สำนักงานวิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การกัดเซาะ (scouring) รอบโครงสร้างฐานรากของอาคารหรือโครงสร้างทางชลศาสตร์ (hydraulic structures) เป็นสาเหตุหลักของการวิบัติหรือพังทลายของโครงสร้าง โดยเฉพาะโครงสร้างฐานรากของสะพาน ดังปรากฏในรายงานการศึกษาของบุคคลต่างๆ เช่น Murillo (1987), Richradson and Davis (2001), สมรักษ์ ต่อวงษ์ไพชยนต์ (1984) เป็นต้น กลไกการกัดเซาะ (scouring mechanism) รอบโครงสร้างฐานรากของสะพานมีความสลับซับซ้อนมาก ซึ่งขึ้นกับตัวแปรต่างๆ มากมาย ทั้งพฤติกรรมทางชลศาสตร์ของการไหลของน้ำและการเคลื่อนที่ของตะกอน และลักษณะทางกายภาพของโครงสร้างฐานรากของสะพานเองที่สัมผัสกับน้ำอยู่ และตัวแปรต่างๆ ดังกล่าวก็เกี่ยวสัมพันธ์กันอย่างลึกล้ำ (complicated interaction) ทำให้มีความยากหรือไม่สามารถวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ในเชิงทฤษฎีล้วนๆ ได้ในระดับที่น่าพอใจ ยิ่งลักษณะของโครงสร้างฐานรากมีความสลับซับซ้อน (complexity) มากขึ้นเท่าใด กลไกการกัดเซาะรอบโครงสร้างฐานรากก็ยิ่งมีความสลับซับซ้อนมากขึ้นเป็นเงาตามตัว

ลักษณะโครงสร้างฐานรากของอาคารชลศาสตร์โดยเฉพาะสะพานข้ามทางน้ำต่างๆ มักจะประกอบด้วยตอม่อ (pier stem) ที่วางบนฐานรากแบบฐานแผ่ (spread footing) หรือฐานรากแบบเสาเข็มที่มีครอบหัวเข็ม (pile cap) และเสาเข็มที่เป็นกลุ่ม (pile group) ความสลับซับซ้อนของลักษณะทางกายภาพของโครงสร้างฐานรากของอาคารทางชลศาสตร์ที่สัมผัสกับน้ำ ไม่ว่าจะเป็นส่วนของตอม่อ ส่วนของครอบหัวเข็มที่มีรูปแบบต่างๆ และส่วนของเสาเข็มเองที่มีรูปแบบและการจัดวางที่หลากหลายลักษณะ ทำให้ความสลับซับซ้อนของกลไกการกัดเซาะเพิ่มมากขึ้น

จากอดีตจวบจนถึงปัจจุบัน ได้มีการศึกษาถึงพฤติกรรมการกัดเซาะรอบโครงสร้างฐานรากของอาคารชลศาสตร์ โดยเฉพาะสะพานข้ามลำน้ำ เพื่อจะหาวิธีการหรือแนวทางในการประเมินหรือประมาณการของหลุมกัดเซาะที่จะเกิดขึ้นรอบโครงสร้างฐานรากของอาคารชลศาสตร์ดังกล่าว โดยพิจารณาถึงความหลากหลายของลักษณะทางกายภาพของโครงสร้างฐานรากที่มีรูปแบบต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นลักษณะการจัดวางเสาเข็มของฐานรากแบบเข็มกลุ่มในแบบต่างๆ เช่น การศึกษาของ Hannah (1987), Coleman (2005), Ataie-Ashtiani and Beheshti (2006) เป็นต้น อย่างไรก็ตามการศึกษาที่ผ่านมาดังกล่าวเป็นการศึกษาถึงอิทธิพลของการจัดวางเสาเข็มที่ตั้ง

ตรงเป็นกลุ่มที่มีรูปแบบการวางและระยะห่างต่างๆ แต่ในข้อเท็จจริงในทางปฏิบัติ ไม่ว่าจะเป็นเหตุผลทางด้านวิศวกรรมและ/หรือเหตุผลทางด้านสถาปัตยกรรม และ/หรือเหตุผลทางด้านนิเวศวิทยาและสิ่งแวดล้อมและอื่นๆ ที่ทำให้ต้องกำหนดรูปแบบของโครงสร้างฐานรากที่อาจมีรูปแบบที่เฉพาะ

รูปแบบโครงสร้างฐานรากแบบเสาเข็มที่มีการวางเสาเข็มทั้งแบบตั้งตรงและเอียงร่วมกันในกลุ่มเสาเข็ม ย่อมมีกลไกการกัดเซาะรอบกลุ่มเสาเข็มที่แตกต่างออกไปจากลักษณะของกลุ่มเสาเข็มที่ตั้งตรงทั้งหมด โดยทั่วไปเสาเข็มที่เอียงมักจะเป็นเสาที่อยู่รอบนอกหรือด้านหน้าของกลุ่มเสาเข็ม ดังนั้นการศึกษาถึงอิทธิพลหรือผลของการเอียงของเสาเข็มด้านหน้าของกลุ่มเสาเข็มต่อความลึกหลุมกัดเซาะรอบกลุ่มเสาเข็ม จึงเป็นที่น่าสนใจในการที่จะศึกษาเพื่อหาคำตอบจากปัญหาดังกล่าว เพื่อก่อให้เกิดความเข้าใจต่อกลไกการกัดเซาะรอบกลุ่มเสาเข็มที่มีความสลับซับซ้อนในรูปแบบมากขึ้น และเป็นประโยชน์ต่อการประเมินและประมาณความลึกหลุมกัดเซาะรอบโครงสร้างฐานรากของเสาเข็มกลุ่มที่มีการเอียงของเสาเข็มในกลุ่ม

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

จุดมุ่งหมายหลักของวิทยานิพนธ์นี้คือ การศึกษาถึงอิทธิพลการเอียงของเสาเข็มในกลุ่มเสาเข็มที่มีต่อความลึกหลุมกัดเซาะรอบเสาเข็มที่เอียงเองและเสาเข็มข้างเคียงที่ไม่เอียงในกลุ่มเสาเข็มเมื่อมีการเอียงของเสาเข็มต้นหน้าในระนาบต่างๆ กับทิศทางการไหลโดยแยกเป็นวัตถุประสงค์การศึกษาที่สำคัญ คือ

1) ศึกษาถึงอิทธิพลของการเอียงของเสาเข็มต้นหน้าในเข็มกลุ่ม ต่อการเปลี่ยนแปลงความลึกหลุมกัดเซาะสูงสุดรอบเสาเข็มที่เอียงและเสาเข็มตั้งตรงต้นข้างเคียงที่ถัดไปจากเสาเข็มเอียงในกลุ่มเสาเข็มโดยมีการเอียงของเสาเข็มต้นหน้าในระนาบตามทิศทางการไหล

2) ศึกษาถึงอิทธิพลของการเอียงของเสาเข็มต้นหน้าในเข็มกลุ่ม ต่อการเปลี่ยนแปลงความลึกหลุมกัดเซาะสูงสุดรอบเสาเข็มที่เอียงและเสาเข็มตั้งตรงต้นข้างเคียงที่ถัดไปจากเสาเข็มเอียงในกลุ่มเสาเข็ม โดยมีการเอียงของเสาเข็มต้นหน้าในระนาบทแยง 45° กับทิศทางการไหล

3) ศึกษาถึงอิทธิพลของการเอียงของเสาเข็มต้นหน้าในเข็มกลุ่ม ต่อการเปลี่ยนแปลงความลึกหลุมกัดเซาะสูงสุดรอบเสาเข็มที่เอียงและเสาเข็มตั้งตรงต้นข้างเคียงที่ถัดไปจากเสาเข็มเอียงในกลุ่มเสาเข็มโดยมีการเอียงของเสาเข็มต้นหน้าในระนาบตั้งฉาก กับทิศทางการไหล

4) หาความสัมพันธ์ระหว่างความลึกหลุมกัดเซาะของเสาเข็มที่เอียงและเสาเข็มตั้งตรงต้นข้างเคียงกับการเอียงของเสาเข็มที่เปลี่ยนแปลงไปโดยรวม

5) เพื่อเสริมสร้างประสบการณ์ในการใช้แบบจำลองทางกายภาพ ในการศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาทางชลศาสตร์การไหลและการกัดเซาะรอบตอม่อสะพานของกลุ่มเสาเข็มที่มีเสาที่ตั้งตรงและเอียงในทิศทางและมุมต่างๆ

1.3 ขอบข่ายการศึกษา

การดำเนินการศึกษานี้ใช้แบบจำลองทางกายภาพ เพื่อหาอิทธิพลของการเอียงของเสาเข็มต่อการเปลี่ยนแปลงความลึกหลุมกัดเซาะ โดยจำลองการทดลองในรางน้ำเปิดสี่เหลี่ยมผืนผ้า (rectangular flume) ที่มีความยาว 18.0 เมตร กว้าง 0.60 เมตร และสูง 0.75 เมตร ตั้งอยู่ ณ ห้องปฏิบัติการชลศาสตร์และชายฝั่งทะเล ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยลักษณะของแบบจำลองประกอบด้วยรายละเอียดและขอบข่ายการศึกษา ดังต่อไปนี้

1) เป็นการศึกษาเพื่อพิจารณาความลึกสูงสุดของหลุมกัดเซาะรอบเสาเข็มกลุ่ม ภายใต้สภาวะการไหลที่น้ำไม่มีตะกอนปน (clear water) และเป็นการไหลแบบไม่เปลี่ยนแปลงกับเวลา (steady flow) ที่มีสภาวะการไหลแบบต่ำกว่าวิกฤต (subcritical flow)

2) การศึกษานี้มุ่งที่ความลึกสูงสุดของหลุมกัดเซาะรอบๆ เสาเข็มกลุ่มเป็นสำคัญ จึงไม่พิจารณาถึงเวลาในการพัฒนาความลึกกัดเซาะตลอดจนรูปแบบของหลุมกัดเซาะ ณ เวลาต่างๆ

3) วัสดุท้องน้ำที่ใช้ในแบบจำลองเป็นทรายละเอียดขนาดสม่ำเสมอโดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยประมาณ 0.27 มม. (d_{50} = 0.27 มม.) มีค่าสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอ (uniformity coefficient, C_u) เท่ากับ 1.67 ซึ่งหมายถึงทรายมีขนาดคละสม่ำเสมอใกล้เคียงกัน (uniformly graded sand) เนื่องจากค่า C_u มีค่าน้อยกว่า 6 แสดงการคำนวณในภาคผนวก ก-4 และมีความหนาวัสดุท้องน้ำประมาณ 15 ซม.

4) ใช้เสาเข็มรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (D) 3.40 ซม.

5) จากผลการศึกษาการกัดเซาะรอบเสาเข็มกลุ่มที่ผ่านมา Ashtiani (2006) ชี้ให้เห็นถึงการจัดวางของเสาเข็มในเสาเข็มกลุ่มที่มีระยะห่างระหว่างเสาที่น้อยนั้น อิทธิพลระหว่างเสาที่ส่งผลต่อกันและกัน (interference) ต่อการพัฒนาหลุมกัดเซาะจะมีมากกว่าระยะห่างระหว่างเสาที่มาก อย่างไรก็ตามถ้าระยะห่างระหว่างเสาที่มีค่าอัตราส่วนระยะห่างของเสา (G) ต่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเสา (D) น้อยกว่า 0.15 แล้วกลุ่มเสาเข็มจะมีพฤติกรรมการกัดเซาะเช่นเดียวกับเสาเข็มเดี่ยวต้นเดียวที่มีขนาดใหญ่เท่ากับกลุ่มเสาเข็ม นอกจากนี้การศึกษาที่ผ่านมายังชี้ให้เห็นว่าอิทธิพลระหว่างเสาเข็มที่มีผลต่อกันและกันต่อการพัฒนาหลุมกัดเซาะจะลดลงเมื่ออัตราส่วน G/D

อยู่ระหว่าง 2 ถึง 4 ดังนั้นในการศึกษานี้จึงกำหนดระยะห่างของเสาเข็มคงที่ที่ระยะ $G/D = 2$ ซึ่งถือว่าเป็นระยะที่อยู่ในช่วงของการเกิดผลของอิทธิพลระหว่างกันของเสาเข็มในเชิงชลศาสตร์ของการกัดเซาะรอบเสาเข็ม และเป็นเหตุผลทางด้านฐานรากในทางปฏิบัติที่ระยะห่างระหว่างเข็มไม่ควรจะน้อยเกินไปจนเป็นปัญหาในการก่อสร้างในสภาพจริง ดังนั้นการศึกษานี้ใช้ระยะห่างระหว่างเสาเป็นระยะ 2 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลาง ($G/D = 2$)

6) การศึกษาผลของการเอียงของเสาเข็มในแต่ละระนาบการเอียงจะพิจารณาเพียง 3 ระนาบการเอียงในแนวดิ่ง (horizontal inclination plane, α) คือ ระนาบตามทิศทางการไหล ระนาบทแยง 45° กับทิศทางการไหล และระนาบตั้งฉากกับทิศทางการไหล การเอียงของเสาเข็มต้นหน้าจะเป็นการเอียงเข้าหากลุ่มของเสาเข็ม หรือเอียงเข้าหาเสาเข็มต้นถัดไป ดังรูป 2-7

7) การเอียงของเสาเข็มจะจำเพาะที่เสาเข็มต้นหน้าในกลุ่มเสาเข็มทั้งหมด 3 ต้น โดยสองต้นหลังจะตั้งตรง มุมของเสาเข็มที่เอียงในแต่ละระนาบ (inclination angle, β) จะประกอบด้วยมุมเอียงจากแนวดิ่งเป็นจำนวน 4 มุม คือ 5°, 10°, 15° และ 20° ตามลำดับ ซึ่งมุมเอียง 20° จะเป็นมุมเอียงมากที่สุด เนื่องจากปัญหาของการไขว้ซ้อนกันของเสาเข็มที่เกิดขึ้นในกรณีความลึกน้ำมากๆ ดังรูป 2-7

8) กลุ่มของเสาเข็มที่ใช้ในการศึกษาจะแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ รูปแบบที่เป็นกลุ่มเสาเข็ม 2 ต้น วางเรียงตามแนวการไหลต่อกัน (tandem arrangement) มีระยะห่างระหว่างเสาเป็นสองเท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเสาเข็ม และเป็นกลุ่มเสาเข็ม 3 ต้น โดยมีการจัดวางเป็นลักษณะสามเหลี่ยมมุมฉาก ซึ่งมีเสาเข็มต้นหน้าที่เอียงเป็นยอดสามเหลี่ยม และ 2 ต้นหลังถัดที่จากต้นหน้าเป็นแนวฐานสามเหลี่ยมที่วางอยู่ในแนวเดียวกันในระนาบตั้งฉากกับทิศทางการไหล มีระยะห่างระหว่างเสาเป็นสองเท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเสาเข็มเช่นเดียวกัน ดูรูป 2-7 ประกอบ

9) ในการศึกษาเพื่อดูผลของความลึกการไหล (y) ที่เป็นตัวแปรสำคัญต่อความลึกหลุมกัดเซาะจะดำเนินการทดลองโดยปรับเปลี่ยนอัตราการไหลสำหรับแต่ละกรณี จำนวนประมาณ 12 อัตราการไหล

1.4. การดำเนินการศึกษา

การศึกษานี้ได้แบ่งขั้นตอนการศึกษาทั้งทางทฤษฎีและปฏิบัติ เพื่อให้ครอบคลุมขอบข่ายและวัตถุประสงค์ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) ศึกษาทฤษฎี หลักการและสมมุติฐานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับขบวนการและกลไกการกัดเซาะรอบตอม่อสะพาน เพื่อเป็นพื้นฐานและแนวทางสำหรับการศึกษาวิจัย

หอสมุดกลาง สำนักงานวิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2) รวบรวมข้อมูลรายงานและผลการศึกษาที่ผ่านมาที่เกี่ยวข้องกับการกัดเซาะรอบตอม่อสะพานเพื่อใช้ประกอบการพิจารณาหาแนวทางหรือวิธีการที่ใช้ในการศึกษานี้ รวมถึงการทบทวนทฤษฎีการสร้างแบบจำลองทางวิศวกรรมชลศาสตร์ เพื่อนำมาใช้วางแผนการทดลองและเป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์ผลการศึกษาในการศึกษานี้

3) ออกแบบการทดลองประกอบด้วยการกำหนดเงื่อนไขและกรณีของการศึกษานี้และข้อมูลหรือตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่จะต้องวัด บันทึกและเก็บรวบรวม เพื่อนำไปวิเคราะห์หาคำตอบของปัญหาตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

4) การพัฒนาแบบจำลองเพื่อใช้ในการศึกษานี้ประกอบด้วย การออกแบบก่อสร้าง / ปรับปรุงและตรวจสอบแบบจำลองทางกายภาพของทางน้ำ แบบจำลองของวัสดุท้องน้ำ แบบจำลองตอม่อหรือเสาเข็มตลอดจนระบบการไหลเวียนของน้ำในระบบ

5) การพิจารณาจัดหาและ/หรือออกแบบก่อสร้าง/ปรับปรุง และตรวจสอบอุปกรณ์/เครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ในการเก็บบันทึกข้อมูลต่างๆ จากการทดลองประกอบด้วย อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของน้ำ อุปกรณ์วัดระดับน้ำและระดับท้องน้ำ อุปกรณ์เก็บภาพและบันทึกการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำ

6) ทำการทดลองในแบบจำลองในกรณีต่างๆ และปรับปรุงการทดลอง เครื่องมือและวิธีการเก็บข้อมูลจากการทดลองให้มีความเหมาะสม และสะดวกต่อการใช้งาน

7) เก็บและรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการทดลองโดยการวัดขนาดหลุมกัดเซาะ และด้วยการบันทึกภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหวอย่างต่อเนื่อง จากจุดเริ่มต้นการทดลองจนสิ้นสุดการทดลอง

8) นำข้อมูลมาตรวจสอบและวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรปัญหากับตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในรูปแบบสมการและ/หรือกราฟ และ/หรือตารางความสัมพันธ์ ที่ใช้ในการประมาณการหรือคาดคะเนความลึกของหลุมกัดเซาะรอบเสาเข็มกลุ่มที่มีการเอียงของเสาเข็มต้นหน้าของกลุ่มเสาเข็ม

9) สรุปและวิจารณ์ผลการศึกษาที่ได้และให้ข้อเสนอแนะ

10) จัดทำรายงานวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

1) ทำให้ได้เห็นและรู้ถึงพฤติกรรมทางชลศาสตร์การกัดเซาะรอบเสาเข็มกลุ่มที่มีเสาเข็มต้นหน้าเอียงทำมุมต่างๆ

2) ก่อให้เกิดความเข้าใจกลไกของการกัดเซาะรอบเสาเข็มกลุ่มที่มีอิทธิพลของการเอียงของเสาเข็มในกลุ่มเสาเข็มมากขึ้นและได้ทราบถึงผลของการเอียงของเสาเข็มต่อความลึกหลุมกัดเซาะรอบเสาเข็ม

3) เป็นแนวทางเบื้องต้นสำหรับการนำอิทธิพลของเสาเข็มเอียงต่อการกัดเซาะรอบเสาเข็มมาใช้ประกอบการพิจารณาเพิ่มเติม ในการกำหนดเกณฑ์การออกแบบทางชลศาสตร์ของการกัดเซาะรอบตอม่อสะพานที่มีลักษณะเสาเข็มกลุ่มที่มีการเอียงของเสาเข็มในกลุ่มให้มีความเหมาะสมยิ่งขึ้น

4) เพิ่มประสบการณ์ และเป็นแนวทางดำเนินงานวิจัย โดยใช้แบบจำลองทางกายภาพในการหาคำตอบของปัญหาทางด้านชลศาสตร์ที่ตั้งขึ้นอย่างเป็นระบบได้

5) เป็นแนวทางสำหรับการศึกษาขั้นต่อไปของผู้สนใจ ไม่ว่าจะเป็น วิศวกรแหล่งน้ำ วิศวกรชายฝั่งทะเล วิศวกรออกแบบสะพาน วิศวกรโครงสร้าง รวมทั้งวิศวกรสิ่งแวดล้อม