บทที่ 1

บทนำ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.1 บทนำและความเป็นมา

ในทางชลศาสตร์ คำจำกัดความของตะกอนในลำน้ำ ก็คือส่วนวัสดุ (Fragmental Material) ที่มีการเคลื่อนตัวปนไปกับน้ำ (Transported), โดยวิธีการที่เรียกว่า แขวนลอย (Suspended), ตกตะกอน (Deposited) โดยน้ำเป็นตัวการ น้ำที่ไหลด้วยความเร็วสูง สามารถพาตะกอนไปได้มาก เมื่อไหลลงมาสู่ลำน้ำอัตราเร็วการไหลอาจลดต่ำลงซึ่งจะทำให้ตะกอนที่แขวนลอยตกตะกอนสู่ท้องน้ำ ในทางตรงข้ามหากอัตราเร็วการไหลเพิ่มขึ้น จะทำให้ตะกอนตกตามท้องน้ำลอยต่ำและเคลื่อนที่ต่อไปได้ ตะกอนที่มีอยู่ในลำน้ำจะมีขนาดตั้งแต่ดินแป้ง (Silt) กรวดขนาดต่างๆ (Gravel)ไปจนถึงการเคลื่อนที่ของตะกอนในลำน้ำ นอกจากจะขึ้นอยู่กับการไหลของน้ำแล้วยังขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของตะกอนเองด้วย คุณสมบัติเหล่านี้ได้แก่ น้ำหนักของเม็ดตะกอน รูปร่างของเม็ดตะกอน และความเร็วของการตกตะกอน (Setting Velocity) เป็นต้น

การเคลื่อนที่ของตะกอนมิใช่ของง่ายที่จะทราบปรากฏการณ์อันแน่ชัด เพราะการเคลื่อนที่ของตะกอนอยู่ต่ำกว่าผิวน้ำของแม่น้ำลำคลอง ดังนั้นการทดสอบส่วนใหญ่จะทำในรางส่งน้ำ (Tilting Flume) ขั้นตอนของการเคลื่อนที่ของตะกอนสามารถที่จะสร้างปัญหาต่างๆ ได้มาก เช่น การทำให้เกิดการกัดเซาะหรือการทับถมในลำน้ำ หรือทับถมในอ่างเก็บน้ำทำให้ปริมาณกักเก็บที่ใช้ประโยชน์ของอ่างเก็บน้ำลดลง นอกจากนั้นการเคลื่อนที่ตะกอนยังมีผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำที่มนุษย์เราจะนำมาใช้ในการบริโภค หรือใช้ในกิจการอื่น ๆ ในปัญหาต่าง ๆ ที่มีผลสืบเนื่องมาจากการเคลื่อนที่ตะกอนที่มีมากมายและกว้างขวาง ในคลองชลประทานถ้าความเร็วการไหลน้อยเกินไป ทำให้เกิดการตื้นเขินเนื่องจากการตกตะกอน และในลำน้ำธรรมชาติการกัดเซาะอาจมีผลทำให้ตลิ่งพัง และการขนส่งเกิดอุปสรรค ลำน้ำเปลี่ยนเส้นทางไหล ทำให้การเดินทางทางน้ำ นอกจากนั้นยังทำให้เกิดปัญหาด้านการระบายน้ำจึงจะต้องออกแบบ ให้มีการนำน้ำหรือไล่ตะกอนให้ออกไปทางท้ายน้ำ

ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่เราจะต้องศึกษาสภาพและลักษณะการเคลื่อนที่ของตะกอนในลำน้ำ เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่จะเกิดขึ้น

ซึ่งเป็นที่มาของการศึกษาวิทยานิพนธ์นี้ โดยมุ่งศึกษาการเคลื่อนที่ของตะกอนทรายในรางทดลอง และความสัมพันธ์ของปริมาณของปริมาณตะกอนแขวนลอย (Suspended Load) กับปริมาณตะกอนที่เคลื่อนที่บนท้องน้ำ (Bed Load) ค่าความขรุขระของท้องน้ำ จากค่าของอัตราการไหล (Discharge), ความลาดเอียงท้องน้ำ (Slope of bed) และรูปแบบของท้องน้ำตามรูปต่าง ๆ กันสำหรับทรายละเอียดที่มีขนาดและการเรียงเม็ดที่กำหนดให้เป็นวัสดุท้องน้ำ นอกจากนั้นยังเปรียบเทียบกับสมการ 4 สมการที่มีการใช้เป็นที่นิยมแพร่หลายในปัจจุบัน ได้แก่

1. สมการของ Meyer-Peter and Muller.
2. สมการของ Engelund and Hansen
3. สมการของ Ackers and white
4. สมการของ Van Rijn

1.2 ขอบข่ายและวัตถุประสงค์ที่ศึกษา

สำหรับการศึกษาหาปริมาณตะกอนแขวนลอย และตะกอนที่เคลื่อนที่บนท้องน้ำในกรณีของการเคลื่อนที่ของตะกอนทรายในลำน้ำทั่วไป (Alluvial Channels) โดยการพัดพาของกระแสน้ำ จะได้ทำการศึกษาและทดสอบในรางน้ำเปิดสี่รูปเหลี่ยมผืนผ้า (width rectangular section) รางน้ำมีขนาดกว้าง 0.60 เมตร ยาว 20.40 เมตร และ สูง 0.75 เมตร และใช้ทรายจากลำน้ำธรรมชาติซึ่งได้มาจากแม่น้ำสะแกกรัง จังหวัดอุทัยธานี ที่มีขนาดและการเรียงเม็ดที่กำหนดให้เป็นวัสดุท้องน้ำ สำหรับขอบข่ายและวัตถุประสงค์ที่ศึกษามีดังนี้

1. ศึกษาหาปริมาณของตะกอนแขวนลอย ปริมาณของตะกอนที่เคลื่อนที่ชิดท้องน้ำ และปริมาณตะกอนที่เคลื่อนที่ทั้งหมด จากค่าต่างๆ ที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราการไหล ความลาดเอียงของท้องน้ำ และรูปแบบและความขรุขระของท้องน้ำ

2. ศึกษาเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแขวนลอยของตะกอนกับปริมาณตะกอนทั้งหมด สำหรับวัสดุท้องน้ำที่เป็นทรายละเอียดซึ่งมีขนาดและการเรียงเม็ดที่กำหนดให้ และนำไปเปรียบเทียบความสัมพันธ์ที่ได้จากการทดลองนี้กับการทดลองที่ผ่านมา

3. ศึกษาเปรียบเทียบตะกอนท้องน้ำที่วัดได้ จากรางทดลองกับค่าที่คำนวณได้โดยสมการต่างๆ ที่มีการใช้เป็นที่ยอมรับ

1.3 <u>แนวทางในการศึกษา</u>

ในการศึกษาครั้งนี้ การแบ่งขั้นตอนการศึกษาเพื่อให้ครอบคลุมขอบข่ายและวัตถุประสงค์ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ศึกษาหลักการ ทฤษฎี และสมมติฐานต่าง ๆ ที่จะนำมาใช้ในการคำนวณหาปริมาณตะกอนในการทดลอง และเป็นพื้นฐานสำหรับการศึกษาและวิจัย

2. ศึกษารายงานผลการศึกษาการทดลองที่ผ่านมา และเก็บรวบรวมข้อมูลการทดลองทั้งหมด เพื่อนำมาใช้เป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์ผลการศึกษาในครั้งนี้

3. ศึกษาการใช้อุปกรณ์การทดลองเครื่องมือต่างๆ เพื่อให้ผลการทดลองที่ถูกต้องใกล้เคียงกับการเคลื่อนที่ที่แท้จริงในลำน้ำธรรมชาติ

4. รวบรวมผลที่ได้จากการทดลอง เพื่อวิเคราะห์ผลร่วมกับทรายขนาดต่างๆ ที่ใช้ในการทดลองที่ผ่าน ๆ มา และสรุปผลสำหรับใช้ตรวจสอบกับสมการ การเคลื่อนที่ของตะกอนเพื่อนำมาใช้ในการประยุกต์เรื่องของปริมาณตะกอนเคลื่อนที่, ลักษณะของท้องน้ำ, ความขุระของท้องน้ำ, ขนาดและการเรียงเม็ดของวัสดุท้องน้ำ

5. สรุปผลและเสนอแนะ

1.4 การศึกษาที่ผ่านมา

ปัญหาการตกตะกอนของท้องน้ำธรรมชาติและริมฝั่ง เป็นสิ่งสำคัญในการออกแบบทางชลศาสตร์ วิศวกรและผู้เชี่ยวชาญได้พยายามที่จะเข้าใจกลไกของการเคลื่อนที่, การตกตะกอน, การกัดเซาะของตะกอนต่างๆ ดังการศึกษาดังต่อไปนี้

Du boat (1816) ได้ปรับปรุงสมการ $V_c = KW^{0.166}$ ซึ่ง V_c เป็นความเร็วท้องน้ำที่ถูกเก็บ K = สัมประสิทธิ์ และ W = Submerge Weight ของวัสดุ

Du boys (1879) ได้เสนอสมการสำหรับการคำนวณการพัดพาของตะกอนท้องน้ำ โดยมีพื้นฐานขึ้นกับทฤษฎีความเสียดทาน เขาได้แสดงให้เห็นว่าปริมาณการไหลของตะกอนในเทอมของความลึกเป็นสัดส่วนโดยตรงกับตะกอนท้องน้ำ และความเร็วเฉลี่ยของการเคลื่อนที่ของทรายท้องน้ำ

Gilbert (1914) ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับเรื่องความสามารถ การเคลื่อนที่ของตะกอนท้องน้ำ ซึ่งสัมพันธ์กับความลาดเอียงของท้องน้ำ, ปริมาณการไหล (Discharge) และค่าความละเอียด (Fineness) ของตะกอน โดยในการศึกษาใช้ทรายและกรวดเป็นวัสดุท้องน้ำ จากผลการทดลองพบว่า ปริมาณตะกอนที่เคลื่อนที่แบบแขวนลอยตามน้ำจะมากกว่าปริมาณตะกอนส่วนอื่นๆ สำหรับทุกค่าของความลาดเอียงท้องน้ำ

Shields (1936) ได้เสนอการวิเคราะห์ขนาดความขรุขระในท้องน้ำ ซึ่งจากการทดลองและรวบรวมข้อมูล Shields พบว่าการเคลื่อนที่ของตะกอนท้องน้ำขึ้นอยู่กับค่าของ shear stress ที่ท้องน้ำ ความแตกต่างระหว่างความหนาแน่น (Density) ของตะกอนและน้ำ ขนาดของตะกอน ความหนืดจลน์ (Kinematic viscosity) และแรงโน้มถ่วงของโลก (gravity) เมื่อวิเคราะห์ในรูปสมการ จะได้ความสัมพันธ์อยู่ในรูปของสมการไม่มีหน่วย 2 สมการ คือ

$$v_* d/\nu = R_e^* \qquad (1\text{-}1)$$

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

ซึ่งผลการศึกษาของ Shields มีผู้นำไปใช้อย่างกว้างขวางในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของตะกอนในลำน้ำ

Meyer-Peter และ Muller (1948) ได้ทำการศึกษาทดลองการเคลื่อนที่ของตะกอน และได้ทำการพัฒนาสมการเพื่อคำนวณค่าปริมาณของตะกอนท้องน้ำที่เคลื่อนที่ โดยการวัดผลที่ได้จากการทดลองวิจัยในห้องปฏิบัติการชลศาสตร์ ณ เมืองซูลิค ประเทศสวิสเซอร์แลนด์ ซึ่งสมการที่สร้างขึ้น โดยขึ้นอยู่กับข้อสมมติฐานที่สำคัญดังนี้

1. การเริ่มต้นของการเคลื่อนที่ และการเคลื่อนที่ของตะกอนท้องน้ำ จะขึ้นอยู่กับค่าแรงเฉือน (Boundary shear)

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

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

4. สมการนี้สำหรับการไหลปั่นป่วน (Turbulent flow)

5. สมการนี้ยังคำนึงถึงผลของการเรียงเม็ดของวัสดุท้องน้ำอีกด้วย โดยใช้ค่า d_{90} และ d_m

Einstein (1950) ได้เสนอทฤษฎีการเคลื่อนที่ของวัสดุท้องน้ำ ซึ่งเป็นทฤษฎีที่ยอมรับและนำมาใช้ประโยชน์มาก สำหรับวิศวกรทางด้านชลศาสตร์ เพื่อทำนายหรือคาดคะเนปริมาณตะกอนที่เคลื่อนตัวต่อหน่วยความกว้างที่ช่วงใดช่วงหนึ่งของลำน้ำ โดยต้องรู้ค่าความลึกของการไหล ความลาดเอียงของพื้นผิวน้ำ ความเร็วเฉลี่ยของการไหล และกราฟ แสดงค่าการกระจายของขนาดวัสดุท้องน้ำ จากผลการปฏิบัติงานของ Einstein สรุปได้โดยย่อดังนี้ วัสดุหรือตะกอนทั้งหมดที่เคลื่อนตัวตามท้องน้ำ สามารถคำนวณหาได้ และปรับปรุงใช้ได้กับทรายทุกชนิดไม่ว่าจะเป็นแบบ uniform หรือ Graded

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

1. Laminar sublayer และ Reynolds numbers จะเกี่ยวข้องใกล้ชิดกับรูปแบบท้องน้ำ (เช่น Ripple, Dunes and standing Wave เป็นต้น)

2. เมื่อเพิ่มขนาดของวัสดุที่ท้องน้ำ จะทำให้ลดอิทธิพลของ Laminar sublayer

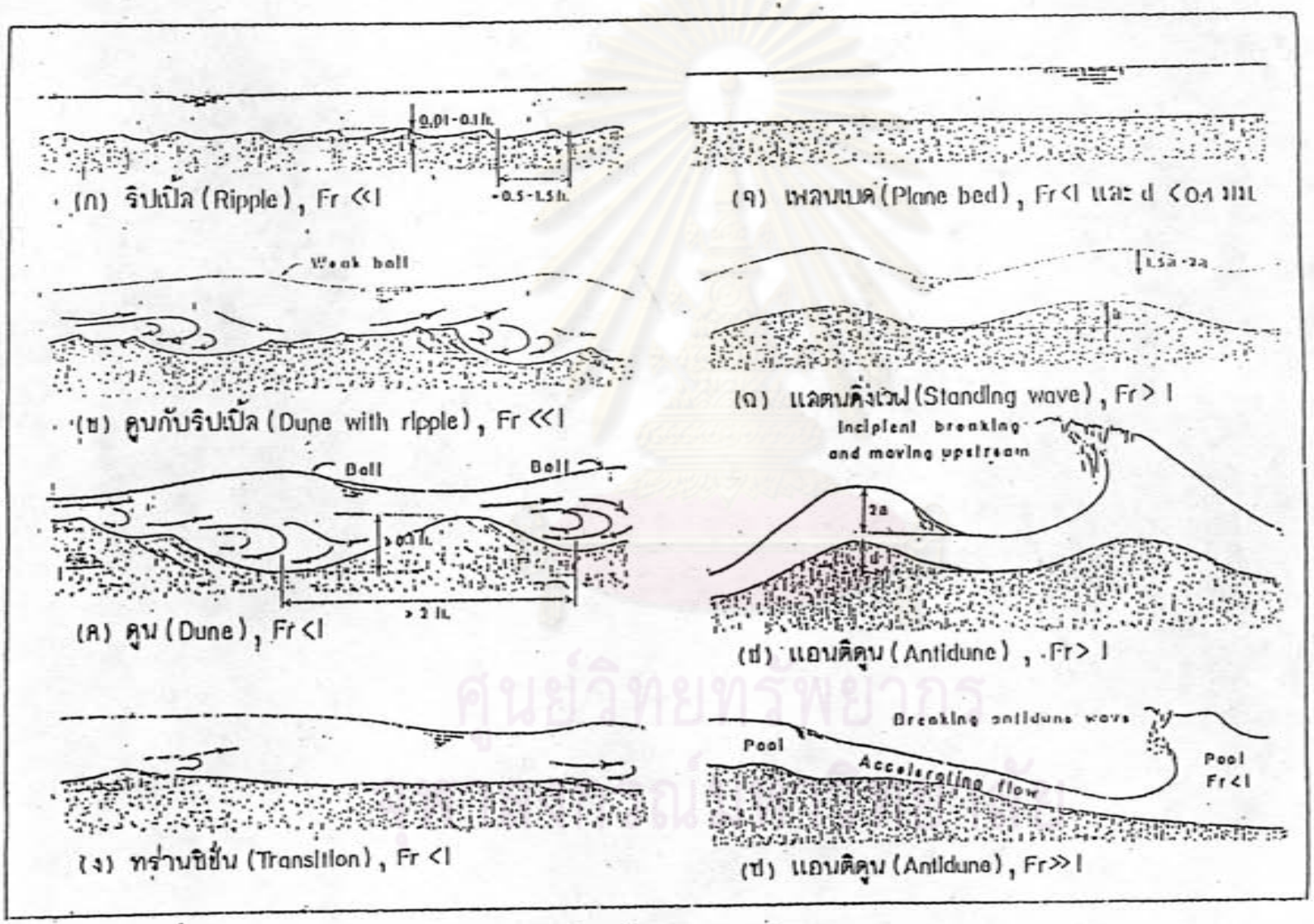
3. รูปแบบปกติของความขรุขระที่ท้องน้ำ (Bed roughness) เมื่อเปลี่ยนแปลงความเร็วของการไหล สำหรับลำน้ำที่มีทรายเป็นวัสดุท้องน้ำ และมีการเคลื่อนที่ตามกระแสน้ำแสดงไว้ในรูปที่ 1.1

4. เมื่อค่าตัวแปรอื่นๆ คงที่ ขนาดความขรุขระที่ท้องน้ำจะเพิ่มขึ้น เมื่อลดขนาดของวัสดุท้องน้ำลง

Simons, Richardson และ Albertson (1961) ได้ทำการศึกษาในรางน้ำ (Flume) ที่มีความกว้าง 0.90 m. ยาว 45 m.ใช้เม็ดทรายขนาด Median Fall Diameter เป็นวัสดุท้องน้ำพบว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของวัสดุท้องน้ำจะเป็นตัวแปรตัวหนึ่งในหลายตัวที่ช่วยบอกให้รู้ถึงลักษณะ การเคลื่อนที่ของตะกอนในลำน้ำที่มีวัสดุท้องน้ำเป็นทราย

Daranandana (1962) ทำการทดลองในรางน้ำ (Flume) เพื่อศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงอัตราการเคลื่อนที่ของวัสดุท้องน้ำกับปริมาณการไหล สำหรับพื้นทรายท้องน้ำเป็นแบบทรายที่มีขนาดเดียว(Uniform) และทรายเรียงขนาด (Graded) การศึกษากระทำโดยเปลี่ยนแปลงความหนืดของการไหล การเรียงขนาดวัสดุ และลักษณะการเคลื่อนที่วัสดุท้องน้ำตลอดจนรูปแบบของวัสดุท้องน้ำ

Khuhapinant (1966) ทำการทดลองในรางน้ำ (Flume) มีความกว้าง 0.60 m. ยาว 20.4 m. ลึก 0.75 m.ใช้ทรายขนาด d_{50} = 0.95 mm, σ = 1.82 เป็นวัสดุท้องน้ำ โดยทำการศึกษาหาความสัมพันธ์ของปริมารตะกอนทั้งหมด และปริมาณตะกอนแขวนลอย โดยใช้สมการของ Einstein คำนวณหาอัตราการเคลื่อนที่ของตะกอนท้องน้ำด้วย



รูปที่ 1.1 รูปแบบความขรุขระของท้องน้ำ

Chang (1970) ได้นำสมการ Du Boys เข้ามาใช้ในการคาดคะเนตะกอนทั้งหมดในลำน้ำ โดยได้วัดตะกอนแขวนลอย และคำนวณตะกอนท้องน้ำจากสมการ Du Boys เขาเปรียบเทียบผลการทดลองกับการใช้สูตร กับการวัดปริมาณตะกอนทั้งหมด ทำให้ได้มาซึ่งสมการดังต่อไปนี้

$$G_{sc} = G_s + C_o \psi \tau_o(\tau_o - \tau_c) \qquad (1\text{-}3)$$

G_{sc} = ปริมาณตะกอนทั้งหมดที่คำนวณได้ τ_o = shear stress

G_s = ตะกอนแขวนลอยที่วัดได้ τ_c = critical shear stress

C_o = chezy coefficient, ψ = Flow parameter

Luchaichanas (1987) ทำการทดลองในรางน้ำ (Flume) มีความกว้าง 0.60 เมตร ยาว 20.4 เมตร ลึก 0.75 เมตร โดยใช้ทรายขนาด d_{sc} = 0.70 mm, = 2.134 เป็นวัสดุท้องน้ำ โดยทำการศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณตะกอนทั้งหมด และปริมาณตะกอนแขวนลอย โดยใช้สมการ Meyer-Peter และ Muller และ Einstein คำนวณหาอัตราการเคลื่อนที่ของตะกอนท้องน้ำ โดยที่สมการของ Meyer-Peter และMuller ให้ผลที่ใกล้เคียงกว่าสูตรของ Einstein

1.5 <u>ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ</u>

1. ประโยชน์ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ สามารถนำมาคาดคะเนปริมาณตะกอนทั้งหมด (Total load) และตะกอนท้องน้ำ (Bed load) เมื่อทราบค่าตะกอนแขวนลอยที่วัดจริงในลำน้ำธรรมชาติ (Suspended load)

2. การศึกษาช่วยให้เข้าใจรูปลักษณะต่างๆ ของท้องน้ำ (Form of bed) เมื่อมีการเคลื่อนที่ของตะกอนในลำน้ำ เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในเรื่องการควบคุมลำน้ำ ตามวัตถุประสงค์ทางด้านวิศวกรรม

3. เพื่อนำผลที่ได้จากการทดลองเปรียบเทียบสูตรต่างๆ มาเป็นแนวทางในการใช้สูตรที่ให้ผลใกล้เคียงกับการทดลองนั้นในโอกาสต่อไป