บทที่ 5

สรุปผลการทดสอบและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดสอบ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง กำลังรับแรงเฉือน(Shear Strength) กับความหนืด (Viscosity) ของดินเหนียว ศึกษาการหาค่ากำลังรับแรงเฉือนด้วยวิธีการทดสอบแบบกรวยตก (Fall Cone Test) และศึกษาผลกระทบต่างๆที่มีผลทำให้ค่ากำลังรับแรงเฉือนที่ได้จากการทดสอบกรวยตกมีค่าผิดพลาด หาความสัมพันธ์ของค่ากำลังรับแรงเฉือนที่ได้จากการทดสอบหาค่ากำลังรับแรงเฉือนด้วยใบพัด (Laboratory Vane Shear Teat) เปรียบเทียบกับการหาค่ากำลังรับแรงเฉือนของเครื่องมือทดสอบกรวยตก และนำผลการทดสอบที่ได้ไปหาความสัมพันธ์กับค่า K ของสมการ Hansbo (1957) โดยการเปรียบเทียบค่า K ที่ได้จากน้ำหนัก, มุม ของหัวกรวยและชนิดของตัวอย่างดินที่ใช้ในการทดสอบ รวมทั้งหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืดที่ได้จากการทดสอบของเครื่องมือ Baroid Rheometer หรือ Hand-Crank Viscometer กับเครื่องมือ Marsh Funnel Viscometer รวมทั้งศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงค่า Salt Content จะทำให้มีผลต่อกำลังรับแรงเฉือนและค่าความหนืดอย่างไร

ตัวอย่างดินเหนียวที่ใช้จะมีทั้งหมด 3 ชนิดด้วยกันคือ ตัวอย่างดินหนองงูเห่าเก็บจากบริเวณทางเข้าออกของโครงการก่อสร้างสนามบินสุวรรณภูมิ (ถนนกิ่งแก้ว – รัตนโกสินทร์ 200 ปี กม.16) ที่ระดับความลึกประมาณ 5-8 เมตร ตัวอย่างดินนนทบุรีเก็บจากดินบริเวณนนทบุรี บริเวณกระทรวงสาธารณะสุข ที่ความลึกประมาณ 3 เมตรจากผิวดิน เก็บตัวอย่างดินเหนียวในลักษณะดินเหนียวแปรสภาพ (Disturbed Sample) โดยใช้รถขุดดินไปที่ระดับความลึก 3 เมตร และตัวอย่างดินสุกท้ายเป็นตัวอย่างดินเหนียว Kaoline เก็บจากบริเวณเหมือง Kaoline จังหวัดลำปาง เก็บตัวอย่างแบบดินเหนียวแปรสภาพที่ระดับความลึกประมาณ 0-3 เมตร ดินที่เก็บได้มีลักษณะสีขาวขุ่นเป็นผง มีทรายปนอยู่เยอะมาก

แบ่งการทดสอบออกเป็น 3 ส่วนหลักคือ ทดสอบกรวยตก(Fall Cone Test), ทดหาค่ากำลังรับแรงเฉือนด้วยใบพัดในห้องทดสอบ (Laboratory Vane Shear Test) และทดสอบหาค่าความหนืดด้วยเครื่องมือ Baroid Rheometer และเครื่องมือ Marsh Funnel Viscometer จากผลการทดสอบสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างที่เสนอในงานวิจัยนี้ จะควบคุมขั้นตอนการเตรียมอย่างเหมาะสม เพื่อให้ได้ตัวอย่างดินเหนียวที่มีคุณสมบัติสม่ำเสมอ และสามารถทำซ้ำใหม่ให้เหมือนกันทุกครั้งในการทดสอบ โดยวิธีการดูดอากาศออกจากตัวอย่างดินให้หมดและมีการตรวจสอบด้วยวิธีการชั่งน้ำหนักทุกๆครั้งที่มีการทำตัวอย่างซ้ำใหม่

2. มีการตรวจสอบวิธีการทดสอบกรวยตก (Fall Cone Test) ว่าช่วงเวลาที่เหมาะสมในการทดสอบอยู่ที่ 5 วินาทีเพราะเป็นช่วงเวลาที่เป็นไปตามทฤษฎี Dynamic และขนาดของถ้วยใส่ดิน (Container) ควรมีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 3 นิ้ว (7.62 เซนติเมตร) ซึ่งขนาดของถ้วยใส่ดินจะขึ้นอยู่กับผลกระทบจาก Mesh of Failure และถ้วยใส่ดินมีความลึกที่ 4 เซนติเมตร แต่ที่ระดับความลึกใดๆจะไม่มีผลกระทบกับ Mesh of Failure และพื้นผิวของหัวกรวยควรเคลือบด้วยสารหล่อลื่อเพื่อลดผลกระทบเนื่องมาจากความขรุขระของพื้นผิวทำให้ระยะจมลงของหัวกรวยน้อยกว่าความเป็นจริง

3. ค่าพิกัดเหลวที่ได้จากการทดสอบกรวยตกจะมีค่าน้อยกว่า ค่าพิกัดเหลวที่ได้จากการทดสอบแบบวิธีของ Casagrande เล็กน้อยซึ่ง เนื่องมาจากการหาค่าพิกัดเหลวของดินด้วยวิธีกรวยตก จะหามาจากค่ากำลังรับแรงเฉือนที่พิกัดเหลวโดยตรง ซึ่งโดยทั่วไปค่ากำลังรับแรงเฉือนที่พิกัดเหลวจะมีค่าอยู่ประมาณ 1.7 kPa

4. ค่ากำลังรับแรงเฉือน(Shear Strength) จากการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนด้วยใบพัดในห้องทดสอบ (Laboratory Vane Shear Test) พบว่าเมื่อค่า Liquidity Index มีค่าน้อยกว่า 1.0 การเปลี่ยนแปลงค่ากำลังแรงเฉือนจะเป็นไปอย่างรวดเร็วแต่เมื่อ ค่า Liquidity Index มีค่าเกินกว่า 1 ไปแล้วการเปลี่ยนแปลงค่ากำลังรับแรงเฉือนจะน้อยลงเนื่องมาจาก ดินค่อยๆเปลี่ยนไปอยู่ในสภาวะของเหลวเรียบร้อยแล้ว และสำหรับตัวอย่างดินหนองงูเห่าและตัวอย่างดินนนทบุรีจะมีการเปลี่ยนแปลงค่ากำลังรับแรงเฉือนกับ Liquidity Index ใกล้เคียงกัน แต่สำหรับดินเหนียว Koline จะมีค่ากำลังรับแรงเฉือนมากกว่าตัวอย่างดินหนองงูเห่าและนนทบุรีที่ Liquidity Index เดียวกันเนื่องมาจากเนื่องจากมีทรายปนในเนื้อดินเหนียว Kaoline ที่ใช้ในการทดสอบค่อนข้างสูง ทำให้ดินเหนียว Kaoline มีพฤติกรรมการยึดเกาะตัวคล้ายกับดินทราย (Cohesion Less Soil)

5. เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า Salt Content ในการทดสอบพบว่า Salt Content มีค่าเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ค่ากำลังรับแรงเฉือนของดินมีค่าเพิ่มมากขึ้น เนื่องมาจากการเพิ่มปริมาณเกลือเข้าไปทำให้เพิ่มประจุของ Na^+ และ Cl^- ซึ่ง Na^+ เกิดการละลายน้ำ จากนั้นอิออนลบของ Cl^- จึงเข้าไปจับกับอิออนบวกของอนุภาคของดิน ทำให้ดินมีการจัดเรียงโครงสร้างใหม่ให้เป็นแบบ

Dispersive Structure มากขึ้น ทำให้อนุภาคของดินมีความเป็นระเบียบมากขึ้น ซึ่งเมื่ออนุภาคของดินจัดเรียงตัวเป็นระเบียบมากขึ้น จึงทำให้ดินมีความสามารถรับกำลังรับแรงเฉือน (Shear Strength) เพิ่มมากขึ้นด้วย

6. จากการทดสอบกรวยตก (Fall Cone Test) กับการทดสอบหาค่ากำลังรับแรงเฉือนด้วยใบพัด (Laboratory Vane Shear Test) พบว่าค่า K จะฟังก์ชั่นกับมุมของหัวกรวย $K = f(\theta)$ ซึ่งค่า K หัวกรวยมุม 30° มีค่าอยู่ที่ประมาณ 0.6 - 0.8, ค่า K สำหรับหัวกรวย 60° มีค่าอยู่ระหว่าง 0.2-0.3, ค่า K สำหรับหัวกรวย 90° มีค่าอยู่ระหว่าง 0.05-0.08 และค่าระยะจมที่พิกัดเหลวของหัวกรวย 60° หนัก 80 กรัม อยู่ที่ d @ Liquid Limit = 13 มิลลิเมตร ค่าระยะจมที่พิกัดเหลวของหัวกรวย 90° หนัก 80 กรัม อยู่ที่ d @ Liquid Limit = 8.0 มิลลิเมตร

7. ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Viscosity-Water Content จะแปรผกผันกันและเมื่อค่า Water Content มีค่ามากๆแล้วค่า Viscosity จะวิ่งเข้าที่ 27 วินาที สำหรับการทดสอบ Marsh Funnel Viscometer หรือ 3 mPa-s สำหรับการทดสอบ Hand-Crank Viscometer

8. หัวกรวยปกติหนัก 80 กรัม ไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกับค่า Viscosity ได้จึงจำเป็นต้องใช้หัวกรวยที่มีน้ำหนักเบากว่าหัวกรวยมาตรฐานจึงจะสามารถนำข้อมูลมาเชื่อมโยงกันได้ และจะได้ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับแรงเฉือนกับค่าความหนืดเป็นสมการ

$$c_u = \frac{120.598}{(-0.4253\eta + 44.181)^2}$$

5.2 ข้อเสนอแนะในการศึกษาเพิ่มเติม

ประเด็นที่น่าสนใจในการศึกษาเพิ่มเติมต่อจากงานวิจัยนี้ ได้แก่

1. การหาค่าความหนืดที่ได้จากการทดสอบในงานวิจัยนี้ ไม่ได้คำนึงถึงอุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ

2. ค่าความหนืดที่ได้ในงานวิจัยนี้จะหาได้เมื่อตัวอย่างดินมีค่า Water Content มากกว่า 1.5 เท่าของค่าพิกัดเหลว (Liquid Limit) แต่ไม่สามารถหา ค่าความหนืดของตัวอย่างดินเหนียวที่มีค่า Water Content ใกล้ค่าพิกัดเหลวได้เนื่องจากดินมีค่ากำลังรับแรงเฉือนค่อนข้างสูง

3. เปรียบเทียบดินเหนียวโดยใช้ตัวอย่างดินเหนียวบริเวณริมแม่น้ำ หรือตัวอย่างดินบริเวณชายฝั่งทะเล เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานจริง