บทที่ 3

การดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการศึกษาวิจัยเสถียรภาพและการเคลื่อนตัวด้านข้างของดินบริเวณตลิ่งท้ายเขื่อนทดน้ำบางปะกง ในกรณีลดระดับน้ำอย่างรวดเร็ว เนื่องจากมีการทดสอบการปิดเปิดบานประตูระบายน้ำของเขื่อนทดน้ำบางประกง ส่งผลให้เกิดการพังทลายของตลิ่ง ดังแสดงในรูปที่ 1.1

ในการศึกษาวิจัย ผู้ทำการวิจัยได้แบ่งการศึกษาออกเป็นข้อย่อยๆ ดังต่อไปนี้

1. การศึกษาคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดิน
2. การดำเนินการทดลองในห้องปฏิบัติการ
3. การศึกษาด้านการพังทลายของตลิ่ง
4. การวิเคราะห์เสถียรภาพและการเคลื่อนตัวด้านข้างของตลิ่ง

ในการศึกษาวิจัยทั้ง 4 ข้อที่กล่าวมา แต่ละข้อที่ทำการศึกษามีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 คุณสมบัติทางวิศวกรรมของดิน

การศึกษาสมบัติทางกลศาสตร์ของดินเป็นการศึกษาที่มีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อที่จะได้มาซึ่งค่าพารามิเตอร์ต่างๆของดินที่จะนำมาทำการวิเคราะห์ผลต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นเสถียรภาพ(Stability) หรือการเคลื่อนตัวของตลิ่ง การศึกษาสมบัติของดินสามารถแยกได้ 2 ประเภท คือ

1. การหาสมบัติของดินโดยวิธีการทดสอบในสนาม (In-situ Testing)
2. การหาสมบัติของดินโดยวิธีการทดสอบในห้องปฏิบัติการ (Laboratory Testing)

การหาสมบัติของดินทั้ง 2 ประเภท จะให้ค่าพารามิเตอร์ที่แตกต่างกันออกไปทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ในการศึกษาวิจัยนี้ได้ทำการหาสมบัติของดินทั้ง 2 ประเภทที่กล่าวมา เพื่อที่จะนำผลของค่าพารามิเตอร์ที่ได้มาทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผล การศึกษาสมบัติทางกลศาสตร์ของดินมีดังต่อไปนี้

3.1.1 การเจาะสำรวจดิน (Soil Exploration)

สำหรับโครงการศึกษาเพื่อจัดทำแผนปฏิบัติการแก้ไขผลกระทบด้านชลศาสตร์และการกัดเซาะตลิ่งอันเนื่องมาจากเขื่อนทดน้ำบางปะกง จังหวัด ฉะเชิงเทรา ได้ทำการเจาะสำรวจดิน เป็นจำนวน 25 หลุม โดยที่มีความลึกของหลุมเจาะที่ระดับ –25.95 เมตร แต่ในการวิจัยนี้ได้นำมาใช้จำนวน 22 หลุม มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. สำนักนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม (Office of Environmental Policy and Planning, OEPP) ได้ทำการเจาะสำรวจดิน จำนวน 6 หลุม

2. กรมชลประทาน (Royal Irrigation Department, RID) ได้ทำการเจาะสำรวจดิน จำนวน 12 หลุมในครั้งแรก และได้ทำการเจาะสำรวจดินเพิ่มเติมในครั้งที่สอง จำนวน 7 หลุม แต่ในการวิจัยนี้ได้นำมาใช้ จำนวน 4 หลุม

วิธีการเจาะสำรวจใช้เครื่องเจาะแบบ Portable วิธีการเจาะในช่วง 1.00 – 2.00 เมตรแรก ใช้วิธีการเจาะโดย Auger และที่ระดับลึกลงไปใช้วิธีการเจาะแบบ Wash Boring จนกระทั่งสิ้นสุดการเจาะสำรวจ ในขณะที่ทำการเจาะใช้ปลอกเหล็ก (Casing) และน้ำผสม Bentonite เพื่อป้องกันหลุมพัง

การเก็บตัวอย่างดิน ได้เก็บตัวอย่างคงสภาพ (Undisturbe Sample) ในชั้นดินเหนียวอ่อนมากถึงชั้นแข็งปานกลาง (Very Soft To Medium Clay) โดยใช้กระบอกบาง (Thin Wall Tube Sample) ขนาด Ø 2 ½" X 50 ซม.ยกเว้นหลุม BH-2, BH-3,BH-7 และBH-8 ของ RID, และ BH-1 ถึง BH-6 ของ OEPP ใช้ขนาด Ø 3" X 50 ซม.จากนั้นเปลี่ยนเป็นเก็บตัวอย่างแบบเปลี่ยนสภาพ(Disturbed Sample) ในชั้นดินเหนียวแข็งและชั้นทราย (Stiff clay and sand)โดยใช้กระบอกผ่าซีกแบบมาตรฐาน (Split Spoon Sample) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว ภายนอกและ 1 3/8 นิ้ว ภายในยาว 0.75 เมตร พร้อมกับทำการทดสอบ Standard Penetration Test (SPT)ขณะทำการเก็บตัวอย่างด้วยวิธีการเก็บตัวอย่างทั้ง 2 แบบเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM P 1587 และ P 1586 ตามลำดับ

ได้ทำการทดสอบแรงเฉือนดินในสนาม (Field Vane Shear Test) จำนวน 14 จุด ดังต่อไปนี้

1. สำนักนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม (Office of Environmental Policy and Planing, OEPP) จำนวน 2 จุด

2. กรมชลประทาน (Royal Irrigation Department, RID) จำนวน 12 จุด

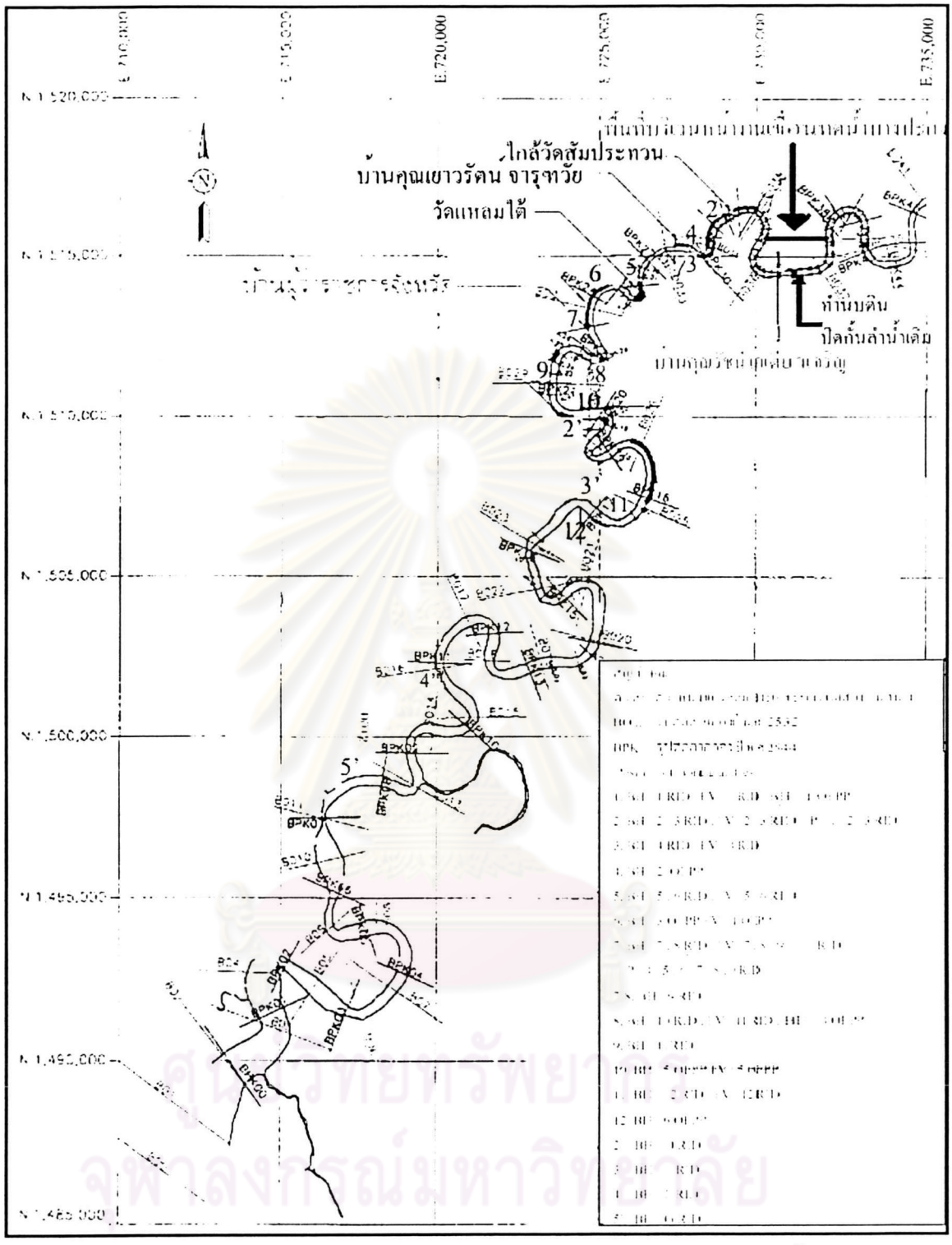
วิธีการทดสอบโดยใช้ใบ Vane แบบ Geo – nor ขนาด (h x d) 110 X 55 มม. ยาว 1 เมตร ในชันดินเหนียวอ่อนมากถึงชั้นดินเหนียวอ่อน (Very soft to Soft clay) การทดสอบได้กระทำทุกๆ 1 เมตร ยกเว้นหลุม FV – 2, FV – 3 และFV – 7 ถึง FV – 10 ทำการทดสอบทุก 0.5 เมตร

แล้วยังได้ทำการเจาะและติดตั้ง Standpipe Piezometer จำนวน 10 จุด แต่ในการทำวิจัยนี้ ได้ใช้จำนวน 9 จุด ดังต่อไปนี้

1. กรมชลประทาน (Royal Irrigation Department, RID) จำนวน 9 จุด

ตำแหน่งที่ทำการติดตั้งจะแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม แต่ละกลุ่มจะทำการติดตั้งที่ระดับ 5, 10 และ 15 เมตร จากผิวดินตามลำดับ โดยหลุมที่ติดตั้งในแม่น้ำจะติดตั้งลึกจากท้องน้ำลงไป 10 เมตร

รายละเอียดของตำแหน่งของหลุมเจาะสำรวจ การทดสอบแรงเฉือนในสนาม และการติดตั้ง Standpipe Piezometer ทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 3.1 และได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก รูปที่ ก-1 ถึง รูปที่ ก-17



รูปที่ 3.1 ตำแหน่งของหลุมเจาะสำรวจ การทดสอบแรงเฉือนในสนาม และการติดตั้ง Standpipe Piezometer ทั้งหมด

3.1.2 การทดสอบในสนาม (In-situ Test)

การทดสอบในสนามเป็นวิธีการหนึ่งที่ทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติของดิน รายละเอียดของการทดสอบในสนามที่ได้ทำการทดสอบมีดังต่อไปนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1.2.1 การทดสอบแรงเฉือนดินในสนาม (Field Vane Shear Test, FV)

การทดสอบใบเฉือนเป็นการทดสอบเพื่อหากำลังรับแรงเฉือนของดินแบบไม่ระบายน้ำ (Undrained Shear Strength) และวัดความไวต่อการถูกรบกวน (Sensitivity) ของดินเหนียวอ่อน

3.1.2.2 การทดสอบการตอกมาตรฐาน (Standard Penetration Test, SPT)

การทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความแน่นสัมพัทธ์ในที่ของชั้นทรายหรือ กรวด หรือหาค่าความแข็ง – อ่อนของชั้นดินเหนียวแข็ง

3.1.2.3 การวัดระดับน้ำใต้ดิน (Piezometer)

Piezometer ใช้ในการวัดความดันน้ำในโพรงดินที่จุดติดตั้ง งานวิจัยนี้มีการติดตั้ง Stand pipe Piezometer เพื่อวัดแรงดันน้ำใต้ดินตามธรรมชาติ และวัดแรงดันน้ำใต้ดินขณะที่มีการขึ้นลงของน้ำอย่างรวดเร็ว เนื่องจากมีการเปิด-ปิด บานประตูระบายน้ำของเขื่อนทดน้ำบางประกง

3.1.3 การทดสอบในห้องปฏิบัติการ (Laboratory Testing)

การทดสอบในห้องปฏิบัติการเพื่อหาสมบัติของดินสามารถแยกออกได้ 2 ประเภทตามสมบัติของดิน คือ การทดสอบหาสมบัติขั้นพื้นฐานของดิน และการทดสอบหาสมบัติของดินด้านวิศวกรรม

3.1.3.1 การทดสอบคุณสมบัติขั้นพื้นฐาน

เป็นการทดสอบเพื่อหาสมบัติพื้นฐานของดิน เพื่อเป็นการจำแนกชนิดและลักษณะของดินรวมถึงสามารถบ่งชี้ถึงปัญหาทางด้านวิศวกรรมที่จะเกิดขึ้นได้ สมบัติขั้นพื้นฐานของดินเรียกได้อีกอย่างว่า ดัชนีของสมบัติ (Index Property) การทดสอบเพื่อหาสมบัติพื้นฐานของดินจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งในการที่จะทำการวิเคราะห์ปัญหาทางด้านวิศวกรรม การทดสอบมีดังต่อไปนี้

1. การทดสอบหาปริมาณความชื้นของดินในธรรมชาติ (Natural Water Content)
2. การทดสอบหาความหนาแน่นรวม (Total Density)
3. การทดสอบหาค่าพิกัด Atterberge (Atterberge Limit)

3.1.3.2 การทดสอบหาคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรม

เป็นการทดสอบเพื่อหาสมบัติด้านกำลังรับน้ำหนัก หรือกำลังรับแรงเฉือนของดิน สมบัติด้านความสามารถในการไหลซึมของน้ำผ่านดิน และสมบัติด้านการเคลื่อนตัวของดิน การทดสอบหาสมบัติด้านวิศวกรรมมีการทดสอบอยู่หลายวิธีแต่ละวิธีก็จะให้ผลการทดสอบที่ไม่เท่ากัน ในที่นี้การทดสอบหาสมบัติด้านวิศวกรรมของดินจะทำการหา สมบัติด้านกำลังรับน้ำหนักหรือกำลังรับแรงเฉือนของดิน และสมบัติด้านการเคลื่อนตัวของดิน

3.1.3.2.1 การทดสอบการอัดตัวแบบอิสระ (Unconfined Compression Test, UC)

การทดสอบเป็นการทดสอบที่ง่ายและเป็นที่นิยมกันมาก วิธีการทดสอบโดยการนำตัวอย่างดินเหนียวที่ได้จากการเจาะสำรวจมาตัดกลึงเป็นรูปทรงกระบอกโดยที่มีอัตราส่วนของความสูงต่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของตัวอย่างเท่ากับ 2 และมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 1.4 นิ้ว ตัวอย่างจะถูกทดสอบโดยการเพิ่มหน่วยแรงรวมในแนวดิ่งจนกระทั่งตัวอย่างดินเกิดการวิบัติ หน่วยแรงสูงสุดในแนวดิ่งจะเป็นค่ากำลังอัดตัวแบบอิสระ (Unconfined Compressive Strength, q_u) การทดสอบโดยวิธีนี้จะมีค่าหน่วยแรงทางด้านข้างเท่ากับศูนย์ตลอดเวลา ค่ากำลังรับแรงเฉือน (S_u) ของดินจึงมีค่าเท่ากับ $\frac{q_u}{2}$

3.1.3.2.2 การทดลองไตรแอกเซียล (Triaxial Test)

การทดลองไตรแอกเซียล เป็นการทดลองเพื่อใช้ในการหาค่ากำลังรับแรงแรงเฉือนของดิน ประกอบด้วยเครื่องมือทดสอบแบบไตรแอลเซียล (Bishop Type Triaxial Cell) ผลิตโดย Wykeham Engineering Ltd. Slough, England เป็นเครื่องมือที่นิยมใช้ในการหาค่ากำลังรับแรงเฉือนมาก เพราะสามารถหาค่ากำลังรับแรงเฉือนได้ทั้งแบบกำลังรับแรงเฉือนแบบอันเดรน (Undrained Shear Strength, S_u) และกำลังรับแรงเฉือนแบบเดรน (Effective Shear Strength, $\overline{C}$, $\overline{\phi}$) พร้อมกัน สามารถควบคุมแรงดันได้หลายทิศทาง เครื่องนี้ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ คือ Triaxial Cell ซึ่งจะต่อเข้ากับแผงวัดการเปลี่ยนแปลงปริมาตร (Volume Change Measurement) ความดันกลับในตัวอย่างดิน (Back Pressure) และความดันในเซลล์(Cell Pressure) ความดันของระบบจะควบคุมให้คงที่ โดยใช้ระบบสมดุลของปรอท (Self Compensating Mercury Column System) เครื่องแปลงกำลัง(Transducer) และเครื่องอ่านความดันเป็นตัวเลข (Digital Tranducer) สำหรับใช้วัดความดันน้ำในโพรงดิน (Pore Water Pressure) และเกจ (Dial Guage) ใช้ในการวัดยุบตัวของตัวอย่างดิน

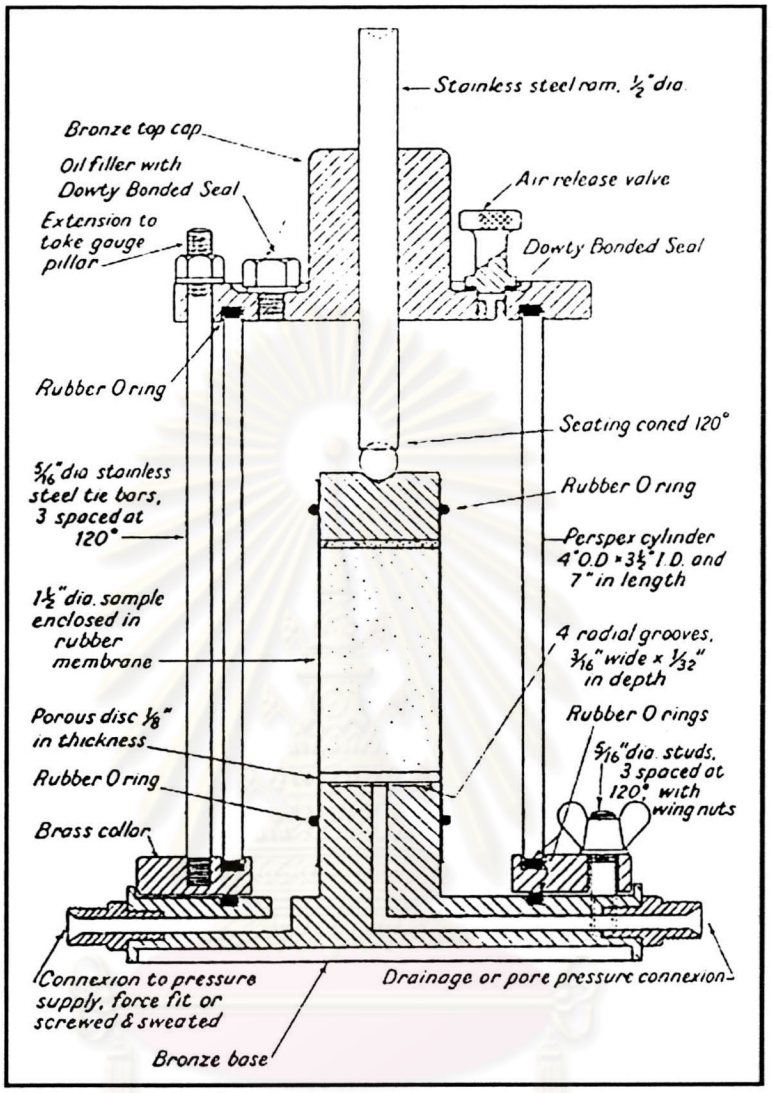
Triaxial Cell ประกอบด้วยฐาน (Base) รูปทรงกระบอกและส่วนบน (The Removable Cylinder and Top Cap) ก้านกดตัวอย่างดิน (Loading Ram) แผ่นถ่านน้ำหนัก (Top Cap) และถุงยางอนามัย (Rubber Membrane) ดังแสดงในรูปที่ 3.2 ตัวอย่างใช้สำหรับการทดสอบครั้งนี้ ใช้ตัวอย่างดินขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.4 นิ้ว ความสูงประมาณ 2.80 นิ้ว โดยอัตราส่วนความสูงต่อเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2.0

รายละเอียดการทดลองไตรแอกเซียล มีดังต่อไปนี้

3.1.3.2.2.1 การจัดตัวอย่างเข้าที่ทดสอบ (Set-up of Specimen)

ก่อนการจัดทำตัวอย่างวางบนฐานของไตรแอกเซียล ต้องตรวจสอบดูว่าฐานของเซลล์และสายต่อจากฐานทุกๆสายมีน้ำเต็ม น้ำในระบบจะต้องเป็นน้ำที่ถูกต้มและไล่ฟองอากาศ

ออกแล้ว จากนั้นวางหินพรุน(Porous Stone) ที่อิ่มตัวด้วยน้ำบนแท่งตัวอย่างปิดหินพรุนด้วยกระดาษกรองเปียกน้ำ ตั้งตัวอย่างและวาง Top cap ลงบนตัวอย่าง



รูปที่ 3.2 เครื่องทดสอบไตรแอกเซียล

สำหรับตัวอย่างดินที่รับแรงกดพันรอบตัวอย่างด้วยกระดาษกรองตัดเป็นริ้วตามแนวดิ่ง 8 ชิ้น กว้างชิ้นละ ¼ นิ้ว เว้น ¼ นิ้วยาว 3 ½ นิ้ว (โดยใช้กระดาษกรองขนาดเดียวกับ Whatmen; No.54) และส่วนปลายของกระดาษกรองจะต้องทาบติดกับหินพรุนเพื่อที่จะเร่งอัตราเร็วในการอัดคายน้ำ (Consolidation) และควบคุมการกระจายความดันน้ำในตัวอย่างสม่ำเสมอโดยเร็ว

ใช้Rubber Membrane สวมทับตัวอย่าง 2 ชั้นเพื่อแยกตัวอย่างออกจากน้ำในเซลล์ ใช้ยางกลม (O - Ring) รัดส่วนบนและส่วนล่างของตัวอย่าง เพื่อป้องกันน้ำในเซลล์ซอนขึ้นมา วางกระบอกเซลล์ของฐานลงบนเครื่องไตรแอกเซียล และยึดเข้ากับฐานด้วยสกรูรัดแบบยาว เติมน้ำจนเกือบเต็มเซลล์ และเติมน้ำมันเครื่องเกรด 140 ในช่องวางส่วนที่เหลือ เพื่อลดการรั่วซึมตรงรอยต่อรอบๆก้านส่งถ่ายน้ำหนัก และใช้เป็นตัวหล่อลื่นก้านส่งถ่ายน้ำหนักอีกด้วย เปิดรูอากาศและเปิดน้ำเข้าจนน้ำมันล้นออก จากนั้นก็ปิดรูอากาศเสีย จะทำให้มั่นใจได้ว่าไม่มีรูอากาศอยู่ในเซลล์

3.1.3.2.2.2 การทำให้ตัวอย่างอยู่ในสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำ (Saturation of Specimen)

เพื่อให้แน่ใจว่าตัวอย่างอิ่มตัวด้วยน้ำ และป้องกันการเกิดความดันกลับของตัวอย่าง จะใช้ Back Pressure = 2.00 กก/ซม^2 กระทำต่อตัวอย่างไว้อย่างน้อย 24 ชม. ในการที่จะให้ตัวอย่างรับความดันดังกล่าว จะต้องค่อย ๆ เพิ่มความดันเซลล์ (Cell Pressure) และความดันในตัวอย่าง (Back Pressure) ด้วยปั๊มมืออย่างช้า ๆ และสลับกันอย่างต่อเนื่อง โดยเพิ่มความดัน เพื่อป้องกันการบวม หรือการพองตัวของตัวอย่าง ควรที่จะให้ความดันเซลล์มากกว่าความดันน้ำในตัวอย่างประมาณ 0.05 – 0.15 กก/ซม^2

เมื่อวัดความดันเซลล์ (σc) และความดันน้ำในตัวอย่างได้ระดับที่ต้องการแล้ว จัดเครื่องวัดการยุบตัว (Strain Indicator) เข้าที่ ปรับระดับก้านส่งผ่านน้ำหนัก (Loading Ram) แตะ Top Cap พอดี บันทึกค่าแรกของระยะนี้ไว้แล้วจึงโอนสายให้ระบบความดันคงที่ด้วยปรอทเข้ากับน้ำในเซลล์อีกชุดหนึ่ง และสายความดันน้ำในตัวอย่าง ต่อเข้าด้านล่างตัวอย่างอีกชุดหนึ่ง

ปริมาตรของน้ำที่คายตัวออกหรือไหลเข้าตัวอย่าง สามารถวัดได้จากระบบการวัดการเปลี่ยนแปลงปริมาตรน้ำของตัวอย่าง (Volume Change Measurement)

ก่อนทำการอัดตัวคายน้ำจำเป็นต้องทดสอบดูการอิ่มตัวด้วยน้ำก่อน โดยปิดวาล์วระบายน้ำที่ฐานของเครื่องมือไตรแอกเซียล แล้วเพิ่มแรงดันเซลล์ จะทำให้เกิดความดันน้ำระหว่างเม็ดดินตามขึ้นมา พิจารณาค่าความดันน้ำในโพรงเพิ่ม (Excess Pore Pressure) กับค่าความดันเซลล์ที่เพิ่มขึ้นจากความดันในเซลล์เดิม ซึ่งแสดงอยู่ในรูปของค่า “B” พารามิเตอร์ ของ Skempton ถ้าค่า”B” มากกว่า 0.95 จะถือว่าตัวอย่างอิ่มตัวด้วยน้ำ ในกรีที่น้อยกว่านี้ แสดงว่าตัวอย่างยังไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ จะต้องให้ตัวอย่างอยู่ในสภาพที่ทำให้อิ่มน้ำอีก 24 ชั่วโมง เมื่อเรียบร้อยแล้ว จึงดำเนินการต่อไปได้

ค่า “B” หาได้โดยใช้หลักการความดันน้ำในโพรงดินของ Skempton (1954)

$$\Delta u = B\,[\Delta\sigma_3 + A\,(\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_3)\,] \qquad 3.4$$

เพิ่มความดันน้ำในเซลล์ $\Delta\sigma_1 = \Delta\sigma_3 = \Delta\sigma_c$

$$\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_3 = 0$$

ดังนั้น $B = \Delta u / \Delta\sigma_c$

เมื่อ Δu คือ ความดันน้ำในโพรงที่เพิ่มขึ้น(Excess Pore Pressure)

$\Delta\sigma_c$ คือ ความดันเซลล์ที่เพิ่มขึ้นจากเดิม

3.1.3.2.2.3 การอัดตัวคายน้ำแบบไอโซโทรปี้ (Isotropic Consolidation)

เมื่อตัวอย่างอิ่มตัวด้วยน้ำแล้วจะปิดวาล์วเส้นทางของ Back Pressure ก่อน แล้วเพิ่มความดันเซลล์จนได้ระดับที่ต้องการ โดยใช้ปั๊มมือเพิ่มความดันแล้วค่อยปรับวาล์วให้ระบบความ

ดันคงที่ด้วยระบบปรอทที่ต่อเข้ากับเซลล์ โดยใช้ความดันเซลล์ในการอัดตัวคายน้ำแบบไอโซโทรปี้เท่ากับหน่วยแรงแระสิทธิ์ผลในแนวราบ (σ_{ho}) การอัดตัวคายน้ำจะเริ่มขึ้นเมื่อทำการเปิดวาล์วเส้นทาง Back Pressure ปล่อยให้การอัดตัวคายน้ำในสภาพนี้เป็นเวลา 24 ชม.

ค่ายุบตัวในแนวดิ่งของตัวอย่างหาได้จากผลต่างของค่าสุดท้ายที่อ่านได้จากเครื่องวัดการยุบตัว (Strain Indicator) กับค่าแรกก่อนทำการอัดตัวคายน้ำ ส่วนปริมาณของน้ำที่ถูกบีบออกมาระหว่างการอัดตัวคายน้ำวัดได้จากระบบการเปลี่ยนแปลงปริมาตร

ถ้าหน่วยแรงในการอัดตัวคายน้ำมีค่าน้อยกว่า 1 กก/ ซม^{2}จะเพิ่มหน่วยแรงในทีเดียว แต่ถ้าหน่ายแรงที่ใช้มากกว่านี้ควรทำการเพิ่มหน่วยแรงเป็นช่วง ๆ ละ 1 กก/ ซม^2 เพื่อลดความกระทบกระเทือนต่อตัวอย่าง

การคำนวณหาพื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างภายหลังจากการอัดตัวคายน้ำ(A_c)

$$A_c = (V_o - \Delta V_o) / (L_O - \Delta L_o)$$

โดยที่ A_c = พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างภายหลังการอัดตัวคายน้ำ

V_o = ปริมาตรของตัวอย่างก่อนการทดสอบ

ΔV_o = ปริมาตรของตัวอย่างที่เปลี่ยนแปลง

L_O = ความสูงของตัวอย่างก่อนการทดสอบ

ΔL_o = ค่าการยุบตัวของตัวอย่างที่เปลี่ยนแปลง

3.1.3.2.2.3 การเพิ่มแรงเฉือนกระทำต่อตัวอย่าง

การทดสอบหากำลังรับแรงเฉือนแบบกดที่ถูกอัดตัวคายน้ำแบบไอโซโทรปี้ในสภาพไม่ระบายน้ำและวัดค่าความดันน้ำในโพรงดิน (Isotropic Consolidated Undrain Triaxial Compression Test with Pore Pressure Measurement, CIU-TC Test)

เพื่อหาค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบกดในสภาพไม่ระบายน้ำ เพื่อนำผลการทดสอบแบบไม่ระบายน้ำที่ได้ ไปใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาเสถียรภาพ โดยทำการเพิ่มหน่วยแรงในแนวดิ่ง ด้วยอัตราความเครียด 2% ต่อชั่วโมง เพื่อวัดค่าความดันน้ำในโพรงดินได้ดีในสภาพอันเดรน โดยการเฉือนตัวอย่างจะปิดวาล์วระบายน้ำ (Back Pressure) ทำการทดลองจนดินเกิดการวิบัติ บันทึกค่าหน่วยแรงในแนวดิ่ง และความดันน้ำในโพรงเพิ่มตลอดการทดลอง

3.2 การดำเนินการทดลองในห้องปฏิบัติการ

ในการศึกษาวิจัยนี้ มีการศึกษาวิจัยทางด้านเสถียรภาพและการเคลื่อนตัวด้านข้างของดินทั้งหมด 12 ตำแหน่งด้วยกัน แต่ที่สามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อหาเสถียรภาพและการเคลื่อนตัวด้านข้างของดินได้มีอยู่ 5 ตำแหน่ง ดังนั้นจึงได้มีการนำตัวอย่างดินมาทดสอบในห้องปฏิบัติการทางด้านคุณสมบัติขั้นพื้นฐานและคุณสมบัติด้านวิศวกรรมของดินดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างดินที่ทดสอบในห้องปฏิบัติการทางด้านคุณสมบัติขั้นพื้นฐานและคุณสมบัติด้านวิศวกรรมของดิน

Test No.	Location	Borehole No.	Sample No.	Depth	Soil layer
1	บ้านคุณรัชนี เอเตียวเจริญ	BH-1 OEPP	ST-02	3.00-3.50	CH
2	บ้านคุณรัชนี เอเตียวเจริญ	BH-1 OEPP	ST-06	9.00-9.50	CH
3	บ้านคุณ เยาวรัตน์ จารุฑวัย	BH-2 OEPP	ST-04	6.00-6.50	CH
4	บ้านคุณ เยาวรัตน์ จารุฑวัย	BH-2 OEPP	ST-06	9.00-9.50	CH
5	ตลิ่งใกล้วัดสัมประทวน	BH-2 RID	ST-01	1.50-2.00	CH
6	ตลิ่งใกล้วัดสัมประทวน	BH-2 RID	ST-04	6.00-6.50	CH
7	วัดแหลมใต้	BH-3 OEPP	ST-04	6.00-6.50	CH
8	จวนผู้ว่าราชการฉะเชิงเทรา	BH-8 RID	ST-07	10.5-11.00	CH
9	จวนผู้ว่าราชการฉะเชิงเทรา	BH-7 RID	ST-02	3.00-3.50	CH
10	จวนผู้ว่าราชการฉะเชิงเทรา	BH-7 RID	ST-03	4.50-5.00	CH
11	จวนผู้ว่าราชการฉะเชิงเทรา	BH-7 RID	ST-04	6.00-6.50	CH

ได้มีการทดสอบหาคุณสมบัติพื้นฐานดังนี้

1. การทดสอบหาปริมาณความชื้นของดินในธรรมชาติ (Natural Water Content)
2. การทดสอบหาค่าพิกัด Atterberg (Atterberge Limit)

วิธีการทดสอบหาคุณสมบัติพื้นฐานของดินที่ทำการวิจัยได้ทำตามขั้นตอนในหนังสือ Soil Testing For Engineering (Lambe, 1951)

ได้มีการทดสอบหาสมบัติทางด้านวิศวกรรมดังนี้

1.การทดสอบรับแรงเฉือนแบบกดที่ถูกอัดตัวคายน้ำแบบเท่ากันทุกทิศทางด้วยเครื่องไตรแอกเซียล ในสภาพไม่ระบายน้ำ(Isotropic Consolidated Undrained Triaxial Compression Test, CIU Test)

3.3 การศึกษาด้านการพังทลายของตลิ่ง

จากที่มีการก่อสร้างเขื่อนทดน้ำบางปะกงจนกระทั่งแล้วเสร็จ ผู้รับเหมาได้ทำการทดสอบปิดเปิดบานประตูเขื่อน และกรมชลประทานได้ทำการทดสอบปิดเปิดบานประตูเขื่อนอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งทั้ง 2 ครั้งนั้นทำให้เกิดการพังทลายของตลิ่งเกิดขึ้น ด้วยเหตุผลข้างต้นทำให้มีการศึกษาด้านการพังทลายของตลิ่งเกิดขึ้น เพื่อศึกษาหาสาเหตุที่แท้จริงของการพังทลายของตลิ่งด้านท้ายเขื่อนทดน้ำบางปะกง โดยได้มีการดำเนินการศึกษาสภาพโดยรวมของบริเวณที่มีการพังทลายของตลิ่งตลอดลำน้ำด้านท้าย

เขื่อนทดน้ำบางปะกงภายหลังจากที่มีการแก้ไขการพังทลายของตลิ่งไปแล้ว และบริเวณที่คาดว่าน่าจะเกิดการพังทลายของตลิ่งอีก ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการสอบถามกับประชาชนถึงสภาพก่อนปิดเขื่อนทดน้ำ และสภาพที่เกิดขึ้นจริงในวันที่ผู้รับเหมาทำการปิดเปิดบานประตูเขื่อน และช่วงเวลาที่กรมชลประทานปิดเปิดบานประตูเขื่อนอีกครั้งด้วย

3.4 การดำเนินการวิเคราะห์เสถียรภาพและการเคลื่อนตัวด้านข้างของตลิ่ง

3.4.1 การรวบรวมข้อมูลชั้นดิน ตำแหน่ง และรูปตัดลำน้ำของบริเวณที่มีการพังทลายของตลิ่ง

ได้ทำการรวบรวมข้อมูลรูปตัดลำน้ำของตลิ่งบริเวณที่มีการพังทลาย และบริเวณใกล้เคียงที่เกิดการพังทลาย พร้อมทั้งข้อมูลชั้นดินของบริเวณที่สนใจ จากบริษัท โปรเกรสเทคโนโลยีคอลซัลแท็นส์ จำกัด เพื่อทำการวิเคราะห์เสถียรภาพและการเคลื่อนตัวด้านข้างของตลิ่ง

3.4.2 การวิเคราะห์เสถียรภาพของตลิ่งโดยวิธีการพังทลายในรูปวงกลม (Circular Failure)

การวิเคราะห์เสถียรภาพของตลิ่งใช้การวิเคราะห์โดย วิธีของ Simplified Bishop (1955) และใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์ สำหรับการวิเคราะห์เสถียรภาพของตลิ่งได้มีการวิเคราะห์ในกรณีการเกิดการลดระดับน้ำอย่างรวดเร็ว (Rapid Drawdown) เพียงกรณีเดียวเท่านั้น

จะดำเนินการวิเคราะห์เสถียรภาพของตลิ่ง 2 เหตุการณ์ด้วยกันคือ

1. ก่อนการพังทลายของตลิ่ง
2. หลังการพังทลายของตลิ่ง

3.4.3 การวิเคราะห์เสถียรภาพและการเคลื่อนตัวด้านข้างของตลิ่งโดยวิธี (Finite Element Method, FEM)

การวิเคราะห์เสถียรภาพและการเคลื่อนตัวด้านข้างของตลิ่งนั้นจะวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนท์อิเลเมนท์ (Finite Element Method, FEM) โดยใช้โปรแกรม PLAXIS 7.2 ในการวิเคราะห์ และทำการวิเคราะห์ในกรณีการเกิดการลดระดับน้ำอย่างรวดเร็ว (Rapid Drawdown) เพียงกรณีเดียวเท่านั้น

จะดำเนินการวิเคราะห์เสถียรภาพและการเคลื่อนตัวด้านข้างของตลิ่ง 2 เหตุการณ์ด้วยกันคือ

1. ก่อนการพังทลายของตลิ่ง
2. หลังการพังทลายของตลิ่ง

การวิเคราะห์เสถียรภาพและการเคลื่อนตัวด้านข้างของตลิ่งนั้นจะทำการ Trial ค่า Eu/Su ของดินในแต่ละชั้นจนกระทั่งได้ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยต่ำสุด (Critical Safety of Factor, FS) ที่ใกล้เคียงกับการวิเคราะห์เสถียรภาพเพื่อหาค่าอัตราส่วนความปลอดภัยต่ำสุด (Critical Safety of Factor, FS) ด้วยวิธีการพังทลายในรูปวงกลม (Circular Failure)