บทที่ 5
สรุปและเสนอแนะ

5.1 การดำเนินการศึกษาและทดลอง

การศึกษาการกัดเซาะรอบตอม่อสะพานที่วางเรียงกันเป็นตับ เป็นการทดลองเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของระยะห่างตอม่อ โดยทำการทดลองในรางน้ำเปิดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า กำหนดวัสดุท้องน้ำมีขนาดสม่ำเสมอ 3 ขนาด ได้แก่ ทรายละเอียด d_{50} = 0.36 มม. ทรายปานกลาง d_{50} = 1.20 มม.และทรายหยาบ d_{50} = 2.20 มม.ตามลำดับ ใช้ท่อ P.V.C. ขนาด ϕ 4.8 ซม.จำลองตอม่อวางห่างกันเท่ากับ 1D 2D และ 3D เมื่อ D คือ เส้นผ่าศูนย์กลางของตอม่อ

การศึกษาการกัดเซาะโดยใช้แบบจำลองซลศาสตร์นี้ สิ่งแรกที่ต้องคำนึงถึงก็คือ ความสามารถหรือข้อจำกัดของเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เช่น ฝายวัดน้ำสามเหลี่ยมสันคม สามารถวัดน้ำได้สูงสุดประมาณ 100 ลิตร/วินาที ความลาดชันของรางน้ำปรับได้สูงสุด 0.014 เมตร/เมตร เครื่องมือวัดความเปลี่ยนแปลงท้องน้ำวัดได้ลึกสูงสุด 0.40 เมตร เครื่องโรยทรายอัตโนมัติสามารถปรับความเร็วรอบได้ต่ำสุดประมาณ 100 rpm และสามารถโรยทรายได้ในอัตรา 0.018-0.231 กิโลกรัม/วินาที นอกจากนี้ การวางแผนการทดลองล่วงหน้าให้เป็นระบบ เป็นสิ่งที่จำเป็นและสำคัญอย่างมาก ต้องทำการศึกษาขั้นตอนต่างๆให้เข้าใจอย่างถ่องแท้ ไม่ว่าจะเป็นทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในการทดลอง เงื่อนไขการทดลอง การเตรียมเครื่องมือ และอุปกรณ์ก่อนการทดลอง การสอบเทียบอุปกรณ์การทดลองต่างๆ ข้อมูลที่จะต้องเก็บขณะทดลอง และหลังการทดลองเสร็จ รวมถึงระยะเวลาในการทดลองอีกด้วย เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง แม่นยำ เชื่อถือได้ ซึ่งขั้นตอนนี้ ถ้าผิดตั้งแต่เริ่มต้น การศึกษาทั้งหมดก็อาจได้ข้อมูลที่ผิดพลาดและคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น

5.2 สรุปผลการศึกษา

5.2.1 ในกรณี สภาวะเงื่อนไข clear-water ระยะห่างของตอม่อเท่ากับ 1D และ 2D มีอิทธิพลต่อความลึกหลุมกัดเซาะรอบตอม่อตัวแรกใกล้เคียงกัน เมื่อวางตอม่อในแนวทิศทางการไหล และเมื่อระยะห่างของตอม่อเท่ากับ 3D พบว่าความลึกหลุมกัดเซาะลดลงเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า การวางตอม่อระยะห่างกันมาก อาจทำให้ความปั่นป่วนของกระแสน้ำระหว่างตอม่อลดความรุนแรงลง และเมื่อวางตอม่อยิ่งห่างผลกระทบของตอม่อตัวที่สองต่อตอม่อตัวแรกยิ่งน้อยลง จนทำให้หลุมกัดเซาะเข้าใกล้กรณีตอม่อเดี่ยว ด้วยเหตุนี้จึงอาจจะมีผลทำให้ความลึกหลุมกัดเซาะรอบตอม่อตัวแรกลดลง

เมื่อพิจารณาตอม่อตัวที่ 2 และ 3 โดยวางตอม่อห่างกันเป็นระยะเท่ากับ 1D พบว่าความลึกหลุมกัดเซาะลดลงถึงร้อยละ 20 และ 40 ขึ้นไปตามลำดับ และเมื่อวางตอม่อห่างกันเป็นระยะ 2D ความลึกหลุมกัดเซาะที่เกิดบริเวณรอบตอม่อตัวที่ 2 และตัวที่ 3 ลดลงร้อยละ 25 และ 50 ขึ้นไปตามลำดับ ที่ระยะ 3D ความลึกหลุมกัดเซาะลดลงประมาณร้อยละ 35 และ 48 ขึ้นไป ตามลำดับ ภายใต้สภาวะเงื่อนไข clear-water นี้ ค่า Fr อยู่ระหว่าง 0.20 – 0.50 และค่า y/D อยู่ระหว่าง 1 - 6

5.2.2 ในกรณีสภาวะเงื่อนไข live-bed ระยะห่างของตอม่อไม่ว่าจะเท่ากับ 1D 2D และ 3D เมื่อวางตอม่อในแนวทิศทางการไหล มีอิทธิพลต่อความลึกหลุมกัดเซาะรอบตอม่อตัวแรกเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ทั้งนี้เป็นเพราะว่าเกิดการเคลื่อนที่ของวัสดุท้องน้ำอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา และลักษณะท้องน้ำยังมีผลกระทบอีก เช่น Ripple Dune Antidune ซึ่งลักษณะเหล่านี้มีอิทธิพลต่อความลึกหลุมกัดเซาะเช่นกัน

เมื่อพิจารณาตอม่อตัวที่ 2 และ 3 พบว่า เมื่อวางตอม่อห่างกันเท่ากับ 1D ความลึกหลุมกัดเซาะลดลงมากกว่าร้อยละ 20 และ 40 ขึ้นไป ตามลำดับ ส่วนระยะห่างของตอม่อเท่ากับ 2D ความลึกหลุมกัดเซาะรอบตอม่อตัวที่ 2 และ 3 ลดลงประมาณร้อยละ 20 และ 30 ขึ้นไป ตามลำดับ สำหรับระยะห่างระหว่างตอม่อเท่ากับ 3D ความลึกหลุมกัดเซาะรอบตอม่อตัวที่ 2 และ 3 ลดลงประมาณร้อยละ 20 ขึ้นไป ภายใต้สภาวะเงื่อนไข live-bed นี้ ค่า อยู่ระหว่าง 0.40 – 0.80 และค่า y/D อยู่ระหว่าง 1 - 3

5.2.3 เมื่อวางตอม่อทำมุม 20 องศาและ 40 องศากับแนวทิศทางการไหล และระยะห่างตอม่อเท่ากับ 1D 2D และ 3D ทั้งสภาวะเงื่อนไข clear-water และ live-bed ค่าความลึกหลุมกัดเซาะรอบๆตอม่อตัวแรกมีค่าใกล้เคียงกันทั้งหมด แสดงว่า ไม่ว่าจะวางตอม่อทำมุมกับทิศทางการไหลและระยะห่างของตอม่อเท่าใด ก็ไม่มีผลกระทบต่อความลึกหลุมกัดเซาะรอบตอม่อตัวแรก

แต่เมื่อพิจารณาตอม่อตัวที่ 2 และ 3 วางห่างกัน 1D 2D และ 3D ค่าความลึกหลุมกัดเซาะรอบตอม่อตัวที่ 2 และ 3 ลดลงประมาณร้อยละ 10 และ 20 ตามลำดับ โดยวางตอม่อทำมุม 20 องศากับแนวทิศทางการไหล และเมื่อวางทำมุม 40 องศากับแนวทิศทางการไหล ค่าความลึกหลุมกัดเซาะรอบตอม่อตัวแรก ตัวที่ 2 และตัวที่ 3 มีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งค่า Fr อยู่ระหว่าง 0.20 –0.50 และค่า y/D อยู่ระหว่าง 1 – 6 ในสภาวะเงื่อนไข clear-water สำหรับสภาวะเงื่อนไข live-bed ค่า Fr อยู่ระหว่าง 0.40 – 0.80 และค่า y/D อยู่ระหว่าง 1 – 2

5.2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความลึกหลุมกัดเซาะกับตัวแปรการไหลของตอม่อรูปทรงกระบอก มีความสัมพันธ์กันดังนี้

สภาวะเงื่อนไข clear-water

$$\frac{d_s}{y} = 1.22\left(\frac{D}{y}\right)^{0.76} Fr^{0.39} \qquad (5.1)$$

สภาวะเงื่อนไข live-bed

$$\frac{d_s}{y} = 0.85\left(\frac{D}{y}\right)^{2.0} Fr^{-1.70} \qquad (5.2)$$

5.2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความลึกหลุมกัดเซาะกับตัวแปรการไหลของตอม่อรูปทรงกระบอก รวมถึงขนาดวัสดุท้องน้ำ มีความสัมพันธ์กันดังนี้

สภาวะเงื่อนไข clear-water

$$\frac{d_s}{y} = 0.99\left(\frac{y}{d_{50}}\right)^{0.09}\left(\frac{D}{y}\right)^{0.80} Fr^{0.56} \qquad (5.3)$$

สภาวะเงื่อนไข live-bed

$$\frac{d_s}{y} = 0.85\left(\frac{y}{d_{50}}\right)^{2.00}\left(\frac{D}{y}\right)^{1.62} Fr^{-0.29} \qquad (5.4)$$

เป็นที่น่าสังเกตว่า ค่ายกกำลังของ Froude Number Fr ในสมการ 5.2 และ 5.4 มีค่าติดลบ ซึ่งอาจไม่ถูกต้องตามทฤษฎี เป็นเพราะว่า เป็นค่าที่ได้จากการวิเคราะห์สมการถดถอยพหุคูณ จากข้อมูลการทดลองที่มีค่า Fr ในช่วงแคบมาก จึงสรุปได้ว่า ค่ายกกำลังดังกล่าวนี้ไม่มีนัยสำคัญที่ควรนำไปใช้

5.2.6 จากการทดลองพบว่า ขนาดของวัสดุท้องน้ำที่มีขนาดใหญ่ ความลึกหลุมกัดเซาะน้อย และขนาดของวัสดุท้องน้ำที่มีขนาดเล็ก ความลึกหลุมกัดเซาะมาก ณ เงื่อนไขทางชลศาสตร์เดียวกัน และขนาดตอม่อเท่ากัน ทั้งนี้ขนาดของวัสดุท้องน้ำ แปรผันกับแรงเค้นเฉือนของอนุภาควัสดุท้องน้ำ

5.3 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะ สำหรับการศึกษาวิจัยในคราวต่อไปมีดังนี้

5.3.1 เนื่องจากรางน้ำที่ใช้ในการทดลองมีความยาวไม่มากนัก ดังนั้นการทดลองควรจะวางแบบจำลองเพียงตำแหน่งเดียวที่ตรงกลางของรางน้ำ เพื่อป้องกันผลกระทบอันเนื่องจากแบบจำลองตำแหน่งที่ 1 ซึ่งอยู่ใกล้กับต้นราง และแบบจำลองตำแหน่งที่ 3 ซึ่งอยู่ใกล้กับปลายรางจนเกินไป

5.3.2 เนื่องจากตรงรอยต่อของผนังรางน้ำ ไม่เรียบ ดังนั้น จึงทำให้เกิดคลื่นมากยิ่งขึ้น มีผลทำให้ระดับน้ำขึ้นๆลงๆ และอาจทำให้วัดค่าระดับผิวน้ำคลาดเคลื่อนได้

5.3.3 วาล์วควบคุมน้ำเข้าสู่รางน้ำควบคุมอัตราการไหลได้ไม่ดีเท่าที่ควร ดังนั้นจึงเป็นการยากที่จะทดลองซ้ำในอัตราการไหลเท่าเดิม หรือเงื่อนไขเหมือนเดิม

5.3.4 การทดลองควรให้ครอบคลุมตัวแปรแสดงสภาวะการไหลต่างๆ เช่น ความลึกการไหล , Froude Number Fr , อัตราการไหล เป็นต้น ให้มีช่วงกว้างมากขึ้นกว่าที่ได้ทำการทดลองศึกษานี้ ทั้งนี้เพื่อจะได้นำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ต่างๆ ในเชิงสถิติได้สมบูรณ์และมีความถูกต้องมากขึ้น

5.3.5 ควรจะทำการทดลอง โดยกำหนดวัสดุท้องน้ำเป็นแบบชนิดที่มีแรงยึดเหนี่ยว (cohesive sediment) บ้าง เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความลึกหลุมกัดเซาะกับพฤติกรรมการไหล

5.3.6 ควรทำการทดลองหาขนาด riprap ที่เหมาะสมในการป้องกันการกัดเซาะรอบตอม่อบ้าง

5.3.7 ในการออกแบบตอม่อสะพานที่วางเรียงกันเป็นตับนี้ ไม่ควรออกแบบให้ตอม่อวางชิดกันมากเกินไป เพราะจะทำให้เกิดความลึกหลุมกัดเซาะเป็นบริเวณกว้างมีลักษณะคล้ายคลึงกับหลุมกัดเซาะที่เกิดบริเวณรอบ ๆ ตอม่อลักษณะสี่เหลี่ยมผืนผ้าปลายมนที่มีความยาวเท่ากับผลรวมของระยะตอม่อรวมกัน และไม่ควรวางตอม่อทำมุมกับแนวทิศทางการไหลมาก เพื่อลดการกัดเซาะที่เกิดขึ้นรอบ ๆ ตอม่อแต่ละตัวให้มากที่สุด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย