กรมชลประทาน

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

การสำรวจตะกอนในลำน้ำ

ฝ่ายสำรวจและศึกษาตะกอน

กองอุทกวิทยา

กรกฎาคม 2539

เอกสารประกอบการบรรยาย

เรื่อง การเคลื่อนย้ายตะกอนและวิธีปฏิบัติการสนาม สำหรับการวัดตะกอนน้ำ

สำหรับหัวหน้าหน่วยสำรวจอุทกวิทยา

ของศูนย์อุทกวิทยา

ฝ่ายสำรวจและศึกษาตะกอน

วันที่ 9 กรกฎาคม 2539

การเคลื่อนย้ายตะกอนและวิธีปฏิบัติการสนาม สำหรับการวัดตะกอนน้ำ

โดย นายวีระ เวตติวงศ์*

---

1. ความนำ

ความรู้เกี่ยวกับการกัดเซาะ การเคลื่อนที่ การตกทับถมของตะกอนบนพื้นดิน ในลำน้ำ อ่างเก็บน้ำ และแหล่งน้ำอื่น ๆ มีความสำคัญต่อผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องต่อการพัฒนาและบริหารทรัพยากรน้ำและดินทั้งโดยตรงและโดยอ้อม การปฏิบัติงานด้านนี้จะต้องดำเนินการเพื่ออนุรักษ์สิ่งแวดล้อม หรือ สอดคล้องกับความต้องการและหลักเกณฑ์ที่สังคมยอมรับเพิ่มมากขึ้นเป็นลำดับ การศึกษาการเคลื่อนย้ายตะกอนจำเป็นต้องทำการวัดปริมาณตะกอนทั้งที่แขวนลอยและที่ตกทับถมในท้องน้ำในช่วงสภาวะอุทกวิทยาที่มีความแตกต่างสูงมาก การตกตะกอนที่มีน้ำเป็นตัวการอันสลับซับซ้อนทำให้การสำรวจและวิเคราะห์ข้อมูลมีค่าใช้จ่ายสูงกว่างานอุทกวิทยาสาขาอื่น ดังนั้นคู่มือนี้จึงจัดทำขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์ที่จะช่วยกำหนดมาตรฐาน และปรับปรุงประสิทธิภาพของเทคนิควิธีการเก็บข้อมูลตะกอน ทั้งนี้เพื่อให้ได้ผลการศึกษามากที่สุดเท่าที่จะทำได้จากแรงงานและทรัพยากรที่กำหนด

ความต้องการข้อมูลตะกอนส่วนมากเป็นความต้องการในแง่ของการปฏิบัติความต้องการโดยทั่วไปแยกประเภทได้ดังนี้

1. การประเมินอัตราการตกตะกอนเมื่อเทียบกับสภาพสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน ธรณีวิทยา ดิน ภูมิอากาศ การระบายน้ำฝน ภูมิประเทศ การปกคลุมดิน และขนาดพื้นที่ระบายน้ำ
2. การประเมินอัตราการตกตะกอนเมื่อเทียบกับประเภทการใช้ที่ดินต่าง ๆ
3. การกระจายความเข้มข้นของตะกอนและอัตราการเคลื่อนย้ายตะกอนในลำน้ำตามกาลเวลา
4. การประเมินการกัดเซาะและการตกทับถมในระบบลำน้ำ
5. ปริมาณและลักษณะขนาดตะกอนที่ตกในแหล่งน้ำ
6. ลักษณะตะกอนที่ตกทับถมเทียบกับขนาดเม็ดตะกอนและการไหลของน้ำ
7. ความสัมพันธ์ระหว่างตะกอน คุณภาพน้ำ และสิ่งมีชีวิต

การเคลื่อนย้ายตะกอนไปตามลำน้ำมีความสำคัญและเป็นพื้นฐานต่อการวางแผนพัฒนาแหล่งน้ำทั้งในระดับภูมิภาคและระดับชาติ การออกแบบโครงการพัฒนาแหล่งน้ำต้องการความรู้เกี่ยวกับคุณภาพและปริมาณตะกอนของลำน้ำนั้น ๆ โดยเฉพาะ หากลำน้ำนั้นมีปริมาณตะกอนสูงมาก อ่างเก็บน้ำที่สร้างขึ้นมาเพื่อควบคุมการไหลของน้ำต้องมีที่สำหรับเก็บตะกอนที่อ่างเก็บน้ำดักให้ตกจม และต้อง

---

*นักอุทกวิทยา หัวหน้าฝ่ายสำรวจตะกอน กองอุทกวิทยา กรมชลประทาน ประเทศไทย

ศึกษาผลการกัดเซาะด้านท้ายประตูระบายน้ำ อันเนื่องมาจากการระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำอันปราศจากตะกอน หากละเลยไม่มีการวิเคราะห์หาอัตราการตกตะกอน และอัตราการกัดเซาะด้านท้ายน้ำไปประกอบการออกแบบและก่อสร้าง โครงการนั้นอาจไม่มีประสิทธิภาพและประสบความล้มเหลวในระยะเวลาเพียงสิบหรือยี่สิบปี นอกจากนี้ข้อมูลปริมาณตะกอนยังเป็นข้อมูลสำคัญในการออกแบบงานประปา การคมนาคมทางน้ำ และคลองชลประทาน

2. ลักษณะตะกอน แหล่ง และการเคลื่อนย้ายพัดพา

ตะกอนคือเศษวัสดุที่มีแหล่งกำเนิดจากขบวนการแตกสลายของหินเปลือกโลกทั้งทางกายภาพและทางเคมี เม็ดตะกอนมีขนาดแตกต่างกันตั้งแต่ก้อนหินขนาดใหญ่ไปจนถึงเศษวัสดุแขวนลอย แตกต่างกันในรูปทรงตั้งแต่กลมไปจนถึงเป็นเหลี่ยมมุม นอกจากนี้ยังมีความแตกต่างกันในความถ่วงจำเพาะ และส่วนประกอบแร่ธาตุ แร่ธาตุส่วนใหญ่ได้แก่ แร่ควอทซ์

เม็ดตะกอนเมื่อหลุดแยกออกมา จะเคลื่อนที่ไปตามแรงโน้มถ่วง แรงลม แรงน้ำ หรือโดยตัวการหลายอย่างร่วมกัน หากน้ำเป็นตัวการที่เคลื่อนย้ายตะกอนไปอาจเรียกตะกอนชนิดนี้ว่า ตะกอนน้ำ (Fluvial sediment) ส่วนการเคลื่อนที่หรือเคลื่อนย้ายเม็ดตะกอนไปจากจุดที่เคยอยู่นิ่งเรียกว่าการ

การกัดเซาะโดยแรงน้ำ อาจจำแนกเป็นการกัดเซาะแบบแผ่นและการกัดเซาะแบบลำราง แต่การจำแนกเป็นสองประเภทนี้จะไม่เด่นชัดนัก การกัดเซาะแบบแผ่นเกิดเมื่อดินร่วน (silt) และดินเหนียวเม็ดละเอียดหลุดจากพื้นผิวเป็นแผ่นหนาค่อนข้างสม่ำเสมอ โดยเม็ดฝน การกระเซ็น กระฉอก และแผ่นกระแสน้ำ การเคลื่อนที่ของเม็ดตะกอนและพลังงานจากเม็ดฝนจะอัดให้ดินแน่นขึ้น เป็นผนึกกั้นน้ำกลาย ๆ ซึ่งทำให้อัตราการซึมของน้ำเข้าสู่เนื้อดินลดลง เพิ่มปริมาณกระแสน้ำให้ไปกัดเซาะและเคลื่อนย้ายตะกอนต่อไป ดังนั้น ปริมาณวัสดุที่เคลื่อนย้ายไปโดยการกัดเซาะแบบแผ่นจึงแปรตาม ความลาดเอียงของพื้นดิน ความเข้มฝน ขนาดเม็ดฝน ประเภทดิน และพืชคลุมดิน

เนื่องจากความไม่สม่ำเสมอของพื้นดิน น้ำจะไม่ไหลแผ่เป็นแผ่นต่อเนื่องกันเป็นบริเวณกว้าง แต่จะรวมตัวกันอย่างรวดเร็วเป็นร่อง ราง และลำธาร ขยายขนาดใหญ่ขึ้นไปเรื่อย ๆ น้ำจะกัดเซาะวัสดุที่มีอยู่ตามตลิ่งหรือในท้องน้ำจนกว่าลำน้ำนั้นจะมีตะกอนเต็มอัตรา ("loaded") เท่าที่พลังงานของลำน้ำนั้นจะพยุงไว้ได้ การกัดเซาะแบบลำรางอาจเกิดขึ้นโดยทั่วไป หรือเกิดเฉพาะบางตำแหน่งในลำน้ำ แต่ในชั้นต้นการกัดเซาะแบบลำรางเป็นขบวนการเฉพาะตำแหน่ง

ดังนั้น ตะกอนที่เคลื่อนย้ายไปส่วนใหญ่จะมาจากการกัดเซาะแบบแผ่น และจากร่องที่อยู่ด้านเหนือน้ำ หรือกัดเซาะแบบลำราง บางครั้งตะกอนอาจเคลื่อนย้ายไปโดยแรงลม แต่มักจะเป็นปริมาณน้อยมากเมื่อเทียบกับการเคลื่อนย้ายโดยแรงน้ำ นอกจากการกัดเซาะตลิ่งโดยกระแสน้ำแล้วยังมีการพังทลาย หรือแรงกดโดยน้ำหนักตะกอนที่ไหลลงลำน้ำ ทั้งที่คืบไปช้า ๆ จนถึงแผ่นดินเลื่อนถล่ม ตะกอน

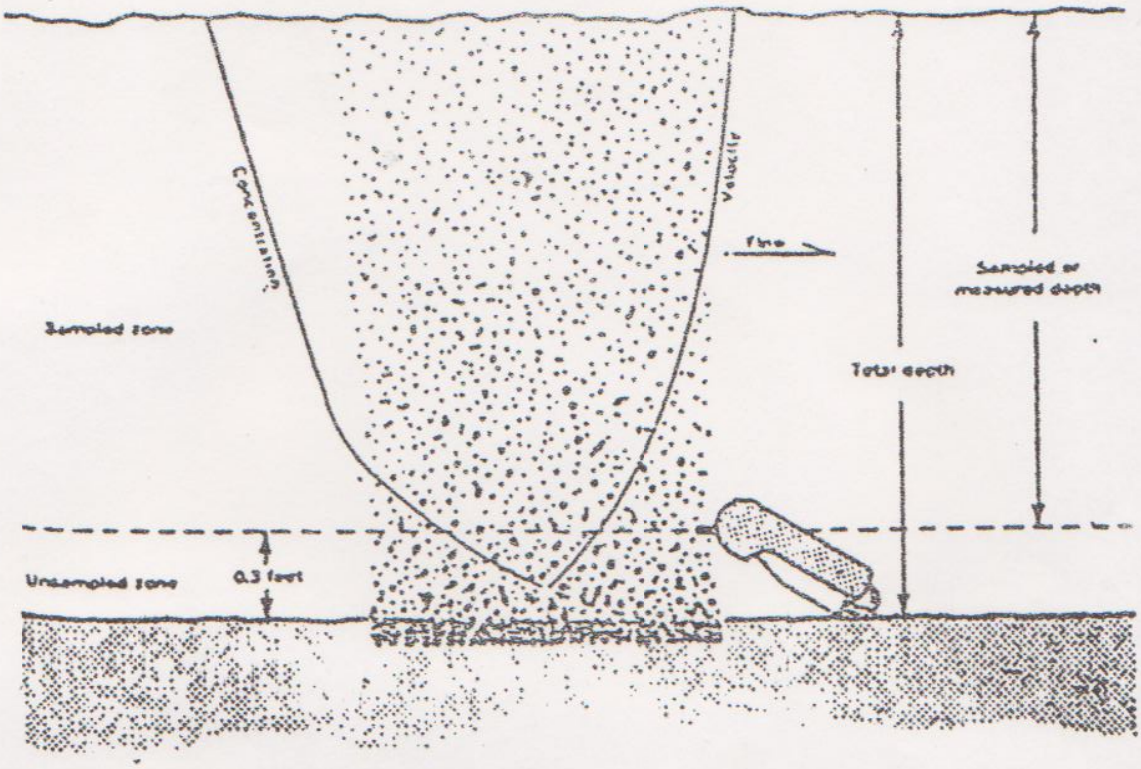
ประเภทอื่นที่อาจพบในปริมาณมาก อาจเกิดจากธารน้ำแข็ง เหมืองแร่ การย่อย สลายกรวดโดยพืช และกิจกรรมการก่อสร้างหลายประเภทของมนุษย์เอง

กรรมวิธีการเคลื่อนย้ายตะกอนขึ้นอยู่กับขนาดของเม็ดตะกอนแต่ละเม็ด น้ำจะเคลื่อนย้ายตะกอนโดยกระแสความปั่นป่วนช่วยพยุงเม็ดตะกอน หรือโดยการกลิ้ง กระเด้งไปตามท้องน้ำ ตะกอนเม็ดละเอียด (< 0.062 มม.) จะเคลื่อนที่ไปด้วยความเร็วโดยประมาณเท่ากับความเร็วของกระแสน้ำ แต่ตะกอนเม็ดหยาบ (> 0.062) จะเคลื่อนที่เพียงบางครั้งบางคราว และอยู่นิ่งเป็นส่วนใหญ่

การกระจายขนาดของเม็ดตะกอนตามแนวตั้งในลำน้ำแตกต่างกันจากลำน้ำหนึ่งไปยังอีกลำน้ำหนึ่ง และจากหน้าตัดหนึ่งไปยังอีกหน้าตัดหนึ่งในลำน้ำเดียวกัน เขียนเป็นสมการสมดุลโดยสรุปได้ดังนี้

$$Q_1 = Q_0 + r.\Delta v$$

เมื่อ Q_1 คือ ผลรวมปริมาณตะกอนที่ไหลเข้าสู่ลำน้ำช่วงบน Q_0 เป็นผลรวมปริมาณตะกอนที่ไหลออกลำน้ำช่วงล่างมีหน่วยเป็นตัน Δv เป็นปริมาตรตะกอนทั้งหมดรวมทั้งตะกอนจากการกัดเซาะและตกทับถมมีหน่วยเป็น $ม^3$ และ r เป็นน้ำหนักต่อหน่วยของตะกอนเป็น ตัน/$ม^3$ โดยทั่วไปการกระจายของตะกอนเม็ดละเอียดจะค่อนข้างสม่ำเสมอตลอดแนวตั้งแต่ตะกอนเม็ดหยาบจะรวมกันอยู่ใกล้ท้องน้ำ อาจมีตะกอนเม็ดหยาบบางส่วนขึ้นมาถึงผิวน้ำบ้างเป็นครั้งคราว ดังนั้นวิธีการเก็บตัวอย่างตะกอนด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างที่แสดงในบทนี้จะเก็บตัวอย่างตะกอนขนาดที่แขวนลอยในกระแสน้ำที่ไหลเข้าเครื่องเก็บตัวอย่าง เนื่องจากหัวนอซเซิลของเครื่องเก็บตัวอย่างไม่สามารถลงไปลึกถึงระยะประมาณ 0.3 ถึง 0.4 ฟุตล่างของท้องน้ำ ดังนั้นจึงไม่สามารถเก็บปริมาณตะกอนทั้งหมดได้ ปริมาณตะกอนที่เครื่องเก็บตัวอย่างเก็บในโซนนี้เรียกว่า ปริมาณตะกอนส่วนที่วัดได้ (measured sediment discharge) ส่วนปริมาณตะกอนที่มีความเข้มข้นสูงและขนาดหยาบใต้หัวนอซเซิลเรียกว่าปริมาณตะกอนส่วนที่วัดไม่ได้ (unmeasured sediment discharge) ปริมาณตะกอนที่ไม่ได้วัดอาจมีปริมาณมากเมื่อเทียบเป็นอัตราส่วนกับปริมาณตะกอนทั้งหมด (ที่วัดได้บวกกับที่วัดไม่ได้) ซึ่งบางครั้งอาจคำนวณหาจากสูตรเอไพริกัล รูปที่ 1 อธิบายหลักที่ใช้ในการกำหนดสูตร ในลำน้ำจะมีหน้าตัดบางหน้าตัดที่ตะกอนทุกขนาดถูกกวนเหวี่ยงให้กระจายอย่างสม่ำเสมอตลอดแนวตั้ง การกวนเหวี่ยงนี้อาจมาจากกระแสน้ำปั่นป่วนตามธรรมชาติหรือมีการทำให้เกิดขึ้น ปริมาณตะกอนที่วัดได้ที่ตำแหน่งนี้คือปริมาณตะกอนทั้งหมด



รูปที่ 1 โซนการเก็บตัวอย่างที่วัดได้และไม่ได้วัด

3. การกำหนดตำแหน่งสถานีเก็บตัวอย่างและลูกตั้ง

เงื่อนไขในการเลือกสถานที่วัดปริมาณตะกอนแขวนลอยโดยทั่วไปคล้ายกับเงื่อนไขในการเลือกสถานีวัดน้ำ สรุปหลักเกณฑ์การเลือกสถานที่เก็บตัวอย่าง ดังนี้

ก) เลือกช่วงลำน้ำที่มีช่วงตรง เพื่อให้การกระจายความเร็วของกระแสน้ำในหน้าตัดนั้นค่อนข้างสม่ำเสมอ สำหรับทุกระดับที่จะทำการวัด

ข) ไม่มีน้ำหนุนจากลำน้ำสาขาหรืออาคาร สำหรับทุกระดับที่จะทำการวัด

ค) ระดับและปริมาณน้ำบังคับโดยการบังคับน้ำจากหน้าตัดที่อยู่ใกล้ที่ถาวร หรือมีการบังคับน้ำโดยช่วงของลำน้ำ และ

ง) สามารถทำการวัดได้ที่สถานที่นั้นหรือที่ตำแหน่งใกล้เคียง

4. การพิจารณาที่ตั้งสถานีในแง่การบริหาร

จะกล่าวถึงหลักการพิจารณาเลือกสถานที่ที่ต้องการในแง่ที่ไม่ใช่เทคนิควิชาการโดยย่อ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ก) อยู่ใกล้เจ้าหน้าที่ที่จะทำการวัดและตรวจสอบในท้องถิ่น

ข) มีถนนเข้าได้สะดวก

ค) มีไฟฟ้าและโทรศัพท์ และ

ง) ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและการปฏิบัติงานเมื่อเทียบกับสถานที่อื่น

ด้วยเหตุผลในทางปฏิบัติ การวัดความเข้มข้นตะกอนโดยปกติ จะไม่ทำการวัดโดยใช้จำนวนลูกตั้งมากเหมือนกับการวัดปริมาณน้ำ วิธีการกำหนดตำแหน่งลูกตั้งที่ใช้กันในประเทศต่าง ๆ มี ดังนี้

ก) ลูกตั้งเดียวที่กึ่งกลางลำน้ำ

ข) ลูกตั้งเดียวที่จุดที่ลึกที่สุด (thalweg)

ค) กำหนดลูกตั้งที่ 1/4 1/2 และ 3/4 ของความกว้าง

ง) กำหนดลูกตั้งที่ 1/6 1/2 และ 5/6 ของความกว้าง

จ) กำหนดจำนวนลูกตั้งอย่างน้อย 4 ลูกตั้ง ที่กึ่งกลางหน้าตัดย่อยที่แบ่งให้ความกว้างเท่า ๆ กัน

ฉ) กำหนดลูกตั้งที่จุดศูนย์ถ่วงของหน้าตัดย่อยที่ได้จากการแบ่งให้แต่ละหน้าตัดย่อยมีปริมาณน้ำไหลผ่านเท่า ๆ กัน

5. อุปกรณ์เก็บตัวอย่างตะกอนทั่วไป

ในระยะแรกของการศึกษาตะกอนน้ำ ผู้ทำการศึกษาแต่ละคนหรือแต่ละหน่วยงานต่างก็พัฒนาวิธีการและอุปกรณ์เก็บตัวอย่างขึ้นตามความจำเป็น แต่การใช้อุปกรณ์ วิธีการเก็บข้อมูล และวิธีการวิเคราะห์ที่แตกต่างกันทำให้ไม่สามารถเปรียบเทียบผลงานได้ ดังนั้น เพื่อแก้ปัญหานี้ โครงการสมาพันธ์การศึกษาตะกอนระหว่างหน่วยงาน (Federal Inter – Agency Sedimentation Project – F.I.A.S.P.) จึงได้พัฒนาชุดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างและวิธีการมาตรฐานขึ้น โดยกำหนดรหัสสำหรับอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดังนี้

US – อุปกรณ์มาตรฐานสหรัฐอเมริกา

D – การอินติเกรตความลึก

P – การอินติเกรตจุด

H – ใช้มือถือโดยแกนหยั่งหรือเชือก ไม่ต้องระบุหากใช้สายเคเบิลและแกนม้วน

BM – วัสดุท้องน้ำ

U – วัดระดับเดียว

Year – ปีที่พัฒนาอุปกรณ์ (แสดงเฉพาะเลขสองตัวหลัง)

6. อุปกรณ์เก็บตัวอย่างตะกอนแขวนลอย

วัตถุประสงค์ของเครื่องเก็บตัวอย่างตะกอนแขวนลอยคือเพื่อให้ได้ตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของสารผสมน้ำกับตะกอนที่ไหลในลำน้ำในบริเวณใกล้เคียงเครื่องเก็บตัวอย่างคณะกรรมการ F.I.A.S.P. ได้กำหนดหลักเกณฑ์ทั่วไปสำหรับการออกแบบและผลิตอุปกรณ์เก็บตัวอย่างตะกอนดังนี้

1. ให้น้ำไหลเข้าขวดเก็บตัวอย่างผ่านหัวนอซเซิลด้วยความเร็วเดียวกันกับความเร็วของกระแสน้ำโดยรอบ

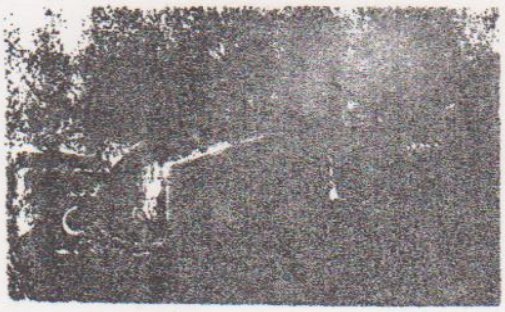
2. ให้สามารถหย่อนหัวนอซเซิลลงไปได้ลึกใกล้ระดับท้องน้ำมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ (แตกต่างกันตั้งแต่ 3 1/2 ถึง 6 นิ้ว (9 ถึง 15 ซม.) ตามเครื่องเก็บตัวอย่าง)

3. ลดการรบกวนต่อการไหลของน้ำให้น้อยที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่บริเวณหัวนอซเซิล
4. สามารถปรับใช้ร่วมกันกับอุปกรณ์ประกอบที่ใช้การวัดปริมาณน้ำ
5. ใช้ง่าย ไม่ต้องบำรุงรักษามากที่สุดเท่าที่จะทำได้
6. ใส่ขวดนมมาตรฐานขนาดหนึ่งไปนท์เป็นขวดเก็บตัวอย่างได้

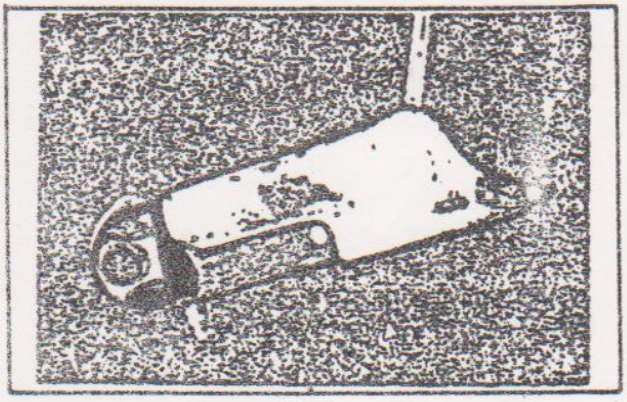
อุปกรณ์เก็บตัวอย่างแบ่งตามการใช้งานเป็นสองประเภทหลัก คือ แบบวัดค่าชั่วขณะ (instantaneous) กับ แบบเวลา-รวบรวม

7. เครื่องเก็บตัวอย่างตะกอนแบบสะสมตลอดความลึก (Depth integrating sampler)

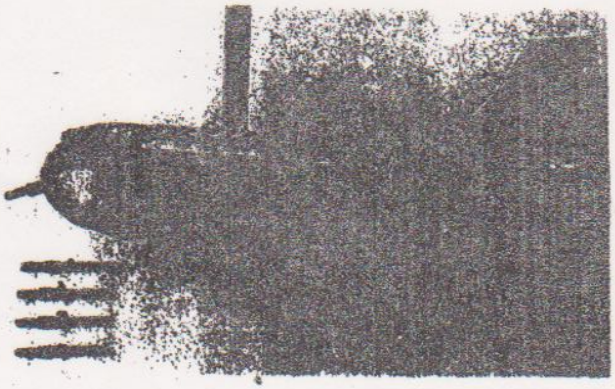
อุปกรณ์เก็บตัวอย่างตะกอนแบบสะสมตลอดความลึกได้รับการออกแบบมาให้สามารถเก็บสะสมของผสมน้ำ-ตะกอนตามแนวตั้งของลำน้ำ ในอัตราการเก็บที่ความเร็วที่ปากทางเข้าในหัวนอซเซิลจะอยู่ใกล้เคียงกับความเร็วของกระแสน้ำในบริเวณใกล้เคียงกันมากที่สุดเท่าที่จะทำได้หากเคลื่อนที่ไปตามแนวดูกตั้งด้วยความเร็วสม่ำเสมอ อุปกรณ์เก็บตัวอย่างแบบง่ายจะเก็บและสะสมตัวอย่างในช่วงระหว่างที่หย่อนอุปกรณ์ลงไปยังท้องน้ำและยกกลับมาถึงผิวน้ำ การหย่งอุปกรณ์ต้องใช้ความเร็วที่สม่ำเสมอในช่วงที่เลื่อนไปในทิศทางเดียวกัน แต่ไม่จำเป็นต้องใช้ความเร็วเท่ากันทั้งในสองทิศทาง (หย่อนลงและยกขึ้น)



รูปที่ 2 US DH-59



รูปที่ 3 US DH-48



รูปที่ 4 US D-49

อุปกรณ์เก็บตัวอย่างแบบมือถือ – US DH–48 และ US DH–59

US DH–48 ความยาว 33 ซม. น้ำหนัก 2 กก. หัวนอซเซิลขนาด 1/4", 3/16"

US DH–59 ความยาว 38 ซม. น้ำหนัก 11 กก. มีที่ใช้จำกัดในลำน้ำที่มีความเร็วต่ำกว่าประมาณ 1.5 ม/ว หัวนอซเซิลขนาด 1/4", 3/16" และ 1/8"

อุปกรณ์แบบเคเบิลและม้วนแกน – US D–43 และ US D–49 ใช้เมื่อน้ำลึกเกินกว่าจะลงไปเดินวัดได้ แต่ลึกไม่เกิน 5–6 เมตร US D–43 และ US D–49 เป็นอุปกรณ์ที่ออกแบบมาให้สามารถเก็บตัวอย่างตะกอนแขวนลอยได้

D–49 ยาว 61 ซม. น้ำหนัก 28 กก. หัวนอซเซิลขนาด 1/4", 3/16" และ 1/8"

8. เครื่องเก็บตัวอย่างตะกอนแบบสะสมตามจุด (Depth – integrating sampler)

– US–P–46, US–P–61, US–P–63 และ US–P–50

เครื่องเก็บตัวอย่างตะกอนแบบสะสมตามจุดมีความคล่องตัวสูงกว่าเครื่องเก็บตัวอย่างแบบสะสมตลอดความลึก สามารถใช้เก็บตัวอย่างที่เป็นตัวแทนความเข้มข้นตะกอนเฉลี่ยที่จุดใด ๆ ที่กำหนดภายใต้ผิวน้ำ ยกเว้นระยะใกล้ท้องน้ำ นิยมใช้เก็บตัวอย่างตามความลึกในลำน้ำที่ลึกเกินกว่าจะเก็บสะสมจากการหย่งอุปกรณ์ได้ในรอบเดียว การเก็บรวบรวมสะสมตัวอย่างตะกอนตามความลึก อาจเริ่มเก็บตัวอย่างที่ความลึกใด ๆ ก็ได้ หลังจากนั้นจะเก็บตัวอย่างต่อไปในทิศทางขึ้นหรือลงโดยกำหนดระยะตามแนวตั้งสูงสุดไม่เกินประมาณ 30 ฟุต

เครื่องเก็บตัวอย่างสะสมตามจุด ใช้หัวนอซเซิลขนาด 3/16 นิ้ว หันทิศทางเข้าหากระแสน้ำ มีช่องระบายลมให้อากาศหนี ช่องปากทางเข้าและช่องระบายลมควบคุมโดยวาล์ว เมื่อวาล์วอยู่ในตำแหน่งเก็บตัวอย่างการทำงานจะเหมือนกับเครื่องเก็บตัวอย่างตลอดความลึก ถังปรับความดันอากาศภายในตัวเครื่องเก็บตัวอย่างจะปรับความดันอากาศในตัวเครื่องให้เท่ากับความดันสถิตย์ของน้ำที่หัวนอซเซิลในทุกระดับความลึก ป้องกันไม่ให้น้ำพุ่งพรวดเข้าไปในเครื่องเก็บตัวอย่างในขณะที่เปิดปากทางเข้าช่องระบายอากาศพร้อมกันเมื่ออยู่ใต้ระดับน้ำ

รูปที่ 6 US P–61

เครื่องเก็บตัวอย่างสะสมเฉพาะจุดแตกต่างกันตามขนาดและน้ำหนัก มีทั้งขนาด 46 กก. 48 กก. 91 กก. และ 131 กก. ทุกขนาดออกแบบมาสำหรับใช้กับสายเคเบิล เหล็กกล้ามีฉนวนหุ้มแกนนำกระแสไฟฟ้า เมื่อกดสวิทช์ที่สถานีวัดตะกอนกระแสไฟฟ้าจะไหลไปตามสายเคเบิลเหนี่ยวนำขดลวดโซลีนอยด์ที่หัวเครื่องเก็บตัวอย่าง โดยแบตเตอรี่ต่อกันเป็นอนุกรม 24 ถึง 48 โวลท์ หากใช้สายเคเบิลยาวกว่า 100 ฟุต (30 ม.) อาจต้องเพิ่มความดันไฟฟ้า

มีวิธีการเก็บตัวอย่างวิธีอื่น ๆ อีกเช่น วิธีจุด (point method) หรือ วัดค่าชั่วขณะ (instantaneous) การวัดที่ที่ตั้ง (in-situ) และ วิธีสูบน้ำ (pumping) อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับวิธีจุดของกรมชลประทานนั้นผลิตโดยบริษัท Brinkley and South Pacific ส่วนเครื่องเก็บตัวอย่างรวบรวมตามจุดแบบพิเศษ คือ เครื่องสูบเก็บตัวอย่าง (pumping sampler) จะดูดของผสมน้ำ-ตะกอนผ่านท่อหรือสายอ่อน โดยตั้งปากทางเข้าที่ตำแหน่งที่ต้องการเก็บตัวอย่าง โดยการควบคุมความเร็วที่ปากทางเข้าทำให้สามารถเก็บตัวอย่างที่เป็นตัวแทนความเข้มข้นของตะกอนที่ตำแหน่งนั้นได้

เครื่องสูบเก็บตัวอย่าง นั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อติดตั้งถาวรในที่ที่สามารถกำหนดจุดเก็บตัวอย่างที่แน่นอนตายตัวในลำน้ำได้ ปากทางเข้ามักจะวางให้เป็นมุม 90° กับแนวการไหลของน้ำ วิธีนี้ให้ความแม่นยำที่ดีสำหรับตะกอนขนาดดินเหนียวและซิลท์ แต่มักจะให้ค่าความเข้มข้นที่ค่อนข้างต่ำสำหรับตะกอนเม็ดหยาบ

ข้อเสียใหญ่ ๆ โดยทั่วไปของเครื่องเก็บตัวอย่างตะกอนแบบหยั่งคือใช้เวลานานกว่าจะได้ค่าที่ต้องการ ต้องขนส่งตัวอย่างไปห้องทดลองพิเศษเพื่อผ่านกรรมวิธีและทำการวิเคราะห์จนกว่าจะได้ค่าความเข้มข้นตะกอน

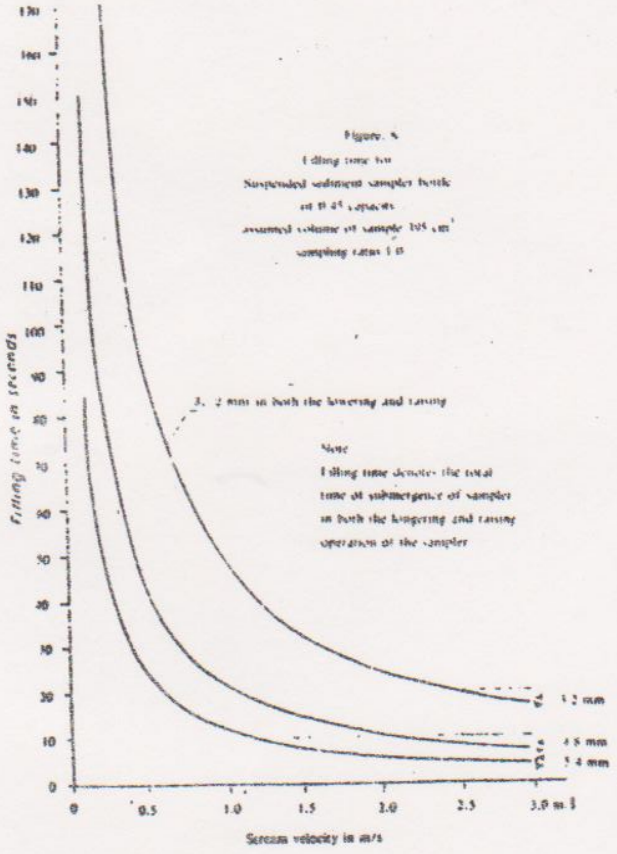
เครื่องวัดความเข้มข้นตะกอนในที่ตั้ง "in-situ sediment gauge" ช่วยแก้ปัญหานี้โดยวัดความเข้มข้นตะกอนโดยอ้อม โดยใช้เทคนิคทางอิเล็กทรอนิกส์หาการสูญเสียรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าจากการดูดกลืนของตะกอน ซึ่งความสูญเสียรังสีนี้ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของของผสมน้ำ-ตะกอน จากอัตราการลดลงของรังสีจะสามารถแปลงเป็นค่าความเข้มข้นตะกอนได้อย่างง่ายดายและรวดเร็วโดยใช้โค้งสอบเทียบที่ทำไว้ล่วงหน้า

ข้อดีสำคัญอีกประการหนึ่งของเครื่องวัดความเข้มข้นตะกอนในที่ตั้ง (in-situ) คือสามารถต่อกับเครื่องบันทึกข้อมูล ให้บันทึกความเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของตะกอนเป็นระยะเวลาต่อเนื่องนาน ๆ ได้

ลักษณะโดยทั่วไปทั้งสองประการนี้เป็นแหล่งข้อมูลสำคัญสำหรับนักอุทกวิทยา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีน้ำท่วม ส่วนหนึ่งเพราะเป็นข้อมูลที่มีอยู่ที่สถานที่ที่ทำการวัด อีกส่วนหนึ่งเพราะสามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงฉับพลันและค่าสูงสุดในช่วงเวลาสั้นได้ข้อมูลนี้อาจส่งต่อทางเทเลมีเตอร์เก็บไว้ที่สำนักงานในภูมิภาคหรือสำนักงานใหญ่โครงการพัฒนาแหล่งน้ำ

9. อัตราการเก็บตัวอย่างตะกอนแขวนลอย

การหย่งเครื่องเก็บตัวอย่างตะกอนแบบสะสมทุกชนิดใช้ม้วนแกน (reel) โดยเริ่มหย่อนลงไปให้ใกล้กับบริเวณท้องน้ำ แล้วยกกลับมายังระดับผิวน้ำโดยการหมุนแกนทรงกระบอก ใช้นาฬิกาจับเวลาที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างและตรวจสอบความสม่ำเสมอในการเลื่อนเครื่องเก็บตัวอย่างขึ้นลง ให้บันทึกเวลาในการหย่อนเครื่องเก็บตัวอย่างลงไปถึงท้องน้ำ เวลาที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างทั้งหมดควรประมาณเป็นสองเท่าของเวลาในการหย่อนเครื่องเก็บตัวอย่าง เวลาที่ต้องใช้ในการบรรจุขวดเก็บตัวอย่างขนาด 0.395 ลิตร สำหรับหัวนอซเซิลเครื่องเก็บตัวอย่างชุดมาตรฐาน US สามขนาด แสดงไว้ในรูปที่ 6



เครื่องเก็บตัวอย่างแบบสะสมตลอดความลึกแบบมือถือได้รับการออกแบบมาให้ใช้คู่กับชุดแกนหยั่ง โดยอาจวัดจากสะพานเดี่ยว ๆ หรือเดินท่องลำน้ำ การเก็บตัวอย่างควรทำให้ใกล้จุดกึ่งกลางลำน้ำ หรือที่จุดซึ่งปริมาณตะกอนแขวนลอยจะเป็นตัวแทนของลำน้ำทั้งหมดได้ ประเด็นสำคัญที่ควรรำลึกเสมอคือ การเดินท่อน้ำเข้าหาจุดเก็บตัวอย่างต้องเดินจากท้ายน้ำ เพื่อป้องกันไม่ให้ตะกอนที่ผู้เดินท่องน้ำกวนขุ่นกระทบกระเทือนค่าตัวอย่างที่เก็บ

ขวดตัวอย่างต้องล้างด้วยน้ำในแม่น้ำนั้น ๆ ก่อนเก็บตัวอย่าง เพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีฝุ่นผงหลงเข้าไปในขวด ปริมาณตะกอนแขวนลอยสำหรับปริมาณน้ำที่ไหลน้อยจะมีค่าน้อยมาก ฝุ่นผงในขวดเก็บตัวอย่างแม้เป็นจำนวนเพียงเล็กน้อยก็อาจมีผลกระทบต่อผลการวิเคราะห์ผลในห้องทดลองอย่างมาก

ควรรำลึกถึงประเด็นต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

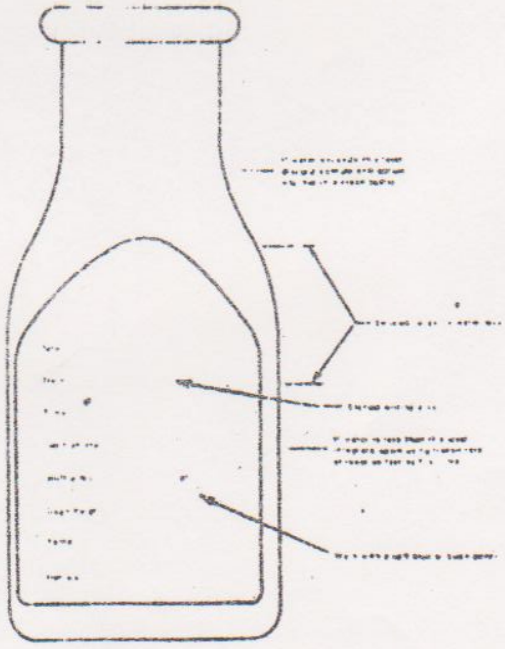
1. การบรรจุตัวอย่างควรให้เต็มถึงระยะประมาณ 5 ซม. จากปากขวด (ที่คอขวด) หากบรรจุจนล้นหรือบรรจุได้น้อยเกินไปควรเก็บตัวอย่างใหม่ ใช้เวลาในการปฏิบัติการเก็บตัวอย่างครั้งก่อนเป็นแนวทาง

2. การบรรจุตัวอย่างไม่ควรใช้เวลาน้อยกว่า 10 วินาทีหรือมากกว่า 40 วินาที หากเวลาที่ใช้อยู่นอกช่วงที่ระบุนี้ควรเปลี่ยนหัวนอซเซิลทองเหลืองใหม่ หัวนอซเซิลมีสามขนาด และควรเก็บรักษาให้ใช้งานได้โดยสะดวกที่หน้างานนั้น ๆ

3. อย่าให้เครื่องเก็บตัวอย่างกระแทกท้องน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในลำน้ำที่ท้องน้ำเป็นทรายหรืออ่อนนุ่ม อาจกระทบกระเทือนตะกอนท้องน้ำจนทำให้ค่าตะกอนแขวนลอยผิดพลาดได้

4. เลือกตำแหน่งเก็บตัวอย่างในลำน้ำที่ค่อนข้างตรง และมีความลึกพอที่จะทำการเก็บตัวอย่างได้ หลีกเลี่ยงบริเวณที่ท้องน้ำไม่สม่ำเสมอหรือคดเคี้ยว และให้ห่างไปจากท้ายบริเวณที่ลำน้ำสาขาไหลมาบรรจบ เพื่อให้ตะกอนผสมเข้ากันดีก่อน

5. อย่าปล่อยให้ตะกอนเย็นจนเป็นน้ำแข็ง หรือถูกแสงแดดโดยตรงจะกระทบกระเทือนผล



รูปที่ 7 แผนภาพขวดเก็บตัวอย่างแสดงระดับบรรจุที่เหมาะสมและการบันทึกข้อมูล

10. การวิเคราะห์ในห้องทดลอง

โดยสรุป การวิเคราะห์ตัวอย่างตะกอนแขวนลอยในห้องทดลองประกอบด้วย (ก) การหาความเข้มข้นโดยน้ำหนักของตะกอนแขวนลอยกับน้ำหนักของของผสมน้ำ-ตะกอน (แสดงค่าเป็นอัตราส่วนต่อล้าน) (ข) การหาการกระจายขนาดเม็ดตะกอนในตัวอย่างตามความจำเป็น (ค) การบันทึกผลการวิเคราะห์ในแบบฟอร์มที่เหมาะสมเพื่อใช้คอมพิวเตอร์คำนวณหาปริมาณตะกอนเป็นรายวัน หรือใช้ข้อมูลการกระจายขนาดเม็ดตะกอนในงานวิจัยตะกอนเชิงประยุกต์ต่อไป

ความเข้มข้นของตัวอย่างตะกอนหาโดยวิธีกรอง (filtration) ดังนี้

ก) ชั่งน้ำหนักตัวอย่างและขวดบรรจุ (น้ำ ตะกอน และ ขวด)

ข) ชั่งน้ำหนักกระดาษกรองและถ้วยแก้ว

ค) ชั่งน้ำหนักขวดหลังจากการกรอง

ง) ชั่งน้ำหนักตะกอนแห้งพร้อมกับกระดาษกรองและถ้วยแก้วหลังจากอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 110° ซ. เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

$$\text{ความหนาแน่น} = \frac{(d) - (b)}{(a) - (c)} \times 10^6 \text{ ppm.}$$

หากมีการเก็บวัสดุตะกอนท้องน้ำในสนาม ในห้องทดลองอาจทำการวิเคราะห์ตัวอย่างหาขนาดเม็ดตะกอนโดยใช้ตะแกรงร่อน เริ่มจาก ตะแกรงเบอร์ 4 เบอร์ 8 เบอร์ 10 เบอร์ 16 เบอร์ 30 เบอร์ 40 เบอร์ 50 เบอร์ 100 และ เบอร์ 200 ตามลำดับ ตะแกรงเบอร์ 200 เป็นช่วงของทรายละเอียด ขนาดประมาณ 0.07 มม. ส่วนที่เหลือใช้วิธีวิเคราะห์ไฮโดรมีเตอร์หาเวลาการตกจมของเม็ดตะกอนขนาดต่าง ๆ

11. การประมวลผลและการแปลผล

การศึกษาตะกอนขั้นพื้นฐาน (Routine) มีวิธีการเหมือนกันทุกแห่ง ความแตกต่างอยู่ที่อุปกรณ์และเครื่องมือ การศึกษาตะกอนต้องการหาน้ำหนักตะกอนที่เคลื่อนย้ายผ่านลูกตั้งที่กำหนดโดยการเก็บตัวอย่างจากลำน้ำ ในการศึกษาการตกตะกอนแต่ละครั้งจะหาค่าความเข้มข้นตะกอนโดยเฉลี่ยจากลูกตั้งที่ทำการวัด แล้วคำนวณน้ำหนักทั้งหมดของตะกอนที่เคลื่อนย้ายไปจากปริมาณการไหลของน้ำที่เหมาะสม

วิธีปฏิบัติโดยทั่วไปจะหาความสัมพันธ์ระหว่างตะกอนที่เคลื่อนย้ายกับระดับน้ำกับปริมาณน้ำและความเร็วโดยวิธีกราฟ โดยลากเส้นตรงที่ดีที่สุดหรือวิธี least square ความสัมพันธ์ของตัวแปรมีลักษณะเป็น Stochastic จึงควรทำการคำนวณหา correlation การทำ correlation โดยวิธีกราฟ โดยปกติจะพลอตบนกระดาษมาตราส่วนยกกำลังสองแกนซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะสมกับการหาความสัมพันธ์สำหรับฟังก์ชันยกกำลัง

หากมีสถิติที่ยาวพอ ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเคลื่อย้ายตะกอน (i ตัน/วัน) กับปริมาณการไหลของน้ำ ($ม^3$/ว) จะใช้การได้ ซึ่งโดยปกติใช้สมการยกกำลัง ;

$$Q_s = K Q_w^N$$

เมื่อ Q_s = อัตราการเคลื่อนย้ายตะกอน – ตัน/วัน

Q_w = ปริมาณการไหลของน้ำ – $ม^3$/ว

K,N = ค่าคงที่ คำนวณโดยฟังก์ชันยกกำลังซึ่งเทียบเป็นเส้นตรงในมาตราส่วน log – log

เส้นโค้งความสัมพันธ์นี้อาจเรียกว่าโค้งสอบเทียบ ซึ่งเป็นชื่อทั่วไปที่ใช้เรียกความสัมพันธ์สองตัวแปร จากความสัมพันธ์นี้จะแสดงอัตราการเคลื่อนย้ายตะกอนในเทอมของความเข้มข้นตะกอน อัตราการเคลื่อนย้ายตะกอน น้ำหนัก หรือ ปริมาตร ในช่วงเวลาที่แน่นอนเป็น รายวัน รายเดือน หรือรายปี การแปลความหมายข้อมูลมีวิธีการมากมายหลายวิธีแตกต่างกันจากสถานที่หนึ่งไปยังอีกสถานที่หนึ่งซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะของลุ่มน้ำแต่ละลุ่มน้ำ องค์ประกอบที่มีผลต่อการเคลื่อนย้ายตะกอน และที่สำคัญที่สุดคือวัตถุประสงค์ในการศึกษาหรือวัตถุประสงค์ของโครงการ

หลังจากการประมวลผลข้อมูลจนได้ข้อมูลเกี่ยวกับอัตราการเคลื่อนย้ายตะกอนที่สถานีวัดตะกอนพอเพียงแล้ว จะหยุดไม่ต้องศึกษาตะกอนที่สถานีนั้นเป็นการชั่วคราวจะกลับมาทำการศึกษาใหม่เฉพาะกรณีพิเศษ เช่น สำหรับกรณีระดับน้ำสูงมาก เท่านั้น ดังนั้นในทางปฏิบัติเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรใด ๆ จึงต้องการหาอัตราการเคลื่อนย้ายความเข้มข้นตะกอนสูงสุดที่อาจเกิดขึ้นในลำน้ำนั้นโดยเฉพาะ และค่าสูงสุดที่อาจเกิดขึ้นในลำน้ำนั้น ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับสถานีวัดตะกอนที่ตั้งอยู่ใกล้กันมาก ต้องเปรียบเทียบแล้วอยู่ในเกณฑ์เดียวกัน

12. ปริมาณตะกอนท้องน้ำ

วัตถุประสงค์หลักของการศึกษาการเคลื่อนย้ายตะกอนก็เพื่อคาดคะเนว่าจะมีสภาวะสมดุลย์ระหว่างการกัดเซาะและการตกทับถมเกิดขึ้นหรือไม่ และหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องปัญหายากลำบากที่สุดประการหนึ่งของชลศาสตร์รางน้ำเปิด ก็คือการหาอัตราการเคลื่อนที่ของวัสดุท้องน้ำในลำน้ำ หากมีวิธีการที่สามารถหาค่าการเคลื่อนที่ของตะกอนในสถานที่เป็นอยู่ได้อย่างแม่นยำแล้วก็จะทำให้สามารถคำนวณหาค่าการเคลื่อนที่ในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงของสภาวะการไหลไปจากเดิมได้

ตะกอนท้องน้ำ : เม็ดตะกอนท้องน้ำใช้เวลาในการเคลื่อนที่นานกว่าการเคลื่อนย้ายตามท้องน้ำโดยการกลิ้ง การเลื่อนไถล และบางครั้งโดยการกระโดด

วัสดุท้องน้ำ : ของผสมตะกอนที่เป็นองค์ประกอบของท้องน้ำที่เคลื่อนที่ไป

ปริมาณวัสดุท้องน้ำ : ส่วนของชั้นตะกอนซึ่งมีขนาดเท่ากับขนาดเม็ดตะกอนในท้องน้ำ

ในสภาวการณ์หนึ่ง เม็ดตะกอนท้องน้ำที่หลุดแยกออกจากกันอย่างง่ายดาย ไร้แรงเกาะยึดระหว่างกันเริ่มเคลื่อนที่ แรงที่กระทำต่อเม็ดตะกอนในท้องน้ำที่อยู่นิ่งที่ก้นคลองจะเท่ากับแรงต้านทานไม่ให้เม็ดตะกอนเคลื่อนที่พอดี ในสภาวะวิกฤตนี้แรงผลักลาก (Tractive force) ในขณะนั้นเรียกว่า แรงผลักลากวิกฤต (critical tractive force) ส่วนความเร็วเรียกว่า ความเร็ววิกฤต เม็ดตะกอนที่ทับถมกันที่ก้นลำน้ำจะเริ่มเคลื่อนที่ในทันทีที่ความเร็วของกระแสน้ำเพิ่มขึ้นถึงค่าใดค่าหนึ่ง ในพื้นผิวที่หยาบ Kresser ระบุว่า

$$d = 0.283\ v^2$$

เมื่อ v เป็นความเร็วเฉลี่ยของกระแสน้ำ (ม/ว) d เป็นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตะแกรงร่อนของเศษชิ้นตะกอน (มม.) โดยตะกอนที่มีขนาดใหญ่กว่า d จะเคลื่อนที่เป็นตะกอนท้องน้ำ ส่วนตะกอนที่มีขนาดเล็กกว่า d จะแขวนลอย

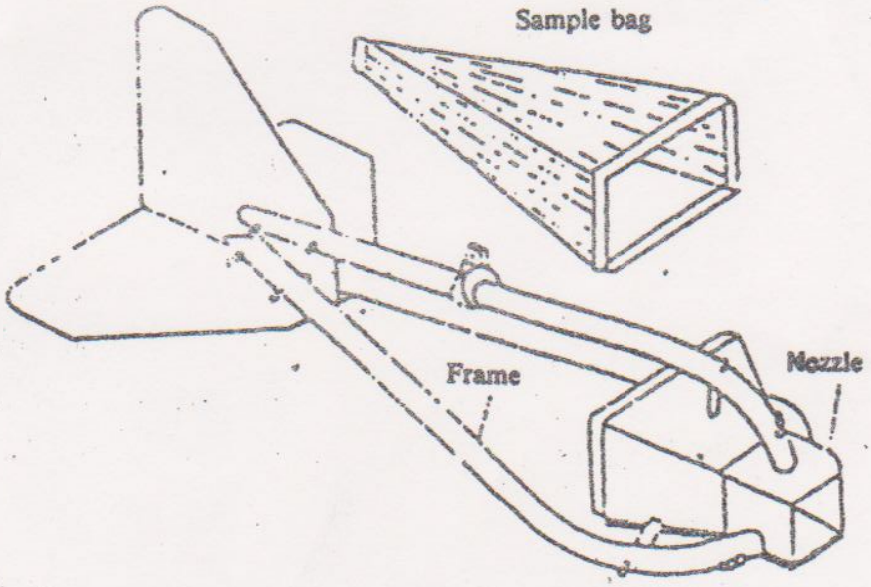
ในลำน้ำ Alluvial จะไม่สามารถแบ่งแยกระหว่างสภาวะการเคลื่อนที่แขวนลอยออกจากการเคลื่อนที่ไปตามท้องน้ำให้ชัดเจนได้ มีบริเวณหรือโซนปรับสภาวะ (transition) ซึ่งในบริเวณนี้มีการเคลื่อนที่ทั้งสองแบบเกิดขึ้นพร้อมกัน

โดยทั่วไป การเคลื่อนที่ของตะกอนท้องน้ำจะเริ่มต่อเมื่อมีการเพิ่มความเร็วสูงขึ้นไปอีก ท้องน้ำที่เคยเรียบสม่ำเสมอในตอนต้นก็จะยังคงเรียบสม่ำเสมอ มีการกระทบกระเทือนแต่เพียงเล็กน้อยเกิดขึ้นเมื่อความเร็วยังคงเพิ่มสูงขึ้นต่อไป ความสัมพันธ์ระหว่างท้องน้ำกับกระแสน้ำรวมทั้งรูปแบบของท้องน้ำขึ้นอยู่กับความลึก ความเร็ว และความปั่นป่วนของกระแสน้ำ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของน้ำ และวัสดุท้องน้ำ

ปัจจุบันยอมรับความสำคัญของรูปแบบท้องน้ำในการทดลองและการศึกษาจึงคาดว่าการริเริ่มศึกษาในวิชาแขนงนี้จะได้ความรู้เพิ่มมากถึงระดับที่ต้องการในอนาคตอันใกล้ในการเคลื่อนย้ายตะกอน

สภาวะการเคลื่อนที่ในตอนต้น การที่ทรายปรากฏเป็นคลื่น สันทราย การปรับสภาวะ และร่องทราย สภาพเงื่อนไขแนวเขตที่มีต่อการก่อตัวเป็นรูปร่างตลอดจนความแตกต่างกันในการเคลื่อนย้ายตะกอนท้องน้ำ อาจเรียกรวมกันว่า ลักษณะเสถียรภาพของการเคลื่อนย้ายท้องน้ำ (regime of bed transportation) หรือเรียกโดยทั่วไปในความหมายที่กว้างขึ้นว่า ลักษณะเสถียรภาพการเคลื่อนย้ายตะกอน (regime of sediment transport)

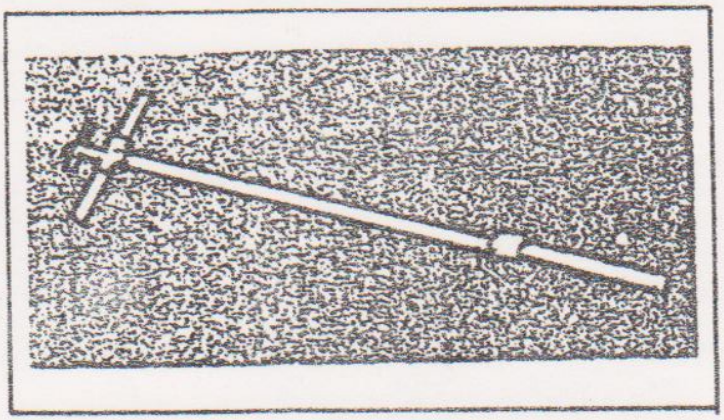
การสำรวจวัดปริมาณตะกอนท้องน้ำ (bed – load discharge) เป็นงานยาก เนื่องมาจากลักษณะธรรมชาติการเคลื่อนที่ตะกอนที่สัมผัสกับท้องน้ำเกือบตลอดเวลานั้น ข้อมูลเป็นอนุกรมเวลาผสมกันทั้งแบบสุ่มกระจายและแบบมีความสัมพันธ์กับตัวแปรอื่น และเนื่องจากการเคลื่อนที่ก่อให้เกิดคลื่นทราย สันทรายและสันดอนขึ้นในท้องน้ำ การเก็บตัวอย่างตะกอนท้องน้ำไม่เพียงแต่มีความสลับซับซ้อนมากกว่าการเก็บตัวอย่างตะกอนแขวนลอย แต่ยังมีแหล่งที่มาของความคลาดเคลื่อนมากกว่า ข้อมูลที่ได้กระจายมากเป็นเหตุผลใหญ่สำหรับการที่เครื่องเก็บตัวอย่างตะกอนท้องน้ำมีน้อยแบบกว่าเครื่องเก็บตัวอย่างตะกอนแขวนลอย และจนถึงปัจจุบันนี้ก็ยังไม่มีการกำหนดมาตรฐานที่เหมาะสม รูปที่ ๑ แสดงอุปกรณ์เก็บตัวอย่างตะกอนท้องน้ำที่ได้พัฒนากันขึ้นมาในปัจจุบัน ในขณะเดียวกันก็มีความพยายามที่จะหาอัตราการเคลื่อนย้ายตะกอนท้องน้ำโดยวิธีทางทฤษฎีโดยเปรียบเทียบศักยภาพการเคลื่อนย้ายตะกอนในลำน้ำกับคุณสมบัติของวัสดุตะกอน โดยใช้สมมุติฐานว่างานที่ทำในการเคลื่อนที่ตะกอนเป็นสัดส่วนกับงานที่ทำในการเคลื่อนที่ของน้ำ หรือโดยใช้สมมุติฐานว่าน้ำหนักตะกอนที่เคลื่อนย้ายไปเป็นสัดส่วนกับแรงที่ใช้ในการเคลื่อนย้าย หรือโดยเปรียบเทียบกับผลสุดท้าย



รูปที่ ๑ เครื่องเก็บตัวอย่างตะกอนท้องน้ำ ("Hailley – Smith")

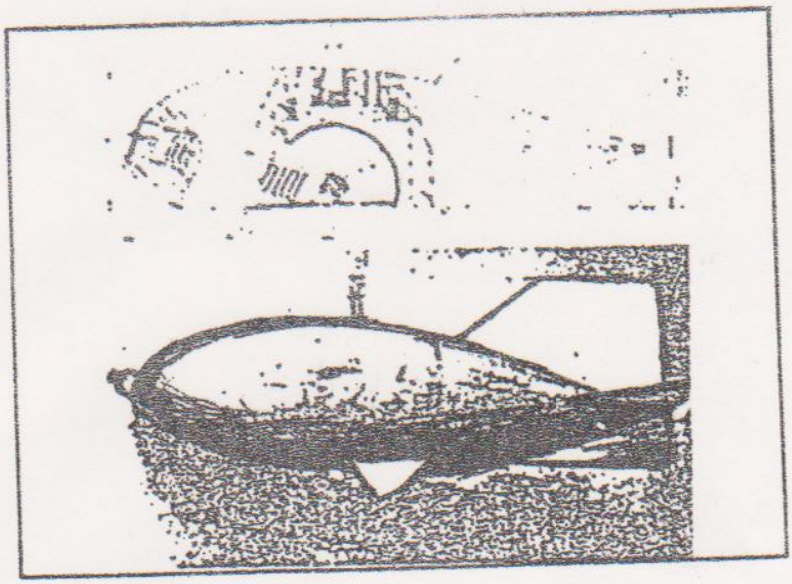
13. การวัดปริมาณวัสดุท้องน้ำ

การศึกษาเคลื่อนย้ายตะกอนในลำน้ำที่ท้องน้ำประกอบด้วยตะกอนทับถมกัน (alluvial channel)' เครื่องเก็บตัวอย่างวัสดุท้องน้ำเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญมาก ความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกันระหว่างการเคลื่อนย้ายตะกอนกับวัสดุที่ปกคลุมท้องน้ำ ในลำน้ำประเภทนี้ทำให้งานการศึกษาวิเคราะห์ตะกอนโดยอาศัยเครื่องเก็บตัวอย่างวัสดุท้องน้ำมีความสำคัญยิ่ง เครื่องเก็บตัวอย่างวัสดุท้องน้ำเป็นอุปกรณ์ง่าย ๆ แต่ได้ผลเชื่อถือได้ดีมาก ตรงกันข้ามกับเครื่องเก็บตัวอย่างตะกอน โดยเหตุที่การศึกษาวัสดุท้องน้ำมีวัตถุประสงค์เพื่อหาความสัมพันธ์เกี่ยวโยงกับการเคลื่อนย้ายตะกอนจึงจำเป็นต้องเน้นส่วนประกอบของวัสดุที่ปกคลุมท้องน้ำในชั้นบนสุด โดยปกติจึงเก็บตัวอย่างจากชั้นบนสุดของท้องน้ำ ตัวอย่างอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างบางประเภท แสดงในรูปที่ 10, 11 และ 12



รูปที่ 10 เครื่องเก็บตัวอย่างวัสดุท้องน้ำแบบลูกสูบมือถือ

รูปที่ 11 เครื่องเก็บตัวอย่างวัสดุท้องน้ำแบบถังหมุนด้วยสปริงมือถือ ขนาด 30 ปอนด์ US BMH – 60
ปรับจาก F.I.A.S.P. (1963 หน้า 103)



รูปที่ 12 รูปสเกตช์มองจากด้านบน (รูปบน) และรูปด่าย เครื่องเก็บตัวอย่างวัสดุท้องน้ำแบบเคเบิล และแกนม้วน ถังหมุนด้วยสปริง ขนาด 100 ปอนด์ US BM 54 มิติในรูปสเกตช์เป็นนิ้ว ปรับจาก F.I.A.S.P. (1959 หน้า 29 และ 30)

14. การวัดปริมาณตะกอนทั้งหมด

ปริมาณตะกอนทั้งหมดประกอบด้วยปริมาณตะกอนแขวนลอยและตะกอนท้องน้ำ โดยวัดปริมาณตะกอนแขวนลอยและปริมาณตะกอนท้องน้ำแยกกันต่างหาก ด้วยอุปกรณ์และวิธีการดังกล่าวมาแล้วข้างต้น แล้วนำผลมาบวกรวมกันโดยตรงซึ่งน่าจะทำได้โดยง่าย แต่อาจจะไม่ใช่วิธีการหาปริมาณตะกอนทั้งหมดที่ง่ายที่สุด มีวิธีอื่นอีก เช่น รวมปริมาณตะกอนแขวนลอยที่วัดได้กับค่าปริมาณตะกอนท้องน้ำจากการคำนวณ อย่างน้อยที่สุดข้อมูลสนามที่จำเป็นในการคำนวณปริมาณตะกอนท้องน้ำควรประกอบด้วย ขนาดวัสดุท้องน้ำ และลักษณะการไหลของกระแสน้ำ

วิธีพิเศษที่ใช้ในการหาค่าตะกอนท้องน้ำทั้งหมดคือการวัดปริมาณตะกอนที่ตกทับถมกันในอ่างเก็บน้ำซ้ำกันหลายครั้งอย่างเป็นระบบ

15. การวัดตะกอนตกทับถมในอ่างเก็บน้ำ

วิธีสำรวจพื้นฐานมีอยู่ สองวิธี คือ วิธีเส้นชั้นระดับ และวิธีกำหนดแนวให้เลือกดำเนินการเพื่อเปรียบเทียบกับการสำรวจที่จะทำในครั้งต่อไป การเลือกวิธีสำรวจขึ้นอยู่กับข้อมูลสำรวจเดิม ขนาดและรูปร่างของอ่างเก็บน้ำ แผนจัดสรรน้ำ และความแม่นยำที่ต้องการเพื่อหาความเปลี่ยนแปลงของปริมาตรเก็บกักน้ำอันเนื่องมาจากการสะสมตะกอน

1) วิธีเส้นชั้นระดับ (contour)

โดยปกติจะเลือกใช้วิธีเส้นชั้นระดับสำหรับอ่างเก็บน้ำที่ต้องการความแม่นยำสูง หรืออ่างเก็บน้ำที่น้ำตื้นเขินเกือบแห้งเป็นครั้งคราว วิธีนี้อาจใช้สำหรับอ่างเก็บน้ำที่มีรูปร่างไม่สม่ำเสมอ กำหนดแนว (range) ได้ยาก การทำแผนที่เส้นชั้นระดับให้ได้ผลเชื่อถือได้มักทำการสำรวจในขณะที่น้ำแห้งหรือระดับน้ำลดต่ำมาก การสำรวจอาจใช้วิธีการสำรวจพื้นดินแบบปกติ หรือใช้วิธีถ่ายภาพทางอากาศ สำหรับส่วนที่อยู่ใต้น้ำอาจใช้วิธีสำรวจระดับน้ำโดยการหยั่งระดับตามปกติ (depth sounding) และระบบกำหนดตำแหน่ง (positioning system) หรือใช้ระบบสำรวจอัตโนมัติสร้างผังตะแกรง (grid) ที่ชิดกัน หรือโดยการสำรวจสุ่มกระจาย แนวทางการสำรวจตะกอนในอ่างเก็บน้ำของประเทศจีนแนะนำให้เลือกช่วงเส้นชั้นระดับให้สอดคล้องกับมาตราส่วนในแผนที่และสภาพโดยทั่วไปของบริเวณพื้นที่อ่างเก็บน้ำ สำหรับแผนที่มาตราส่วน 1: 5,000 หรือ 1: 10,000 ควรใช้ช่วงเส้นชั้นระดับ 0.5–1.0 ม. สำหรับพื้นที่ที่ค่อนข้างเรียบแบน และ 1.0–2.0 ม. สำหรับพื้นที่ที่มีเนินสูงต่ำ

ควบคู่ไปกับการพัฒนาอุปกรณ์เครื่องมือสำรวจภาคพื้นดินและถ่ายภาพ มีการใช้วิธีสำรวจภาพถ่ายทางอากาศในการสำรวจอ่างเก็บน้ำหลายแห่ง การสำรวจภาพถ่ายทางอากาศต้องทำจุดควบคุมโดยวิธีการสำรวจภาคพื้นดิน และกำหนดระวางสำหรับใช้ในการวินิจฉัยภาพถ่าย ส่วนพื้นที่เก็บกักน้ำที่อยู่ใต้น้ำต้องใช้วิธีสำรวจระดับน้ำ (hydrographic survey)

หากพื้นที่ใต้ผิวน้ำมีขนาดเล็ก จะนำข้อมูลจากการสำรวจระดับน้ำมาทำแผนที่เส้นชั้นระดับโดยวิธีเดียวกันกับวิธีสำรวจภาพถ่ายทางอากาศ แต่หากพื้นที่ส่วนที่อยู่ใต้ผิวน้ำกว้างมากจะใช้วิธีกำหนดแนวมาคำนวณหาพื้นที่ใต้ผิวน้ำแล้วนำมาหาประสานรังวัดกับพื้นที่เหนือน้ำคำนวณหาปริมาตรเก็บกักที่มีอยู่ต่อไป

2) วิธีกำหนดแนว (range method)

วิธีกำหนดแนวประกอบด้วยการหาความลึกของน้ำหรือความหนาของชั้นตะกอนทับถมตามแนวที่กำหนดไว้ และใช้ข้อมูลรูปตัดตามยาวนี้มาคำนวณตามขั้นตอนที่เหมาะสม จนได้ผลเป็นตารางระหว่างพื้นที่เส้นชั้นระดับปรับแก้กับระดับความสูง

วิธีนี้เป็นวิธีที่ใช้กันมากสำหรับอ่างเก็บน้ำทุกขนาด มีข้อได้เปรียบทำงานง่ายใช้เวลาสำรวจน้อย หากกำหนดวางแนวมีความหนาแน่นเหมาะสมจะมีความแม่นยำที่ความคลาดเคลื่อนอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ก่อนที่จะเริ่มกักเก็บน้ำในอ่างเก็บน้ำควรจัดระบบวางแนวสำรวจตะกอน และทำการสำรวจเป็นฐาน (base survey) ใช้เปรียบเทียบกับผลสำรวจครั้งต่อไปในอนาคต

อาจใช้ทั้งวิธีเส้นชั้นและวิธีกำหนดแนวร่วมกันเพื่อให้เข้าใจสภาพความสูงต่ำของภูมิประเทศในอ่างเก็บน้ำหรือในช่วงแม่น้ำดีขึ้น มักจะมีทะลายของตะลิ่งที่จุดใดจุดหนึ่งซึ่งวิธีกำหนดแนวอาจข้ามจุดนี้ไป การศึกษาการเคลื่อนหรือขยายตัวของสันดอนในอ่างเก็บน้ำ จำเป็นต้องมีการสำรวจภูมิประเทศ

เป็นข้อมูลเสริมสำหรับประเมินผลการตกตะกอน ความจริงแล้วไม่มีความแตกต่างกันระหว่างวิธีเส้นชั้นระดับกับวิธีกำหนดแนว หากเพิ่มจำนวนแนวที่จะทำการวัดในวิธีกำหนดแนวมากขึ้นก็จะเขียนเส้นชั้นระดับความสูงจากข้อมูลการสำรวจกำหนดแนวได้

ปริมาตรอ่างเก็บน้ำที่หาได้จากผลสำรวจจะนำไปเปรียบเทียบกับปริมาตรเดิมที่ได้เคยวัดไว้ก่อนเก็บกักน้ำหรือเปรียบเทียบกับผลสำรวจในครั้งต่อไป ค่าความแตกต่างของปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงไปก็คือปริมาณตะกอนที่ตกทับถมในอ่างเก็บน้ำในช่วงเวลานั้น

16. บทสรุป

ข้อมูลการศึกษาตะกอนเป็นข้อมูลอุทกวิทยาชนิดหนึ่ง แต่การเก็บรวบรวมข้อมูลตะกอนสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมากกว่าการเก็บข้อมูลอุทกวิทยาประเภทอื่น และต้องใช้เวลาในการศึกษาวิเคราะห์ นอกจากนี้ยังต้องทำการวัดปริมาณน้ำเพื่อนำมาศึกษาหาความสัมพันธ์ต่าง ๆ

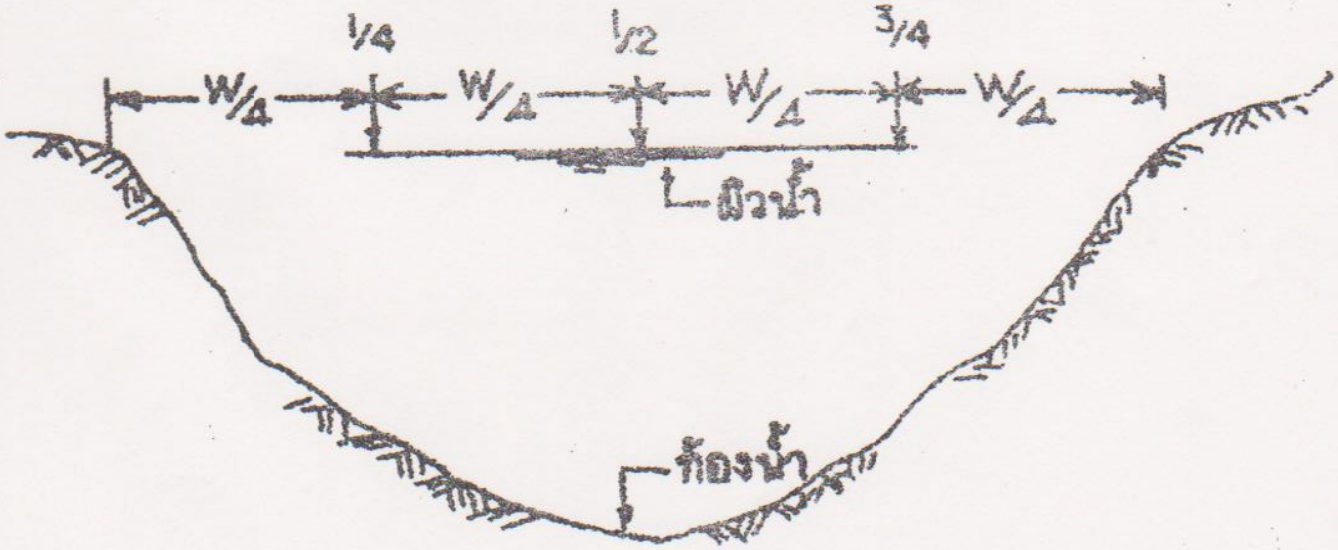
การศึกษาวิเคราะห์และการประยุกต์ใช้ข้อมูลตะกอนยังมีขอบเขตจำกัดสำหรับงานวิศวกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศไทย เนื่องจากผลกระทบของปัญหาตะกอนยังไม่เป็นปัญหามาก แต่อย่างไรก็ดีมีพื้นที่บางแห่งในประเทศไทยที่พื้นดินอันอุดมสมบูรณ์ที่การกัดเซาะอยู่ในอัตราที่สูงมาก ดังนั้นในการเสนอโครงการพัฒนาแหล่งน้ำในภูมิภาคนี้จึงควรพิจารณาศึกษาข้อมูลการตกตะกอนเพื่อลดปัญหาที่จะตามมาให้น้อยที่สุด ดังกรณีตัวอย่างที่เกิดขึ้นในประเทศสาธารณรัฐจีน

1. การเลือกสถานีสำหรับการสำรวจตะกอน

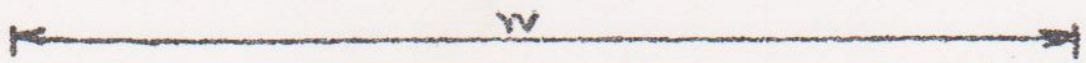
การเลือกสถานที่ มีลักษณะคล้ายกับสถานที่สำรวจปริมาณน้ำ คือ มีทางไหลของน้ำเป็นแนวตรงไม่คดเคี้ยว ไม่ให้มีแก่ง น้ำตก หรือเกาะอยู่ใกล้เคียงและควรให้อยู่ห่างทางแยกที่มีน้ำไหลเข้าหรือออก สิ่งสำคัญก็คือต้องมีการสำรวจปริมาณน้ำด้วย เพราะการคำนวณปริมาณตะกอนต้องคำนวณร่วมกับปริมาณน้ำ นอกจากนั้นยังต้องคำนึงถึง ความเหมาะสมในการขนส่งสังตะกอนอีกด้วย

2. การเลือกแนวลูกตั้งสำหรับการสำรวจตะกอน

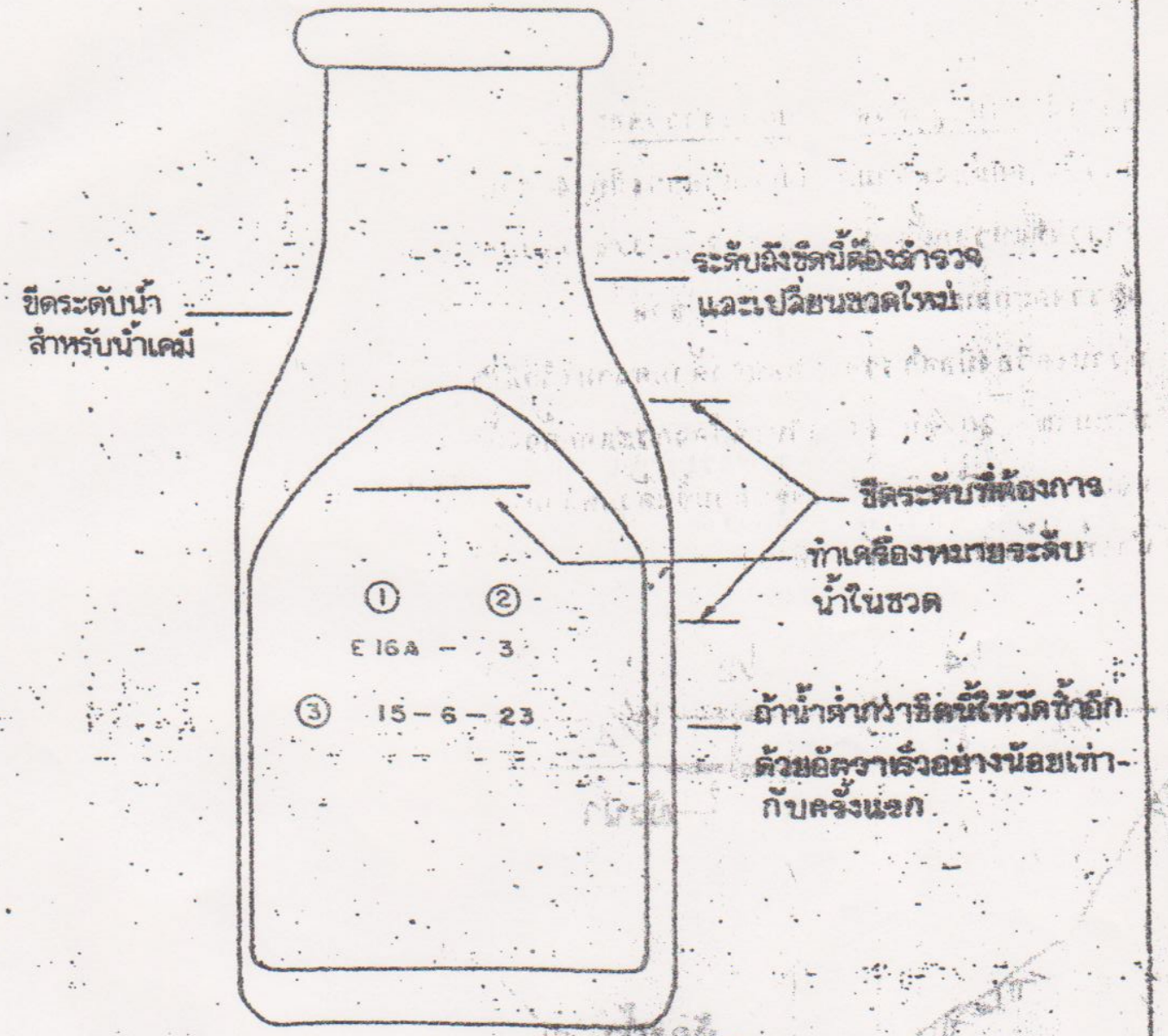
สำรวจโดยแบ่งความกว้างผิวน้ำออกเป็น 4 ส่วน (ดังรูปที่ 1)
สำรวจที่แนวลูกตั้ง 1/4 , 1/2 , 3/4 ของความกว้างผิวน้ำ
สำรวจตะกอน 3 แนว ๆ ละ 1 ขวด
ก่วานเครื่องมือสำรวจตะกอนลงด้วยความเร็วสม่ำเสมอเหนือท้องน้ำประมาณ 20 ซม. (เพื่อกันเครื่องกระแทกท้องน้ำ ทำให้ตะกอนฟุ้งขึ้นมา) และก่วานเครื่องมือสำรวจตะกอนขึ้นด้วยความเร็วสม่ำเสมอให้ได้ปริมาณน้ำเท่าที่ต้องการ (ดังรูปที่ 2)



W = ความกว้างของแม่น้ำ



รูปที่ 1 แนวตั้งสำหรับเก็บตะกอนตามจุดเก็บที่ 1/4, 1/2 และ 3/4 ของความกว้างแม่น้ำ



รูปที่ 2 ขวดบรรจุตะกอนแสดงขีดระดับน้ำที่ต้องการและเขียนข้อมูลที่สำคัญ

① Code ประจำสถานี

② เบอร์ขวด

③ วันที่ เดือน ปี ที่สำรวจ

3. ความถี่ของการสำรวจตะกอน

การพิจารณาว่า จะตักตะกอนวันใดจึงจะได้ข้อมูลที่ดี น่าเชื่อถือได้นั้น ให้พิจารณาสีของน้ำประกอบกับระดับน้ำที่กำลังขึ้นและกำลังลง เพื่อให้ได้น้ำช่วงกำลังขึ้น - ช่วงน้ำขึ้นสูง - ช่วงน้ำขึ้นสูงสุด - ช่วงน้ำกำลังลง - ช่วงน้ำลง - ช่วงน้ำทรง (ดังรูปที่ 3) และสีของน้ำมีลักษณะดังนี้

น้ำใส - น้ำขุ่นเล็กน้อย - น้ำขุ่นมาก - น้ำขุ่นที่สุด - น้ำขุ่นมาก -น้ำขุ่นปานกลาง - น้ำขุ่นเล็กน้อย - น้ำใส

โดยที่ช่วงน้ำขึ้นสูงไม่เกิน 2 เมตร ควรตักตะกอนให้ได้ 5 ครั้ง

และช่วงน้ำขึ้นสูงมากกว่า 2 เมตร ควรตักตะกอนให้ได้ 7 ครั้ง

หากระดับน้ำในวันเดียวกันขึ้นสูงเกินกว่า 30 ซม. วันนั้นอาจต้องทำการสำรวจตะกอน 2 ครั้ง หรือ 3 ครั้ง แล้วแต่ความเหมาะสม (ดูตารางที่ 1)

สิ่งที่หัวหน้าหน่วยสำรวจตะกอน จะต้องจัดทำไว้ เพื่อประกอบการตัดสินใจในการเลือกช่วงที่เหมาะกับการตักตะกอน คือ

ก. จดสถิติการสำรวจตะกอนและน้ำเคมีลงในตาราง SEDIMENT SAMPLING (ดูตารางที่ 2) เพื่อตรวจสอบผลงานของท่านว่า ทำการสำรวจตะกอนได้กี่ครั้ง น้ำเคมีกี่ครั้ง เบอร์ขวดอะไรบ้าง เพื่ออำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงานครั้งต่อ ๆ ไป

ข. PLOT ระดับน้ำทุกวัน เพื่อใช้พิจารณาในการตัดสินใจว่า วันนี้ควรตักตะกอนหรือไม่ หากตักตะกอนวันใด ให้ลงหมึกวันที่มีการตักตะกอนไว้ด้วย ซึ่งการทำเช่นนี้จะทำให้เราทราบว่า เราสามารถตักตะกอนได้ตามเป้าหมายที่ตั้งใจไว้หรือไม่

ค. เมื่อมีการสำรวจตะกอนวันใด ให้ลงหมึกวันที่มีการสำรวจตะกอนในโค้งปริมาณน้ำด้วย เพื่อทำให้เราทราบว่า เราสามารถตักตะกอนได้ข้อมูลที่สามารถครอบคลุมทั้งช่วงระดับน้ำต่ำ - ช่วงระดับน้ำสูงปานกลาง - ช่วงระดับน้ำสูง เพื่อที่จะได้ตัวแทนของตะกอนในลำน้ำนั้นที่น่าเชื่อถือได้

4. การเก็บตัวอย่างน้ำมาวิเคราะห์หาคุณภาพน้ำ (น้ำเคมี)

แบ่งความกว้างผิวน้ำออกเป็น 4 ส่วน (ดูรูปที่ 1)

เก็บตัวอย่างน้ำ 3 แนว ๆ ละ 1 ขวด

ก้วานเครื่องมือสำรวจตะกอนลงด้วยความเร็วสม่ำเสมอเหนือท้องน้ำ ประมาณ 20 ซม. (เพื่อกันเครื่องกระแทกท้องน้ำ ทำให้ตะกอนฟุ้งขึ้นมา) และก้วานเครื่องมือสำรวจตะกอนขึ้นด้วยความเร็วสม่ำเสมอ ให้ได้ปริมาณน้ำมากพอที่จะนำไปวิเคราะห์ได้ (ดังรูปที่ 2)

5. หัวหน้าหน่วยส่งตัวอย่างน้ำและใบ อท.72 และ อท.30 ใส่ในลัง ส่งไปที่ฝ่ายเคมี กองวิจัยและทดลอง กรมชลประทาน ปากเกร็ด นนทบุรี และส่งใบ อท.1-43 ไปที่ฝ่ายตะกอน กองอุทกวิทยา กรมชลประทาน สามเสน กทม. 10300

6. ห้องทดลองวิเคราะห์ผลเรียบร้อยแล้ว (ดูตารางที่ 3) จะส่งผลมาให้ฝ่ายตะกอน ฝ่ายตะกอนตรวจสอบความถูกต้องเบื้องต้นแล้ว นำไปวิเคราะห์ผลต่อไป (ดูตารางที่ 4)

7. ขั้นตอนการวิเคราะห์ผล ใช้ LEAST SQUARE METHOD หาความสัมพันธ์ของปริมาณตะกอนและปริมาณน้ำ ในรูปสมการ

$$Qs = KQw^{N}$$

โดยที่ Qs = ปริมาณตะกอน หน่วยเป็น Tons

Qw = ปริมาณน้ำ หน่วยเป็น Cms.

(รูปที่ 4)

เมื่อรู้ค่า K และ N แล้ว เราก็จะได้สมการ REGRESSION ซึ่งจะทำให้เราทราบว่า มีปริมาณตะกอนแขวนลอยผ่านสถานีที่เราตรวจวัดเท่าใดจากการอ่านค่าปริมาณน้ำในปีเดียวกัน จะทำให้ทราบค่าปริมาณตะกอนรายวัน รายเดือน รายปีได้

FIG. 3.2

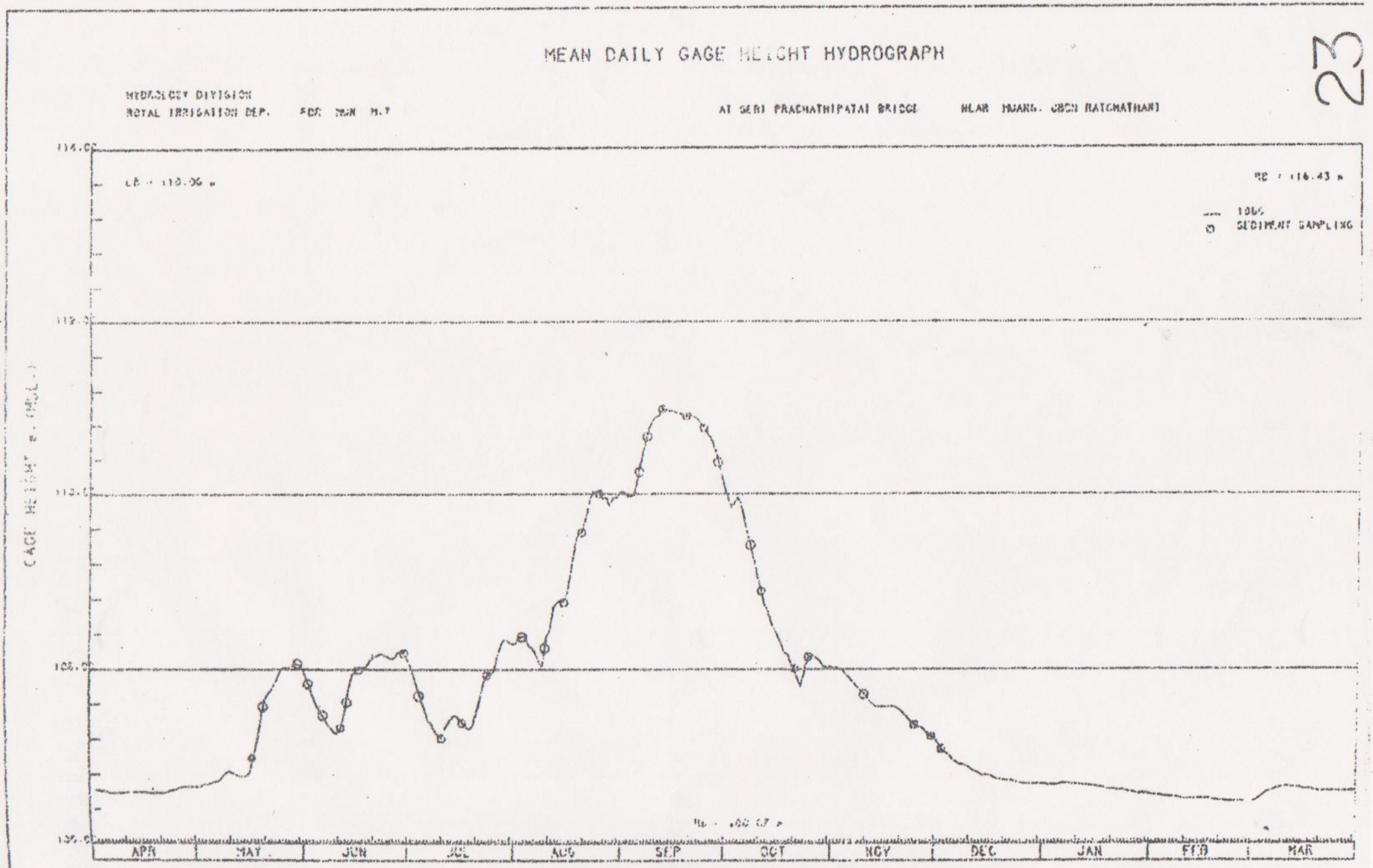

MEAN DAILY GAGE HEIGHT HYDROGRAPH
HYDROLOGY DIVISION
ROYAL IRRIGATION DEP.
AT SERI PRACHATHIPATAI BRIDGE
NEAR MUANG, CHON BATCHATHANI
GAGE HEIGHT m. (M.S.L.)
LG = 110.06 m
HG = 116.43 m
1966
SEDIMENT SAMPLING
APR
MAY
JUN
JUL
AUG
SEP
OCT
NOV
DEC
JAN
FEB
MAR

FIG 5.1

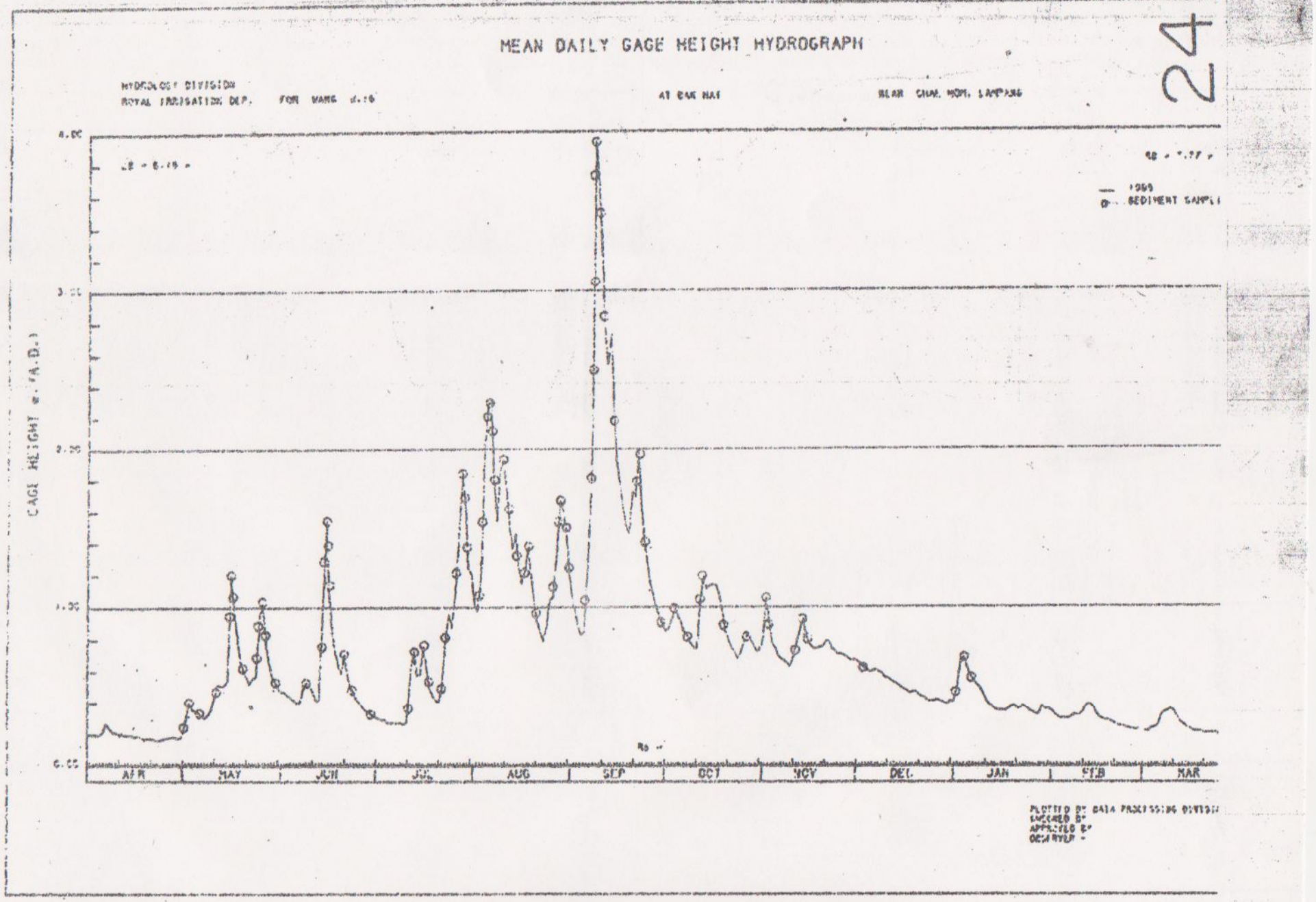
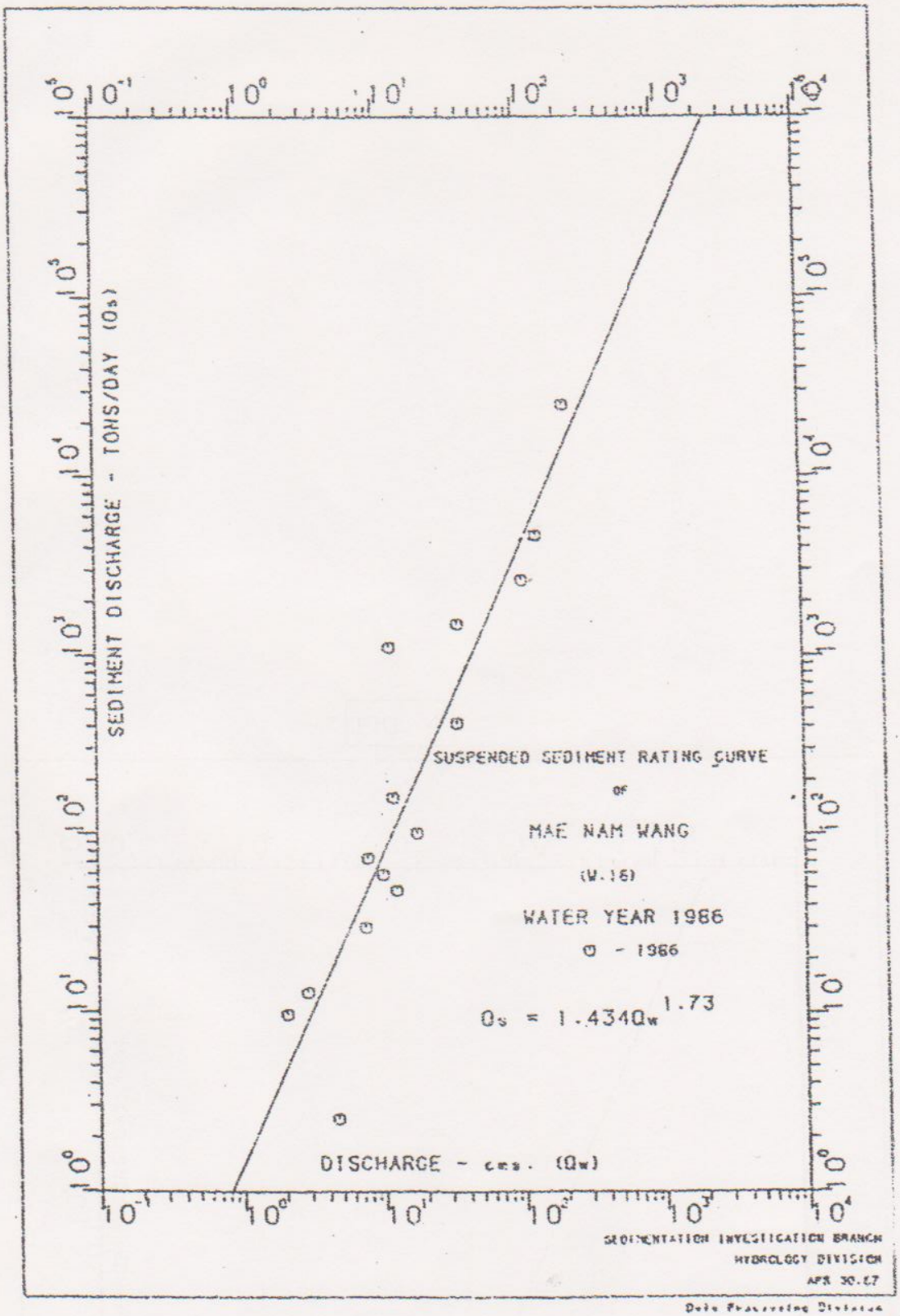

MEAN DAILY GAGE HEIGHT HYDROGRAPH
HYDROLOGY DIVISION
ROYAL IRRIGATION DEP.
AT OAK HAT
GAGE HEIGHT (FT. A.D.)
1969
SEDIMENT SAMPLES
APR
MAY
JUN
JUL
AUG
SEP
OCT
NOV
DEC
JAN
FEB
MAR
PLOTTED BY DATA PROCESSING DIVISION

FIG. 4


SEDIMENT DISCHARGE - TONS/DAY (Qs)
DISCHARGE - cms. (Qw)
SUSPENDED SEDIMENT RATING CURVE
OF
MAE NAM WANG
(W.16)
WATER YEAR 1986
⊙ - 1986
Qs = 1.434Qw^1.73
SEDIMENTATION INVESTIGATION BRANCH
HYDROLOGY DIVISION
APR 30.87
Data Processing Division

กองอุทกวิทยา
กรมชลประทาน

อ.ท 1-43
(พ.ศ.2524)

รายงานการเก็บตัวอย่างน้ำแบบ DEPTH INTEGRATION

สถานี B.8 แม่น้ำ น้ำยม วันที่ทำการสำรวจ 6 ก.ค. 31

ลักษณะของระดับน้ำ ☐ ขึ้น ☐ ลง ☐ ทรง ชนิดของเครื่องมือ US.DH. 59

ระดับน้ำ เริ่ม 2.46 ม. ร.ท.ก. / ร.ส.ม. ระดับน้ำ แล้วเสร็จ 2.46 ม. ร.ท.ก. / ร.ส.ม.

ผู้สำรวจ นายประหยัด นนทะคุต ผู้ช่วย นายประหยัด นนทะคุต

ที่สำรวจ ส.ม. - นาที	จุดเก็บจมัดหย่อน ซ้าย - ขวา	ลูกตั้งลึก ม.	เก็บน้ำที่ (อ-อ.ร) ม.	ความเร็วน้ำ ม./วิ.	เวลาในการสำรวจ สำนวณ	เวลาในการสำรวจ จริง	ขนาดของ NOZZLE	หมายเหตุ	จำนวน ขวด
15.30	25.76	1.70	1.50	0.091	–	25	ขนาดกลาง	B.8 - 25	1
15.33	29.32	1.96	1.75	0.156	–	26	"	B.8 - 26	1
15.36	32.68	2.05	1.85	0.147	–	28	"	B.8 - 27	1
	ความลึกของน้ำ 14.65 ม.		Q =	2.868 ม./วิ.	V =	0.126 ม./วิ.		น้ำขุ่นปานกลาง	
	วันที่ 15	ก.ค. 31	ระดับน้ำเริ่ม	2.39	ม.(ร.ส.ม.)	ระดับน้ำแล้วเสร็จ		2.39 ม.(ร.ส.ม.)	
09.00	3.41	1.10	0.90	0.091	–	25	ขนาดกลาง	B.8 - 28	1
09.03	5.07	1.06	0.86	0.556	–	15	"	B.8 - 29	1
09.06	8.73	0.60	0.40	0.336	–	13	"	B.8 - 30	1
	ความลึกของน้ำ 10.66 ม.		Q =	2.300 ม./วิ.	V =	0.278 ม./วิ.	สำรวจเหนือแนว	150 ม.	
	วันที่ 24	ก.ค. 31	ระดับน้ำเริ่ม	4.82	ม.(ร.ส.ม.)	ระดับน้ำแล้วเสร็จ		4.82 ม.(ร.ส.ม.)	
09.30	22.93	2.90	2.70	0.302	–	28	ขนาดกลาง	B.8 - 31	1
09.36	"	"	"	"	–	31	"	B.8 - 32	เศษ
09.40	30.48	3.95	3.75	0.987	–	18	"	B.8 - 33	1
09.45	"	"	"	"	–	20	"	B.8 - 34	เศษ
09.50	38.03	2.00	1.80	0.036	–	36	"	B.8 - 35	1
09.55	"	"	"	"	–	40	"	B.8 - 36	เศษ
	ความลึกของน้ำ 30.22 ม.		Q =	41.247 ม./วิ.	V =	0.563 ม./วิ.	น้ำขุ่น		

ข้อสังเกต ขยายสิมิตระดับน้ำข้างขวดและส่งสำเนารายงานการเก็บตัวอย่างน้ำมาในสิ่ง 1 ชุด

หมายเหตุ วันที่ 6 ก.ค. 31 และ 24 ก.ค. 31 สำรวจที่แนว 1
วันที่ 15 ก.ค. 31 สำรวจเหนือแนว 150 ม.

กองอุทกวิทยา
กรมชลประทาน

อ.ท. 72
(ร.ล.)

CHEMICAL LABORATORY

FOR

SUSPENDED MATERIAL

BY

FILTRATION METHOD

Order No. B.8-3

Date 12 ก.ค. 31

SAMPLING Date 6 ก.ค. 31

River ท่าจีน

Sediment Station B.8

River Stage Elevation 2.46 (A.D.) m.

Sample Location (From Reference pt.) LB. 25.76, 29.32, 32.88 m.

Total Depth (d) 1.70, 1.95, 2.05 m. Vertical 1, 2, 3

ANALYSIS

Analysed By

Reported By

Report to: Head of the Sect.

Lab. No.

Date

Item		Sample Taken At			Remark
		Vertical 1.	Vertical 2.	Vertical 3.	
Bottle No.		B.8-25	B.8-26	B.8-27	
Total Wt. (Sample and Bottle)	(gm.)				
Wt. Bottle	(gm.)				
Wt. Sample	(gm.)				
No. of Filter Can					
Wt. of Can	(gm.)				
Wt. of Can and Filter after Drying	(gm.)				
Wt. of Filter	(gm.)				
Wt. of Filter and Can	(gm.)				
Wt. of Filter Sample and Can after Drying	(gm.)				
Wt. of Sediment	(gm.)				
Concentration of Sample by Weight	(ppm.)				
Mean Concentration of Vertical by Weight	(ppm.)				

Division of Hydrology
Royal Irrigation Department

B.E.30
(A.D.2517)

H.30

CHEMICAL ANALYSIS OF WATER

Order No. B.8 – 3

Date 12 ก.ค. 31

SAMPLED Date 24 ก.ค. 31 River พิษณุโลก Station B.8 River Stage Elevation 4.82 (A.D.) m. Sample Location (From Refer. pt) L8.22.93, 30.48, 38.03 m. Total Depth (d) 2.90, 3.95, 2.00 m. B.8-32, B.8-34, B.8-36 พิษณุโลก	ANALYSED Analysed by Reported by Reported to : Head of the Section Lab. No. Date

Constituents	
Hydrogen ion activity (pH)	
Conductivity EC x 10^6 at 25°C.	
Total solid as ppm.	
Total dissolved solid as ppm.	
Suspended solid as ppm.	
Turbidity	
Total hardness as $CaCO_3$ ppm.	
Non carbonate hardness as $CaCO_3$ ppm.	
Soluble sodium percentage (S S P)	
Silica (SiO_2)	
Cations	
Calcium (Ca^{++})	
Magnesium (Mg^{++})	
Sodium (Na^{+})	
Iron total (Fe^{+++})	
dissolved (Fe^{+++})	
Anions	
Carbonate (CO_3^{--})	
Bicarbonate (HCO_3^{-})	
Sulphate (SO_4^{--})	
Chloride (Cl^{-})	

Remarks ppm part per million

กองวิจัยและพัฒนา
ที่ กว. 1168
วันที่ 13 กย. 2526

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ กองอุทกวิทยา

ที่ กว. 147 วันที่ สิงหาคม 2528 -6 กย.2526

เรื่อง ส่งตัวอย่าง Bed Material มาทำการวิเคราะห์

เสนอ ผจห.

กองอุทกวิทยาขอส่งตัวอย่าง Bed Material ของสถานีไนเรครับผิดชอบ ของงานปฏิบัติการสำรวจอุทกวิทยาที่ 10 จำนวน 34 ตัวอย่าง เพื่อวิเคราะห์ Gradation Test, Hydrometer Analysis หาเปอร์เซนต์ของ clay, silt, sand, gravel และหา Specific Gravity รายละเอียดตัวอย่าง Bed Material มีดังต่อไปนี้

ลำดับที่	วันที่สำรวจ	สถานี-เบอร์ถุง	แนวสำรวจห่างฝั่ง ม.	น้ำลึก ม.	ความเร็วน้ำ ม./วินาที	ระดับน้ำ ม.	ลักษณะดิน	Q cms.
1	14 มิ.ย 28	K. 27-1/	LB. 1.66	0.44	0.465	1.20	ทราย-Silt	54
2		K. 27-2/	LB. 3.32	0.35	0.545			
3		K. 27-3/	LB. 4.98	0.14	0.390			
4	14 มิ.ย 28	K. 10-1/	LB. 131.43	1.15	0.529	1.64	กรวดทราย-ทราย	100
5		K. 10-2/	LB. 149.13	1.65	0.729			
6		K. 10-3/	LB. 160.00	2.62	0.769			
7	15 มิ.ย 28	K. 17-1/	LB. 37.19	0.15	0.177	0.26	ทรายทราย	68
8		K. 17-2/	LB. 40.63	0.40	0.247		ทรายทราย-กรวด	
9		K. 17-3/	LB. 44.07	0.60	0.280		กรวดทราย	
10	15 มิ.ย 28	K. 25-1/	LB. 43.75	0.12	-	1.43	ทรายปนดิน	43
11		K. 25-2/	LB. 45.00	0.16	-		ทรายปนดิน	
12		K. 25-3/	LB. 46.25	0.26	-		ดินปนทราย	
13	15 มิ.ย 28	K. 28-1/	LB. 66.20	0.12	-	0.69	ดินปนทราย	16
14	16 มิ.ย 28	B. 8-1/	LB. 24.62	0.80	0.036	1.69	ทราย	30
15		B. 8-2/	LB. 28.04	1.00	0.036		ทรายทราย	
16		B. 8-3/	LB. 31.46	1.25	0.036		กรวด-ทรายทราย	

29

ลำดับที่	วันที่สำรวจ	สถานี-เบอร์ถุง	แนวสำรวจห่าง ม.	น้ำลึก ม.	ความเร็วน้ำ ม./วินาที	ระดับน้ำ ม.	ลักษณะดิน	Q cms.
17	16 มิ.ย. 25	B. 7-1/	LB. 1.25	0.35	0.336	0.99	ทรายหยาบ-Silt	20
18		B. 7-2/	LB. 2.50	0.35	0.502			
19		B. 7-3/	LB. 3.75	0.36	0.457			
20	16 มิ.ย. 25	B. 6-1/	LB. 2.88	0.26	0.325	0.68	ทรายหยาบ	27
21		B. 6-2/	LB. 5.76	0.20	0.393			
22		B. 6-3/	LB. 8.64	0.25	0.235			
23	16 มิ.ย. 25	Ky. 2-1/	LB. 23.53	0.02	0.064	0.18	ดินปนทราย	71
24		Ky. 2-2/	LB. 24.18	0.06	0.153			
25		Ky. 2-3/	LB. 24.83	0.06	0.221			
26	17 มิ.ย. 25	Gt. 7-1/	LB. 3.40	1.11	0.145	1.51	โคลน-ทราย-Silt	89
27		Gt. 7-2/	LB. 6.80	0.88	0.267			
28		Gt. 7-3/	LB. 10.20	0.85	0.270			
29	17 มิ.ย. 25	Gt. 6-1/	LB. 0.96	0.49	0.401	0.73	ทราย	95
30		Gt. 6-2/	LB. 1.92	0.44	0.360			
31		Gt. 6-3/	LB. 2.88	0.33	0.321			
32	17 มิ.ย. 25	Gt. 12.1/	LB. 3.17	0.57	0.313	1.86	ทรายหยาบ	130
33		Gt. 12-2/	LB. 4.94	0.57	0.238			
34		Gt. 12-3/	LB. 6.71	0.57	0.253			

จึงเสนอมาเพื่อโปรดดำเนินการ

(นายสวัชัย มัฆมาน)

ยอท.

ยอท.
เพื่อทราบและ

วศ.วน.
เพื่อทราบและ

16 ม.ค. 28

ผอท.

13 กันยายน 2528

ถึง ผู้อำนวยการกองวิจัยและทดลอง

วันที่ 11 ม.ค. 28

จาก [illegible] (ผู้ช่วยผู้อำนวยการ)

ตำแหน่ง

สังกัด

ตัวอย่าง 1 ตัว ( )

ตัวบรรจง

30

การเก็บตัวอย่างตะกอนท้องน้ำ

1.การเลือกสถานีสำหรับสำรวจตะกอนท้องน้ำ

สถานีที่มีการสำรวจปริมาณน้ำและสำรวจปริมาณตะกอนแขวนลอย

2.การเลือกแนวลูกตั้งสำหรับการเก็บตัวอย่างตะกอนท้องน้ำ

สำรวจโดยแบ่งความกว้างผิวน้ำออกเป็น 4 ส่วน สำรวจที่แนวลูกตั้ง 1/4, 1/2, 3/4 ของความกว้างผิวน้ำ

สำรวจตะกอนท้องน้ำ 3 แนว ๆ ละ 1 ถุง ๆ ละ 1 กิโลกรัม

วัดความลึกน้ำและความเร็วน้ำแต่ละแนวสำรวจ

กว้านเครื่องมือสำรวจตะกอนท้องน้ำให้กระแทกพื้นท้องน้ำ เพื่อให้งับตัวอย่างดิน นำตัวอย่างดินออกจากเครื่อง ใส่ถุงพลาสติก 2 ชั้น ติดฉลากบอกชื่อสถานี เบอร์ตัวอย่าง วันที่สำรวจ

3.ความถี่ของการสำรวจตะกอนท้องน้ำ

เดือนละ 1 ครั้ง ๆ ละ 3 ถุง

ตักตัวอย่างในช่วงระดับน้ำต่ำ ระดับน้ำกลาง และระดับน้ำสูง เพื่อให้ได้ข้อมูลครอบคลุมทุกช่วงระดับน้ำ จะได้เป็นตัวแทนที่ดี

4.การเขียนใบรายงานการเก็บตัวอย่างตะกอนท้องน้ำ

ให้เขียนรายงานในแบบอท.1-43 สำรวจวันเดียวกับการสำรวจตะกอนแขวนลอย ใส่ชื่อสถานี แม่น้ำ วันที่ทำการสำรวจ ระดับน้ำ เวลาเริ่มสำรวจ จุดเก็บจากศูนย์ซ้ายหรือขวา ลูกตั้งลึก ความเร็วน้ำ หมายเลขตัวอย่างถุงดิน ความกว้างผิวน้ำ ปริมาณน้ำ ลักษณะดิน

5.การส่งตัวอย่างดิน

ส่งตัวอย่างดินมาที่ งานทดลองดินด้านวิศวกรรม กองวิจัยและทดลอง กรมชลประทาน ปากเกร็ด นนทบุรี พร้อมสำเนาเรื่องส่งตัวอย่าง Bed Material มาทำการวิเคราะห์ จาก ผอท.ถึง ผจท. ใส่มาในลังดิน ส่วนตัวจริงส่งให้ ผอท. ลงนามและส่งไป ผจท. ต่อไป