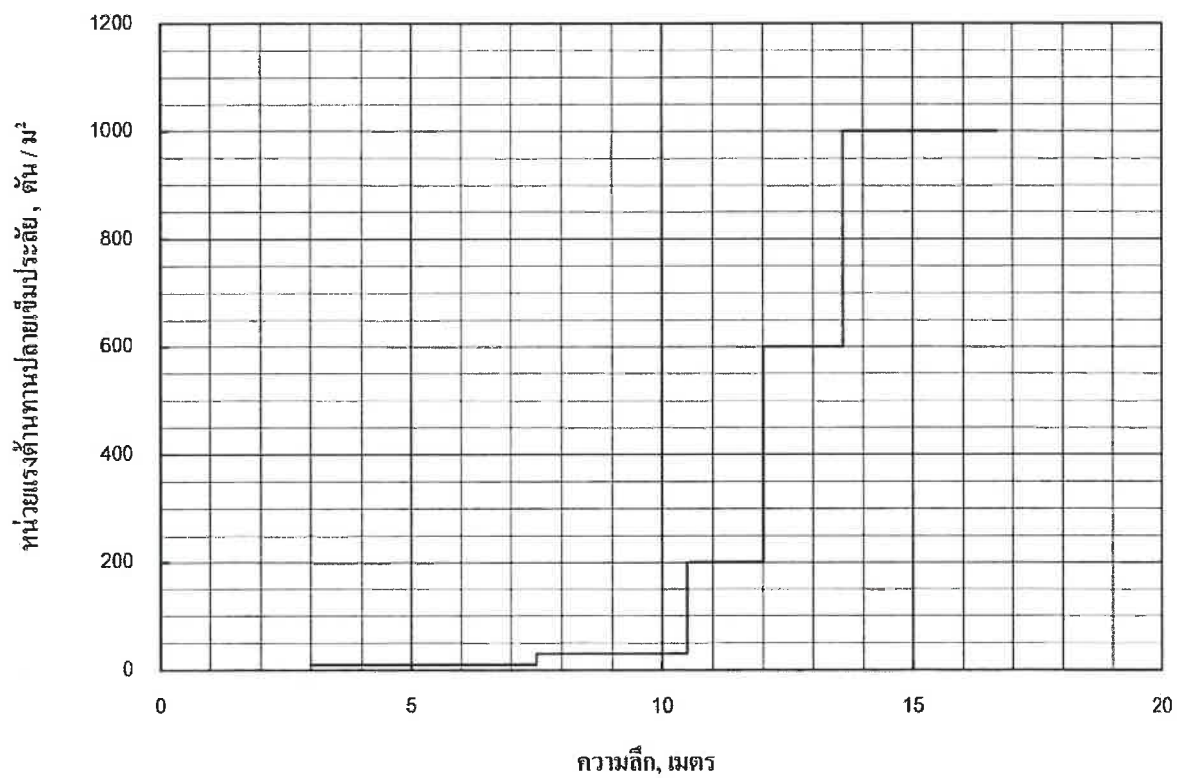
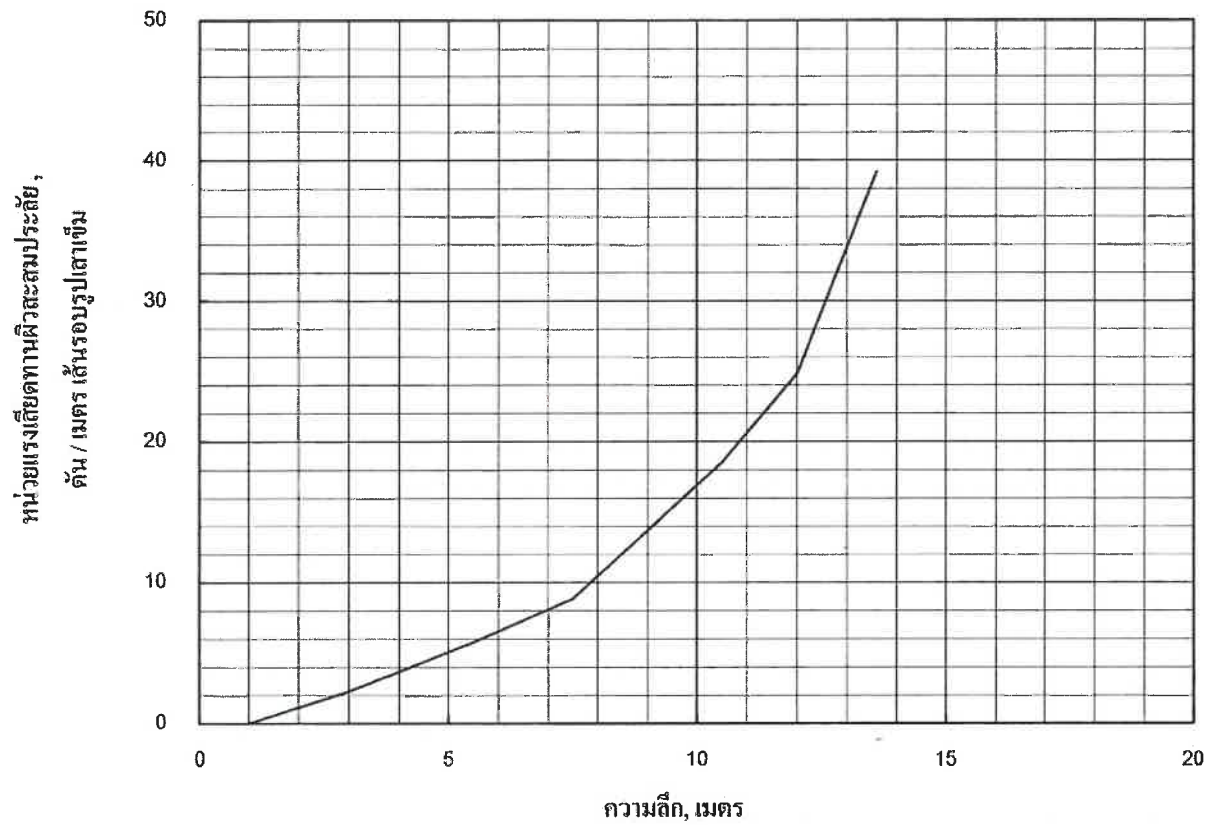
รูปที่ 4 : แสดงหน่วยแรงเฉียดทานผิวสัมผัสประลัย และหน่วยแรงต้านทานปลายเข็มประลัย พล็อตเทียบกับความลึก
สำหรับเสาเข็มตอกตันเดี่ยวของหลุม BH-1

ผ 10 หน้า 17/66

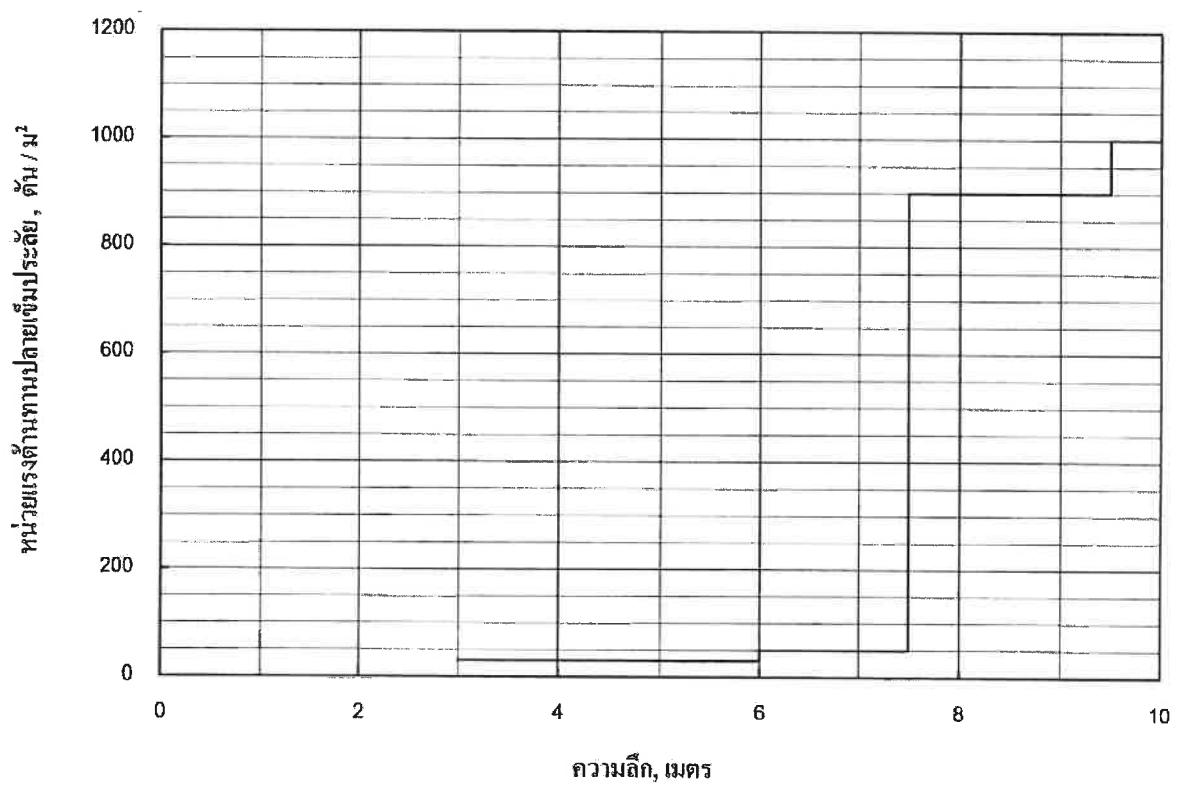
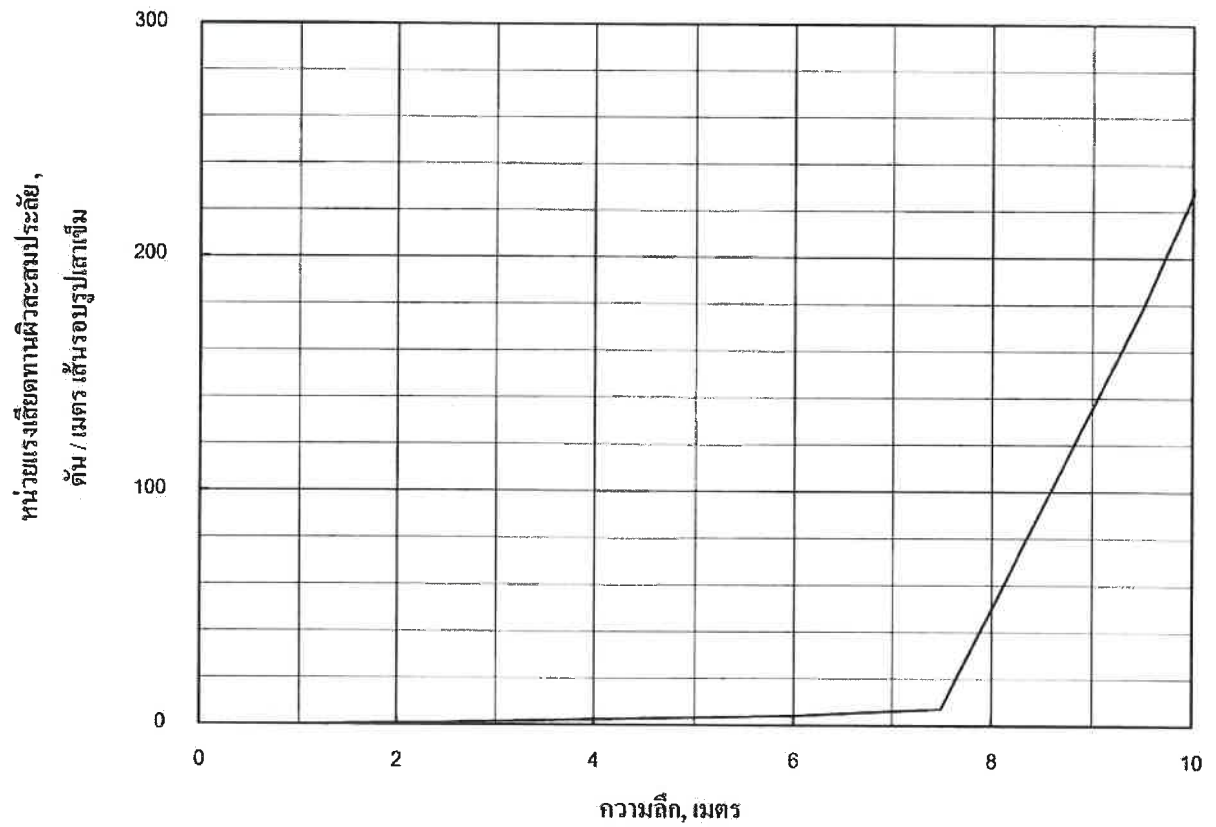


รูปที่ 5 : แสดงหน่วยแรงเสียคานผิวสะสมประลัย และหน่วยแรงต้านทานปลายเข็มประลัย พล็อตเทียบกับความลึก สำหรับเสาเข็มตอกต้นเดี่ยวของหลุม BH-2

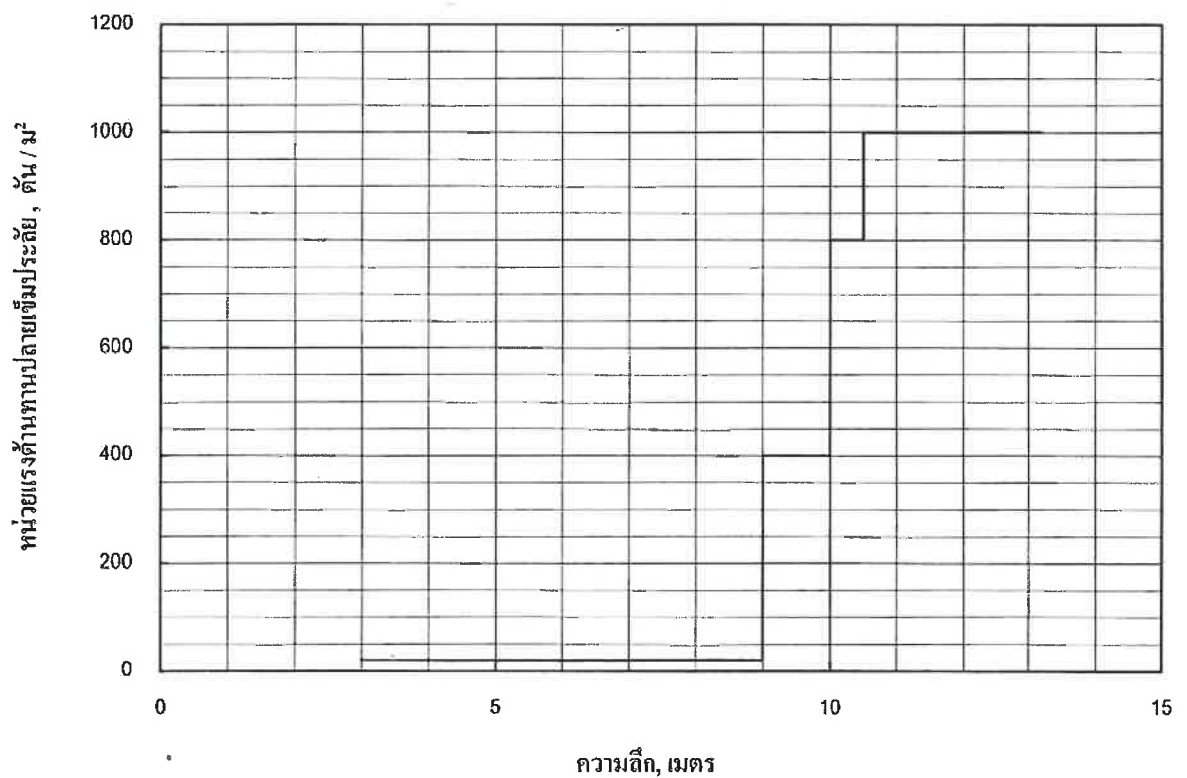
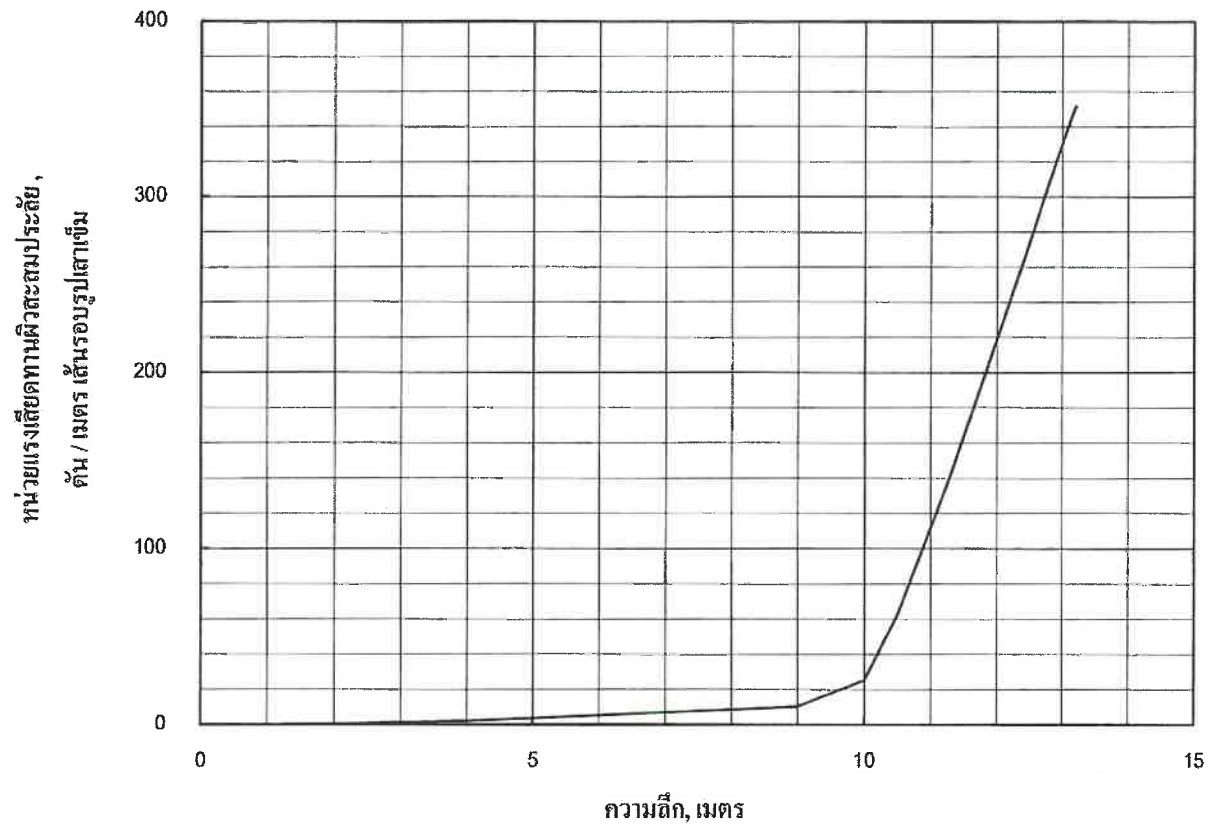
ณ 10 หน้า 18/66



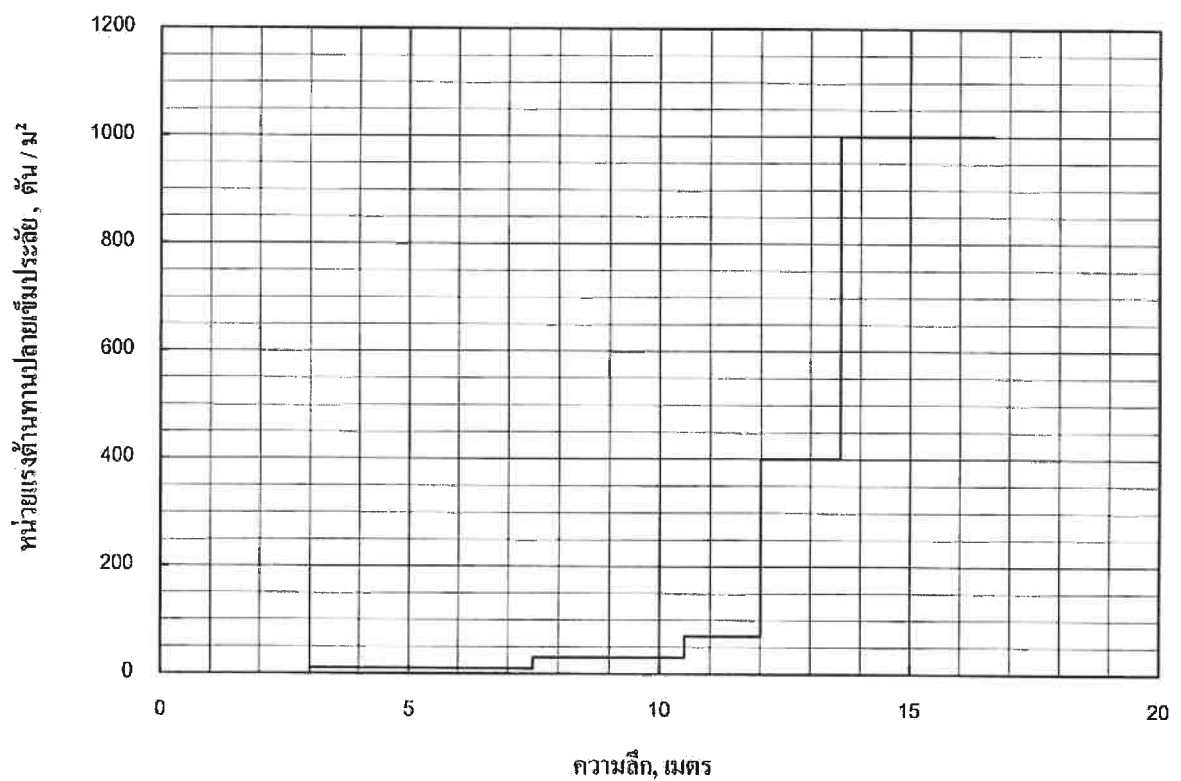
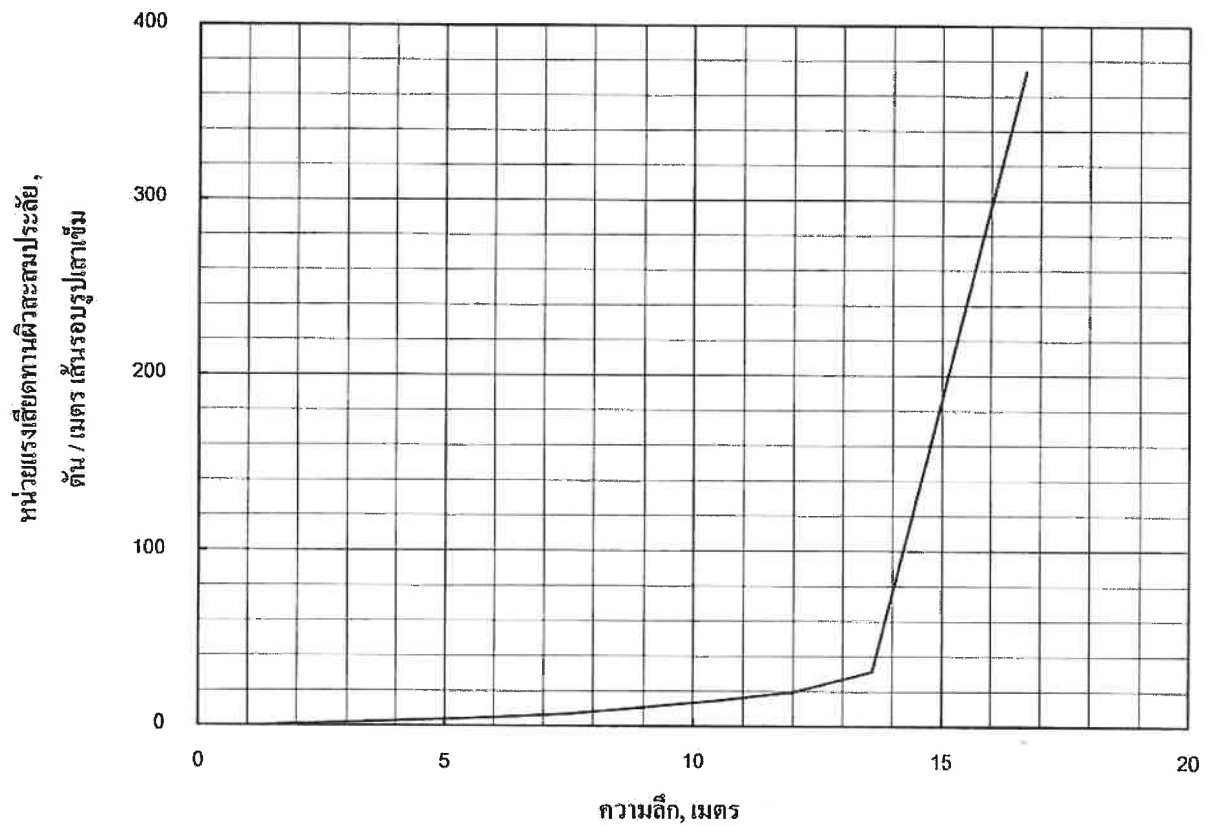
รูปที่ 6 : แสดงหน่วยแรงเฉือนตามผิวสะสมประลัย และหน่วยแรงต้านทานปลายเข็มประลัย พล็อตเทียบกับความลึก
สำหรับเสาเข็มตอกตันเดี่ยวของหลุม BH-3



รูปที่ 7 : แสดงหน่วยแรงเฉือนตามผิวสัมผัสประลัย และหน่วยแรงต้านทานปลายเข็มประลัย พล็อตเทียบกับความลึก สำหรับเสาเข็มเจาะต้นเดี่ยวของหลุม BH-1



รูปที่ 8 : แสดงหน่วยแรงเฉือนตามผิวสัมผัสประลัย และหน่วยแรงต้านทานปลายเข็มประลัย พล็อตเทียบกับความลึก สำหรับเสาเข็มเจาะต้นเดียวของหลุม BH-2



รูปที่ 9 : แสดงหน่วยแรงเสียดทานผิวสัมผัสประลัย และหน่วยแรงต้านทานปลายเข็มประลัย พล็อตเทียบกับความลึก สำหรับเสาเข็มเจาะต้นเดียวของหลุม BH-3

ภาคผนวก

- 1) ผลการทดสอบและวิเคราะห์ ประกอบด้วย
 - SUMMARY OF TEST RESULTS
 - LOG OF BORING
 - LOG OF CORING
 - ภาพถ่ายแสดงตัวอย่างแท่งหิน
 - COMPRESSION TEST OF DRILLED ROCK CORE
 - TYPICAL OBSERVATION WELL INSTALLATION
 - ภาพถ่ายแสดงตำแหน่งหลุมเจาะ
 - ภาพถ่ายแสดงการเจาะเพื่อติดตั้งบ่อสังเกตการณ์
- 2) LIST OF TERMS USED
- 3) การจำแนกและบรรยายลักษณะของดิน
- 4) UNIFIED SOIL CLASSIFICATION
- 5) CHARACTERISTICS PERTINENT TO EMBANKMENT AND FOUNDATIONS
- 6) หลักการออกแบบฐานรากเสาเข็ม
- 7) REFERENCE

Summary of Test Results

๑๑๐ หน้า 27/66

Log of Boring

วันที่ 28/66

LOG OF BORING No. BH-1									
PROJECT : Khao Lak					LOCATION : ตำบลคึกคัก อำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา				
CLIENT :									
DEPTH, m.	SAMPLE No.	TYPE OF SAMPLE	SAMPLE DIST. RECOVERY	DESCRIPTION OF MATERIAL	GRAPHIC LOG	○ Natural Water Content × Plastic Limit Δ Liquid Limit (%)	○ Su (UC) ● Su' (UC) Δ Su (FV) ▲ Su' (FV) × Qp/2 ▼ Su (UU) (t/m ²) 2.5 5 7.5	□ SPT, N (Blow/ft) 20 40 60	
0									
	01	SS		Clayey SAND, brown. (SC) 1.0 m.					
	02	SS		(A) 1.5 m.					
	03	SS		(B) 2.5 m.					
	04	SS							
	05	SS							
5	06	SS		Fine to medium SAND trace coarse sand but some shell fragment @ SS-4, light greenish grey, loose. (SM-SP) 6.0 m.					
	07	SS							
	08	SS		Silty fine to coarse SAND some gravel, light greyish brown, medium dense. (SM) 7.5 m.					
	09	DB							
10	10	DB		Slightly weathered CALCAREOUS SHALE, light grey, RQD = 60 - 92%, q _{UC} = 180 - 228 ksc.					
	11	DB		10.70 m.					
				↑ END OF BORING (A) Silty fine to coarse SAND trace to some gravel, light greyish brown, medium dense. (SM) (B) Clayey fine to coarse SAND trace to some gravel, having decayed wood @ SS-3, greyish brown but dark grey @ SS-3, very loose. (SC)					
15									

BORING STARTED : 22/01/24

BORING FINISHED : 23/01/24

RIG. ACKER

FOREMAN : NK.

WL. -2.00 M.

JOB No. : 67009

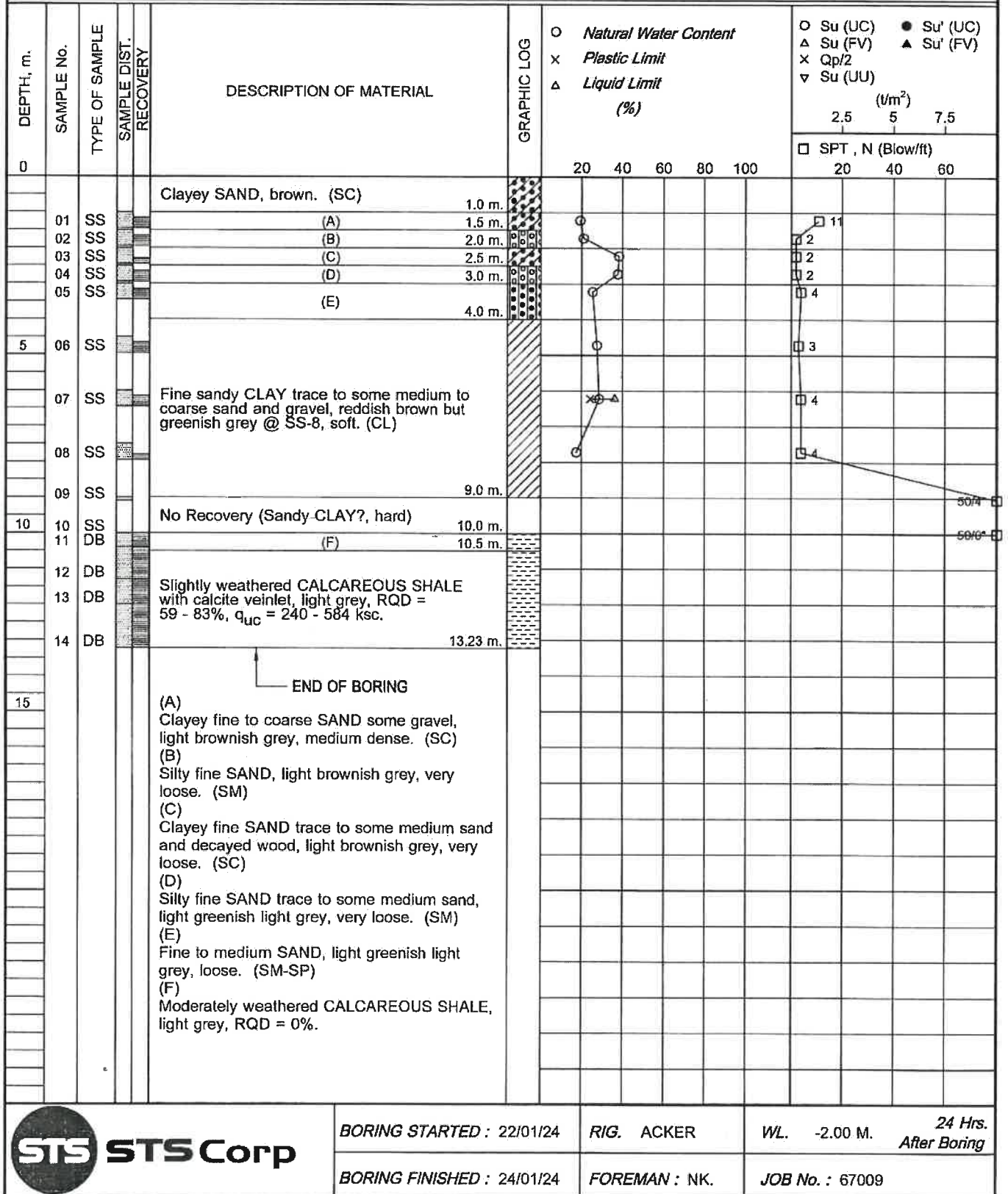
24 Hrs.
After Boring

LOG OF BORING No. BH-2

PROJECT : Khao Lak

LOCATION : ตำบลลิคัก อำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา

CLIENT :



BORING STARTED : 22/01/24

RIG. ACKER

WL. -2.00 M.

24 Hrs.
After Boring

BORING FINISHED : 24/01/24

FOREMAN : NK.

JOB No. : 67009

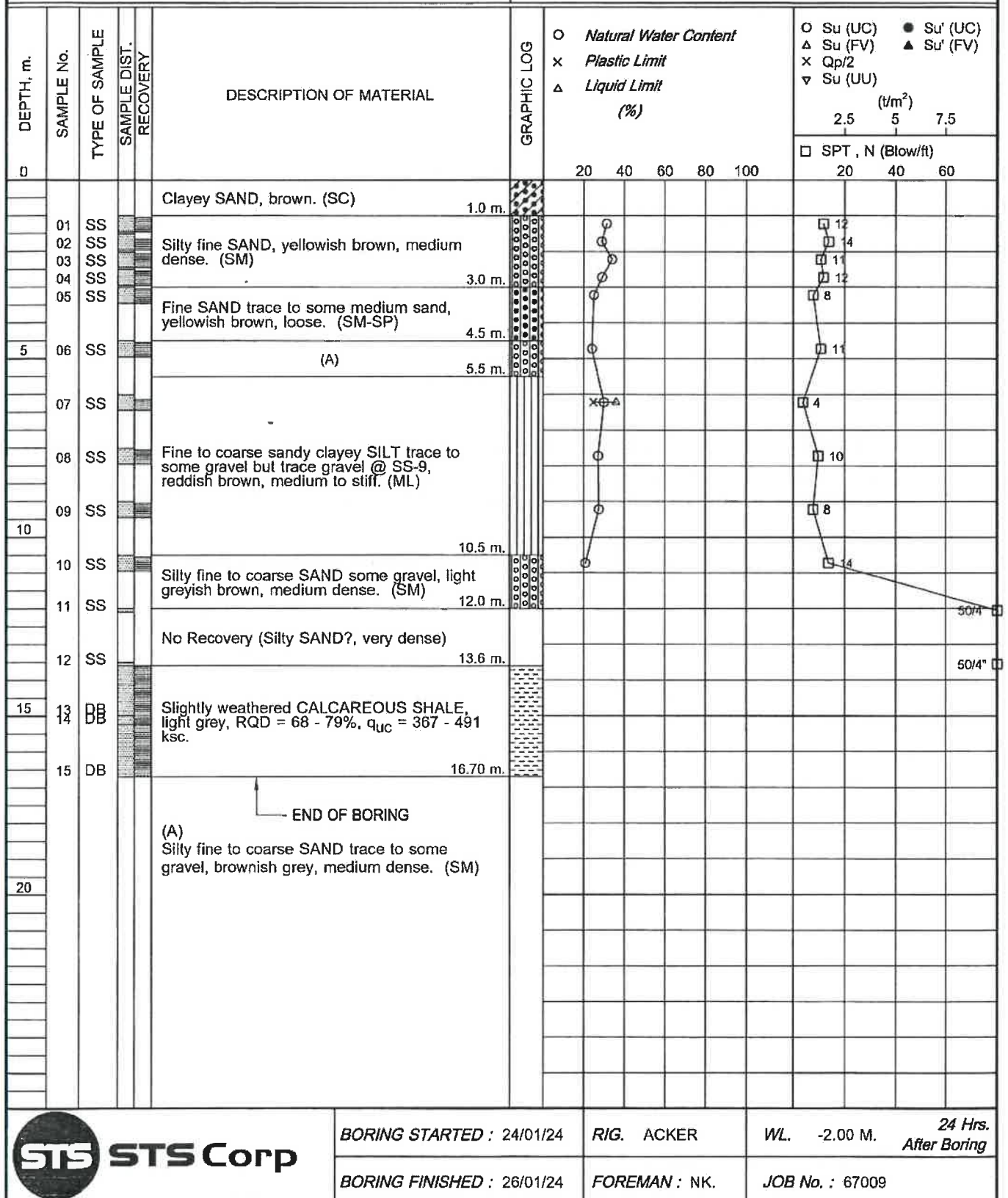
หน้า 30/66

LOG OF BORING No. BH-3

PROJECT : Khao Lak

LOCATION : ตำบลคึกคัก อำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา

CLIENT :



พ10 หน้า 31/66

Log of Coring

JOB NO.: 1167009

CLIENT:

Sheet : 1 of 1



STS Corp

24 HRS.
AFTER BORING

DRAWN mm

JOB NO. : 1167009

CLIENT :

m. MSL

Sheet : 1 of 1

DRAWN [m]

JOB NO. : 1167009

CLIENT :

Sheet : 1 of 1

DRAWN mm

ภาพถ่ายแสดงตัวอย่างแท่งหิน



ภาพถ่ายแสดงแท่งตัวอย่างหินหลุม BH-01 (box-1)



ภาพถ่ายแสดงแท่งตัวอย่างหินหลุม BH-02 (box-1)



ภาพถ่ายแสดงแท่งตัวอย่างหินหลุม BH-03 (box-1)

Compression Test of Drilled Rock Core

STS CORPORATION COMPANY LIMITED

COMPRESSION TEST OF DRILLED ROCK CORE SAMPLES




Project : Khao Lak

Location : ตำบลคึกคัก อำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา

Job Number: 67009

Tested By : Nathanan

Date of Testing : 7 February 2024

SPECIMEN NUMBER		BH-1 DB-9	BH-1 DB-9	BH-1 DB-11		
1	Depth , m.	7.60-7.70	8.43-8.53	9.85-9.95		
2	Diameter, cm.	5.15	5.15	5.15		
3	Length, cm.	10.06	9.99	9.91		
4	Length/diameter ratio	1.95	1.94	1.92		
5	Weight of specimen, gm.	555	550	545		
6	Unit weight. of specimen, ton/m ³	2.65	2.64	2.64		
7	Maximum compressive load, kg.	4248.9	3751.4	4746.5		
8	Cross-section area, cm ²	20.83	20.83	20.83		
9	Maximum compressive strength, ksc.	204.0	180.1	227.9		
	Maximum compressive strength, MPa.	20.00	17.66	22.35		
10	Rock type	Calcareous Shale	Calcareous Shale	Calcareous Shale		
11	Color	light gray	light gray	light gray		
12	Photograph					

Remarks :

Certified by: _____

STS CORPORATION COMPANY LIMITED

COMPRESSION TEST OF DRILLED ROCK CORE SAMPLES



Project : Khao Lak

Location : ตำบลคึกคัก อำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา

Job Number: 67009

Tested By : Nathanan

Date of Testing : 7 February 2024

SPECIMEN NUMBER		BH-2 DB-13	BH-2 DB-14			
1	Depth , m.	11.60-11.70	12.70-12.80			
2	Diameter, cm.	5.16	5.16			
3	Length, cm.	10.19	10.26			
4	Length/diameter ratio	1.97	1.99			
5	Weight of specimen, gm.	565	570			
6	Unit weight. of specimen, ton/m ³	2.65	2.66			
7	Maximum compressive load, kg.	10220.2	12210.8			
8	Cross-section area, cm ²	20.91	20.91			
9	Maximum compressive strength, ksc.	488.7	583.9			
	Maximum compressive strength, MPa.	47.93	57.26			
10	Rock type	Calcareous Shale	Calcareous Shale			
11	Color	light gray	light gray			
12	Photograph					

Remarks :

Certified by: _____

พ 10 หน้า 41/66

STS CORPORATION COMPANY LIMITED
POINT LOAD TEST OF DRILLED ROCK CORE SAMPLES


Project : Khao Lak

Location : ตำบลคึกคัก อำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา

Job Number: 67009

Tested By : NATHANAN

Date of Testing : 7 February 2024

SPECIMEN NUMBER		BH-2 DB-11			
1	Depth , m.	10.67-10.70			
2	Diameter (D), mm.	51.52			
3	Length , mm. (L average)	34.64			
4	Length/Diameter ratio	0.67			
5	Weight of specimen, gm.	190			
6	Unit weight. Of specimen, ton/m ³	2.63			
7	Maximum compressive load (F), N	2332.1			
8	$I_s = F/D_e^2$, (MPa) ; $D_e^2 = D^2$	1.03			
9	$I_{s(50)} = ((D_e/50)^{0.45}) \times I_s$, (MPa)	1.004			
10	C = Factor that depends on diameter of core sample	23.38			
11	Maximum compressive strength = $CI_{s(50)}$, (ksc)	239.5			
12	Load Configurations	Axial			
13	Rock type	Calcareous Shale			
14	Color	light gray			
15	Photograph				

Remarks : _____

Certified by: _____

Generalized Value of "C" (ASTM: D5731-16)

Core Size, mm	Value of "C" (Generalized)
42	21
50	23
54	24

STS CORPORATION COMPANY LIMITED

COMPRESSION TEST OF DRILLED ROCK CORE SAMPLES



Project : Khao Lak

Location : ตำบลคึกคัก อำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา

Job Number: 67009

Tested By : Nathanan

Date of Testing : 7 February 2024

SPECIMEN NUMBER		BH-3 DB-13	BH-3 DB-15			
1	Depth , m.	14.60-14.70	16.35-16.45			
2	Diameter, cm.	5.15	5.14			
3	Length, cm.	9.99	10.02			
4	Length/diameter ratio	1.94	1.95			
5	Weight of specimen, gm.	555	555			
6	Unit weight. of specimen, ton/m ³	2.67	2.67			
7	Maximum compressive load, kg.	10220.2	7732.3			
8	Cross-section area, cm ²	20.83	20.75			
9	Maximum compressive strength, ksc.	490.6	372.6			
	Maximum compressive strength, MPa.	48.12	36.54			
10	Rock type	Calcareous Shale	Calcareous Shale			
11	Color	light gray	light gray			
12	Photograph					

Remarks :

Certified by: _____

พ10 หน้า 43/66

STS CORPORATION COMPANY LIMITED
POINT LOAD TEST OF DRILLED ROCK CORE SAMPLES


Project : Khao Lak

Location : ตำบลคึกคัก อำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา

Job Number: 67009

Tested By : NATHANAN

Date of Testing : 7 February 2024

SPECIMEN NUMBER		BH-3 D8-13			
1	Depth , m.	13.85-13.89			
2	Diameter (D), mm.	51.62			
3	Length , mm. (L average)	42.31			
4	Length/Diameter ratio	0.82			
5	Weight of specimen, gm.	230			
6	Unit weight. Of specimen, ton/m ³	2.60			
7	Maximum compressive load (F), N	4171.2			
8	$I_s = F/D_e^2$, (MPa) ; $D_e^2 = D^2$	1.50			
9	$I_{s(50)} = ((D_e/50)^{0.45}) \times I_s$, (MPa)	1.536			
10	C = Factor that depends on diameter of core sample	23.41			
11	Maximum compressive strength = $CI_{s(50)}$, (ksc)	366.7			
12	Load Configurations	Axial			
13	Rock type	Calcareous Shale			
14	Color	light gray			
15	Photograph				

Remarks : _____

Certified by: _____

Generalized Value of "C" (ASTM: D5731-16)

Core Size, mm	Value of "C" (Generalized)
42	21
50	23
54	24

พ.10 หน้า 44/66

Typical Observation Well Installation

พ10 หน้า 45/66

RESPONSE TEST

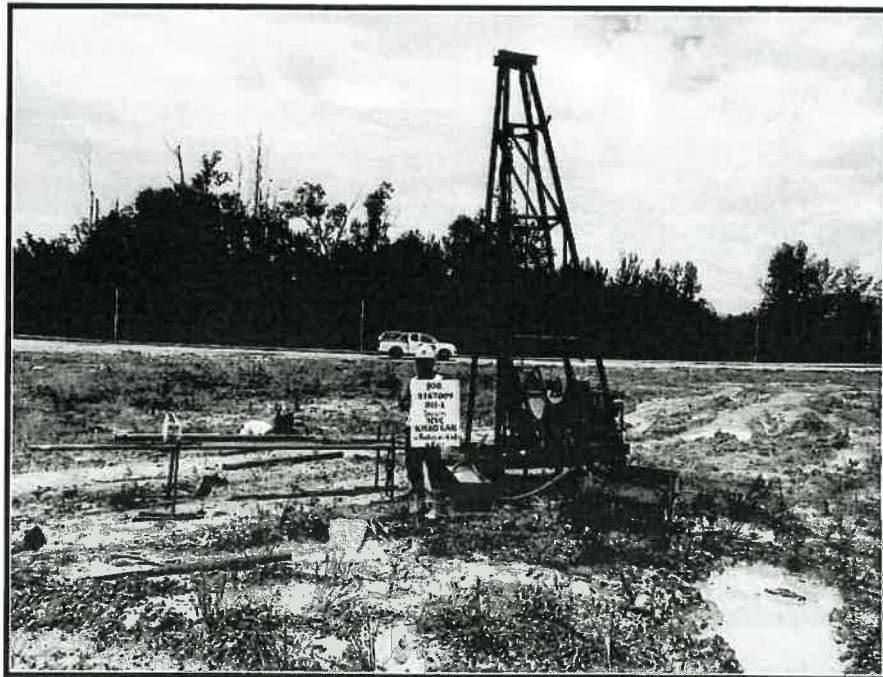
[illegible]

REMARK : W.L. MEASURED FROM GROUND SURFACE

(NOT TO SCALE)

๒10 ๒๑๖ 46/66

ภาพถ่ายแสดงตำแหน่งหลุมเจาะ



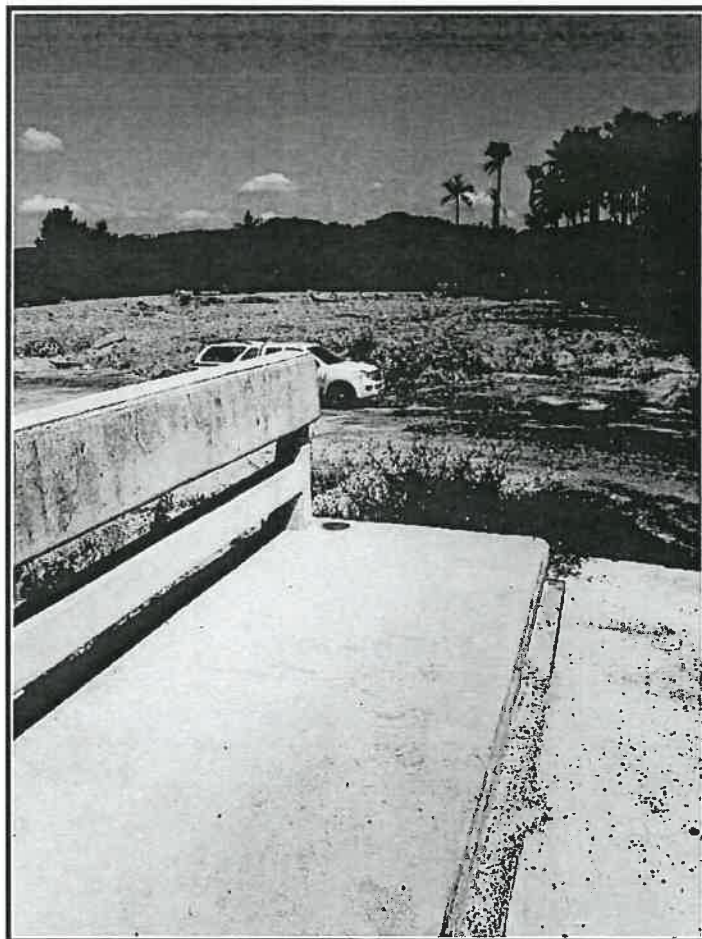
ภาพถ่ายแสดงตำแหน่งหลุมเจาะ BH-1



ภาพถ่ายแสดงตำแหน่งหลุมเจาะ BH-2



ภาพถ่ายแสดงตำแหน่งหลุมเจาะ BH-3



ภาพถ่ายแสดงหมุดอ้างอิง BM-1

ณ 10 หน้า 49/66

ภาพถ่ายแสดงการเจาะเพื่อติดตั้งบ่อสังเกตการณ์



ภาพถ่ายแสดงการเจาะเพื่อติดตั้งบ่อสังเกตการณ์ OW-1

List of Terms Used

LIST OF TERMS USED

DRILLING & SAMPLING SYMBOLS

SS	:	Split-Spoon - 1 3/8" I.D., 2" O.D., except where noted
ST	:	Shelby Tube - 2" O.D., except where noted
PA	:	Power Auger Sample
DB	:	Diamond Bit - NX:BX:AX:
CB	:	Carbology Bit - NX:BX:AX:
OS	:	Osterberg Sampler - 3" Shelby Tube
HS	:	Housel Sampler
WS	:	Wash Sample
FT	:	Fish Tail
RB	:	Rock Bit
WO	:	Wash Out

Standard "N" Penetration : Blows per foot of a 140 pound hammer falling 30 inches on 2 inches O.D. split spoon, except where noted.

WATER LEVEL MEASUREMENT SYMBOLS

WL	:	Water Level	WD	:	While Drilling
WCI	:	Wet Cave In	BCR	:	Before Casing Removal
DCI	:	Dry Cave In	ACR	:	After Casing Removal
WS	:	While Sampling	AB	:	After Boring

Water levels indicated on the boring logs are the levels measured in the boring at the times indicated. In pervious soils, the indicated elevations are considered reliable ground water levels. In impervious soils, the accurate determination of ground water elevations is not possible in even several days observation, and additional evidence on ground water elevations must be sought.

CLASSIFICATION

COHESIONLESS SOILS

"Trace"	:	1% to 10%
"Trace to some"	:	10% to 20%
"Some"	:	20% to 35%
"And"	:	35% to 50%
Very Loose	:	N = 0 - 4 blows
Loose	:	N = 4 - 10 blows
Medium	:	N = 10 - 30 blows
Dense	:	N = 30 - 50 blows
Very Dense	:	N = over 50 blows

COHESIVE SOILS

If clay content is sufficient to that clay dominates soil properties, then clay becomes the principle noun with the other major soil constituent as modifier, i.e., silty clay. Other minor soil constituents may be added according to classification breakdown for cohesionless soils, i.e., silty clay, trace to some sand, trace gravel.

Very Soft	:	0.00 - 0.25	Tsf. or	0 - 2	blows
Soft	:	0.25 - 0.50	Tsf. or	2 - 4	blows
Medium	:	0.50 - 1.00	Tsf. or	4 - 8	blows
Stiff	:	1.00 - 2.00	Tsf. or	8 - 16	blows
Very Stiff	:	2.00 - 4.00	Tsf. or	16 - 32	blows
Hard	:	Over 4.00	Tsf. or	>32	blows

พ 10 หน้า 53/66

การจำแนกและบรรยายลักษณะของดินการจำแนกลักษณะของดินตามขนาดขององค์ประกอบและคุณสมบัติดินเหนียว

ดินเหนียวซึ่งประกอบด้วยเมล็ดรูปแบนขนาดเล็กเฉียดมาก (เล็กกว่า 0.002 มม.) มีคุณสมบัติปั้นได้ง่ายเนื่องจากมีความเหนียวยึดเกาะกันระหว่างเมล็ดของดินมาก ขนาดของมวลรวมผ่านตะแกรงเบอร์ 200 มากกว่า 50%

ดินซิลต์

ดินที่มีเมล็ดหยาบกว่าดินเหนียว แต่ขนาดเล็กเฉียดกว่าเมล็ดของทราย (ระหว่าง 0.002 มม. ถึง 0.06 มม.) เข้าใกล้ทรายที่มีเมล็ดละเอียดมาก มีความเหนียวยึดเกาะกันระหว่างเมล็ดของดินน้อยหรือไม่มี ปั้นได้ยาก ขนาดของมวลรวมผ่านตะแกรงเบอร์ 200 มากกว่า 50%

ทราย

ทรายมีเมล็ดที่หยาบเห็นได้ชัด (ระหว่าง 0.06 มม. ถึง 4.76 มม.) ไม่มีคุณสมบัติยึดเกาะกันระหว่างเมล็ดของทราย ปั้นไม่ได้ ขนาดของมวลรวมผ่านตะแกรงเบอร์ 4 แต่ค้างบนตะแกรงเบอร์ 200

กรวด

กรวดเป็นเมล็ดหยาบมาก ขนาดใหญ่กว่าทราย (ระหว่าง 4.76 มม. ถึง 76.2 มม.) ขนาดของมวลรวมผ่านตะแกรงขนาด 3" แต่ค้างบนตะแกรงเบอร์ 4

การบรรยายลักษณะและส่วนประกอบที่มีอยู่ในดิน

ดินที่มีเมล็ดละเอียดมาก และแสดงคุณสมบัติยึดเกาะกันของดินเหนียว เราจะเรียกดินชนิดนี้ว่า "ดินเหนียว" ถ้ามีดินชนิดอื่นมาปนเป็นส่วนประกอบที่เด่นชัด เราจะเรียกส่วนประกอบนี้ว่า "ปน"

ตัวอย่าง

ดินเหนียวปนทรายส่วนประกอบของดินหรือสารชนิดอื่นที่ปลักย่อยไม่เด่นชัดในดิน เราจะจำแนกตามขนาดและการเปลี่ยนแปลงสภาพของดินหรือสาร ตามเปอร์เซ็นต์ที่มีอยู่ดังนี้

มี.....น้อยมาก	1 ถึง 10%
มี.....เล็กน้อย	10 ถึง 20%
มี.....พอสมควร	20 ถึง 35%
และ	35 ถึง 50%

ตัวอย่าง

ดินเหนียว ปนทราย มีกรวดเล็กน้อย มีรากไม้เล็กน้อย

ดินเหนียว (ดินที่ยึดเกาะกันได้)

ความแข็ง	กำลังอัดเฉลี่ย, q_u (กก./ซม ²)	ค่าทะลุทะลวงมาตรฐาน, N จำนวนครั้ง 1 ฟุต
อ่อนมาก	0.00 – 0.25	0 – 2
อ่อน	0.25 – 0.50	2 – 4
แข็งปานกลาง	0.50 – 1.00	4 – 8
แข็ง	1.00 – 2.00	8 – 16
แข็งมาก	2.00 – 4.00	16 – 32
ดินดานแข็งมาก	มากกว่า 4.00	มากกว่า 32

ทราย (ดินที่ไม่ยึดเกาะกัน)

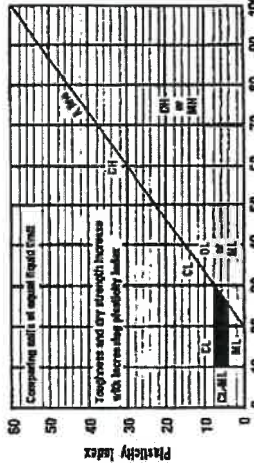
<u>ความแน่นสัมพัทธ์</u>	<u>ค่าตะลุมะต่งมาตรฐาน, N จำนวนครั้ง/ฟุต</u>
ร่วนมาก	0 – 4
ร่วน	4 – 10
แน่นปานกลาง	10 – 30
แน่น	30 – 50
แน่นมาก	มากกว่า 50

ความหมายของสัญลักษณ์

- CH - ดินเหนียวยึดเกาะกันระหว่างเมล็ดของดินมาก ปั้นได้ง่าย
- OH - ดินเหนียวปนสารอินทรีย์ มีความเหนียวยึดเกาะกันระหว่างเมล็ดของดินมาก ปั้นได้ง่าย
- CL - ดินเหนียวปนทราย, ดินเหนียวปนกรวด, ดินเหนียวปนซิลท์ มีความเหนียวยึดเกาะกันระหว่างเมล็ดของดินน้อยถึงปานกลาง ปั้นได้
- SC - ทรายปนดินเหนียว มีความเหนียวยึดเกาะกันระหว่างเมล็ดของดินน้อยถึงปานกลาง ปั้นได้
- SM - ทรายปนซิลท์ ไม่มีความเหนียวยึดเกาะกันระหว่างเมล็ดของดิน ปั้นไม่ได้
- SW - ทรายปนกรวด ขนาดคละได้สัดส่วนกัน มีเมล็ดดินละเอียดน้อยมากหรือไม่มีความเหนียวยึดเกาะกันระหว่างเมล็ดของดิน ปั้นไม่ได้
- SP - ทรายปนกรวด ขนาดคละใกล้เคียงกัน แต่ไม่ได้สัดส่วน มีเมล็ดดินละเอียดน้อยมากหรือไม่มี ไม่มีความเหนียวยึดเกาะกันระหว่างเมล็ดของดิน ปั้นไม่ได้

Unified Soil Classification

Laboratory Classification Criteria									
Use grain size curve in identifying the fractions as given under field identification									
Determine percentages of gravel and sand from grain size curve depending on percentage of fines (fraction smaller than No. 200 sieve size) as follows:									
Coarse-grained soils									
Fine-grained soils									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half of material is larger than No. 200 sieve size									
More than half									



for laboratory classification of fine grained soils

From Wagner, 1957.

- **Boundary classifications.** Soils possessing characteristic of two groups are designated by combinations of group symbols. For example GW-GC, well graded gravel-sand mixture with clay binder.
- All sieve sizes on this chart are U.S. standard.

These procedures are to be performed on the minus No. 40 sieve size particles. For field classification purposes, screening is not intended, simply remove by hand the coarse particles that interfere with the tests.

Dilatancy (Reaction to shaking):

- After removing particles larger than No. 40 sieve size, prepare a pat of moist soil with a volume of about 8000 mm³. Add enough water if necessary to make the soil soft but not sticky.
- Place the pat in the open palm of one hand and shake horizontally, striking vigorously against the other hand several times. A positive reaction consists of the appearance of water on the surface of the pat which changes to a lively consistency and becomes glossy. When the sample is squeezed between the fingers, the water and gloss disappear from the surface, the pat stiffens and finally it cracks or crumbles. The rapidity of appearance of water during shaking and of its disappearance during squeezing assist in identifying the character of the fines in a soil.
- Very fine clean sands give the quickest and most distinct reaction whereas a plastic clay has no reaction. Inorganic silts, such as a typical rock flour, show a moderately quick reaction.

Toughness (Consistency near plastic limit):

- After removing particles larger than the No. 40 sieve size, a specimen of soil about 12 mm cube in size, is moulded to the consistency of putty. If too dry, water must be added and it soaked, the specimen should be spread out in a thin layer and allowed to lose some moisture by evaporation. Then the specimen is rolled out by hand on a smooth surface or between the palms into a thread about one-eighth inch in diameter. The thread is then folded and re-rolled repeatedly. During this manipulation the moisture content is gradually reduced and the specimen stiffens, finally loses its plasticity, and crumbles when the plastic limit is reached.
- After the thread crumbles, the pieces should be lumped together and a slight kneading action continued until the lump crumbles.
- The tougher the thread near the plastic limit and the stiffer the lump when it finally crumbles, the more plastic is the colloidal clay fraction in the soil. Weakness of the thread at the plastic limit and quick loss of cohesiveness of the lump below the plastic limit indicate either inorganic clay of low plasticity, or materials such as kaolin-type clays and organic clays which occur below the A-line.
- Highly organic clays have a very weak and spongy feel at the plastic limit.

Field Identification Procedure for Fine Grained Soils or Fractions

Dry Strength (Cracking Characteristics):

- After removing particles larger than No. 40 sieve size, mould a pat of soil to the consistency of putty, adding water if necessary. Allow the pat to dry completely by oven, sun or air drying, and then test its strength by breaking and crumbling between the fingers. This strength is a measure of the character and quantity of the colloidal fraction contained in the soil. The dry strength increases with increasing plasticity.
- High dry strength is characteristic for clays of the CH group. A typical inorganic silt possesses only very slight dry strength. Silty fine sands and silts have about the same slight dry strength, but can be distinguished by the feel when powdering the dried specimen. Fine sand tests gritty whereas a typical silt has the smooth feel of flour.

CHARACTERISTICS PERTINENT TO EMBANKMENTS AND FOUNDATIONS

Major Divisions (1)	Letter (3)	Symbol		Name (6)	Value for Embankments (7)	Permeability Cm Per Sec (8)	Compaction Characteristics (9)	Std AASHTO Max Unit Dry Weight Ton per cu. m. (10)	Value for Foundations (11)	Requirements for Seepage Control (12)
		Hatching (4)	Color (5)							
GRAVEL AND GRAVELLY SOILS	GW		Red	Well-graded gravels or gravel-sand mixtures, little or no fines	Very stable, pervious shells of dikes and dams	$k = 10^{-2}$	Good, tractor, rubber-tired, steel-wheeled roller	2.00 - 2.16	Good bearing value	Positive cutoff
	GP		Red	Poorly-graded gravels or gravel-sand mixture, little or no fines	Reasonably stable, pervious shells of dikes and dams	$k = 10^{-2}$	Good, tractor, rubber-tired, steel-wheeled roller	1.84 - 2.00	Good bearing value	Positive cutoff
	GM		Yellow	Silty gravels, gravel-sand silt mixture	Reasonably stable, not particularly suited to shells, but may be used for impervious cores or blankets	$k = 10^{-3}$ to 10^{-6}	Good, with close control, rubber-tired, sheepfoot roller	1.92 - 2.16	Good bearing value	Toe trench to none
	GC		Yellow	Clayey gravels, gravel-sand-clay mixtures	Fairly stable, may be used for impervious core	$k = 10^{-6}$ to 10^{-9}	Fair, rubber-tired, sheepfoot roller	1.84 - 2.08	Good bearing value	None
SAND AND SANDY SOILS	SW		Red	Well-graded sands or gravelly sand, little or no fines	Very stable, pervious sections, slope protection required	$k > 10^{-3}$	Good, tractor	1.76 - 2.08	Good bearing value	Upstream blanket and toe drainage or wells
	SP		Red	Poorly-graded sands or gravelly sands, little or no fines	Reasonably stable, may be used in dike section with flat slopes	$k > 10^{-3}$	Good, tractor	1.60 - 1.92	Good to poor bearing value depending on density	Upstream blanket and toe drainage or wells
	SM		Yellow	Silty sands, sand-silt mixtures	Fairly stable, not particularly suited to shells, but may be used for impervious cores or dikes	$k = 10^{-3}$ to 10^{-6}	Good, with close control, rubber-tired, sheepfoot roller	1.76 - 2.00	Good to poor bearing value depending on density	Upstream blanket and toe drainage or wells
	SC		Yellow	Clayey sands, sand-silt mixtures	Fairly stable, use for impervious core for flood control structures	$k = 10^{-6}$ to 10^{-9}	Fair, sheepfoot roller, rubber tired	1.68 - 2.00	Good to poor bearing value	None
FINE GRAINED SOILS	ML		Green	Inorganic silts and very fine sands, rock flour, silty or clayey fine sands or clayey silts with slight plasticity	Poor stability, may be used for embankments with proper control	$k = 10^{-3}$ to 10^{-6}	Good to poor, close control essential, rubber-tired roller, sheepfoot roller	1.52 - 1.92	Very poor, susceptible to liquefaction	Toe trench to none
	CL		Green	Inorganic clays of low to medium plasticity, gravelly clays, sandy clays, silty clays, lean clays	Stable, impervious cores and blankets	$k = 10^{-6}$ to 10^{-9}	Fair to poor, close control essential, rubber-tired roller, sheepfoot roller	1.52 - 1.92	Good to poor bearing	None
	OL		Green	Organic silts and organic silt-clays or low plasticity	Not suitable for embankments	$k = 10^{-4}$ to 10^{-6}	Fair to poor, sheepfoot roller	1.28 - 1.60	Fair to poor bearing, may have excessive settlements	None
	MH		Blue	Inorganic silts, micaceous or diamaceous fine sandy or silty soils, elastic silts	Poor stability, core of hydraulic fill dam, not desirable in rolled fill construction	$k = 10^{-4}$ to 10^{-6}	Poor to very poor, sheepfoot roller	1.12 - 1.52	Poor bearing	None
HIGHLY ORGANIC SOILS	CH		Blue	Inorganic clays of high plasticity, fat clays	Fair stability with flat slopes, thin cores, blankets and dike sections	$k = 10^{-6}$ to 10^{-9}	Fair to poor, sheepfoot roller	1.20 - 1.68	Fair to poor bearing	None
	OH		Blue	Organic clays of high plasticity, plasticity, organic silts	Not suitable for embankments	$k = 10^{-6}$ to 10^{-9}	Poor to very poor, sheepfoot roller	1.04 - 1.60	Very poor bearing	None
	Pt		Orange	Peat and other highly organic soils	Not used for construction		Compaction not practical		Remove from foundation	

- Notes :
- Values in column 7 and 11 are for guidance only. Design should be based on test results.
 - In column 9, the equipment listed will usually produce the desired densities with a reasonable number of passes when moisture conditions and thickness of lift are properly controlled.
 - Column 10, unit dry weights are for compacted soil at optimum moisture content for Standard AASHTO (Standard Proctor) compactive effort.

หลักการออกแบบฐานรากเสาเข็ม

สูตรที่ใช้ในการออกแบบกำลังรับน้ำหนักของเสาเข็ม แบบสถิตยศาสตร์ มีด้วยกันหลายวิธีซึ่งใช้ในการพิจารณาที่คล้ายคลึงกันเพียงแต่ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ และพิกัดความปลอดภัยแตกต่างกันไป ถ้าค่าสัมประสิทธิ์ และพิกัดความปลอดภัยที่ใช้เหมาะสม ผลที่ได้จากทุกวิธีจะเหมือนกัน ผลที่ได้นี้มาจากการวัดจริงในขณะก่อสร้าง อย่างไรก็ตามความลึกที่ต้องการของเข็ม ควรจะมีการตรวจสอบโดยวิธีพลศาสตร์ขณะตอกเข็มและการทดสอบการรับน้ำหนักของเข็ม

การวิเคราะห์

สูตรทั่วไป

	F_u	=	$F_p + F_f$(1)
เมื่อ	F_u	=	กำลังรับน้ำหนักประลัยของเสาเข็มเดี่ยว, ตัน
	F_p	=	แรงต้านปลายเข็ม, ตัน
	F_f	=	แรงเสียดทานของเข็ม, ตัน

ค่า F_p สามารถหาได้จากสมการของ Terzaghi & Peck (Ref. 1)

	F_p/A_p	=	$1.3 cN_c + qN_q + \beta_r BN_r$(2)
เมื่อ	c	=	ค่าแรงยึดเหนี่ยวของดิน (อาจหาได้จาก Fig. B), ตัน/ม ²
	N_c, N_q, N_r	=	ค่าตัวคูณกำลังรับน้ำหนัก (หาได้จาก Fig. E), ไม่มีหน่วย
	q หรือ σ_{vo}	=	Effective overburden pressure ที่ปลายเข็ม, ตัน/ม ²
	β	=	สัมประสิทธิ์รูปร่างของเข็ม (0.4 สำหรับเข็มสี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือ 0.3 สำหรับเข็มกลม)
	γ	=	หน่วยน้ำหนักของดิน, ตัน/ม ³
	B	=	ความกว้างของเข็ม, เมตร
	A_p	=	พื้นที่หน้าตัดของปลายเข็ม, ม ²

สำหรับ ดินที่มีค่าแรงยึดเหนี่ยว ($\phi = 0$, $N_c = 5.7$, $N_q = 1.0$, $N_r = 0$)

F_p/A_p	=	$7.4c + q$(2-ก)
หรือ	=	$9c + q$ $N_c = 9$ (Skempton, 1951)

สำหรับ ดินที่ไม่มีค่าแรงยึดเหนี่ยว ($c = 0$)

F_p/A_p	=	$qN_q + \beta_r BN_r$(2-ข)
-----------	---	----------------------------------

Broms ได้เสนอสมการสำหรับเสาเข็มยาว (Ref. 2)

F_p/A_p	=	$24.46 N'$(2-ค)
-----------	---	-----------------------

เมื่อ	N'	=	ค่าที่แก้แล้วของ SPT (N), จำนวนครั้ง/ฟุต
		=	$15 + \frac{1}{2}(N-15)$ สำหรับ $N > 15$ หรือหาจาก Fig. C โดยใช้ค่าที่น้อยกว่า

ค่า F_f สามารถหาได้จากสมการของ Meyerhof

$$F_f/L_p = ms\alpha cL_b + \frac{1}{2}K_h \gamma L_b^2 \tan \delta \dots \dots \dots (3)$$

เมื่อ

m = ค่าตัวคูณสำหรับวัสดุที่ใช้ทำเข็ม (1.0 สำหรับคอนกรีตและไม้ หรือ 0.7 สำหรับเหล็ก)

s = ค่าตัวคูณรูปร่างของเข็ม (1.0 สำหรับเข็มกลมหรือเข็มเหลี่ยม)

α = ค่าตัวคูณลด (หาได้จาก Fig. A)

L_b = ความยาวของเสาเข็มที่ฝังลึกลงไปในดิน, เมตร

K_h = อัตราส่วน แรงดันของดิน ทางแนวราบต่อแนวดิ่ง ทางด้านข้างของเข็ม

$$K_h = 0.5 + 0.008 D_r \text{ (Bhusan, 1982)}$$

สำหรับเสาเข็มตอก

N' จำนวนครั้ง/ฟุต	0 - 4	4 - 10	10 - 30	30 - 50	>50
K_h	0.56	0.7	0.9	1.1	1.2

สำหรับเสาเข็มเจาะ

K_h = $(1 - \sin \phi) OCR^{\sin \phi}$, Mayne and Kulhawy (1982)

ϕ = Angle of Shearing Resistance

OCR = Over Consolidation Ratio = $\bar{\sigma}_{vm} / \bar{\sigma}_{vo}$

σ_{vm} = Maximum Past Pressure, ตัน/ม²

δ = มุมของแรงเสียดทานระหว่างดินกับเข็ม (ใช้ = $\frac{3}{4} \phi$ เลี่ยงจาก Fig. E), องศา

L_p = ความยาวเส้นรอบรูปของเข็ม, เมตร

สำหรับ ดินที่มีแรงยึดเหนี่ยว ($\phi = 0$)

$$F_f/L_p = ms\alpha cL_b \dots \dots \dots (3-n)$$

สำหรับ ดินที่ไม่มีแรงยึดเหนี่ยว ($c = 0$)

$$F_f/L_p = \frac{1}{2}K_h \gamma L_b^2 \tan \delta \dots \dots \dots (3-๗)$$

หมายเหตุ

- เมื่อใช้สูตรนี้ใช้ค่าพิสัยความปลอดภัย 2.5 สำหรับเสาเข็มในดินทุกประการ
- แรงต้านปลายเข็ม จะสามารถรับได้เต็มที่ก็ต่อเมื่อได้ฝังลงในชั้นดินที่จะรับน้ำหนักเป็นระยะอย่างน้อย 5 เท่า ความกว้างของเข็ม และความหนาของชั้นดินนี้ต้องมีอยู่ลงไปจากปลายเข็มอย่างน้อย 3 เท่า ความกว้างของเข็ม

Bored Pile Design Calculation in Rock

Unit Skin Friction, f_s

$$f_s = b\sqrt{\sigma_c} \quad \text{----- (1) (Horvath and Kenney, 1979)}$$

- where f_s = Mobilized unit skin friction, MPa
- σ_c = Unconfined compression strength of the weaker material (concrete or intact rock), MPa
- b = 0.2 to 0.3 for pile diameter more than 410 mm (Horvath, et al., 1983)
- = 0.19 for socket length-to-diameter ratios less than 3.5 (Ng, et al., 2001)
- = 0.2 for smooth socket (Closure by Zhang, L. and Einstein, 1999)
- = 0.4 for smooth socket (Zhang, L. and Einstein, 1998)
- = 0.8 for rough socket (Zhang, L. and Einstein, 1998)

Unit Ultimate End Bearing Pressure, q_b

Case I: $q_b = \frac{\sigma_c \times (N_\phi + 1)}{5} \quad \text{----- (2) Goodman (1989)}$

- where q_b = Unit ultimate end bearing pressure
- $N_\phi = \tan^2(45^\circ + \frac{\phi'}{2})$
- ϕ' = Effective friction angle

Table 1 General properties of rock

Rock Type	σ_c (MPa)		ϕ' (Degree)	
	AASHTO, 2002	Das & Sivakugan, 2019	Kumar, 2011	Das & Sivakugan, 2019
Granite	14 - 338	65 - 250	35 - 50	40 - 50
Limestone	24 - 290	30 - 150	30 - 45	30 - 40
Sandstone	67 - 172	25 - 130	25 - 45	27 - 45
Shale	7 - 35	5 - 40	5 - 20	10 - 20

Case II: $q_b = q_{ult} \times (RQD)^2 \quad \text{----- (3) Bowles (1996)}$

- where RQD = Rock quality designation
- q_{ult} = Ultimate bearing capacity from Terzaghi (1943)
- = $cN_c s_c + \bar{q}N_q + 0.5\gamma BN_\gamma s_\gamma$
- c = Cohesion (equal to $0.1\sigma_c$)
- \bar{q} = γD
- D = Base depth below the rock surface
- γ = The effective density of the rock mass
- N_c, N_q, N_γ = The Bearing capacity factors related to ϕ'

For	Strip	Round	Square
s_c	1.0	1.3	1.3
s_γ	1.0	0.6	0.8

The bearing capacity factors for sound rock are approximately

$$N_c = 5 \tan^4 \left(45^\circ + \frac{\phi'}{2} \right) \quad N_q = \tan^6 \left(45^\circ + \frac{\phi'}{2} \right) \quad N_\gamma = N_q + 1$$

Case III: $q_b = (0.5 - 6)\sigma_c \quad \text{----- (4) (Tomlinson, 1994)}$

Case IV: $q_b = 4.8(\sigma_c)^{0.5} \quad \text{----- (5) (Zhang and Einstein, 1998)}$

พ.10 หน้า 60/66

Case V :

$$q_b = 6.39(\sigma_{cm})^{0.45} \quad \text{---- (6) (Zhang, L. 2010)}$$

$$\sigma_{cm} = (\alpha_E)^{0.7} \sigma_c$$

$$\alpha_E = \text{Reduction factor} = 0.0231 \text{ RQD} - 1.32 \geq 0.15$$

σ_c = Unconfined compressive strength of intact rock, MPa

σ_{cm} = Unconfined compressive strength of the rock mass, MPa < σ_c

RQD, %	q_b/σ_c
0-55	0.5-1.6
72-100	1.0-5.9

Case VI CIRIA Report 181 (1999) and Look, Burt G. (2014)

Maximum bearing pressures for specified displacement for footings on sandstone

Maximum pressure for normalized displacement (ρ/b)		Description of sandstone
1%	2%	
$1.1\sigma_c$	$2.2\sigma_c$	Intact strong, $\sigma_c > 24$ MPa
$1.0\sigma_c$	$2.0\sigma_c$	Medium to strong, $\sigma_c = 12 - 24$ MPa
$0.7\sigma_c$	$1.3\sigma_c$	Medium strong, $\sigma_c = 7 - 12$ MPa
$0.4\sigma_c$	$0.7\sigma_c$	Weak fractured, $\sigma_c = 2 - 7$ MPa
1.2 MPa	2.5 MPa	Very weak, crumbly, no σ_c

where ρ = settlement at pile load

D = diameter of pile

NOTE: Choosing minimum result of q_b , but not more than 1,000 tons/m²

References

1. AASHTO, 2002, "Standard specification for highway bridges", 17th ed., American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C.
2. Bowles, J.E., 1996, "Foundation analysis and design", 5th ed., The McGrawHill Companies, Inc., Singapore.
3. CIRIA Report 181, 1999, "Piled Foundations in Weak Rock", Report No 181 by J.A. Gannon, G.G.T. Masterton, W.A. Wallace and D. Muir Wood.
4. Das, Braja M. & Sivakugan, Nagaratnam, 2019, "Principles of foundation engineering", 9th ed. Cengage Learning, Inc.
5. Goodman, R.E., 1989, "Introduction to rock mechanics", 2nd ed., Wiley, New York.
6. Horvath, R.G., and Kenney, T.C., 1979, "Shaft resistance of rock-socketed drilled piers", Symposium on Deep Foundation, ASCE, pp. 182-214.
7. Horvath, R.G., Kenney, T.C., and Kozicki, P., 1983, "Methods of improving the performance of drilled piers in weak rock", Canadian geotechnical journal, Vol.20, No.4, pp. 758-772
8. Kumar, Sanjeev, 2011, "Design of pile foundations", chapter 5 of Geotechnical Engineering Handbook, editor in chief by Braja M. Das, J. Ross Publishing Inc.
9. Look, Burt G., 2014 "Handbook of geotechnical investigation and design tables", 2nd ed., CRC Press / Balkema.
10. Ng, C.W.W., Yau, T.L., Li, J.H., and Tang, W.H., 2001, "Side resistance of large diameter bored piles socketed into decomposed rocks", Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering, Vol.127, No.8, pp. 642-657.
11. Terzaghi, K., 1943, "Theoretical soil mechanics", John Wiley & Sons, New York.
12. Tomlinson, M., 1994, "Pile design and construction practice", 4th ed., E & FN Spon.
13. Zhang, L. (2010), "Prediction of end bearing capacity of rock socketed shafts considering rock quality designation (RQD)", Canadian geotechnical journal, Vol. 47, pp. 1071-1084
14. Zhang, L., and Einstein, H.H., 1998, "End bearing capacity of drilled shafts in rock", Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Vol.124, No.7, pp. 574-584.
15. Zhang, L. and Einstein, H.H., 1999, Closure to "End bearing capacity of drilled shafts in rock, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Vol.125, No.12, pp. 1106 - 1110.

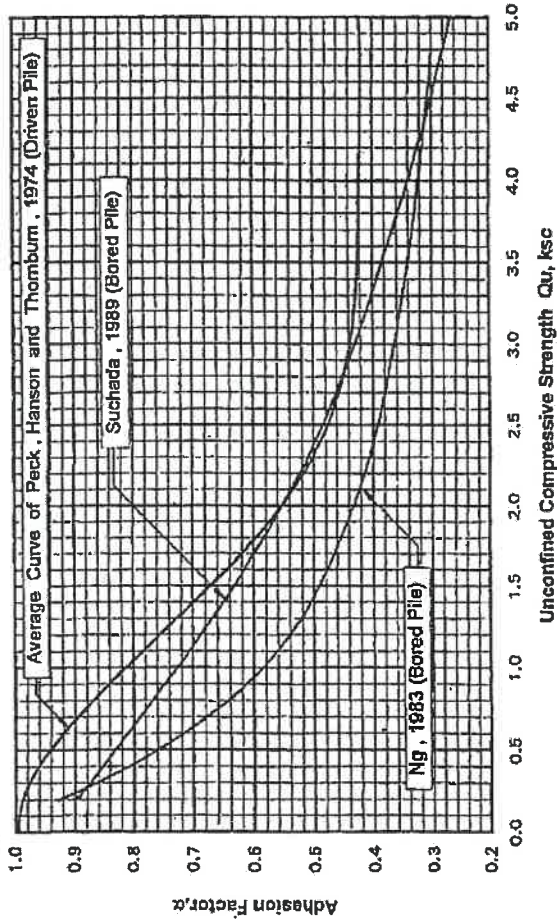


Fig. A : Plot of Adhesion Factor of Pile in clay with Unconfined Compressive Strength

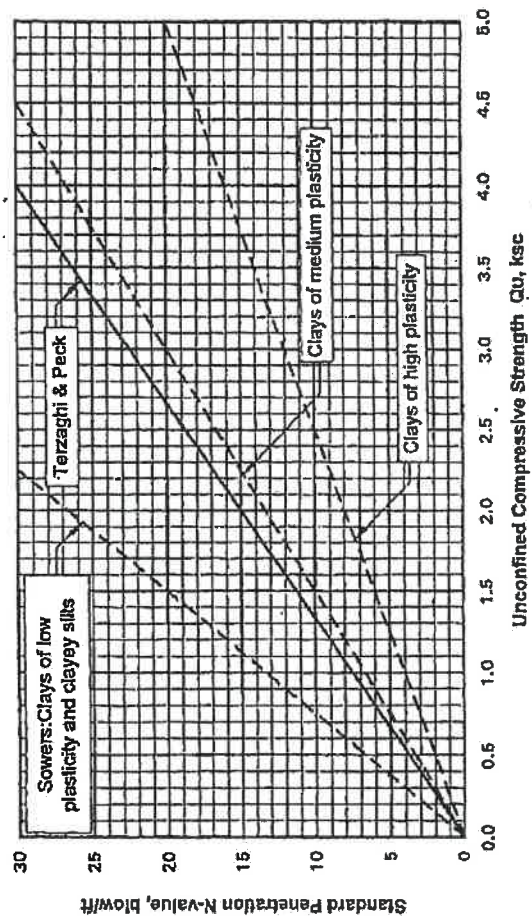


Fig. B : Correlation of Standard Penetration With Unconfined Compressive Strength of Clay
(NAVFAC DM - 7.1, 1982)

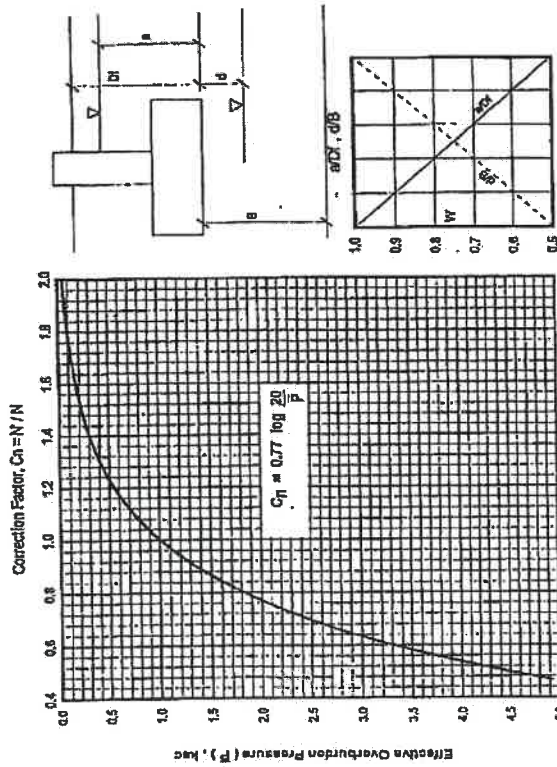


Fig. C : Correction of N-value in sand for influence of effective overburden pressure, \bar{P}
(Peck, Hanson and Thornburn, 1974)

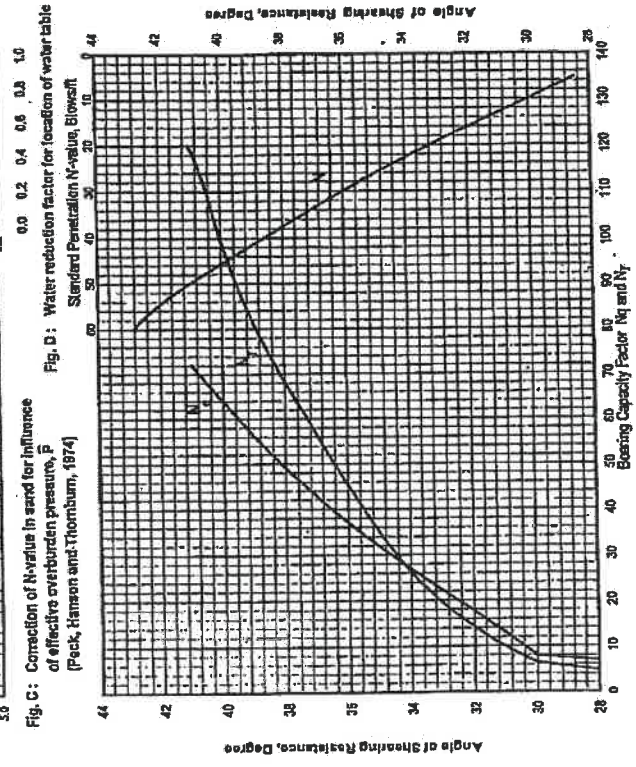


Fig. D : Water reduction factor for location of water table
(Peck, Hanson and Thornburn, 1974)

Fig. E : Correlation of Standard Penetration with Bearing Capacity Factors and Angle of Shearing Resistance
(Reference 10 & 14)

REFERENCES

1. Bowles, J.E., "Foundation Analysis and Design", 5th edition, McGraw – Hill Companies, Inc., 1175 p., 1996.
2. Broms, B.B., "Methods of Calculating the Ultimate Bearing Capacity of Piles a Summary", Sols Soils, No. 18 - 19, 1966.
3. Bhusan, K., "Discussion : New Design Correlations for Piles in Sands", Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE, Vol. 108, No. GT-11, pp. 1508 – 1510, 1982.
4. Fang, H.Y., "Foundation Engineering Handbook", 2nd edition, Van Nostrand Reinhold, New York, 923 p., 1991.
5. Hvorslev, M.J., "Subsurface Exploration and Sampling of Soils for Civil Engineering Purposes", Waterways Experiment Station, 521 p., 1949.
6. Lambe, T.W., and Whitman, R.V., "Soil Mechanics SI Version", John Wiley & Sons, Inc., New York, 553 p., 1979.
7. Mayne, P.W., and Kulhawy, F.H., "Ko-OCR Relationships in Soil", Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE, Vol. 108, No. GT-6, pp. 851 - 872, 1982.
8. Meyerhof, G.G., "Bearing Capacity and Settlement of Pile Foundations", Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE, Vol. 102, No. GT-3, pp. 195 - 228, (Terzaghi Lecture), 1976.
9. Ng, K.C., "The Construction Problems and Performance of Large Bored Piles in Second Sand Layer", M.Eng. Thesis, No. GT-82 – 26, AIT, Bangkok, 1983.
10. Peck, R.B., Hanson, W.E., and Thornburn, T.H., "Foundation Engineering", 2nd edition, John Wiley & Sons, Inc., New York, 514 p., 1974.
11. Simons, N.E., and Menzies, B.K., "A Short Course in Foundation Engineering", ELBS edition, 159 p., 1979.
12. Skempton, A.W., "The Bearing Capacity of Clays", Proc. Building Research Congress, Vol. 1, pp. 180 – 189, 1951.
13. Suchada Pimpasugdi, "Performance Evaluation of Bored, Driven and Auger Press Piles in Bangkok Subsoils", M.Eng. Thesis, No. GT-88 – 12, AIT, Bangkok, 1989.
14. Terzaghi, K., Peck, R.B., and Mesri, G., "Soil Mechanics in Engineering Practice", 3rd edition, John Wiley & Sons, Inc., New York, 549 p., 1996.
15. Tomlinson, M.J., "Pile Design and Construction Practice", 4th edition, E & FN Spon, An Imprint of Chapman & Hall, London, 411 p., 1995.
16. U.S. Navy, "Soil Mechanics, Design Manual 7.1", Department of the Navy, Naval Facilities Engineering Command (NAVFAC), 1982.
17. U.S. Navy, "Foundations and Earth Structures, Design Manual 7.2", Department of the Navy, Naval Facilities Engineering Command (NAVFAC), 1982.
18. U.S. Army Corps of Engineers, No.1, "Design of Pile Foundations", ASCE Press, 99 p., 1993.
19. U.S. Army Corps of Engineers, No. 7, "Bearing Capacity of Soils", ASCE Press, 142 p., 1994.
20. U.S. Army Corps of Engineers, No. 9, "Settlement Analysis", ASCE Press, 136 p., 1994.

พ10 หน้า 63/66

ใบประกอบวิชาชีพ

(ข้อมูลส่วนบุคคล ได้รับการคุ้มครองไม่ต้อง
เปิดเผยตามกฎหมาย)

ใบประกอบวิชาชีพ

(ข้อมูลส่วนบุคคล ได้รับการคุ้มครองไม่ต้อง
เปิดเผยตามกฎหมาย)



หน้า 66/66



T: 02-270-8899 |  STSGroupTH | www.sts.co.th