บทที่ 3
การทดลองและการวิจัย

3.1 สถานที่ทำการศึกษาวิจัยและการเก็บตัวอย่างดิน

3.1.1 สถานที่ทำการศึกษาวิจัย

โครงการฯ สายพระรามที่ 2 (ธนบุรี-ปากท่อ) กม.12+000 - กม.27+500 ผ่านพื้นที่ซึ่งเป็นดินอ่อนบริเวณภาคกลางของประเทศ เส้นทางเดิมเป็นเส้นทางซึ่งมีผิวจราจร 2 ช่องจราจร คันทางมีการทรุดตัวต่ำกว่าระดับน้ำทะเลปานกลาง กรมทางหลวงจึงได้ดำเนินการบูรณะและปรับปรุงก่อสร้างคันทาง โดยเพิ่มความแข็งแรงของคันทางและลดการทรุดตัวด้วยการออกแบบโดยใช้ relief pile ช่วย โดยสร้างคันทางอยู่เหนือ Soil cement ซึ่งหนา 0.60 ม. และ Soil cement นี้ วางอยู่เหนือเสาเข็มขนาด 0.22 x 0.22 x 12.00 ม. มีระยะห่างระหว่างเสาถึงเสา 2.00 ม. ทั้งนี้ก่อสร้างเป็นมาตรฐานทาง P_D มี 4 ช่องจราจร ผิวทางเป็นแอสฟัสท์ติกคอนกรีต แยกการจราจรไปกลับด้านละ 2 ช่องจราจร กว้าง 7.00 ม. ไหล่ทางเป็นแอสฟัลติกคอนกรีต กว้าง 1.50 ม. และ 2.50 ม. เกาะกลางเป็นร่องน้ำกว้าง 2.00 ม.

ในช่วง กม.28+400 - กม.47+600 ก่อสร้างถนนด้านขวา ทางใหม่ 2 ช่องจราจร กว้าง 7.00 ม. มีไหล่ทางข้างละ 1.50 ม และ 2.50 ม. โดยใช้ทรายถมเป็นคันทาง มีชั้นลูกรังหนา 10 ซม. หินคลุกหนา 15 ซม. หินคลุกผสมซิเมนต์หนา 20 ซม. และมีผิวทาง Asphaltic concrete หนา 10 ซม. ซึ่งจะใช้เป็นทางจราจรสำหรับรถที่วิ่งเข้ากรุงเทพฯ เมื่อการก่อสร้างแล้วเสร็จ และปรับปรุงทางสายเดิมโดยลงชั้นหินคลุกไม่น้อยกว่า 15 ซม. หินคลุกผสมซีเมนต์ 20 ซม. และมีผิวทาง Asphaltic concrete หนา 10 ซม. เป็นทางรถ 2 ช่องจราจร กว้าง 7.00 ม. ไหล่ทาง 1.50 ม. และ 2.50 ม. ซึ่งจะใช้เป็นทางจราจรสำหรับรถที่วิ่งออกจากกรุงเทพฯ เป็นการแยกการจราจรไป-กลับด้านละ 2 ช่องจราจร โดยมีช่องระบายน้ำอยู่ระหว่างกลางและก่อสร้างทางขนานเป็นช่วง ๆ ตามความจำเป็นกับสภาพท้องถิ่น

บริเวณที่ทำการศึกษาวิจัยคือ ที่ กม.15+000 และมี Typical cross section ดังแสดงในรูปที่ 3.1

3.1.2 การเก็บตัวอย่างดิน (Samplings)

ในการเก็บตัวอย่างดินแบบไม่อุกรบกวน จะทำการเก็บตัวอย่างดินด้วยกระบอกบาง (Shelby tube) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 3 นิ้ว (ตามมาตรฐาน ASTM D 1587-74) เฉพาะในชั้นดินเหนียวอ่อน โดยการกดกระบอกบางลงด้วยไฮโดรลิก หลังจากที่ทำการเจาะจนถึงระดับที่ต้องการแล้ว จึงนำตัวอย่างที่เก็บมาทำการเคลือบด้วยพาราฟีน เพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้นตามธรรมชาติของดิน

ตำแหน่งหลุมเก็บตัวอย่างดินแสดงดังรูปที่ 3.2

3.2 การศึกษาในสนาม

ได้มีการติดตั้งเครื่องมือซึ่งประกอบไปด้วย

3.2.1 Piezometer แบบ Vibrating wire จำนวน 4 ชุด โดยติดตั้งที่ระดับความลึก 2, 6, 10, 12 เมตร จากระดับผิวดินเดิม

3.2.2 Deep settlement measuring device (Extensometer) ทำการติดตั้ง จำนวน 3 ชุด ที่ระดับความลึก 4, 8, 11 เมตร จากระดับผิวดินเดิม

3.2.3 Earth pressure cell ติดตั้ง จำนวน 4 ชุด โดยติดตั้งที่หัวเสาเข็ม 1 ชุด บนชั้นทราย 1 ชุด และบน SOIL CEMENT อีก 2 ชุด

3.2.4 Horizontal inclinometer ติดตั้ง จำนวน 2 ชุด โดยอยู่บนหัวเข็ม 1 ชุด และอยู่บนชั้นทราย 1 ชุด

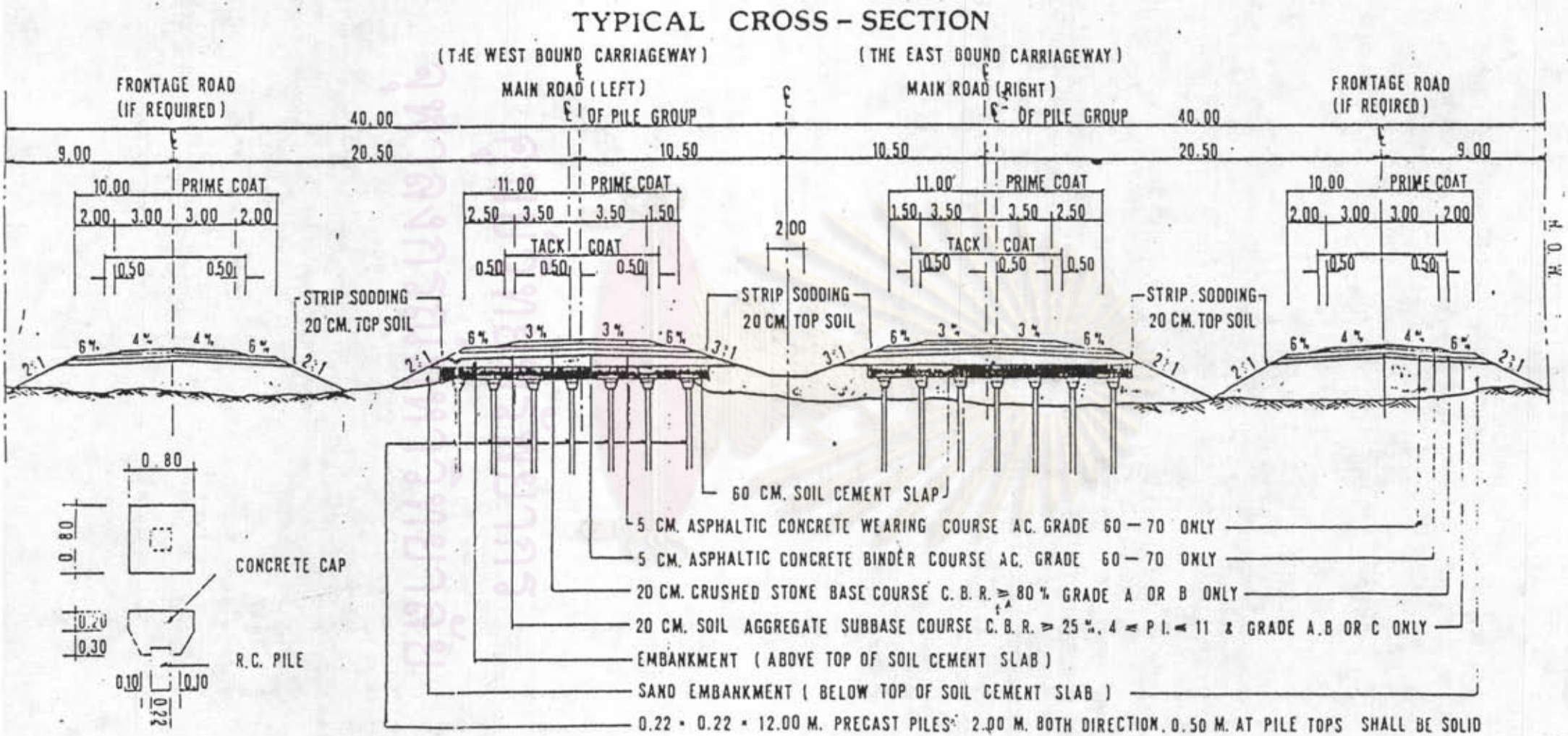
ตำแหน่งในการติดตั้งเครื่องมือที่กล่าวมาข้างต้นแสดงในรูปที่ 3.2 และรายละเอียดในการติดตั้งเครื่องมือแสดงดังรูปที่ 3.3

3.2.5 ทดสอบกำลังรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดของเสาเข็มที่ กม.15+000

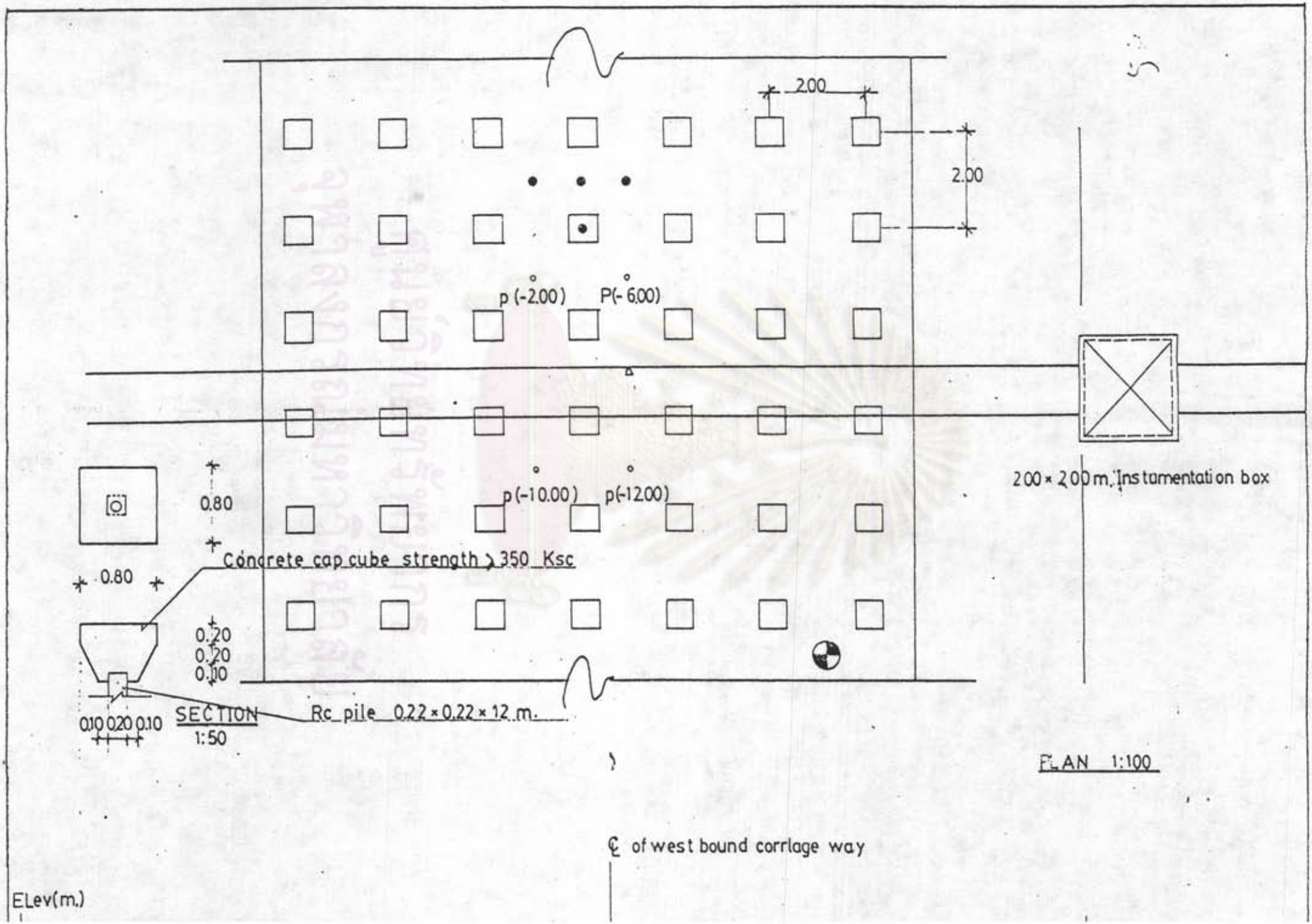
3.2.6 ทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของดิน โดยวิธี Vane Shear test

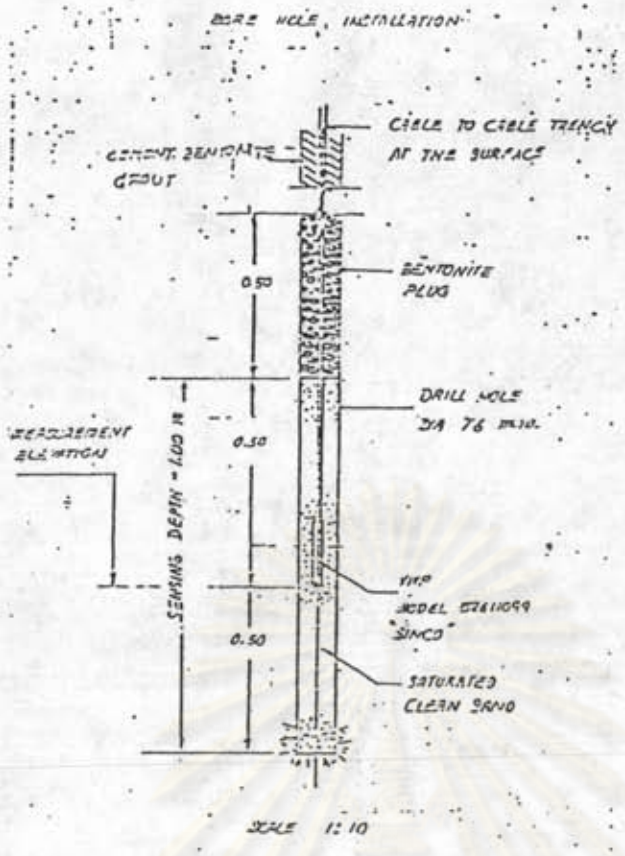
3.3 รายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องมือวัดพฤติกรรมของถนนสายธนบุรี-ปากท่อ กม.15+000

3.3.1 Piezometer เป็นเครื่องมือที่ติดตั้งเพื่อวัดแรงดันน้ำในโพรงดิน ในชั้นดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ ในที่นี้ Piezometer เป็นแบบ Vibrating Wire Strain Gauge ซึ่งประกอบด้วย Sensor สายไฟฟ้าและเครื่องอ่าน หลักการของเครื่องมือระบบนี้ประกอบไปด้วย Diaphragm ซึ่งแยกแรงดันน้ำออกจากระบบการตรวจวัด เส้นลวดจะขึงไว้

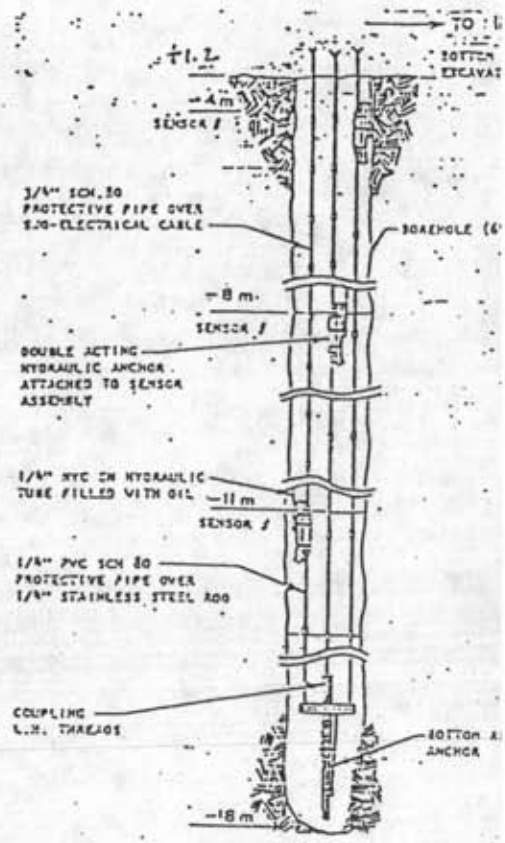


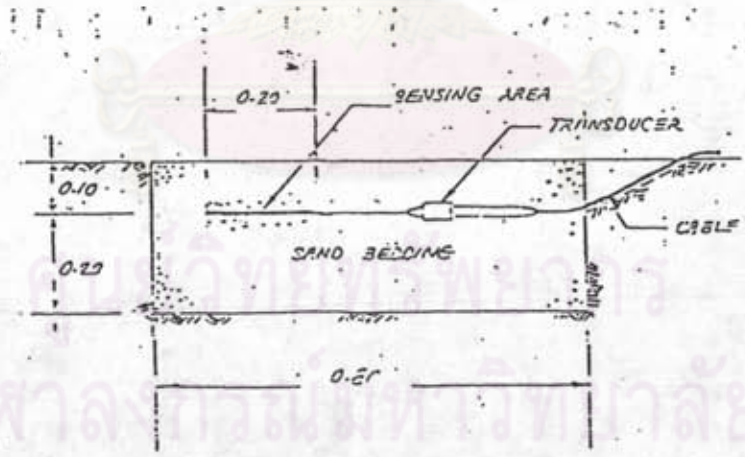
รูปที่ 3.1 แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับ Typical cross section ที่ กม.15+000


2.00
2.00
p (-2.00)
P(- 6.00)
p(-10.00)
p(-12.00)
200 × 200 m. Instumentation box
0.80
0.80
Concrete cap cube strength > 350 Ksc
0.20
0.20
0.10
0.10 0.20 0.10
SECTION
1:50
Rc pile 0.22 × 0.22 × 12 m.
PLAN 1:100
℄ of west bound corrlage way
ELev(m.)



SCALE 1:10

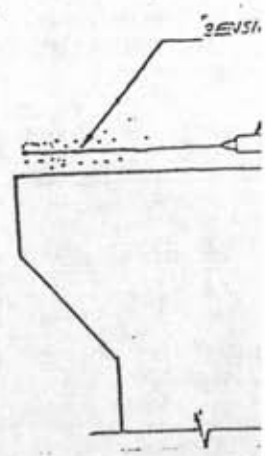




DETAIL OF EARTH PRESSURE CELL INSTALLATION ON SAND

SCALE 1:10

DETAIL OF EARTH PR
ON PILE CAP



รูปที่ 3.3 แสดงรายละเอียดในการติดตั้งเครื่องม

กึ่งกลางของ Diaphragm ดังนั้น เมื่อ Diaphragm มีการขยับตัวจะทำให้แรงตึงในเส้นลวดเปลี่ยนแปลง ซึ่งแรงตึงนี้จะถูกวัดด้วยการดึงให้เส้นลวดสั่น โดยใช้ Electric Coil ความถี่ของกระแสไฟฟ้าสลับคือความถี่ของการสั่นเส้นลวด ซึ่งจะส่งถ่ายไปยังเครื่องวัดความถี่โดยการ Calibrate Sensor ก่อน ทำให้สามารถนำไปคำนวณการเปลี่ยนแปลงความถี่

<u>วิธีติดตั้ง</u>

การติดตั้งระบบ Vibrating Wire Strain Gage Piezometer ระบบนี้เป็นแบบไฟฟ้าระบบ Vibrating Wire Strain Gage เชื่อมต่อกับ Diaphragm บรรจุอยู่ในกระบอกไร้สนิม (Stainless Steel) วัดแรงดันน้ำปกติได้ไม่น้อยกว่า 7 กก./ซม^2 (100 ปอนด์/นิ้ว^2)

โดยส่วนที่รับแรงดันน้ำเป็นแบบ Sintered Stainless Steel Disc Filter สำหรับการติดตั้ง Piezometer ในหลุมเจาะ สายไฟฟ้าสำหรับส่งสัญญาณแรงดันน้ำประกอบด้วยสายไฟขนาดเล็ก 4 กลุ่ม โดยสายกลุ่มสีส้มและสีขาวใช้สำหรับวัดแรงดันน้ำ มีหน่วยเป็นความถี่ยกกำลังสอง ส่วนกลุ่มสายสีน้ำเงินและสีขาวอีกคู่หนึ่งจะใช้สำหรับวัดอุณหภูมิ สายทั้ง 4 กลุ่มจะถูกหุ้มด้วยอลูมิเนียมและ Polyethylene อีกชั้นหนึ่ง โดยหัว Piezometer จะถูกเชื่อมต่อกับสายไฟดังกล่าว (ด้วยความยาวของสายตามที่แสดงในแบบบวกกับระยะ Slag 5%) ในโรงงานพร้อม Calibration ด้วย

ระบบการบันทึกข้อมูลจะใช้เครื่องมืออ่านขนาดกระเป๋าหิ้ว โดยมีสายไฟซึ่งปลายด้านหนึ่งมีปลั๊กต่อกับเครื่องอ่าน และอีกด้านหนึ่งเป็นคลิฟซึ่งจะหนีบกับสายไฟที่ต่อกับหัว Piezometer การบันทึกข้อมูลแต่ละครั้งจะบันทึกความถี่ยกกำลังสอง ซึ่งจะสามารถนำไปแปลงกับผลของ Calibration เป็นค่าแรงดันน้ำได้

เพื่อความสะดวกในการตรวจวัดระบบ Piezometer หลาย ๆ ตัว ต่อ Section ซึ่งได้เตรียม Junction Box ไว้เพื่อต่อสาย Piezometer ทั้งหมดเข้ากับ Junction Box ดังกล่าว ฉะนั้น เวลาใช้งานก็เพียงแค่เสียบปลั๊กของเครื่องอ่านเข้ากับ Junction Box จากนั้นก็โยก Switch ไปตามเบอร์ Piezometer ที่ต้องการบันทึกข้อมูล ก็จะอ่านข้อมูลของ Piezometer ตัวนั้น ๆ ได้ ทำให้การตรวจวัดแรงดันน้ำในโพรงดินได้สะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น

การติดตั้ง Piezometer ในหลุมเจาะประกอบด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

- การติดตั้ง Piezometer ในหลุมเจาะจะทำการเจาะผ่านชั้นดินลงไปจนถึงระดับที่กำหนดไว้ในการติดตั้ง โดยจะเจาะเกินระดับที่กำหนดไว้ประมาณ 50 ซม. หลังจากเจาะเสร็จแล้วก็จะล้างหลุมให้สะอาด

- เมื่อหลุมสะอาดดีแล้ว ก็กรอกทรายลงไป (Wet Sand) ให้สูงจากก้นหลุมขึ้นมาประมาณ 50 ซม.

- เมื่อได้ระดับเรียบร้อยแล้วก็เตรียมฝังหัว Piezometer โดยก่อนฝังควรจะมีการตรวจสอบดูก่อนว่า Piezometer ที่จะฝังนั้นยังทำงานได้ดีอยู่หรือเปล่า วิธีการง่าย ๆ คือ

ก.) อ่านค่า Reading (R_1) ของหัว Piezometer ขณะที่แรงดันน้ำ = 0 พร้อมค่าอุณหภูมิด้วย

ข.) จุ่มหัว Piezometer ลงไปในท่อ PVC ซึ่งบรรจุน้ำที่รู้ความสูงของน้ำที่แน่นอนแล้วอ่านค่า Reading (R_2) และอุณหภูมิด้วย

แรงดันน้ำ = $\frac{1}{S}(R_2 - R_1)$ psi

ค่า S = ได้จากผลของการ Calibration

หรือแรงดันน้ำ = $\frac{1}{S}(R_2 - R_1) \times 0.0703 \times 10$ เมตร ความสูงของน้ำ

= ความสูงของน้ำในท่อ PVC

ค่าที่ตรวจสอบได้ควรจะมีความสูงน้ำ เท่ากับ หรือใกล้เคียงกับความสูงของน้ำจริง ๆ ที่เราใส่ไว้ในท่อ PVC

- หย่อนหัว Piezometer ลงไปในหลุม

- กรอกทรายตามลงไปให้ระดับของทรายสูงกว่าหัว Piezometer ขึ้นมาประมาณ 0.5 เมตร ตรวจสอบระดับของทรายให้แน่นอน จะได้ความลึกของ Sensing Gage ซึ่งก็คือค่าความหนาของชั้นทรายทั้งหมด

- ผสมเบนโทไนท์กับน้ำในปริมาณพอเหมาะ โดยดูจากการปั้นเป็นก้อนเล็ก ๆ แล้วปล่อยให้ตกสู่พื้นดิน ถ้าก้อนเบนโทไนท์ที่ปั้นตกลงมากระทบพื้นแล้วแตกไม่กระจายหายไปคนละทิศละทาง ก็แสดงว่าใช้ได้ จากนั้นค่อย ๆ หย่อนก้อนเบนโทไนท์ที่ปั้นเป็นลูกเล็ก ๆ ลงในหลุมให้ได้ความหนาจากชั้นทรายขึ้นมาประมาณ 1-2 เมตร เสร็จแล้วให้ Grout หลุมเจาะส่วนที่เหลือด้วยเบนโทไนท์ + ซีเมนต์ + น้ำ (อัตราส่วน 1 : 5.5 : 17)

- จัดวางสายไฟที่โผล่ขึ้นมาให้ดีโดยขุดเป็นร่องจากหลุมไปยัง Insrumentation Box ร่องที่ขุดมีขนาดกว้าง ×ลึก×0.4 เมตร ×0.4 เมตร โดยวางสายไฟให้หย่อน ๆ ประมาณ 5% ในลักษณะโค้งไปมา เพื่อเผื่อการทรุดตัวของชั้นดินหลังจากวางสายไฟเสร็จเรียบร้อยแล้ว ร่องที่ขุดจะถูกถมและบดอัดกลับด้วยดินชนิดเดิมที่ขุดและอัดให้ได้ตามข้อกำหนด

- หลังจากติดตั้ง Piezometer เสร็จเรียบร้อยแล้วให้อ่านค่าเริ่มต้นของหัว Piezometer แต่ละหัวไว้ด้วย เพื่อใช้เป็นค่าอ้างอิงต่อไป

3.3.2 Borehole Extensometer ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อตรวจวัดระบบการเคลื่อนตัวของชั้นดินในแนวดิ่ง โดยสามารถที่จะวัดที่ระดับความลึกต่าง ๆ ได้ตามต้องการ ระบบ Borehole Extensometer นี้ประกอบด้วย Sensor ยึดติดกับ Anchor ซึ่งจะถูกฝังติดกับชั้นดินอีกทีหนึ่ง เมื่อชั้นดินเกิดการทรุดตัวก็จะพาให้ Anchor และ Sensor ทรุดตัวตามลงไปด้วย ตัว Sensor นี้เป็นระบบ Potentiometer โดยอาศัยหลักการของการเปลี่ยนแปลงความต้านทานไฟฟ้า สัมพันธ์กับการยืดหดตัวของ Extension Rod ซึ่งปลายด้านล่างจะถูกยึดติดกับตัว Stainless Steel Rod และต่อลงไปยึดติดกับตัว Reference Anchor ซึ่งจะไม่มีการทรุดตัวสัญญาณไฟฟ้าจาก Sensor จะถูกส่งไปยังเครื่องอ่านบนภาคพื้นดิน โดยอาศัยสายไฟฟ้า โดยทั่วไปเครื่องมือระบบนี้จะต้องมีการ Calibrate หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่อ่านได้กับความยาวจริงของ Extension Rod

<u>วิธีติดตั้ง</u>

- จัดเตรียม Instrumentation Box ให้อยู่ในตำแหน่งและระดับที่เหมาะสม

- เตรียมหลุมเจาะในแนวดิ่ง โดยใช้ปลอกเหล็กใส่ตลอดช่วงดินเหนียวอ่อนเพื่อป้องกันผนังหลุมเจาะพัง และช่วยอำนวยความสะดวกในการติดตั้งระบบ Extensometer ความลึกของหลุมเจาะจะเจาะลึกตามที่แสดงไว้ในแบบ โดยทั่วไปจะติดตั้ง Bottom Reference Anchor อยู่ที่ชั้นที่เป็นดินเหนียวแข็ง

- เตรียม Sensor (ก่อนติดตั้งควรจะต้องตรวจสอบโดยต่อ Sensor กับเครื่องวัดว่า Sensor ยังอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดี) และ Accessories ของระบบ Extensometer พร้อมทั้งเครื่องมือที่ใช้ในการติดตั้งให้ครบถ้วน และอยู่ในตำแหน่งที่จะหยิบใช้ได้สะดวกตามลำดับก่อน-หลัง

- ติดตั้งระบบ Extensometer ตามรายละเอียดที่แสดงไว้ในรูป 3.3

- Grout หลุมเจาะด้วย Bentonite Cement Grout ซึ่งมีคุณสมบัติคล้าย ๆ ดินเหนียวอ่อน (โดยใช้อัตราส่วน เบนโทไนท์ : ซีเมนต์ : น้ำ = 1 : 5.5 : 17)

- ถอนปลอกเหล็กออกจากหลุมเจาะพร้อมทั้งเติม Grout Material ลงไปในหลุมเจาะเพื่อเติมช่องว่างที่เกิดจากการถอนปลอกเหล็กให้เต็ม

- ตรวจสอบระดับความลึกของ Hydraulic Anchor แต่ละตัวว่าอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง

- ดันเงี่ย (Anchor Prong) ของ Hydraulic Anchor ให้ฝังยึดติดกับชั้นดิน โดยใช้ปั๊มเพื่ออัดน้ำมันไฮดรอริคผ่านท่อยางไปดันเงี่ยดังกล่าว

- เดินสายไฟฟ้าที่ต่อกับ Sensor ไปยัง Instrumentation Box ซึ่งก่อนติดตั้งระบบ Extensometer ควรจะทำเครื่องหมายของแต่ละสายด้วยเทปสีให้ชัดเจนว่าสายไฟฟ้าเส้นไหนเป็นสายของ Sensor ตัวไหน

- หลังจากติดตั้งระบบ Extensometer เสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้อ่านค่าเริ่มต้นของ Sensor แต่ละหัวไว้ด้วย เพื่อใช้เป็นค่าอ้างอิงต่อไป

3.3.3 Horizontal Inclinometer

ระบบ Horizontal Inclinometer เป็นเครื่องมือสำหรับตรวจวัดพฤติกรรมการทรุดตัวของถนนในแนวดิ่ง ประกอบด้วยการติดตั้ง Casing สำหรับ Sensor เพื่อตรวจวัด Profile การทรุดตัวที่ผิวดิน

วิธีติดตั้งท่อนำทาง (Casing)

- ปรับระดับดินถมให้ได้ระดับเท่า ๆ กัน ตลอดแนวที่ติดตั้ง

- จัดเตรียม Instrumentation Box ให้อยู่ในตำแหน่งและระดับที่เหมาะสม

- จัดเตรียม Casing Accesssory และเครื่องมือที่ใช้ในการติดตั้งอย่างเพียงพอ และอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม

- ติดตั้ง Dead End Pulley ในตำแหน่งที่ริมสุดของคันดิน โดยใช้สายเข็มขัดยึดติดกับเหล็กเส้น ฝังจมลงไปในดิน ให้ได้ความลึกประมาณ 50-60 ซม.

- ติดตั้ง Casing โดยยึดติดกับ Dead End Pulley ด้วย ABS Cement และหมุดย้ำ (Pop Rivet) หลังจากนั้นต่อ Casing เข้าด้วยกันโดยใช้ Coupling เป็นตัวต่อและยึดเข้าด้วยกันอีกทีหนึ่งด้วย ABS Cement และ Rivet โดย Casing ในส่วนที่วางอยู่บนดินถมทุกระยะ 2.00 เมตร จะถูกยึดให้ติดกับดินถมโดยใช้เหล็กเส้นเช่นกัน ระหว่างติดตั้ง Casing นั้น จะต้องพยายามปรับแต่ง Key Way ของ Casing ให้อยู่ในแนวดิ่งเสมอ Pull Cable จะถูกวางสายไว้ด้วยแล้วในระหว่างการติดตั้ง

- หลังจากการติดตั้ง Casing เสร็จเรียบร้อยแล้วให้บดอัดดินรอบ ๆ Casing โดยใช้แรงคนงานบดอัด จะได้ความหนาเหนือ Casing ไม่น้อยกว่า 60-80 ซม. จึงจะยอมให้บดอัดด้วยเครื่องจักรที่ชั้นถัดขึ้นไป หรือได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงาน

- อ่านค่า Base Reading ของ Casing ที่ติดตั้งเสร็จแล้วทันที จำนวน 3 ชุด โดยระหว่างตรวจวัดจะต้องถ่ายระดับจากหมุดหลักฐาน (Bench Mark) มายัง Casing เพื่อประกอบในการเปรียบเทียบค่าการทรุดตัวที่ผิวดินของคันทางต่อไป

ขั้นตอนในการวัดการทรุดตัวของผิวดิน (Horizontal Inclinometer)

- ต่อสายไฟเชื่อมระหว่างหัววัดความเอียง และเครื่องอ่านไฟฟ้าเข้าด้วยกัน

- นำหัววัดความเอียงสอดเข้าไปในท่อฝังจนสุดปลายท่อ และบันทึกค่าความเอียงทุก ๆ ระยะ 0.5 เมตร ที่ดึงหัววัดความเอียงออกมา

- นำค่าที่ได้มาเขียน Profile แสดงค่าการทรุดตัวของผิวดินในแนวดิ่งตลอดความกว้างของถนน ในกรณีที่ทำการอ่านค่าครั้งแรกหลังจากติดตั้ง Casing เสร็จ Profile ที่ได้จะเป็น Profile ที่ใช้ในการอ้างอิงเพื่อเปรียบเทียบการทรุดตัวของผิวดิน ซึ่งจะเกิดขึ้นในอนาคตต่อไป

3.3.4 Earth Pressure Cell

ระบบ Earth Pressure Cell คืออุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดหน่วยความเค้นรวม (Total Stress) ในโครงสร้างดินหรือผิวของโครงสร้าง สำหรับการวัดหน่วยความเค้นรวมในโครงสร้างดินนั้นจะติดตั้ง Earth Pressure Cell ในชั้นดินถมขณะดำเนินการก่อสร้าง ในการนี้จะทำให้สามารถวัดขนาดและทิศทางการกระจายของหน่วยแรง เนื่องจากดินถมที่อยู่เหนือ Earth Pressure Cell นั้น ๆ ได้ ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะติดตั้งเพื่อตรวจวัดหน่วยแรงแบบสถิตย์ หรือมีการเปลี่ยนแปลงของหน่วยแรงอย่างช้า ๆ เท่านั้น หลักการของเครื่องมือ

แบบนี้ประกอบด้วยแผ่นเหล็ก 2 แผ่นรูปวงกลม โดยเชื่อมติดกันตามแนวรอบนอก และเติมช่องว่าง (Cavity) ระหว่างแผ่นเหล็กทั้งสองด้วยของเหลว ซึ่งได้แก่น้ำ Glycol หรือ น้ำมัน โดยมีท่อเหล็กแบบทนแรงดันสูงโยงระหว่าง Cavity และ Pressure Transducer หน่วยความเค้นรวมที่กระทำด้านนอกของ Cell จะถูกต้านกลับด้วยแรงดันที่สมดุลย์กัน ซึ่งเหนี่ยวนำขึ้นมาจากของเหลวภายใน Cavity สิ่งสำคัญที่จะต้องให้ความระมัดระวังคือของเหลวที่เติมใน Cavity จะต้องปราศจากฟองอากาศ Pressure Transducer ซึ่งใช้กับ Cell แบบนี้เป็นแบบ Vibrating Wire Strain Gage ซึ่งเป็นแบบเดียวกับที่กล่าวถึงระบบ Vibrating Wire Strain Gage Piezometer

วิธีติดตั้ง Earth Pressure Cell บนชั้นทราย

1. การติดตั้งจะเริ่มจากปรับพื้นจนเรียบ แล้วใช้เทปวัดระยะทำหลุมรูปสี่เหลี่ยมให้ได้ขนาดกว้าง ×ยาว ×สึกเท่ากับ 0.4 เมตร ×0.8 เมตร ×0.3 เมตร โดยเซาะร่องตามแนวยาว กว้างประมาณ 0.1 เมตร ลาดเอียงเล็กน้อยเข้าหาหลุมคล้าย ๆ กับไม้แบดมินตัน

2. รองพื้นหลุมด้วยทรายให้ชั้นทรายหนาจากพื้นหลุมขึ้นมาประมาณ 0.2 เมตร แล้วพรมน้ำให้ชุ่ม

3. ตรวจสอบ Earth Pressure Cell อีกครั้ง โดยอ่านค่า Reading และอุณหภูมิก่อนติดตั้ง

4. นำ Earth Pressure Cell วางบนชั้นทรายในหลุม โดยจัดให้ปลายของสายไฟออกมาตามร่องที่เซาะเตรียมไว้

5. ถ่ายระดับอ้างอิงมายังตำแหน่งกึ่งกลางของ Earth Pressure Cell เพื่อหาค่าระดับของ Earth Pressure Cell

6. กลบหลุมซึ่งติดตั้ง Earth Pressure Cell แล้ว ด้วยทรายจนเต็มหลุม แล้วพรมน้ำให้ชุ่มอีกครั้ง

7. ถ่ายระดับจากหมุดอ้างอิงมายังปากหลุมอีกครั้งหนึ่ง

8. เริ่มเอาดินเดิมลงในหลุมและบดอัดให้แน่น จนกระทั่งดินที่บดอัดสูงขึ้นมาจากระดับที่ติดตั้งประมาณ 0.4 เมตร ลองอ่านค่าโดยบันทึก Reading และอุณหภูมิ

9. การบดอัดจะต้องระมัดระวังสายไฟที่หย่อนไปยัง Instrumentation Box โดยการขุดกว้าง ×ลึก =0.4 เมตร ×0.4 เมตร และวางสายไฟไปตามร่องนี้และควรจะทำเครื่องหมายของแต่ละสายด้วยเทปสีให้ชัดเจนว่าสายไหนเป็นสายของ Earth Pressure Cell ตัวไหน

10. หลังจากติดตั้งระบบ Earth Pressure Cell เสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้อ่านค่าเริ่มต้นของ Earth Pressure Cell แต่ละตัวไว้ด้วยเพื่อใช้เป็นค่าอ้างอิงต่อไป

วิธีติดตั้ง Earth Pressure Cell บนแท่นหัวเขื่อนและบน Soil Cement

วิธีติดตั้งคล้ายกับ Earth Pressure Cell บนชั้นทรายจะแตกต่างกันตรงที่ Earth Pressure Cell บนแท่นหัวเสาเข็มและพื้น Soil Cement จะใช้ปูนขาวช่วยในการยึดติด Earth Pressure Cell ไว้ไม่ให้มีการเคลื่อนตัวออกจากตำแหน่งที่ติดกัน

3.4 การศึกษาในห้องปฏิบัติการ

3.4.1 การทดสอบคุณสมบัติขั้นพื้นฐานของดิน (Basic properties) มีดังนี้

1. ทดสอบหาปริมาณความชื้นตามธรรมชาติของดิน (Natural moisture content ตาม ASTM D 2216-71
2. ทดสอบหาหน่วยน้ำหนักของดิน
3. ทดสอบหา ATTERBERG LIMIT ของดิน เพื่อหาค่า
   - LIQUID LIMIT ASTM D 423-66
   - PLASTIC LIMIT ASTM D 424-59
   - PLASTIC INDEX
4. ทดสอบหา Specific gravity ของดิน ASTM D 854-58

3.4.2 การทดสอบหาคุณสมบัติด้านวิศวกรรม

1. การทดสอบคุณสมบัติการอัดตัวคายน้ำในลักษณะ 1 มิติ (One dimensional Consolidation test) ตาม ASTM D 2453-70 โดยทำการทดสอบเพื่อตรวจสอบดูลักษณะ STRESS HISTORY หาค่าหน่วยแรงทับถมสูงสุดในอดีต (σ'_{vm}) หาค่า OVER CONSOLIDATION RATIO (OCR) หาค่า RECOMPRESSION

RECOMPRESSION RATIO (RR) หาค่า COMPRESSION RATIO (CR) โดยตัวอย่างดินที่นำมา ทดสอบมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 64 มม. สูง 25 มม. การเพิ่มน้ำหนักจะเพิ่มขึ้นที่ละหนึ่งเท่า (Load Increment ratio = 1) โดยใช้ช่วงเวลาการเพิ่มน้ำหนักเท่ากับ 24 ชม.

2. การทดสอบหาค่ากำลังรับแรงเฉือนของดินที่ถูกอัดตัวคายน้ำแบบ Isotropic มาก่อน ในสภาพอันเดรนพร้อมวัดค่าความดันน้ำโพรง (Isotropically Consolidated Undrained Triaxial Compression Test, $\overline{CIUC}$) ที่กึ่งกลางชั้นดินเหนียวแต่ละชั้นตามสภาพชั้นดิน เพื่อหาค่าโมดุลัสไม่ระบายน้ำ (Undrained modulus, Eu) โดยให้แรงอัดตัวคายน้ำประสิทธิผล (σ'_{vc}) เท่ากับหน่วยแรงอัดตัวประสิทธิผลตามธรรมชาติ (σ'_{vo})

3.4.3 การเก็บข้อมูล Dummy Piezometer

ข้อมูลของ dummy piezometer ไม่มีที่ site ที่ทำการศึกษา จึงได้เอาข้อมูลจากบริเวณใกล้เคียงที่ กม.8+300 และ 37+500

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย