บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 สถานที่เก็บตัวอย่างดิน

ตัวอย่างดินที่ใช้ในงานวิจัยนี้ เป็นดินเหนียวอ่อนกรุงเทพ ฯ ที่ถูกเก็บตัวอย่างแบบคงสภาพ โดยใช้กระบอกเก็บตัวอย่างขนาด 5 นิ้ว ตัวอย่างดินที่ได้ เป็นดินที่ระดับความลึก 6 – 12 เมตร มีเนื้อดินค่อนข้างสม่ำเสมอ

3.2 การทดสอบหาคุณสมบัติพื้นฐาน

แท่งตัวอย่างทุกก้อน จะถูกทดสอบหาค่าคุณสมบัติพื้นฐานโยอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM เบอร์มาตรฐาน D423-66 , D424-59 , D427-61 เพื่อหาปริมาณความชื้น และขีดจำกัดแอตเทอร์เบิร์กลิมิต

3.3 การทดสอบหาความเร็วคลื่นเฉือน

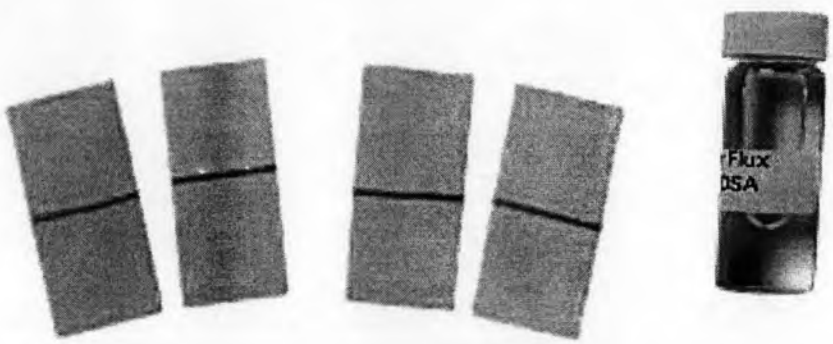
3.3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลอง

1. เครื่องทดสอบอัดตัวคายน้ำ (Oedometer) ใช้ร่วมกับ เครื่องมือที่ประดิฐขึ้นมาใหม่
2. หินพรุน (Porous stone) ที่ทำขึ้นเพื่อการทดสอบนี้โดยเฉพาะ
3. นาฬิกาจับเวลา
4. มาตรวัดการทรุดตัว (Dial gage) ที่ให้ความละเอียดถึง 0.001 นิ้ว
5. เบนเดอร์อิลิเมนต์ ที่เคลือบฉนวนเพื่อป้องกันน้ำและประกอบกับ Top Cap และ Bottom Cap เรียบร้อยแล้ว
6. อุปกรณ์สร้างและบันทึกสัญญาณคลื่น

3.3.2 การเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลอง

3.3.2.1 การเตรียมเบนเดอร์อิลิเมนต์

เบนเดอร์อิลิเมนต์เป็นอุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์ชนิดหนึ่งซึ่งสามารถกำเนิดคลื่นเฉือนได้โดยกระตุ้นด้วยคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับ เนื่องจากผิวของเบนเดอร์อิลิเมนต์มีชั้นฟิล์มของนิกเคิลอ็อกไซด์เคลือบอยู่จึงไม่สามารถบัดกรีได้ ในการต่อเชื่อมสายไฟฟ้าเข้ากับเบนเดอร์อิลิเมนต์นั้น จึงจำเป็นต้องใช้น้ำยาประสาน (flux) ซึ่งเป็นสารละลายกรดเพื่อช่วยในการบัดกรี โดยสายไฟฟ้าที่ใช้เชื่อมต่อนั้นควรเป็นสาย " ชีล-โมโน" เนื่องจากสามารถป้องกันสัญญาณรบกวนจากเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นๆ ได้ดี



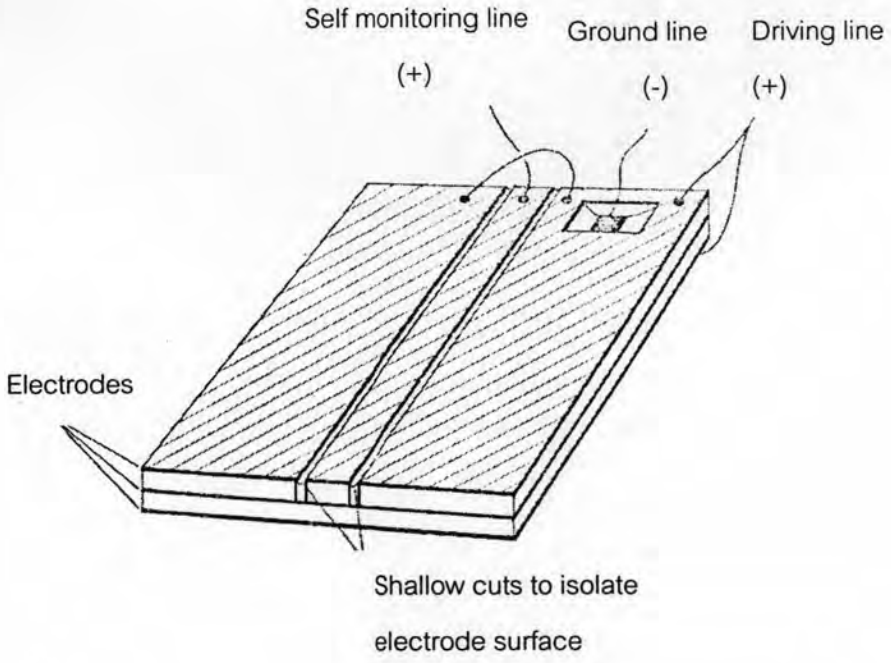
รูปที่ 3.1 แสดงเบนเดอร์อิลิเมนต์ และน้ำยาประสาน (Flux)

เบนเดอร์อิลิเมนต์ที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้เป็นชนิด Y-Poled ที่ถูกต่อเข้ากับสายไฟฟ้าในแบบขนาน (Parallel) แต่ในงานวิจัยนี้ จะทำการกรีดถึงแผ่นกลางของเบนเดอร์อิลิเมนต์ ออกเป็นสามส่วน เป็นร่องเล็ก ๆ เพื่อแยกการเชื่อมต่อทางไฟฟ้าระหว่างแถบดังกล่าว การต่อสายไฟ จะแยกออกเป็นสามเส้นด้วยกันดังต่อไปนี้

ก. Self monitoring line เป็นส่วนของแถบตรงกลาง โดยทั้งสองด้านของเบนเดอร์อิลิเมนต์ต้องต่อเข้าด้วยกันเป็นเส้นเดียว

ข. Driving line เป็นส่วนของแถบตรงขอบด้ายซ้ายและขวา โดยทั้งสองด้านของเบนเดอร์อิลิเมนต์ ต้องต่อเข้าด้วยกันเป็นเส้นเดียว

ค. Ground line เป็นส่วนของไส้กลางของเบนเดอร์อิลิเมนต์ ทำหน้าที่เป็นกราวด์สำหรับสายในข้อ ก และ ข



รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะการต่อสายไฟฟ้าของเบนเดอร์อิลิเมนต์

เบนเดอร์อิลิเมนต์เป็นวัสดุที่มีความต้านทานสูงและต้องใช้งานในน้ำ ดังนั้นหลังจากต่อสายไฟฟ้าเรียบร้อยแล้ว จึงจำเป็นต้องมีการป้องกันการลัดวงจรด้วยการเคลือบผิวเบนเดอร์อิลิเมนต์ด้วยฉนวนตามขั้นตอน ดังนี้

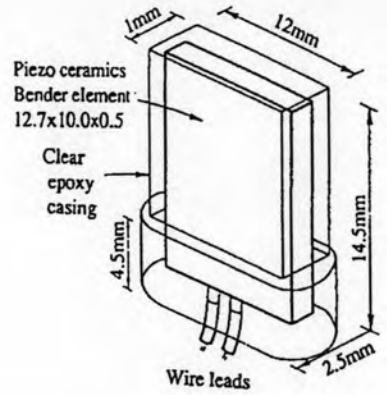
1. ใช้กระดาษกาวสองหน้าทำแม่แบบให้มีขนาดตามต้องการเป็นรูปตัวยู (ให้ได้ขนาดความกว้างประมาณ1.5 เซนติเมตรและยาว 2 เซนติเมตรและความหนาประมาณ 2 เท่าของความหนาเทปกาว)

2. ผสมกาว Epoxy (ในงานวิจัยนี้ใช้กาว Epoxy ยี่ห้อ UHU) เพื่อให้ง่ายต่อการเทลงในแม่แบบ การผสมกาวต้องระวังอย่าให้เกิดฟองอากาศ และเมื่อผสมเสร็จต้องทำการเคาะไล่ฟองอากาศ ประมาณ 15 นาที หรือ ใช้เครื่องเป่าลมผ่านสายยางเล็ก ๆ เป่าไล่ฟองอากาศจะให้ผลที่ดีกว่า

3. เทกาวลงในแม่แบบเพียงครึ่งของความสูงแม่แบบก่อน จากนั้นใช้เข็มเขี่ยไล่อากาศ ออกจากเนื้อกาวให้หมด

4. นำแผ่นเบนเดอร์อิลิเมนต์วางลงบนกาวที่เทเตรียมไว้ในแบบและเทกาวทับหน้าอีกทีให้มีความหนาพอสมควร ใช้เข็มเขี่ยไล่ฟองอากาศออกให้หมด การเคลือบต้องเคลือบทับตรงส่วนที่บัดกรีต่อสายไฟฟ้าด้วย

5. ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมงแล้วจึงแกะแบบออก และนำมาขัดด้วยตะไบให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ แต่ต้องไม่ให้มีความหนามากเกินไป และทำการตกแต่งด้วยกระดาษทรายละเอียดอีกครั้ง



รูปที่ 3.2 การเคลือบเบนเดอร์อิลิเมนต์ด้วยกาว Epoxy

3.3.2.2 การประกอบและติดตั้งเบนเดอร์อิลิเมนต์ ใน Top & Bottom Cap

ในการทดสอบครั้งนี้ เป็นการทดสอบที่ใช้เบนเดอร์อิลิเมนต์เป็นตัวกำเนิดสัญญาณ จึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงอุปกรณ์ที่ทดสอบให้มีขนาดใหญ่ขึ้นและ เหมาะสมกับขนาดของแท่งตัวอย่างดินที่ใช้ในงานวิจัยนี้ โดยที่ Top cap และ Bottom Cap จะถูกเจาะช่องไว้ขนาด กว้าง 10 มิลลิเมตร ยาว 20 มิลลิเมตร ลึกเข้าไปข้างใน 15 มิลลิเมตร ไว้สำหรับยึดเบนเดอร์อิลิเมนต์โดยใช้กาว Epoxy การดำเนินการดังกล่าวมีขั้นตอนดังนี้

1. ทำความสะอาด Top cap และ Bottom Cap และ เช็ดให้แห้ง นำไปยึดกับปากกาจับขยับให้ผิวหน้าได้ระดับ โดยใช้ลูกน้ำปรับระดับ

2. นำเบนเดอร์อิลิเมนต์ที่เตรียมไว้ มาเตรียมยึดกับตัว Top cap หรือ Bottom Cap โดยวางให้ได้ตำแหน่งศูนย์กลาง และ ตั้งตรงแนวดิ่งโดยใช้เหล็กฉากเล็ก ๆ วางทาบไว้ จากนั้นนำกาวตราช้าง ติดตรงฐานเบนเดอร์อิลิเมนต์เล็กน้อยเพื่อให้ได้ตำแหน่งที่ต้องการ

3. ผสมกาว Epoxy ในปริมาณที่พอเหมาะเมื่อผสมเข้ากันดีแล้ว นำมาเทใส่ ในช่องว่างระหว่างเบนเดอร์อิลิเมนต์ กับ Top cap หรือ Bottom Cap ให้เต็มช่องว่าง ปล่อยทิ้งไว้ 24 ชม

4. ตกแต่งผิวตรงผิวหน้า Top cap หรือ Bottom Cap ให้เรียบ โดยใช้ตะไบ และตามด้วยกระดาษทรายละเอียดอีกครั้ง เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องรอใช้งาน

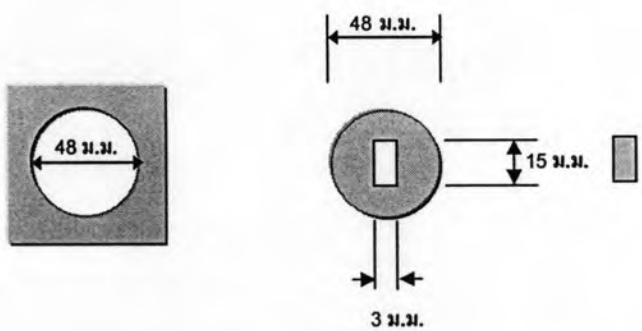
รูปที่ 3.3 แสดง Top cap หลังการติดตั้งเบนเดอร์อิลิเมนต์

3.3.2.3 **การเตรียมแผ่นหินพรุน**

เนื่องจากเครื่องมือที่จัดทำขึ้น มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของดินตัวอย่างที่ใช้ไม่เท่ากับขนาดทั่ว ๆ ไป ประกอบกับต้องมีการดัดแปรงรูปร่างของหินพรุนให้เหมาะสมกับงานวิจัยนี้ด้วย ดังนั้นจึงต้องทำแผ่นหินพรุนขึ้นมาเพื่อใช้เองโดยเฉพาะ ซึ่งมีวิธีการ ดังต่อไปนี้

ก. วัสดุที่ต้องใช้

1. แบบทำจากแผ่นพลาสติกใส เจาะรูให้ได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของแผ่นหินพรุนตามที่ต้องการ และเจาะรูเป็นสี่เหลี่ยมขนาดตามรูป



2. น้ำมันหล่อลื่น (น้ำมันเครื่อง), กระดาษขนาด A4 1 แผ่น และแปรงทาสี

3. เทปกาวสีน้ำตาล แบบที่ใช้ผนึกกล่องเอกสารสำนักงาน

4. ทรายร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 30 และค้างบนตะแกรงเบอร์ 50 เสร็จแล้วล้างน้ำจนสะอาดปราศจากเศษผงต่างๆ และนำเข้าตู้อบให้แห้ง

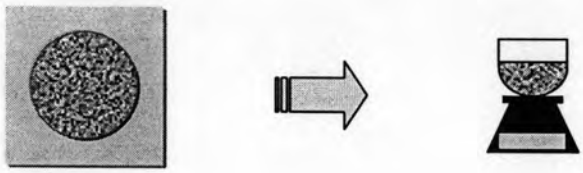
5. กาว Epoxy สำหรับเป็นตัวเชื่อมประสานเม็ดทราย ที่มีอายุหน่วงการแข็งตัว อย่างน้อย 1 ชั่วโมง เพื่อให้มีเวลาพอที่จะผสมสัดส่วนให้เข้ากันดี ปกติจะมี 2 หลอด (ราคาประมาณชุดละ 110 บาท ซื้อมาจากคลองถม) 1 ชุดทำแผ่นหินพรุนได้ประมาณ 1.5 แผ่น เท่านั้น

6. แผ่นน้ำหนักขนาด 5 กิโลกรัม จำนวน 3 แผ่น สำหรับกดทับด้านบน (15 กก.) และขนาด 5 กิโลกรัม จำนวน 4 แผ่น ว่างด้านข้างกันแผ่นพลาสติกเลื่อน

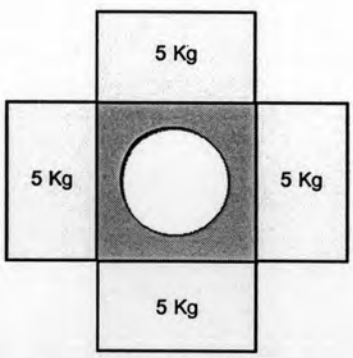
I2317112057

ข. ขั้นตอนการทำ

1. นำแบบพลาสติกมาวางบนพื้นเรียบ ตักทรายที่เตรียมไว้ใส่ให้พอดี แล้วปาดให้เรียบเสมอผิวหน้า จากนั้นกวาดทรายส่วนเกินออกให้หมด นำทรายที่อยู่ในแผ่นพลาสติก ไปชั่งหาน้ำหนักทราย



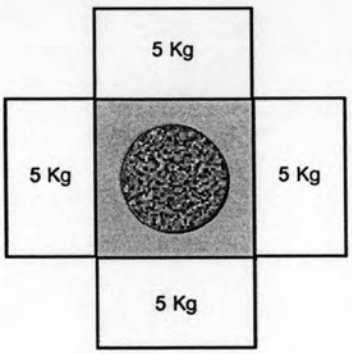
2. นำกระจกวางลงบนโต๊ะ ตามด้วยกระดาษ A4 และแบบพลาสติกวางทับลงไปอีกครั้งหนึ่ง ยึดทั้ง 4 ด้านของแบบพลาสติกให้แน่น ด้วยเทปกาวสีน้ำตาล จากนั้นใช้แปรงทาน้ำมันหล่อลื่น (น้ำมันเครื่อง) ทาลงบนกระดาษ A4 กับบริเวณด้านในแบบพลาสติกให้ทั่ว และ วางแผ่นน้ำหนัก ขนาด 5 กิโลกรัม รอบด้านแบบทั้ง 4 ด้านเพื่อป้องกันแบบเลื่อน



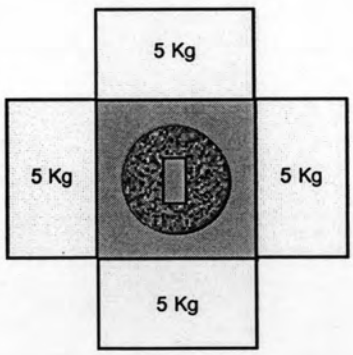
3. ชั่ง Epoxy โดยที่น้ำหนักที่ใช้ คือ หลอดแรก 5% ของน้ำหนักทราย และหลอดที่สองอีก 5% ของน้ำหนักทราย ดังนั้นน้ำหนัก Epoxy ที่ต้องใช้ทั้งหมดเท่ากับ 10% ของน้ำหนักทรายแห้ง

4. ผสม Epoxy ทั้งสองส่วนจนเข้ากันเป็นสีเดียวโดยใช้ ที่ปาดดิน (Spatula) จากนั้นนำทรายแห้งโรยลงไป ค่อยๆ ผสมจนกระทั่งเข้ากันดี ต้องทำให้เสร็จภายใน 45 นาที (กรณีที่ ใช้ Epoxy ที่มีอายุหน่วงการแข็งตัว 1 ชั่วโมง) ไม่เช่นนั้นจะกดลงแบบพลาสติกที่เตรียมไว้ไม่ทัน

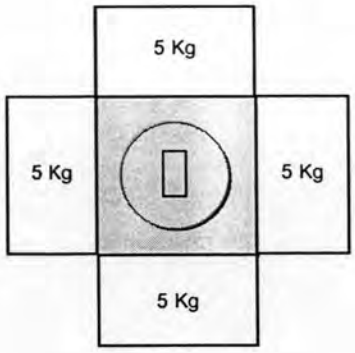
5. นำส่วนผสมที่ได้ในข้อ 4 โดยใช้ที่ปาดดิน ค่อยๆ กดลงในแบบพลาสติกให้เต็มพอดี จากนั้น กด-ปาดให้เรียบ พร้อมตรวจสอบความเรียบของผิวหน้า ซึ่งอาจจะใช้ ไม้บรรทัด วางเอียงเล็กน้อยกับแบบพลาสติกแล้วลากเข้าหาตัว ควรทำใน 2 ทิศทาง คือ เหนือ-ใต้, ตะวันออก-ตะวันตก



6. นำชิ้นส่วนของแผ่นพลาสติกรูปสี่เหลี่ยมที่ตัดออก กดลงตรงกลางของเนื้อทรายที่เตรียมไว้ เพื่อจะทำให้เป็นช่องสี่เหลี่ยมไว้หลังจาก ทรายแข็งตัว



7. วางแผ่นพลาสติกรูปวงกลมทับผิวหน้าอีก 1 ชั้นตามมา แต่ก่อนวางต้องทาน้ำมันบริเวณด้านที่ติดกับเนื้องาน ก่อนเพื่อป้องกันไม่ให้แผ่นพลาสติก ติดกับทราย



8. วางแผ่นน้ำหนักขนาด 5 กิโลกรัม จำนวน 3 แผ่น (15 กิโลกรัม) ทับบนแผ่นพลาสติกกลมอีกชั้นหนึ่ง รอประมาณ 2 วัน จึงนำมาใช้งานได้

9. การแกะแบบ ให้นำน้ำหนักกดทับออกให้หมด แล้วนำแผ่นพลาสติกรูปวงกลมวางลงบนพื้นเรียบๆ ก่อนอันดับแรก จากนั้น ให้นำแผ่นพลาสติกที่มี แผ่นหินพรุน ติดอยู่วางทับซ้อนให้วงกลมทับกันพอดี ค่อยๆ กดบริเวณด้านข้างลงตรงๆ ก็จะได้แผ่นหินพรุนตามต้องการ

10. นำแผ่นหินพรุนมาล้างให้สะอาด ตรวจสอบรอยแตกร้าว ตกแต่งขอบและผิวหน้าทั้งสองด้านให้เรียบร้อย เก็บไว้ใช้งานต่อไป ก่อนใช้งานต้องต้มในน้ำเดือดก่อนเพื่อไล่ฟองอากาศ

3.3.2.4 **การเตรียมแผ่นกระดาษกรอง** (Fitter paper)

ในงานวิจัยนี้ได้มีการทำ แผ่นหินพรุนขึ้นเอง และมีลักษณะแตกต่างจากแบบทั่วไปเล็กน้อย การเตรียมแผ่นกระดาษกรองจึงจำเป็นต้องตัดให้มีลักษณะเหมือนกับแผ่นหินพรุน ทำได้โดยการลอกแบบแผ่นหินพรุนลงบนกระดาษกรอง และใช้กรรไกรกับมีดตัดให้ได้รูปร่างตามต้องการ

3.3.3 **วิธีการทดลอง**

3.3.3.1 **การเตรียมตัวอย่างดิน**

1. นำตัวอย่างดินมาตัดแต่งลงใน Consolidation ring โดยใช้ Specimen trimmer ตัดแต่งให้ได้ขนาดตามความเหมาะสมของงานวิจัย โดยตัวอย่างที่ใช้ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 48 มิลลิเมตร หนา 45 มิลลิเมตร

2. วัดขนาดของตัวอย่างและชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณหาความหนาแน่นและ Initial void ratio ต่อไป ส่วนดินที่เหลือจากการตัดแต่ง ให้นำไปหาความชื้นของตัวอย่าง

3. นำตัวอย่างติดตั้งลงใน Consolidometer โดยทั้งด้านบนและด้านล่างของตัวอย่าง จะประกอบด้วยแผ่นกระดาษกรอง และปิดด้วยแผ่นหินพรุน เพื่อช่วยในการระบายน้ำออกจากตัวอย่าง

4.นำ Consolidometer เข้าติดตั้งใน Loading frame ทำการติดตั้ง dial gage สำหรับวัดการทรุดตัวของตัวอย่างโดยต้องวัดได้ละเอียดถึง 0.001 นิ้ว แล้วใส่น้ำใน Consolidometer ให้ระดับน้ำอยู่เหนือระดับผิวดินของตัวอย่าง

3.3.3.2 **การบรรทุกน้ำหนักและบันทึกข้อมูล**

1. ก่อนเริ่มบรรทุกน้ำหนักบนตัวอย่างต้องเตรียมอุปกรณ์เหล่านี้ให้พร้อม เช่น แบบบันทึกข้อมูล นาฬิกาจับเวลา ตุ้มน้ำหนัก

2. น้ำหนักบรรทุกที่จะใช้วางบนคานซึ่งสามารถขยายน้ำหนักให้กดลงบนตัวอย่างดินเท่ากับ 10 เท่าของน้ำหนักจริง ขนาดของน้ำหนักที่จะใช้ ขึ้นอยู่กับ ความลึกของตัวอย่างดินที่นำมาทดลอง

โดยหลักการสำคัญของการทดสอบต้องทำการกดน้ำหนักให้มีค่ามากกว่าความดันประสิทธิผล ที่กดทับในธรรมชาติ ซึ่งในงานวิจัยนี้เลือกกดน้ำหนักประมาณ 3 ครั้ง และน้ำหนักในการทดสอบกำหนดไว้ ดังนี้ $\frac{1}{2}$,1,2 เท่าของความดันประสิทธิผล $\left(\sigma'_{vo}\right)$

3. วางน้ำหนักชุดแรกแล้วเริ่มบันทึกค่าการทรุดตัวจาก Dial gage กับเวลาโดย ทำการบันทึกตามเวลาดังนี้ 0.031, 0.062, 0.125, 0.25, 0.50, 1, 2, 4, 8, 15, 30 นาที และ 1, 2, 24 ชั่วโมง นับจากเวลาเริ่มต้น

4. เขียนกราฟ ระหว่าง ค่าการทรุดตัว กับ $\sqrt{t}$ เพื่อทราบลักษณะกราฟของการทรุดตัวของแท่งตัวอย่าง

5. หลังค่าการทรุดตัวมีค่าคงที่ หรือทิ้งไว้ 24 ชม. จะต้องเพิ่มน้ำหนักชุดที่ 2 โดยปฏิบัติเช่นเดียวกัน จนครบชุดน้ำหนักที่กำหนดไว้

3.3.3.3 **การส่งและวัดคลื่นแรงเฉือน**

กระบวนการส่งคลื่นเริ่มโดยการ ใช้อุปกรณ์สร้างสัญญาณคลื่น (Function Generator) เป็นตัวกำเนิดคลื่น ที่มีความถี่และความสูงของคลื่นตามกำหนด แล้วส่งต่อไปยังเบนเดอร์อิลิเมนต์ตัวส่ง โดยสัญญาณคลื่นจากเบนเดอร์อิลิเมนต์ตัวส่ง จะวิ่งผ่านตัวอย่างดินตัวอย่าง ไปยังเบนเดอร์อิลิเมนต์ ตัวรับสัญญาณ สัญญาณที่วัดได้จากเบนเดอร์อิลิเมนต์ตัวรับและตัวส่งโดย

Oscilloscope จะถูกบันทึกเป็นไฟล์ข้อมูลและแสดงผลทางคอมพิวเตอร์ ข้อมูลจากการทดลองแต่ละครั้งจะถูกนำไปวิเคราะห์หาค่าต่าง ๆ ต่อไป

โปรแกรม การวัดคลื่นเฉือนของงานวิจัยนี้ จะทำโดยการสร้าง รูปแบบสัญญาณคลื่นส่งไว้ 3 แบบ ในการทดลองกับหนึ่งตัวอย่างจะทำการส่งคลื่นเฉือน ทั้ง 3 แบบ และนำมาศึกษาเปรียบเทียบผลที่ตรวจวัดได้จากการคลื่นทั้งสามแบบ รูปแบบสัญญาณคลื่นส่งที่ใช้มีดังนี้

-ขบวนคลื่นรูปไซน์แปรความถี่

การทดสอบจะใช้ความสูงของคลื่น 10 voltage และใช้ความกว้างแถบความถี่ตั้งแต่ 1,500 – 10,000 Hz โดยจะทำการเพิ่มค่าความถี่ครั้งละ 500 Hz และเริ่มใช้ความถี่เริ่มต้นตั้งแต่ 500 – 4,500 Hz และทำการเพิ่มความถี่เริ่มต้นครั้งละ 500 Hz เช่นกัน ในการส่งคลื่นแต่ละครั้งจะทำการบันทึกข้อมูลไว้

ตารางที่ 3.1 โปรแกรมการทดสอบ โดยใช้ขบวนคลื่นรูปไซน์แปรความถี่

min freq / Bandwidth	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000
1500										
2000										
2500										
3000										
3500										
4000										
4500										
5000										
5500										
6000										
6500										
7000										
7500										
8000										
8500										
9000										
9500										
10000										

- **คลื่นดลรูปไซน์**

การทดสอบจะใช้ความสูงของคลื่น 10 voltage และใช้ความถี่ตั้งแต่ 1,500 – 10,000 Hz โดยจะทำการเพิ่มค่าความถี่ครั้งละ 500 Hz ในการส่งคลื่นแต่ละครั้งจะทำการบันทึกข้อมูลไว้

โปรแกรมการทดสอบ คลื่นดลรูปไซน์

frequency(Hz)	1500	2000	2500	⟶	8500	9000	10000

- **คลื่นรูปขั้นบันได** (Step Wave)

การทดสอบจะใช้ความสูงของคลื่น 10 voltage โดยจะทำการทดลองส่งคลื่น 5 ครั้ง เหมือน ๆ กันแล้วบันทึกข้อมูลไว้ เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ย

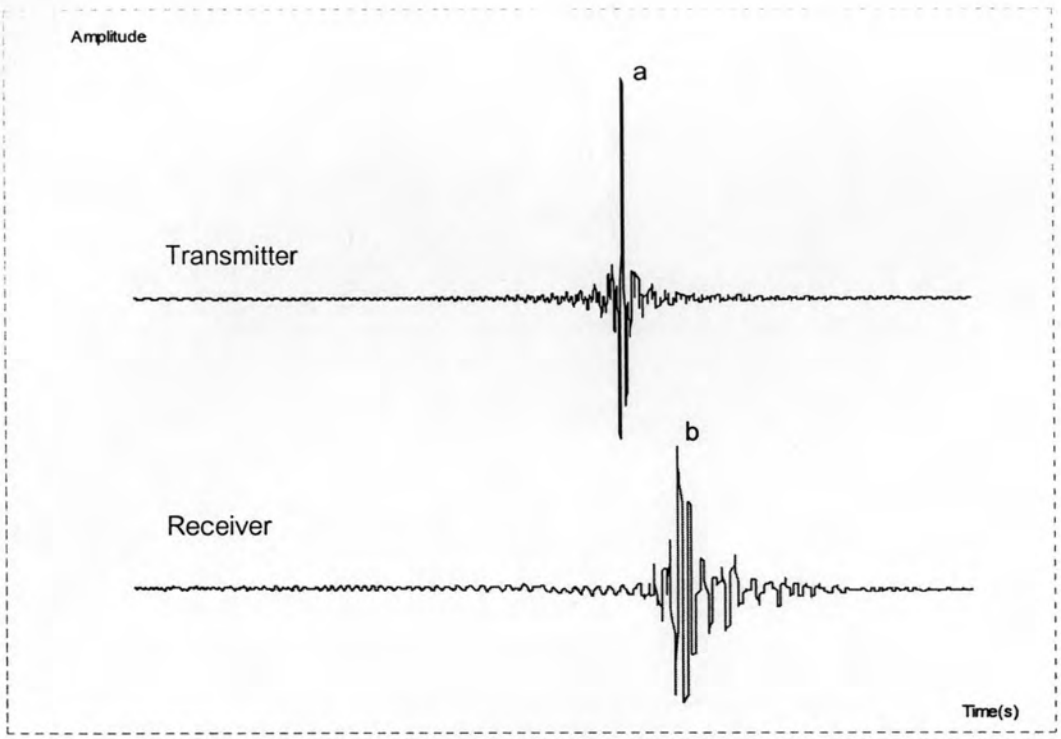
3.4 การคำนวณและวิเคราะห์ข้อมูล

ผลที่ได้จากการทดลอง จะเป็นลักษณะของรูปสัญญาณ ของคลื่นจากการส่งสัญญาณคลื่นทั้งสามแบบ ประกอบด้วย ขบวนคลื่นรูปไซน์แปรความถี่, คลื่นดลรูปไซน์, คลื่นรูปขั้นบันได ซึ่งจะแสดงในกราฟเดียวกันทั้งสัญญาณคลื่นส่งและคลื่นรับ ที่วัดได้จากเบนเดอร์อิลิเมนต์ แล้วจึงวัดเวลาที่คลื่นเฉือนใช้ในการเดินทาง เพื่อหาค่าความเร็วคลื่นเฉือนโดยใช้สมการที่ 2.4

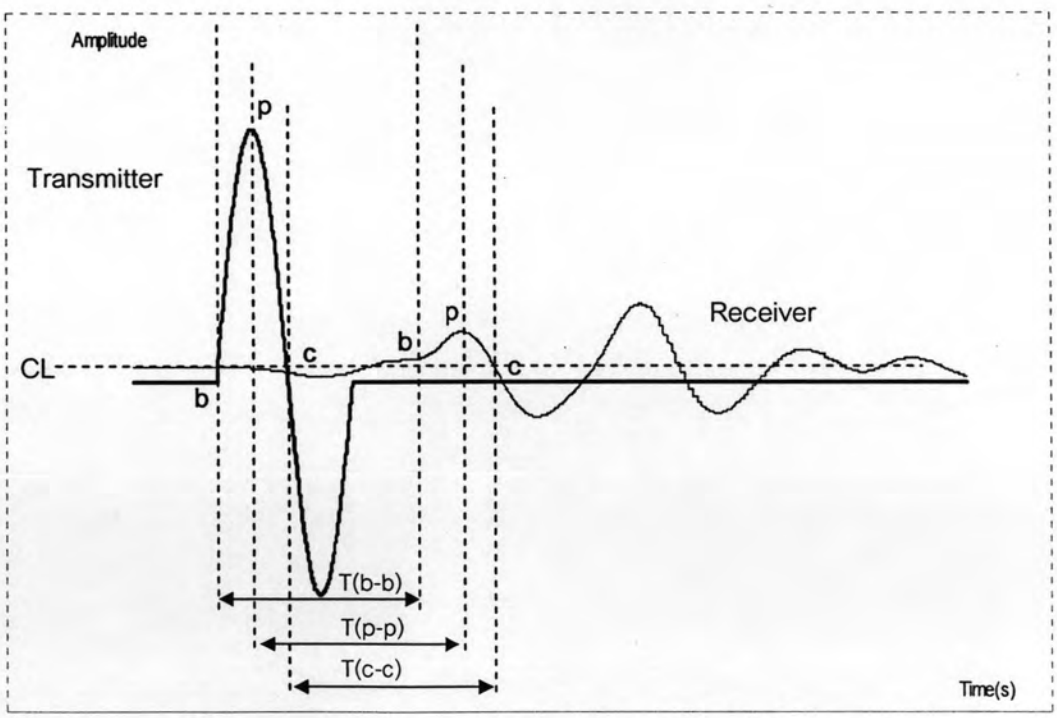
ความเร็วของคลื่นเฉือนที่วัดได้จากการการส่งคลื่นทั้งสามแบบ จะถูกนำมาเปรียบเทียบเพื่อหาความแตกต่างพฤติกรรมของคลื่นเฉือน ข้อดีข้อเสียจากผลที่ได้ และวิเคราะห์ถึงผลกระทบด้านต่างที่ส่งผลกับค่าความเร็วคลื่นเฉือน

3.4.1 การหาเวลาในการเดินทางของคลื่นเฉือน

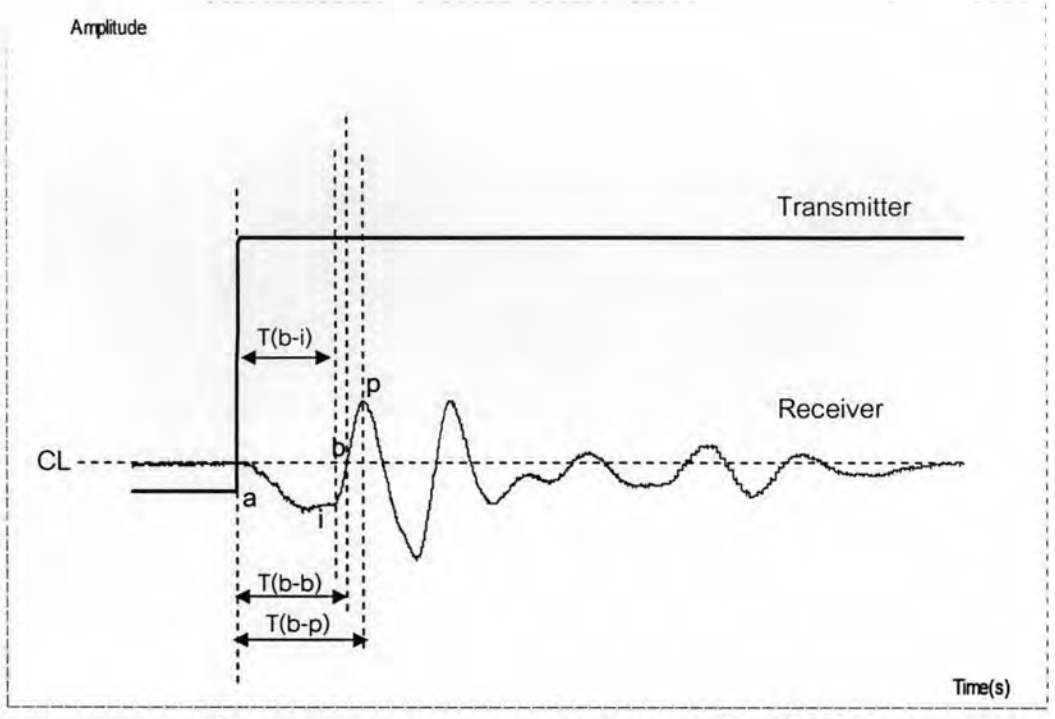
ในงานวิจัยนี้จะหาเวลาในการเดินทางของคลื่น ซึ่งใช้เวลาจากการใช้ขบวนคลื่นรูปไซน์แปรความถี่ เป็นบรรทัดฐานในการหาเวลาในการเดินทางคลื่นเฉือนของคลื่นดลรูปไซน์และคลื่นรูปขั้นบันได โดยจะพิจารณาหาเวลาในการเดินทางของคลื่นดลรูปไซน์และคลื่นรูปขั้นบันได ว่าจะต้องใช้ตำแหน่งใดถึงจะมีค่า ใกล้เคียงกับขบวนคลื่นรูปไซน์แปรความถี่ มากที่สุด ซึ่งจะทำการหาค่าวามเร็วคลื่นโดยใช้ตำแหน่งต่าง ๆ บนคลื่นทั้งสามแบบ ดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.4 แสดงตำแหน่งการหาเวลาบนสัญญาณ cross- correlation



รูปที่ 3.5 แสดงตำแหน่งการหาเวลาเวลาบนสัญญาณคลื่นดลรูปไซน์



รูปที่ 3.6 แสดงตำแหน่งการหาเวลาบนสัญญาณคลื่นรูปขั้นบันได

จากรูปที่ 3.4 เป็นสัญญาณของขบวนคลื่นรูปไซน์แปรความถี่ ที่ผ่านกระบวนการ correlation แล้ว ซึ่งจะใช้ตำแหน่งที่มีค่าความสูงของคลื่นมากที่สุดบนคลื่นตัวส่งและคลื่นตัวรับหาเวลาในการเดินทางของคลื่น จากรูปคือตำแหน่ง a และ b

จากรูปที่ 3.5 เป็นสัญญาณคลื่นดลรูปไซน์ ซึ่งจะทำการพิจารณาหาเวลาในการเดินทางของคลื่นเฉือนทั้งหมด 3 ช่วงเวลา คือ เวลาจากตำแหน่งเริ่มต้นของคลื่นตัวส่งและคลื่นตัวรับคือจุด b (beginning) ได้เวลา T(b-b) , เวลาจากตำแหน่งสูงสุดของคลื่นไซน์ลูกแรกของคลื่นตัวส่งและคลื่นตัวรับคือจุด p (peak) ได้เวลา T(p-p) และ เวลาจากตำแหน่งสิ้นสุดของคลื่นไซน์ลูกแรกบนคลื่นตัวส่งและคลื่นตัวรับคือจุด c (cross) ได้เวลาเป็น T(c-c)

จากรูปที่ 3.6 เป็นสัญญาณคลื่นรูปขั้นบันได ซึ่งจะทำการพิจารณาหาเวลาในการเดินทางของคลื่นเฉือนทั้งหมด 3 ช่วงเวลา โดยตำแหน่งบนคลื่นตัวส่งจะใช้จุดเริ่มต้นของสัญญาณ คือจุด b (beginning) และตำแหน่งบนคลื่นตัวรับจะพิจารณาที่จุด I (initial) , b (beginning) , p (peak) ได้เวลาของการเดินทางในการพิจารณาแต่ละตำแหน่งเป็น T(a-i) , T(a-b) และ T(a-p) ตามลำดับ