

เอกสารเพื่อการเผยแพร่

“ความรู้ทั่วไปในการเจาะสำรวจชั้นดิน” “วิธีการเจาะสำรวจดิน”

นายยงยุทธ ศรีเมฆรัตน์
หัวหน้ากลุ่มงานวิเคราะห์วิจัยและพัฒนา
สำนักควบคุมการก่อสร้าง
กรมโยธาธิการและผังเมือง

สารบัญ

1. ความรู้ทั่วไปในการเจาะสำรวจชั้นดิน

1.1 ความสำคัญของการเจาะสำรวจดิน

1.2 แผนงานการเจาะสำรวจ

1.2.1 ตรวจสอบพื้นที่โครงการ

1.2.2 จำนวนหลุมเจาะ

1.2.3 ความลึกของหลุมเจาะ

1.2.4 ราคาค่าเจาะสำรวจ

1.3 มาตรฐานการเจาะสำรวจดิน

2. วิธีการเจาะสำรวจ

2.1 ขั้นตอนการเจาะสำรวจ

2.1.1 อุปกรณ์ในการเจาะเก็บตัวอย่าง

2.1.2 Hand or Mechanical Auger Boring

2.1.3 Wash Boring

2.1.4 Rotary Drilling

2.1.5 การเก็บตัวอย่างดิน

2.1.5.1 ตัวอย่างดินคงสภาพ

2.1.5.2 ตัวอย่างดินไม่คงสภาพ

2.2 การทดสอบภาคสนาม

2.2.1 Standard Penetration Test

2.2.2 Field Vane Shear Test

2.2.3 Dutch Cone Penetration Test

2.2.4 Unconfined Compression Test (Pocket Penetrometer)

2.3 การเก็บข้อมูลระดับน้ำ

2.4 การจำแนกดินเบื้องต้น

2.5 การจัดบันทึกข้อมูล

2.6 ประสิทธิภาพในการทำงาน

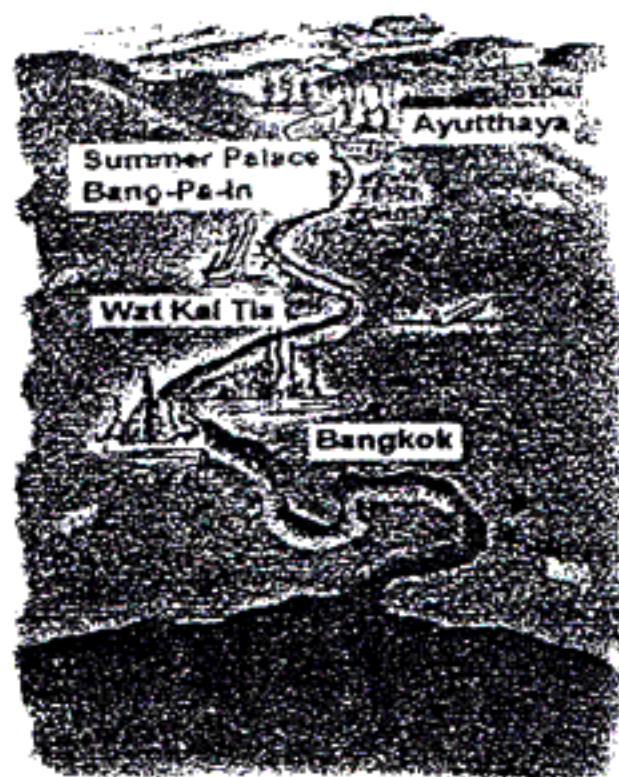
2.7 เอกสารอ้างอิง

1. ความรู้ทั่วไปในการเจาะสำรวจชั้นดิน

1.1 ความสำคัญของการเจาะสำรวจดิน

ดินแรกเริ่มกำเนิดจากหินด้วย Mechanical & Chemical Weathering ตามกาลเวลา และภูมิอากาศเป็นตัวทำลายให้หินแตกสลาย ผุร่อน กลายเป็นขนาดเม็ดต่างๆ ตั้งแต่หยาบจนถึงละเอียด

ดิน คำนี้ในความหมายทางด้านวิศวกรรม หรือ เกษตรกรรม หมายถึง วัสดุธรรมชาติรวมตัวกันอยู่ด้วยขนาดเม็ดต่างๆ กัน ไม่มีเชื้อประสานที่ทำให้เกาะติดเป็นลักษณะของก้อนหิน ทางเกษตรกรรม สนใจดินในแง่ของการเป็นวัสดุธรรมชาติที่ใช้ปลูกพืช ส่วนด้านวิศวกรรม สนใจในคุณสมบัติที่สามารถรับน้ำหนักของอาคาร คุณสมบัติของดินเปลี่ยนแปลงตามขนาดเม็ดที่รวมกันอยู่ ความชื้น (Moisture Content) ระดับความลึกจากผิวดิน และแหล่งกำเนิด



รูปที่ 1 แม่น้ำเจ้าพระยา

การแบ่งชนิดของดิน

การแบ่งกลุ่มชนิดของดินตามขนาดเม็ดดิน สถาบันต่างๆ ได้แยกดินตามขนาดเม็ดต่างๆ กันในที่นี้ขอนำมาตรฐานของ ASTM มาแสดงดังนี้

		75.0	19.0	4.75	2	0.425	0.075	mm.			
		3"	3/4"	#4	#10	#40	#200	U.S. standard sieve			
Unified soil classif.	Cobbles	Gravel			Sand			Silt or Clay			
		coarse	fine	coarse	medium	fine					
AASTO classif.	Boulders	Gravel			Sand			Silt	Clay		
		coarse	medium	fine	coarse	fine					
ASTM classif.		Gravel			Sand			Silt	Clay		
					coarse	fine					
FAA classif.		Gravel			Sand			Silt	Clay		
					coarse	fine					
U.S. Dept. of Agricult.	Cobbles	Gravel			Sand					Silt	Clay
		coarse	fine		very coarse	coarse	medium	fine	very fine		

รูปที่ 2 Soil Classification ตามมาตรฐานต่างๆ

ชื่อ	ขนาดเม็ด มิลลิเมตร
กรวด	2.00 - ขึ้นไป
ทรายหยาบ	0.425 - 2.00
ทรายละเอียด	0.075 - 0.425
ซิลท์ (ดินแป้ง)	0.002 - 0.075
ดินเหนียว	0.002 - ลงไป

ดินแต่ละชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกันไป อย่างใดก็ตามดินตามธรรมชาติมักประกอบด้วยดินหลายๆ ชนิดปะปนกัน จึงมีคุณสมบัติไม่แน่นอน

ดินเหนียว เม็ดดินเหนียวมีขนาดใหญ่ไม่เกิน 0.002 มม. และมีความเหนียวเมื่อเปียก ดินเหนียวจึงจัดให้อยู่ในประเภท Cohesive soil กำลังของดินเหนียวเกิดจากแรงดึงดูดของประจุไฟฟ้าระหว่างเม็ดเรียกว่า cohesive และแรงเสียดทานระหว่างเม็ดเรียกว่า Interparticle Friction (ϕ) ตามธรรมชาติดินเหนียวมักปะปนอยู่กับดินอื่นเช่น ดินแป้ง หวาย กรวด หากมีปริมาณดินเหนียวมากพอถึงทำให้มวลดินเกิดความเหนียวได้

ดินแป้ง (ซิลท์) เม็ดดินแป้งมีขนาดอยู่ระหว่าง .002 ถึง .075 มม.เกิดจากหินผุร่อนตามธรรมชาติ มักไม่มีความเหนียวที่เกิดจากแรงดึงดูดของประจุไฟฟ้าความเหนียวเกิดจากแรงดึงดูดของน้ำที่เคลือบเม็ดดิน ดังนั้นเมื่อดินแป้งแห้งจะไม่มีค่าความเหนียว ใช้นิ้วบีบก็จะแตกจากกัน จึงจัดอยู่ในประเภท Non - Cohesive soil

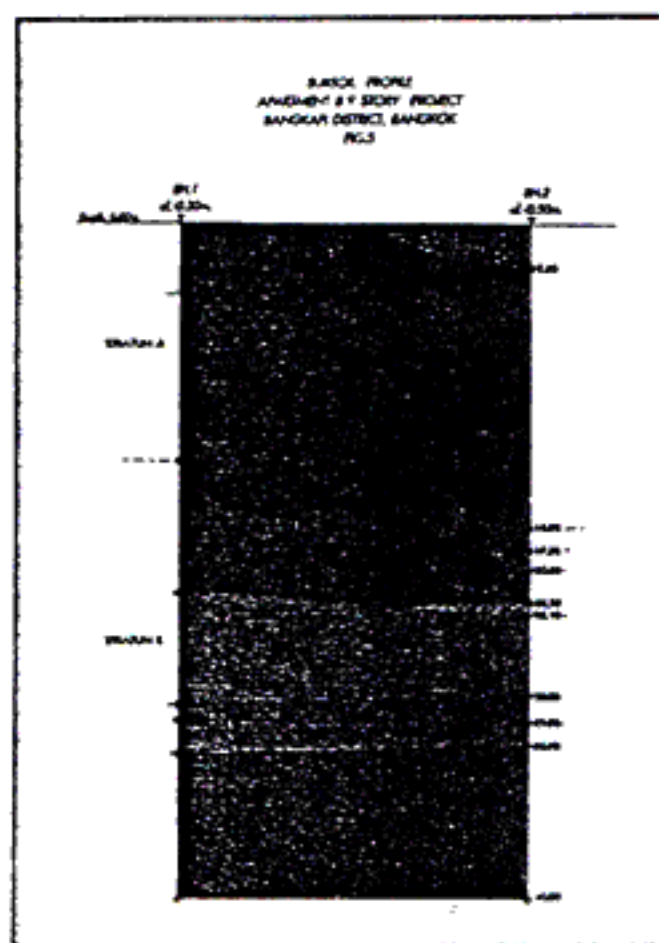
ทราย เม็ดทรายมีขนาดอยู่ระหว่าง 0.075 ถึง 2.00 มม. เกิดจากการแตกตัวของหิน ไม่มีความเหนียว จึงจัดให้อยู่ในประเภท Cohesionless Soil กำลังของทรายเกิดจากแรงเสียดทานระหว่างเม็ด Internal Friction (ϕ) เกือบทั้งหมด หากไม่อยู่ในที่จำกัด (มีแรงพยุงด้านข้าง) และเปียกน้ำจะเสียดกำลังและกระจายตัวออกจากกัน

กรวด ขนาดเม็ดใหญ่กว่าทรายกรวดขนาดเล็กคุณสมบัติใกล้เคียงกับทราย

สีของดิน

สีของดินเปลี่ยนแปลงตามความชื้น การตรวจสอบสีของดินต้องทำขณะที่ดินยังมีความชื้นตามธรรมชาติ และต้องตรวจสอบค่าความชื้นจำนวนนี้ไว้ด้วย สีของดินจะช่วยให้ทราบถึงชั้นหรือชนิดของดิน (ดูรูปที่ 3) ทั้งยังเป็นสิ่งที่ชี้ให้เห็นถึงส่วนผสมในดินนั้นด้วย เช่น

- สีดำ สีน้ำตาลเข้ม เป็นตัวชี้ให้เห็นว่ามี Organic matter ผสมอยู่
- ดินที่มีลักษณะอมสีแดง แสดงว่ามี Unhydrated iron oxides และมีคุณสมบัติยอมให้น้ำผ่านได้ง่าย
- สีเหลือง หรือสีน้ำตาลอมเหลือง แสดงว่ามีธาตุเหล็ก และน้ำผ่านได้ยาก
- สีแดงมากๆ อาจจะมีธาตุเหล็กในรูปแบบอื่นๆ ผสมอยู่
- สีน้ำเงินอมเทา และเทาปนเหลือง แสดงลักษณะดินที่น้ำผ่านได้ยาก
- สีขาว แสดงว่ามี ชีวหิน หรือ Lime หรือบางครั้งสารประกอบอลูมิเนียม เป็นต้น



รูปที่ 3 ภาพตัดชั้นดินกรุงเทพฯ

การสำรวจชั้นดินในวิศวกรรมโครงสร้าง มีความสำคัญเพราะเป็นข้อมูลประกอบในการออกแบบฐานรากอาคารหรือโครงสร้างอื่น เช่น สนามบิน ถนน เขื่อน เพื่อให้งานสำเร็จด้วยความประหยัดและปลอดภัย ขอบเขตของงานเจาะสำรวจดินจะมีมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับขนาดของโครงการและสภาพคุณสมบัติชั้นดิน

1.2 แผนงานการเจาะสำรวจ

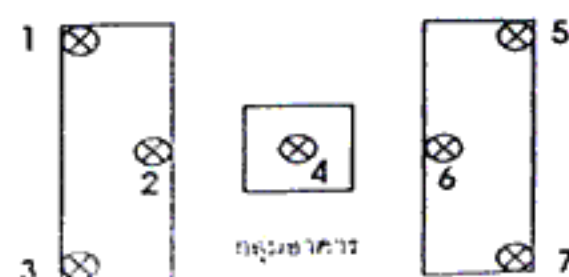
1.2.1 ตรวจสอบพื้นที่โครงการ

- แผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ ตั้งอยู่ริมทะเล ริมแม่น้ำหรือภูเขา ร่องน้ำใหญ่ แสดงอายุประวัติทางธรณีวิทยา และร่องน้ำเล็กซึ่งแยกจากร่องน้ำใหญ่จะให้ร่องรอยของการตกตะกอน แผ่นดินเกิดขึ้นโดยส่วนช่วยเหลือของแม่น้ำลำธาร
- แผนที่ทางธรณีวิทยา จะแสดงให้เห็นชนิดของหินในภูมิประเทศต่างๆ ของประเทศ ดินซึ่งเกิดจากการผุเปื่อยของหิน จะแสดงลักษณะคุณสมบัติตามสารซึ่งสลายตัวมาจากหิน จึงให้ระดับน้ำใต้ดิน ตำแหน่งเกิดแผ่นดินไหว บริเวณก่อสร้างเคยทำเหมืองแร่มาก่อนหรือไม่
- การวิเคราะห์ด้านเคมีของชั้นดินและ, หรือน้ำใต้ดิน เพื่อพิจารณาถึงผลกระทบที่มีต่อโครงสร้างอาคาร
- พื้นที่โครงการ มีสิ่งปลูกสร้างเก่าหรือไม่ โครงสร้างได้ดิน สิ่งก่อสร้างสาธารณูปโภค ที่จะกีดขวางการเจาะสำรวจ
- ผลงานเก่าที่เจาะสำรวจในพื้นที่ใกล้เคียง ลักษณะชั้นดินและคุณสมบัติของชั้นดินแต่ละชั้น
- ฐานรากอาคารที่ก่อสร้างในบริเวณข้างเคียง ชนิดของฐานราก ชนิดเสาเข็มและความยาว

1.2.2 จำนวนหลุมเจาะ

จุดประสงค์ในการเจาะสำรวจดิน เพื่อเก็บตัวอย่างดินมาทำการทดสอบหาคุณสมบัติ ดังนั้น ความละเอียดของการเจาะเก็บตัวอย่างจะให้ผลดีต่อการวิเคราะห์จำนวนหลุมเจาะ จะต้องมากพอให้ข้อมูลอย่างสมบูรณ์ อย่างไรก็ตามจำนวนหลุมเจาะมิได้ขึ้นอยู่กับขนาดและชนิดของอาคารเท่านั้น แต่ยังขึ้นกับลักษณะชั้นดินจะคล้ายคลึงกันหรือไม่ ถ้าลักษณะชั้นดินบริเวณก่อสร้างเหมือนกันหมดจำนวนและระยะห่างของหลุมเจาะลดลงและห่างออกไปได้ และถ้าลักษณะชั้นดินแตกต่างกันมากจำนวนหลุมเจาะต้องมากขึ้นและระยะระหว่างหลุมเจาะจะน้อยลง

- พื้นที่โครงการกว้างมากน้อยเท่าใด หากกว้างมากควรเจาะสำรวจเป็นแนวทางเบื้องต้นก่อน





พื้นที่โครงการ

แล้วเจาะสำรวจให้ตรงจุดของอาคาร เมื่อทราบตำแหน่งอาคารแน่นอนอีกครั้งหนึ่ง

- ข้อมูลจากพื้นที่ข้างเคียง ลักษณะชั้นดินแตกต่างกันอย่างไร หากแตกต่างกันมากจำนวนหลุมเจาะจะมากขึ้น
- ทั่วๆ ไปจำนวนหลุมเจาะจะคำนวณจากพื้นที่ของอาคาร เช่น พื้นที่อาคาร 225 ถึง 900 ตารางเมตร เจาะสำรวจ 1 หลุม

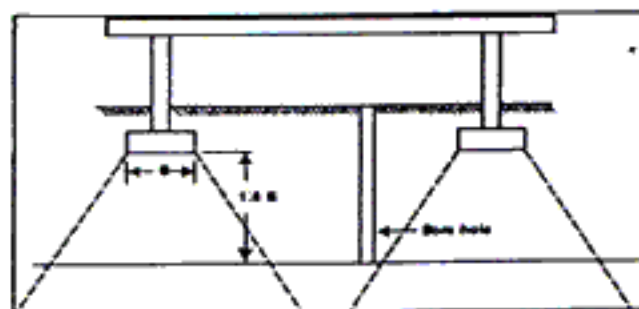
ลักษณะโครงการ	ความห่างของหลุมเจาะ (เมตร)
อาคารชั้นเดียว	23-30
อาคารหลายชั้น	15-23
ทางด่วน	230-305
เขื่อนดิน	23-46
หาข้อมูลสำหรับที่พักอาศัยเบื้องต้น	61-69

ตัวอย่างการกำหนดจุดเจาะสำรวจแสดงอยู่ในรูปที่ 4

1.2.3 ความลึกของหลุมเจาะ

ความลึกของหลุมเจาะสำรวจจะสัมพันธ์กับขนาดของอาคารและน้ำหนักของอาคารที่กดทับ และแผ่กระจายลง在地 ดังนั้นความลึกของการเจาะจะต้องลงถึงชั้นดินที่มีผลกระทบจากน้ำหนักของอาคารที่ก่อให้เกิดการทรุดตัว ทั่วไปจะอยู่ที่ความลึก 1.5 เท่าของความกว้างพื้นที่รับแรงกด ดังนั้นอาคารซึ่งมีฐานรากต่างๆ กัน ความลึก 1.50 เท่า ของความกว้างจะเริ่มจากระดับที่แตกต่างกันตามลักษณะของฐานราก รูป 5

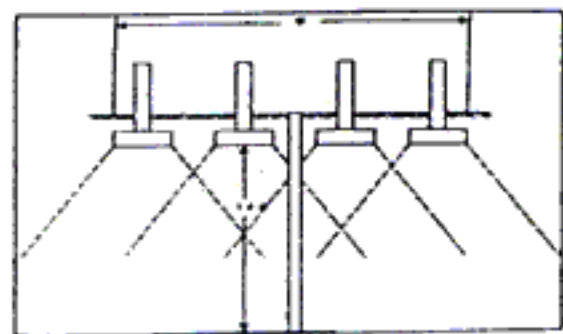
1.2.3.1 Spread Footing ฐานรากแผ่ที่มีระยะห่างกันมาก น้ำหนักที่แผ่กระจายลง在地 ไม่ทับซ้อนกัน ความลึกของหลุมเจาะประมาณ 1.5 เท่าของความกว้างฐานราก เริ่มจากระดับความลึกของฐานราก



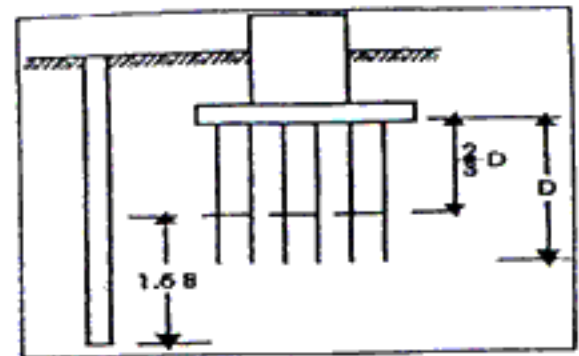
1.2.3.2 Raft Foundation ฐานรากแผ่ขนาดใหญ่ ความลึกของหลุมเจาะประมาณ 1.5 เท่าของความกว้างของฐานราก



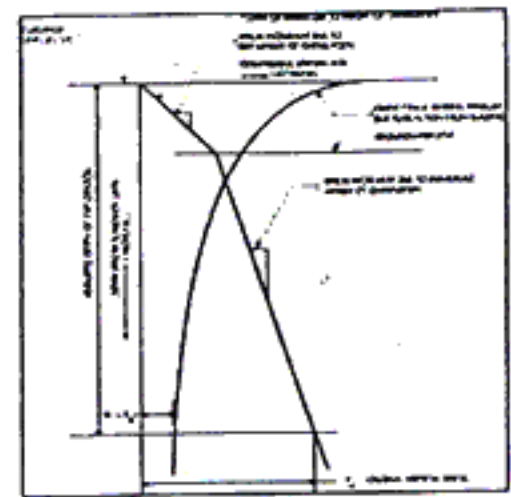
1.2.3.3 Spread Footing ฐานรากแผ่ที่มีระยะห่างกันน้อย น้ำหนักที่แผ่กระจายลง在地 จะทับซ้อนกัน ความลึกของหลุมเจาะประมาณ 1.5 เท่าของความกว้าง ของการรวมฐานรากแต่ละฐานเป็นฐานรากแผ่ขนาดใหญ่



1.2.3.4 Pile Foundation ฐานรากมีเสาเข็มควรพิจารณาเช่นเดียวกับฐานรากแผ่ขนาดใหญ่ แต่ความลึกของหลุมเจาะเป็น 1.5 เท่าของความกว้างฐานแผ่ขนาดใหญ่ และเริ่มจากระดับ 2/3 ของความยาวเสาเข็มจากระดับผิวดิน



1.2.3.5 การกระจายน้ำหนักของอาคารลงที่ดิน การทรุดตัวที่ไม่ทำให้เกิดความเสียหายต่ออาคารนั้น จะเกิดเมื่อความเค้นซึ่งเพิ่มขึ้นในดิน เนื่องจากน้ำหนักอาคาร $\Delta\sigma$ น้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ ของความเค้น ซึ่งเกิดจากน้ำหนักของดินเองที่ความลึกนั้น $\Delta\sigma'$ ดังนั้นความลึกหลุมเจาะควรลงให้ต่ำกว่าระดับนี้



1.2.3.6 อาคารสูงหลายชั้น เช่น อาคารโรงพยาบาลและอาคารสำนักงาน คัดความลึกจากจำนวนชั้น คือ Z_u = ความลึก (ม.), S จำนวนชั้น

1. อาคารชนิด Light steel or narrow concrete $Z_u = 3XS^{0.7}$

2. อาคารชนิด Heavy steel or wide concrete $Z_u = 6XS^{0.7}$

1.2.3.7 ส่วนเขื่อน (Dams) และ Embankments ความลึกของการเจาะสำรวจอยู่ระหว่างครึ่งความสูงถึงสองเท่าความสูง ขึ้นอยู่กับ Strength, compressibility and permeability ของดินฐานราก

อย่างไรก็ตามภูมิประเทศซึ่งมีชั้น Very soft soil มีความหนาอยู่ระดับหนึ่ง การพิจารณาความลึกหลุมเจาะต้องพิจารณาให้รอบคอบ ควรจะเริ่มจากจุดใดลงไป

1.2.4 ราคาเจาะสำรวจดิน

- ราคาเจาะสำรวจขึ้นอยู่กับความละเอียดในการเจาะสำรวจ และการทดสอบ
- ราคาของอาคารควรจะเป็นพื้นฐานให้เจ้าของอาคารพิจารณาได้ว่าควรใช้จ่ายในการเจาะสำรวจเท่าใด
- การไม่เจาะสำรวจจะส่งผลให้วิศวกรผู้ออกแบบฐานราก ขาดข้อมูลในการออกแบบ จึงเกิด Over - Design หรือ Under Design
- หากไม่มีการเจาะสำรวจผู้รับเหมาก่อสร้างอาจจะเพิ่มค่าก่อสร้างไว้เพื่อใช้ในการแก้ไข ปัญหาที่จะเกิดขึ้นเพราะยังไม่ทราบ วิธีการแก้ไขซึ่งจะมีค่าสูงกว่าค่าการเจาะสำรวจดิน
- เนื่องจากไม่มีข้อมูลเรื่องสภาพปัญหาของดิน ซึ่งมีผลทำให้อาจต้องออกแบบใหม่หรือแก้ไขวิธีการก่อสร้างจะมีผลให้ค่าก่อสร้างสูงขึ้น

- หากปัญหาที่เกิดขึ้นทำให้โครงสร้างพังทลายลงจะทำให้โครงการชะงักลงไปด้วย
- เมื่อทำราคาค่าก่อสร้างอาคารมาเปรียบกับค่าสำรวจแล้วเป็นสิ่งที่น่าทำมาก ทัวไปค่าการสำรวจเจาะดิน จะประมาณ .05 ถึง .2 เปอร์เซ็นต์ ของราคาอาคาร แต่ในแง่ของสะพาน และเขื่อน อาจได้ถึง .5 ถึง 1 เปอร์เซ็นต์

1.3 มาตรฐานการเจาะสำรวจดิน

การเจาะสำรวจดินจะต้องดำเนินการตามมาตรฐานของสถาบันใดสถาบันหนึ่ง เพื่อให้ครอบคลุมทั้งการเจาะเก็บตัวอย่าง การทดสอบตัวอย่างให้มีขอบเขตกว้างขวางตรงต่อเป้าหมายการสนับสนุนและส่งเสริมโดยการออกแบบฐานรากอาคาร

มาตรฐานการเจาะสำรวจดินและหินโดยทั่วไปดำเนินการตามมาตรฐาน ASTM ดังนี้

ASTM D420-93	Investing and Sampling Soil and Rock for Engineering Purposes
ASTM D4220-95	Preserving and Transporting Soil Samples
ASTM D2488-93	Description and Identification of Soils (Visual – Manual Procedure)
ASTM D1586-84(90)	Penetration Test and Split – Barrel Sampling of Soils

และมาตรฐานหมายเลขอื่นๆ ซึ่งใช้ในการทดสอบดินทั้งภาคสนามและในห้องปฏิบัติการ

ข้อเสนอในการเขียนมาตรฐานในการเจาะสำรวจดิน

มาตรฐานทั่วไปในการสำรวจชั้นดิน

1. จำนวนหลุมเจาะวิศวกรผู้คำนวณจะตกลงกับเจ้าของโครงการขึ้นอยู่กับขนาดของโครงการแต่อย่างน้อยต้อง 2 จุด
2. เจาะดินขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 ซม.
3. ความลึกของหลุมเจาะ ตามแต่ข้อตกลงระหว่างผู้ว่าจ้างและผู้ดำเนินการ หรือจนกว่าจะได้ค่า SPT > 50 ครั้งต่อ 30 เซนติเมตร จำนวน 3 ชุดติดต่อกัน
4. ในชั้นดินอ่อนเจาะโดยใช้ Drilling Auger ส่วนในชั้นดินแข็งหรือชั้นทรายใช้ Wash Boring การเก็บตัวอย่างดินคงสภาพ (Undisturbed Samples) ใช้กระบอกบาง (Thin Wall Samplers) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 75 มม.ทุกระยะ 1.50 เมตร ในชั้นดินเหนียวอ่อน ดินเหนียวแข็งปานกลาง
5. ทดสอบ Field Vane Shear Test ทุกระยะ 1.50 เมตร ในชั้นดินเหนียวอ่อน
6. ทดสอบ Standard Penetration Test พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างดิน ในชั้นดินเหนียวแข็งถึงแข็งมาก (Stiff to very stiff Cohesive Soil) และดินทราย (Cohesionless Soil) ทุกระยะ 1.50 เมตร
7. บันทึกระดับน้ำในดินระหว่างการสำรวจ จบการสำรวจแต่ละวันเติมน้ำให้เต็มหลุมเจาะ เช้าก่อนเริ่มงานเจาะสำรวจ ควรวัดระดับน้ำเสียก่อนและหลังการเจาะสำรวจเสร็จ เรียบร้อย 24 ชั่วโมง

8. ทดสอบ Unconfined Compression Test จำนวน 3 ใน 4 ของตัวอย่างดินชนิด Undisturbed Samples ที่เก็บได้
9. ทดสอบเพื่อแยกสถานะ และชนิดของดิน (Index Properties and Classification) แต่ละชั้นดิน จำนวน 3 ใน 4 ของตัวอย่างที่เก็บได้ คือ
 - ความชื้นในมวลดิน (Moisture Content)
 - Atterberg's Limits
 - ความหนาแน่นมวลดินทั้งชนิดเปียก และแห้ง (Wet & Dry Densities)
 - ความถ่วงจำเพาะของมวลดิน (Specific Gravity)
 - Sieve Analysis of Cohesionless soils
10. เสนอแนวข้อคิดเห็นและแนะนำระบบฐานราก การรับน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยเสาเข็มและค่าความต้านทานดินปลอดภัย
11. งานที่ต้องทดสอบเพิ่มเติมเพื่อใช้ในงานที่มีลักษณะพิเศษ
 - การทดสอบแรงอัดสามแกน (Triaxial Test UU, CU, CD)
 - Hydrometer Test
 - การทดสอบหาความสามารถของการซึมผ่าน (Permeability Test)
 - การทดสอบแรงเฉือนตรง (Direct Shear Test)
 - การทดสอบการอัดตัวคายน้ำ (Consolidation Test)

2. วิธีการเจาะสำรวจ

2.1 ขั้นตอนการเจาะสำรวจชั้นดินและการเก็บตัวอย่าง

2.1.1 อุปกรณ์ในการเจาะเก็บตัวอย่าง

- ปืนน้ำแรงสูง
- ก้านเจาะ
- หัวส่งน้ำ (Water Swivel)
- หัวเจาะ (Chopping bit)
- Steel Casing
- ขวดเก็บตัวอย่าง
- กระบอกผ่า (Split spoon sampler)
- กระบอกบาง (Thin wall sampler)
- ประแจคอม้า ขนาด 24 นิ้ว 3 ตัว
- ชุดลูกตุ้มเหล็กหนัก 140 ปอนด์ แป้นเหล็กและก้านส่ง
- หัวสว่าน
- Rotary Rock bit



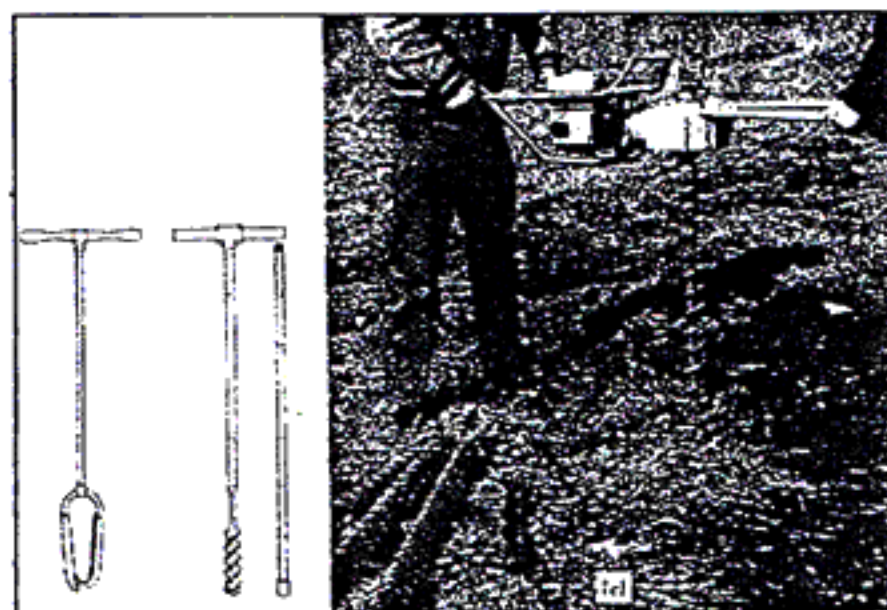
(a)



รูปที่ 7 เครื่องมือเจาะสำรวจดิน

2.1.2 Hand or Mechanical Auger Boring

การเจาะด้วยสว่านโดยใช้เครื่องปั่นหรือปั่นด้วยแรงคน รูปที่ 8 จะทำในบริเวณที่เป็นดินเหนียว



รูปที่ 8 การเจาะสำรวจดินด้วยสว่าน

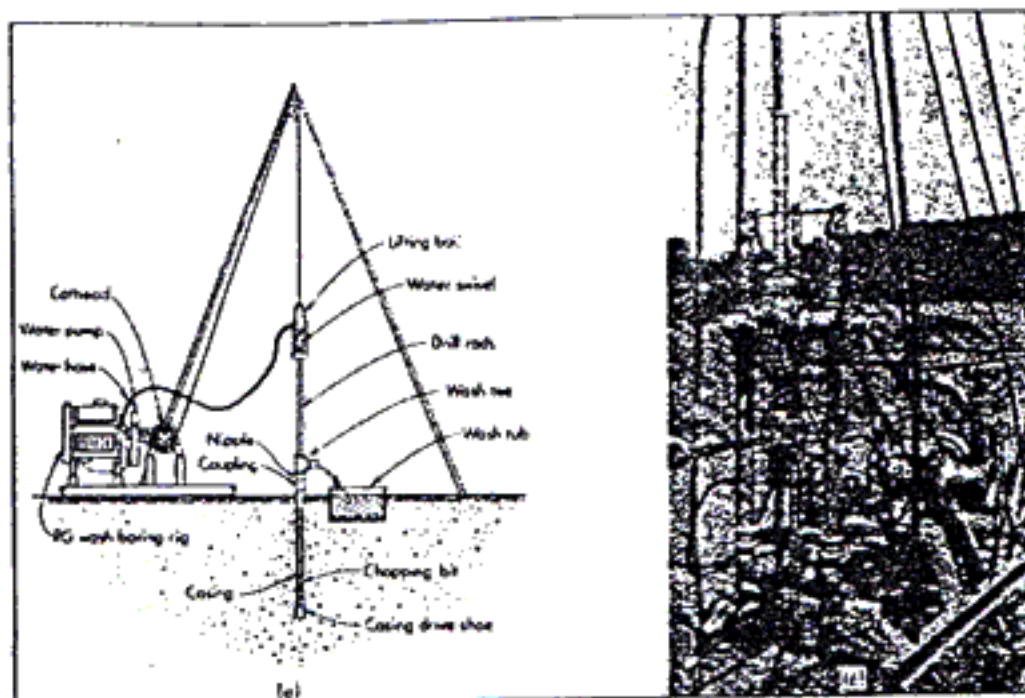
(Cohesive Soil) เท่านั้น ดินทรายหรือกรวด (Sand or gravel) ไม่สามารถเจาะได้ การเจาะจะได้ลึกระหว่าง 5-6 เมตร แต่ถ้าใช้เครื่องปั่น อาจเจาะได้ลึกกว่าเล็กน้อย เหมาะจะใช้กับงานก่อสร้างถนน งานสำรวจเบื้องต้นของแนวถนน และบ่อขุดดิน เพื่อเก็บตัวอย่างชนิดถูกรบกวน (Disturbed Sample) หรืออาจใช้กระบอกบาง ขนาดเล็กกดเก็บตัวอย่างชนิดถูกรบกวนบ้าง (Partially Disturbed Sample) นำไปทดสอบเพื่อจำแนกชนิดดินได้

2.1.3 การเจาะล้าง Wash Boring

การเจาะด้วยวิธีนี้นอกจากเครื่องมือตามข้อ 3.1.1 แล้ว ยังต้องมีเครื่องเจาะเป็นเครื่องเสาเหล็กค้ำยัน 3 ต้น ตรงกลางห้อยลูกรอกที่เสาเหล็กต้นหนึ่งมีเครื่องเบรคหุ้มด้วยผ้า รูป 9

เริ่มดำเนินการโดยตอก Steel casing ลงไปก่อน 1.50-3.00 เมตร เพื่อป้องกันดินพัง จากนั้น

ดำเนินการเจาะโดยใช้ Chopping bit ตีปลายก้านเจาะ ตอนบนก้านเจาะ ติดหัวส่งน้ำ มีเชือกผูกติดหัวส่งน้ำถึง ก้านเจาะและ Chopping bit ขึ้นโดยใช้เชือกผ่านลูกรอกและมู่ลีย์ ดึงเชือกขึ้นและปล่อยลงด้วยน้ำหนักของก้านเจาะจะทำให้ Chopping bit ตกกระแทกกันหลุมเจาะ พร้อมทั้งเป่าน้ำผ่านก้านเจาะลงไปด้วยเพื่อช่วยนำดินซึ่งแตกออกขึ้นมายังปากหลุม เมื่อเจาะลึกถึงระดับแล้วทำการ



รูปที่ 9 การเจาะสำรวจดินด้วยวิธีเจาะล้าง (Wash Boring)

เก็บตัวอย่างดินหรือทำการทดสอบ Standard Penetration Test ได้ การเก็บตัวอย่างดินโดยใช้กระบอกบางจะมีการรบกวนดินบ้าง เพราะต้องใช้ลูกตุ้มตอก

2.1.4 Rotary Drilling

นอกจากอุปกรณ์ต่างๆ ตามข้อ 2.1.1 แล้วยังต้องมีเครื่อง Rotary Drilling ด้วย การเจาะโดยใช้เครื่องยนต์และมีหัวเจาะแบบปั่นก้านเจาะ เหมาะที่จะเจาะในดินเหนียวปนทราย สามารถจะใช้เครื่องปั่นหัวเจาะลงไปลึกๆ ดินจะถูกปั่นขึ้นมาตามเกลียวของหัวเจาะ (flight auger) แต่วิธีนี้เครื่องยนต์ต้องใช้กำลังบิดหัวเจาะมาก ดังนั้นจึงมักเจาะลงไปช่วงสั้นๆ เช่น 1.50 เมตร แล้วยกหัวเจาะขึ้นเพื่อนำดินออกแล้วจึงนำลงไปเจาะต่ออีก 1.50 เมตร จึงสามารถตรวจลักษณะชั้นดินได้ตลอดความลึก การเจาะลักษณะนี้ใช้กับดิน Cohesive soil และไม่สามารถเจาะได้เมื่อลงถึงระดับน้ำใต้ดินโดยเฉพาะในชั้นทราย ดูรูปที่ 10



รูปที่ 10 การเจาะสำรวจด้วย Rotary Drilling

แต่จะเจาะสำรวจได้ลึกมากขึ้น โดยการใช้หัวเจาะผนวกกับการทำ wash boring หรือใช้ rotary drilling ด้วยความเร็วสูงทำให้ตัดดินขาดออกพร้อมทั้งปล่อยน้ำด้วยแรงดันสูง เพื่อพาดินที่ตัดขาดแล้วกลับขึ้นมาที่ผิวดิน ในดินแข็งหลุมที่เจาะจะเปิดไม่พังทลาย แต่ใน soft clay หรือ sand ซึ่งอยู่ใต้ระดับน้ำจะต้องใส่ท่อเหล็กเพื่อป้องกันดินพังทลายหรือไม่ก็ต้องใช้ drilling mud ผสมลงในน้ำที่จะฉีดลงไปในหลุมเจาะ เพื่อเคลือบผนังหลุมเจาะให้แน่นป้องกันการพังทลาย drilling mud ส่วนใหญ่จะเป็นส่วนผสมของน้ำและ

bentonite clay การใช้ drilling mud นอกจากจะทำให้ผนังและหลุมเจาะไม่พังแล้ว ยังช่วยพาเอาวัสดุเม็ดใหญ่ ก้นหลุมขึ้นมาด้วยทำให้หลุมเจาะสะอาด เจาะถึงระดับจะเก็บตัวอย่างดิน โดยใช้ระบบไฮดรอลิกกดลงไปถึงนั้น ตัวอย่างดินคงสภาพจะปลอดจากการรบกวน หรือเก็บตัวอย่างโดยทำ Standard Penetration Test ก็ได้เช่นกัน

2.1.5 การเก็บตัวอย่างดิน

2.1.5.1 ตัวอย่างดินคงสภาพ

การเก็บตัวอย่างดินคงสภาพ (undisturbed sample) โดยใช้ Thin wall or shelly tube sampler ซึ่งมีขนาด ID.3 นิ้ว มีความหนา 1.2 มม. ยาวประมาณ 70 ซม. ที่ปลายล่างทำให้เป็นปากลิ้น ปลายบนติดกับข้อต่อมี Check valve เพื่อปล่อยให้น้ำที่มีแรงดันผ่านได้และช่วยให้ดึงตัวอย่างดินที่ติดอยู่ในกระบอกกลับได้ด้วย ก่อนเก็บตัวอย่างดินจะต้องล้างหลุมให้สะอาด ติดกระบอกบางที่ปลายก้นเจาะนำลงในหลุม กดลงในดินที่ระดับเก็บตัวอย่างด้วยแรงกดจากระบบไฮดรอลิกอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ จนถึงประมาณ 6 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทั่วๆ ไปประมาณ 50 ซม. เมื่อได้ดินแล้วต้องปิดหัวท้ายกระบอกด้วยซีมป้องกันน้ำในดินระเหยออกแล้วส่งกระบอกดินไปห้องปฏิบัติการ ด้วยความระมัดระวัง เพื่อทำการทดสอบต่อไป

2.1.5.2 ตัวอย่างดินไม่คงสภาพ

การเก็บตัวอย่างชนิดนี้ใช้เก็บตัวอย่างดินที่ partially disturbed sample คือตัวอย่าง



รูปที่ 12 ตัวอย่างดินไม่คงสภาพ

ที่ถูกรบกวนบ้าง ยังพอใช้ในการทดสอบหา shear strength ได้บ้าง ตัวอย่างชนิดนี้ได้เนื่องจากการทำ Standard Penetration test นั้นเอง ทำในชั้นดิน stiff clay หรือชั้นทราย โดยใช้ split spoon sampler ซึ่งเป็นกระบอกเหล็กครึ่งวงกลม 2 แผ่นประกบกันด้วยข้อต่อหัวท้าย ตกลงในดินโดยต่อกับปลายก้นเจาะในการทำ

Standard Penetration test เมื่อนำกลับมามีปลายเกรียวข้อต่อหัวท้ายขยับ ตัวกระบอกจะเปิด

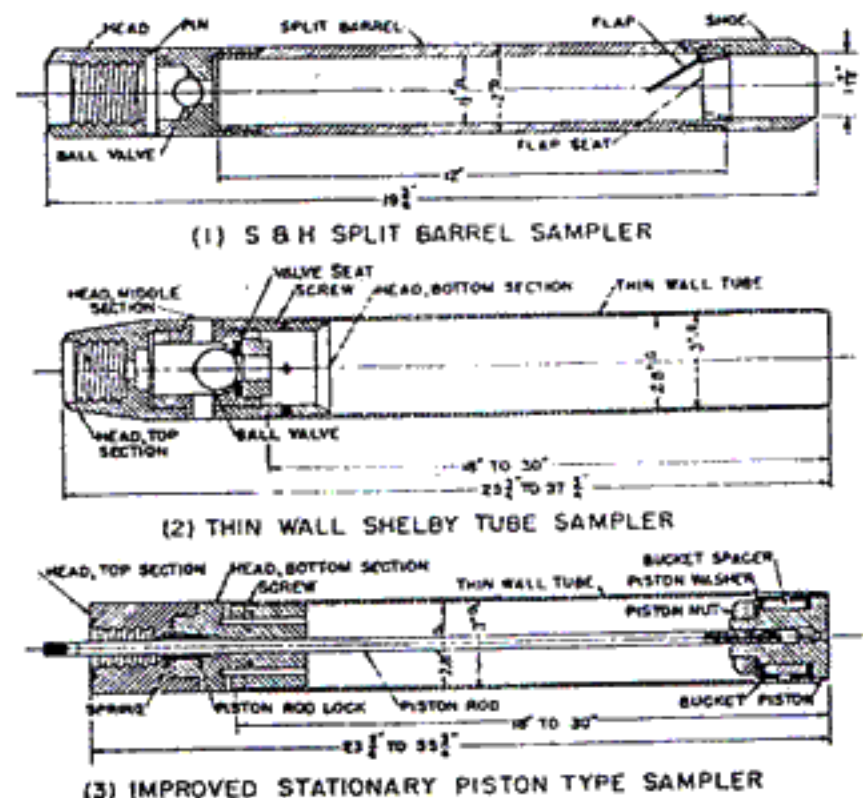


FIG. 12-7. Modern samplers (1) for disturbed dry sampling of all soils; (2) and (3) for undisturbed sampling of cohesive soils. (Courtesy of Sprague & Harwood, Inc.)

รูปที่ 11 กระบอกเก็บตัวอย่าง

ออกเป็น 2 ส่วนรูปที่ 12 ทำให้เห็นตัวอย่างดินตลอดความยาวของตัวกระบอก ถ้าเป็นดินเหนียวสามารถตัดตัวอย่างยาว 2 ถึง 3 นิ้ว ให้ผิวเรียบใช้ Pocket Penetrometer แทนที่ส่วนบนของตัวอย่างจะได้ค่า Unconfined Compressive strength ส่วนตัวอย่างเก็บใส่ขวด นำกลับห้องปฏิบัติการเพื่อใช้เป็นตัวอย่าง Visual Classification

ตัวอย่างดินไม่คงสภาพที่แท้จริง คือ ตัวอย่างดินที่ติดปลายส่วนขึ้นมาจากหลุมเจาะ เก็บใส่ถุงเก็บตัวอย่างส่งเข้าห้องปฏิบัติการต่อไป

2.2 การทดสอบภาคสนาม

2.2.1 Standard Penetration Test (SPT)

การทดสอบ SPT มีจุดประสงค์เพื่อหาค่า consistency ของดิน cohesive soil และค่าความแน่นสัมพัทธ์ของดิน Cohesionless หรือ Granular soil หรือค่า Angle of Internal Friction

กระบอกผ่า Split spoon sampler ซึ่งเป็นกระบอกเหล็ก มีขนาดมาตรฐาน 1.4 ถึง 1.5 นิ้ว (ID.) และ 2 นิ้ว (OD.) เป็นกระบอกเหล็กที่ประกอบด้วยเหล็กครึ่งวงกลม 2 แผ่น ประกบกันและมีกระบอกข้อต่อหัวและท้าย สวมเกี้ยวเข้าด้วยกัน ให้คงรูปเป็นทรงกระบอก มีความยาวประมาณ 26 นิ้ว (ประมาณ 65 ซม.) ที่ปลายก้านเจาะและตอนบนของก้านเจาะติดแป้นเหล็กและก้านส่งพร้อมลูกตุ้มหนัก 140 ปอนด์ ทำความสะอาดกันหลุมเจาะ นำก้านเจาะและกระบอกผ่าลงไปในหลุมวางไว้ที่ตำแหน่งทดสอบ ยกลูกตุ้มขึ้นสูง 30 นิ้ว แล้วปล่อยกระแทกแป้นเหล็กจะส่งให้ split spoon sampler จมลงไปในดิน นับจำนวนครั้งที่ตอกให้ split spoon sampler จมลงในดินลึก 6 นิ้ว ทำทั้งหมด 3 ครั้งติดต่อกันจน split spoon sampler จมลงในดิน 18 นิ้ว รูปที่ 13



รูปที่ 13 Standard Penetration Test

สมมุติ split spoon sampler จมลง จำนวนครั้งที่ตอก

ทดสอบ	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3
จมลง	6"	6"	6"
จำนวนครั้ง	12	16	24

ค่า SPT คือ ค่าจำนวนครั้งที่ตอกลง 12 นิ้ว โดยนำค่าของชุดที่ 2 และ ชุดที่ 3 มารวมกันได้ 40 ครั้ง/12" เป็นค่า SPT และนิยมเรียกเป็น N-value (บางสถาบันอาจจะใช้ค่าจากชุดทดสอบที่มีค่าต่ำมารวมกัน)

จากค่า N จะหาค่า Relative Density ของดินได้ตามตารางนี้

Relative Density เทียบกับ N-Value		N/ft
Very Loose	หลวมมาก	0 - 4
Loose	หลวม	5 - 10
Medium	แน่นปานกลาง	11 - 30
Dense	แน่น	31 - 50
Very Dense	แน่นมาก	มากกว่า 50

N-value ที่ได้ในสนามต้องแก้ไข error เนื่องจากน้ำหนักดินที่กดทับอยู่ (Overburden Pressure) โดย

$$N' = C_n N \text{ โดย Liano and Witman (1986)}$$

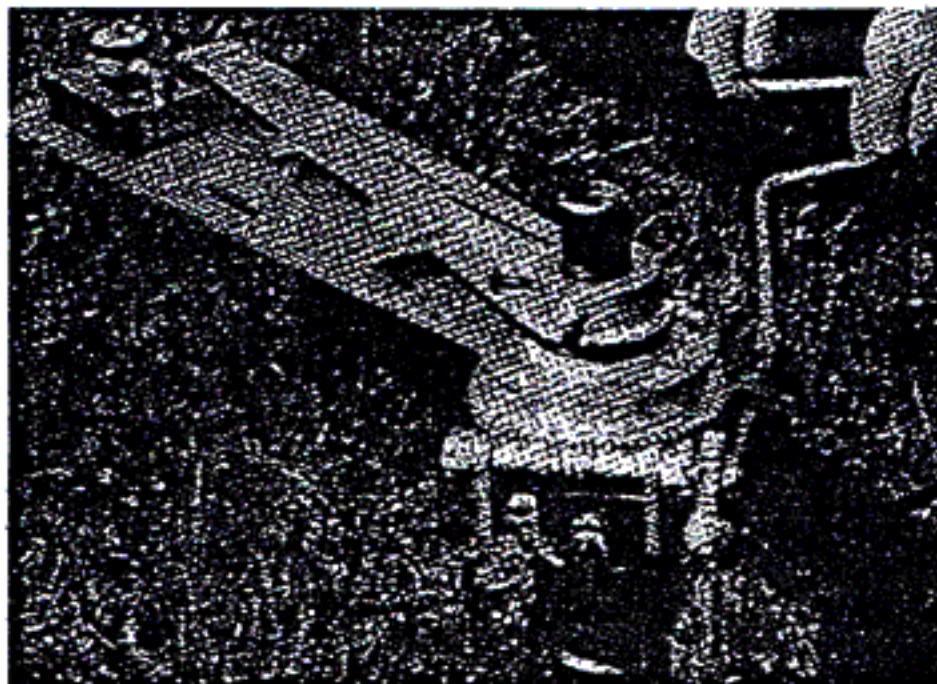
เมื่อ $N' =$ ค่า N ที่แก้ไขแล้ว

$$C_n = \sqrt{\frac{95.76}{\sigma'_o}} \text{ เมื่อ } \sigma'_o \text{ มีหน่วยเป็น KN/m}^2$$

เมื่อ $\sigma'_o =$ Overburden Pressure, KN/m^2

2.2.2 Field Vane Shear Test

วัตถุประสงค์เพื่อหาค่าแรงเฉือนของดินอ่อนในสภาพธรรมชาติปราศจากการกระทบกระเทือน



รูปที่ 14 Precision Torque

ต่อโครงสร้างของดิน โดยเฉพาะดินที่ไวต่อการแปรสภาพ (Sensitivity) การทดสอบประเภทนี้เครื่องมือประกอบด้วย ใบมีด 4 แฉก ทำมุม 90 องศาต่อกัน ทำด้วยโลหะไม่ เป็นสนิมเรียบมันหนาไม่น้อยกว่า 1.6 มม. แต่ไม่เกิน 3.2 มม. ก้านใบมีดทำด้วยโลหะ ไม่เป็นสนิมเรียบมัน มีเส้นผ่านศูนย์กลาง ประมาณ 1.25 ซม. ยาวไม่เกิน 1.00 เมตร ติดใบมีดไว้ที่ปลายก้านเจาะ ก้านเจาะควร ประกอบด้วยคลิปลูกปืน ระยะห่างทุก 3.00 ม. เพื่อป้องกันก้านเจาะแกว่งเวลาทดสอบ

การทดสอบเริ่มจากกดใบมีดเหล็ก ผิงลงในดินที่ตำแหน่งทดสอบลึกจากก้นหลุมเจาะประมาณ 30 ซม. แล้วหมุนใบมีดตัดดินขาดให้ครบรอบ อ่านค่า Torque (Kg-cm) สูงสุดที่เกิดระหว่างการหมุน สมมุติได้เท่ากับ T แล้วหมุนใบมีดไปอีกซีก 10 รอบ เพื่อให้ดินถูกรบกวน จึงเริ่มทำการทดสอบใหม่อีกครั้ง อ่านค่า Torque สูงสุด สมมุติ T_r (Remould Test) ค่า Undrained shear strength หาได้ดังนี้

$$T \text{ (หรือ } T_r) = S_u \pi \left(\frac{d^3 h}{2} + \beta \frac{d^3}{4} \right)$$

เมื่อ S_u = Undrained shear strength

d, h = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงของใบมีด

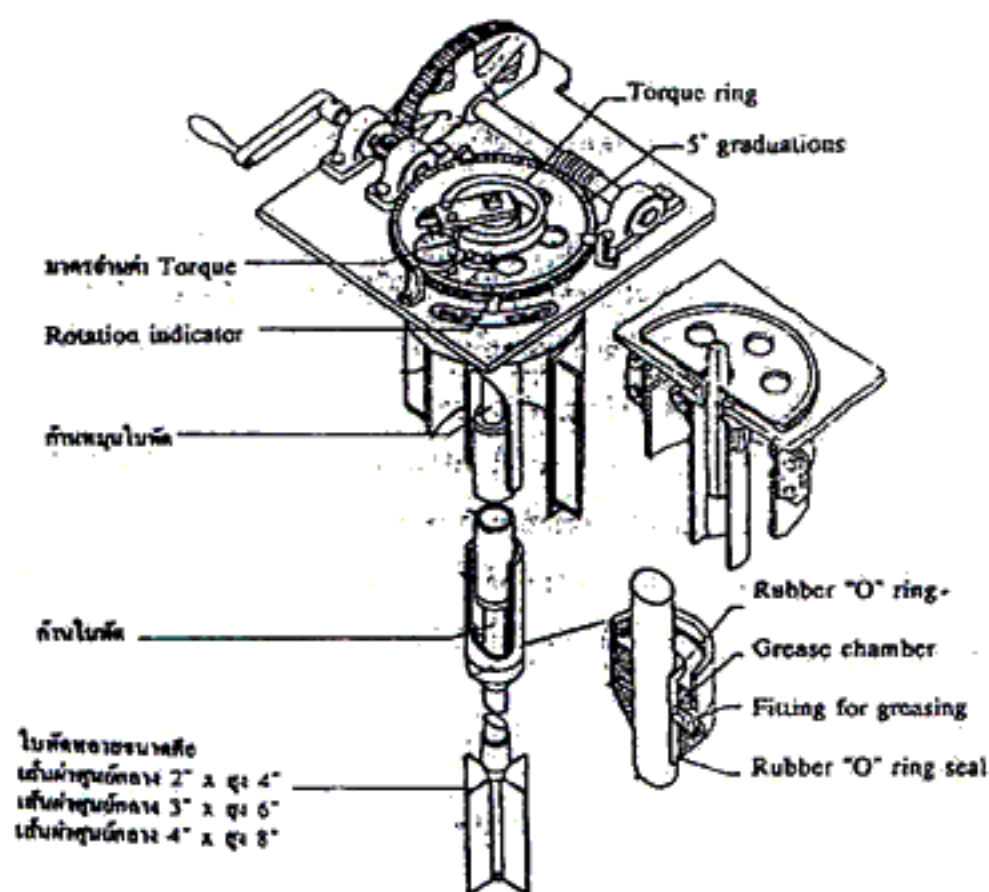
$$\beta = \frac{2}{3} \text{ เมื่อเป็น Uniform End Shear}$$

โดยทั่วไปแล้วอัตราส่วนของความสูงต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของใบมีด h/d มักจะประมาณ 2 และเนื่องจากค่า S_u ในสนามมีค่าสูงเกินไป Bjerrum (1972) จึงมีข้อเสนอแนะให้ปรับค่า Undrained shear strength ที่ใช้ในการออกแบบ ดังนี้

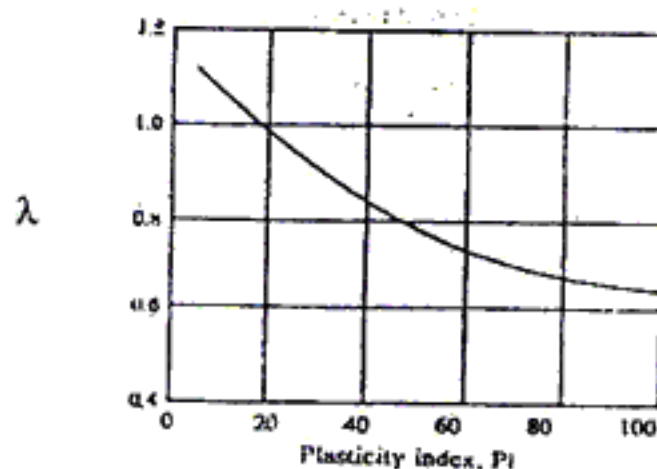
$$S_u (\text{design}) = \lambda S_u (\text{Vane shear test})$$

เมื่อ λ = ค่าปรับแก้ มีค่าเปลี่ยนตามค่า Plasticity Index ของดิน

รูปที่ 14-1



รูป 1.9 แสดงเครื่องมือ Vane Shear Test

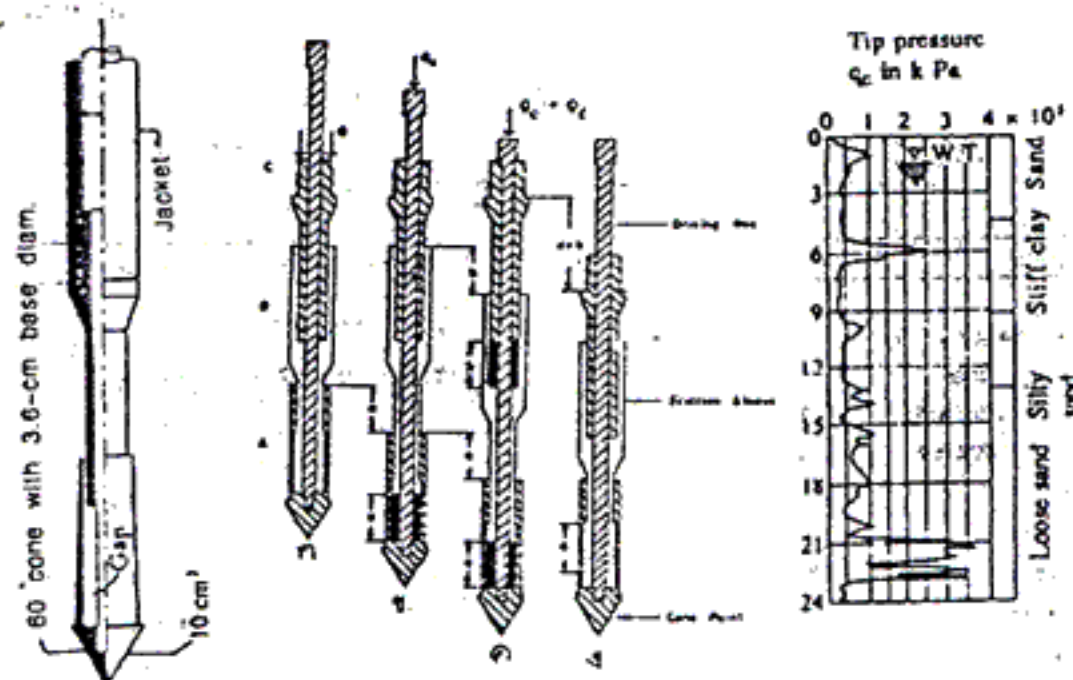


รูปที่ 14-1 การทดสอบ Vane Shear โดย Precision Torque และ ค่าปรับแก้ λ

2.2.3 Dutch Cone Penetration Test

เครื่องมือทดสอบกำลังของดินในสนาม เพื่อกำหนดค่ากำลังต้านทานของดินและค่าแรงเฉือน เครื่องมือประกอบด้วย

หัวโคน (Cone Point) ทำด้วยเหล็กแข็งมากรูปทรงกรวยทำมุม 60 องศา โดยมีพื้นที่หน้าตัด 10 ตร. ซม. หัวโคนเมื่อถูกอัดด้วยแรงกดจะเป็นตัววัดกำลังบรรทุกของดิน (Bearing Capacity or Cone Resistance) ต่อจากหัวโคนเป็นปลอกเหล็ก มีพื้นที่ผิวรอบรูป 150 ตร. ซม. เมื่อถูกแรงกดลงจะทำหน้าที่วัดแรงเสียดทานของดิน ทั้งหัวโคนและปลอกเหล็กออกแบบให้ทำงานอิสระและต่อเนื่องกัน หัวโคนชุดนี้มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.5 ซม. ยาวประมาณ 40 ซม. ดูรูปที่ 15



(a) เครื่องมือ Dutch Cone
เพื่อวัดค่า Tip Resistance
 q_c และ Frictional Resistance q_f

(b) ตำแหน่งของ Dutch cone

(c) รูปแบบของผล
การทดสอบ

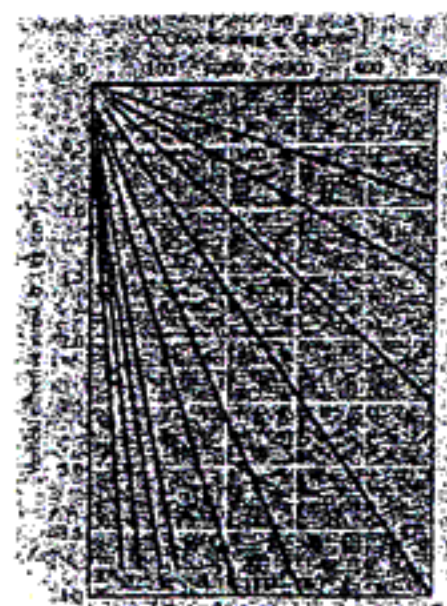
รูปที่ 15 การทดสอบ Cone Penetrometer

ก้านเหล็กกด (Pressure Pool or Driving Rod) ทำด้วยเหล็กแข็ง มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 ซม. ยาว 1.00 เมตร

ท่อค้ำกัน (Steel Casing) มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในประมาณ 2.0 ซม. ยาว 1.00 เมตร ทำหน้าที่ค้ำกันก้านเหล็กกดให้เคลื่อนที่ปลอดภัยจากแรงเฉือน ท่อค้ำกันมีเกลียวหัวท้ายขันติดต่อกันด้วยเกลียว ส่วนก้านเหล็กกดจะวางซ้อนต่อเนื่องกันเมื่อเวลาใช้งาน

การทำงานรูป ก. Dutch Cone อยู่ในตำแหน่งพร้อมใช้งาน เมื่อออกแรง Q กดที่ท่อค้ำกัน Dutch Cone จะเคลื่อนลงไปที่ตำแหน่งทดสอบ ออกแรง Q_c กดที่ก้านกดทำให้หัวโคนเคลื่อนที่ลงไปเป็นระยะทาง "a" ในรูป ข. และออกแรงกดต่อไปอีกเรื่อยๆ จน

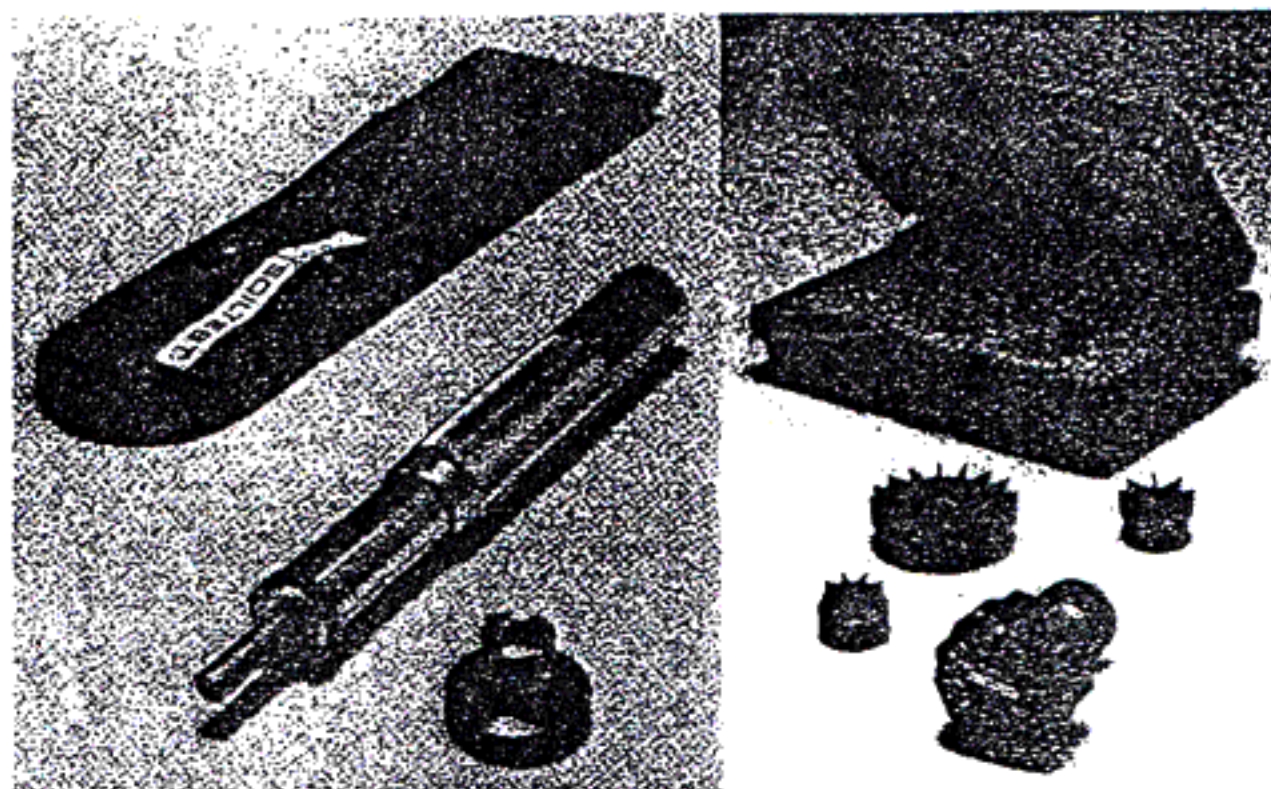
หัวโคนเคลื่อนที่อีกเป็นระยะ "b" ครั้งหลังนี้ ต้องใช้แรงกด ($Q_c + Q_f$) ตามรูป ค. ถือว่าเสร็จการทดสอบที่ระดับนี้ ค่าแรงเฉือน Q_f ได้จาก ($Q_c + Q_f - Q_c$)



รูปที่ 16 ตารางเปรียบเทียบค่า Q_c และ σ

2.2.4 Unconfined Compression Test (Pocket Penetrometer)

เครื่องมือหาลำดับหาค่า Unconfined Compressive strength (Up) ในสนามหรือใช้ในห้องปฏิบัติการก็ได้



รูปที่ 17 Pocket Penetrometer และ Torvane

เครื่องมือประกอบด้วยแกนเหล็กติดกับกระบอกเหล็ก ช้อนกัน 2 อัน มีสปริงอยู่ข้างใน เมื่อกดแกน



รูปที่ 17-1 การทดสอบ Pocket Penetrometer

เหล็กลงในดินสปริงจะหดตัวทำให้ปลายกระบอกเหล็กตัวนอกต่ำลงไปขึ้นกับกระบอกเหล็กตัวในซึ่งมีละเกล อยู่บนผิว และแสดงค่า กก./ตร.ซม. จะได้ค่า Up หน่วยเป็น กก./ตร.ซม.

การทดสอบ ตัดตัวอย่างดินเหนียวซึ่งได้จากการทดสอบ SPT ยาว 2.5 - 3.0 นิ้ว กดด้วยปลายของ Pocket Penetrometer บนตัวอย่างดินลงจนถึงขีดที่แสดงอยู่บนแกนเหล็ก จะอ่านค่า Up ได้

Soil Consistency เทียบกับ Uc หรือ Up		Uc หรือ Up (ksc)	N/ft
Very Soft	อ่อนมาก	0.00 - 0.25	0 - 1
Soft	อ่อน	0.25 - 0.50	2 - 4
Medium	ปานกลาง	0.50 - 1.00	5 - 8
Stiff	เกือบแข็ง	1.00 - 2.00	9 - 15
Very Stiff	แข็ง	2.00 - 4.00	16 - 30
Hard	แข็งมาก	4.00 - Over	มากกว่า 30

จากค่า Up หรือ Uc หรือค่า N valve จะได้ค่า Soil Consistency ดังตารางข้างบนนี้

2.3 การเก็บข้อมูลระดับน้ำ

แรงยึดน้ำใต้ดินมีผลกระทบต่อค่าแรงเฉือนของดิน (Shear strength of soil) โดยทำให้ค่าแรงเฉือนของดินมีค่าต่ำลง การวัดระดับน้ำใต้ดินต้องถูกต้อง โดยทำการวัดหลังจากเจาะสำรวจเสร็จเรียบร้อยแล้ว เป็นเวลา 24 ถึง 48 ชั่วโมง ทั้งนี้เพราะการไหลของน้ำขึ้นอยู่กับการ Permeability ถ้าดินยอมให้น้ำผ่านได้ง่าย การรอคอยเพียง 24 ชั่วโมง คงจะพอเพียง แต่ในดินที่น้ำไหลผ่านได้ยาก อาจจะต้องคอยเป็นเวลาหลายวัน บางครั้งผู้เจาะสำรวจเสร็จงานเจาะสำรวจแล้วมักจะรอคอยวัดระดับน้ำเป็นเวลาหลายวันคงทำได้ยาก

จึงนิยมปฏิบัติกันดังนี้ เลิกเจาะสำรวจตอนเย็นจะเติมน้ำให้เต็มปากหลุมไว้ เวลาเช้าก่อนเจาะสำรวจวัดระดับน้ำในหลุม ปฏิบัติเช่นนี้ทุกวันที่เจาะสำรวจ วันสุดท้ายที่เจาะสำรวจเสร็จเติมน้ำให้เต็มปากหลุมอีก แล้วกลับมาวัดหลังจากนั้น 24 ชั่วโมง ข้อมูลต่างๆ นำมาพิจารณาเปรียบเทียบกัน

2.4 การจำแนกดินเบื้องต้น

ตามที่กล่าวมาแล้วในข้อ 1.1 ดินแบ่งออกเป็น 4 ชนิด ได้แก่ กรวด ทราย ดินแป้ง (ซิลท์) และดินเหนียว ในการเจาะสำรวจผู้ปฏิบัติต้องจำแนกชนิดดินและวัสดุปะปนเพื่อบันทึกลงใน Field Log ดังนี้

การจำแนกชนิดดินในสนามทำได้ง่ายๆ โดยสัมผัสด้วยมือ

- ดินเหนียว นำตัวอย่างดินเปียกมาบีบ หากนุ่มและเมิดละเอียดมาก เหนียวปั้นเป็นก้อนกลม วางลงบนฝ่ามือซ้าย ใช้กำปั้นของมือขวากระแทกข้อมือซ้ายเป็นการเขย่าตัวอย่างดิน ซึ่งกำลังอยู่ในฝ่ามือ ช่วงระยะเวลาหนึ่ง ก้อนตัวอย่างดินยังคงสภาพไม่มีการเปลี่ยนแปลง ความชื้นที่ผิว
- ดินแป้ง (ซิลท์) ปฏิบัติเช่นเดียวกับดินเหนียว แต่ดินแป้งจะไม่มี ความเหนียวเมื่อบั่นเป็นก้อนกลมไว้ในฝ่ามือ เขย่า ก้อนดินจะเปื่อยขึ้น มีน้ำเกิดที่ผิวก้อนตัวอย่างดิน
- ทราย ตัวอย่างทรายจะไม่จับกันเป็นก้อน สัมผัสจะมีความหยาบ จะมีความรู้สึกได้ว่า ทรายละเอียดหรือทรายหยาบ
- ดินผิวบน (Top Soil) เป็นดินที่อยู่ผิวบนมีวัชพืชปกคลุม หรือมีใบไม้กิ่งไม้ผุเปื้อยผสมอยู่
- Organic Top Soil ดินผิวบนที่มีวัชพืชผุเปื้อยสีดำผสมอยู่ บางครั้งมีกลิ่นเหม็น
- Weathered Soil ดินชั้นบนที่เปลี่ยนสภาพตามฤดูกาล มักมีสีแตกต่างจากดินชั้นล่าง และมีความต้านทานดินสูงกว่า
- Filled Soil ดินถมจะเป็นดินถมใหม่หรือถมไว้นานแล้ว อาจจะมีลักษณะและคุณสมบัติต่างจากดินข้างเคียง

ส่วนสีของดิน ประเภทดินหรือทราย และสิ่งที่ตกตะกอนผสมผสานอยู่ในดินโดยทั่วๆ ไป รวบรวมได้

ดังนี้

2.4.1 สีของดินตัวอย่าง

Light Grey	เทาอ่อน	Dark Brown	น้ำตาลเข้ม
Olive Grey	เทาเขียวเหลือง	Light Brown	น้ำตาลอ่อน
White	ขาว	Brownish Yellow	เหลืองปนน้ำตาล
Green	เขียว	Yellowish Brown	น้ำตาลปนเหลือง
Brown with Black Mottled =	น้ำตาลมีจุดดำ	Reddish Brown	น้ำตาลปนแดง

2.4.2 ประเภทของดิน หรือทราย ของตัวอย่าง

Silty Clay	ดินเหนียวปนซิลต์	Very Fine Sand	ทรายละเอียดมาก
Clayey Silt	ซิลต์ปนดินเหนียว	Fine Sand	ทรายละเอียด
Silty Sand	ทรายปนซิลต์	Medium Sand	ทรายละเอียดปานกลาง
Clayey Sand	ทรายปนดินเหนียว	Coarse Sand	ทรายหยาบ
..... Sandy Clay	ดินเหนียวปนทราย	Gravely Sand	กรวดทราย
Varved Clay	ดินเหนียวสลับกับซิลต์เป็นชั้นบางๆ		

2.4.3 สิ่งปะปนมากับดินตัวอย่าง

Pea Gravel	กรวดขนาดเม็ดถั่ว	Gravel	กรวด
Decomposed Rock	หินผุ	Mica	ผงไมก้า
Bedrock	ชั้นหินฟืด	Mica Flak	แผ่นไมก้า
Hardpan	ชั้นดินดาน	Decayed Wood	ชิ้นไม้ผุ
Construction Debris	เศษวัสดุก่อสร้าง	Shell Bits	เศษเปลือกหอย
Peat	ไม้ผุแปรสภาพ		

2.4.5 ตัวอย่างการเขียนชื่อของดิน

เขียนเรียงจาก 1) ความแข็งและแน่นของตัวอย่าง, 2) สีของตัวอย่าง, 3) ประเภทของตัวอย่าง, และ 4)

สิ่งที่ปะปนมากับตัวอย่าง เช่น

Very stiff reddish brown and yellowish brown silty clay trace of very fine sand and shell bits

1

2

3

4

ดินเหนียวปนด้วยซิลต์ แข็ง สีน้ำตาลปนแดง และเหลืองปนแดง ปนด้วยทรายละเอียดมาก และเปลือกหอย

Medium light brown and grey clayey medium sand trace of mica flak

1

2

3

4

ทรายละเอียดปานกลางปนด้วยดินเหนียว แน่นปานกลาง สีน้ำตาลอ่อน และเทา มีแผ่นไมก้าแทรกปนอยู่

และถ้ามีดินลูกรัง (Laterite) สีเหลือง น้ำตาล หรือ แดง ให้เขียนดังนี้ Very dense reddish brown clayey very fine sand

หรือจะเขียนอีกวิธีหนึ่งก็ได้ เช่น นำหน้าด้วยลี /Consistency หรือ Relative density /ชนิดดิน /วัสดุ
ปะปน

2.5 การจดบันทึกข้อมูล

การจดบันทึกข้อมูลลงใน Field Log รูปที่ 18 เป็นตารางจดบันทึกในสนาม หรือทั่วไปเรียกว่า Field Log โดยดำเนินการดังนี้

1. บันทึกเกี่ยวกับเครื่องมือที่ใช้ในการเจาะสำรวจ เช่น SS-size, ST-size, Hammer, casing size, Rig No.
2. บันทึกผู้ดำเนินการ, ระดับปากหลุม, วันเริ่มเจาะและวันเจาะเสร็จ, ตำแหน่งหลุมเจาะ
3. บันทึกดินผิวบนด้วยการดูจากดินที่ติดปลายสว่าน เป็นดินผิวบน 0.30 เมตร
4. ตัวอย่าง 1 เริ่มที่ 1.50 เมตร ดินจากปลายสว่านแสดงว่าเป็นดินเหนียว จึงใช้กระบอกบางเก็บ ตัวอย่างคงสภาพ ใช้ Pocket Penetrometer (Up) กดได้ค่า 1.25 ksc. ดินสีเหลือง, น้ำตาล และ เทา ตัวอย่างดินติดมาในกระบอก 0.30 ม. จับตัวอย่างดินตรวจเป็นดินเหนียว (Clay) บันทึกลงใน Field Log
5. ตัวอย่าง 2 เริ่มที่ 3.00 เมตร (ตามมาตรฐานทุก 1.50 เมตร) ได้ค่า Up = 0.50 ksc. ดินเหนียว สี Dark grey ได้ตัวอย่างดินยาว 0.25 เมตร
6. ตัวอย่าง 3 เช่นเดียวกับข้อ 5 ค่า Up = 0.25 และตัวอย่างดินยาว 0.30 เมตร ดินเหมือนตัวอย่าง ข้อ 5 บันทึก Same as above
7. ตัวอย่างที่ 4 ถึง 9 เป็นดินอ่อนเช่นเดียวกับตัวอย่าง 3
8. ตัวอย่างที่ 10 เริ่มที่ 15.00 จากการเป่าเจาะพบว่าเป็นดินเหนียวแข็งจึงใช้กระบอกผ่า (split spoon sampler) ดอกได้ค่า SPT = 6, 7 และ 10 จะได้ค่า N = 17 ได้ตัวอย่างดิน 0.30 เมตร ตรวจลอบเป็นดินเหนียว สีน้ำตาลและเทา มี decomposed Rock ผสมอยู่ ได้ค่า Up = 2.00 ksc. บันทึกใน Field Log
9. ตัวอย่างที่ 20 เริ่มที่ 30.00 ในการเป่าเจาะพบว่าเป็นดินทราย จึงใช้กระบอกผ่า (split spoon sampler) ดอกได้ค่า SPT เท่ากับ 15, 20, 32 ครั้ง จึงได้ค่า N = 52 ครั้ง/ฟุต สัมผัสตัวอย่างจากการเปิดกระบอกผ่าพบเป็นดิน Very fine sand มี pea gravel ผสมอยู่ มีสีเทาอ่อน ทำเช่นนี้ต่อไปจนถึงความลึกกำหนด End of Boring
10. การแบ่งชั้นดินในสนามหรือระบุใน Field Log พิจารณาเป็นขั้นตอนดังนี้
 - 10.1 แบ่งที่ชนิดของดินต่างกัน
 - 10.2 แบ่งที่สีของดินต่างกัน
 - 10.3 พิจารณาทั้งข้อ 10.1, 10.2 และ ค่า Consistency หรือค่า N-Value

Field Boring Test

Sheet _____ of _____ Surface Elev. +0.50 Sampling _____
 Inspector _____ Boring Started Jan 10, 2005 SS Size 1.4" ID. 2.0" OD. _____
 Driller _____ Bor. Completed _____ Hammer 140 Drop 30" _____
 Drilling Rig _____ Station _____ ST Size 3" ST Size 26" _____
 Rig No. _____ Off Set _____ Casing Used 6 Size 4" _____

514 18

Job No.		Boring No.		Water Level Observation		F.T. Fish Tail		D.B. Diamond Bit	
Sample No.	From	To	Sampling Method	Split Spoon Blows		TV. Torvane Test in Kg-Cm.	R. Length Recovered in Meter.	QD. Penetrometer Test in KSC.	Description
				1 1/2 Feet	Blows per Foot				
			PA						0.30 Top Soil
1	1.50	2.00	ST				0.30	1.25	Stiff yellowish brown and grey clay.
			PA						
2	3.00	3.50	ST			15, 12.5	0.25	0.50	Soft dark grey clay, trace of very fine sand.
			WO						
3	4.50	5.00	ST			12.5, 10	0.30	0.25	Same as above
			WO						
10	15.00	15.45	SS	6	7	10	17	0.30	2.00
			WO						Very stiff brown and grey clay, occasional decomposed rock.
20	30.00	30.45	SS	15	20	32	52	0.25	Very dense light grey very fine sand, trace of pea gravel.
			WO						
									End of Boring

2.6 ประสบการณ์ในการทำงาน

แสดงผลงานที่ได้ทำไปแล้วในพื้นที่ต่างๆ

2.7 เอกสารอ้างอิง

1. Braja M. Das "Prineiples of Geotechmeal Engineering"
2. Joseph E. Bowles "Foundation Analysis and Design"
3. V.N.S. Munthy " Soil Mechanies & Foundation Engineering"
4. อาจารย์วรรณิ์ ศุขลาตร "วิศวกรรมฐานราก"
5. วสท, กทม. "น้ำหนักบรรทุกของเสาเข็ม"
6. ทวีศักดิ์ ระมิงค์วงศ์ และ ชาญ ดันติสุกฤต "ธรณีวิทยาสำหรับวิศวกร"
7. วสท, กทม. "ข้อมูลสภาพดินบริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง"
8. Dr. RGH Parry, Ground Engineering, " Constructing the Pyramid"
9. AIT. Bangkok, Thailand. " Geotechnieal Engineering Aspects of Phra Pathom Chedi"
10. Donald P. Coduto "Foundation Design Principles and Practices"