บทที่ 3

การทดลอง และการรวบรวมข้อมูล

3.1 สถานที่ และ การเก็บตัวอย่าง

เนื่องจากในการวิเคราะห์การทรุดตัว ของฐานรากแบบเสาเข็มในชั้นดินเหนียวจำเป็นต้องทราบข้อมูลเกี่ยวกับ สภาพชั้นดิน สมบัติพื้นฐาน และสมบัติทางวิศวกรรมของชั้นดิน บริเวณที่ทำการวิจัย ฉะนั้นผู้เขียนจึงได้ทำการเจาะสำรวจชั้นดิน และเก็บตัวอย่าง เพื่อนำมาทดลองหาคุณสมบัติที่จำเป็นในห้องปฏิบัติการ

3.1.1 สถานที่ทำการเก็บตัวอย่าง

ผู้เขียนได้ทำการศึกษา การทรุดตัวของอาคาร และสิ่งก่อสร้างซึ่งมีฐานรากแบบเสาเข็มในชั้นดินเหนียว จำนวน 2 แห่ง คือ

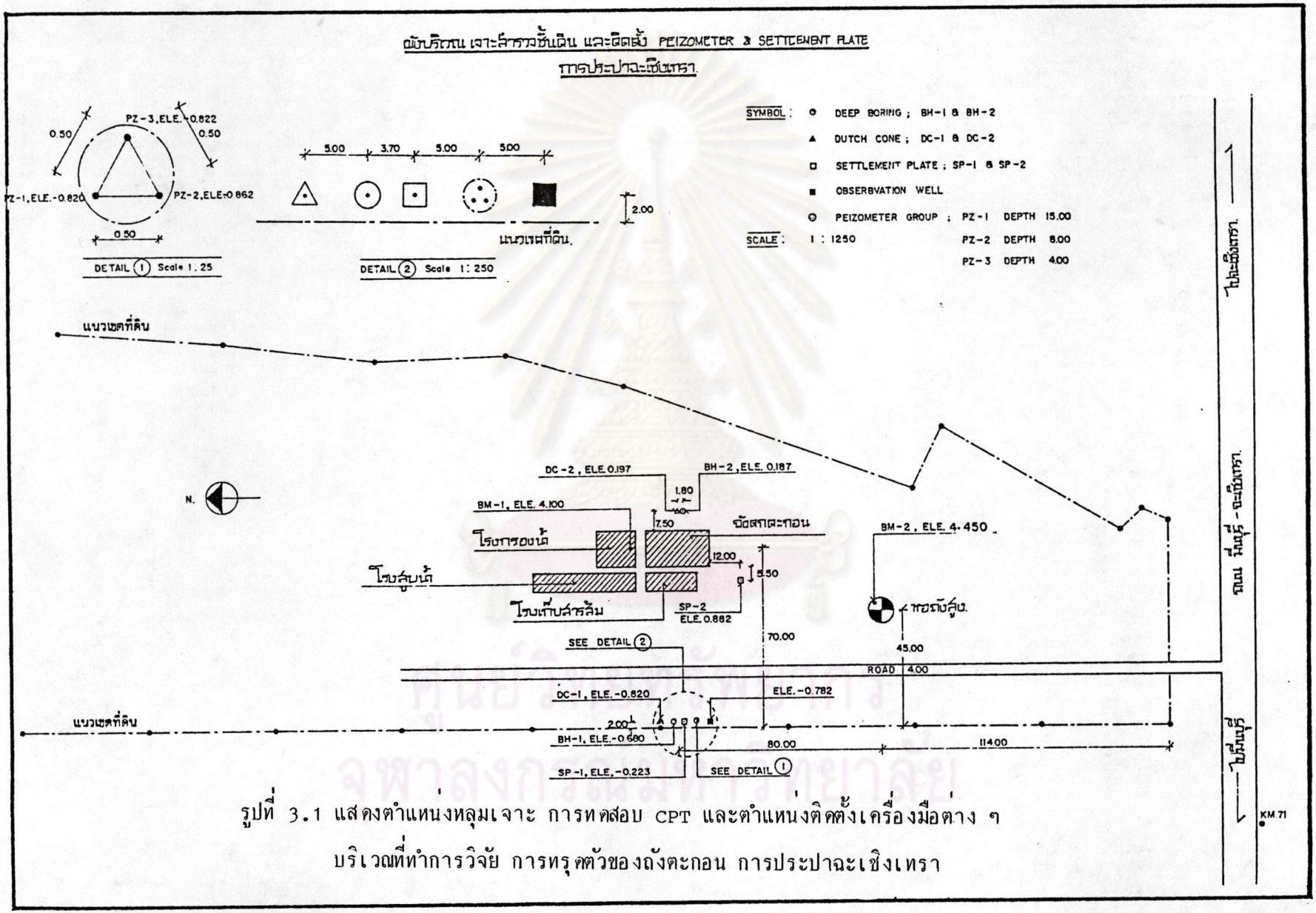
1. บริเวณอาคารผลิตน้ำประปา ขนาด 200 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง การประปาภูมิภาค กม.71 ถนนมีนบุรี-ฉะเชิงเทรา จังหวัดฉะเชิงเทรา ได้ทำการศึกษาการทรุดตัวของถังตกตะกอน ซึ่งเป็นโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ตามแบบมาตรฐานของการประปาภูมิภาค โดยมีฐานรากเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็ก ขนาด 0.15×0.15 เมตร ความยาวเสาเข็ม 6.00 เมตร จำนวน 1200 ต้น ซึ่งมีลักษณะเป็น Mat foundation เริ่มดำเนินการก่อสร้าง ในเดือนกันยายน 2522 โดยมีการปรับระดับ บริเวณก่อสร้างถังตะกอน ด้วยการถมดินสูงประมาณ 1.00 เมตร จากผิวดินเดิม และเริ่มดำเนินการตอกเสาเข็มหลังจากการถมดินได้ไม่นาน ได้ทำการก่อสร้างเสร็จสมบูรณ์ และเริ่มดำเนินการผลิตน้ำประปา ในเดือนมีนาคม 2524 หลังจากเริ่มดำเนินการผลิตน้ำประปาประมาณ 3 ปี พบว่าข้อต่อของท่อส่งน้ำสู่โรงกรองน้ำ และข้อต่อท่อระบายตะกอนเกิดความเสียหาย เนื่องจากถังตะกอนเกิดการทรุดตัวแตกต่างกับโรงกรองน้ำ และรางระบายตะกอนมาก ทำให้ข้อต่อต่าง ๆ เกิดการรั่ว นอกจากนี้ปริมาณน้ำจากถังตกตะกอนที่ไหลสู่โรงกรองน้ำ มีกำลังผลิตลดลง และไม่สามารถระบายตะกอนจากก้นถังตกตะกอน ออกสู่รางระบายตะกอนได้หมด

ดังนั้นการประปาภูมิภาคจึงได้เริ่มทำการสำรวจวัดการทรุดตัวของถังตะกอนในเดือนกรกฎาคม 2527 ในการวิจัยเพื่อศึกษาการทรุดตัวของถังตกตะกอน ผู้เขียนได้ทำการ

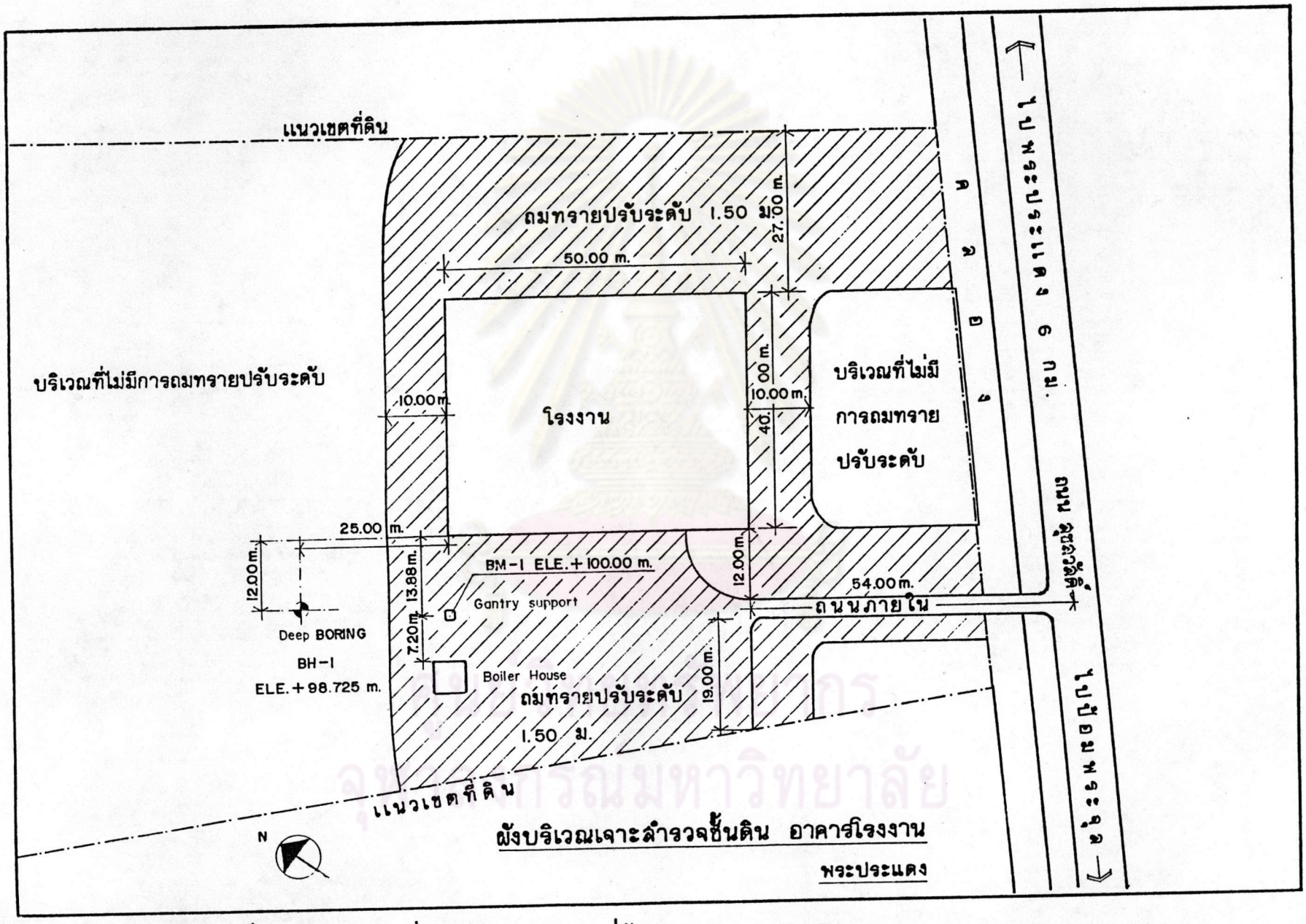
เจาะสำรวจชั้นดินและเก็บตัวอย่างดินแบบไม่ถูกรบกวนบริเวณหลุมเจาะที่ BH-1 ถึงความลึก 25.95 เมตร ซึ่งตัวอย่างดินจากหลุม BH-1 เป็นดินที่อยู่ในบริเวณที่ไม่มีการถมดินเพื่อปรับระดับ ดังนั้นตัวอย่างดินจากหลุม BH-1 เปรียบเสมือนเป็นดินที่อยู่ในธรรมชาติที่ยังไม่เคยถูกหน่วยแรงภายนอกกระทำมาก่อน และได้เจาะสำรวจชั้นดินบริเวณข้างถังตกตะกอน หลุมเจาะที่ BH-2 ได้ความลึก 28.95 เมตร เพื่อเปรียบเทียบลักษณะชั้นดินกับหลุมเจาะที่ BH-1 บริเวณหลุมเจาะ BH-2 เป็นบริเวณที่มีการถมดินปรับระดับเพื่อทำการก่อสร้างถังตะกอน ซึ่งเชื่อว่าการทรุดตัวของชั้นดินเนื่องจากดินถมได้เสร็จสิ้นไปแล้ว อย่างไรก็ตามเพื่อให้ทราบว่าการทรุดตัวของชั้นดินเนื่องจากดินถมยังคงมีอยู่หรือไม่ จึงได้ติดตั้ง Settlement Plate ในบริเวณที่มีการถมดิน (SP-2) เปรียบเทียบกับบริเวณที่ไม่มีการถมดิน (SP-1) นอกจากนี้ยังได้ติดตั้ง Peizometer ที่ระดับความลึก 15.00 เมตร (PZ-1), 8.00 เมตร (PZ-2) และ 4.00 เมตร (PZ-3) เพื่อวัดความดันน้ำในโพรงดินในบริเวณที่ทำการศึกษา เพื่อไปวิเคราะห์หาหน่วยแรงประสิทธิผลในแนวดิ่งตามธรรมชาติของดิน และยังได้ทำการทดสอบ Cone Penatration Test (CPT) จำนวน 2 จุด (DC1 และ DC2) บริเวณข้างหลุมเจาะที่ BH-1 และ BH-2 ตามลำดับเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการประมาณค่ากำลังรับแรงเฉือนของดิน ซึ่งนำมาตรวจสอบการวิบัติของดินใต้เสาเข็ม เมื่อได้รับน้ำหนักบรรทุกที่ถ่ายลงมาจากโครงสร้าง และยังสามารถใช้ข้อมูลจาก CPT ช่วยในการแบ่งชั้นดินของหลุมเจาะทั้งสองด้วย

ดังแสดงรายละเอียดตำแหน่งหลุมเจาะ และตำแหน่งของการติดตั้งเครื่องมือต่าง ๆ ไว้ในรูปที่ 3.1

2. บริเวณอาคารโรงงานผลิตยา ถนนสุขสวัสดิ์ อำเภอพระประแดง จังหวัดกรุงเทพมหานคร โดยได้ทำการศึกษาการทรุดตัวของอาคารโรงงานผลิตยา (Main Factory) เป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กชั้นเดียว เริ่มดำเนินการก่อสร้างในเดือน กรกฎาคม 2507 และก่อสร้างเสร็จสมบูรณ์ในเดือนธันวาคม ในปีเดียวกัน เนื่องจากในบริเวณก่อสร้างมีลักษณะเป็นที่ลุ่มริมแม่น้ำเจ้าพระยา เพื่อป้องกันการเกิดน้ำท่วมจึงได้มีการถมทรายปรับระดับสูงจากดินเดิมโดยเฉลี่ยเท่ากับ 1.5 เมตร และเริ่มดำเนินการตอกเสาเข็มในทันทีที่การถมทรายปรับระดับเรียบร้อยแล้ว ฐานรากของอาคารโรงงานเป็นเสาเข็มกลุ่มมีจำนวนเสาเข็มอยู่ระหว่าง 1 ถึง 6 ต้น เสาเข็มที่ใช้เป็นเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กขนาด 0.25 × 0.25 เมตร มีความยาวของเสาเข็มอยู่ระหว่าง 18.50 เมตร ถึง 21.00 เมตร ต่อมาทางโรงงานได้ตรวจพบความเสียหายของ



รูปที่ 3.1 แสดงตำแหน่งหลุมเจาะ การทดสอบ CPT และตำแหน่งติดตั้งเครื่องมือตาง ๆ บริเวณที่ทำการวิจัย การทรุดตัวของถังตะกอน การประปาฉะเชิงเทรา



รูปที่ 3.2 แสดงตำแหน่งหลุมเจาะ และสถานที่ตั้ง ของโรงงานผลิตยา พระประแดง กรุงเทพมหานคร

อาคาร เช่น ผนังก่ออิฐ รางระบายน้ำ เสาและคาน เกิดการแตกร้าวบางแห่ง จึงได้เริ่มทำการวัดค่าการทรุดตัวของโรงงาน เมื่อเดือนกรกฎาคม 2514

เพื่อศึกษาการทรุดตัวของอาคารโรงงาน ผู้เขียนจึงได้ทำการเจาะสำรวจชั้นดิน และเก็บตัวอย่างดินแบบไม่ถูกรบกวน ตลอดชั้นดินเหนียวอ่อนและดินเหนียวแข็ง จนถึงระดับความลึก 24.45 เมตร จากผิวดิน จำนวน 1 หลุม (BH-1) ดังแสดงตำแหน่งหลุมเจาะไว้ในรูปที่ 3.2 บริเวณที่ทำการเจาะสำรวชั้นดิน เป็นบริเวณที่ไม่ได้ทำการปรับระดับโดยการถมทราย ดังนั้นตัวอย่างดินที่ได้จากหลุมเจาะ เสรียบเสมือนเป็นดินที่ยังไม่เคยถูกหน่วยแรงภายนอกกระทำมาก่อน จึงเหมาะสำหรับการทดสอบหาสมบัติพื้นฐาน และสมบัติทางวิศวกรรม เนื่องจากในบริเวณที่ทำการศึกษา ไม่มีข้อมูลความดันน้ำในโพรงดิน ดังนั้นผู้เขียนจึงใช้ข้อมูลความดันน้ำในโพรงดินที่จุดสำรวจ ป้อมพระจุล ซึ่ง AIT ได้ติดตั้ง Piezometer ไว้ ห่างจากบริเวณที่ทำการศึกษาประมาณ 6.0 กิโลเมตร เพื่อเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ค่าหน่วยแรงประสิทธิผลตามธรรมชาติ ให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด

3.1.2 วิธีการเจาะสำรวจ และการเก็บตัวอย่าง

เนื่องจากบริเวณที่ทำการวิจัยทั้ง 2 แห่ง เป็นดินอ่อนมากมีกำลังรับแรงเฉือนต่ำ และความชื้นในธรรมชาติสูง การเก็บตัวอย่างด้วยการใช้กระบอกบางธรรมดา (Shelby Tube) อาจจะเก็บตัวอย่างไม่ได้ จึงเลือกใช้การเก็บตัวอย่างแบบ Fixed Piston Sample โดยใช้กระบอกบางเก็บตัวอย่าง ทำด้วย Strainless Steel เส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว และยาวประมาณ 1.0 เมตร โดยเก็บตัวอย่างดินเหนียวอ่อนที่ทุก ๆ 1.5 เมตร จนถึงชั้นดินเหนียวแข็ง (Stiff Clay) ถ้าต้องการตัวอย่างแบบไม่ถูกรบกวนในชั้นดินเหนียวแข็ง ให้ทำการเก็บด้วยกระบอกบางธรรมดา โดยกดกระบอกบางลงด้วยไฮดรอลิก หลังจากที่ทำการเจาะถึงระดับที่ต้องการแล้ว และ ถ้าต้องการตัวอย่างแบบถูกรบกวนในชั้นดินเหนียวแข็ง หรือชั้นดินทราย ให้ทำการเก็บตัวอย่างด้วยกระบอกผ่า (Split Spoon Sampler) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 2 นิ้ว (ตามมาตรฐาน ASTM D 1586-67) ทุกระยะ 1.50 เมตร โดยการตอกกระบอกผ่าด้วยลูกตุ้มหนัก 140 ปอนด์ ยกลูกตุ้มสูง 30 นิ้ว หลังจากที่ทำการเจาะถึงระดับที่ต้องการแล้ว

ขั้นตอนของการเก็บตัวอย่าง มีดังนี้

1. การเจาะสำรวจกระทำโดยการฉีดล้าง (Wash Boring) จนถึง

ระดับก่อนเก็บตัวอย่างประมาณ 50 ซม.ถึง 30 ซม.

2. ใช้กระบอกบางที่ประกอบ Piston เรียบร้อยแล้ว ยึดก้าน Piston ไว้กับก้านเจาะ แล้วจึงดันไล่ดินอ่อนลงไปถึงระดับที่ต้องการ เก็บตัวอย่างดินโดยใช้ Hydraulic Jack

3. ทำการเก็บตัวอย่างดิน โดยการคลายการยึดก้าน Piston ให้อิสระจากก้านเจาะและดึงก้าน Piston ให้นิ่งอยู่กับที่ พร้อมกันนั้นก็ใช้ Hydraulic Jack ของเครื่องเจาะดิน ดันกระบอกบางโดยส่งถ่ายแรงทางก้านเจาะลงไปในดินอ่อนประมาณ 70 ซม.

4. หมุนก้านเจาะเพื่อเฉือนดินที่ปลายกระบอกบางให้ขาดออกจากกัน จากนั้นนำกระบอกบางขึ้นมา เคลือบพาราฟินที่หัวและท้ายของกระบอกบาง พร้อมทั้งเขียนคำอธิบายเกี่ยวกับรายละเอียดของตัวอย่างที่เก็บและปิดไว้กับตัวกระบอกบาง

เนื่องจากดินเหนียวอ่อนมีกำลังรับแรงเฉือนต่ำ ฉะนั้นจึงต้อง Stabilize หลุมด้วย Casing ตลอดช่วงที่เป็นดินเหนียวอ่อน และเติมน้ำให้เต็มหลุมตลอดเวลา ตัวอย่างดินทั้งหมดที่เก็บขึ้นมา จะถูกส่งมาเก็บรักษาที่ห้องควบคุมความชื้น เพื่อรอการทดลองต่อไป

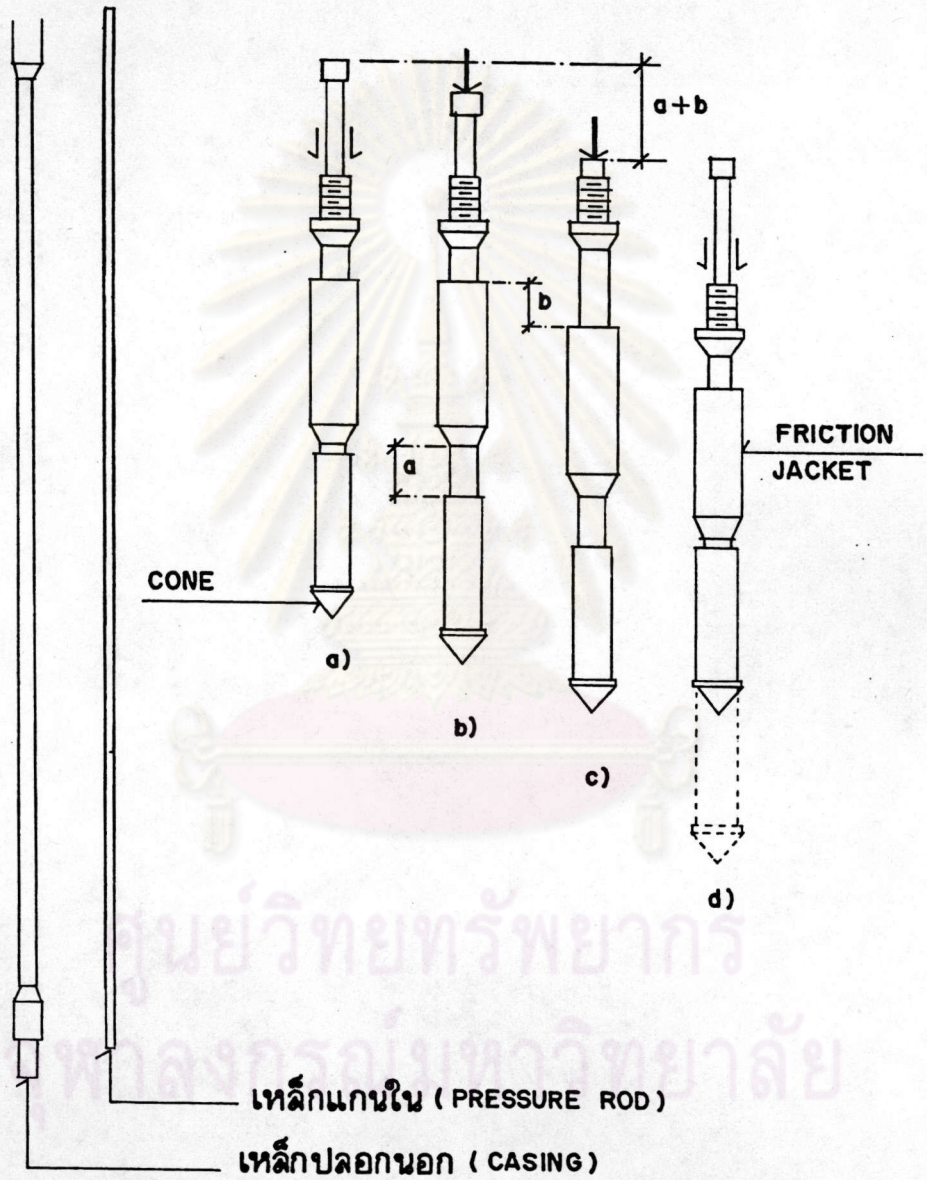
3.2 <u>การทดสอบ และการเก็บข้อมูลในสนาม</u>

3.2.1 <u>การทดสอบ Cone Penetration test (CPT)</u>

เฉพาะในการทำการวิจัยที่บริเวณ ถังตะกอน การประปาภูมิภาค ฉะเชิงเทรา ได้ทำการทดสอบ CPT เพื่อต้องการตรวจสอบลักษณะชั้นดิน และหาค่ากำลังรับแรงเฉือน แบบอันเดรนของดินในสนาม ตำแหน่งที่ทำการทดสอบได้แก่ บริเวณข้างหลุมเจาะที่ BH-1 และ BH-2 จำนวน 2 จุด (DC-1 และ DC-2) ดังแสดงในรูปที่ 3.1

เครื่องมือการทดสอบ CPT ประกอบด้วยส่วนปลายรูปกรวย (Cone) ดังแสดงในรูปที่ 3.3 ปลายกรวยเป็นมุม 60° มีพื้นที่หน้าตัด 10 ตารางเซนติเมตร ถัดจากส่วนปลายกรวยนี้ขึ้นไปเป็น Friction Jacket ส่วนปลายของเครื่องมือนี้จะต่อกับท่อนเหล็กยาวท่อนละ 1 เมตร ต่อกันจนได้ความลึกตามต้องการ ท่อนเหล็กเหล่านี้ประกอบด้วย เหล็กแกนใน (Pressure Rod) และเหล็กกลวงรอบนอก (Casing) เหล็กกลวงรอบนอกต่อติดกันโดยใช้เกลียวหมุนติดกัน ส่วนเหล็กแกนในวางต่อกันธรรมดา

ขั้นตอนการทดการทดสอบ



รูปที่ 3.3 วิธีการทดสอบ Cone Penetration Test (CPT) ในสนาม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Depth (m)	Cone Resistance (KSC)	Local Friction (KSC)	Friction Ratio (%)
0.6 - 5.0	1.51 - 3.82	0.07 - 0.14	1.78 - 9.01
5.2 - 14.2	3.96 - 6.20	0.07 - 0.27	1.33 - 11.09
14.4 - 16.4	6.20 - 21.77	0.07 - 0.75	0.53 - 4.49
16.6 - 22.6	33.27 - 49.25	0.34 - 1.97	1.02 - 4.83

ตารางที่ 3.1 สรุปผลการทดสอบ Cone Penetration DC-1 ที่การประปาฉะเชิงเทรา

Depth (m)	Cone Resistance (KSC)	Local Friction (KSC)	Friction Ratio (%)
0.2 - 1.6	2.39 - 8.65	0.07 - 0.14	0.79 - 5.68
1.8 - 6.6	2.53 - 5.25	0.07 - 0.14	1.30 - 5.10
6.8 - 8.2	3.35 - 5.25	0.07	1.30 - 2.03
8.4 - 15.4	5.52 - 7.56	0.07 - 0.61	1.20 - 8.09
15.6 - 19.4	11.59 - 31.37	0.20 - 1.43	0.90 - 5.04
19.6 - 23.2	23.35 - 54.36	0.54 - 2.04	1.32 - 6.12

ตารางที่ 3.2 สรุปผลการทดสอบ Cone Penetration DC-2 ที่การประปาฉะเชิงเทรา

1. ส่วนปลายทั้งหมดของเครื่องมือ ซึ่งต่อกับท่อนเหล็กซึ่งยาวท่อนละ 1 เมตร ดังกล่าวข้างต้น จะถูกดันไปในดินจนกระทั่งถึงจุดที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 3.3 (a) ขณะส่วนปลายกรวยและ Friction Jacket จะอยู่ติดกัน

2. ทำการกดเหล็กแกนในด้วย Hydraulic Jack ซึ่งจะทำให้ส่วนเฉพาะปลาย Cone เท่านั้นที่เคลื่อนที่ ส่วน Friction Jacket และเหล็กปลอกนอกจะอยู่กับที่ ดังจะเห็นได้ในรูปที่ 3.3 (b) ขนาดของหน่วยแรงกดที่วัดได้จาก Pressure Gauge ค่าที่อ่านได้เรียกว่า Cone Resistance (q_c)

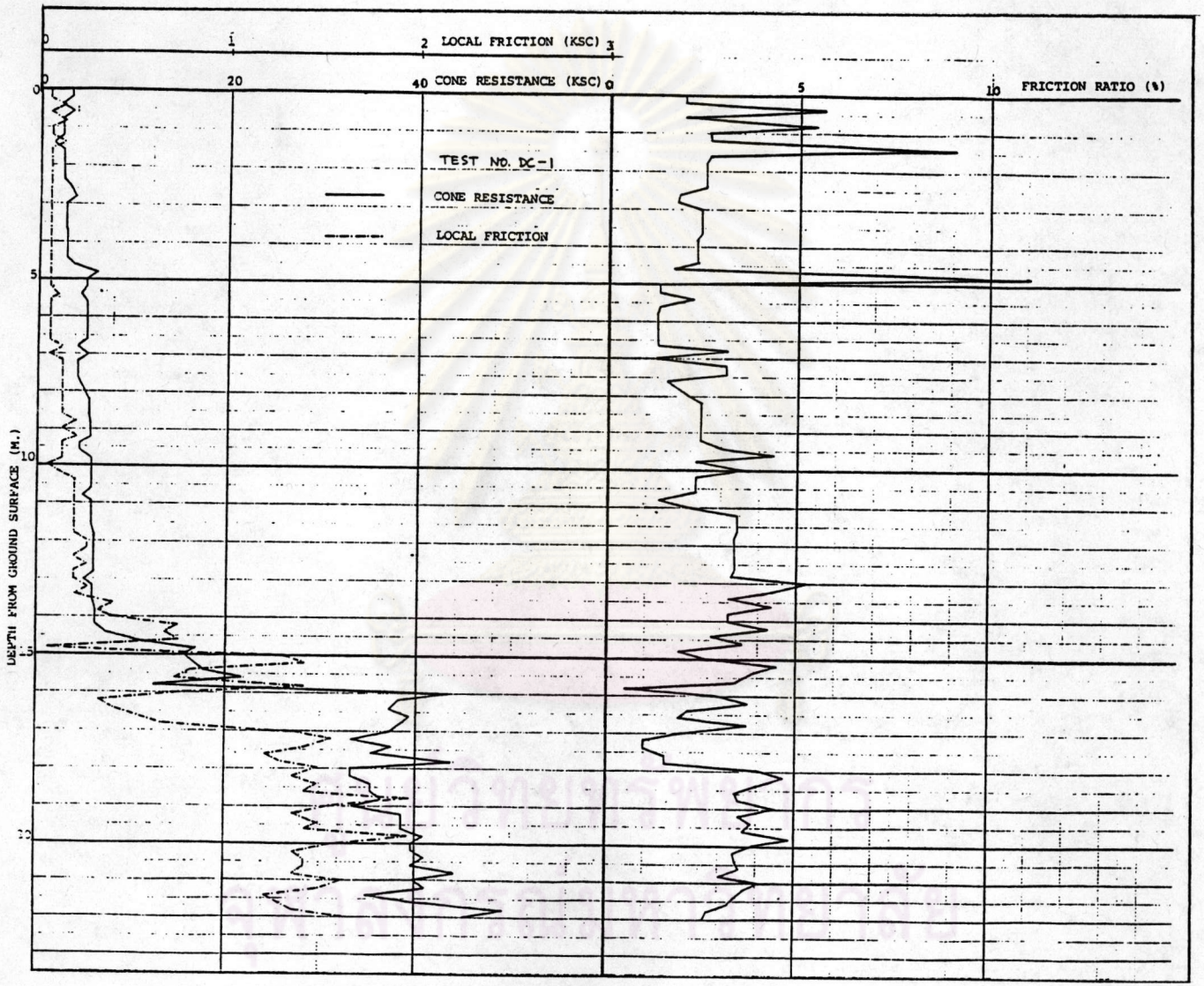
3. เมื่อส่วนปลายรูปกรวยเคลื่อนที่ลงไปเป็นระยะ a ดังแสดงอยู่ในรูปที่ 3.3 (b) ถ้าทำการกดต่อไปอีก Friction Jacket จะถูกดึงให้เคลื่อนที่ตามไปด้วย ขนาดของหน่วยแรงกดที่วัดได้ครั้งหลังนี้จะเป็นผลรวมของ q_c และค่าแรงเสียดทานของดินที่ต้านการเคลื่อนที่ของ Friction Jacket เมื่อเอาค่าแรก (q_c) ลบออกจากค่าหลังจะได้ค่า Local Friction (f_s) ทั้งสองค่านี้เป็นตัวแสดงให้รู้ถึง ลักษณะชั้นดินและคุณสมบัติบางประการของดิน

4. เมื่อส่วนปลายทั้งหมดเคลื่อนที่ไปในเนื้อดินเป็นระยะ a+b ดังแสดงในรูปที่ 3.3 (c) ประมาณ 6 ซม. แล้วจะไม่เคลื่อนที่ต่อไป นอกจากแรงกดที่กระทำต่อเหล็กแกนในจะมีมากพอที่จะดันให้ส่วนปลายทั้งหมด และเหล็กปลอกนอกลงไปพร้อมกัน เมื่อถึงจุดนี้แรงที่กดจะเปลี่ยนมากระทำที่เหล็กปลอกนอก และจะทำให้ส่วนปลายทั้งหมดกลับไปอยู่ในสภาพเริ่มแรกอีกครั้ง ดังแสดงในรูปที่ 3.3 (d)

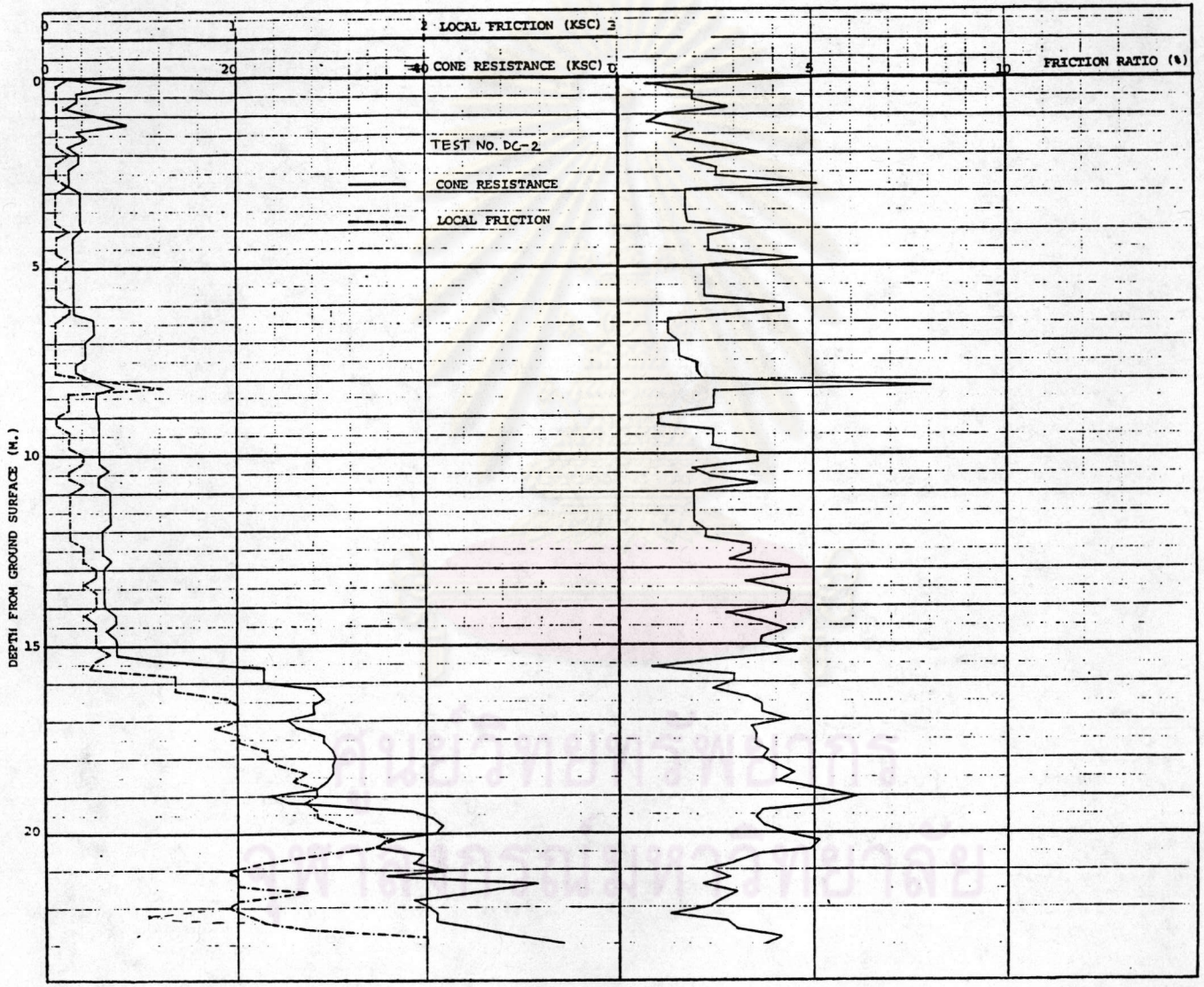
เมื่อดันส่วนปลายลงไปทั้งชุดจนถึงจุดที่ต้องการแล้ว ก็ดำเนินการวัดค่า q_c และ f_s ตามวิธีดังกล่าวมาแล้ว ทำเช่นนี้ไปทุกระยะ 20 ซม. ฉะนั้นจะได้ข้อมูลของดินที่ทุกระยะ 20 ซม. ซึ่งนับว่าเป็นค่าที่ต่อเนื่องกันพอสมควร ผลการทดสอบ CPT ของ DC-1 และ DC-2 ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.4 และ 3.5 ตามลำดับ และสรุปผลการทดสอบ CPT ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.1 และ 3.2 ตามลำดับ

3.2.2 <u>การวัดค่าความดันน้ำในโพรงดิน และการวัดค่าการทรุดตัวของชั้นดินเหนียวอ่อน เนื่องจากดินถม</u>

สำหรับการวิจัยที่ทำการศึกษา การทรุดตัวของ ถังตะกอน การประปาภูมิภาค จังหวัดฉะเชิงเทรา ได้ทำการติดตั้ง Piezometer และ Observation Well



รูปที่ 3.4 ผลการทดสอบ Cone Penetration DC-1 ที่การประปาฉะเชิงเทรา



รูปที่ 3.5 ผลการทดสอบ Cone Penetration DC-2 ที่การประปาฉะเชิงเทรา

เพื่อวัดความดันน้ำในโพรงดิน ที่ระดับความลึกจากผิวดินเท่ากับ 15.00 เมตร (PZ-1) 8.00 เมตร,(PZ-2) และ 4.00 เมตร (PZ-3) ข้อมูลที่ได้จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์หาหน่วยแรงเค้นประสิทธิผลทางดิ่งตามธรรมชาติ และตรวจสอบว่าบริเวณดังกล่าวมีผลกระทบจากการสูบน้ำบาดาล ต่อ ความดันน้ำในโพรงดินหรือไม่ ข้อมูลที่ได้ถูกแสดงไว้ในตารางที่ 3.3 นอกจากนี้ยังได้เก็บข้อมูลของชั้นดินเนื่องจากดินถม โดยการวัดการทรุดตัวจาก Settlement Plate (SP-1 และ SP-2) ข้อมูลที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.4 ตำแหน่งและระดับความลึกของการติดตั้งเครื่องมือต่าง ๆ ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.1

ส่วนที่โรงงานผลิตยาที่พระประแดงข้อมูลทางด้านความดันน้ำในธรรมชาติได้เอาจากข้อมูลความดันน้ำในโพรงดินที่อ่านจาก Piezometer ที่สถาบัน AIT ทำไว้ที่ป้อมพระจุล ซึ่งอยู่ห่างจากบริเวณที่ทำการศึกษาประมาณ 6.0 กม. ข้อมูลดังกล่าวได้ทำการวัดเมื่อ ปีพ.ศ.2521 จึงจำเป็นต้องตั้งสมมุติฐานว่า บริเวณโรงงานผลิตยาก็มีความดันน้ำในโพรงดินเช่นเดียวกันในปี พ.ศ.2507

3.3 <u>การทดลองหาสมบัติพื้นฐานของตัวอย่างดินที่เก็บมา</u>

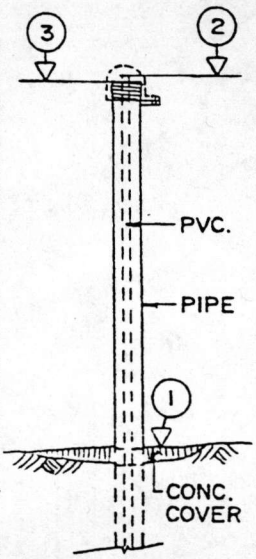
การทดลองเหล่านี้ ซึ่งนำตัวอย่างดินที่เก็บมาได้ จากสถานที่ทำการศึกษาทั้ง 2 แห่ง มาทำการทดลองเพื่อการจำแนกชนิดของดินให้ชัดเจนขึ้น ง่ายต่อการอ้างอิง และการวิเคราะห์ ประกอบด้วยการทดลอง ดังต่อไปนี้

1. การทดลองหาค่าปริมาณความชื้นในธรรมชาติ (Natural Moisture Content)
2. การทดลองหาค่าหน่วยน้ำหนักของดิน(Unit Weight)
3. การทดลองหาค่า Atterberg Limit ของดินเหนียว
4. การทดลองหาการกระจายของมวลเม็ดของดินทราย (Grain size Distribution)

จากผลของการหาค่าหน่วยน้ำหนักของดิน และทราบค่าความดันน้ำในโพรงดินจากหัวข้อ 3.2.2 ก็จะสามารถรู้ค่าหน่วยแรงประสิทธิผลในแนวดิ่งตามธรรมชาติของดินได้ และเมื่อรู้ค่าหน่วยแรงสูงสุดในอดีต ($\bar{\sigma}_{vm}$) จากการทดสอง การอัดตัวคายน้ำ 1 มิติ ก็จะทราบถึงประวัติของหน่วยแรง (Stress History) ซึ่งจะนำไปใช้ในการวิเคราะห์ การทรุดตัวของอาคารต่อไป

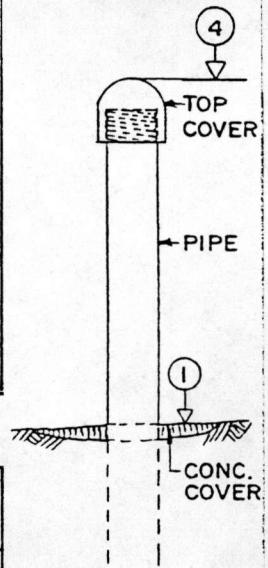
ELEVATIONS OF GEOTECHNICAL INSTRUMENTS

NO.	ELEVATIONS,M.			
	CONC COVER ①	TOP PVC. ②	TOP PIPE ③	TOP COVER ④
PZ-15	-0.820	+0.15		
PZ-8	-0.862	+0.083		
PZ-4	-0.822	+0.068		
SP-1	-0.830			-0.223
SP-2	+0.197			+0.882
OW	-0.782		+0.197	



ตารางที่ 3.3 แสดงระดับของ Piezometer

DATE	ELEVATIONS,M.			
	PZ-15	PZ-8	PZ-4	OW
4-8-28	-0.95	-0.9	-0.914	-0.843
16-8-28	-1.15	-0.926	-0.928	-0.853
2-9-28	-1.164	-0.948	-0.94	-0.89
21-9-28	-1.076	-0.822	-0.792	-0.848
27-10-28	-1.013	-0.826	-0.732	-0.839



ตารางที่ 3.4 แสดงระดับของ Settlement plate

DATE	ELEVATIONS,M.	
	SP-1	SP-2
16-8-28	-0.223	+0.883
2-10-28	-0.227	+0.883
6-11-28	-0.222	+0.883

3.4 การทดลองการอัดตัวคายน้ำ 1 มิติ (One-Dimension Consolidation Tests)

3.4.1 การทดลองการอัดตัวคายน้ำ โดยการเพิ่มน้ำหนักที่เวลาที่จุดสิ้นสุด การยุบอัดตัวครั้งแรก (Load Increment Duration = t_{100}) ซึ่งค่า t_{100} จะหาโดยวิธีของ Taylor

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อการหาหน่วยแรงสูงสุดในอดีต สมบัติการยุบอัดตัว และสัมประสิทธิ์การอัดตัวคายน้ำ การทดลองจะทำตามมาตรฐาน ASTM D 2435-65T (ยกเว้นระยะเวลาที่ใช้ในการเพิ่มน้ำหนัก) โดยใช้เครื่องมือแบบ Lever Arm Type Consolidometer แหวนที่ใส่ตัวอย่างมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 นิ้ว เป็นแบบยึดแน่น (Fixed-ring Container) การเพิ่มน้ำหนักจะกระทำเมื่อสิ้นสุดการอัดตัวคายน้ำ(t_{100}) โดยวิธีของ Taylor

3.4.2 การทดลอง การอัดตัวคายน้ำตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 2435-65T

การทดลองนี้เป็นการหาทั้งพารามิเตอร์ ตามที่กล่าวในหัวข้อ 3.4.1 และสมบัติการยุบอัดตัวครั้งที่สอง การเพิ่มน้ำหนักจะเพิ่มขึ้นที่ละเท่า (Load Increment Ratio = 1) โดยใช้ช่วงเวลาการเพิ่มน้ำหนักเท่ากับ 24 ชม. (Load Increment Duration = 24)

3.5 การทดลองหากำลังรับแรงเฉือนของดินที่ไม่ถูกอัดตัวคายน้ำมาก่อน ด้วยเครื่อง ไตรแอกเซียล ในสภาพไม่ระบายน้ำ (Unconsolidated Undrained Triaxial Compression Test, UU Test)

เนื่องจากในการศึกษาการทรุดตัวของถังตะกอน การประยุกต์เชิงเทรา โดยวิธี Modified theory of Elasticity ของ Poulos ซึ่งแนะนำให้ใช้ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของดินในการวิเคราะห์ได้จากการคำนวณกลับ ของการทดสอบการรับน้ำหนักของเสาเข็มในสนาม แต่เนื่องจากไม่มีข้อมูลการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มในสนามบริเวณก่อสร้าง ถังตะกอน ดังนั้นจึงได้ใช้ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของดินในการวิเคราะห์ ประมาณ 3 ถึง 8 เท่า ของค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของดินในสภาพไม่ระบายน้ำที่ได้จากการทดลอง UU Test ตามที่ Poulos (1977) ได้แนะนำให้ใช้ในกรณีที่ไม่มีผลการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มในสนาม นอกจากนี้ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของดินในสภาพไม่ระบายน้ำที่ได้จากการทดลอง UU Test ยังนำมาใช้ในการคำนวณค่าการทรุดตัวทันทีโดยวิธีปฐพีกลศาสตร์(พื้นฐาน)ของ Tomlinson(1979) อีกด้วย ส่วนกำลังรับแรงเฉือนของดินในสภาพไม่ระบายน้ำ ที่ได้จากการทดลอง UU Test สามารถนำมาใช้ในการตรวจสอบการวิบัติของมวลดินใต้ปลายเสาเข็ม เมื่อรับแรงที่ถ่ายลงมาจากเสาเข็ม

การทดลอง UU Test เป็นการทดลองตัวอย่างดิน ชนิดไม่ถูกรบกวน และอิ่มตัวด้วยน้ำ ซึ่งจะมีปริมาณความชื้นในตัวอย่างดินใกล้เคียงกับปริมาณความชื้นของดินในธรรมชาติ โดยนำตัวอย่างดินที่ไม่ถูกรบกวนมากลึงเป็นรูปทรงกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.50 ซม. และยาว 7 ซม. เพื่อให้ได้สัดส่วนความสูงต่อเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 2 ต่อ 1 แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก เพื่อหาความหนาแน่นของตัวอย่างดิน สำหรับดินที่เหลือจากการกลึงนำมาหาปริมาณความชื้นเริ่มแรก (Initial Water Content)

นำตัวอย่างดินที่เตรียมไว้มาปิดส่วนบนและท้ายของตัวอย่างดินด้วยกระดาษกรอง แล้วนำมาวางบนฐานของเครื่องทดสอบ Triaxial โดยมีแผ่นพลาสติกรองที่ฐานและ Top Cap ทับส่วนบนตัวอย่าง เพื่อป้องกันมิให้เกิดการสูญเสียความชื้นจากตัวอย่างดิน ในขณะที่เพิ่มหน่วยแรงแก่ตัวอย่างดิน ใช้ถุงยาง (Rubber Membrane) สวมทับตัวอย่างดิน และรัดด้วยแหวนยาง (Rubber "O" Ring) เพื่อป้องกันมิให้ตัวอย่างดินถูกน้ำในเซลล์ แล้วจึงทำการติดตั้งกระบอกเซลล์ จัดก้านถ่ายน้ำหนักให้แตะสัมผัสกับ Top Cap แล้วจึงยึดแน่นก้านถ่ายน้ำหนัก ติดตั้งวงแหวนวัดแรงให้แตะสัมผัสพอดีกับก้านถ่ายน้ำหนัก เปิดน้ำเข้าเซลล์จนเกือบจะเต็มเซลล์ ใส่น้ำมันที่มีความหนืดสูง เพื่อลดความเสียดทานของก้านถ่ายน้ำหนัก และป้องกันการรั่วซึมทางก้านถ่ายน้ำหนัก

ทำการเพิ่มความดันเซลล์อย่างช้า ๆ จนกระทั่งมีค่าเท่ากับหน่วยแรงรวมในแนวดิ่งตามธรรมชาติ (Overburden Pressure) จากนั้นต่อความดันเซลล์เข้ากับอุปกรณ์ชดเชยความดันให้คงที่ ลดก้านถ่ายน้ำหนักให้สัมผัสกับ Top Cap พอดี จัดเกจทุกตัวให้เริ่มอ่านที่ศูนย์ จากนั้นเพิ่มหน่วยแรงในแนวดิ่งเพียงอย่างเดียว จนกระทั่งตัวอย่างดินเกิดการพิบัติด้วยอัตราความเครียดคงที่ประมาณ 10 เปอร์เซนต์ ต่อ ชั่วโมง โดยมิให้มีน้ำไหลออกจากตัวอย่างดิน

3.6 <u>การรวบรวมข้อมูล</u>

นอกจากข้อมูลสภาพชั้นดิน สมบัติพื้นฐาน และสมบัติทางวิศวกรรมของชั้นดิน ซึ่งได้จากการเจาะสำรวจชั้นดิน ในบริเวณที่ทำการศึกษา และ นำตัวอย่างดินที่ได้มาทำการทดลองในห้องปฏิบัติการแล้ว ข้อมูลอื่น ๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในการวิเคราะห์การทรุดตัวสำหรับการวิจัยนี้ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. น้ำหนักอาคารหรือสิ่งก่อสร้าง ลักษณะรูปแบบของฐานรากและเสาเข็ม ซึ่งผู้เขียนได้เก็บรวบรวม จากแบบที่ใช้ในการก่อสร้างของอาคารทั้ง 2 แห่ง โดยขอความอนุเคราะห์ จากเจ้าของอาคารและผู้ออกแบบ

2. ผลการทดสอบ การรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มในการก่อสร้าง อาคารโรงงานผลิตยา พระประแดง ที่ทำการศึกษาได้มีการทำการทดสอบ การรับน้ำหนักของเสาเข็ม ในรายงานการควบคุมการก่อสร้าง ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์การทรุดตัวของเสาเข็ม โดยวิธี Modified theory of Elasticity ของ Poulos

3. ข้อมูลการวัดค่าการทรุดตัวของอาคาร ผู้เขียนได้เก็บรวบรวมข้อมูล โดยได้รับความอนุเคราะห์ จากคุณเรืองวิทย์ โชติวิทยธานินทร์ ที่ได้ทำการวัดค่าการทรุดตัวของโรงงานผลิตยา พระประแดง ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม พ.ศ.2514 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ.2522 สำหรับข้อมูลการทรุดตัวของ ถังตะกอน การประปาภูมิภาค จังหวัดฉะเชิงเทรา ได้เริ่มทำการวัดค่าการทรุดตัวตั้งแต่เดือนกรกฎาคม พ.ศ.2527 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2528 โดยคุณเอกรัตน์ นาคะกุล กองมาตรฐานวิศวกรรม การประปาภูมิภาค

4. ข้อมูลความดันน้ำในโพรงดิน บริเวณที่ศึกษาการทรุดตัวของโรงงานผลิตยา พระประแดง ได้เอาจากข้อมูลความดันน้ำในโพรงดิน ที่อ่านได้จาก Piezometer ที่สถานีป้อมพระจุล ทำการวัดโดย สถาบัน AIT เมื่อเดือนกันยายน 2521 ซึ่งอยู่ห่างจากสถานที่ทำการศึกษาประมาณ 6.0 กม.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย