บทที่ 5

สรุปผลการทดสอบและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดสอบ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเตรียมตัวอย่างดินเหนียวสร้างใหม่ (Reconstituted Clay Sample) ให้ดินมีความสม่ำเสมอเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneous) มีคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมที่แน่นอน สม่ำเสมอ และสามารถทำซ้ำใหม่ได้ (Repeatability) และศึกษาพฤติกรรมการอัดตัวคายน้ำในสภาพ 1 มิติ ของดินเหนียวสร้างใหม่จากสถานะเหลว (Liquid State) ถึงสถานะพลาสติก (Plastic State) เปรียบเทียบกับตัวอย่างดินเหนียวธรรมชาติ (Natural Clay Sample) โดยทดสอบการอัดตัวคายน้ำด้วยอัตราความเครียดคงที่ (Constant Rate of Strain Consolidation Test, CRS) แบบการระบายน้ำในแนวดิ่ง (CRS-V) และการระบายน้ำในแนวราบ (CRS-R)

ตัวอย่างดินเหนียวที่ใช้ จะเก็บจากบริเวณทางเข้าออกด้านใต้ของโครงการก่อสร้างสนามบินสุวรรณภูมิ (ถนนกิ่งแก้ว – รัตนโกสินทร์ 200 ปี กม.16) ที่ระดับความลึกประมาณ 5-8 เมตร ซึ่งเป็นระดับความลึกโดยเฉลี่ยของชั้นดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ จำนวน 5 หลุม (BH-1 ถึง BH-5) ทำการทดสอบ Reconstituted Consolidation Test จำนวน 4 Batch, CRS-V และ CRS-R จำนวน 15 ตัวอย่าง และ Conventional Oedometer จำนวน 8 ตัวอย่าง จากผลการทดสอบสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. จากขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างที่เสนอในงานวิจัยนี้ และด้วยการควบคุมขั้นตอนการเตรียมอย่างเหมาะสม จะได้ดินเหนียวสร้างใหม่ที่มีความสม่ำเสมอเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneous) มีคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมที่แน่นอน เหมือนกันตลอดทั้งก้อนตัวอย่าง และสามารถทำซ้ำใหม่ได้ (Repeatability) โดยวิธีการตรวจสอบความสม่ำเสมอของเนื้อดินที่ง่าย และสะดวก ได้แก่ ปริมาณความชื้นในมวลดิน (Water Content), Atterberg Limits, Hydrometer Analysis และ Reconstituted Consolidation Test เป็นต้น

2. **อัตราเครียด** (Strain Rate) 1 x 10^{-6} **/วินาที ที่ใช้ทดสอบ** CRS-V **และ**CRS-R **กับเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยนี้ จะได้กราฟการอัดตัวที่ใกล้เคียงกัน และสอดคล้องกับกราฟการอัดตัวที่ได้จากการทดสอบ** Conventional Oedometer

3. พฤติกรรมการอัดตัวคายน้ำจากการทดสอบ CRS-V และ Oedometer **มีลักษณะเหมือนกันทั้ง** กราฟการอัดตัว, สัมประสิทธิ์การอัดตัวคายน้ำ (c_v) และสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน (k_v)

4. พฤติกรรมการอัดตัวคายน้ำจาก Reconstituted Consolidation Test **พบว่า**

- กราฟการอัดตัวมีลักษณะเป็นเส้นโค้งหงายในช่วง Virgin Compression **นั่นคือ** ความชันหรือดัชนีการอัดตัว (C_c) **มีค่าลดลงเมื่อหน่วยแรงประสิทธิผลเพิ่มขึ้น** โดย C_c **มีค่าระหว่าง** 1.05 – 3.05 **สำหรับดัชนีการบวมตัว** (C_s) **มีค่าค่อนข้างคงที่** ประมาณ 0.035

- **ที่หน่วยแรงประสิทธิผลเริ่มต้น** 12.3 kPa c_v **มีค่าประมาณ** 0.12 x 10^{-3} cm^2/s **และ** c_v **มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามค่าหน่วยแรงประสิทธิผลที่เพิ่มขึ้น**

- k_v **มีค่าลดลงเมื่อหน่วยแรงประสิทธิผลเพิ่มขึ้น หรือเมื่ออัตราส่วนช่องว่าง** (e) **ลดลง โดยความสัมพันธ์** log k_v - log σ'_v **และ** e-log k_v **เป็นเส้นตรง**

6. ดินเหนียวสร้างใหม่**มีค่าดัชนีการอัดตัว** (C_c) ประมาณ 0.816 **และดัชนีการอัดตัวซ้ำ** (C_r) ประมาณ 0.167 **สำหรับดินเหนียวธรรมชาติมีค่าดัชนีการอัดตัว** (C_c) **และดัชนีการอัดตัวซ้ำ** (C_r) ประมาณ 0.990 **และ** 0.225 **ตามลำดับ**

7. **เมื่อเปรียบเทียบกราฟการอัดตัวระหว่างดินเหนียวสร้างใหม่ และดินเหนียวธรรมชาติ** พบว่ามีลักษณะที่เหมือนกัน โดยกราฟการอัดตัวของดินเหนียวสร้างใหม่จะอยู่ด้านซ้ายมือของดินเหนียวธรรมชาติ กล่าวคือเมื่อเปรียบเทียบที่อัตราส่วนช่องว่างเดียวกัน หน่วยแรงประสิทธิผลของดินเหนียวธรรมชาติจะมากกว่าของดินเหนียวสร้างใหม่ ประมาณ 2 เท่า และกราฟจะลู่เข้าหากันเมื่อหน่วยแรงประสิทธิผลเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้เพราะดินมีโครงสร้างที่แตกต่างกัน โดยดินเหนียวธรรมชาติจะแสดงพฤติกรรมของดินในสภาพอัดแน่นเกินตัวซึ่งเป็นผลจากครีพแบบระบายน้ำหรือการอัดตัวครั้งที่สอง (Mechanical Bond) โดยกระบวนการดังกล่าวเรียกว่า Aging นอกจากนี้โครงสร้างของดินเหนียวธรรมชาติยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆอีก เช่น Depositional Conditions, Cementation และLeaching เป็นต้น เมื่อหน่วยแรงประสิทธิผลเพิ่มสูงขึ้น Bonding ต่างๆจะถูก

ทำลายทำให้มีเหลือเพียงผลจาก Fabric ของอนุภาคดิน ซึ่งควรจะใกล้เคียงกันในดินทั้ง 2 ชนิด ทำให้กราฟลู่เข้าหากัน

8. กราฟการอัดตัวจากการวิจัยนี้ มีลักษณะเหมือนกับงานวิจัยของ Brand and Tsai (1973) ที่ศึกษาดินเหนียวสร้างใหม่บริเวณรังสิตทั้งในช่วง NC และOC นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Burland (1990) ที่สามารถ Normalize กราฟการอัดตัวของดินเหนียวสร้างใหม่ได้ด้วยดัชนีช่องว่าง (Void Index, I_v)

9. พฤติกรรม Anisotropy ของการอัดตัวคายน้ำ จากอัตราส่วน c_h/c_v และ k_h/k_v สำหรับดินเหนียวธรรมชาติ และดินเหนียวสร้างใหม่มีลักษณะเหมือนกัน กล่าวคือเมื่อหน่วยแรงเพิ่มสูงขึ้น พฤติกรรม Anisotropy จะเพิ่มขึ้น (Stress Induce Anisotropy) โดยอัตราส่วน c_h/c_v และ k_h/k_v ของดินเหนียวธรรมชาติที่หน่วยแรงประสิทธิผลในสนาม และOCR เท่ากับ 2 มีค่าประมาณ 1.5 แสดงว่าดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯเป็น Slightly Anisotropic Material

10. วิธีการใหม่ที่เสนอโดย Seah et al. (2002) ในการหาหน่วยแรงประสิทธิผลสูงสุดในอดีต จากอัตราส่วนแรงดันต่ำสุดนั้น ให้ค่าที่ใกล้เคียงกับวิธีของ Casagrande Method ที่ได้จากกราฟการอัดตัว

5.2 ข้อเสนอแนะในการศึกษาเพิ่มเติม

ประเด็นที่น่าสนใจในการศึกษาเพิ่มเติมต่อจากงานวิจัยนี้ ได้แก่

1. ปรับปรุงเครื่องมือ Reconstituted Consolidometer โดยใช้ระบบแรงดัน แทนก้อนน้ำหนักเพื่อให้ทดสอบได้ง่าย มีความปลอดภัยเพิ่มขึ้น และสามารถทดสอบที่หน่วยแรงสูงขึ้นได้

2. เปรียบเทียบพฤติกรรมดินเหนียวสร้างใหม่ จากดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯบริเวณอื่นๆ ที่มี Plasticity Index ต่างกัน

3. ทดสอบ CRS-V และCRS-R โดยใช้ Slurry เป็นตัวอย่างเริ่มต้นในการทดสอบ ซึ่งจะได้พฤติกรรมการอัดตัวคายน้ำที่ต่อเนื่องตลอดช่วงสถานะเหลว ถึงสถานะพลาสติก โดยต้องปรับปรุงเครื่องมือ ได้แก่ เพิ่มความสูงของ Cell Body และทำที่ยึด Cell Body กับ Base Plate เพื่อให้เท Slurry ได้โดยไม่รั่ว เป็นต้น

4. เปรียบเทียบคุณสมบัติ Stress – Strain – Strength ระหว่างดินเหนียวธรรมชาติและดินเหนียวสร้างใหม่ จากการทดสอบอื่นๆ เช่น Unconfined Compression Test, Triaxial Test เป็นต้น