

คุณสมบัติชลศาสตร์ลำน้ำ

การศึกษาการเคลื่อนที่ของตะกอน ในลำน้ำของประเทศไทยมีอยู่น้อยมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเคลื่อนที่ของตะกอนท้องน้ำ ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญที่สุดประการหนึ่งของการเปลี่ยนแปลงรูปร่างลำน้ำแม่น้ำตะกอนทราย และมีค่าแปรผันขึ้นอยู่กับลักษณะรูปร่าง และชนิดของวัสดุลำน้ำดังแสดงในตาราง 5-1 สำหรับแม่น้ำน่านตอนล่างระหว่าง กม. 478-379 ซึ่งเป็นพื้นที่ศึกษา เป็นแม่น้ำตะกอนทรายที่มีปัญหากัดเซาะตลิ่งและตกตะกอนเงินในร่องน้ำ เป็นผลให้กรมเจ้าท่าต้องสูญเสียงบประมาณขุดลอกร่องน้ำทุกปี หลังจากการปรับปรุงร่องน้ำเพื่อการเดินเรือ จากเหตุผลดังกล่าวจึงได้ทำการสำรวจเพื่อศึกษา คุณสมบัติชลศาสตร์ของลำน้ำน่านตอนล่างช่วง 4.7 กม. ระหว่าง กม. 443-438.3 เพื่อเป็นช่วงลำน้ำตัวอย่าง ในการสำรวจและศึกษาข้อมูลในรายละเอียด และจะได้นำผลไปศึกษาเปรียบเทียบกับผลสำรวจสภาพลำน้ำน่านตอนล่าง รวมความยาวทั้งหมดประมาณ 100 กม. และวิเคราะห์สภาพปัญหาการเดินเรือตลอดลำน้ำ

5.1 การสำรวจชลศาสตร์

การสำรวจชลศาสตร์เป็นการสำรวจวัดข้อมูลการเคลื่อนที่ของตะกอน ความเร็ว การไหลของน้ำ การเปลี่ยนแปลงรูปร่างลำน้ำ ระดับผิวน้ำรูปตัดการไหล และวัสดุท้องน้ำในร่องเดินเรือ การสำรวจได้เริ่มขึ้นครั้งแรกเมื่อ 28 มีนาคม 2535 เพื่อศึกษาสภาพของปัญหาเป็นแนวทางประกอบการศึกษา ควบคู่กับการศึกษาข้อมูลการดำเนินงานรักษาร่องน้ำของกรมเจ้าท่า หลังจากนั้นระหว่างวันที่ 2-3 พฤษภาคม 2535 ได้วิ่งเรือสำรวจสภาพการเปลี่ยนแปลงรูปร่างลำน้ำ และได้พิจารณาเลือกช่วงลำน้ำระหว่าง กม. 443-438.3 เป็นช่วงลำน้ำตัวอย่างเพื่อการตรวจวัดข้อมูลชลศาสตร์ ซึ่งเป็นช่วงลำน้ำที่คดเคี้ยวมีโค้งอยู่ทั้งสิ้น 8 โค้ง ในระยะประมาณ 5 กิโลเมตร รัศมีความโค้ง 300-1000 เมตร ความกว้างสูงสุด 115-160 เมตร และมีปัญหาการทับทลายของตลิ่ง และร่องน้ำเงินในในทุกปีการสำรวจชลศาสตร์ ระหว่างเดือนมิถุนายนถึงเดือนธันวาคม 2535 มีขั้นตอน และเวลาการสำรวจดังแสดงในตาราง 5-2 โดยมีรายละเอียดและผลการตรวจวัดแสดงในภาคผนวกคือ

ตาราง 5-1 ประเภทลำน้ำตะกอนทราย

Mode of sediment transport	M% ^a	Channel stability		
		Stable (graded stream)	Depositing (excess load)	Eroding (deficiency of load)
Suspended: load 85% to 100%	100	Width/depth ratio < 7 Sinuosity > 2.1 Gradient: relatively gentle	Major deposition on banks causes narrowing of channel Streambed deposition minor	Streambed erosion predominant Channel widening minor
Mixed load: suspended load 65% to 85%; bed load 15% to 35%	30	Width/depth ratio > 7 < 25 Sinuosity < 2.1 > 1.5 Gradient: moderate	Initial major deposition on banks followed by streambed deposition	Initial streambed erosion followed by channel widening
Bed load: 35% to 70%	0	Width/depth ratio > 25 Sinuosity < 1.5 > 1.0 Gradient: relatively steep	Streambed deposition and island formation	Little streambed erosion Channel widening predominant

^aAfter Anding, 1970.

^bPercent of silt-clay in channel perimeter.

^cRatio of channel length to valley length.

ที่มา : Petersen, M.S., "River Engineering", P.10, Pentice - Hall, U.S.A. 1989

ตาราง 5-2 สรุปการปฏิบัติงานระหว่างการสำรวจ

วันที่	จำนวนวัน	ตำแหน่งในแม่น้ำน่าน	การปฏิบัติงาน
2-3 พ.ค. 35	2	กม. 478-379	สำรวจสภาพลำน้ำ
2-3 มิ.ย. 35	2	กม. 479-379	สำรวจสภาพลำน้ำ
5-14 มิ.ย. 35	10	กม. 443-439.1	ก่อสร้างเสาหลักวัดระดับน้ำ
16-17 มิ.ย. 35	2	กม. 443-438.3	สำรวจกำหนดหน้าตัดเพื่อสำรวจ คุณสมบัติชลศาสตร์หน้าตัด
18 มิ.ย. 35	1	กม. 443-438.3	สำรวจหน้าตัดลำน้ำทุก ๆ ระยะ 30 เมตร
20 มิ.ย. 35	1	กม. 443, 442, 441	สำรวจชลศาสตร์หน้าตัด
22-23 มิ.ย. 35	2	กม. 478-379	สำรวจระดับท้องน้ำร่องเดินเรือ
4-7 มิ.ย. 35	4	กม. 443-438.3	สำรวจชลศาสตร์หน้าตัด
8-11 มิ.ย. 35	4	กม. 443-438.3	สำรวจทำแผนที่เส้นชั้นของลำน้ำ
16 มิ.ย. 35	1	กม. 443-438.3	สำรวจหน้าตัดร่องน้ำ
17-18 ส.ค. 35	2	กม. 478-379	สำรวจสภาพลำน้ำ
19 ก.ย. 35	1	กม. 443-438.3	สำรวจหน้าตัดร่องน้ำ
21-22 ก.ย. 35	2	กม. 478-379	สำรวจสภาพลำน้ำ
24-25 ก.ย. 35	2	กม. 439.1-438.3	สำรวจชลศาสตร์หน้าตัด
20-21 ต.ค. 35	2	กม. 478-379	สำรวจสภาพลำน้ำ
24 ต.ค. 35	1	กม. 443-438.3	สำรวจหน้าตัดร่องน้ำ
25-27 ต.ค. 35	3	กม. 443-438.3	สำรวจชลศาสตร์หน้าตัด
** 5 ธ.ค. 35	1	กม. 441	สำรวจชลศาสตร์หน้าตัด
** 6 ธ.ค. 35	1	กม. 478-379	สำรวจสภาพลำน้ำ
7-9 ธ.ค. 35	3	กม. 443-438.3	สำรวจชลศาสตร์หน้าตัด
10-11 ธ.ค. 35	2	กม. 478-379	สำรวจสภาพลำน้ำและเก็บ ตัวอย่างวัสดุท้องน้ำ
12-13 ธ.ค. 35	2	กม. 379-นันทบุรี	สำรวจสภาพลำน้ำของแม่น้ำ เจ้าพระยาและเดินทางกลับ

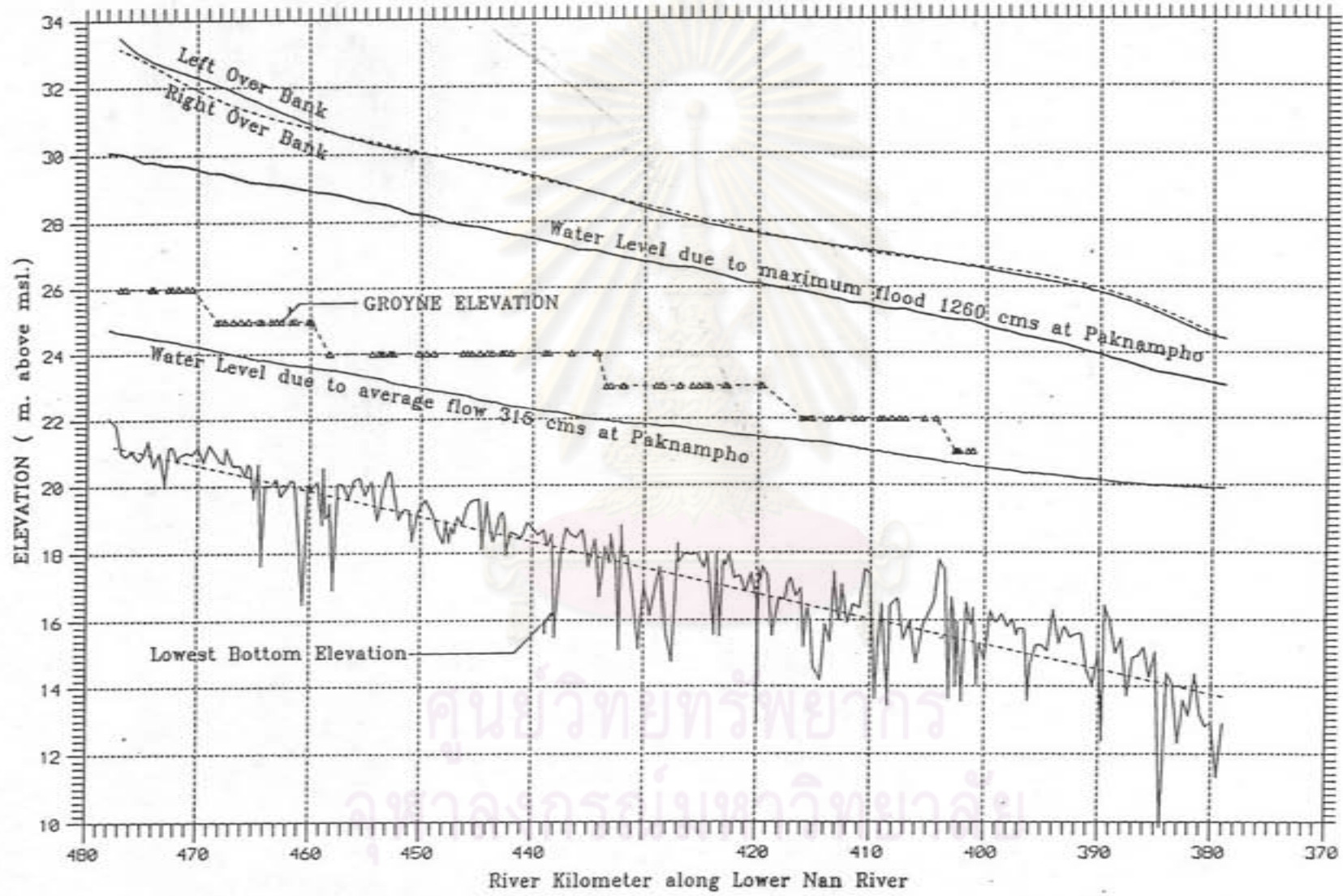
หมายเหตุ 5-6 ธ.ค. 35 อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจงานและนำคณะนิสิตปริญญาโท ภาควิชา
วิศวกรรมแหล่งน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มีงานสำรวจคุณสมบัติชลศาสตร์หน้าตัด และสภาพ
ลำน้ำร่วมกับนักศึกษา

- 1) ระดับผิวน้ำรูปตัดการไหล ในภาคผนวก ก.3
- 2) ความเร็วการไหลของน้ำ ในภาคผนวก ง.2
- 3) การเคลื่อนที่ของตะกอนมีรายละเอียด ในภาคผนวก ง.3 และ ง.4
- 4) การเปลี่ยนแปลงรูปร่างลำน้ำ ในภาคผนวก ฉ.
- 5) วัสดุท้องน้ำ ในภาคผนวก ก.2

5.2 ลักษณะลำน้ำ

แม่น้ำน่านตอนล่างจาก อ.ตะพานหิน จ.พิจิตร (กม.478) ถึงจุดบรรจบกับแม่น้ำปิงที่ปากน้ำโพ จ.นครสวรรค์(กม.379) มีความยาวตามแนวศูนย์กลางลำน้ำประมาณ 99.8 กิโลเมตร ความยาวทางตรงจากตะพานหินถึงจุดบรรจบที่ปากน้ำโพประมาณ 65.5 กิโลเมตร ความลาดชันท้องน้ำเฉลี่ยประมาณ 1:13,000 ความลาดชันขอบค้ำ (over bank) ฝั่งซ้ายและฝั่งขวาประมาณ 1:12,500 และ 1:13,00 ตามลำดับ ดังแสดงในรูป 5-1 จากลักษณะดังกล่าวลำน้ำน่านตอนล่างมีค่าความคดเคี้ยว (degree of meandering) 1.52 จัดเป็นลำน้ำตะกอนทรายที่ค่อนข้างคดเคี้ยว มีโค้งน้ำ 195 โค้ง รัศมีความโค้งตั้งแต่ 100-3,000 เมตร และมีลักษณะทางเรขาคณิตที่อัตราการไหลเฉลี่ย 214 และ 315 ม³/วินาที ที่ท่าเรือตะพานหินและขอบเขตท้ายน้ำที่ปากน้ำโพ ซึ่งได้จากค่าเฉลี่ยของอัตราการไหลเฉลี่ยรายวัน ของข้อมูลน้ำท่าที่ตรวจวัดโดยกรมชลประทานที่จุดบันทึกไว้ระหว่างปี พ.ศ.2529 ถึง 2535 เป็นอัตราการไหลหลังจากการดำเนินงานของเขื่อนนเรศวร ดังแสดงในตาราง ก.1-1 ซึ่งมีการไหลของอัตราการไหลเฉลี่ยอยู่ในร่องน้ำที่ปรับปรุง โดยการก่อสร้าง รอ บังคับร่องน้ำของกรมเจ้าท่า ซึ่งทำให้พฤติกรรมการณ์การไหลของน้ำในลำน้ำปัจจุบัน มีสภาพเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมตามธรรมชาติ มีอัตราส่วนความกว้างผิวน้ำต่อความลึกเฉลี่ยการไหลที่ อัตราการไหลเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 10.7-48.2 ค่าเฉลี่ย 22.0 ซึ่งนับได้ว่าเป็นแม่น้ำที่แคบและลึก

ลำน้ำระหว่างกม. 443-438.3 ที่ถูกเลือกเป็นสถานีตัวอย่างเพื่อการสำรวจวัดข้อมูลชลศาสตร์ มีลักษณะลำน้ำ ดังแสดงในตาราง 5-3 มีค่าเฉลี่ยอัตราส่วนความกว้างต่อความลึก 24.2 ลักษณะโค้งน้ำช่วง กม.441.5-439.5 มีอัตราส่วนรัศมีความโค้งต่อความกว้างผิวน้ำที่อัตราการไหลเฉลี่ย 3.06-3.77 ซึ่งเป็นลักษณะของ "force bend" ตามวิธีการของ Richardson et al.(1975) จัดเป็นโค้งน้ำที่มีความลึกเพิ่มขึ้นอย่าง



รูป 5-1 ลักษณะลำน้ำน่านตอนล่าง

ตาราง 5-3 ลักษณะทางเรขาคณิตลำน้ำผ่านตอนล่าง กม.443-438.3

Sta. (R.km.)	D (m.)	T (m.)	R (m.)	R/T	T/D	R/D	WSL. (msl.)	G.elev. (msl.)
438.3	3.65	85.0	-	-	23.3	-	22.21	-
438.7	4.04	79.1	600	7.6	19.6	148.3	22.23	24
439.0	3.55	89.1	-	-	25.1	-	22.24	24
439.5	3.76	87.5	330	3.8	23.3	87.9	22.27	-
440.0	3.55	98.2	300	3.1	27.7	84.6	22.30	-
440.5	3.43	90.0	340	3.8	26.3	99.2	22.33	-
441.0	3.91	100.4	-	-	25.7	-	22.36	-
441.5	3.82	96.3	430	4.5	25.2	112.5	22.38	-
442.0	3.78	80.5	-	-	21.3	-	22.40	24
442.4	4.48	74.3	1000	13.5	16.6	223.0	22.43	24
442.5	3.54	91.8	-	-	26.0	-	22.43	-
442.7	3.24	89.7	-	-	27.7	-	22.44	24
443.0	3.35	90.5	600	6.6	27.0	179.1	22.48	24
MIN.	3.24	74.34	300	0.00	16.58	0.00	22.21	24
MEAN	3.70	88.65	514	3.29	24.20	71.89	22.35	24
MAX.	4.48	100.40	1000	13.45	27.69	223.03	22.48	24
STD.	0.31	7.23	229	3.92	3.20	75.45		

หมายเหตุ D = ความลึกเฉลี่ย
 T = ความกว้างฝิวน้ำ
 R = รัศมีความโค้ง
 WSL = ระดับฝิวน้ำ
 G.elev = ระดับความสูงหลังร่อ

ค่า D และ T ได้จากรูปตัดการไหลที่อัตราการไหล 214 และ 315 ม.³/วินาที ที่สะพานหินและปากน้ำโพ

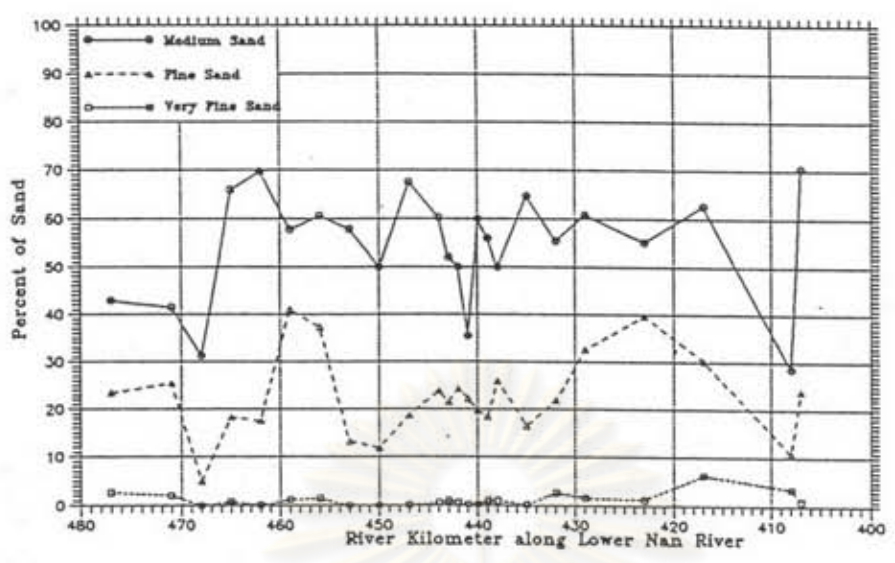
ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รวกเร็วจากต้นโค้งน้ำ และมีความลึกสูงสุดบริเวณยอดโค้งและจะมีความลึกค่อย ๆ ลดลงไปตามระยะทางท้ายน้ำ ลักษณะโค้งดังกล่าวจะมีการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำสูงกว่าการเปลี่ยนแปลงทางด้านข้าง ซึ่งเป็นลักษณะที่พบได้เป็นจำนวนมากในแม่น้ำน่าน ดังแสดงในตาราง ก.1-1 นอกนั้นจะมีลักษณะเป็น free bend ซึ่งเป็นโค้งน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงทางด้านข้างเป็นหลัก

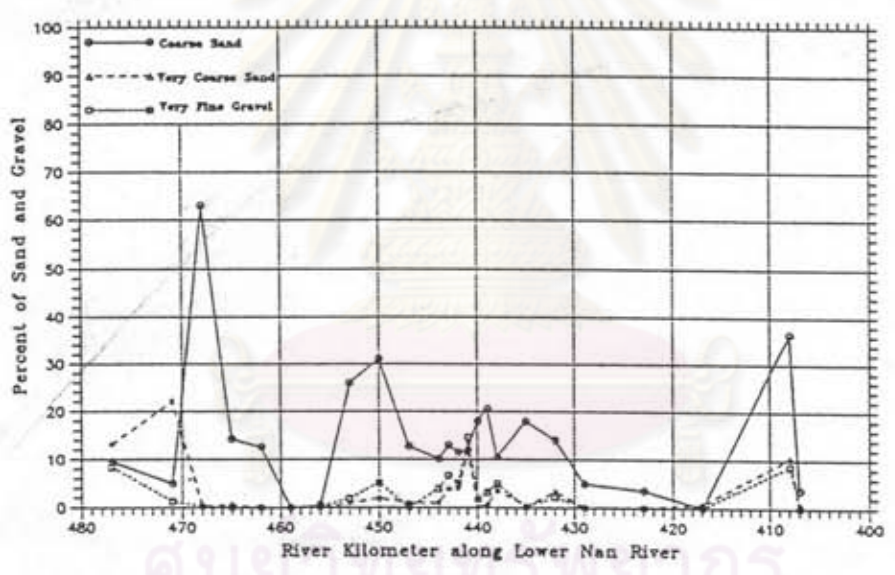
5.3 วัสดุท้องน้ำและสัมประสิทธิ์ Manning's n

การสำรวจวัสดุท้องน้ำได้กระทำขึ้น เพื่อศึกษาการกระจายของขนาดเม็ดวัสดุท้องน้ำโดยใช้ค่ามีชยฐานของขนาดเม็ดวัสดุ, d_{50} และเปอร์เซ็นต์แปรผันของชนิดวัสดุท้องน้ำตามลำน้ำน่านตอนล่าง เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานประกอบการพิจารณาความเหมาะสมของการเลือกวิธีการคำนวณการเคลื่อนที่ของตะกอนท้องน้ำ และเป็นข้อมูลนำเข้าของแบบจำลอง HEC-6 เพื่อการคำนวณจำลองเหตุการณ์เปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ โดยได้ทำการสำรวจในวันที่ 10 ธ.ค. 2535 มีรายละเอียดและผลการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ก.2 ผลการสำรวจและวิเคราะห์แยกประเภทของวัสดุท้องน้ำ มีเปอร์เซ็นต์ส่วนใหญ่เป็นทรายละเอียดถึงทรายหยาบ และมีเปอร์เซ็นต์ส่วนใหญ่เป็นทรายขนาดกลาง (medium sand) อยู่ระหว่าง 28.7 ถึง 70.5 % และมีความโดยเฉลี่ย 54.5 % มีเปอร์เซ็นต์แปรผันดังแสดงในรูป 5-2 และ 5-3 และค่ามีชยฐานของขนาดเม็ดวัสดุท้องน้ำเป็นทรายกลางมีค่าแปรผันอยู่ระหว่าง 0.20-0.48 มม. ดังแสดงในรูป 5-4

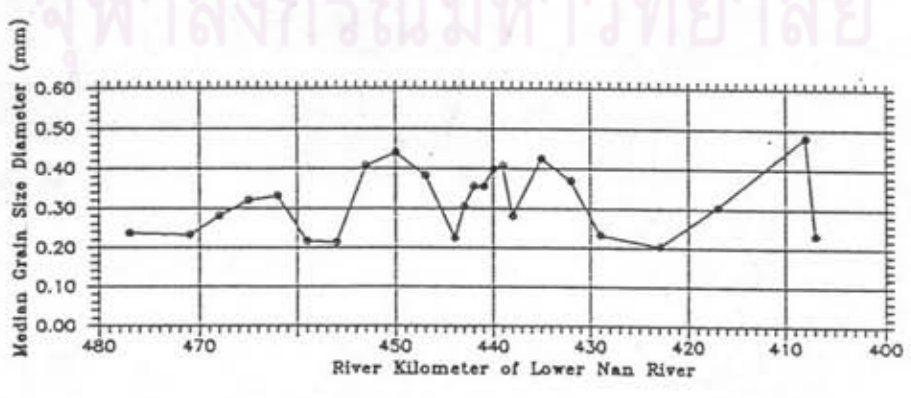
การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์ Manning's n เพื่อหาค่าที่เหมาะสมสำหรับการคำนวณระดับผิวน้ำรูปตัดการไหล (flow profile) โดยวิธีขั้นตอนมาตรฐานในการวิเคราะห์ของแบบจำลอง HEC-6 ซึ่งใช้สมการของ "Manning" ในการคำนวณความลาดพลังงานการไหล (energy grade line, S_f) มีผลการสำรวจ และวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ก.3 ผลการวิเคราะห์ค่า n ของช่วงลำน้ำระหว่าง กม. 443-435.3 มีค่า Manning's n อยู่ระหว่าง 0.018-0.0325 ซึ่งทำให้ระดับผิวน้ำจากการคำนวณโดย HEC-6 และระดับผิวน้ำจากการสำรวจมีค่าใกล้เคียงกันมาก ดังแสดงในตาราง 5-4 สำหรับค่าที่คำนวณได้ของเดือนตุลาคม จะมีค่า n อยู่ระหว่าง 0.018 ถึง 0.020 ซึ่งเป็นระยะเวลาที่มีการระบายน้ำออกจากท้องน้ำเพื่อเกี่ยวข้าว ทำให้มีการไหลซึมเข้าด้านข้าง (Lateral inflow) จากคลองสาขาสูง ทำให้เกิดเกิดน้ำเอ่อแต่ไม่สามารถ



รูป 5-2 เปอร์เซ็นต์ของทรายท้องน้ำน่านตอนล่าง



รูป 5-3 เปอร์เซ็นต์ของทรายและกรวดท้องน้ำน่านตอนล่าง



รูป 5-4 ขนาดมัธมฐานของวัสดุท้องน้ำน่านตอนล่าง

ตาราง 5-4 ค่าสัมประสิทธิ์ Manning's ของแม่น้ำน่านตอนล่างช่วงระหว่าง กม. 443.0-438.3

Date	Q m ³ /sec	Cross Section at Station (km)						Manning's n
		443	442	441	440	439.1	438.3	
4 Aug 92	354.73	23.90 (23.93)	23.85 (23.85)	23.78 (23.78)	23.69 (23.69)	23.64 (23.63)	23.56	0.0285
5 Aug 92	389.41	24.12 (24.15)	24.08 (24.07)	24.01 (24.99)	23.90 (23.90)	23.84 (23.84)	23.77	0.0280
6 Aug 92	364.97	24.00 (24.02)	23.96 (23.95)	23.89 (23.88)	23.80 (23.80)	23.75 (23.74)	23.68	0.0280
6 Aug 92	355.79	23.93 (23.99)	23.91 (23.92)	23.84 (23.85)	23.77 (23.77)	23.72 (23.71)	23.65	0.0280
7 Aug 92	354.94	23.94 (23.99)	23.92 (23.92)	23.85 (23.86)	23.78 (23.78)	23.73 (23.72)	23.66	0.0280
7 Aug 92	357.09	24.00 (24.04)	23.98 (23.97)	23.90 (23.90)	23.84 (23.82)	23.78 (23.77)	23.71	0.0280
25 Sep 92	474.76	25.14 (25.17)	25.08 (25.09)	25.02 (25.02)	24.94 (24.92)	24.86 (24.84)	24.78	0.0310
24 Sep 92	441.68	24.77 (24.79)	24.72 (24.72)	24.67 (24.66)	24.58 (24.58)	24.53 (24.52)	24.48	0.0270
25 Oct 92	147.01	23.43 (23.44)	23.43 (23.43)	23.42 (23.42)	23.41 (23.41)	23.41 (23.41)	23.40	0.0200
26 Oct 92	187.20	23.52 (23.52)	23.51 (23.51)	23.49 (23.50)	23.48 (23.48)	23.47 (23.47)	23.46	0.0200
26 Oct 92	188.80	23.52 (23.52)	23.51 (23.51)	23.49 (23.49)	23.48 (23.48)	23.47 (23.47)	23.46	0.0190
27 Oct 92	184.61	23.50 (23.50)	23.49 (23.49)	23.48 (23.48)	23.47 (23.47)	23.46 (23.46)	23.45	0.0180
27 Oct 92	188.36	23.50 (23.50)	23.49 (23.49)	23.48 (23.48)	23.47 (23.47)	23.46 (23.46)	23.45	0.0180
7 Dec 92	368.18	24.23 (24.32)	24.20 (24.23)	24.16 (24.13)	24.04 (24.02)	23.98 (23.95)	23.89	0.0300
8 Dec 92	332.07	24.19 (24.25)	24.16 (24.16)	24.10 (24.07)	23.99 (23.96)	23.92 (23.90)	23.84	0.0320
5 Dec 92	315.41	23.93 (23.98)	23.91 (23.91)	23.84 (23.83)	23.77 (23.75)	23.72 (23.70)	23.65	0.0280
8 Dec 92	330.59	24.17 (24.21)	24.13 (24.13)	24.06 (24.04)	23.95 (23.94)	23.89 (23.88)	23.82	0.0310
9 Dec 92	304.37	23.91 (23.95)	23.85 (23.86)	23.77 (23.76)	23.66 (23.65)	23.59 (23.58)	23.51	0.0325
9 Dec 92	307.22	23.92 (23.95)	23.86 (23.86)	23.78 (23.77)	23.67 (23.65)	23.60 (23.58)	23.52	0.0320

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในวงเล็บคือค่าระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณ

ตาราง 5-7 ระดับท้องน้ำและความลึกจากระดับน้ำลงต่ำสุด

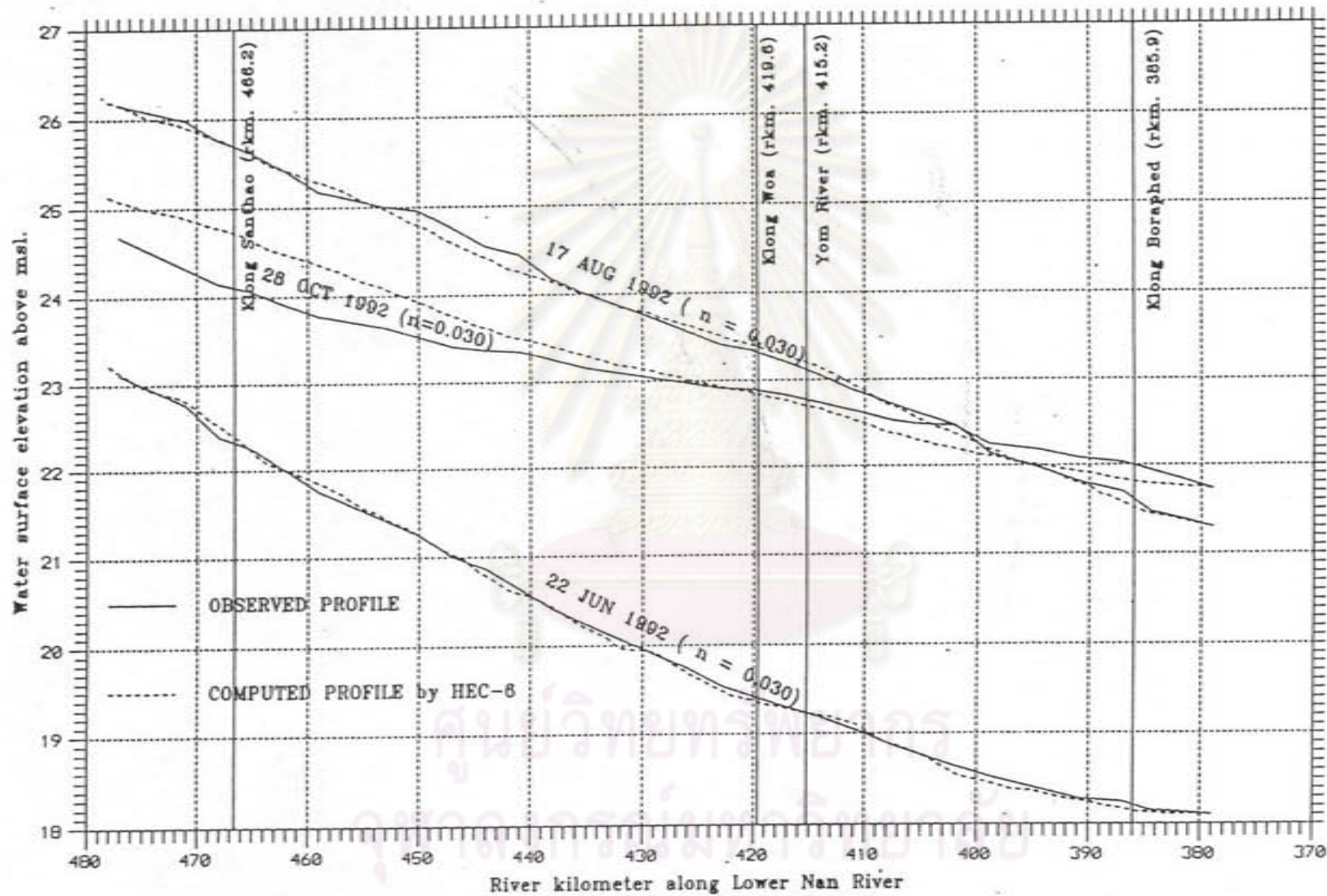
ระยะทาง ตามลำน้ำ (กม.)	ระดับน้ำลง ต่ำสุด (ม.รทก.)	16 สค. 2535		19 กธ. 2535			24 ตค. 2535		
		ระดับท้องน้ำ (ม.รทก.)	ความลึก ม.	ระดับท้องน้ำ (ม.รทก.)	ความลึก ม.	ระดับท้องน้ำ เปลี่ยนแปลง	ระดับท้องน้ำ (ม.รทก.)	ความลึก ม.	ระดับท้องน้ำ เปลี่ยนแปลง
443.00	20.87	18.51	2.36	18.07	2.80	-0.44	18.12	2.75	0.05
442.80	20.85	18.90	1.95	18.79	2.06	-0.11	18.49	2.36	-0.3
442.60	20.81	19.11	1.70	19.05	1.76	-0.06	18.79	2.02	-0.26
442.40	20.80	19.14	1.66	19.05	1.75	-0.09	18.27	2.53	-0.78
442.20	20.78	18.03	2.75	18.09	2.69	0.06	18.00	2.78	-0.09
442.00	20.76	18.83	1.93	18.05	2.71	-0.78	18.71	2.05	0.66
441.80	20.74	19.24	1.50	19.08	1.66	-0.16	18.71	2.03	-0.37
441.60	20.72	19.15	1.57	18.80	1.92	-0.35	18.70	2.02	-0.1
441.40	20.69	19.15	1.54	18.79	1.90	-0.36	18.05	2.64	-0.74
441.20	20.67	19.17	1.50	18.69	1.98	-0.48	18.62	2.05	-0.07
441.00	20.65	18.66	1.99	17.76	2.89	-0.9	17.98	2.67	0.22
440.80	20.62	17.32	3.30	17.06	3.56	-0.26	17.69	2.93	0.63
440.60	20.60	18.85	1.75	17.97	2.63	-0.88	18.78	1.82	0.81
440.40	20.58	18.77	1.81	18.43	2.15	-0.34	18.53	2.05	0.1
440.20	20.56	18.69	1.87	18.43	2.13	-0.26	18.53	2.03	0.1
440.00	20.53	18.77	1.76	18.58	1.95	-0.19	18.68	1.85	0.1
439.80	20.50	18.64	1.86	18.29	2.21	-0.35	18.44	2.06	0.15
439.60	20.47	18.28	2.19	18.40	2.07	0.12	18.44	2.03	0.04
439.40	20.44	18.39	2.05	17.46	2.98	-0.93	17.12	3.32	-0.34
439.20	20.42	18.84	1.58	18.47	1.95	-0.37	18.53	1.89	0.06
439.00	20.42	18.03	2.39	17.83	2.59	-0.2	18.09	2.33	0.26
438.80	20.40	18.84	1.56	18.07	2.33	-0.77	18.41	1.99	0.34
438.60	20.38	19.12	1.26	18.77	1.61	-0.35	18.41	1.97	-0.36

- หมายเหตุ : - ระดับท้องน้ำเปลี่ยนแปลงค่าบวก(+) หมายถึงตกตะกอนมีหน่วยเป็นเมตร
 - ระดับท้องน้ำเปลี่ยนแปลงค่าลบ(-) หมายถึงกัดเซาะมีหน่วยเป็นเมตร
 - ระดับน้ำลงต่ำสุดหมายถึงระดับน้ำลงต่ำสุดคาดหวังของกรมเจ้าท่า

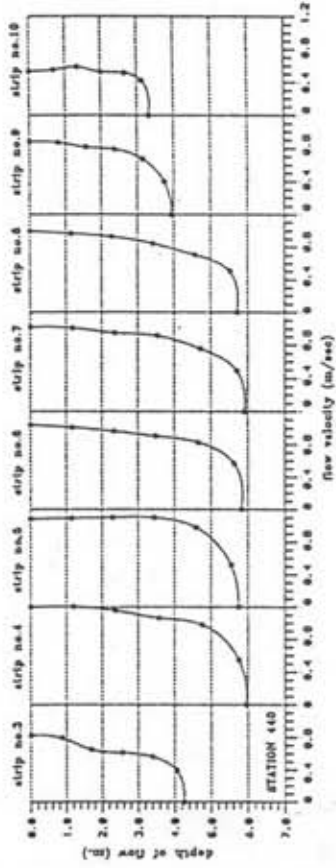
หาค่าอัตราการไหลเข้าด้านข้างของคลองสาขาทั้งหมดได้ ผลการวิเคราะห์ค่า n จึงมีค่าค่อนข้างต่ำ ผลการวิเคราะห์ค่า n สำหรับช่วงลำนน้ำระหว่างสะพานหินถึง นครสวรรค์โดย กำหนดค่า $n = 0.030$ ได้ระดับน้ำจากการคำนวณใกล้เคียงกันมากกับ ผลการสำรวจในวันที่ 22 มิ.ย. และ 17 ส.ค. 2535 และมีผลแตกต่างกันอยู่บ้างสำหรับการคำนวณและการสำรวจในวันที่ 28 ตุลาคม 2535 เนื่องจากมีอัตราการไหลเข้าด้านข้าง จากการระบายออกจากท้องนาสู่คลองสาขา ซึ่งมีอยู่เป็นจำนวนมากแต่ไม่สามารถ หาค่าอัตราการไหลเข้าด้านข้างของคลองสาขาได้ เป็นผลให้การคำนวณมีความแตกต่างกันอยู่บ้าง จากผลการวิเคราะห์และเหตุผลดังกล่าว ค่า ส.ป.ส. Manning's n สำหรับน้ำเข้าแบบจำลอง HEC-6 เพื่อการจำลองสภาพการเคลื่อนที่ของตะกอนในแม่น้ำ น่านตอนล่างใช้ค่า $n = 0.030$

5.4 ความเร็วการไหล

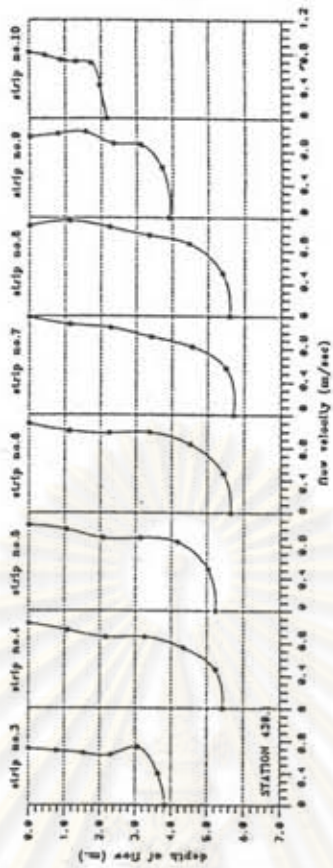
การสำรวจความเร็วการไหลในลำน้ำ ได้ทำการสำรวจความเร็วเฉพาะจุด 3 จุด เพื่อหาความเร็วเฉลี่ยของแต่ละแถบหน้าตัดย่อย โดยวิธีเฉลี่ย 3 จุด มีรายละเอียด ดังแสดงในภาคผนวก ง.2 การสำรวจระหว่างวันที่ 4-7 สิงหาคม เป็นช่วงที่มีอัตราการ ไหล 355-390 $m^3/วินาที$ ซึ่งสูงกว่าอัตราการไหลเฉลี่ยของแม่น้ำน่านในหน้าตัดดังกล่าว ที่มีค่าประมาณ 228 $m^3/วินาที$ อยู่ประมาณ 60% และได้สำรวจความเร็วเฉพาะจุดที่ ระดับความลึกต่าง ๆ 6 ค่าคือ ที่ผิวหน้า 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 ของความลึก และที่ ระดับ 0.2 เมตรเหนือผิวท้องน้ำ เพื่อหาการกระจายความเร็วตามความลึก โดยมีสมมุติฐานว่าความเร็วที่ผิวท้องน้ำมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ และมีการกระจายความเร็วตามความลึก ในแต่ละแถบหน้าตัดย่อยดังแสดงในรูป 5-6 ที่หน้าตัด กม.442 และ 441 มีผังขวาเป็น ผังนอกของโค้งน้ำที่เกิดกระแสน้ำวน เนื่องจากแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางของการไหลในโค้งน้ำ ทำให้เกิดเกลียวการไหล (helical flow) เป็นกระแสน้ำวนที่บริเวณแถบหน้าตัด ย่อยที่ 6 และ 7 ของหน้าตัด กม.442 และ 441 ตามลำดับ การแปรผันของความเร็ว เฉพาะจุดแปรผันลดลงมากกว่าในแถบหน้าตัดอื่น ๆ ที่อยู่ข้างเคียง ที่ระดับลึกกว่า 0.6 ของความลึกจากผิวหน้า เนื่องจากการไหลในโค้งน้ำจะเกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง เกิดเกลียว การไหล ที่ทำให้เกิดการไหลแบบ 2 แกน คือไหลตามแนวลำน้ำ และไหลจากฝั่งนอก โค้งเข้าสู่ฝั่งในโค้ง ซึ่งจะทำให้ความเร็วตามแนวลำน้ำลดลง



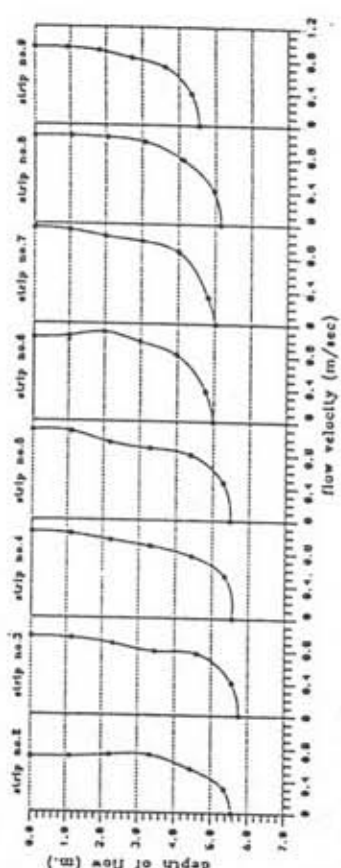
รูป 5-5 รูปตัดการไหลในแม่น้ำน่านตอนล่างจากการสำรวจและคำนวณโดย HEC-6 เมื่อกำหนด $n = 0.030$



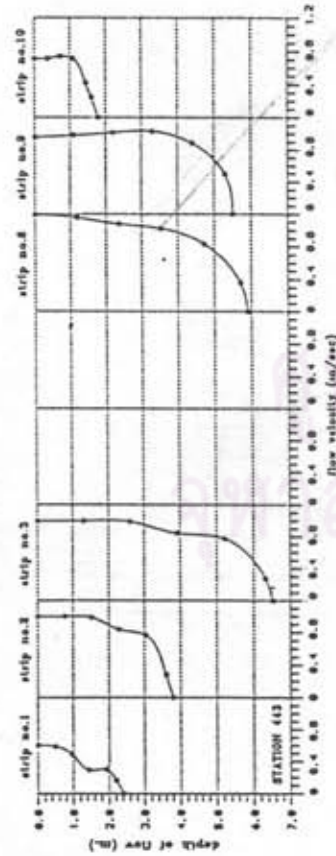
หน้าตัดกม. 440 ตรวจวัด 6 ส.ค. 2535



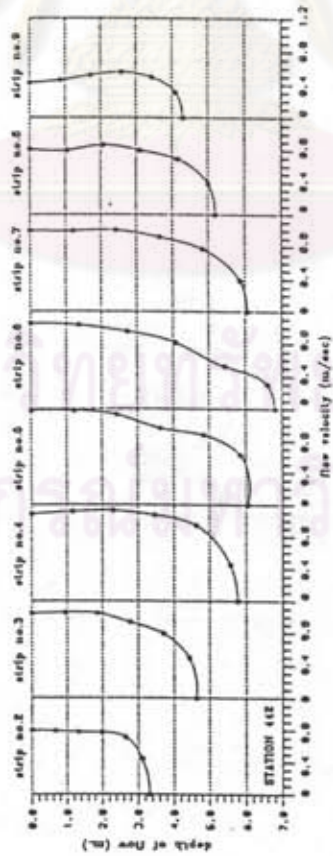
หน้าตัดกม. 439.1 ตรวจวัด 7 ส.ค. 2535



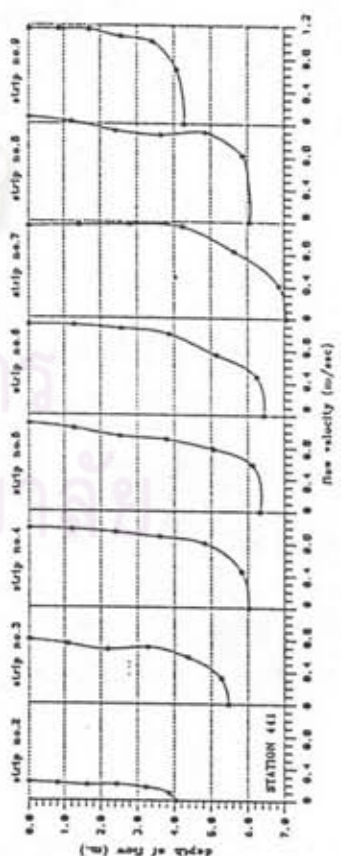
หน้าตัดกม. 438.3 ตรวจวัด 7 ส.ค. 2535



หน้าตัดกม. 443 ตรวจวัด 4 ส.ค. 2535



หน้าตัดกม. 442 ตรวจวัด 5 ส.ค. 2535



หน้าตัดกม. 441 ตรวจวัด 6 ส.ค. 2535

เนื่องจากการไหลในบริเวณโค้งน้ำ จะมีการแปรผันของความเร็วเฉพาะจุดตามความลึกสูง อาจทำให้การประมาณค่าความเร็วเฉลี่ยโดยวิธีการวัดที่น้อยจุดเกินไปผิดพลาดได้ จึงได้วิเคราะห์เปรียบเทียบหาวิธีการวิเคราะห์ที่ให้ความถูกต้องยอมรับได้ และเหมาะสมกับการปฏิบัติงานภาคสนาม ผลการวิเคราะห์ความเร็วเฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณแบบ 3 จุด 5 จุด และ 6 จุด ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังรายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง.2 จึงใช้วิธีการวัดความเร็วแบบ 3 จุด สำหรับการสำรวจความเร็วการไหลของน้ำในลำน้ำน่านตอนล่าง

5.5 รูปตัดการไหล

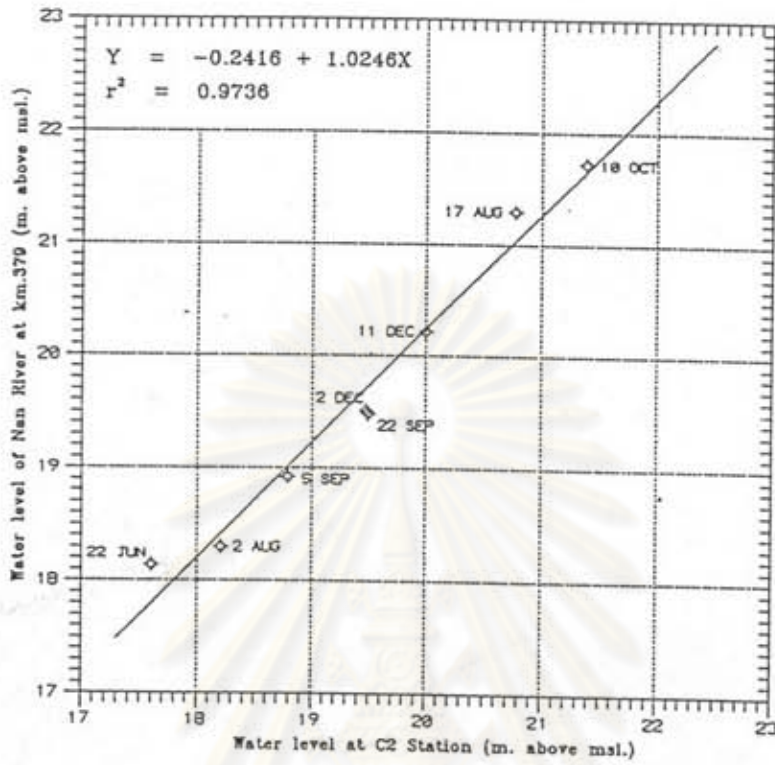
การคำนวณรูปตัดการไหล (flow profile) ในลำน้ำน่านตอนล่าง เพื่อหาระดับผิวน้ำการไหลในลำน้ำที่มีความลึกการไหลเหมาะสมสำหรับการเดินเรือ กรมเจ้าท่าได้ก่อสร้างปรับปรุงร่องน้ำเพื่อการเดินเรือ โดยการศึกษารูปแบบของบริษัทวิศวกรที่ปรึกษา ได้กำหนดให้มีความลึกต่ำสุดสำหรับการเดินเรือ 1.7 เมตร ที่อัตราการไหล 70 ม³/วินาที ณ ท่าเรือตะพานหิน ซึ่งคาดหวังว่าจะเป็นอัตราการไหลต่ำสุดในลำน้ำน่านตอนล่าง หลังการก่อสร้างแล้วเสร็จในปี 2531 ยังคงประสบปัญหาความลึกการไหลในหลายจุดต่ำกว่า 1.7 เมตร ในฤดูแล้งซึ่งไม่เพียงพอต่อการเดินเรือ นับตั้งแต่ปี พ.ศ.2533 กรมเจ้าท่าต้องบำรุงรักษาร่องน้ำให้มีความลึกเพียงพอต่อการเดินเรือ ด้วยวิธีการขุดลอกโดยพยายามขุดรักษาร่องน้ำให้มีความลึก 2.2 เมตร หลังการขุดลอกในปีถัดไปยังคงประสบปัญหาการขึ้นเงินในฤดูแล้งต้องขุดลอกทุกปี และยังคงเป็นปัญหาอยู่ว่าปัญหาการขึ้นเงินมีสาเหตุหลักจากอัตราการไหลไม่เพียงพอ และ/หรือ ปัญหาการตกตะกอนในลำน้ำ ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการวิเคราะห์รูปตัดการไหล เพื่อหาระดับผิวน้ำที่อัตราการไหลต่าง ๆ และการวิเคราะห์ปัญหาการตกตะกอนขึ้นเงินจะกล่าวถึงในบทที่ 6

การวิเคราะห์รูปตัดการไหลในลำน้ำ ได้ใช้ข้อมูลหน้าตัดลำน้ำที่ออกแบบปรับปรุงเมื่อปี 2531 และการวิเคราะห์ระดับผิวน้ำรูปตัดการไหลที่อัตราการไหล 70, 80 และ 90 ม³/วินาที โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ Manning's n 0.03 ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ในหัวข้อ 5.3 และมีรายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.2 สำหรับระดับน้ำที่อัตราการไหลต่าง ๆ ที่ปากน้ำโพ ขอบเขตท้ายน้ำนั้นยังไม่เคยมีการสำรวจและจัดบันทึก คงมีแต่การจัดบันทึกที่สถานี C2 ของแม่น้ำเจ้าพระยาซึ่งอยู่ที่ กม.373.5 ใต้จุดขอบเขตท้ายน้ำของ

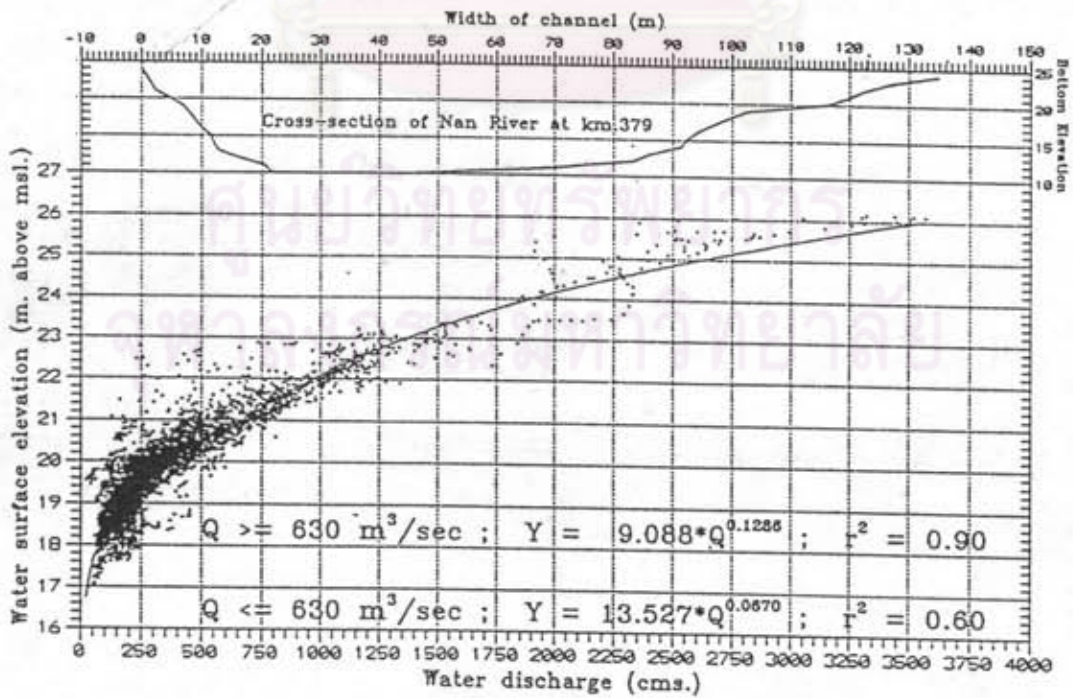
แม่น้ำน่านตอนล่าง (กม.379) ประมาณ 5.5 กิโลเมตร ได้มีการสำรวจและจัดบันทึก ระดับน้ำ และอัตราการไหลไว้ตั้งแต่ปี 2504 ถึงปัจจุบัน ซึ่งนำมาวิเคราะห์แปลงเป็น ระดับน้ำที่ขอบเขตท้ายน้ำของแม่น้ำน่านตอนล่าง โดยได้สำรวจเปรียบเทียบกับระดับน้ำที่ กม.379 ไว้ 8 ครั้ง และได้วิเคราะห์เปรียบเทียบระดับน้ำที่ กม.379 และสถานี C2 โดยมีสมมุติฐานว่ามีความสัมพันธ์เชิงเส้นต่อกัน การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้น สัมประสิทธิ์ $r^2 = 0.97$ ซึ่งถือว่ามีความสัมพันธ์ที่ดีต่อกัน และได้สมการความสัมพันธ์ ของระดับน้ำที่ กม.379 และ กม.373.5 ดังแสดงในรูป 5-7 ซึ่งได้แปลงค่าระดับ น้ำและอัตราการไหลที่สถานี C2 (กม.379) มาเป็นระดับน้ำและอัตราการไหลที่ กม.379 โดยให้ค่าอัตราการไหลที่ กม.379 มีค่าเท่ากับผลต่างของอัตราการไหลที่สถานี C2 และ สถานี P17 ของแม่น้ำปิงซึ่งอยู่เหนือปากน้ำโพประมาณ 40 กม. และมีผลการวิเคราะห์ ความสัมพันธ์ของระดับน้ำและอัตราการไหลที่ กม.379 ของแม่น้ำน่าน ดังแสดงในรูป 5-8 ซึ่งมีความสัมพันธ์แบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือที่อัตราการไหลต่ำกว่า $630 \text{ m}^3/\text{วินาที}$ เป็น จุดเปลี่ยนแปลงความสัมพันธ์ ซึ่งเป็นอัตราการไหลที่มีระดับผิวน้ำประมาณ $+20.83 \text{ ม.รทก.}$ เป็นระดับที่ความกว้างลำน้ำเริ่มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังแสดงในรูปหน้าตัด ลำน้ำที่ กม.379 ในรูป 5-8

ผลการคำนวณระดับผิวน้ำที่อัตราการไหล 70 และ $80 \text{ m}^3/\text{วินาที}$ โดย HEC-6 มีค่าระดับผิวน้ำจากการคำนวณ ต่ำกว่าระดับน้ำลงต่ำสุดที่อัตราการไหล $70 \text{ m}^3/\text{วินาที}$ ซึ่งคาดหวังโดยกรมเจ้าท่า โดยเฉลี่ยประมาณ 0.33 และ 0.18 เมตร ตามลำดับ ดังแสดงในรูป 5-9 และ 5-10

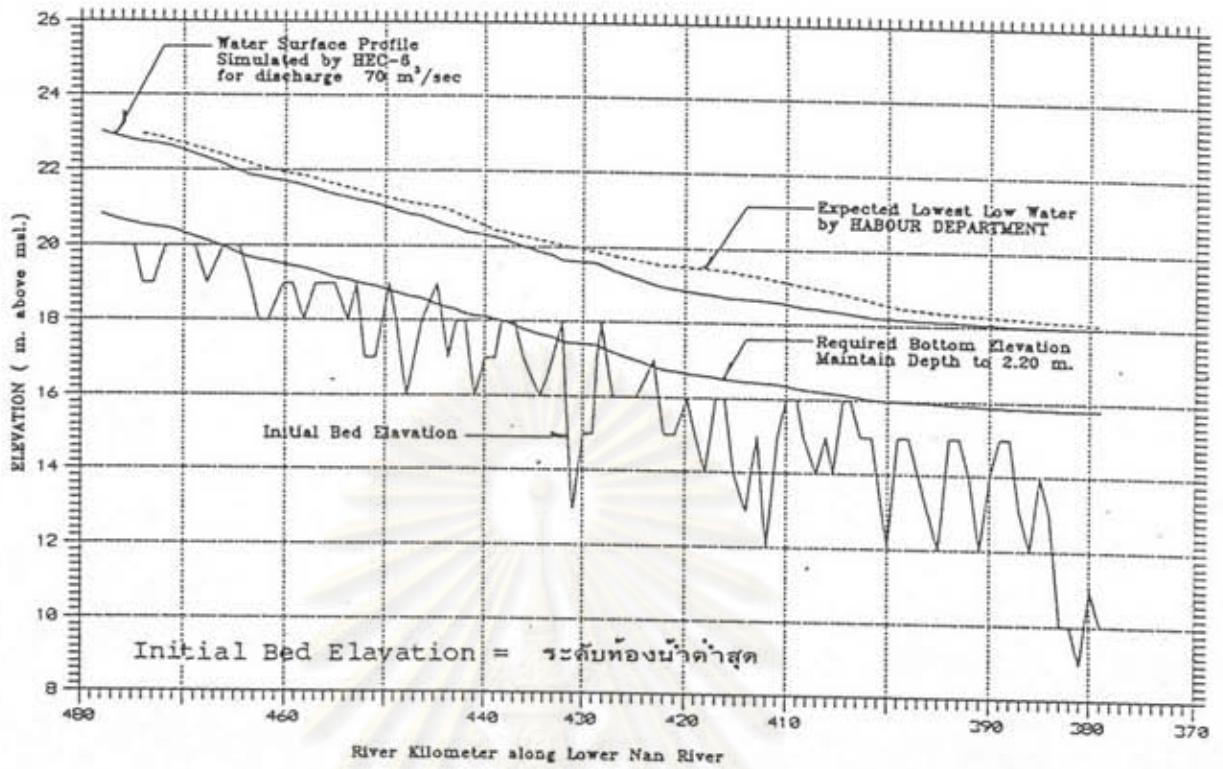
ผลการสำรวจระดับน้ำในวันที่ 22 มิถุนายน 2535 ดังแสดงในตาราง ก.3-3 ที่มีอัตราการไหลในลำน้ำ $90 \text{ m}^3/\text{วินาที}$ ที่สถานีวัดน้ำ NIOA ของกรมชลประทานที่ ตะพานหิน (กม. 474.5) มีระดับผิวน้ำใกล้เคียงกับระดับน้ำลงต่ำสุด ที่กำหนดโดยกรม เจ้าท่าดังแสดงในรูป 5-11 การคำนวณระดับผิวน้ำที่ $90 \text{ m}^3/\text{วินาที}$ โดย HEC-6 และ ใช้ค่าระดับน้ำขอบเขตท้ายน้ำจากความสัมพันธ์ในรูป 5-8 ได้ระดับผิวน้ำใกล้เคียงกับ ค่าจากการสำรวจในวันที่ 22 มิถุนายน 2535 และค่าระดับน้ำลงต่ำสุด โดยมีความลึก สูงสุดประมาณ 2.2 เมตรในร่องเดินเรือ อัตราส่วนความลึกเฉลี่ยและความลึกสูงสุดใน ร่องเดินเรือที่อัตราการไหล $70 \text{ m}^3/\text{วินาที}$ ดังแสดงในตาราง ก.1-3 มีค่าอัตราส่วน ประมาณ 0.75 โดยเฉลี่ย หากกำหนดใช้อัตราส่วนสำหรับอัตราการไหล $90 \text{ m}^3/\text{วินาที}$



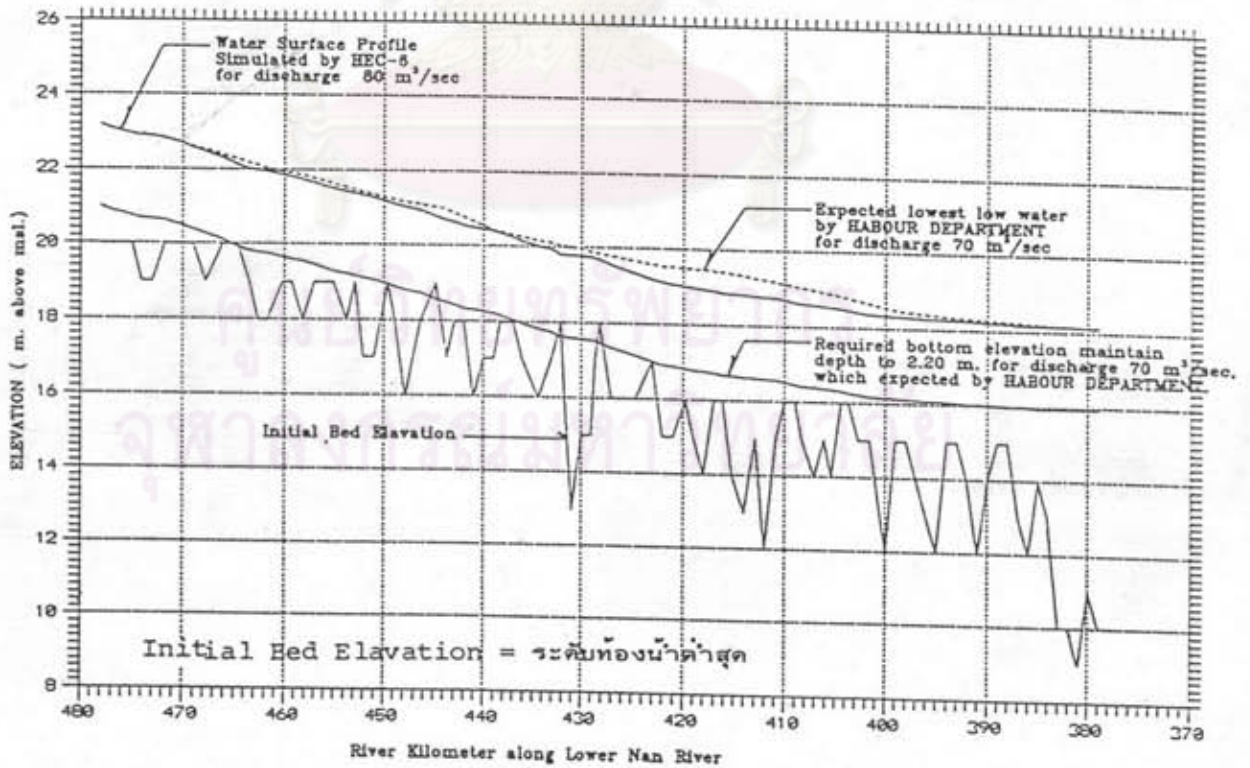
รูป 5-7 ความสัมพันธ์ของระดับน้ำ แม่น้ำเจ้าพระยาที่สถานี C2 และแม่น้ำน่านที่ปากน้ำโพ



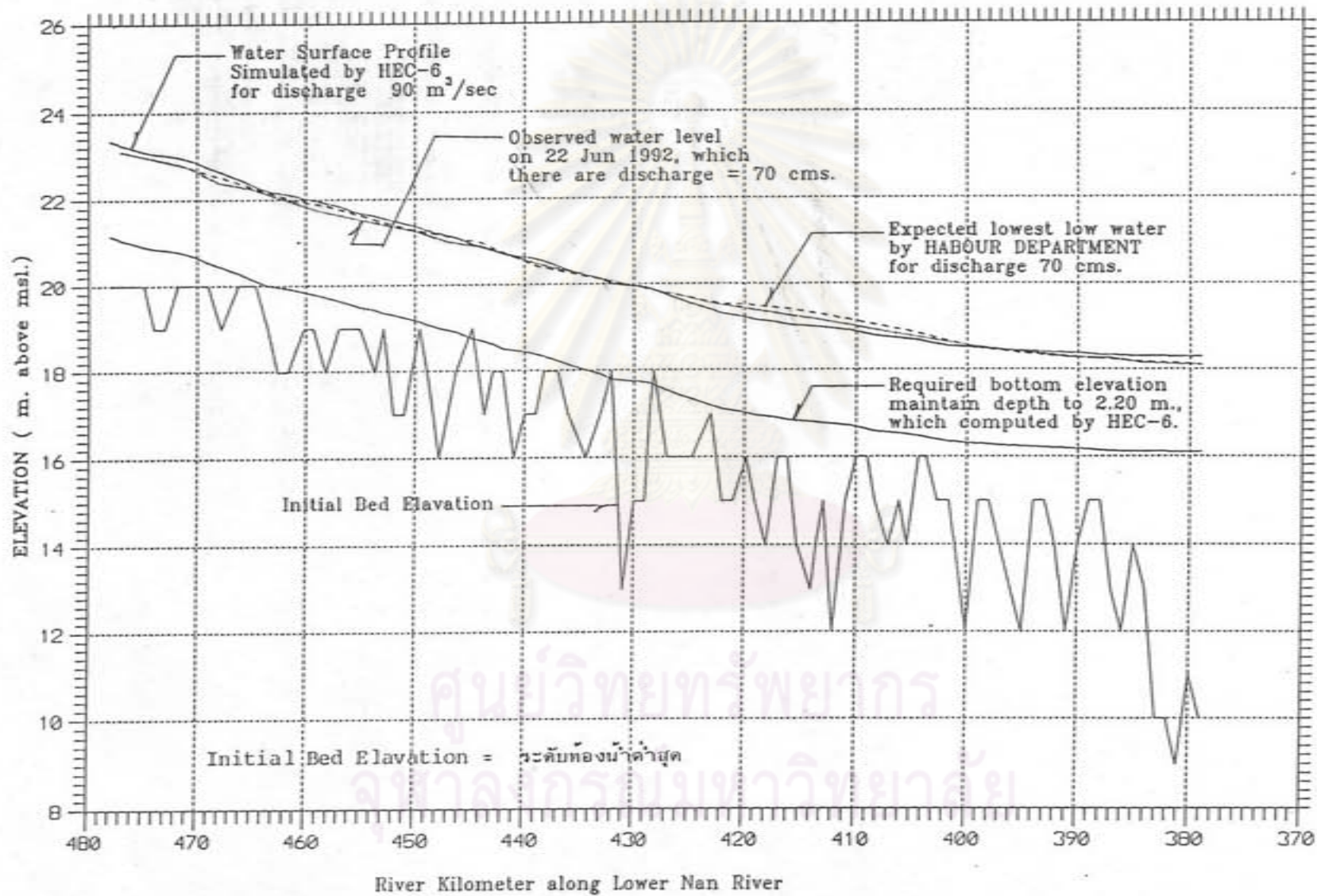
รูป 5-8 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำและอัตราการไหลของแม่น้ำน่านที่ปากน้ำโพ



รูป 5-9 ระดับน้ำที่อัตราการไหล $70 \text{ m}^3/\text{วินาที}$ ในลำน้ำน่านตอนล่าง



รูป 5-10 ระดับผิวน้ำที่อัตราการไหล $80 \text{ m}^3/\text{วินาที}$ ในลำน้ำน่านตอนล่าง



รูป 5-11 ระดับความน้ำที่อัตราการไหล $90 \text{ m}^3/\text{วินาที}$ ในลำน้ำน่านตอนล่าง

จะให้ความลึกเฉลี่ยในร่องเค้นเรือประมาณ 1.65 เมตร ซึ่งคาดว่าเพียงพอต่อการเดินเรือที่ประมาณ 1.7 เมตร

5.6 การเคลื่อนที่ของตะกอน

การสำรวจการเคลื่อนที่ของตะกอน เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการเคลื่อนที่ของตะกอน กับคุณสมบัติชลศาสตร์การไหลในลำน้ำ ทั้งปริมาณตะกอนแขวนลอยและตะกอนท้องน้ำ หากสามารถกำหนดค่าความสัมพันธ์ของปริมาณการเคลื่อนที่ของตะกอนได้ก็จะเป็นผลต่อการคำนวณโดยแบบจำลอง HEC-6 มีความแม่นยำในการคาดคะเนยิ่งขึ้น แต่ปัจจุบันยังขาดแคลนการศึกษาและการสำรวจการเคลื่อนที่ของตะกอน โดยเฉพาะอย่างยิ่งยังไม่มีรายงาน หรือผลการศึกษาสำรวจปริมาณการเคลื่อนที่ของตะกอนท้องน้ำ ในประเทศไทย ซึ่งการเคลื่อนที่ของตะกอนท้องน้ำ เป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งในการเปลี่ยนแปลงรูปร่างลำน้ำ อีกทั้งเป็นขบวนการที่ยุ่งยากสลับซับซ้อน การพัฒนาวิธีการคาดคะเนปริมาณการเคลื่อนที่ของตะกอน ได้จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของผลการทดลองในห้องปฏิบัติการเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจะมีความเหมาะสมเป็นกรณีเฉพาะที่เฉพาะแห่ง ไม่สามารถนำทุกวิธีมาใช้ได้อย่างกว้างขวาง การประยุกต์ใช้ที่มีประสิทธิภาพจำเป็นต้องมีการทดสอบความเหมาะสม เปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากการคำนวณ และการสำรวจภาคสนาม

การสำรวจการเคลื่อนที่ของตะกอนในลำน้ำผ่านระหว่าง กม. 443-438.3 ได้สำรวจไว้ 5 ครั้ง ในเดือนมิถุนายน สิงหาคม กันยายน ตุลาคม และธันวาคม 2535 เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนที่ของตะกอน กับคุณสมบัติชลศาสตร์การไหล เพื่อนำผลที่ได้เป็นข้อมูลนำเข้าและเลือกพารามิเตอร์ใน HEC-6 สำหรับการจำลองการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำของแม่น้ำน่านตอนล่าง รายละเอียดผลการสำรวจความเข้มข้นตะกอนแขวนลอยเฉพาะจุด แสดงในตาราง ง.3-1 ถึง ง.3-12

ผลการวิเคราะห์ปริมาณการเคลื่อนที่ตะกอนแขวนลอยและตะกอนท้องน้ำ ต่อหน่วยความกว้างในแต่ละแถบหน้าตัดย่อย แสดงในตาราง ง.4-1 ถึง ง.4-22 และมีผลการคำนวณปริมาณการเคลื่อนที่ตะกอน และคุณสมบัติชลศาสตร์หน้าตัดโดยเฉลี่ย สรุปแสดงในตาราง 5-5

ตาราง 5-5 คุณสมบัติชลศาสตร์ในลำน้ำน่านตอนล่าง กม. 443-438.3

Date (1992)	Sta. กม.	T (ม)	W (ม)	D (ม)	R (ม)	S _f	V (ม/sec)	Q (cms)	Q _s ton/day	Q _b ton/day	D ₅₀ (mm)
20 JUN	443.0	66.15	53.36	2.56	2.19	6.9E-05	0.48	70.72	-	3	0.225
20 JUN	442.0	76.70	67.15	2.14	1.92	8.4E-05	0.48	70.63	-	4	0.330
20 JUN	441.0	70.50	59.83	2.49	2.17	6.3E-05	0.46	70.83	-	8	0.330
4 AUG	443.0	82.16	70.02	5.43	4.66	9.1E-05	0.91	354.73	-	15	0.370
5 AUG	442.0	107.01	83.42	5.50	4.43	7.7E-05	0.81	389.41	-	12	0.470
6 AUG	441.0	87.98	71.96	5.83	4.86	7.2E-05	0.84	364.97	-	90	0.690
6 AUG	440.0	97.95	80.77	5.22	4.41	7.9E-05	0.81	355.79	-	6	0.440
7 AUG	439.1	104.28	81.32	4.99	4.03	9.2E-05	0.84	354.94	-	5	-
7 AUG	438.3	92.09	84.42	5.10	4.67	7.4E-05	0.82	357.09	-	63	0.220
25 SEP	439.1	107.93	88.74	5.65	4.78	1.1E-04	0.91	474.76	13224	21	0.210
24 SEP	438.3	94.50	86.05	6.03	5.45	5.8E-05	0.84	441.68	10995	16	0.220
25 OCT	443.0	78.86	67.52	4.94	4.28	1.2E-05	0.43	147.01	465	∞	
26 OCT	442.0	101.30	88.73	4.57	4.08	1.4E-05	0.45	187.20	856	∞	
26 OCT	441.0	85.69	72.42	5.23	4.49	1.2E-05	0.48	188.80	735	∞	
27 OCT	440.0	96.62	76.83	4.75	3.90	1.4E-05	0.49	184.61	715	∞	
27 OCT	438.3	91.27	84.64	4.90	4.53	1.0E-05	0.45	188.36	732	∞	
7 DEC	443.0	83.07	71.62	5.86	5.08	8.7E-05	0.85	368.18	3491	17	0.300
8 DEC	442.0	107.40	87.81	4.95	4.14	8.9E-05	0.74	332.07	3256	64	0.215
5 DEC	441.0	87.24	72.94	5.10	4.34	9.6E-05	0.82	315.41	2675	13	0.690
8 DEC	440.0	99.00	80.86	4.98	4.19	9.8E-05	0.79	330.59	3442	35	0.220
9 DEC	439.1	103.74	78.65	4.81	3.83	1.0E-04	0.76	304.37	2363	53	0.240
9 DEC	438.3	91.70	82.97	5.05	4.58	7.7E-05	0.72	307.22	2691	25	0.220

หมายเหตุ Sta. หมายถึงตำแหน่งหน้าตัดที่ กม.

T = ความกว้างผิวหน้า

W = ความกว้างประสิทธิผล

D = ความลึกประสิทธิผล

R = รัศมีชลศาสตร์

S_f = ความลาดหลังงานการไหล

V = ความเร็วเฉลี่ยการไหล

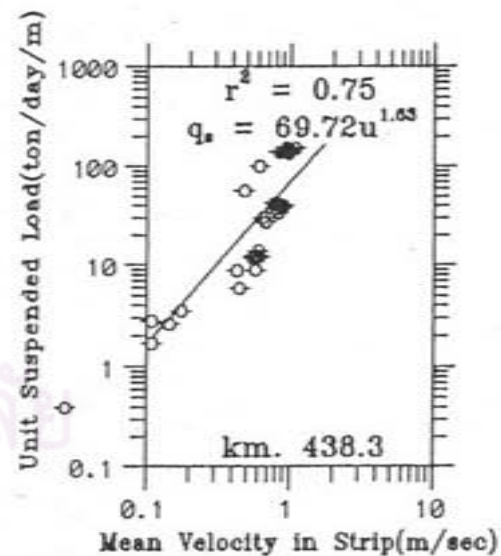
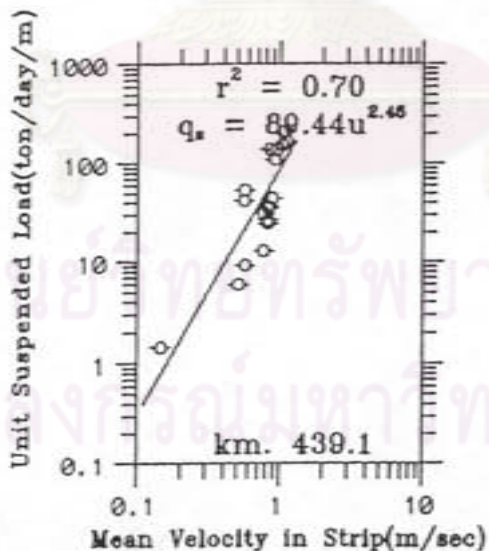
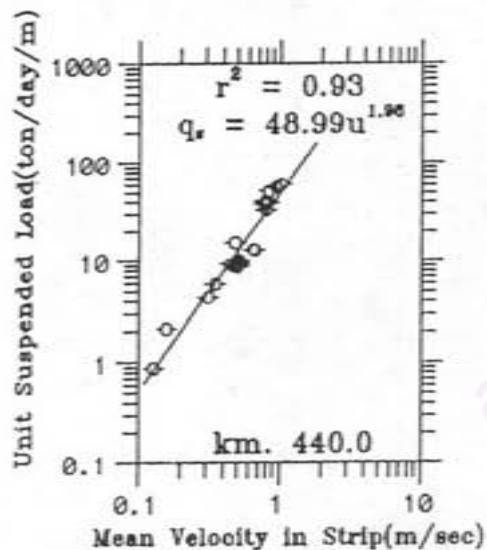
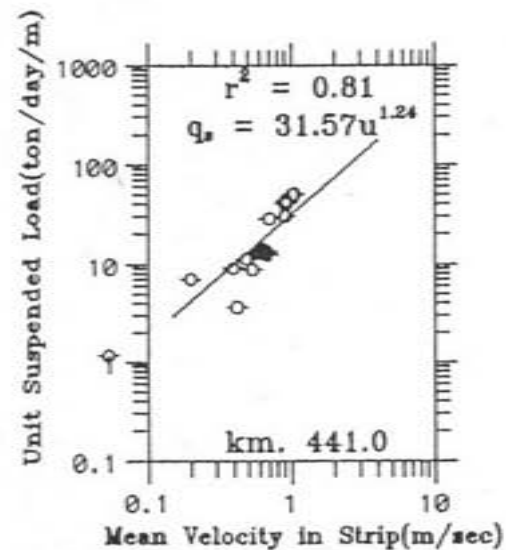
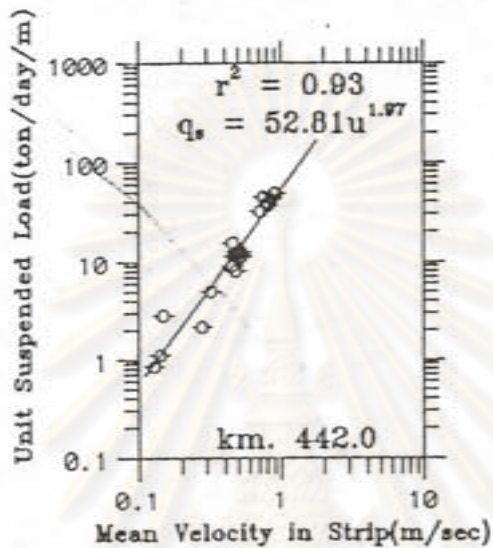
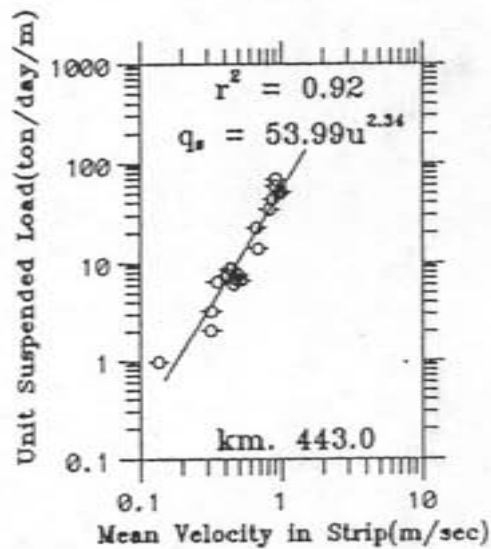
Q = อัตราการไหล

Q_b = ปริมาณการเคลื่อนที่ตะกอนท้องน้ำQ_s = ปริมาณการเคลื่อนที่ตะกอนแขวนลอยD₅₀ = ขนาดมัธยฐานของเม็ดตะกอนท้องน้ำ

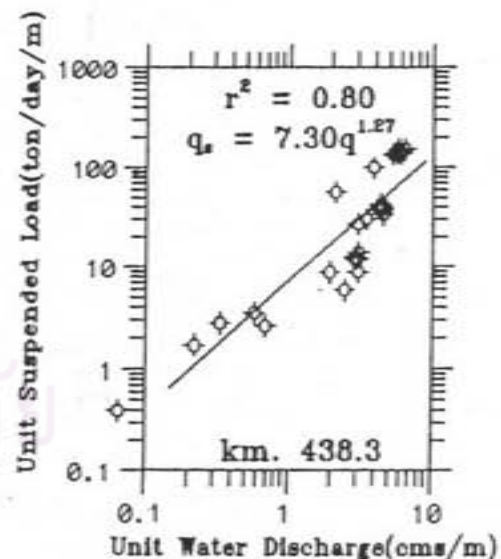
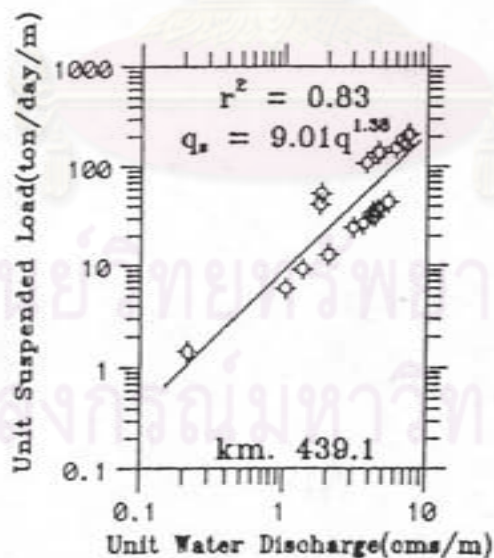
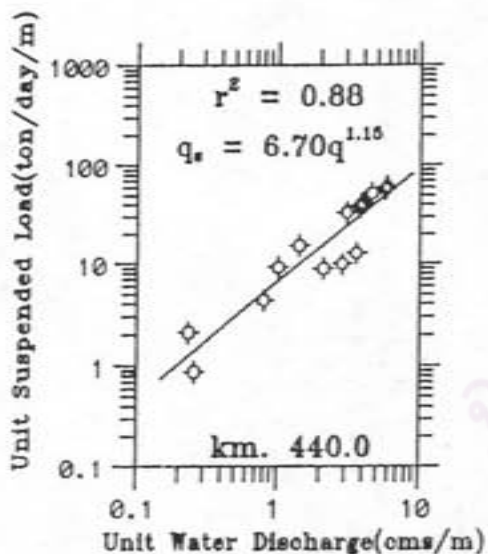
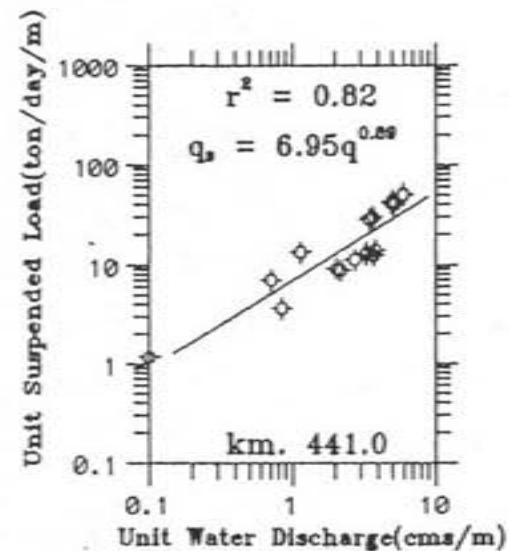
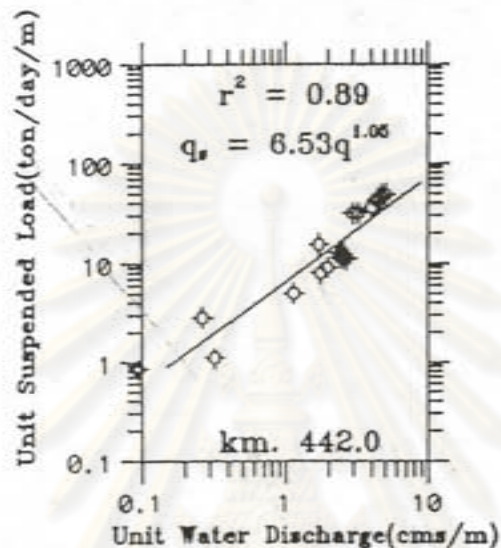
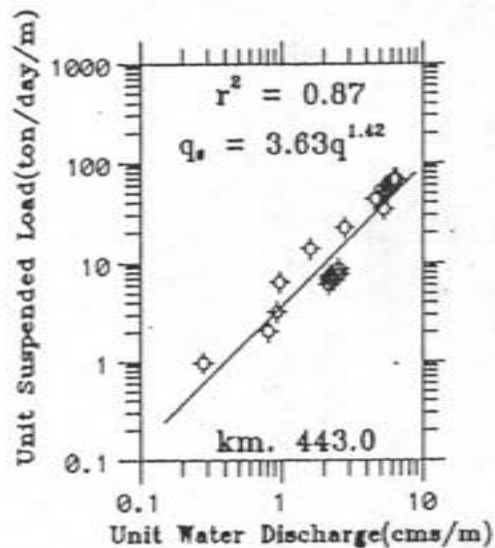
ผลการวิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์ (correlatin) ระหว่าง ปริมาณการเคลื่อนที่ของตะกอนแขวนลอยต่อหน่วยความกว้างและความเร็วเฉลี่ย ระหว่าง 0.7 ถึง 0.93 ค่าความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณการเคลื่อนที่ของตะกอนแขวนลอยต่อหน่วยความกว้างและอัตราการไหลต่อหน่วยความกว้างในแต่ละแถบหน้าตัดย่อย มีค่าอยู่ระหว่าง 0.80 ถึง 0.89 ดังแสดงในรูป 5-12 และ 5-13

ในลักษณะของค่าเฉลี่ยทั้งหน้าตัด มีความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการเคลื่อนที่ของตะกอนแขวนลอย และอัตราการไหลที่ทุกค่าและทุกหน้าตัดค่อนข้างดี คือมีค่าความสัมพันธ์ประมาณ 0.97 และสมการความสัมพันธ์ดังแสดงในรูป 5-14 แต่สำหรับปริมาณการเคลื่อนที่ของตะกอนท้องน้ำ ไม่พบความสัมพันธ์เชิงเส้นโดยตรงกับความเร็วเฉลี่ย อัตราการไหล ความเค้นเฉือนบนผิวท้องน้ำ (bed shear stress) และพลังงานกระแสน้ำ (stream power) แต่ผลที่ได้จากการสำรวจแสดงให้เห็นว่า ปริมาณการเคลื่อนที่ของตะกอนท้องน้ำมีความสัมพันธ์กับความลาดพลังงาน เมื่อเปรียบเทียบผลการสำรวจในเดือน มิถุนายน และตุลาคม 2535 ดังแสดงในตาราง 5-5 ซึ่งจะพบว่าในช่วงเดือนตุลาคม 2535 มีอัตราการไหลอยู่ระหว่าง 147-189 $\text{m}^3/\text{วินาที}$ มีความลาดพลังงานการไหลอยู่ระหว่าง 1.0×10^{-5} ถึง 1.4×10^{-5} ไม่มีการเคลื่อนที่ของตะกอนท้องน้ำในขณะที่การสำรวจในเดือนมิถุนายน 2535 ซึ่งมีอัตราการไหลเพียง 70 $\text{m}^3/\text{วินาที}$ และความลาดพลังงานการไหล 6.3×10^{-5} ถึง 8.4×10^{-5} ซึ่งมีอัตราการไหลต่ำกว่า 2.5 เท่า แต่มีความลาดพลังงานการไหลสูงกว่าถึง 6 เท่า เมื่อเทียบกับเดือนตุลาคม 2535 ผลการสำรวจยังคงมีการเคลื่อนที่ของตะกอนท้องน้ำ

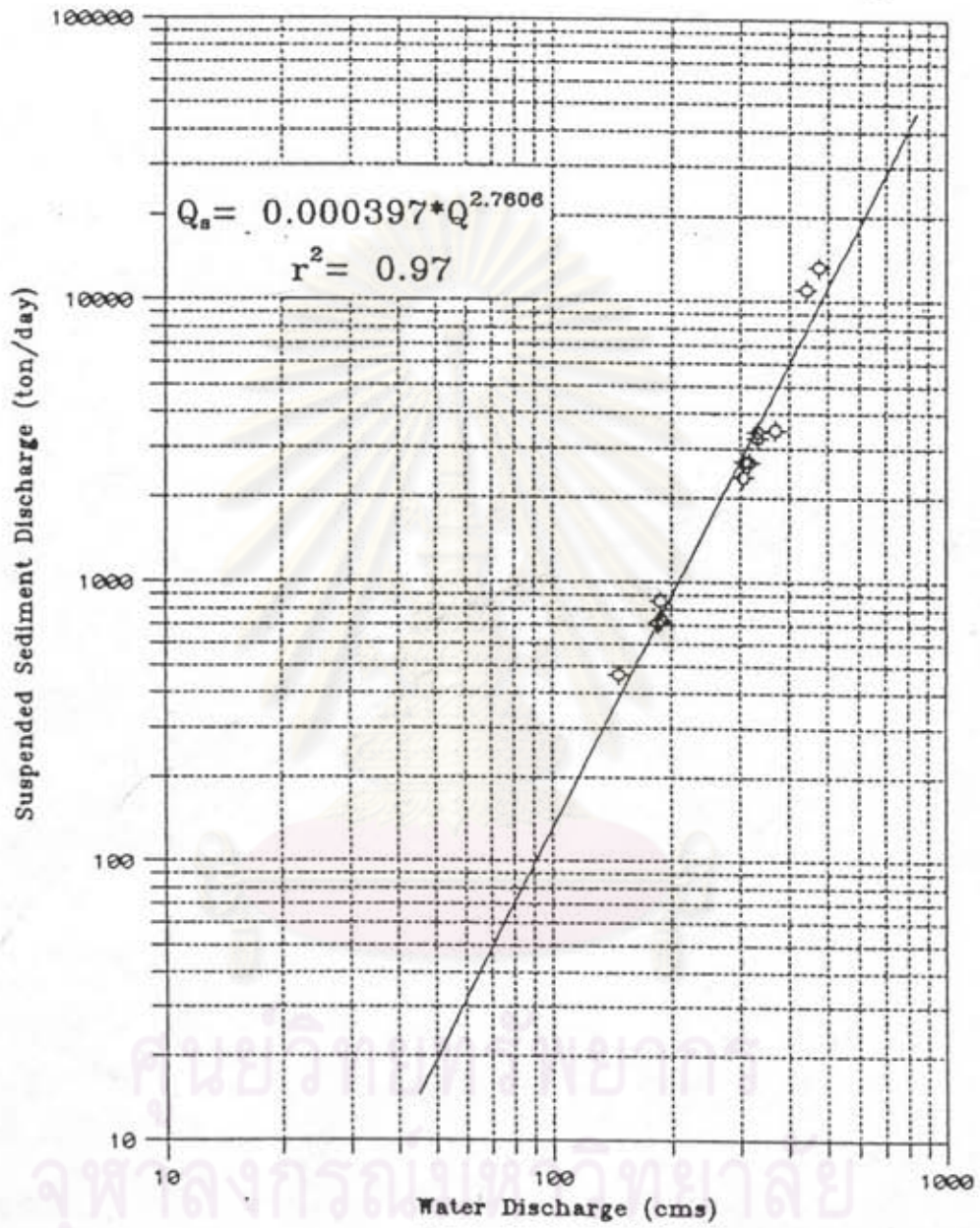
การวิเคราะห์การกระจายของวัสดุตะกอนท้องน้ำ มีค่าเฉลี่ยเป็นทรายกลาง ดังแสดงในตาราง 5-5 และมีปริมาณการเคลื่อนที่ของตะกอนท้องน้ำค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับปริมาณการเคลื่อนที่ของตะกอนแขวนลอยโดยจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 2.2 % และเฉลี่ยประมาณ 0.6 % ของตะกอนแขวนลอย เนื่องจากข้อมูลการสำรวจตะกอนท้องน้ำในครั้งนี่ยังคงมีจำนวนค่อนข้างจำกัดซึ่งสำรวจไว้เพียง 5 ครั้ง จึงได้อาศัยการทดสอบความเหมาะสมของวิธีการคำนวณ การเคลื่อนที่ตะกอนกับข้อมูลการสำรวจโดยใช้ค่าผลรวมความแตกต่างกำลังสอง (sum of square of difference) เป็นเกณฑ์การตัดสินใจ ซึ่งมีวิธีการคำนวณการเคลื่อนที่ตะกอนทรายใน HEC-6 อยู่ทั้งสิ้น 10 วิธีคือ



รูป 5-12 ความสัมพันธ์ปริมาณการเคลื่อนที่ตะกอนแขวนลอยต่อหน่วยความกว้าง และความเร็เฉลี่ย



รูป 5-13 ความสัมพันธ์ปริมาณการเคลื่อนที่ตะกอนแขวนลอยต่อหน่วยความกว้าง และอัตราการไหลต่อหน่วยความกว้าง



รูป 5-14 ความสัมพันธ์ปริมาณการเคลื่อนที่ตะกอนแขวนลอย และอัตราการไหล

<u>หมายเลข</u>	<u>วิธีการคำนวณ</u>
1	Toffsleti Method (1969)
3	Madden (1963) modification of Laursen's (1958)
4	Yang streampower (1973)
5	Duboy (Brown, 1950)
7	Ackers-White (1973)
8	Colby (1964)
9	Toffateti and Schoklitsch
10	Meyer-Peter Muler (1948)
12	Toffaleti (1969)- Meger-Peter and Muller (1948)
13	Madden (1985) modification of Laursen (1958)

วิธีการของ Meyer-Peter and Muller (#10) มีค่าเฉลี่ยของผลรวมความแตกต่างกำลังสองน้อยที่สุด จึงถือได้ว่าเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด สำหรับการคำนวณปริมาณการเคลื่อนที่ตะกอนในแม่น้ำน่านตอนล่าง ดังรายละเอียดแสดงในตาราง 5-6

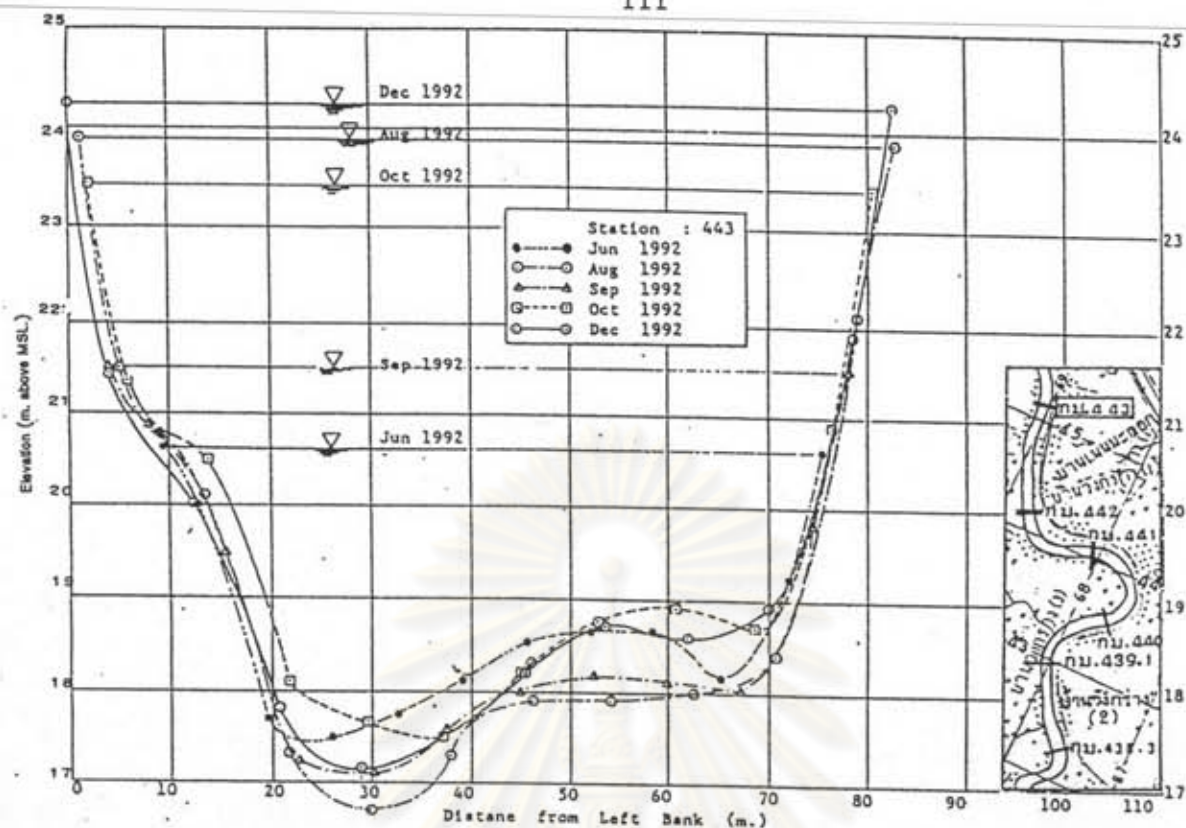
5.7 การเปลี่ยนแปลงรูปร่างหน้าตัดลำน้ำ

ลักษณะการเปลี่ยนแปลงรูปร่างหน้าตัดของลำน้ำ เป็นองค์ประกอบที่สำคัญอีกประการหนึ่ง ที่จะบอกถึงความแม่นยำของการจำลองสภาพการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ โดยแบบจำลอง HEC-6 ว่ามีความถูกต้องมากน้อยเพียงใด เนื่องจากการคำนวณการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำของ HEC-6 คัดการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำในเกณฑ์เฉลี่ยตลอดความกว้างท้องน้ำ

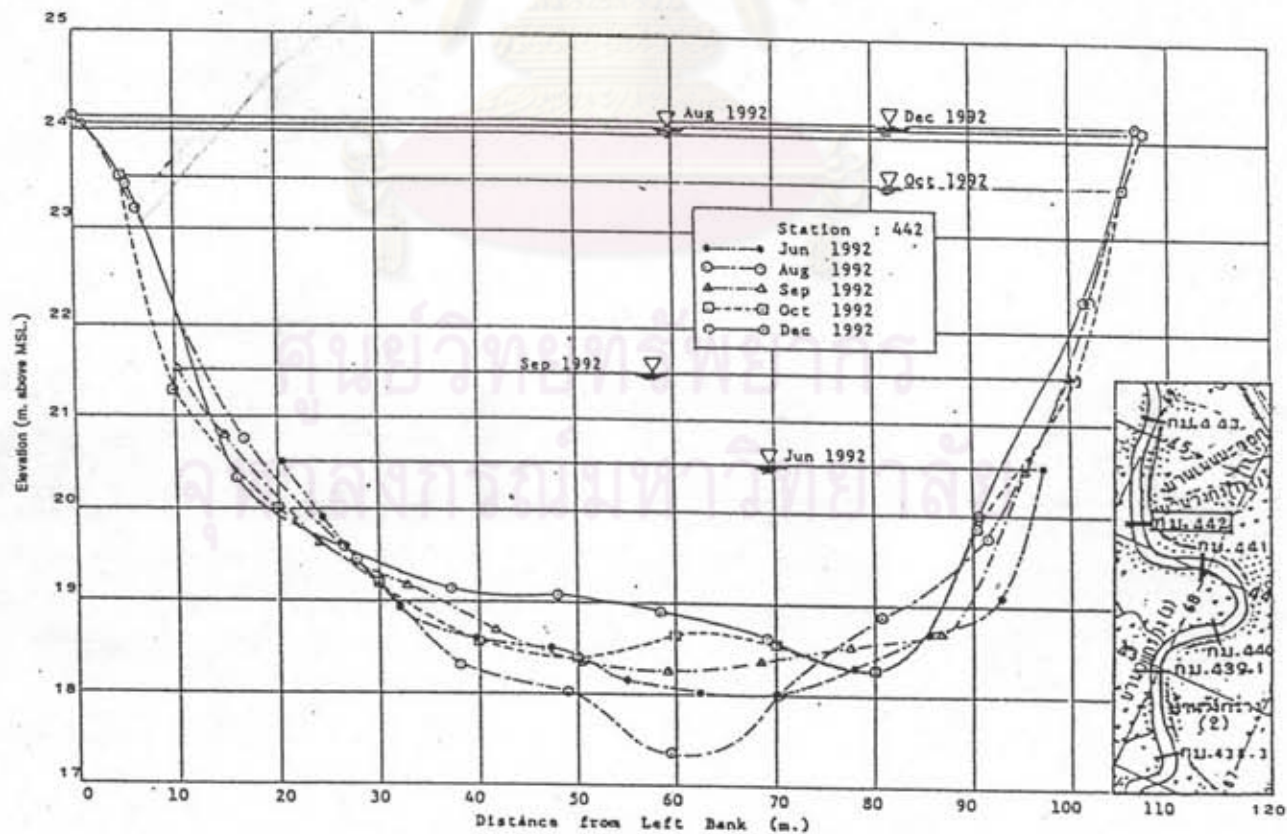
การสำรวจการเปลี่ยนแปลงหน้าตัดครั้งนี้ ได้กำหนดเลือกหน้าตัดที่มีลักษณะเป็นหน้าตัดของลำน้ำ เชื่อมต่อระหว่างท้ายทางตรง และจุดเริ่มต้นโค้งน้ำทั้งในทางตรง (กม. 442, 438.3) และหน้าตัดลำน้ำในทางโค้ง (กม.443, 441, 440 และ 439.1) และมีผลการสำรวจการเปลี่ยนแปลงหน้าตัด ระหว่างเดือนมิถุนายน ถึงธันวาคม 2535 ดังแสดงในรูป 5-15 ถึง 5-20 ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นระหว่าง เดือนมิถุนายน ถึงสิงหาคม 2535 เป็นผลจากการขุดลอกของกรมเจ้าท่า โดยมีหน้าตัดลำน้ำแยกออกเป็น

ตาราง 5-6 ความแตกต่างกำลังสองระหว่างค่าจากการคำนวณและการสำรวจ

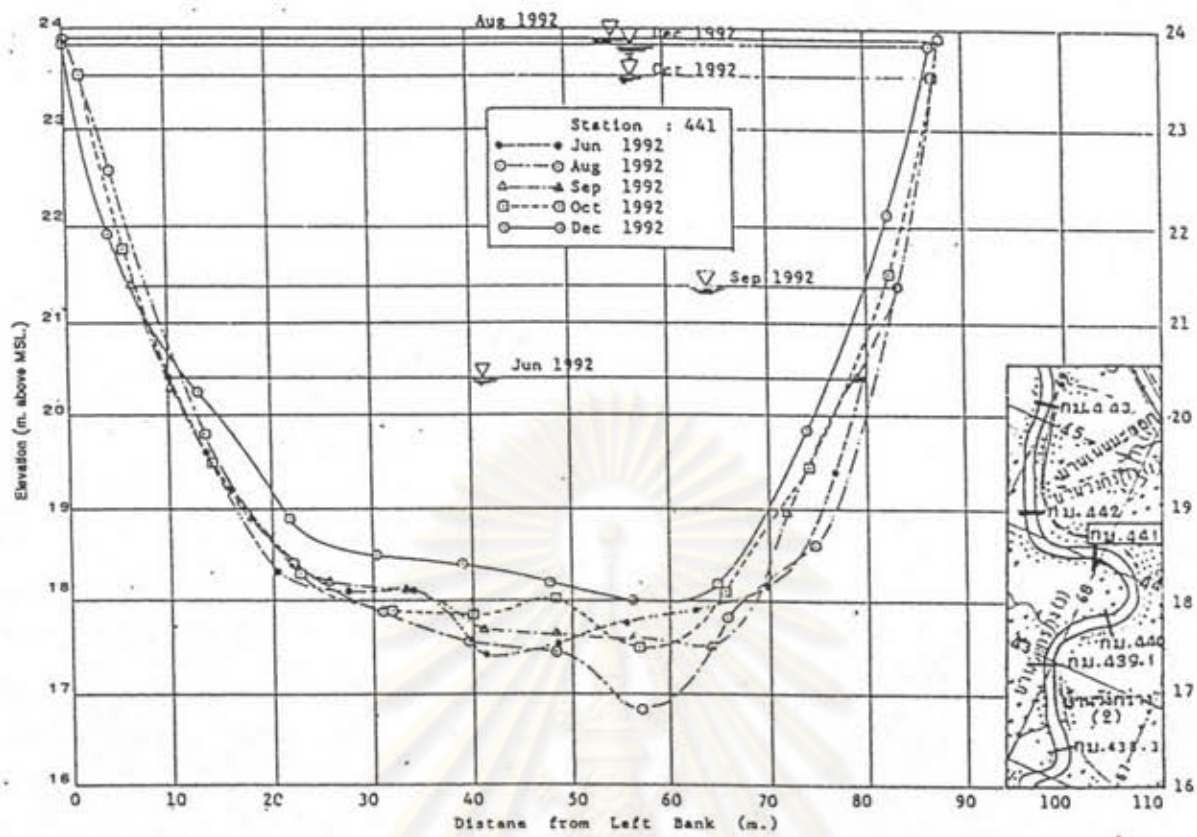
Sta.	Date	observe	Total Load Transport Rate Estimate By Method									
		data (ton/day)	#1	#3	#4	#5	#7	#8	#9	#10	#12	#13
443	Jun 20	-	83	97	106	562	108	104	83	38	83	115
442	Jun 20	-	80	89	100	486	103	111	80	76	116	104
441	Jun 20	-	96	96	108	483	102	112	97	81	137	111
443	Aug 4	-	5718	5741	5908	8956	6433	7778	5766	5104	6060	5782
442	Aug 5	-	7438	7449	11203	8067	9224	9224	7498	6632	7808	7558
441	Aug 6	-	5983	6047	5983	8440	6367	7061	6015	5453	6273	6171
440	Aug 6	-	6087	6106	6232	9860	6792	7706	6129	5138	6090	6205
439	Aug 7	-	6206	6269	6350	10073	6969	7892	6257	5138	6207	6344
438	Aug 7	-	6321	6433	6135	8977	6982	8147	6360	5520	6659	6508
439	Sep 25	13245	12890	12928	13360	21010	14053	15299	13049	11266	12891	13079
438	Sep 24	11010	10555	10662	10372	14356	11427	12893	10615	9523	10958	10792
443	Oct 25	465	350	342	342	338	340	412	350	338	350	346
442	Oct 26	856	736	713	714	703	715	920	736	703	736	720
441	Oct 26	735	727	705	707	698	706	854	727	716	734	710
440	Oct 27	715	711	680	684	674	684	921	711	674	711	684
438	Oct 27	732	700	674	672	667	670	840	700	667	700	680
443	Dec 7	3507	6321	6186	6581	11270	6830	7278	6414	5609	6635	6321
442	Dec 8	3319	4793	4723	4744	8984	5153	5378	4845	4146	5077	4871
441	Dec 5	2688	4230	4301	4338	8375	4598	4786	4299	3637	4531	4429
440	Dec 8	3476	4841	4817	5093	10778	5472	5681	4937	3849	4844	4948
439	Dec 9	2416	3931	3937	4101	9118	4462	4462	4002	3030	3931	4052
438	Dec 9	2716	3849	3857	3677	6361	4185	4431	3876	3280	4079	3987
Sum of Square of Difference =			4274	4174	4587	17543	5408	6533	4426	3607	4738	4464



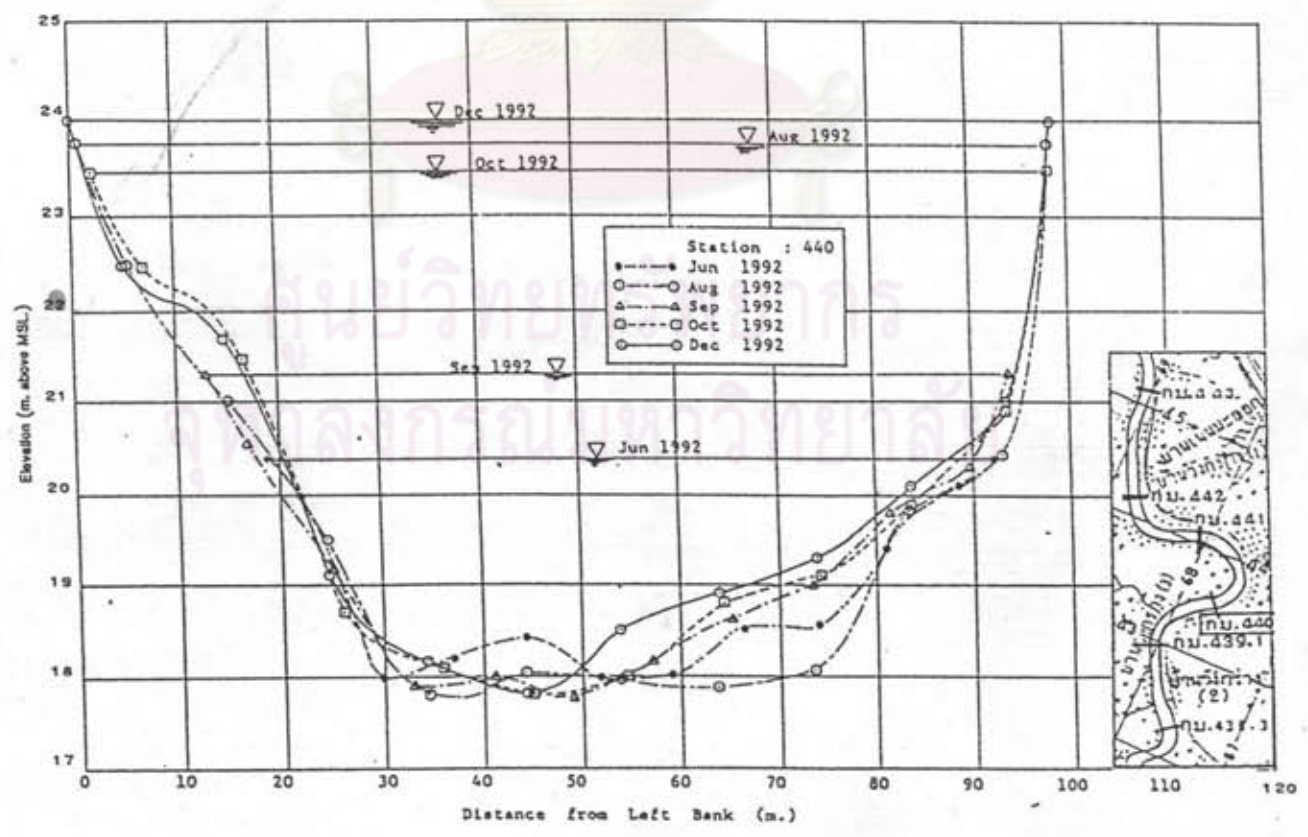
รูป 5-15 การเปลี่ยนแปลงหน้าตัดลำน้ำ กม. 443



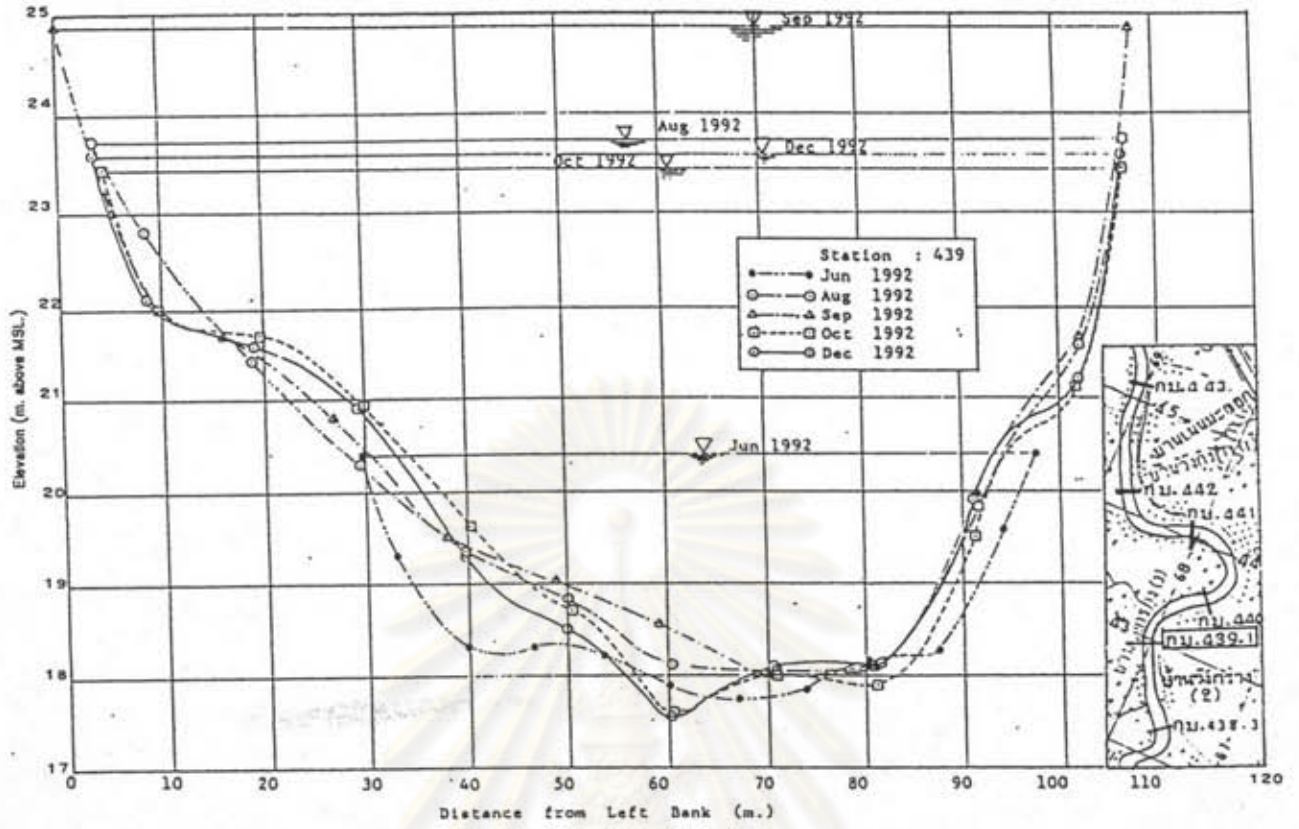
รูป 5-16 การเปลี่ยนแปลงหน้าตัดลำน้ำ กม. 442



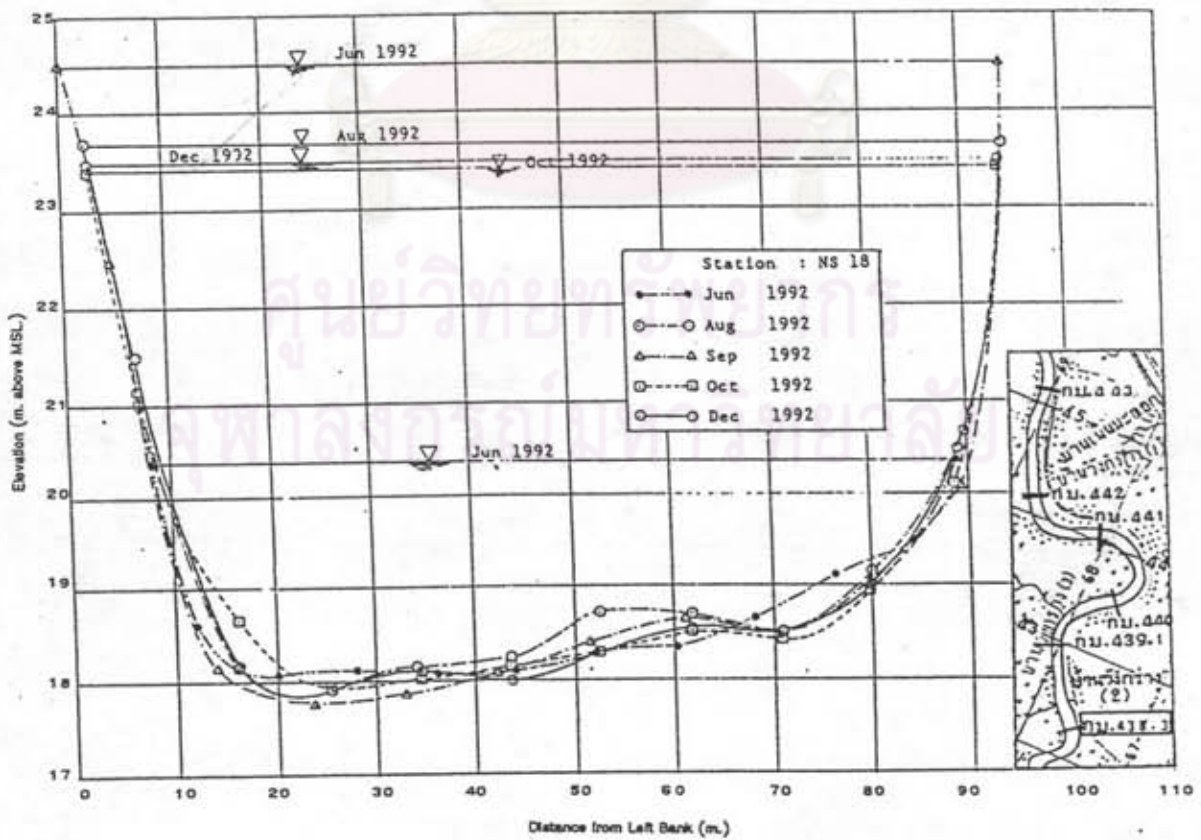
รูป 5-17 การเปลี่ยนแปลงหน้าตัดลำน้ำ กม. 441



รูป 5-18 การเปลี่ยนแปลงหน้าตัดลำน้ำ กม. 440



รูป 5-19 การเปลี่ยนแปลงหน้าตัดลำน้ำ กม. 439.1



รูป 5-20 การเปลี่ยนแปลงหน้าตัดลำน้ำ กม. 438.3

2 ลักษณะ คือ หน้าตัด กม.442 และ 438 เป็นหน้าตัดในจุดเชื่อมต่อระหว่างท้ายทางตรงและต้นโค้งน้ำ แต่มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงหน้าตัดที่แตกต่างกัน กล่าวคือหน้าตัด กม.438.3 มีลักษณะหน้าตัดค่อนข้างเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ากว้าง โดยมีฝั่งซ้ายซึ่งเป็นฝั่งนอกโค้งลึกกว่าเล็กน้อยและมีเสถียรภาพค่อนข้างดี ผลจากการสำรวจมีการเปลี่ยนแปลงระหว่าง เดือนมิถุนายนถึงธันวาคม 2535 น้อย และการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำค่อนข้างสม่ำเสมอ ในขณะที่ กม.442 มีการก่อสร้างรอยในฝั่งซ้ายลักษณะร่องน้ำปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงในฝั่งตรงข้ามรอยค่อนข้างสูง ทั้งด้านข้างและท้องน้ำซึ่งอาจจะมีผลกระทบจากการสร้างรอย ที่ทำให้กระแสน้ำเบี่ยงเบนมากัดเซาะในฝั่งตรงข้ามค่อนข้างสูงในช่วงฤดูฝนที่มีอัตราการไหลและมีความลาดพลังงานสูง และจะกลับตกตะกอนอย่างรวดเร็วในช่วงปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง ซึ่งเกิดน้ำเอ่อเนื่องจากมีอัตราการไหลในแม่น้ำปิงสูงขึ้นเร็วกว่าในแม่น้ำน่าน ทำให้ระดับท้ายน้ำที่ปากน้ำโพมีระดับน้ำที่ขอบเขตท้ายน้ำของแม่น้ำน่านมีค่าสูงกว่าระดับน้ำท้ายน้ำที่อัตราการไหลเดียวกันในช่วงต้นและกลางฤดูฝน แต่ในฝั่งที่มีรอยจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่ามาก

หน้าตัด กม.443, 441, 440 และ 439.1 เป็นหน้าตัดในโค้งน้ำมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเดียวกัน คือมีร่องน้ำลึกฝั่งนอกโค้งน้ำ และตื้นกว่าในฝั่งในโค้งน้ำ การเปลี่ยนแปลงของหน้าตัดลำน้ำระหว่าง สิงหาคม ถึงธันวาคม 2535 ที่สำรวจพบจะมีการกัดเซาะในบริเวณร่องน้ำลึกฝั่งนอกโค้ง และตกตะกอนที่บดมบริเวณฝั่งในของโค้งน้ำตลอดเวลา รวมทั้งมีการกัดเซาะคลองฝั่งนอกของโค้งน้ำในช่วงฤดูฝนจากกระแสน้ำที่รุนแรง แต่มีปริมาณต่ำกว่าในช่วงสิ้นสุดฤดูฝน การตกตะกอนที่บดมในร่องน้ำจะเกิดขึ้นสูงในช่วงสิ้นสุดฤดูฝน เนื่องจากการพังทลายของตลิ่งเพราะมีแรงดันน้ำใต้ดินที่เกิดจากการลดระดับน้ำหลังสิ้นสุดฤดูฝนประกอบกับตลิ่งมีความลาดชันสูง และถูกกระแสน้ำกัดเซาะบริเวณฐานตลิ่งในช่วงฤดูฝน ทำให้ตลิ่งมีเสถียรภาพลดลง และเกิดการเลื่อนไถล (slide) ลงสู่ร่องน้ำ ทำให้มวลดินจากการพังทลายของตลิ่ง และตะกอนที่ถูกขุดลอกโดยกรมเจ้าท่ากองไว้บริเวณริมร่องเดินเรือ กลับตกทับถมทำให้ร่องเดินเรือตื้นเขิน เนื่องจากความสามารถในการพัฒนาตะกอนในช่วงฤดูแล้งมีค่าลดลง ทำให้มวลดินของตลิ่งและตะกอนที่ขุดขึ้นได้ถูกพัดพาไปได้น้อย ซึ่งเป็นปัญหาหลักของการตื้นเขิน

5.8 การเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำของร่องเดินเรือ

การเปลี่ยนแปลงรูปร่างหน้าตัดลำน้ำในหัวข้อ 5.7 นั้น เป็นการเปลี่ยนแปลงหน้าตัดเฉพาะจุด แต่ในหัวข้อนี้เป็นการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำตามแนวลำน้ำของร่องเดินเรือ จากผลการสำรวจตั้งรายละเอียดแสดงในภาคผนวก ฉ. รูป ฉ.1-1 ถึง ฉ.3-6 ระดับท้องน้ำของร่องเดินเรือคำนวณจากความสัมพันธ์เปรียบเทียบกับระดับน้ำลงต่ำสุดของการเดินเรือ ที่กำหนดโดยกรมเจ้าท่า และมีผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตาราง 5-7 และรูป 5-21 การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในร่องเดินเรือช่วงเวลาระหว่างวันที่ 16 ส.ค.- 19 ก.ย.2535 เกิดการกัดเซาะค่อนข้างรุนแรงและมีการกัดเซาะเกือบตลอดช่วงลำน้ำมีความลึกของการกัดเซาะสูงสุดถึง 0.93 ม. บริเวณ กม.439.4 ม. และมีค่าเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำเฉลี่ยเป็นการกัดเซาะประมาณ 0.41 ม.

ระหว่างวันที่ 20 ก.ย.-24 ต.ค. 2535 การกัดเซาะจะเกิดขึ้นช่วงตอนบนระหว่าง กม.442.8 - 441.2 มีค่าเฉลี่ย 0.30 ม. มีความลึกการกัดเซาะสูงสุด 0.78 ม. ที่ กม.442.4 และช่วงตอนล่างตั้งแต่ กม.441.0 ลงไป จะเกิดการตกตะกอนขึ้นเงินเกือบทั้งหมด มีการตกตะกอนสูงสุด 0.81 ม. ที่ กม.440.6 และมีค่าเฉลี่ย 0.27 ม. การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในช่วงเวลานี้มีค่าต่ำกว่า และมีแนวโน้มขึ้นเงินเนื่องจากเป็นช่วงเวลาน้ำเอ่อจากท้ายน้ำ เมื่ออัตราการไหลจากแม่น้ำปิงมีค่าสูงเมื่อเทียบกับอัตราไหลในช่วงวันที่ 16 ส.ค.-19 ก.ย. 2535 ดังแสดงในรายละเอียด

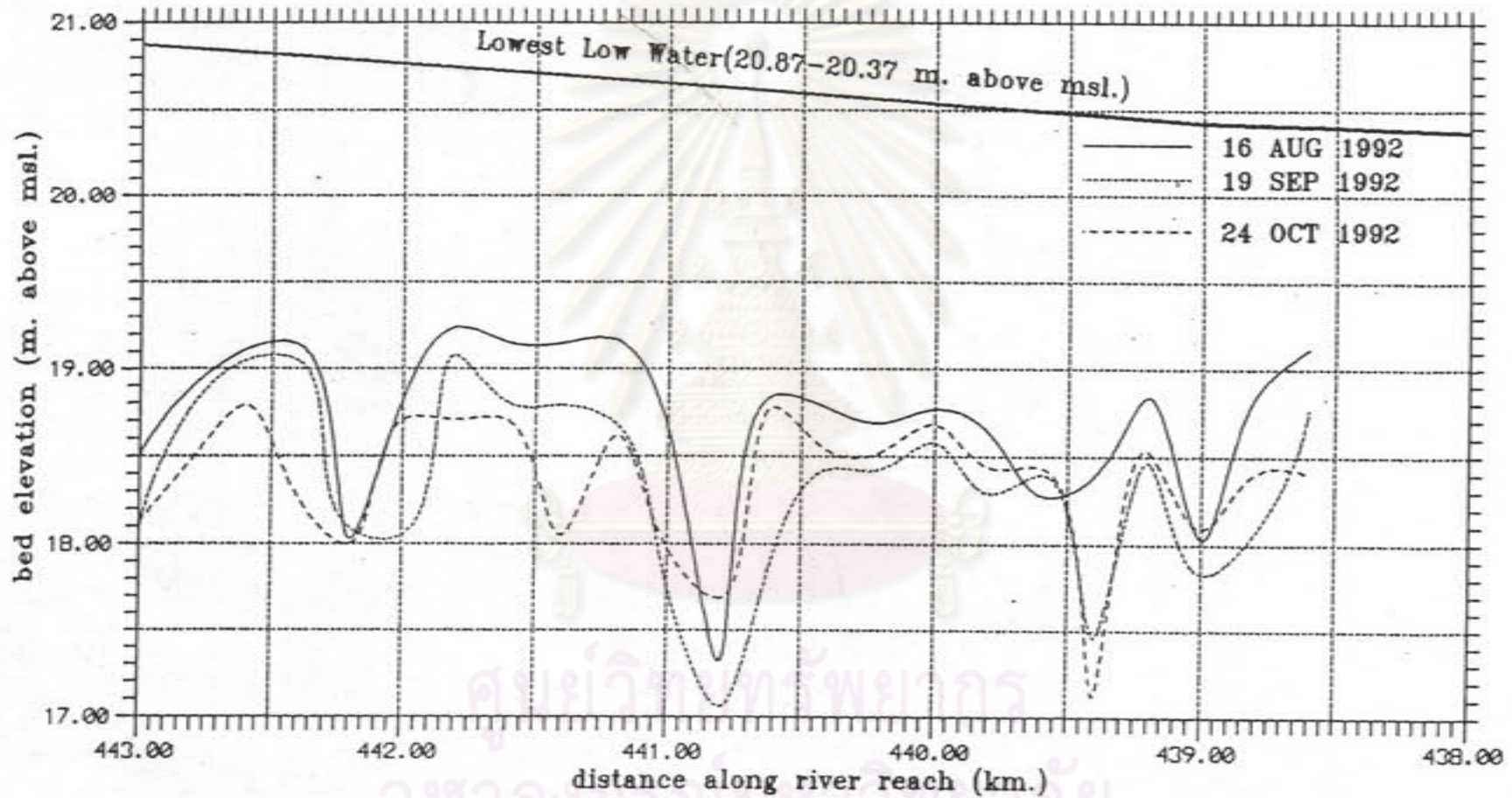
แม่น้ำ สถานี และที่ตั้ง	16 ส.ค.-19 ก.ย 2535			20 ก.ย.-24 ต.ค.2535		
	Q_{min}	Q_{max}	Q_{avg}	Q_{min}	Q_{max}	Q_{avg}
น่าน NIOA อ.ตะพานหิน จ.พิจิตร	90.0	320.0	156.9	115.8	590.0	351.8
ยม Y5 อ.โพทะเล จ.พิจิตร	28.9	192.0	107.2	48.9	298.5	233.3
ปิง P17 อ.บรรพตพิสัย	28.6	269.8	77.4	78.1	1,290.0	366.1

หมายเหตุ : Q_{min} = อัตราการไหลเฉลี่ยรายวันต่ำสุด (ม³/วินาที)
 Q_{max} = อัตราการไหลเฉลี่ยรายวันสูงสุด (ม³/วินาที)
 Q_{avg} = อัตราการไหลเฉลี่ยรายวันโดยเฉลี่ย (ม³/วินาที)

ตาราง 5-7 ระดับท้องน้ำและความลึกจากระดับน้ำลงต่ำสุด

ระยะทาง ตามลำน้ำ (กม.)	ระดับน้ำลง ต่ำสุด (ม.รทก.)	16 สค. 2535		19 กย. 2535			24 ตค. 2535		
		ระดับท้องน้ำ (ม.รทก.)	ความลึก ม.	ระดับท้องน้ำ (ม.รทก.)	ความลึก ม.	ระดับท้องน้ำ เปลี่ยนแปลง	ระดับท้องน้ำ (ม.รทก.)	ความลึก ม.	ระดับท้องน้ำ เปลี่ยนแปลง
443.00	20.87	18.51	2.36	18.07	2.80	-0.44	18.12	2.75	0.05
442.80	20.85	18.90	1.95	18.79	2.06	-0.11	18.49	2.36	-0.3
442.60	20.81	19.11	1.70	19.05	1.76	-0.06	18.79	2.02	-0.26
442.40	20.80	19.14	1.66	19.05	1.75	-0.09	18.27	2.53	-0.78
442.20	20.78	18.03	2.75	18.09	2.69	0.06	18.00	2.78	-0.09
442.00	20.76	18.83	1.93	18.05	2.71	-0.78	18.71	2.05	0.66
441.80	20.74	19.24	1.50	19.08	1.66	-0.16	18.71	2.03	-0.37
441.60	20.72	19.15	1.57	18.80	1.92	-0.35	18.70	2.02	-0.1
441.40	20.69	19.15	1.54	18.79	1.90	-0.36	18.05	2.64	-0.74
441.20	20.67	19.17	1.50	18.69	1.98	-0.48	18.62	2.05	-0.07
441.00	20.65	18.66	1.99	17.76	2.89	-0.9	17.98	2.67	0.22
440.80	20.62	17.32	3.30	17.06	3.56	-0.26	17.69	2.93	0.63
440.60	20.60	18.85	1.75	17.97	2.63	-0.88	18.78	1.82	0.81
440.40	20.58	18.77	1.81	18.43	2.15	-0.34	18.53	2.05	0.1
440.20	20.56	18.69	1.87	18.43	2.13	-0.26	18.53	2.03	0.1
440.00	20.53	18.77	1.76	18.58	1.95	-0.19	18.68	1.85	0.1
439.80	20.50	18.64	1.86	18.29	2.21	-0.35	18.44	2.06	0.15
439.60	20.47	18.28	2.19	18.40	2.07	0.12	18.44	2.03	0.04
439.40	20.44	18.39	2.05	17.46	2.98	-0.93	17.12	3.32	-0.34
439.20	20.42	18.84	1.58	18.47	1.95	-0.37	18.53	1.89	0.06
439.00	20.42	18.03	2.39	17.83	2.59	-0.2	18.09	2.33	0.26
438.80	20.40	18.84	1.56	18.07	2.33	-0.77	18.41	1.99	0.34
438.60	20.38	19.12	1.26	18.77	1.61	-0.35	18.41	1.97	-0.36

หมายเหตุ : - ระดับท้องน้ำเปลี่ยนแปลงค่าบวก(+) หมายถึงตกตะกอนมีพ่นวอเป็นเมตร
 - ระดับท้องน้ำเปลี่ยนแปลงค่าลบ(-) หมายถึงกัดเซาะมีพ่นวอเป็นเมตร
 - ระดับน้ำลงต่ำสุดหมายถึงระดับน้ำลงต่ำสุดคาดหวังของกรมเจ้าท่า



รูป 5-21 การเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ ช่องเดินเรือระหว่าง กม. 443-438.3

จากการสำรวจระดับผิวน้ำในเดือน ต.ค. มีความลาดชันของผิวน้ำต่ำมากเมื่อเทียบกับเดือน ส.ค. ดังแสดงในรูป ก.3-1 เป็นผลให้ปริมาณการเคลื่อนที่ของตะกอนในเดือนตุลาคมมีค่าต่ำมาก

ผลการวิเคราะห์พบการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำระหว่าง กม.443.0-438.3 ของแม่น้ำน่านตอนล่าง เนื่องจากการเคลื่อนที่ของตะกอนจะมีผลกระทบจากแม่น้ำปิงค่อนข้างสูง หากอัตราการไหลในแม่น้ำน่านมีค่าสูง เมื่อเทียบกับอัตราการไหลของแม่น้ำปิงที่มาบรรจบทำให้รูปตัดการไหลมีความลาดชันสูง ทำให้มีแนวโน้มการกัดเซาะในแม่น้ำน่านช่วงดังกล่าวในช่วงต้นฤดูฝน และหากอัตราการไหลของแม่น้ำปิงมีค่าสูงจะส่งผลให้เกิดน้ำเอ่อจากขอบเขตท้ายน้ำน่านตอนล่าง เป็นผลให้การเคลื่อนที่ของตะกอนในแม่น้ำน่านตอนล่างลดลง เกิดการตกตะกอนค่อนข้างสูงในลำน้ำ จากผลการสำรวจในเดือน ต.ค.2535 ดังแสดงในตาราง 5-5 พบว่ามีปริมาณการเคลื่อนที่ของตะกอนท้องน้ำต่ำมาก เมื่อเปรียบเทียบกับผลการตรวจวัดในเดือน มิ.ย.2535 ซึ่งมีอัตราการไหลต่ำกว่าแต่มีความลาดพลังงานการไหลสูงกว่า

5.9 การกระจายคุณสมบัติชลศาสตร์หน้าตัด

การกระจายคุณสมบัติชลศาสตร์หน้าตัด หมายถึงการกระจายทางด้านข้างของความเร็วเฉลี่ยการไหล u , อัตราการไหลต่อหน่วยความกว้าง q , ความเข้มข้นตะกอนแขวนลอยเฉลี่ย c , ปริมาณการเคลื่อนที่ตะกอนแขวนลอยต่อหน่วยความกว้าง q_s , ปริมาณการเคลื่อนที่ตะกอนท้องน้ำต่อหน่วยความกว้าง q_b และค่ามีชัยฐานขนาดเม็ดตะกอนท้องน้ำ เพื่อเป็นแนวทางและข้อมูลพื้นฐานการศึกษาเลือกหน้าตัด ในการคำนวณการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ ที่เหมาะสมสำหรับการจำลองสภาพการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ ของแม่น้ำน่านตอนล่าง ที่เป็นแม่น้ำตะกอนทรายที่มีหน้าตัดแคบแต่ลึก และมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างบริเวณโค้งน้ำค่อนข้างสูงทั้งสองฝั่งและท้องน้ำ ผลการวิเคราะห์การกระจายคุณสมบัติชลศาสตร์หน้าตัดซึ่งได้ทำการสำรวจไว้ 5 ครั้ง ระหว่างเดือน มิ.ย. ถึง ธ.ค. 2535 แสดงไว้ในภาคผนวก จ. รูป จ.1-1 ถึง จ.6-6

การกระจายทางด้านข้างของความเร็วเฉลี่ย และอัตราการไหลต่อหน่วยความกว้างในหน้าตัดลำน้ำในช่วงทางโค้ง กม.443, 441, 440 และ 439.1 ส่วนใหญ่ใน

ช่วงความกว้าง 70 % ของความกว้างผิวน้ำในบริเวณกลางร่องน้ำมีความเร็วเฉลี่ยค่อนข้างสม่ำเสมอ แต่มีค่าต่ำมากจนถึงน้ำนิ่งในบริเวณตลิ่งฝั่งในของโค้ง ซึ่งมักจะมีระยะทางประมาณ 20 % ของความกว้างผิวน้ำจากริมตลิ่งฝั่งในโค้ง และในบริเวณฝั่งนอกโค้งจะมีความเร็วลดลงเล็กน้อย แต่สำหรับในหน้าตัดลำนน้ำทางตรงคือ กม.442 และ 438.3 จะมีความเร็วที่บริเวณตลิ่งทั้งสองฝั่งต่ำและใกล้เคียงกัน

โดยทั่วไปพบว่าความเข้มข้นตะกอนแขวนลอยเฉลี่ย มีการแปรผันทางด้านข้างต่ำ ซึ่งทำให้การกระจายของปริมาณการเคลื่อนที่ของตะกอนแขวนลอย ขึ้นอยู่กับการกระจายของอัตราการไหลต่อหน่วยความกว้าง สำหรับปริมาณการเคลื่อนที่ตะกอนท้องน้ำจะมีค่าสูงในบริเวณร่องน้ำลึกฝั่งนอกโค้งน้ำ ในหน้าตัดลำนน้ำทางตรง ไม่พบการเคลื่อนที่ของตะกอนท้องน้ำในบริเวณตลิ่งทั้งสองด้าน จะมีการเคลื่อนที่ของตะกอนท้องน้ำประมาณ 40 % ของความกว้างผิวน้ำ และขนาดมีชัยฐานของเม็ดตะกอนท้องน้ำ จะมีค่าแปรผันตามปริมาณการเคลื่อนที่ คือในบริเวณที่มีปริมาณการเคลื่อนที่ของตะกอนท้องน้ำสูง จะมีขนาดมีชัยฐานที่โตกว่า ในบริเวณที่มีปริมาณการเคลื่อนที่ของตะกอนท้องน้ำต่ำ



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย