บทที่ 1
บทนำ

1.1 บทนำและความเป็นมา

น้ำที่ไหลในลำน้ำสามารถพาตะกอนให้เคลื่อนที่ไปได้ น้ำที่ไหลด้วยความเร็วสูงสามารถพาตะกอนไปได้มาก ตะกอนที่อยู่ในลำน้ำเหล่านี้ถูกชะล้างมาจากผิวดินในบริเวณพื้นที่รับน้ำ จากตลิ่งและท้องลำน้ำ ฯลฯ

ตะกอนที่เคลื่อนที่ในลำน้ำมีขนาดต่างๆกัน ตั้งแต่ก้อนกรวดขนาดใหญ่ลงไปจนถึงตะกอนธุลีเล็กๆ การเคลื่อนที่ของตะกอนในลำน้ำ นอกจากจะขึ้นอยู่กับลักษณะของการไหลของน้ำแล้ว ยังขึ้นกับคุณสมบัติของตะกอนเองด้วย คุณสมบัติเหล่านี้ได้แก่ น้ำหนักของเม็ดตะกอน รูปร่างของเม็ดตะกอน และความเร็วของการตกตะกอน (Settling velocity หรือ Fall velocity) เป็นต้น

การเคลื่อนที่ของตะกอนในลำน้ำ ทำให้เกิดการกัดเซาะหรือการทับถมในลำน้ำหรืออ่างเก็บน้ำ ทำให้เกิดความเสียหายขึ้นมากมาย เช่นในอ่างเก็บน้ำจะมีตะกอนที่ลำน้ำพามาทับถมอยู่ทำให้ปริมาณกักเก็บของอ่างเก็บน้ำลดลง ซึ่งมีผลต่อการใช้งานของอ่างเก็บน้ำอย่างมาก นอกจากนั้นตะกอนธุลีเล็กๆ อาจทำให้คุณภาพของน้ำไม่เหมาะสมสำหรับมนุษย์ที่จะนำมาใช้บริโภค หรือใช้ในกิจการอื่นๆ ในคลองชลประทานถ้าความเร็วการไหลช้าเกินไปก็จะทำให้เกิดการตื้นเขินเนื่องจากการตกตะกอนได้ และในลำน้ำธรรมชาติการกัดเซาะอาจทำให้ตลิ่งพังลำน้ำเปลี่ยนเส้นทางไหล และการตกตะกอนจะทำให้เกิดการตื้นเขิน ทำให้การคมนาคมขนส่งทางน้ำลำบากหรือทำให้การระบายน้ำทำได้ไม่ดี เป็นสาเหตุให้เกิดน้ำท่วมบ่อยครั้งขึ้น ซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินที่มีอยู่บริเวณใกล้เคียง

ปรากฏการเหล่านี้มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อสภาพเศรษฐกิจ และความ

เป็นอยู่ของมนุษย์ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่เราควรจะต้องเข้าใจถึงลักษณะการเคลื่อนที่ของตะกอนในลำน้ำ เพื่อที่จะควบคุมหรือแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

ซึ่งเป็นที่มาของการศึกษาวิทยานิพนธ์นี้ โดยมุ่งศึกษาการเคลื่อนที่ของตะกอนทรายในลำน้ำ และความสัมพันธ์ของปริมาณตะกอนแขวนลอย (Suspended load)กับปริมาณตะกอนท้องน้ำ (Bed load) ที่ค่าอัตราการไหล (Discharge) ความลาดเอียงของลำน้ำ และรูปแบบความขรุขระของท้องน้ำต่างๆกัน สำหรับตะกอนทรายที่มีขนาดและการเรียงเม็ดที่กำหนดให้เป็นวัสดุท้องน้ำ และเปรียบเทียบกับสมการที่ Einstein เสนอ และกับสมการที่ Meyer-Peter และ Muller เสนอไว้

1.2 ขอบข่ายและวัตถุประสงค์ที่ศึกษา

สำหรับการศึกษาหาปริมาณตะกอนแขวนลอยและตะกอนท้องน้ำ ในกรณีของการเคลื่อนที่ของตะกอนทรายในลำน้ำซึ่งมีวัสดุท้องน้ำเคลื่อนที่ โดยการพัดพาของกระแสน้ำ (Alluvial channels) ได้ทำการศึกษาและทดสอบในรางน้ำเปิดสี่เหลี่ยมผืนผ้า (Rectangular flume) มีขนาดกว้าง 0.60 เมตร ยาว 20.40 เมตร และลึก 0.75 เมตร และใช้ทรายจากลำน้ำธรรมชาติที่มีขนาดและการเรียงเม็ดที่กำหนดให้เป็นวัสดุท้องน้ำ สำหรับขอบข่ายและวัตถุประสงค์ที่ศึกษามีดังนี้

1. ศึกษาหาปริมาณตะกอนแขวนลอย ปริมาณตะกอนท้องน้ำและปริมาณตะกอนทั้งหมด โดยเปลี่ยนแปลงค่าอัตราการไหล ความลาดเอียงของท้องน้ำ และรูปแบบความขรุขระของท้องน้ำ

2. ศึกษาเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกอนแขวนลอย และปริมาณตะกอนทั้งหมด สำหรับวัสดุท้องน้ำซึ่งเป็นทรายที่มีขนาดและการเรียงเม็ดที่กำหนดให้

3. ศึกษาเปรียบเทียบตะกอนท้องน้ำและตะกอนทั้งหมดที่วัดได้

กับค่าที่จะคำนวณได้ โดยใช้วิธีของ Meyer-Peter และ Muller (1948) และวิธีของ Einstein (1950)

1.3 วิธีดำเนินการศึกษา

ในการดำเนินการศึกษาเพื่อให้ครอบคลุมขอบข่าย และวัตถุประสงค์การศึกษา มีขั้นตอนการศึกษาดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ศึกษาหลักการ ทฤษฎี และสมมุติฐานต่างๆ ที่จะนำมาใช้ในการคำนวณหาค่าปริมาณตะกอนในการทดลอง และเป็นพื้นฐานสำหรับการศึกษาและวิจัย

2. ศึกษารายงานการศึกษาของผลการทดลองที่ผ่านมา และเก็บรวบรวมข้อมูลของการทดลองทั้งหมด เพื่อนำมาใช้เป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์วิจัยผลการศึกษา

3. ศึกษาการใช้อุปกรณ์การทดลอง ตลอดจนการปรับแก้และตรวจสอบเครื่องมือวัดอัตราการไหลของน้ำ เพื่อให้ค่าที่ได้จากการทดลองมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

4. การรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการทดลอง เพื่อทำการวิเคราะห์ร่วมกับผลการศึกษาที่ผ่านมา แล้วแสดงผลในรูปของแผนภูมิ (Graph) เปรียบเทียบผลที่ได้

5. สรุปผลและเสนอแนะ

1.4 การศึกษาที่ผ่านมา

การศึกษาค้นคว้า เรื่องที่เกี่ยวกับการทดสอบการเคลื่อนที่ของตะกอนในห้องปฏิบัติการ โดยทดลองในรางน้ำ (Flume) เท่าที่เคยมีการศึกษาไว้ ได้

ทำการรวบรวมมาได้ดังนี้

Gilbert (1914) ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับเรื่องความสามารถการเคลื่อนที่ของตะกอนท้องน้ำ ซึ่งสัมพันธ์กับความลาดเอียงของท้องน้ำ อัตราการไหล (Discharge) และความละเอียด (Fineness) ของตะกอน โดยในการศึกษาใช้ทรายและกรวดเป็นวัสดุท้องน้ำ จากผลการทดลองพบว่าปริมาณตะกอนที่เคลื่อนที่แบบแขนลอยตามน้ำจะมากกว่าปริมาณตะกอนส่วนอื่นๆ หรือตะกอนท้องน้ำ สำหรับทุกความลาดเอียงของท้องน้ำ

Shields (1936) ได้เสนอการวิเคราะห์ขนาดความขรุขระในท้องน้ำ ซึ่งจากการทดลองและรวบรวมข้อมูล Shields พบว่าการเคลื่อนที่ของตะกอนท้องน้ำขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของ Shear stress ที่ท้องน้ำ ความแตกต่างระหว่างความหนาแน่น (Density) ของตะกอนและน้ำ ขนาดของตะกอน ความหนืดจลน์ (Kinematic viscosity, ν) และแรงโน้มถ่วงของโลก (g) เมื่อวิเคราะห์ในรูปสมการจะได้ความสัมพันธ์อยู่ในรูปของสมการไม่มีหน่วย 2 สมการคือ

$$V_* d/\nu = R_e^* \qquad (1-1)$$

$$\tau_0 /\Delta\rho d = F_s \qquad (1-2)$$

ซึ่งผลการศึกษาของ Shields มีผู้นำไปใช้อย่างกว้างขวางในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของตะกอนในลำน้ำ

Meyer-Peter และ Muller (1948) ได้ทำการศึกษาทดลองการเคลื่อนที่ของตะกอน และได้ทำการพัฒนาสมการเพื่อคำนวณค่าปริมาณของตะกอนท้องน้ำที่เคลื่อนที่ โดยการสังเกตุผลที่ได้จากการทดลองวิจัยในห้องปฏิบัติการชลศาสตร์ ณ เมืองซูลิค ประเทศสวิสเซอร์แลนด์ ซึ่งสมการที่สร้างขึ้นจากข้อสมมุติฐานที่สำคัญดังนี้

1. การเริ่มต้นของการเคลื่อนที่ และการเคลื่อนที่ของตะกอนท้อง

น้ำ จะขึ้นอยู่กับขอบเขตของแรงเฉือน (Boundery shear)

2. การเคลื่อนที่ของตะกอนท้องน้ำจะขึ้นอยู่กับความขรุขระของเม็ดวัสดุ (Grain roughness) ไม่ใช่รูปแบบของความขรุขระ (Form roughness)

3. การเกิดริปเปิ้ล (Ripple) และดูน (Dune) ที่ท้องน้ำ จะเป็นตัวกีดขวางการเคลื่อนที่ของตะกอนท้องน้ำ

4. สมการนี้สำหรับการไหลปั่นป่วน (Turbulent flow)

5. สมการนี้ยังคำนึงถึงผลของการเรียงเม็ดของวัสดุท้องน้ำอีกด้วย โดยใช้ค่า d_{so} และ d_m

Einstein (1950) ได้เสนอทฤษฎีการเคลื่อนที่ของวัสดุท้องน้ำ ซึ่งเป็นทฤษฎีที่ยอมรับ และนำมาใช้ประโยชน์มากสำหรับวิศวกรทางด้านชลศาสตร์ เพื่อทำนายหรือคาดคะเนปริมาณตะกอนที่เคลื่อนตัวต่อหน่วยความกว้างที่ช่วงใดช่วงหนึ่งของลำน้ำ โดยต้องรู้ค่าความลึกของการไหล ความลาดเอียงของพื้นผิวน้ำ ความเร็วเฉลี่ยของการไหล และกราฟแสดงค่าการกระจายของขนาดวัสดุท้องน้ำ จากผลการปฏิบัติงานของ Einstein สรุปได้โดยย่อดังนี้ วัสดุหรือตะกอนทั้งหมดที่เคลื่อนตัวตามท้องน้ำสามารถคำนวณหาได้ และปรับปรุงใช้ได้กับทรายทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็นแบบ Uniform หรือ Graded

Ali และ Albertson (1956) ทำการศึกษาถึงเรื่องความขรุขระ(Roughness) ในลำน้ำที่ท้องน้ำเป็นทรายและเคลื่อนที่เนื่องจากกระแสน้ำ ซึ่งผลการค้นคว้าสามารถสรุปได้ดังนี้

1. Laminar sublayer และ Reynolds numbers จะเกี่ยวข้องใกล้ชิดกับรูปแบบของท้องน้ำ (เช่น Ripple, Dunes and Sand waves เป็นต้น)

2. เมื่อเพิ่มขนาดของวัสดุที่ท้องน้ำจะทำให้ลดอิทธิพลของ Laminar sublayer

3. รูปแบบปกติของความขรุขระที่ท้องน้ำ (Bed roughness) เมื่อเปลี่ยนแปลงความเร็วของการไหล สำหรับลำน้ำที่มีทรายเป็นวัสดุท้องน้ำ

และมีการเคลื่อนที่ตามกระแสน้ำแสดงไว้ในรูปที่ 1.1

4. เมื่อค่าตัวแปรอื่นๆคงที่ ขนาดของความขรุขระที่ท้องน้ำจะเพิ่มขึ้น เมื่อลดขนาดของวัสดุท้องน้ำลง

Simons, Richardson และ Albertson (1961) ได้ทำการศึกษาในรางน้ำ (Flume) ที่มีความกว้าง 8 ฟุต ยาว 150 ฟุต ใช้เม็ดทรายขนาด Median fall diameter เป็นวัสดุท้องน้ำ พบว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของวัสดุท้องน้ำจะเป็นตัวแปรตัวหนึ่งในหลายตัว ที่ช่วยบอกให้รู้ถึงลักษณะการเคลื่อนที่ของตะกอนในลำน้ำที่มีวัสดุท้องน้ำเป็นทราย

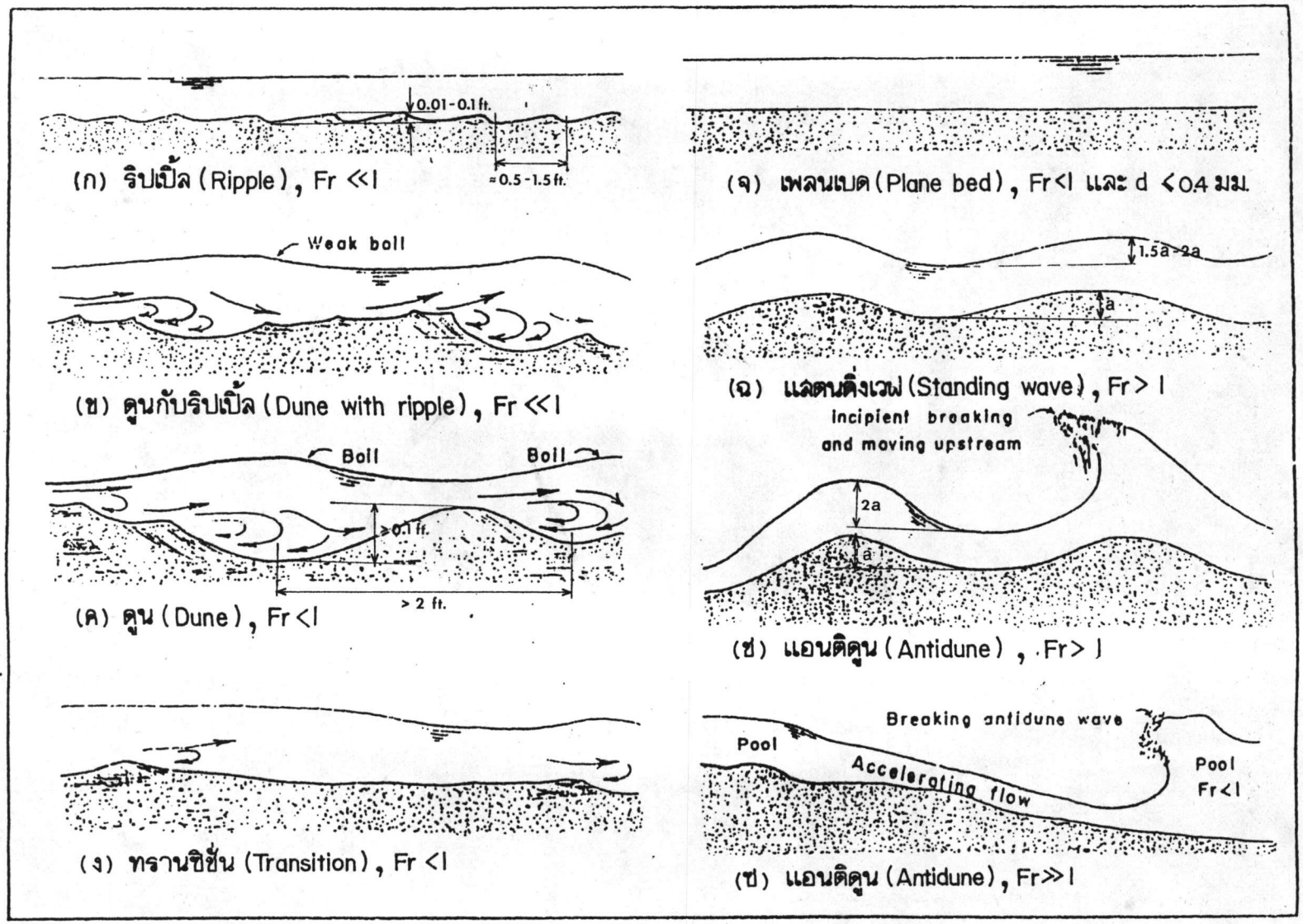
Daranandana (1962) ทำการทดลองในรางน้ำ (Flume) เพื่อศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงระหว่างอัตราการเคลื่อนที่ของวัสดุท้องน้ำกับอัตราการไหลที่สำหรับพื้นทรายท้องน้ำเป็นแบบ Uniform และ Graded การศึกษากระทำโดยเปลี่ยนแปลงความผิดของการไหล การกระจายของขนาดวัสดุและลักษณะเคลื่อนที่ของวัสดุท้องน้ำ และรูปแบบของวัสดุท้องน้ำตลอดจนสมการที่ใช้อยู่ทางด้านการเคลื่อนที่ของตะกอนมาใช้อีกด้วย เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกอนที่วัดได้จริงจากการทดลองกับที่คำนวณได้จากสมการต่างๆ

Khuhapinant (1966) ทำการทดลองในรางน้ำ (Flume) มีความกว้าง 2 ฟุต ยาว 72 ฟุต และลึก 2.5 ฟุต ใช้ทรายขนาด 0.95 มิลลิเมตรเป็นวัสดุท้องน้ำ โดยทำการศึกษาหาความสัมพันธ์ของปริมาณตะกอนทั้งหมดและปริมาณตะกอนแขวนลอย และใช้สมการที่เสนอไว้โดย Einstein (1950) คำนวณหาอัตราการเคลื่อนที่ของตะกอนท้องน้ำด้วย

1.5 ผลการศึกษาที่คาดหวัง

ผลการศึกษานี้ คาดว่าจะเป็นไปได้ตามเป้าหมายที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 1.2 และจะเป็นประโยชน์ดังนี้

1. เป็นแนวทางที่จะศึกษาวิจัยโครงการอื่นๆ ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน



รูปที่ 1.1 รูปแบบความขรุขระของท้องน้ำ

2. ผลการศึกษาสามารถนำมาใช้คาดคะเนปริมาณตะกอนทั้งหมดเมื่อทราบค่าตะกอนแขวนลอยที่วัดจริงในสนาม

3. การศึกษานี้ช่วยให้เข้าใจถึงลักษณะการเคลื่อนที่ของตะกอนในลำน้ำ และเป็นพื้นฐานที่จะนำมาใช้แก้ปัญหาการตกตะกอน(Deposition) ในลำน้ำธรรมชาติ และคลองที่ขุดขึ้น