บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา

งานทางด้านการพัฒนาแหล่งน้ำ เป็นงานสำคัญอย่างหนึ่งในการสร้างสาธารณูปโภค-พื้นฐาน เป็นงานทางวิศวกรรมอย่างหนึ่งที่ต้องการ การวางแผน ออกแบบ ก่อสร้าง การจัดการและบำรุงรักษา และการประเมินผลของโครงการ เนื่องจากงานทางด้านนี้จะต้องเกี่ยวข้องกับน้ำอยู่ตลอดเวลา ไม่ว่าน้ำนั้นอยู่ในสภาพนิ่ง (static) หรือ สภาพการไหล (dynamic) โดยเฉพาะเมื่อน้ำมีสภาพการไหลซึ่งมีความเร็วหรือความเร่ง โดยมีอิทธิพลของแรงมากระทำเนื่องจากน้ำที่กำลังเคลื่อนที่ เช่น แรงดันของกระแสน้ำต่อฝายน้ำล้น กระทำต่อข้อต่อข้องอของท่อระบายน้ำหรือท่อส่งน้ำ ประตูน้ำ ตอม่อสะพาน เป็นต้น ปัญหาทางด้านชลศาสตร์จึงเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้และเป็นสิ่งที่วิศวกรแหล่งน้ำจะต้องหาทางแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น **ปัญหาการกัดเซาะและทับถมของตะกอน** (scouring and deposition) เป็นประเด็นปัญหาหนึ่งที่สำคัญทางด้านวิศวกรรมแหล่งน้ำ ซึ่งเกิดขึ้นจากแรงกระทำของน้ำ ทำให้อาคารที่สร้างขึ้นพังเสียหาย หรือเกิดการทับถมตื้นเขินจนไม่สามารถใช้ทางน้ำที่ทำขึ้นได้

สะพาน เป็นโครงสร้างชนิดหนึ่งเพื่อใช้ในการสัญจรที่ถูกสร้างขึ้นมาขวางการไหลของน้ำตามธรรมชาติ ดังนั้นการกัดเซาะโดยการไหลผ่านของน้ำ อาจเป็นหนึ่งในสาเหตุหลักต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดการวิบัติของสะพานได้ ด้วยเหตุที่ประเทศไทยอยู่ในระหว่างการพัฒนา จึงได้มีการก่อสร้างถนนในท้องถิ่นชนบทเพิ่มขึ้นในแต่ละปีเพื่อเร่งรัดการพัฒนาเศรษฐกิจ และสังคมออกสู่ภูมิภาค ประสบการณ์ที่ผ่านมาพบว่ามีโครงสร้างสะพานจำนวนมากเกิดการวิบัติยังผลให้เกิดการสูญเสียทางเศรษฐกิจทั้งในด้านอุปสรรคของการสัญจร และงบประมาณในการซ่อมแซมและบำรุงรักษาในแต่ละปีเป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นผลให้การขยายความเจริญออกสู่ภูมิภาคเกิดความล่าช้า นอกจากนี้ในบางครั้งการวิบัติของโครงสร้างสะพานยังนำมาซึ่งการสูญเสียของชีวิต และทรัพย์สินของประชาชนอีกด้วย ดังนั้นจึงเป็นที่น่าสนใจที่จะทำการศึกษาถึงสาเหตุของการวิบัติของโครงสร้างสะพานตลอดจนอิทธิพลของการกัดเซาะโดยการไหลของน้ำต่อโครงสร้างดังกล่าว

ตอม่อสะพาน (bridge piers) เป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างสะพานซึ่งก่อสร้างอยู่กลางลำน้ำเพื่อรับน้ำหนักสะพานส่วนบน และน้ำหนักจรของยวดยาน และยังทำหน้าที่เป็นพื้นที่เปิดสำหรับระบายน้ำ การก่อสร้างตอม่อสะพาน จึงเป็นการนำโครงสร้างนั้น ๆ ไปกีดขวางการไหลของกระแสน้ำ (flow obstruction) และทำให้เกิดการลดพื้นที่หน้าตัดการไหล (constriction) ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความเร็ว ทิศทางการไหล และสภาพการไหล (state of flow) ก่อให้เกิดภาวะปั่นป่วน และรุนแรงขึ้นจนกลายเป็นน้ำวน (eddy current) เส้นกระแสน้ำ (stream line) แตกออกเป็นสายพุ่งออกตามทิศทางต่าง ๆ ขณะเดียวกัน แรงยก (lift force) จะเพิ่มขึ้นจนสามารถพัดพาเอาวัสดุท้องน้ำ ณ จุดที่กระแสน้ำนั้นไหลผ่านลอยตัวขึ้น และเคลื่อนออกจากที่อยู่เดิม หากการนำพาเป็นไปอย่างต่อเนื่อง จุดที่ถูกแรงกระทำโดยตรงจะกลายเป็นหลุม เริ่มจากหลุมเล็กแล้วค่อย ๆ ขยายเป็นหลุมใหญ่ เรียกว่า หลุมกัดเซาะ (scour hole) ก้นหลุมมีระดับลึกลงไปจากระดับท้องน้ำเดิม ทำให้มีผลต่อความมั่นคงของโครงสร้าง เนื่องจากค่าความเสียดทาน (friction) ที่ผิวรอบ ๆ เสาเข็มที่รองรับตอม่อสะพานลดลง ซึ่งทำให้กำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มลดลง ดังนั้นการวิบัติของตอม่อสะพาน เนื่องจากการกัดเซาะของน้ำจึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่วิศวกรผู้ออกแบบจะต้องคำนึงถึง แต่ในการออกแบบโครงสร้างดังกล่าว วิศวกรผู้ออกแบบมุ่งเน้นความสำคัญในด้านโครงสร้าง (structure) ของตัวสะพานและตอม่อ ให้สามารถรับแรงต่าง ๆ ที่มากระทำได้ แต่ปัญหาการกัดเซาะของน้ำที่ฐานรากของสะพานเป็นปัญหาทางด้านชลศาสตร์ ไม่ใช่ปัญหาทางด้านโครงสร้างหรือปัญหาทางด้านฐานราก จึงทำให้มองข้ามความสำคัญในส่วนนี้ไป จากรายงานของ FHWA (Federal Highway Administration) กล่าวไว้ใน "Case Histories of Scour Problems at Bridges" ปี 1984 ว่าการวิบัติของสะพานในสหรัฐอเมริกาจากกรณีศึกษาทั้งสิ้น 143 กรณี พบว่า มี 66 กรณีเกิดการวิบัติเนื่องจากการกัดเซาะ

ในการศึกษาครั้งนี้ มุ่งเน้นประเด็นการศึกษาไปที่การกัดเซาะรอบตอม่อสะพาน โดยพิจารณาถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อหลุมกัดเซาะ ได้แก่ วัสดุท้องน้ำ สภาพการไหลของน้ำ รูปทรงทางเรขาคณิตของตอม่อสะพาน มุมปะทะของตอม่อสะพานกับทิศทางการไหลของกระแสน้ำ เป็นต้น ซึ่งปัญหาที่กล่าวมาแล้วข้างต้นล้วนมีพื้นฐานมาจากการไหลของน้ำ หรือแรงที่กระทำโดยน้ำ การนำวิชาการทางชลศาสตร์มาช่วยวิเคราะห์แก้ไขปัญหา จะทำให้สามารถแก้ไขปัญหาได้ตรงจุดที่สุด **แบบจำลองชลศาสตร์** (hydraulic model) ไม่ว่าจะเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (mathematical model) หรือ แบบจำลองทางกายภาพ (physical model) จัดว่าเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพ ในการจะวิเคราะห์ปัญหาดังกล่าวในสภาพพื้นที่ต่าง ๆ ซึ่งจะมีส่วนช่วยให้งานพัฒนาทางด้านแหล่งน้ำเป็นไปอย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ การจะเลือกประเภท

ของแบบจำลองที่ใช้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและข้อจำกัดต่าง ๆ ของแบบจำลองกับปัญหานั้น ๆ ในการศึกษานี้จะใช้แบบจำลองชลศาสตร์ทางกายภาพช่วยในการศึกษา เนื่องจาก ความซับซ้อนของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการกัดเซาะรอบตอม่อสะพาน เช่น รูปแบบการไหล (flow pattern) ค่าปริมาณพื้นฐานการไหล เช่น ความเร็วเฉลี่ย แรงเค้นเฉือน (shear stress) ผลกระทบของความปั่นป่วนของการไหล ลักษณะของน้ำหมุนวน สามารถวิเคราะห์ได้ในระดับหนึ่งเท่านั้น และเป็นการยากที่จะอธิบายปรากฏการณ์ดังกล่าวในเชิงตัวเลข ดังนั้นข้อมูลต่าง ๆ ที่ใช้คาดคะเนความลึกกัดเซาะ จึงรวบรวมได้จากการทดลอง นอกจากนั้นข้อดีของแบบจำลองชลศาสตร์ทางกายภาพ คือ สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ได้ง่าย และประหยัดค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ เนื่องจากเป็นการจำลองสภาพตามธรรมชาติให้มีขนาดเล็กลง ซึ่งข้อมูลบางอย่างไม่สามารถที่จะเก็บได้ในภูมิประเทศจริง หรือถ้าเก็บได้ก็มีค่าใช้จ่ายที่สูงมาก นอกจากนี้ยังสามารถที่จะจำลองสภาพตามธรรมชาติที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้น้อยมาทำการศึกษาได้อีกด้วย แต่แบบจำลองชลศาสตร์ทางกายภาพมีข้อเสีย กล่าวคือ ค่าใช้จ่ายในการสร้างแบบจำลองสูง ในการจำลองสภาพให้มีขนาดเล็กลงทำให้ข้อมูลบางอย่างไม่สามารถที่จะเก็บรวบรวมได้ และด้วยขีดความสามารถของห้องทดลอง ปรากฏการณ์ตามธรรมชาติบางอย่างก็ไม่สามารถที่จะเลียนแบบได้ เป็นต้น

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของวัสดุท้องน้ำที่มีขนาดคละกันที่มีต่อลักษณะของหลุมกัดเซาะรอบตอม่อสะพาน

1.2.2 เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของ รูปร่างของตอม่อสะพาน และรูปแบบการวางของตอม่อสะพาน ที่มีต่อลักษณะของหลุมกัดเซาะรอบตอม่อสะพาน โดยกำหนดให้วัสดุท้องน้ำมีขนาดคละกัน

1.2.3 เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของการไหล ที่มีต่อลักษณะของหลุมกัดเซาะ โดยกำหนดให้วัสดุท้องน้ำมีขนาดคละกัน

1.2.4 เพื่อใช้แบบจำลองทางชลศาสตร์ทางกายภาพช่วยในการวิเคราะห์ปัญหาของการกัดเซาะรอบตอม่อสะพาน

1.3 ขอบข่ายการศึกษา

สำหรับการศึกษาการกัดเซาะรอบตอม่อสะพานนี้ ทำการศึกษาและทดสอบในรางน้ำเปิดสี่เหลี่ยมผืนผ้า (rectangular flume) รางน้ำมีขนาด กว้าง 0.60 ม. ยาว 18.0 ม. และสูง 0.75 ม.

ซึ่งทำการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการแบบจำลองชลศาสตร์ และชายฝั่งทะเล (hydraulic and coastal model lab) ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยใช้ทรายจากลำน้ำธรรมชาติ 3 ขนาด ได้แก่ ทรายหยาบ (coarse sand) Dia. = 5 - 2 mm. ทรายปานกลาง (medium sand) Dia. = 2 - 0.4 mm. และทรายละเอียด (fine sand) Dia. = 0.4 - 0.075 mm. (มาตรฐาน USBR) มาทำการผสมรวมกันเพื่อจำลองวัสดุท้องน้ำตามธรรมชาติที่มีลักษณะคละกัน (nonuniform sand) มากำหนดให้เป็นวัสดุท้องน้ำ ซึ่งการทดลองจะมีขอบข่ายในการศึกษาดังนี้

1.3.1 ทำการศึกษาลักษณะของหลุมกัดเซาะรอบตอม่อสะพานในสภาวะที่ไม่มีการเคลื่อนของตะกอนท้องน้ำ (clear water scour) สภาพการไหลแบบการไหลคงที่สม่ำเสมอ (steady uniform flow) และสภาวะการไหลต่ำกว่าวิกฤต (subcritical flow) ความลึกวัสดุท้องน้ำ 20 ซม. และทำการศึกษาสภาวะเงื่อนไขที่มีการเคลื่อนที่ของตะกอนท้องน้ำ (live-bed scour) ด้วย

1.3.2 ศึกษาลักษณะของหลุมกัดเซาะเนื่องจากรูปทรงทางเรขาคณิตของตอม่อสะพาน ได้แก่

- ตอม่อรูปทรงกระบอก (cylindrical piers) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 , 5.0 และ 7.5 ซม.
- ตอม่อรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าปลายมน (blunt-nosed piers) มีอัตราส่วนความกว้างต่อความยาว 2.0/7.5 2.5/12.5 และ 5.0/15.0

1.3.3 ศึกษาลักษณะของหลุมกัดเซาะเนื่องมาจากมุมปะทะที่มีกับตอม่อสะพานรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าปลายมน ตั้งแต่ 0 30 และ 60 องศา

1.4 <u>การดำเนินงานการศึกษา</u>

ในการศึกษาครั้งนี้ มีขั้นตอนการศึกษาเพื่อให้ครอบคลุมขอบข่ายและวัตถุประสงค์ ดังต่อไปนี้

1.4.1 ศึกษาหลักการ ทฤษฎี และสมมุติฐานต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการกัดเซาะ เพื่อเป็นพื้นฐานสำหรับการศึกษาและวิจัย

1.4.2 ศึกษารายงานผลการศึกษาการทดลองที่ผ่านมา และเก็บรวบรวมข้อมูลการทดลองทั้งหมด เพื่อนำมาใช้เป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์ผลการศึกษาในครั้งนี้

พระบรมราชูปถัมภ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.4.3 ศึกษาการใช้อุปกรณ์การทดลองเครื่องมือต่าง ๆ เพื่อให้ผลการทดลองที่ถูกต้องใกล้เคียงกับการกัดเซาะที่แท้จริงในลำน้ำธรรมชาติ

1.4.4 รวบรวมผลที่ได้จากการทดลอง เพื่อนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ต่าง ๆ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในเรื่องการกัดเซาะโครงสร้างในลำน้ำ

1.4.5 สรุปผล และเสนอแนะ

1.4.6 จัดทำรายงานวิทยานิพนธ์