

บทที่ 4

การทดสอบดินในห้องปฏิบัติการ และ การทดสอบเสาเข็มในสนาม

4.1 บทนำ

ในการศึกษาวิจัยแรงเสียดทานผิวของเสาเข็มตอก ได้ทำการศึกษาทดลองการทดสอบเสาเข็มรับแรงดึงและเสาเข็มรับแรงกดในสนามบริเวณพื้นที่ในคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ รวมทั้งทำการเจาะเก็บตัวอย่างดินบริเวณที่จะทำการทดสอบเสาเข็มไปวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางดัชนีคุณสมบัติทางวิศวกรรมและคุณสมบัติพิเศษเพิ่มเติมซึ่งจะกล่าวต่อไป ทั้งนี้เพื่อใช้ประกอบการประมาณแรงเสียดทานผิวเทียบกับผลการทดสอบเสาเข็มที่เกิดขึ้นจริงและเปรียบเทียบกับผลการศึกษาจากส่วนที่ 1 ที่ผ่านมาประกอบกัน

4.2 การเจาะเก็บตัวอย่างดิน

ในการเลือกบริเวณที่จะทำการทดสอบเสาเข็มจะพิจารณาบริเวณที่มีชั้นดินเหนียวแข็ง และคุณสมบัติของดินบริเวณนั้นไม่เปลี่ยนแปลงมากที่ระยะต่างกัน โดยทำการเจาะเก็บตัวอย่างดินทดสอบจำนวน 5 หลุม (TBH1 TBH2 TBH3 TBH4 และ TBH5) ประกอบกับเทียบกับผลจากโครงการวิจัยอื่นที่มีผลการเจาะสำรวจดินบริเวณนี้ ตำแหน่งหลุมเจาะแสดงดังรูปที่ ข.2 (ภาคผนวก ข) พบว่าบริเวณที่เหมาะสมและคุณสมบัติของดินไม่เปลี่ยนแปลงมาก คือ บริเวณระหว่างหลุมเจาะสำรวจ TBH 1 TBH 2 และ TBH 3 (ดังแสดงในรูปที่ ข.2) ผลการเปรียบเทียบแสดงในตารางที่ ข.2 ซึ่งมีช่วงชั้นดินเหนียวแข็งที่ระดับความลึก 1.80-4.00 เมตร ดังนั้นจึงทำการเจาะเก็บตัวอย่างบริเวณดังกล่าวมาทดสอบในห้องปฏิบัติการ โดยทำการเจาะเก็บดินตัวอย่างจำนวน 6 หลุม ที่ระดับความลึก ดังนี้ หลุมชุดเจาะ BH1 ทำการเก็บดินตัวอย่างแบบไม่กระทบกระเทือน (Undisturbed Sample) อย่างต่อเนื่อง ที่ระดับความลึกตั้งแต่ระดับ 0.5 เมตร ถึงระดับ 5 เมตร และหลุมชุดเจาะ BH2-BH6 เก็บดินตัวอย่างที่ระดับความลึก 2 เมตร ถึงระดับ 4 เมตร ตำแหน่งของหลุมชุดเจาะแสดงไว้ในรูปที่ ข.2 ในการดำเนินงานชุดเจาะเก็บดินตัวอย่างประกอบด้วยรายการดังนี้

ก. กระบอกเก็บตัวอย่าง

กระบอกเก็บตัวอย่างดินที่ใช้ทำด้วยท่อเหล็กกลมกลวงไม่มีตะเข็บ (Thin Wall Tube Sample) เส้นผ่าศูนย์กลางวัดภายใน 7.30 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลางวัดภายนอก 7.62 ซม. ปลายของกระบอกเก็บตัวอย่างดินทั้งสองแบบปลายด้านตัดดินกลิ้งลบมุม ความยาวกระบอก 60 ซม.

ข. เครื่องมือ และวิธีการขุดเจาะเก็บตัวอย่างดิน

เครื่องมือที่ใช้ขุดเจาะเป็นรถขุดเจาะดิน มีกำลังขับเคลื่อน 2000 ซี.ซี. ส่วนที่ใช้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 ซม. ทำการเจาะนำลงไปใต้ระดับ 0.50 เมตร สำหรับหลุมเจาะ BH1 และที่ระดับ 2 เมตร สำหรับหลุมเจาะ BH2-BH6 หลังจากนั้นทำการกดก้านเจาะเก็บตัวอย่างดิน ถึงระดับความลึก 5 เมตร สำหรับหลุมเจาะ BH1 และระดับ 4 เมตร สำหรับหลุมเจาะ BH2 ถึง BH6

ในการป้องกันความชื้นไม่ให้ออกจากกระบอกเก็บดินตัวอย่าง ให้ใช้ฟุ้งหลอมละลายด้วยความร้อน ปิดหัวและท้ายของกระบอก บันทึกวัน เดือน ปี หมายเลขหลุม ระดับความลึก บนฉลากปิดทับด้านข้างของกระบอก

4.3 การทดสอบในห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์

4.3.1 การทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของดิน

การทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติทั่วไปทางด้านวิศวกรรมของดิน ปฏิบัติตามมาตรฐานของ ASTM ซึ่งประกอบด้วย การทดสอบดังรายการต่อไปนี้

ก. Natural Water Content

ข. Atterberg's Limits

ค. Grain Size Analysis

ง. Specific Gravity

รายการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.1

4.3.2 รายการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของดินแบบไม่มีขอบเขตจำกัด (Unconfined Compressive Test)

ทำการทดสอบเพื่อหาค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ สำหรับใช้ในการประมาณค่าหน่วยแรงเฉือนตามผิวโดยวิธีหน่วยแรงรวม (Peck (1958), Bowles (1997), McCarthy (1988), Tomlinson (1994)) และวิธีหน่วยแรงรวมร่วมกับหน่วยประสิทธิภาพ (Vijakverjiya and Focht (1972) และ Flaate and Selness (1977)) รายการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.2 กรณีตัวอย่างที่ UC-4 และ UC-5 ใช้ดินในหลุม BH3 และ BH4 ตามลำดับ เนื่องจากตัวอย่างที่ระดับดังกล่าวของหลุม BH1 เกิดความเสียหายระหว่างแต่งตัวอย่างทดสอบ

4.3.3 รายการทดสอบการอัดตัวคายน้ำของดิน (One-Dimensional Consolidation Test)

ในการศึกษาคุณสมบัติการอัดตัวไ้ของมวลดิน ผลจากการทดสอบจะได้หน่วยแรงประสิทธิผลสูงสุดที่ดินเคยรับมาก่อน (Maximum Past Pressure, p'_c) ค่า p'_c ที่ได้จากการทดสอบสามารถนำไปประเมินหาอัตราส่วนคอนโซลิเดชัน (OCR) เพื่อใช้ในสมการ การหาหน่วยแรงเสียคานพิวโดยวิธีหน่วยแรงประสิทธิผล ได้แก่สมการของ Meyerhof (1976) สมการของ Flaate and Selnes (1977) ซึ่งรายการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.1 แสดงรายการทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติทางค้ำานวิศวกรรมของดิน

รายการทดสอบ	ความลึก 1.80-2.25 (ม.) (US 4)	ความลึก 2.25-2.70 (ม.) (US 5)	ความลึก 2.70-3.15 (ม.) (US 6)	ความลึก 3.15-3.60 (ม.) (US 7)	ความลึก 3.60-4.05 (ม.) (US 8)
1. Natural Water Content	BH1	BH1	BH1	BH1	BH1
2. Atterberg's Limits	BH1	BH1	BH1	BH1	BH1
3. Grain Size Analysis	BH1	BH1	BH1	BH1	BH1
4. Specific Gravity			BH1		

ตารางที่ 4.2 แสดงรายการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของดินแบบไม่มีขอบเขตจำกัด (Unconfined Compressive Test)

หมายเลข ตัวอย่าง	หลุม ทดสอบ ที่	ระดับ ความลึก (ม.)	ความเร็วใน การเฉือน (มม./นาท)	ความมุ่งหมายในการทดสอบ
UC-4	BH 3	2.00-2.10	1.60	หาลำกำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ (Undrained Shear Strengths)
UC-5	BH 2	2.30-2.75	1.60	
UC-6.1	BH 1	2.95-3.05	1.60	
UC-6.2	BH 1	3.05-3.15	1.60	
UC-7.1	BH 1	3.35-3.45	1.60	
UC-7.2	BH 1	3.50-3.60	1.60	
UC-8	BH 1	3.65-3.75	1.60	

ตารางที่ 4.3 แสดงรายการทดสอบการอัดตัวคายน้ำของดิน (One-Dimension Consolidation Test)

หมายเลขตัวอย่าง	หลุมทดสอบ ที่	ระดับความลึก (ม.)	หน่วยแรงกดทับ ประสิทธิผล (ตัน/ตร.ม.)	ความมุ่งหมายในการ ทดสอบ
CON-1	BH 1	2.90-2.95	4.02	หา OCR
CON-2	BH 5	2.95-3.00	4.08	
CON-3	BH 5	3.00-3.05	4.13	

4.3.4 รายการทดสอบหาค่ากำลังรับแรงเฉือนโดยตรง (Direct Shear Test)

การทดสอบหาค่ากำลังรับแรงเฉือน โดยตรงแบบไม่ระบายน้ำเพื่อหาพฤติกรรมความเค้น-ความเครียด หาพารามิเตอร์ c , ϕ , c_u และ δ และหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การยึดเกาะกับค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ โดยทำการเฉือนตัวอย่างดินและทำการเฉือนระหว่างตัวอย่างดินกับตัวอย่างคอนกรีตผิวเรียบ โดยตัวอย่างดินทดสอบจะตัดเอียงทำมุม 90 องศากับแนวราบ สำหรับรายการทดสอบได้แสดงไว้ตามตารางที่ 4.4 ซึ่งประกอบด้วยการทดสอบดังต่อไปนี้

4.3.4.1 การทดสอบหาค่ากำลังรับแรงเฉือนโดยตรงแบบไม่ระบายน้ำของตัวอย่างดินตัวอย่างทดสอบ DSS-1.1 ถึง DSS-1.4 และ DSS-2.1 ถึง DSS-2.4

4.3.4.2 การทดสอบหาค่ากำลังรับแรงเฉือนโดยตรงแบบไม่ระบายน้ำระหว่างตัวอย่างดินกับตัวอย่างคอนกรีต ตัวอย่างทดสอบ DSC-1.1 ถึง DSC-1.4 และ DSC-2.1 ถึง DSC-2.4

4.3.5 รายการทดสอบหาค่ากำลังรับแรงเฉือนด้วยเครื่องทดสอบ Triaxial Test

การทดสอบหาค่ากำลังรับแรงเฉือนด้วยเครื่องทดสอบ Triaxial Test มีความมุ่งหมายเพื่อหาพารามิเตอร์ c' และ ϕ' เพื่อใช้ในการประมาณหน่วยแรงเสียดทานผิวของ Meyerhof (1976) ด้วยวิธีการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนแบบ $\overline{CU}$ สำหรับรายละเอียดในการทดสอบแสดงไว้ในตารางที่ 4.5 ซึ่งเป็นการทดสอบแบบ Consolidated Undrained Triaxial Compression with Pore Pressure Measurement, $\overline{CU}$ ตัวอย่างทดสอบ CU-1 CU-2 และ CU-4

สำหรับวิธีดำเนินการทดสอบในปฏิบัติการทุกปฏิบัติการดังกล่าวข้างต้นได้จัดไว้ที่ภาคผนวก ข

ตารางที่ 4.4 แสดงรายการทดสอบหาค่ากำลังรับแรงเฉือน โดยตรงแบบไม่ระบายน้ำ (Undrained

Direct Shear Test)

หมายเลข ตัวอย่าง	หลุม ทดสอบ ที่	ระดับ ความลึก (ม.)	หน่วยแรง ตั้งฉาก (ตัน/ตร.ม)	K_c	ความเร็วใน การเฉือน (มม./นาท)	ความมุ่งหมายใน การทดสอบ
DSS-1.1	BH 4	2.30-2.40	2.76	0.86	0.60	หาค่า c และ ϕ
DSS-1.2	BH 4	2.40-2.50	5.54	1.66	0.60	
DSS-1.3	BH 4	2.50-2.60	9.71	2.82	0.60	
DSS-1.4	BH 4	2.60-2.70	18.04	5.06	0.60	
DSC-1.1	BH 5	2.30-2.40	2.76	0.86	0.60	หาค่า c_u , δ และ adhesion factor
DSC-1.2	BH 5	2.40-2.50	5.54	1.66	0.60	
DSC-1.3	BH 5	2.50-2.60	9.71	2.82	0.60	
DSC-1.4	BH 5	2.60-2.70	18.04	5.06	0.60	
DSS-2.1	BH 4	3.25-3.35	2.76	0.64	0.60	หาค่า c และ ϕ
DSS-2.2	BH 4	3.35-3.45	5.54	1.26	0.60	
DSS-2.3	BH 4	3.45-3.55	9.71	2.15	0.60	
DSS-2.4	BH 4	3.55-3.65	18.04	3.90	0.60	
DSC-2.1	BH 5	3.25-3.35	2.76	0.64	0.60	หาค่า c_u , δ และ adhesion factor
DSC-2.2	BH 5	3.35-3.45	5.54	1.26	0.60	
DSC-2.3	BH 5	3.45-3.55	9.71	2.15	0.60	
DSC-2.4	BH 5	3.55-3.65	18.04	3.90	0.60	

ตารางที่ 4.5 แสดงรายการทดสอบ Consolidated Undrained Triaxial Compression with Pore

Pressure Measurement CU

หมายเลขตัว อย่าง	หลุมทดสอบที่	ระดับความลึก (ม.)	คอนโซลิเดชั่น เพรสเชอร์ (ตัน/ตร.ม)	ความมุ่งหมายในการ ทดสอบ
CU-1	BH1	2.40-2.50	10.55	หาพารามิเตอร์ c' และ ϕ'
CU-2	BH1	2.60-2.70	7.03	
CU-4	BH1	2.70-2.80	17.55	

4.4 การทดสอบเสาเข็มในสนาม

ในการทดสอบเสาเข็มคอกในดินเหนียวแข็งเชียงใหม่ได้มีจุดมุ่งหมายในการทดสอบหาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับเสาเข็มคอก ในดินเหนียวแข็งเชียงใหม่ แสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 แสดงการหาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการทดสอบเสาเข็ม

ตัวแปรที่ศึกษา	เสาเข็มทดสอบ
1. หน่วยแรงเสียดทานผิวของเสาเข็มคอกในดินเหนียวแข็งเชียงใหม่	T1, T2 และ TC
2. ความสัมพันธ์หน่วยแรงเสียดทานผิวของเสาเข็มคอกในดินเหนียวแข็งเชียงใหม่ กับคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินเหนียวแข็ง	T1, T2 และ TC
3. ความแตกต่างทางพฤติกรรม (Stress-Strain) และกำลังรับแรงดึง กับเสาเข็มรับแรงกด	TC
4. การพัฒนากำลังรับแรงดึงของเสาเข็ม กับเวลา	T1, T2 และ TC
5. พฤติกรรมการรับน้ำหนักบรรทุก กับ การเคลื่อนตัวของเสาเข็มกรณี มีแรงต้านทานปลายเข็มและ ไม่มีแรงต้านทานปลายเสาเข็ม	TC

4.4.1 เสาเข็มทดสอบ

เสาเข็มที่ทำการทดสอบมีจำนวน 3 ต้น และเสาเข็มสมออีก 2 ต้น โดยเสาเข็มทดสอบ แบ่งได้เป็น เสาเข็มที่ทำการทดสอบโดยการดึงอย่างเดียวจำนวน 2 ต้น และเสาเข็มที่ทำการทดสอบโดยการดึงและการกด 1 ต้น เสาเข็มทดสอบและเสาเข็มสมอเป็นเสาเข็มคอนกรีตอัดแรงสี่เหลี่ยมตัน มีขนาดหน้าตัด 15x15 เซนติเมตร ความยาว 6 เมตร ผลิตโดยบริษัทออยสะเก็ดคอนกรีตจำกัด

4.4.2 การติดตั้งเสาเข็ม

ก่อนที่จะทำการติดตั้งเสาเข็มจะทำการขุดเจาะดิน ณ ตำแหน่งที่จะคอกเสาเข็มทดสอบ (แสดงในรูปที่ ข.2 ภาคผนวก ข) โดยขนาดของหลุมเจาะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร ลึก 1.80 เมตร ทั้งนี้เพื่อเป็นการลดแรงดันดินด้านข้างมากระทำเสาเข็มขณะทำการ

ทดสอบ และเพื่อลดแรงเสียดทานจากชั้นดินถม หลังจากนั้นทำการหย่อนเสาเข็มทดสอบลงไปในหลุมเจาะ

ในการติดตั้งเสาเข็มจะใช้การตอกโดยใช้ปั้นจั่นตอกเสาเข็มที่มีความสูง 9 เมตร นำหนักลูกตุ้มที่ใช้ตอกหนัก 2 ตัน ทำการตอกโดยมีระยะยกลูกตุ้ม 30 เซนติเมตร มีไม้หมอนรองการตอกที่หัวเสาเข็ม โดยทำการตอกเสาเข็มทั้งสิ้น 5 ตัน แบ่งเป็นเสาเข็มทดสอบ 3 ตัน เสาเข็มสมอ 2 ตัน ระดับปลายเสาเข็มทดสอบอยู่ที่ 3.60 เมตร จากผิวดิน ระดับปลายเสาเข็มสมออยู่ที่ 4.00 เมตร จากผิวดิน หลังการตอกนำอิฐวางรอบปากหลุมเจาะ (รอบเสาเข็ม) เพื่อกันเศษดิน หินหล่นลงไปในหลุม

4.4.3 การทดสอบเสาเข็ม

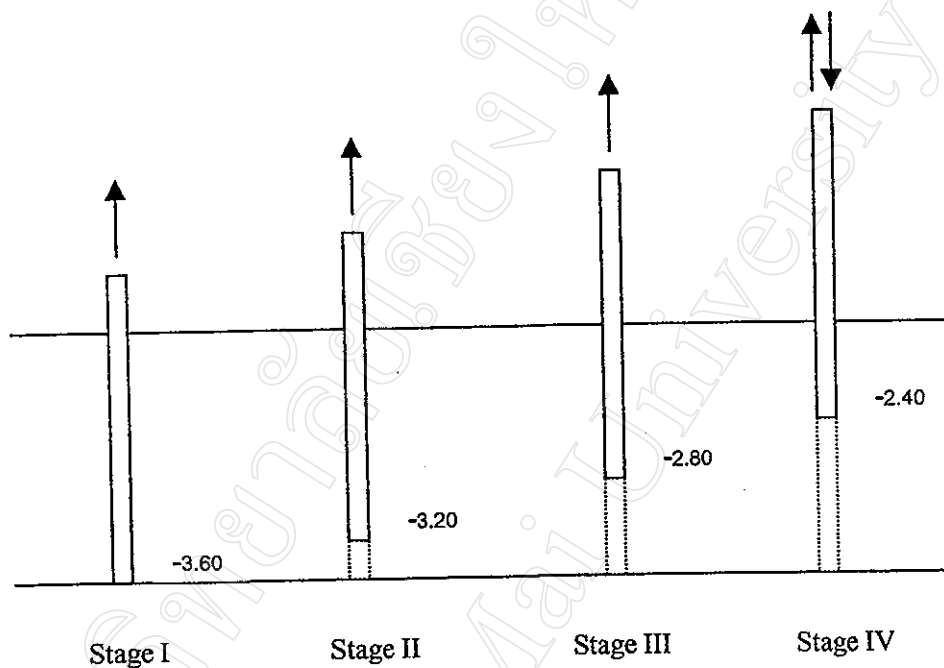
การทดสอบเสาเข็มจะทำการทดสอบโดยการดึงอย่างเดียว 2 ตัน ทดสอบโดยการดึงและการกด 1 ตัน วิธีการทดสอบจะใช้การทดสอบการรับน้ำหนักอย่างรวดเร็ว(Quick Load Test) ตามมาตรฐาน ASTM D 3689-83 ข้อที่ 7.7

4.4.3.1 การติดตั้งอุปกรณ์

รูปแบบแสดงการติดตั้งอุปกรณ์ทั้งการดึงและการกดแสดงในรูปที่ ง.1 และรูปที่ ง.7 (ภาคผนวก ง) ในการทดสอบโดยการดึงจะใช้แม่แรงยกคานเหล็กที่มีการยึดรั้งกับ เสาเข็มทดสอบ หน้าตัดรูปตัวไอ มีความกว้างปีกคาน 15 เซนติเมตร มีความสูง 20 เซนติเมตร ยาว 2 เมตร ความสามารถในการรับน้ำหนัก 30 ตัน ทำการเสริมปีกคานโดยเชื่อมเหล็กฉากหนา 5 มิลลิเมตร ณ ตำแหน่งที่มีน้ำหนักกระทำ ที่ฐานรองแม่แรงจัดให้มีระยะห่างจากขอบฐานถึงหัวเสาเข็มทดสอบ 4 เท่าของเส้นทแยงมุมเสาเข็ม (ประมาณ 80 ซม.) ตัวฐานรองจะใช้แท่นเหล็กที่ใช้ในการปรับเทียบแม่แรง วางบนเสาเข็มที่เหลือจากการตัด โดยใช้ข้างละ 3 ท่อน ความยาวท่อนละ 1.4 เมตร วางบนดินเดิมบดอัดแน่น

การทดสอบโดยการดึงจะทำการทดสอบ 4 ระดับความลึก ระดับการทดสอบแสดงดังรูปที่ 4.1 โปรแกรมในการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.7 การทดสอบเสาเข็มแต่ละระดับจะทำการทิ้งเสาเข็มให้ดินมีการคืนตัว 7 วัน (Technical Engineer and Design Guides Adapted from The Us Army Corp. of Engineering, No.1, 1993) ในการดึงขึ้นเพื่อทดสอบแต่ละระดับจะรองแม่แรงด้วยแท่งคอนกรีตที่มีขนาด 10x10x30 เซนติเมตร วางซ้อนกัน ส่วนการทดสอบโดยการกด จะทำการทดสอบเสาเข็ม TC ที่ระดับ 3.60 เมตร (มีแรงต้านทานปลายเสาเข็ม) และที่ระดับ 2.40 เมตร (ไม่มีแรงต้านทานปลายเสาเข็ม) ระบบบรรทุกน้ำหนักใช้เสาเข็มสมอ 2 ตัน ยึดรั้งกับคานเหล็กดังกล่าวข้างต้น การบรรทุกน้ำหนักลงบนหัวเสาเข็มทดสอบใช้แม่แรงที่ใช้ในแม่แรงชุดเดียว

กันกับที่ทดสอบโดยการดึง ดันกับคานเหล็กที่ยึดไว้ การทดสอบจะกระทำ 2 ระดับความลึก ดังแสดงในตารางที่ 4.7



รูปที่ 4.1 แสดงระดับการทดสอบเสาเข็มโดยการดึง และการทดสอบเสาเข็มโดยการกด

4.4.3.2 การให้น้ำหนัก

แม่แรงทั้ง 2 ตัวที่ใช้ในการดันคานเหล็กมีขนาด 100 kN โดยก่อนการทดสอบทุกครั้งจะทำการปรับเทียบแรงกับ Proving Ring ที่มีขนาด 100 kN กับ มาตรวัดความดัน (Pressure Gauge) ที่ติดกับแม่แรงโดยสามารถอ่านน้ำหนักได้ระหว่าง 25-27 กิโลกรัม ต่อ ช่อง ความแม่นยำในการอ่านน้ำหนักมีความคลาดเคลื่อนจากน้ำหนักบรรทุกที่ประมาณระหว่าง 1-3 เปอร์เซ็นต์

4.4.3.3 การวัดการเคลื่อนที่ของเสาเข็ม และฐานรองแม่แรง

การวัดใช้มาตรวัด (Dial Gauge) ที่มีความละเอียด 0.01 มิลลิเมตรต่อช่อง จำนวน 8 ตัว โดยทำการวัดการเคลื่อนที่ของเสาเข็มที่บริเวณมุม ทั้ง 4 มุมและทำการวัดการทรุดตัวของฐานรองแม่แรงข้างละ 2 ตัว ส่วนในการกดจะติดมาตรวัดที่เสาเข็มเสมอเพื่อตรวจสอบการถอนตัวของเสาเข็มเสมอ มาตรวัดวัดระยะได้ไกลสุด 5 เซนติเมตร ตัวมาตรวัดทั้ง 8 ตัวติดอยู่บนคานอ้างอิง คาน

อ้างอิงเป็นคานเหล็กรูปดัดสี่เหลี่ยมกลวงขนาด 5x5 เซนติเมตร ประกบกัน ยาวท่อนละ 6 เมตร จุดรองรับปลายคานอยู่ห่างจากเสาเข็ม 2.5 เมตร และห่าง จากฐานรองแม่แรง 1.3 เมตร

ก่อนทดสอบเสาเข็มจะสร้างกระ โจนผ้าใบคลุมเครื่องมือและคานอ้างอิง แล้วตรวจสอบการเคลื่อนตัวของคานอ้างอิง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในขณะที่ไม่มีการให้น้ำหนักกระทำ

ตารางที่ 4.7 แสดงโปรแกรมการทดสอบเสาเข็มในสนาม

Pile	Date Driven	Pile Elevation (m.)	Test No.	Date Tested	Test Type
T1	1/3/43	3.60	1	15/3/43	QL
		3.20	2	22/3/43	QL
		2.80	3	29/3/43	QL
		2.38	4	5/4/43	QL
T2	1/3/43	3.60	1	11/4/43	QL
		3.18	2	18/4/43	QL
		2.80	3	25/4/43	QL
		2.40	4	2/5/43	QL
TC*	1/3/43	3.60	1	15/6/43	QL
TC		3.60	2	26/6/43	QL
		3.20	3	6/7/43	QL
		2.80	4	13/7/43	QL
		2.39	5	20/7/43	QL
TC*		2.39	6	27/7/43	QL

หมายเหตุ การทดสอบ TC* คือ การทดสอบเสาเข็ม TC โดยการกด

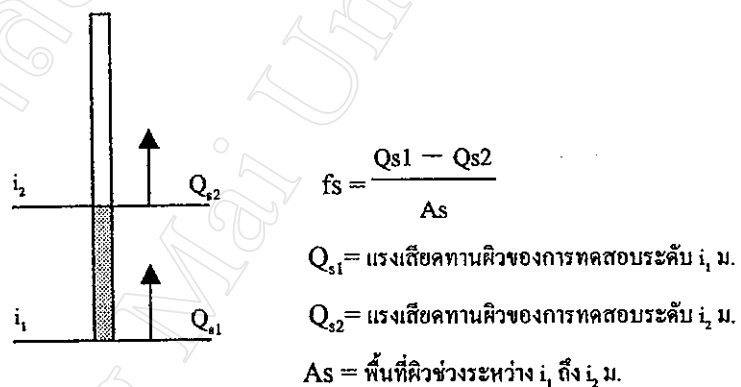
4.4.3.4 ขั้นตอนการทดสอบ

การทดสอบใช้วิธีการทดสอบการรับน้ำหนักอย่างรวดเร็ว (Quick Load Test) (Fellenius, 1975) ตามมาตรฐาน ASTM D 3689-83 ข้อ 7.7 ทั้งการตั้งและการกดจะทำการทดสอบโดยเพิ่มน้ำหนักบรรทุกให้แก่เสาเข็มเป็นขั้นๆ โดยเพิ่มขั้นละ 5 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักบรรทุกพังทลายที่ได้ประมาณไว้ และทำการรักษาน้ำหนักบรรทุกไว้แต่ละขั้นเป็นเวลา 5 นาที (Fellenius,

1980) โดยทำการบันทึกการเคลื่อนตัวของเสาเข็มที่เวลา 0 1 2.5 4 และ 5 นาที จนกระทั่งเกิดการเคลื่อนตัวของเสาเข็ม โดยคู่มือมาตรฐานน้ำหนักระหว่างจะไม่สามารถลงน้ำหนัก ณ ตำแหน่งน้ำหนักนั้นได้ ให้ถือว่าทดสอบถึงน้ำหนักพังทะลายของเสาเข็มแล้ว (Phamran, 1989) หลังจากนั้นทำการลดน้ำหนักบรรทุกเป็น 4 ขั้นตอน โดยรักษาน้ำหนักแต่ละขั้นไว้เป็นเวลา 5 นาที

4.4.4 การวิเคราะห์ผลการทดสอบ

การประเมินหาหน่วยแรงเสียดทานผิวจะพิจารณาเป็น 2 แบบ คือ กรณีคิดเป็นชั้นดินแต่ละช่วงการทดสอบ กับ การคิดเป็นชั้นดินชั้นเดียว กล่าวคือ การแบ่งคิดชั้นดินเป็นช่วงๆ นั้น จะประมาณค่าหน่วยแรงเสียดทานผิวของแต่ละช่วงระดับการทดสอบ ตัวอย่างในการประเมินหน่วยแรงเสียดทานแต่ละช่วงการทดสอบ แสดงดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แสดงขั้นตอนการประเมินหาหน่วยแรงเสียดทานผิวในช่วงระดับการทดสอบ

สำหรับกรณีที่คิดเป็นดินชั้นเดียวหรือช่วงเดียวจะพิจารณาหาผลต่างของแรงเสียดทานช่วงระดับทดสอบแรกกับระดับทดสอบสุดท้าย โดยสมมุติเป็นช่วงดินชั้นเดียวกัน (เนื่องจากช่วงทดสอบมีระยะ 1.20 เมตร) ซึ่งหลักการคิดคำนวณหน่วยแรงเสียดทานเหมือนกับการคิดแบ่งชั้นย่อยๆ

ในการวิเคราะห์หาสัมประสิทธิ์การยึดเกาะ สัมประสิทธิ์เบคคัม สัมประสิทธิ์แถมค่า โดยนำหน่วยแรงเสียดทานผิวจากผลการทดสอบไปหาความสัมพันธ์กับข้อมูลดินจากผลทดสอบในห้องปฏิบัติการ โดยหลักการและข้อสมมุติฐานใช้หลักการเดียวกันกับงานวิจัยในส่วนแรกที่ผ่านมาในหัวข้อ 3.3.2 และทำการเปรียบเทียบผลการทดสอบกับสมการในวิธีการประมาณหน่วยแรงเสียดทานผิวต่างๆ ได้แก่ Bowles (1997), Peck (1958), McCarthy (1977), Tomlinson (1994),

Meyerhof (1976), Flaate and Selnes (1977), Vijakverjiya and Focht (1972) เป็นต้น โดยใช้ข้อมูลดินที่ได้ทำการทดสอบประกอบ

ทั้งนี้ในวิธีการประมาณหน่วยแรงเสียดทานผิววิธีต่างๆ ต่างมีที่มาจากการศึกษาผลการทดสอบเสาเข็มรับแรงกด ดังนั้นในงานวิจัยส่วนนี้จึงได้ทำการวิเคราะห์ผลการทดสอบเสาเข็มรับแรงกดโดยใช้ความแตกต่างของการรับแรงดึงและการรับแรงกดของเสาเข็มทดสอบ TC เป็นตัวปรับแก้จากแรงดึงของเสาเข็มทดสอบทุกต้นที่ทำการทดสอบ (T1, T2, TC) เป็นแรงกดและทำการหาความสัมพันธ์หน่วยแรงเสียดทานผิวกับตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เหมือนกันกับข้างต้นที่กล่าวมาแล้ว