

## บทที่ 5

### สรุปผลและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

จุดประสงค์ที่สำคัญของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คือการศึกษาลักษณะและผลกระทบของแอนไอโซทรอปีอันเกิดจากลักษณะอนุภาคและการจัดเรียงตัวของอนุภาคดินเหนียวเอง ที่มีต่อกำลังรับแรงเฉือนของดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ ในการศึกษาได้ใช้เครื่องมือทดสอบในห้องปฏิบัติการซึ่งได้แก่

- 1) เครื่องมือทดสอบแรงเฉือนโดยตรง
- 2) เครื่องมือทดสอบแรงเฉือนแบบวงแหวน
- 3) เครื่องมือทดสอบแรงอัดแบบไม่จำกัด
- 4) เครื่องมือทดสอบการอัดตัวคายน้ำในมิติ

จากผลการทดสอบทั้งหมดทำให้เราทราบว่าดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ มีลักษณะโครงสร้างภายในที่ทำให้เกิดแอนไอโซทรอปีบ้างแต่ไม่ชัดเจนนัก ซึ่งอาจเนื่องมาจากการที่ลักษณะของดินในบริเวณที่เก็บตัวอย่างดินมาทดสอบมีลักษณะการเกิดแบบดินชนิด Marine deposit ซึ่งโครงสร้างการจัดเรียงตัวจะมีแนวโน้มเป็น Flocculation structure ที่เป็นชนิด Salt flocculation การจัดเรียงตัวลักษณะนี้อนุภาคส่วนใหญ่จะเรียงตัวขนานกันเพราะผลของแรง Van der Waal แต่เนื่องจากมีอิออนของเกลือซึ่งมีแนวโน้มที่จะลด Double layer รอบๆ อนุภาคดินเหนียวอันจะทำให้อนุภาคมาชิดกันมากขึ้นจนปลายของอนุภาคที่มีประจุเป็นบวกมาติดกับผิวของอนุภาคซึ่งมีประจุเป็นลบ (Das, 1994) แต่อย่างไรก็ตามข้อสังเกตดังกล่าวก็เป็นสิ่งที่คาดคะเนขึ้นเท่านั้น ยังมีเหตุผลอื่นๆ เงื่อนไขอื่นๆ ปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อผลการทดสอบที่ได้ โดยเฉพาะลักษณะของเนื้อดินที่ไม่ Homogeneous นัก ก็เป็นสาเหตุที่สำคัญในการทำให้ผลการทดสอบมีความผิดพลาดมาก ซึ่งจากผลการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นก็พบว่าลักษณะของดินจากทั้งสองแหล่ง

นั้นคล้ายคลึงกันเป็นชั้นดินที่ยังมีความปรวนแปรของเนื้อดินค่อนข้างมาก รวมไปถึงปริมาณความชื้นของตัวอย่างด้วย

ในการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนโดยตรง(Direct shear test) ได้ทำการ Consolidate ตัวอย่างดินก่อนที่จะทำการทดสอบหาค่ากำลังรับแรงเฉือนเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ที่ใช้เวลาเท่านี้ก็เนื่องมาจากผลการ Consolidate ได้แสดงเวลาที่ทำให้เกิด Primary consolidate อย่างสมบูรณ์ที่เวลาไม่เกินนี้ภายหลังจากการให้น้ำหนักกดทับ จากนั้นจึง Shear ตัวอย่างภายใต้อัตราเร็ว 0.1656 มิลลิเมตรต่อนาทีซึ่งเทียบได้เท่ากับ 0.72 เปอร์เซ็นต์ความเครียดแบบเฉือนต่อนาที จากผลการทดสอบของดินจากทั้ง 2 แหล่งนั้นได้แสดงให้เห็นผลกระทบของแอนไอโซทรอปีที่มีต่อกำลังรับแรงเฉือนของดินตัวอย่างได้ค่อนข้างชัดเจน นั่นคือเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงทิศทางของระนาบรับแรงเฉือน ค่ากำลังรับแรงสูงสุดก็จะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปด้วย โดยจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระนาบรับแรงเฉือนมีทิศทางทำมุมกับแนวราบเพิ่มขึ้น ( $\alpha$  เพิ่มขึ้น) และที่น้ำหนักกดทับที่ต่างกันนั้นจะเห็นได้ว่าสำหรับน้ำหนักกดทับที่มากกว่าจะทำให้ผลกระทบของแอนไอโซทรอปีนี้น้อยลงกว่าผลการทดสอบที่ใช้น้ำหนักกดทับที่น้อยกว่า และเป็นที่น่าสนใจว่าการทดสอบนี้นั้นใช้เงื่อนไขแบบระบายน้ำในระหว่างการทดสอบซึ่งอาจจะมีข้อผิดพลาดได้เพราะไม่สามารถวัดแรงดันโพรงในตัวอย่างได้ และเมื่อนำผลการทดสอบมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงเฉือนกับระยะที่ดินตัวอย่างถูกเฉือนไป (Shear stress-strain relationship) จะพบว่ากราฟจะแสดงกำลังรับแรงเฉือนสูงสุดของดิน (Peak shear strength) ที่ความเครียดเฉือนที่ค่อนข้างสูง คือประมาณที่ 20-40 เปอร์เซ็นต์ของความเครียดเฉือน หลังจากนั้นกราฟก็จะตกลงเล็กน้อยซึ่งผลที่ได้ลักษณะนี้จะคล้ายคลึงกันกับดินที่เป็น Overconsolidated clay การทดสอบทั้งหมดจะสิ้นสุดเมื่อดินตัวอย่างถูกเฉือนไปเป็นระยะทางเท่ากับ 25 มิลลิเมตร

การทดสอบกำลังรับแรงเฉือนแบบวงแหวน (Ring shear test) ดินตัวอย่างจากกระบอกลูกเต๋าดูอย่างถูกนำมาเตรียมโดยถูกเฉือนที่ระนาบต่างๆ ได้แก่ 0, 15, 30, 60, 75 และ 90 องศาโดยวัดเทียบกับแนวราบ เพื่อหาผลกระทบของระนาบการจัดเรียงตัวของอนุภาคดินเช่นเดียวกับการทดสอบ Direct shear การทดสอบใช้น้ำหนักกดทับและอัตราเร็วในการ Shear ใกล้เคียงกับการทดสอบ Direct shear นั่นคือ 0.72 เปอร์เซ็นต์ความเครียดแบบเฉือนต่อนาทีสำหรับอัตราเร็วในการ Shear ผลการทดสอบนี้ไม่ปรากฏแนวโน้มที่ชัดเจนเหมือนผลการทดสอบ Direct shear ซึ่งอาจเนื่องมาจากโครงสร้างดินได้มีการเรียงตัวใหม่ภายหลังจากการ Consolidate รวมทั้งข้อผิดพลาดเนื่องมาจากการทะลัก (Squeeze) ของดินตัว

อย่างผ่านช่องว่าง(Gap)ขึ้นมาซึ่งจะมีส่วนเป็นอย่างมากในการทำให้เกิดการจัดเรียงตัวของอนุภาคภายในให้เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

ซึ่งในการทดสอบวิจัยนี้จะพบได้ว่าเมื่อทิศทางของแรงที่กระทำเปลี่ยนแปลงไปก็จะมีผลให้ค่าต่างๆไม่ว่ากำลังรับแรงเฉือน, โมดูลัสแบบเฉือนหรือคุณสมบัติการทรุดตัวของดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ มีค่าเปลี่ยนแปลงไปไม่เท่ากันหรือไม่เป็นไอโซทรอปีนั่นเอง

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยพบว่ายังมีข้อที่ควรศึกษาเพิ่มเติมอีกมาก เพื่อให้มีความสมบูรณ์ของจุดประสงค์การวิจัยมากขึ้นซึ่งข้อเสนอแนะในการศึกษาเพิ่มเติมงานวิจัยนี้ได้แก่

- 1) ศึกษาผลกระทบของแอนไอโซทรอปีต่อกำลังรับแรงเฉือนของดินที่ความลึกต่างๆ เนื่องจากดินจะเป็น Homogeneous มากขึ้นและมีแนวโน้มที่จะแสดงแอนไอโซทรอปีด้านกำลังรับแรงเฉือนมากขึ้น
- 2) ศึกษาโครงสร้างการจัดเรียงตัวภายในของดินเหนียวที่เกิดขึ้นจริงเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับกำลังรับแรงเฉือนที่ได้จากการทดสอบ
- 3) ศึกษาค่า Residual strength ของดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ ที่ความเครียดที่หลายๆ เพื่อที่จะทราบค่าที่ Ultimate จริงๆโดยใช้เครื่องมือทดสอบกำลังรับแรงเฉือนแบบวงแหวน ซึ่งคาดว่าจะมีประโยชน์ในการออกแบบเสาเข็มที่รับแรงโดยใช้แรงเสียดทานเป็นหลัก