บทที่ 5

สรุปผลการทดสอบและข้อเสนอแนะ

5.1 บทนำ

วิทยานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าโมดูลัสแรงเฉือน(Shear Modulus) ของดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ ข้อมูลผลการทดสอบได้จากการทดสอบกับตัวอย่างดินจาก 2 บริเวณคือ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และสนามบินสุวรรณภูมิ ทำการทดสอบด้วยเครื่องมือทดสอบแบบแรงอัดสามแกน(Conventional Triaxial Test) ที่ติดตั้งแผ่น Bender Element ซึ่งทดสอบแบบ Consolidated Isotropic Undrained Test,CIU ภายใต้เงื่อนไขความเครียดคงที่(Strain Control) เพื่อใช้ผลการทดสอบเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับศึกษาผลการเปลี่ยนแปลงของค่าโมดูลัสแรงเฉือนที่สภาวะต่างๆ กัน โดยมีปัจจัยที่ต้องการศึกษาดังนี้ ค่าโมดูลัสแรงเฉือนระหว่างกระบวนการอัดตัวคายน้ำ(Consolidation) ค่าโมดูลัสแรงเฉือนในการเพิ่ม-ลดหน่วยแรงประสิทธิผล(Effective Confining Pressure) ระหว่างกระบวนการอัดตัวคายน้ำ และค่าโมดูลัสแรงเฉือนระหว่างการทดสอบกำลังรับแรงเฉือน(Shearing)

5.2 ค่าโมดูลัสแรงเฉือนระหว่างกระบวนการอัดตัวคายน้ำ

แนวโน้มของค่าโมดูลัสแรงเฉือน คือ เมื่อหน่วยแรงประสิทธิผล(Effective Confining Pressure) เพิ่มขึ้น ค่าโมดูลัสแรงเฉือนจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วย

5.3 ค่าโมดูลัสแรงเฉือนในการเพิ่ม-ลดหน่วยแรงประสิทธิผลระหว่างกระบวนการอัดตัวคายน้ำ

จากการทดสอบพบว่า เมื่อหน่วยแรงประสิทธิผล(Effective Confining Pressure) เพิ่มขึ้น ค่าโมดูลัสแรงเฉือน(Shear Modulus) จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย แต่เมื่อทำการลดหน่วยแรงประสิทธิผล ค่าโมดูลัสแรงเฉือนก็ลดลงด้วย แต่ยังมีค่ามากกกว่าขณะการเพิ่มหน่วยแรงประสิทธิผล และเมื่อทำการเพิ่มหน่วยแรงประสิทธิผลซ้ำอีกครั้ง ค่าโมดูลัสแรงเฉือนก็จะมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ก็มีค่าน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบที่หน่วยแรงประสิทธิผลเดียวกัน สุดท้ายเมื่อทำการเพิ่มหน่วยแรงประสิทธิผลอีก ค่าโมดูลัสแรงเฉือนก็มีทิศทางการเพิ่มขึ้นลู่เข้าสู่จุดเดียวกับค่าโมดูลัสแรงเฉือนที่ทดสอบขณะกระบวนการอัดตัวคายน้ำ

5.4 ค่าโมดูลัสรงเฉือนระหว่างการทดสอบกำลังรับแรงเฉือน

วิธีการหาค่าโมดูลัสแรงเฉือน(Shear Modulus) ด้วย Bender Element เป็นวิธีการหาค่าโมดูลัสแรงเฉือนด้วยการสร้างคลื่นกำทอนแพร่(Propagation) ลงไปในดิน ซึ่งคลื่นกำทอนที่ได้จากวิธีนี้จะเป็น Small Shear Strain เสมอ ดังนั้น ไม่ว่าภายใต้สภาวะการทดสอบใดๆ การหาค่าโมดูลัสแรงเฉือนด้วย Bender Element ควรจะได้ค่าโมดูลัสแรงเฉือนที่ Very Small Strain (Initial Shear Modulus) เสมอ

การทดสอบกำลังรับแรงเฉือน(Shearing) นั้น พบว่าค่า Initial Shear Modulus จะขึ้นอยู่กับหน่วยแรงหลัก(Principal Stress) ซึ่งเมื่อหน่วยแรงหลักลดลง ค่า Initial Shear Modulus จะลดลงด้วย และมีแนวโน้มของค่าโมดูลัสแรงเฉือนเท่ากับผลการทดสอบระหว่างกระบวนการอัดตัวคายน้ำ(Consolidation) ขณะที่หน่วยแรงรอง(Deviatoric Stress) จะมีผลกับตัวอย่างดินที่เป็นดินอัดแน่นเกินตัว(Over Consolidated Clay,OC Clay) คือค่าโมดูลัสแรงเฉือนจะมีค่าลดลงลู่เข้าสู่ค่าโมดูลัสแรงเฉือนระหว่างกระบวนการอัดตัวคายน้ำ แต่หน่วยแรงรองจะมีผลน้อยมากหรืออาจกล่าวได้ว่าไม่มีผลกับตัวอย่างดินที่เป็นดินอัดแน่นปกติ(Normally Consolidated Clay,NC Clay)

5.5 ข้อดี-ข้อเสียและข้อจำกัดในการหาค่าโมดูลัสแรงเฉือนด้วย Bender Element

วิธีการหาค่าโมดูลัสแรงเฉือน(Shear Modulus) ด้วย Bender Element เป็นวิธีการหาค่าโมดูลัสด้วยวิธีการแพร่(Propagation) ของคลื่นกำทอน สามารถพัฒนาติดตั้งกับเครื่องมือทดสอบทางปฐพีต่างๆ ได้ง่ายและสะดวก ที่สำคัญผลการทดสอบที่ได้สามารถนำไปคำนวณหาค่าโมดูลัสแรงเฉือนได้ง่ายไม่ซับซ้อน ดังนั้น จึงเป็นวิธีหนึ่งที่นิยมใช้ในงานวิจัยเพื่อหาคุณสมบัติดังกล่าว อย่างไรก็ดี จากผลการทดสอบในงานวิจัยนี้ทำให้พบข้อเสียของวิธีการทดสอบนี้ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ข้อดี-ข้อเสียของการหาค่าโมดูลัสแรงเฉือนด้วย Bender Element

ข้อดี	ข้อเสีย
1. สามารถนำแผ่น Bender Element ไปติดตั้งกับเครื่องมือทดสอบทางปฐพีต่างๆ ได้ง่าย	1. ผลการทดสอบที่เชื่อถือได้สามารถหาค่าโมดูลัสแรงเฉือนได้ที่ Initial shear modulus เพราะได้คลื่นความเค้นที่ Small Strain เท่านั้น
2. ขั้นตอนการทดสอบไม่ยุ่งยาก ต้องการอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบไม่มาก	2. ระดับสัญญาณของคลื่นที่รับได้อ่อนลงเมื่อสภาวะหน่วยแรงประสิทธิผลสูงๆ อีกทั้งมีสัญญาณทางไฟฟ้ารบกวนได้ง่าย จึงทำให้ยากต่อการวิเคราะห์การมาถึงของคลื่น(Time Arrival)
3.ให้ผลการทดสอบที่น่าเชื่อถือได้ระดับหนึ่ง	3. การหาค่าความเร็วของคลื่นความเค้นจะมีผลมากกับการที่ดินไม่เป็นเนื้อเดียวกัน (Non-homogenious) เช่นกรณีที่ตัวอย่างดินมีเปลือกหอยปนอยู่มาก ทำให้คลื่นเดินทางมาถึงช้ากว่าที่ควรจะเป็น
4. นำผลการทดสอบที่ได้ไปคำนวณหาค่าโมดูลัสรงเฉือนได้ไม่ซับซ้อน	

5.6 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการศึกษาเพิ่มเติมมีดังนี้

1) ศึกษาคุณสมบัติของดินกรุงเทพฯ ที่ระดับความลึกมากกว่านี้ ประมาณ 60 เมตร ตามระดับความลึกของเข็มเจาะที่ใช้สำหรับก่อสร้างอาคารสูง เพื่อใช้ในการออกแบบอาคารให้สามารถต้านทานแผ่นดินไหว
2) ในการทดสอบสำหรับงานวิจัยนี้มีอุปกรณ์ชนิดหนึ่งที่เป็นเครื่องจ่ายพลังงานไฟฟ้าคือ Function Generator ควรมีการพัฒนาให้อุปกรณ์ดังกล่าว สามารถปรับเปลี่ยนความถี่หรือ Amplitude ของพลังงานไฟฟ้าเพื่อให้ผลการทดสอบครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

3) ควรมีการศึกษาหาค่าโมดูลัสแรงเฉือน(Shear Modulus) ในดินเม็ดหยาบ(Cohesionless Soil) เพื่อรวบรวมเป็นฐานข้อมูลหรือเพื่อศึกษาเปรียบเทียบกับดินเม็ดละเอียด(Cohesive Soil)