บทที่ 5

บทสรุป และข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป

จากการวิเคราะห์ การทรุดตัวของฐานรากแบบเสาเข็มในชั้นดินเหนียว จำนวน 2 แห่ง พอจะสรุปผลการวิจัยเป็นข้อ ๆ ได้ดังนี้คือ

5.1.1 การวิเคราะห์การทรุดตัวของฐานรากแบบเสาเข็ม ถังตกตะกอน การประปาฉะเชิงเทรา

1. การประมาณค่าการทรุดตัวโดยวิธี ปฐพีกลศาสตร์พื้นฐานตามข้อสมมุติฐานของ Terzaghi (1925) และข้อสมมุติฐานของ Tomlinson (1979) สามารถนำมาใช้ได้และให้ผลอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ

2. การประมาณค่าการทรุดตัวโดยวิธี Modified Theory of Elasticity ของ Poulos และ Davis (1980) โดยใช้ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของดินที่ได้จากการทดลอง UU test ที่ 3 เท่า ถึง 4 เท่า แทนค่าโมดูลัสยืดหยุ่นสะสมของดินและเสาเข็ม (E_s) ให้ผลอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ

3. การจัดขนาดของกลุ่มเสาเข็มย่อย ๆ อิสระ ในการวิเคราะห์การทรุดตัว โดยวิธีของ Poulos และ Davis มีผลต่อค่าการทรุดตัวรวม ซึ่งยังสรุปไม่ได้ว่าแบบใดจะเหมาะสมที่สุด และการใช้ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของดิน ที่ได้จากการทดลอง UU test ที่ 3 เท่า ถึง 8 เท่า แทนค่าโมดูลัสสะสม (E_s) ในการคำนวณค่าการทรุดตัวของ Founding layers พบว่าให้ค่าการทรุดตัวรวม ($\rho_{fd} + \rho_{ud}$) แตกต่างกันไม่มากนัก เนื่องจากค่าการทรุดตัวส่วนใหญ่ เกิดขึ้นใน Underlying layers การจัดกลุ่มเสาเข็มย่อยอิสระ จึงมีผลต่อการคำนวณค่าการทรุดตัวรวมไม่มาก

4. อัตราการทรุดตัวที่ใช้ค่าสัมประสิทธิ์การอัดตัวคายน้ำที่ได้จากการคำนวณกลับ ของข้อมูลการวัดค่าการทรุดตัวในสนามและใช้ Time factor จากทฤษฎีการอัดตัวคายน้ำแบบ 1 มิติ ของ Terzaghi (C_v = 286 ซม.^{2}ต่อวัน) ให้อัตราการทรุดตัวที่ใกล้เคียงกับข้อมูล

ในสนาม แต่ไม่สามารถสรุปได้ว่าเป็นค่าที่ถูกต้องที่สุด เนื่องจากข้อมูลในสนามมีไม่มากนัก ส่วนอัตราการทรุดตัวที่ใช้ค่าสัมประสิทธิ์การอัดตัวคายน้ำ จากการทดลองการอัดตัวคายน้ำแบบ 1 มิติ ($C_{v(lab)}$) จะให้อัตราการทรุดตัวที่ช้ากว่าข้อมูลที่วัดได้ในสนามมาก

5. การวิเคราะห์อัตราการทรุดตัว ของ Poulos และ Davis (1968) ที่พิจารณาให้ฐานรากทั้งระบบ เป็นเสาเข็มเดี่ยวแบบสมมูลย์เพียงต้นเดียว แสดงให้เห็นว่าการทรุดตัวในช่วง 80% แรกเกิดขึ้นเร็วกว่าข้อมูลจากการวัดในสนามมาก และการทรุดตัวในช่วงหลังจากนี้จะเกิดขึ้นช้ามาก ซึ่งเป็นพฤติกรรมการทรุดตัวของเสาเข็มเดียว ดังนั้นการพิจารณาให้ฐานรากทั้งระบบ เป็นเสาเข็มเดี่ยวสมมูลย์ขนาดใหญ่เพียงต้นเดียว จะแสดงพฤติกรรมการทรุดตัวผิดจากความเป็นจริงมาก ซึ่งผลของการที่ฐานรากมีลักษณะเป็นเสาเข็มกลุ่ม ควรจะให้อัตราการทรุดตัวช้าลงกว่านี้มาก

5.1.2 <u>การวิเคราะห์การทรุดตัวของฐานรากเสาเข็ม ที่มีปลายอยู่ในชั้นดินเหนียวแข็ง และเกิดแรงฉุดลงในเสาเข็ม เนื่องจากมีหน่วยแรงมากระทำที่ผิวดิน ของอาคารโรงงาน พระประแดง</u>

1. การวิเคราะห์อัตราการเกิดแรงฉุดลงในเสาเข็ม โดยอาศัยทฤษฎีการอัดตัวคายน้ำแบบ 1 มิติ ของ Terzaghi แสดงให้เห็นว่าอัตราการเกิดแรงฉุดลงในเสาเข็มขึ้นอยู่กับ อัตราการเกิดการอัดตัวคายน้ำของชั้นดินเหนียวอ่อน และแรงฉุดลงในเสาเข็มจะมีค่าสูงสุดเมื่อชั้นดินเหนียวอ่อนใกล้จะหยุดการทรุดตัว

2. การประมาณค่าการทรุดตัวของอาคารโรงงาน โดยวิธีปฐพีกลศาสตร์พื้นฐานของ Terzaghi เมื่อรวมผลของการเกิดแรงฉุดลงในเสาเข็ม โดยใช้คุณสมบัติการยุบอัดตัวของชั้นดินเหนียวแข็งใต้ปลายเสาเข็ม ที่ได้จากการทดลองการอัดตัวคายน้ำแบบ 1 มิติ สามารถนำมาใช้ได้ผลอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ

3. การประมาณค่าการทรุดตัวโดยวิธีปฐพีกลศาสตร์พื้นฐาน ตามข้อสมมุติฐานของ Tomlinson ให้ผลการทรุดตัวที่น้อยกว่าข้อมูลในสนามมาก (ประมาณ 50%)

4. การประมาณค่าการทรุดตัวโดยวิธี Modified Theory of Elasticity ของ Poulos และ Davis เมื่อรวมผลของการเกิดแรงฉุดลงในเสาเข็ม และรวมผลของการทรุดตัวที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากผลกระทบ (interaction) ของฐานรากทั้งระบบ พบว่าให้ค่าการทรุดตัวค่อนข้างมาก แต่อยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ

5. การวิเคราะห์อัตราการทรุดตัวโดยตั้งสมมุติฐานที่ว่า การทรุดตัวเนื่องจากแรงที่ถ่ายลงมาจากโครงสร้างเกิดขึ้นในทันที ก่อนที่จะเกิดการทรุดตัวเนื่องจากเกิดแรงฉุดลงในเสาเข็ม และการทรุดตัวเนื่องจากแรงฉุดลงในเสาเข็มจะเกิดขึ้นทันทีที่แรงฉุดลงในเสาเข็มเพิ่มขึ้น จะให้อัตราการทรุดตัวที่วิเคราะห์โดยใช้อัตราการเกิดแรงฉุดลงในเสาเข็มของ Poulos ของ Davis (1972) และอัตราการทรุดตัวที่ได้จากการวิเคราะห์โดยอาศัยทฤษฎีการอัดตัวคายน้ำแบบ 1 มิติ ของ Terzaghi เร็วกว่าข้อมูลที่ได้จากการวัดค่าการทรุดตัวในสนาม ซึ่งมีสาเหตุมาจาก

ก. วิธีการวิเคราะห์อัตราการทรุดตัวของ Poulos มีรากฐานมาจาก การวิเคราะห์การเกิดแรงฉุดลงในเสาเข็มเดียวโดยที่ไม่ได้คำนึงถึงผลกระทบ เนื่องจากผลของเสาเข็มกลุ่ม ซึ่งไม่ตรงกับความจริงที่เป็นฐานรากของเสาเข็มกลุ่ม ถึงแม้ว่ากลุ่มของเสาเข็มจะไม่ใหญ่นัก

ข. ค่าสัมประสิทธิ์การอัดตัวคายน้ำ ที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์อัตราการเกิดแรงฉุดลงในเสาเข็ม ของอาคารโรงงานผลิตยา ไม่ค่อยถูกต้องนักเนื่องจากค่า $C_{v(field)}$ ที่ได้จากการวิเคราะห์โดยวิธีของ Asaoka (1978) อาศัยข้อมูลการทรุดตัวของดินคันทาง บริเวณกรมอู่ทหารเรือ ป้อมพระจุล ซึ่งชั้นดินเหนียวอ่อนสามารถเกิดการอัดตัวคายน้ำได้โดยอิสระ แต่ชั้นดินเหนียวอ่อนบริเวณอาคารโรงงานผลิตยา มีเสาเข็มของฐานรากโรงงานตอกผ่านชั้นดินเหนียวอ่อน และฝังตัวอยู่ในชั้นดินเหนียวแข็ง ซึ่งชั้นดินเหนียวอ่อนไม่สามารถเกิดการอัดตัวคายน้ำ เนื่องจากทรายถมได้โดยอิสระ ดังนั้นค่า C_v ของชั้นดินเหนียวอ่อนที่จะนำมาใช้วิเคราะห์อัตราการเกิดแรงฉุดลงในเสาเข็มควรจะมีค่าต่ำกว่านี้

ค. การตั้งสมมุติฐานในการวิเคราะห์อัตราการทรุดตัวของฐานราก เมื่อเกิดแรงฉุดลงในเสาเข็ม โดยการทรุดตัวเนื่องจากการเกิดแรงฉุดลงในเสาเข็มจะเกิดขึ้นทันทีที่แรงฉุดลงในเสาเข็มเพิ่มขึ้นไม่ถูกต้อง เนื่องจากชั้นดินเหนียวแข็งใต้ปลายเสาเข็มจำเป็นต้องใช้เวลาในการเกิดแรงอัดตัวคายน้ำ เมื่อได้รับแรงกระทำ

6. ข้อมูลที่ได้จากการวัดค่าการทรุดตัวในสนาม อาจมีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากเกิดการวิบัติของฐานรากบางฐานราก ซึ่งทำให้เกิดการ Redistribution ของน้ำหนักกระทำต่อฐานรากต่าง ๆ ดังนั้นข้อมูลการทรุดตัวของฐานราก E-1 ที่วัดได้จากในสนาม มิได้เกิด

จากน้ำหนักกระทำจากน้ำหนักโครงสร้าง และน้ำหนักบรรทุกจร ซึ่งรวมผลของแรงฉุดลงในเสาเข็ม เพียงอย่างเดียว แต่จะมีผลกระทบจากการวิบัติของฐานรากใกล้เคียงด้วย

5.2 ข้อเสนอแนะ

สำหรับงานวิจัยต่อไปเกี่ยวกับการทรุดตัวของฐานราก แบบเสาเข็มในชั้นดินเหนียวที่ควรจะได้มีการศึกษา มีดังนี้คือ

1. การวิเคราะห์อัตราการทรุดตัวของฐานรากแบบเสาเข็ม เนื่องจากการเกิดแรงฉุดลงในเสาเข็ม

2. วิธีการที่เหมาะสมในการจัดเสาเข็มกลุ่มย่อยอิสระ สำหรับฐานรากแบบ Mat Foundation โดยวิธีการประมาณค่าการทรุดตัวของ Poulos และ Davis (1980)

3. การศึกษาถึงการนำค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่ได้จากการทดสอบด้วยเครื่อง Triaxial มาใช้แทนค่าโมดูลัสสะสมของดิน และเสาเข็ม (E_s) ในการคำนวณค่าการทรุดตัว โดยวิธี Modified Theory of Elasticity

4. ศึกษาเพิ่มเติม การทรุดตัวของฐานรากเสาเข็ม เนื่องจากแรงฉุดลงเสาเข็ม ที่เกิดขึ้นในอาคารอื่น ๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย