บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 เสถียรภาพของถนนต่อเติมใหม่

5.1.1 กำลังรับแรงเฉือนแบบอันเดรน สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

5.1.1.1 ดินเหนียวอ่อนมากบริเวณ กม.30 ถนนสายบางนา-บางปะกง มีค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบอันเดรน เป็นไปตามสมการที่เสนอโดย Trak et al.,(1979) และ Mesri (1975)

$$\frac{\mu \, Su_{FV}}{\bar{\sigma}_{vm}} = 0.22 \quad ; \quad \mu = 0.70$$

ซึ่งไม่ขึ้นอยู่กับค่าพลาสติกซิตี้ของดินอ่อน

5.1.1.2 กำลังรับแรงเฉือนแบบอันเดรน จากการทดลอง UU จะให้ค่าต่ำกว่ากำลังรับแรงเฉือนจากการทดสอบ field vane shear ประมาณ 30%

5.1.1.3 กำลังรับแรงเฉือนแบบอันเดรนจากการทดลอง $\overline{CKoU}$-TC จะให้ค่าใกล้เคียงกับกำลังรับแรงเฉือนจากการทดสอบ field vane shear กล่าวคือ จะต่ำกว่าค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบอันเดรนจากการทดสอบ field vane shear ประมาณ 5% และพบว่า $Su_{FV}/\bar{\sigma}_{vo} = 0.30$

5.1.2 เสถียรภาพ และอัตราส่วนความปลอดภัยของถนนต่อเติมใหม่ (1983)

อัตราส่วนความปลอดภัยของถนนต่อเติมใหม่ ที่วิเคราะห์ได้จัดว่ามีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน (1.3) ในกรณีที่มี traffic load = 1.0 ตัน/ม^2 แต่ยังมากกว่า 1.0 ด้วยผลของระดับน้ำใต้ดินอยู่ในระดับสูง ประกอบกับขั้นตอนการถมถนนอย่างช้า ๆ และปล่อยให้ดินเหนียวอ่อนมาก ใต้คันทางเกิดขบวนการอัดตัวคายน้ำ (สติฟเนสของดินอ่อนก็จะสูงขึ้น) ทำให้กำลังรับแรงเฉือนแบบอันเดรนของมวลดินอ่อนมีค่าสูงขึ้นเรื่อย ๆ อัตราส่วนความปลอดภัยก็จะมีค่าสูงขึ้น เสถียรภาพของถนนต่อเติมใหม่จะดีขึ้นตามไปด้วย เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ฉะนั้นด้วยสภาพดังกล่าวจึงคิดว่าเสถียรภาพของคันทางยังอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัย

5.2 การคาดคะเนการทรุดตัวของถนนต่อเติมใหม่

5.2.1 พารามิเตอร์ของดินเหนียวอ่อน ที่ใช้ในการคาดคะเนการทรุดตัวของถนน สามารถจะสรุปได้ดังนี้

5.2.1.1 โมดูลัสยืดหยุ่นแบบอันเดรน จากการทดสอบ UU มีค่าประมาณ 130 และ 90 เท่าของกำลังรับแรงเฉือนแบบอันเดรนจากการทดสอบ field vane shear ที่ระดับของหน่วยแรงเฉือนเท่ากับ 50% และ 80% ตามลำดับ

สำหรับ normally consolidated clay ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นแบบอันเดรน จากการทดสอบ $\overline{CKoU}$-TC ที่ระดับของหน่วยแรงเฉือน 80% จะมีค่าเท่ากับ 128 เท่าของค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบอันเดรน

5.2.1.2 ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนบัวซ่อง (ν') ในสภาพระบายน้ำ จากการทดลอง stress path พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.28

5.2.1.3 ค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงเฉือนแบบอันเดรน สำหรับ normally consolidated clay จะมีค่าเท่ากับ 0.30 เท่าของหน่วยแรงประสิทธิผลในแนวดิ่ง

5.2.1.4 ค่าสัมประสิทธิ์การอัดตัวคายน้ำในสนาม (C_v จากวิธีของ Asaoka) ของดินที่มีสภาพเป็น normally consolidated ทางระบายน้ำ 2 ทิศทาง (Double Drainage Path) และ B/H = 1 มีค่าประมาณ 10-20 เท่าของ C_v จากการทดลองคอนโซลิเดชั่น

5.2.1.5 ค่าอัตราการทรุดตัวครั้งที่สอง (C_α) จากการทดลองคอนโซลิเดชั่น มีค่า 0.5-1.0% และ 1.5-1.8% เมื่ออัตราส่วนของหน่วยแรง ($\bar{\sigma}_{vc}/\bar{\sigma}_{vm}$) มีค่าเท่ากับ 1 และ 2 ตามลำดับ และจากความสัมพันธ์ระหว่าง C_α และ CR จะพบว่า C_α = 3.5-6.5 CR %

5.2.2 การทรุดตัวแบบอันเดรน (Undrained Settlement, ρ_i)

5.2.2.1 วิธีปฐพีกลศาสตร์พื้นฐาน (D' Appolonia et al., 1971) โดยใช้ Eu_{80} จากการทดลอง UU จะให้ค่าที่สูงเกินไปประมาณ 40% ของการทรุดตัวแบบอันเดรนที่สำรวจได้ สำหรับ Eu/Su_{FV} ที่เหมาะสมกับการวิเคราะห์ โดยวิธีนี้ควรจะมีค่าระหว่าง 90-130

5.2.2.2 อันเดรนครีพ และ yield จะทำให้การทรุดตัวแบบอันเดรนที่หาโดยวิธี stress path มีค่าสูงมากเกินไป (มากกว่าที่วัดได้ในสนาม 236.6%) จากการทดลองพบว่า

$$\frac{\rho_i \text{ (with creep + yield)}}{\rho_i \text{ (without creep + yield)}} \simeq 10$$

5.2.2.3 การที่โปรแกรมไฟไนท์ เอลลิเมนต์ ไม่สามารถจำลองการ flow ของดิน เนื่องจากการพิบัติเฉพาะจุด (Local Yield) ทำให้ค่าการทรุดตัวแบบอันเดรนมีค่าน้อยเกินไป $Eu/Su_{FV} = 50$ เป็นค่าที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์การทรุดตัวแบบอันเดรนโดยใช้โปรแกรมไฟไนท์ เอลลิเมนต์ ซึ่งพิจารณาถึงผลของอันเดรนครีพ และ local yield ด้วย

ด้วยขั้นตอนการก่อสร้างที่มีการถมถนนอย่างช้า ๆ จะยังผลให้เกิดขบวนการอัดตัวคายน้ำบ้าง ทำให้ดินเหนียวอ่อนใต้คันทาง มีค่าสติฟเนส และกำลังรับแรงเฉือนสูงขึ้น การทรุดตัวแบบอันเดรนจึงมีค่าไม่มากตามที่คาดคิดเอาไว้ (28.8 ซม. โดยวิธี D' Appolonia et al., 1971; 68.89 ซม. โดยวิธี stress path) จากข้อมูลภาคสนามพบว่า ρ_i มีค่าเท่ากับ 20.5 ซม.

โดยพิจารณาถึงขั้นตอนในการทดลองวิธีการวิเคราะห์ และผลการวิเคราะห์หาค่าการทรุดตัวแบบอันเดรนด้วยวิธีการที่ได้กล่าวมาแล้ว วิธีปฐพีกลศาสตร์พื้นฐาน (D' Appolonia et al., 1971) เป็นวิธีที่เหมาะสมกว่า แต่จะต้องเลือกใช้สมบัติของดินให้สอดคล้องกับพฤติกรรมของดินด้วย

5.2.3 <u>การทรุดตัวแบบอัดตัวคายน้ำ</u> (Consolidation Settlement, ρ_c)

5.2.3.1 การคาดคะเนโดยวิธีปฐพีกลศาสตร์พื้นฐาน (Skempton & Bjerrum, 1957) โดยใช้ μ-parameter ของ Lee (1983) วิธี stress-path วิธีไฟไนเอลลิเมนต์ และวิธี Asaoka จะให้ค่าการทรุดตัวแบบอัดตัวคายน้ำที่ใกล้เคียงกัน ฉะนั้นในทางปฏิบัติและเพื่อการประหยัด ค่าใช้จ่ายแล้ว วิธีปฐพีกลศาสตร์พื้นฐาน (โดยใช้ m_v และ μ ของ Lee, 1983) น่าจะเป็นวิธีที่เหมาะสม

5.2.3.2 การวิเคราะห์หาค่าการทรุดตัวแบบอัดตัวคายน้ำ โดยวิธีของ Skempton และ Bjerrum ซึ่งอาศัยข้อมูลความดันน้ำโพรงเพิ่มที่วัดได้ในสนาม จะให้ค่าที่ต่ำ

เกินไปประมาณ 30% ของวิธี Asaoka ซึ่งอาจเป็นผลมาจากคุณภาพของเครื่องมือและตัวบุคคล (ผู้รับเหมางานก่อสร้าง) ที่ทำการวัดค่าความดันน้ำในโพรงดินไม่ดีพอ

ค่าการทรุดตัวของถนนต่อเติมใหม่ เนื่องจากการอัดตัวคายน้ำ โดยวิธี Asaoka ซึ่งถือว่าน่าเชื่อถือมากที่สุด วิธีนี้ให้ค่า ρ_c เท่ากับ 120 ซม.

5.2.4 <u>การคาดคะเนอัตราการทรุดตัวของถนนต่อเติมใหม่</u> เปรียบเทียบกับระดับน้ำใต้ดินสูงสุด ปี คศ. 1983 เมื่อคิดรวมผลการทรุดตัวของแผ่นดิน เนื่องจากการสูบน้ำบาดาล 2.4 ซม./ปี (สำรวจโดยคณะวิจัยโครงการ "การศึกษาผลกระทบอันจะมีต่อแนวท่อส่งก๊าซธรรมชาติบนบก") จะพบว่าอีกประมาณ 7 ปีข้างหน้า หลังจากการก่อสร้างสิ้นสุดลง ถนนในบริเวณที่ศึกษาอาจจะเริ่มมีระดับต่ำกว่าระดับน้ำใต้ดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูฝน

5.2.5 <u>การยุบตัวครั้งที่สอง</u> (Secondary Consolidation, ρ_s) มีค่าประมาณ 8 ซม. หรือ 7 เปอร์เซ็นต์ของค่าการทรุดแบบอัดตัวคายน้ำ ซึ่งถือว่าน้อยมาก จึงไม่จำเป็นต้องคำนึงถึง

5.3 <u>การคาดคะเนค่าความดันน้ำโพรงเพิ่ม</u>

เนื่องจากคุณภาพของค่าความดันน้ำโพรงเพิ่มที่วัดได้ไม่ค่อยดี (อาจเกิดจาก Δu ระบายออกสู่ที่มี total head ต่ำกว่า) ฉะนั้นจึงเปรียบเทียบผลการคาดคะเนกับที่วัดได้ในสนามได้ไม่มากนัก แต่พอจะสรุปได้ว่า

5.3.1 เมื่อดินเหนียวอ่อนที่มีสภาพเป็น normally consolidated ค่าความดันน้ำโพรงเพิ่มจะมีค่าประมาณเท่ากับหน่วยแรงในแนวดิ่งที่เพิ่มขึ้น

5.3.2 การคาดคะเนค่าความดันน้ำโพรงเพิ่ม โดยใช้พารามิเตอร์ μ ของเบตบนของ Lee (1983) จะให้ค่าความดันน้ำโพรงเพิ่มใกล้เคียงกับที่สำรวจได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับดินที่มีสภาพเป็น normally consolidated

5.3.3 จากผลการทดลอง stress-path และ $\overline{CKoU}$-TC พบว่า ค่าความดันน้ำโพรงเพิ่มจะขึ้นอยู่กับระดับของหน่วยแรงเฉือน และประวัติของหน่วยแรง

5.4 ข้อเสนอแนะ

5.4.1 การกระจายของหน่วยแรงในมวลดินเป็นตัวประกอบที่สำคัญ สำหรับการคาดคะเนการทรุดตัวของถนน ในการวิจัยนี้ได้วิเคราะห์หาค่าหน่วยแรงในมวลดิน โดยวิธีอีลาสติคของ Poulos (1967 b) โดยมี rigid base อยู่ในชั้นดินแข็ง ในขณะที่สภาพจริงหน่วยแรงอาจจะมีค่าสูงหรือต่ำกว่าที่คำนวณได้ ฉะนั้นควรจะมีการวัดหน่วยแรงที่เกิดขึ้นจริงในสนาม โดยใช้ Strain Meter หรือ Stress Cell ก็ได้

5.4.2 ลักษณะการทรุดตัวของคันทางมักจะเป็นแบบ 2 มิติ ฉะนั้นการหาค่าการทรุดตัวโดยวิธี stress-path ควรจะใช้ Plane Strain Test Chamber แทนเครื่องมือไตรแอกเซียลเซลล์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย