บทที่ 3

วิธีและขั้นตอนการวิจัย

3.1 บทนำ

เพื่อให้ได้ผลการวิจัยตามจุดประสงค์ การกำหนดวิธีการและขั้นตอนการวิจัยจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง ตามจุดประสงค์การวิจัยเพื่อให้ทราบถึงผลกระทบของแอนไอโซทรอปีต่อพฤติกรรมของความเค้น-ความเครียดในก่อนและหลังการเกิดกำลังสูงสุดของดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ การทดสอบในห้องปฏิบัติการจึงได้ถูกจำลองขึ้นเพื่อศึกษากำลังรับแรงเฉือนในทิศทางต่างๆ การทดสอบดังกล่าวได้แก่

1) การทดสอบแรงเฉือนโดยตรง (Direct shear test)

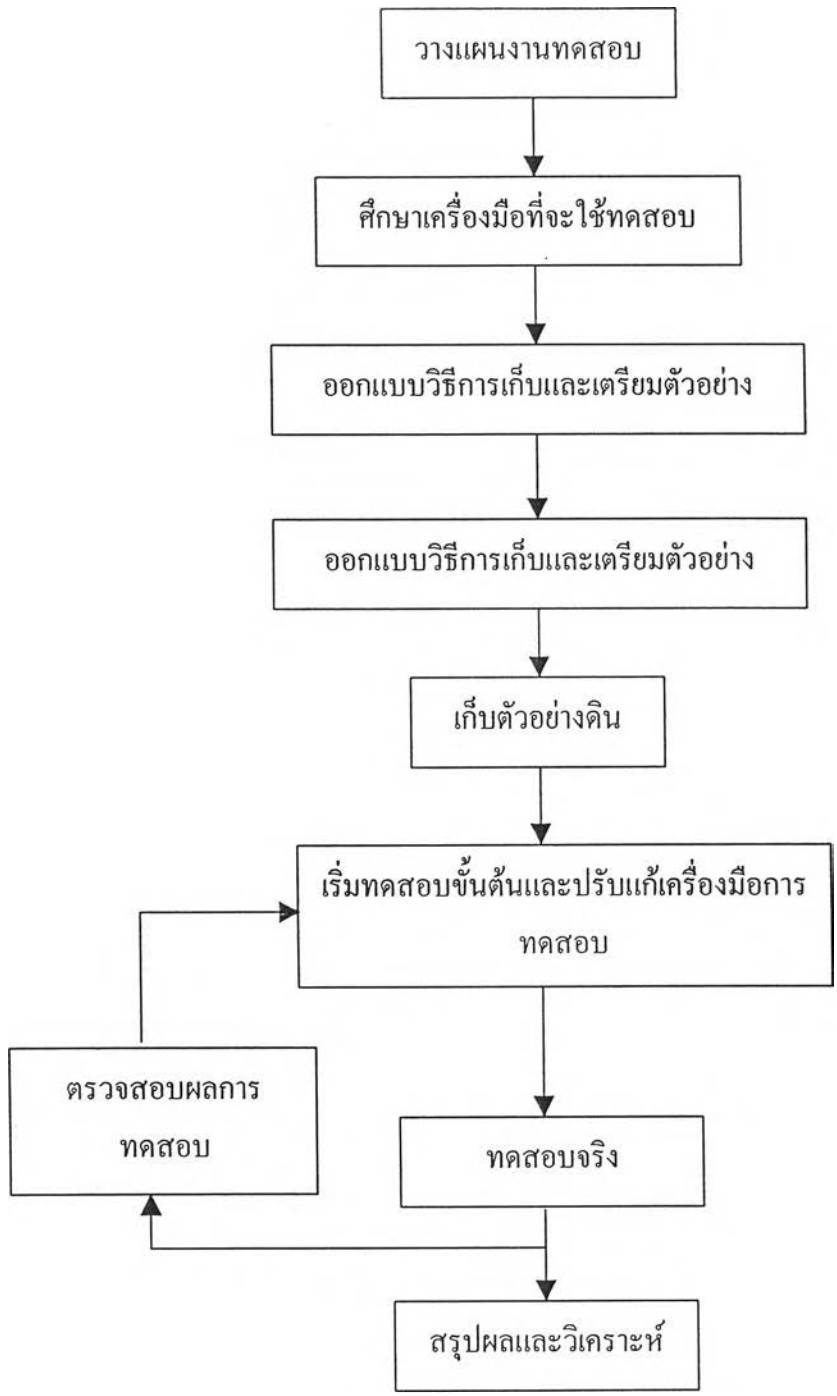
2) การทดสอบแรงเฉือนแบบวงแหวน (Ring shear test)

3) การทดสอบแรงอัดแบบไม่จำกัด (Unconfined compression test)

4) การทดสอบการยุบอัดตัวคายน้ำ (Oedometer test)

การทดสอบเริ่มจากการวางแผนการเก็บดินตัวอย่างจากแหล่งตัวอย่างในกรุงเทพฯ, เลือกแหล่งเก็บดินตัวอย่าง, ออกแบบวิธีการเก็บดินตัวอย่าง, ออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้เตรียมตัวอย่างแบบ Undistured สำหรับเครื่องมือทดสอบแรงเฉือนแบบวงแหวน (Ring shear test), ศึกษาวิธีใช้เครื่องมือทดสอบของเครื่องมือที่ใช้ทดสอบทั้งหมด, เลือกอัตราความเร็วที่จะใช้ในการทดสอบ, ปรับเทียบ (Calibrate) เครื่องมือที่ใช้ทดสอบ, กำหนดขั้นตอนและระยะเวลาที่ใช้ทดสอบและเริ่มลงมือทดสอบ ในระหว่างทดสอบได้มีการตรวจสอบผลที่ได้อยู่ตลอด เพื่อควบคุมขั้นตอนการทดสอบและผลการทดสอบให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ แผนผังการดำเนินการวิจัยทั้งหมดที่ใช้ในงานวิจัยชิ้นนี้จะแสดงไว้ในตารางที่ 3.1

I19236542



ตารางที่ 3.1 แผนผังขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.2 การเก็บตัวอย่างดิน

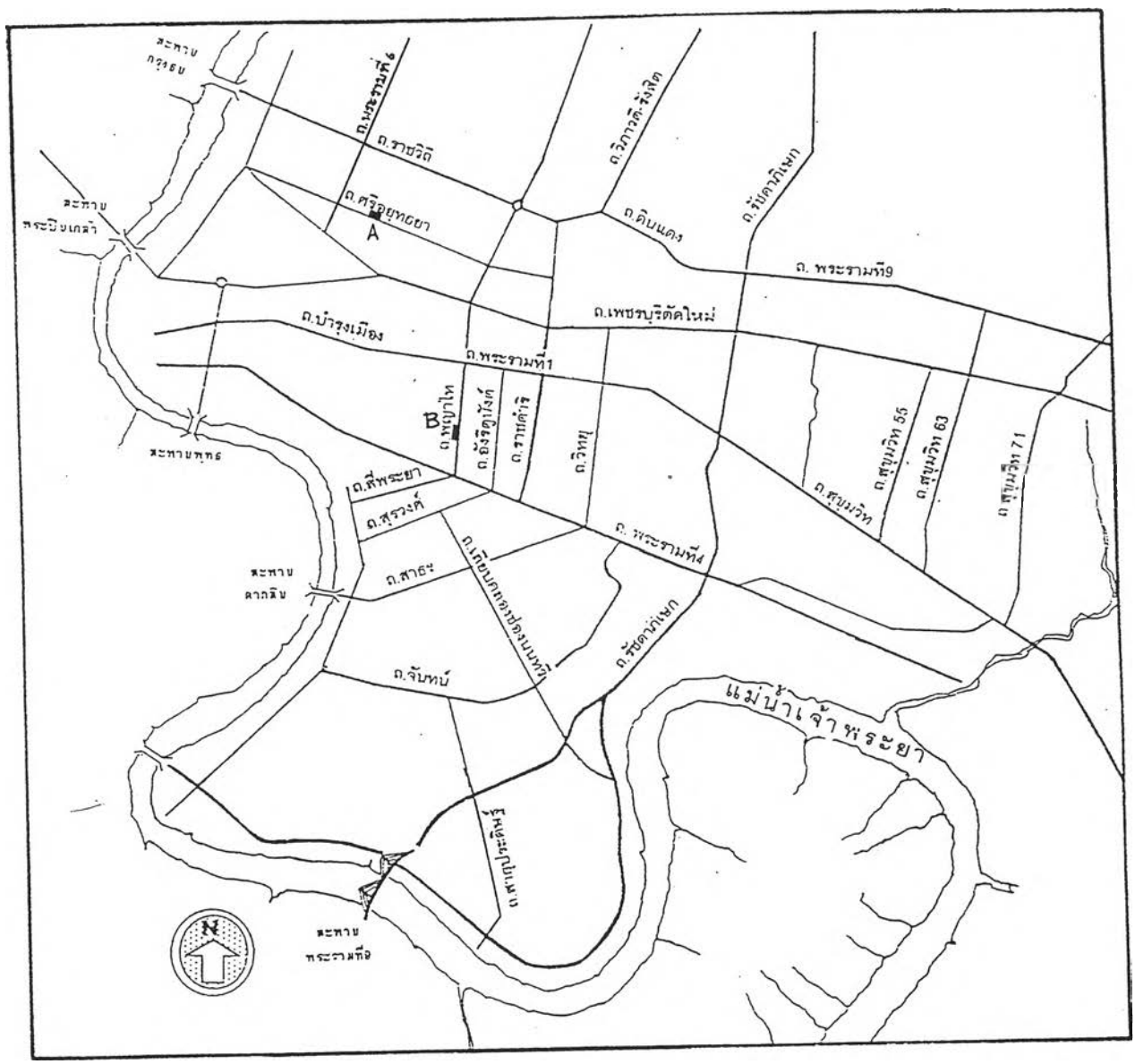
เนื่องจากต้องการทราบผลกระทบของแอนไอโซทรอปีของกำลังรับแรงเฉือนของดิน ซึ่งคาดว่าน่าจะขึ้นอยู่กับการจัดเรียงตัวและลักษณะของอนุภาคของดินเหนียว ดังนั้นการเก็บตัวอย่างจึงจำเป็นที่จะต้องเก็บแบบไม่ให้มีการกระทบกระเทือนกับตัวอย่างดิน (Undisturbed sampling) และเนื่องจากตัวอย่างที่เก็บมาได้ต้องให้มีขนาดตามอุปกรณ์ทดสอบแรงเฉือนแบบวงแหวน (Ring shear test)ซึ่งมีขนาดใหญ่ ดังนั้นตัวอย่างที่เก็บมาจึงต้องมีขนาดใหญ่เหมาะสมด้วย ซึ่งในงานวิจัยนี้เลือกใช้กระบอกพีวีซีขนาด 6 นิ้วมาเป็นกระบอกเก็บตัวอย่าง ดังนั้นจึงมีข้อจำกัดของการเก็บตัวอย่างเกิดขึ้นคือ ไม่สามารถที่จะเก็บดินตัวอย่างที่ความลึกมากๆได้ ในงานวิจัยนี้จึงเลือกเก็บโดยกำหนดความลึกของตัวอย่างเอาไว้ที่ประมาณ 4-5 เมตรจากระดับผิวดินลงไป ซึ่งที่ความลึกระดับนี้จะเป็นความลึกโดยทั่วไปสำหรับงานก่อสร้างฐานรากในบริเวณกรุงเทพมหานคร ดังนั้นจึงไม่เป็นอุปสรรคในการที่จะเลือกแหล่งเก็บดินตัวอย่าง

3.2.1 สถานที่ที่เก็บดินตัวอย่าง

งานวิจัยชิ้นนี้ได้เลือกโครงการก่อสร้างอาคารในกรุงเทพฯ 2 โครงการที่จะใช้เป็นที่เก็บดินตัวอย่าง เนื่องจากทั้ง 2 โครงการอยู่ในบริเวณใจกลางกรุงเทพมหานครและกำลังอยู่ในระหว่างการก่อสร้างงานฐานรากพอดี โครงการทั้ง 2ได้แก่

1) โครงการก่อสร้างอาคาร8ชั้น คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล อยู่บริเวณถนนศรีอยุธยา เป็นโครงการก่อสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กสูง 8 ชั้น งานฐานรากเป็นเสาเข็มเจาะ การก่อสร้างฐานรากใช้ระบบ Sheet pileและBracing มาเป็นระบบป้องกันดินระหว่างการขุดดินฐานราก ดังนั้นการเก็บตัวอย่างดินจึงไม่มีปัญหา เนื่องจากสามารถลงไปทำงานได้อย่างสะดวก ตำแหน่งที่ตั้งโครงการแสดงดังรูปที่ 3.1(จุด A)

2) โครงการก่อสร้างอาคารจามจุรี5 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อยู่บริเวณถนนพญาไท (จุด B) ในรูปที่3.1 ลักษณะโครงการเป็นโครงการก่อสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก งานฐานรากเป็นเสาเข็มเจาะ และใช้ระบบ Sheet pile และ Bracing เป็นระบบป้องกันการเคลื่อนตัวของดินเช่นเดียวกัน



รูปที่ 3.1 แสดงแผนผังที่ตั้งของโครงการก่อสร้างที่ใช้

3.2.2 ลักษณะดินตัวอย่าง

ดินตัวอย่างจากทั้งสองแหล่ง มีลักษณะใกล้เคียงกันคือมีลักษณะเป็นดินเหนียวสีเทาเข้ม ซึ่งคาดว่าน่าจะมีอินทรีย์สารมาก มีทรายแป้งแทรกอยู่บ้างเล็กน้อยเป็นชั้นบางๆ มีเศษเปลือกหอยปน ในกระบอกเก็บตัวอย่างบางกระบอกพบเปลือกหอยขนาดใหญ่ประมาณ 1 นิ้ว จากการสังเกตพบว่าในดินตัวอย่างที่เก็บไว้นานๆ(ตัวอย่างที่เก็บในถุงพลาสติกไว้รอทดสอบคุณสมบัติด้านพลาสติก)จะมีสีจางลง จากการทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมเบื้องต้นจะได้ผลดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.2 ซึ่งผลดังกล่าวได้จากการทดสอบหาขีดจำกัดของ Atterberg (Atterberg's limit), การทดสอบหาปริมาณน้ำในดิน(Natural water content),การทดสอบการอัดตัวคายน้ำ (Oedometer test or Consolidation test)

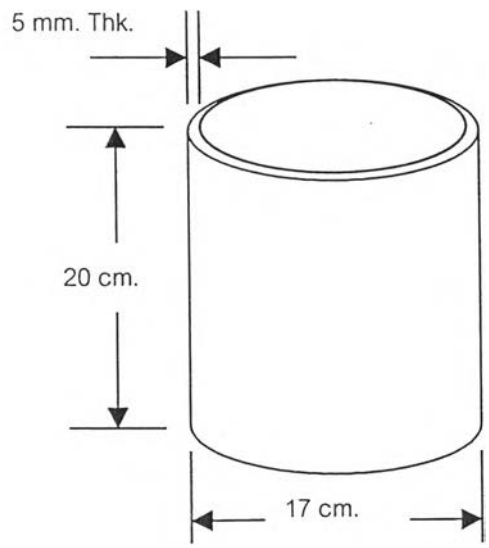
ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติทางวิศวกรรมเบื้องต้นของดินที่ใช้ทดสอบ

Property	Mahidol	Chulalongkorn
Water content, %	50-87	52-75
Liquid limit, %	60	65
Plastic limit, %	30	27
Plasticity index, %	30	38
Unit weight, ton/m^3	1.6-1.7	1.6-1.7
Specific gravity	2.70	2.70
Preconso. Pressure, kPa.	70	70
OCR	1.2-1.4	1.2-1.4

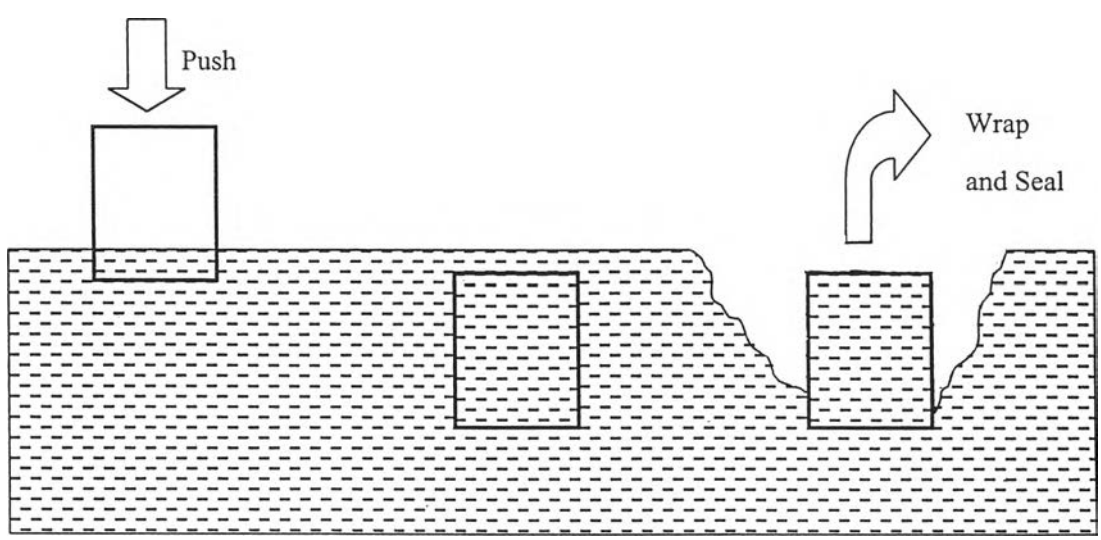
3.2.3 การเก็บตัวอย่างดิน

การเก็บตัวอย่างดินได้ประยุกต์มาจากวิธีการเก็บตัวอย่างแบบ Block sample โดยใช้กระบอกพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 17 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร หนา 0.5 เซนติเมตร (รูปที่ 3.2)

กระบอกเก็บตัวอย่างนี้จะถูกกดลงไปตามแนวดิ่ง (รูปที่ 3.3)จากนั้นจึงทำการเก็บดินรวมทั้งกระบอกขึ้นมา ใช้พลาสติกปิดหัวท้ายแล้วนำไปเคลือบขี้ผึ้งเพื่อป้องกันตัวอย่างสูญเสียความชื้น หลังจากนั้นจึงนำไปเก็บไว้เพื่อรอทดสอบต่อไป



รูปที่ 3.2 ลักษณะกระบอกที่ใช้เก็บตัวอย่าง



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการใช้กระบอกพีวีซีเก็บตัวอย่าง

3.3 รายละเอียดการทดสอบ

ในงานวิจัยชิ้นนี้ได้กำหนดรายการการทดสอบดังนี้

3.3.1 Direct shear test จะศึกษาผลกระทบของแอนไอโซทรอปีต่อกำลังรับแรงเฉือนของดินตัวอย่างจากทั้ง 2 แหล่งดังกล่าว ที่ความลึกประมาณ 4 ถึง 5 เมตรจากระดับผิวดินลงไป ดินตัวอย่างจากกระบอกเก็บตัวอย่างจะถูกนำมาตัดให้เอียงตามระนาบที่ต้องการ โดยให้ระนาบเอียงทำมุม 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90 องศากับแนวราบ ก่อนที่จะตกแต่งให้เข้ากับ Shear box ด้วยมีดวงแหวน (Trimmer) ตัวอย่างดินที่ตกแต่งแล้วจะเป็นทรงกระบอกมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 เซนติเมตรและหนา 2.3 เซนติเมตร เมื่อนำดินตัวอย่างมาใส่ Shear box แล้วตัวอย่างจะถูกประกบบน-ล่างด้วยแผ่นหินพรุน เพื่อให้ตัวอย่างเกิดการอัดตัวคายน้ำภายใต้น้ำหนักที่ต้องการก่อน จากนั้นจึงเริ่มทดสอบหากำลังรับแรงเฉือนโดยใช้อัตราเร็วในการเฉือนเท่ากับ 0.1656 มิลลิเมตรต่อนาที หรือประมาณ 0.72 เปอร์เซ็นต์ของความเครียดเฉือนต่อนาที เครื่องมือทดสอบ Direct shear test แสดงไว้ในรูปที่ ก.1 ในภาคผนวก ก.

3.3.2 Ring shear test เช่นเดียวกับการทดสอบ Direct shear test ดินตัวอย่างจะถูกทดสอบที่ระนาบต่างๆและใช้น้ำหนักที่ทำให้เกิดการอัดตัวคายน้ำเช่นเหมือนกับการทดสอบ Direct shear test ตัวอย่างดินที่ถูกตกแต่งก่อนนำเข้ามาใส่ Shear box จะมีลักษณะเป็นทรงกระบอกกลวง มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 10 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 7 เซนติเมตร หนา 0.5 เซนติเมตร ด้านล่างของตัวอย่างจะเป็นแผ่นทองเหลืองพรุนเพื่อช่วยในการระบายน้ำออกจากตัวอย่าง แต่ด้านบนจะเป็นแผ่นทองเหลืองตัน ดังนั้นตัวอย่างจะสามารถระบายน้ำได้เพียงด้านเดียว อัตราเร็วในการทดสอบแรงเฉือนเท่ากับ 0.048 องศาต่อนาที(0.036 มิลลิเมตรต่อนาที) หรือประมาณ 0.72 เปอร์เซ็นต์ของความเครียดต่อนาที เครื่องมือและขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างดูได้จากรูปที่ ก.5 ถึงรูปที่ ก.17 เครื่องมือทดสอบ Ring shear test แสดงไว้ในรูปที่ ก.2 ในภาคผนวก ก.

รายละเอียดของรายการการทดสอบแรงเฉือนทั้งหมดได้แสดงไว้ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 รายการการทดสอบแรงเฉือน

สถานที่	Direct shear test			Ring shear test		
	มุม	Normal stress, ksc.	อัตราเร็ว, มม.ต่อนาที	มุม	Normal stress, ksc.	อัตราเร็ว, องศาต่อนาที
มหิดล	0	0.353	0.1656	0	0.374	0.048
	15			15		
	30	0.705		30	0.749	
	60			60		
	75	1.410		75	1.498	
	90			90		
จุฬาฯ	0	0.705	0.1656	0	0.749	0.048
	15			15		
	30	1.410		30	1.498	
	60			60		
	75	2.820		75	2.996	
	90			90		

3.3.3 Consolidation or Oedometer test การทดสอบนี้ตัวอย่างดินจะถูกนำมาตัดตามระนาบเช่นเดียวกับการทดสอบหากำลังรับแรงเฉือน จากนั้นจึงนำมาตกแต่งให้พอดีกับอุปกรณ์ทดสอบ เมื่อตกแต่งแล้ว ตัวอย่างจะมีลักษณะเป็นทรงกระบอกเช่นเดียวกัน มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6.36 เซนติเมตร หนา 2.53 เซนติเมตร ทำการเพิ่มน้ำหนักทีละเท่าตัว ระยะเวลาในการเพิ่มน้ำหนักทุก 24 ชั่วโมง เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบใช้วิธีเพิ่มน้ำหนักด้วยแรงดันอากาศ เครื่องมือทดสอบ Oedometer test ได้แสดงไว้ในรูปที่ ก.4 ในภาคผนวก ก.

3.3.4 Unconfined compression test การทดสอบนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของแอนไอโซทรอปีต่อกำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้กับผลกระทบในกำลังรับแรงเฉือนแบบระบายน้ำที่ได้จากการทดสอบ Direct shear test และ Ring shear test การทดสอบนี้จะกระทำเฉพาะในดินตัวอย่างที่มาจากโครงการก่อสร้างอาคาร 8 ชั้น คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ถนนศรีอยุธยาเท่านั้น อัตราเร็วที่ใช้ในการทดสอบคือ1.25 มิลลิเมตรต่อนาที

3.4 การคำนวณ

3.4.1 การคำนวณผลการทดสอบแรงเฉือนโดยตรง

1)ค่าความหนาแน่นของตัวอย่างการทดสอบ,

$$\gamma_T = \frac{\text{มวลของตัวอย่าง(กรัม)}}{\text{ปริมาตรของตัวอย่าง(ซม.}^3\text{)}}$$

2)หน่วยแรงตั้งฉาก(Normal stress),

$$\sigma_n = \frac{\text{น้ำหนักกด(กิโลกรัม)}}{\text{พื้นที่หน้าตัดกล่องตัวอย่าง(ซม.}^2\text{)}}$$

$$= \frac{\text{น้ำหนักxอัตราส่วนคานงัด}}{\text{พื้นที่หน้าตัดกล่องตัวอย่าง(ซม.}^2\text{)}}$$

หมายเหตุ : อัตราส่วนคานงัดของเครื่องที่ใช้ในการทดสอบนี้เท่ากับ 10

3)กำลังรับแรงเฉือน(Shear strength),

$$\tau = \frac{\text{แรงด้านตัวอย่างดิน(กิโลกรัม)}}{\text{พื้นที่หน้าตัดกล่องตัวอย่าง(ซม.}^2\text{)}}$$

$$= \frac{\text{Dial gauger dg.(div.) x ค่าคงที่ของวงแหวนวัดแรง(K)}}{\text{พื้นที่หน้าตัดกล่องตัวอย่าง(ซม.}^2\text{)}}$$

หมายเหตุ : ค่าคงที่ของวงแหวนวัดแรง(K)ที่ใช้ในการทดสอบนี้เท่ากับ 1.786 กิโลกรัม/div.

4)โมดูลัสแรงเฉือน(Shear modulus),

$$G = \frac{\tau x\, 100}{\text{Shear strain}}$$

5)Shear strain,

$$\text{Shear stain \%} = \frac{\text{ระยะทางในแนวราบที่ดินถูกเฉือนไป x 100}}{\text{ความหนาของตัวอย่างดินเริ่มต้น - ความหนาที่เปลี่ยนไปของตัวอย่างดินนั้น}}$$

3.4.2 การคำนวณผลการทดสอบแรงเฉือนแบบวงแหวน

ค่าต่างๆสามารถคำนวณได้ทำนองเดียวกับการคำนวณผลการทดสอบแรงเฉือนโดยตรง ยกเว้นค่ากำลังรับแรงเฉือนซึ่งสามารถหาได้โดยการสมมติว่าการกระจายของหน่วยแรงเฉือนที่เกิดขึ้นมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ กำลังรับแรงเฉือนนี้ได้จากการวัดแรงบิด(Torque, T)ที่เกิดขึ้นโดยใช้วงแหวน

วัดแรง 2 ชุด ค่าแรงบิดนี้สามารถหาได้จากค่าเฉลี่ยของแรงที่เกิดขึ้นในวงแหวนวัดแรงทั้งสอง เมื่อ F1 และ F2 คือแรงที่วัดได้จากวงแหวนวัดแรงชุดที่หนึ่งและสองตามลำดับ และ L คือระยะห่างระหว่างปลายทั้งสองของวงแหวนวัดแรง ดังนั้นจะได้ว่า

$$T = \frac{(F1 + F2)}{2}$$

และแรงบิดที่เกิดขึ้นในดินตัวอย่าง $T = \frac{2\pi(R_2^3 - R_1^3)\tau}{3}$

ดังนั้น จะได้ว่า $\tau = \frac{3(F1 + F2)L}{4\pi(R_2^3 - R_1^3)}$

โดย F1 และ F2 มีค่าเท่ากับ Dial gauge rdg.(div) คูณกับค่าคงที่ Kของวงแหวนวัดแรง 1 และ 2 ตามลำดับ (สำหรับเครื่องมือที่ใช้ทดสอบนี้จะได้ค่า K1 = 0.034 กิโลกรัมต่อช่อง และ K2 = 0.032 กิโลกรัมต่อช่อง)