บทที่ 4

การเปลี่ยนแปลงลำน้ำ

หลังจากการปรับปรุงร่องน้ำเพื่อการเดินเรือของกรมเจ้าท่า ได้แล้วเสร็จในปี 2531 แต่การเดินเรือในแม่น้ำตอนล่างยังคงประสบปัญหา ไม่สามารถเดินเรือเพื่อการขนส่งทางน้ำได้สะดวกในช่วงฤดูแล้งตามที่คาดหวังไว้ การศึกษาครั้งนี้จึงได้สำรวจสภาพของลำน้ำ และศึกษาข้อมูลพื้นฐานของกรมเจ้าท่า เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของลำน้ำที่มีกระทบต่อการเดินเรือ

4.1 การสำรวจของสภาพลำน้ำ

การสำรวจสภาพลำน้ำมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อสังเกต จดบันทึก และตรวจสอบข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของลำน้ำ คือการพังทลายของตลิ่ง การเกิดแหลมทราย (point bar) และการเกิดสันดอนทราย (sand dune) ในร่องเดินเรือ โดยอาศัยแผนที่ร่องน้ำของกรมเจ้าท่าเป็นแผนที่พื้นฐานในการสำรวจ การสำรวจเป็นการสำรวจทางเรือระหว่าง อ.ตะพานหิน จ.พิจิตร (กม.478) ถึงปากน้ำโพ จ.นครสวรรค์ (กม.379) ซึ่งจะใช้เวลา 2 วัน ต่อการสำรวจ 1 ครั้ง เพื่อตรวจสอบความกว้างร่องน้ำโดยกล้องวัดระยะทาง หยั่งความลึกตรวจสอบผลการสำรวจของกรมเจ้าท่าโดยประมาณ ตรวจสอบตำแหน่งบริเวณที่ขุดลอก และการทิ้งตะกอน รวมทั้งการตรวจสอบสภาพของรอ (groyne) และโครงสร้างป้องกันตลิ่ง (bank protection) ในการศึกษาครั้งนี้ได้สำรวจไว้ 6 ครั้ง ระหว่างเดือน พ.ค.-ธ.ค.2535 ดังรายการข้างล่างนี้และมีผลการสำรวจสรุปไว้ในภาคผนวก ค.1

ครั้งที่ 1	วันที่	2-3	พฤษภาคม	2535
ครั้งที่ 2	วันที่	2-3	มิถุนายน	2535
ครั้งที่ 3	วันที่	17-18	สิงหาคม	2535
ครั้งที่ 4	วันที่	21-22	กันยายน	2535

ครั้งที่ 5 วันที่ 20-21 ตุลาคม 2535
ครั้งที่ 6 วันที่ 10-11 ธันวาคม 2535

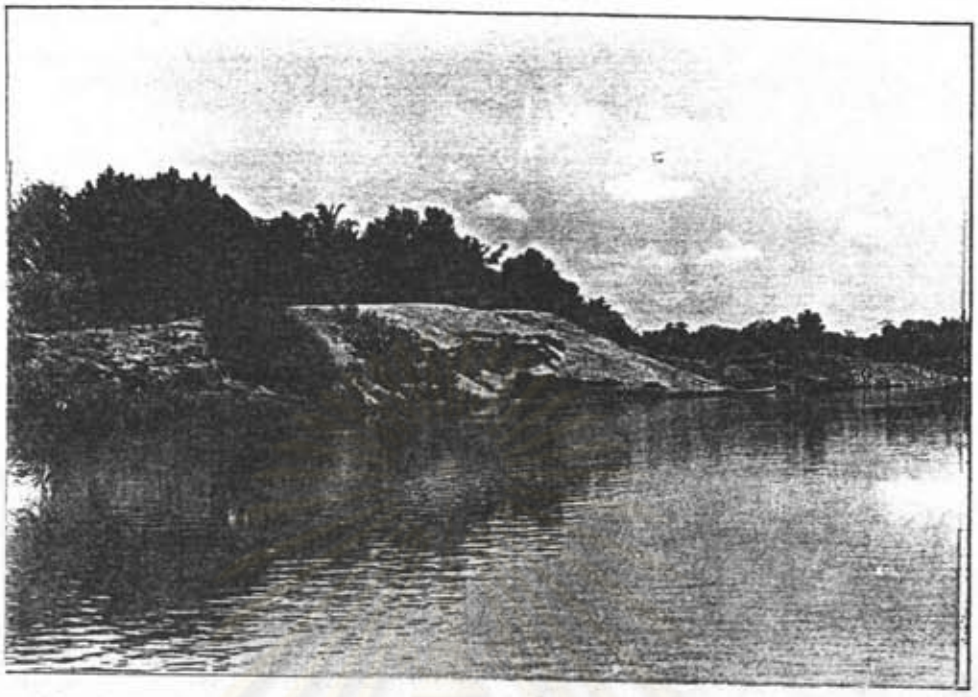
4.2 การกัดเซาะตลิ่ง

การพังทลายของตลิ่งจะมีผลกระทบต่อการเดินเรือ ในกรณีที่มวลดินของตลิ่งที่พังทลายลงสู่ร่องเดินเรือ แล้วกระแสน้ำไม่สามารถพัดพาไปได้ สาเหตุหลักของการพังทลายของตลิ่งของแม่น้ำตะกอนทรายมักจะมีสาเหตุหลักอยู่ 3 ประการได้

1) กระแสน้ำที่รุนแรงพัดพาอนุภาคเล็ก ๆ ของวัสดุที่ไม่มีแรงยึดเหนี่ยว
2) แรงดันของน้ำใต้ดินระหว่างและหลังการลดลงของน้ำหลาก หรือในช่วงเริ่มต้นของฤดูฝนในสภาวะที่ฝนตกหนัก
3) ความแรงคลื่นน้ำที่เกิดจากกระแสลม และความเร็วเรือ

ในสภาพปัจจุบันของแม่น้ำน่านตอนล่างยังไม่พบขนาดของคลื่นที่มีความแรงกัดเซาะตลิ่ง เนื่องจากความคดเคี้ยวของลำน้ำ และความแคบของร่องน้ำที่มีความกว้างเฉลี่ยประมาณ 120 เมตร ทำให้ไม่มีระยะทางของผิวน้ำ ที่กระแสลมจะพัดผ่านได้อย่างต่อเนื่องที่ยาวพอจะเกิดคลื่นที่มีขนาดใหญ่ และรุนแรงพอสำหรับการกัดเซาะตลิ่ง อีกทั้งยังไม่มีการเดินเรือขนาดใหญ่และมากพอที่จะทำให้เกิดคลื่นน้ำที่รุนแรง ปัญหาการพังทลายของตลิ่งในแม่น้ำน่านตอนล่างที่สำรวจพบครั้งนี้ จะมีสาเหตุมาจากกระแสน้ำที่รุนแรงและแรงดันน้ำใต้ดินเป็นหลัก ดังผลการสำรวจที่เสนอในภาคผนวก ค

การกัดเซาะตลิ่งเนื่องจากกระแสน้ำที่รุนแรง จะเกิดขึ้นในบริเวณลำน้ำที่เป็นทรายปนดินที่มีแรงยึดเหนี่ยวต่ำ ซึ่งมักจะเกิดขึ้นบนตลิ่งฝั่งนอกโค้งของลำน้ำ และตลิ่งบริเวณปากคลองสาขา ซึ่งตลิ่งบริเวณดังกล่าวมักจะเป็นตลิ่งที่เกิดจากตะกอนทราย ที่มาตกทับถม และมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดทรายต่ำมาก มีลักษณะเป็นทรายละเอียด การกัดเซาะจะเกิดขึ้นในช่วง ฤดูฝนเป็นส่วนใหญ่เนื่องจากเป็นช่วงที่มีอัตราการไหลในลำน้ำสูง ดังตัวอย่างแสดงในรูป 4-1



รูป 4-1 การหลายของตลิ่งเนื่องจากกระแสน้ำรุนแรง

รูป 4-2 การเลื่อนไหลของตลิ่งเนื่องจากกระแสน้ำรุนแรงและแรงดันน้ำใต้ดิน

ตาราง 4-1 บริเวณคลิ่งที่ถูกกัดเซาะในแม่น้ำน่านตอนล่าง(สำรวจในปี 2535)

ลำดับที่	บริเวณกัดเซาะคลิ่ง	ลักษณะคลิ่ง	รัศมีความโค้ง (เมตร)	ความกว้างสูงสุดลำน้ำ(เมตร)	อัตราส่วนรัศมีความโค้งต่อความกว้าง
1	กม.474.1-473.2 (R)	โค้งนอก	550,350	130,145	4.2,2.4
2	กม.471.9-471.6 (R)	โค้งนอก	380	150	2.5
3	กม.470.2-470.0 (L)	โค้งนอก	500	134	3.7
4	กม.469.4-469.0 (R)	โค้งนอก	400,450	127,124	3.8
5	กม.458.0-457.8 (R)	โค้งนอกมีกระแสน้ำวน	140	200	0.7
6	กม.455.7-455.2 (L)	โค้งนอก	300,300	130,136	2.3
7	กม.454.3-454.1 (L)	โค้งนอก	250	142	1.76
8	กม.450.1-449.7 (R)	ช่วงตรงมีรอยฝั่งตรงข้าม		80(150)	
9	กม.447.9-447.6 (L)	โค้งนอก	520	115	4.5
10	กม.442.0-441.6 (R)	โค้งนอก	430	144	3.0
11	กม.440.6-439.8 (L)	โค้งนอก	340,200,300	125,150,140	2.7,1.3,2.1
12	กม.434.9-434.7 (R)	โค้งนอก	150	127	1.28
13	กม.434.0-433.6 (L)	โค้งนอก	120	140	0.9
14	กม.433.0-432.7 (L)	ช่วงตรงมีรอยฝั่งตรงข้าม		80(170)	
15	กม.432.4-432.2 (L)	โค้งนอก	180	134	1.34
16	กม.432.2-432.0 (L)	โค้งนอกมีรอยฝั่งตรงข้าม	180	100(174)	1.3
17	กม.430.1-429.6 (R)	โค้งนอก	160,150,350	110,140,115	1.5,1.1,3.0
18	กม.414.7-414.2 (L)	โค้งนอก	170	150	1.1
19	กม.413.1-412.0 (L)	โค้งในมีรอยฝั่งตรงข้าม		90(210)	
20	กม.412.3-411.9 (R)	โค้งนอก	190	150	1.3
21	กม.410.0-409.9 (R)	โค้งนอก	135	140	1.0
22	กม.409.6-409.0 (R)	ช่วงตรงมีรอยฝั่งตรงข้าม		80(170)	
23	กม.408.8-408.1 (L)	โค้งนอก	140	110	1.3
24	กม.407.2-406.9 (R)	ช่วงตรงมีรอยฝั่งตรงข้าม		80(185)	
25	กม.406.2-405.8 (L)	โค้งนอก	170	110	1.5
26	กม.403.2-402.8 (R)	โค้งนอก	120	100	1.2
27	กม.402.8-402.0 (R)	ช่วงตรงมีรอยฝั่งตรงข้าม		90(180)	
28	กม.401.8-401.4 (L)	ช่วงตรงมีรอยฝั่งตรงข้าม		90(180)	
29	กม.400.9-400.7 (R)	โค้งนอก	120	120	1.0
30	กม.395.5-395.1 (R)	โค้งนอก	160,500	150,150	1.1,3.3
31	กม.386.4-385.6 (R)	โค้งนอก	590	140	4.2

หมายเหตุ ตัวเลขความกว้างสูงสุดลำน้ำในวงเล็บ หมายถึง ความกว้างร่องน้ำเดิมก่อนการปรับปรุง

การกัดเซาะตลิ่งเนื่องจากแรงดันน้ำใต้ดินในแม่น้ำน่านตอนล่าง จากการสำรวจครั้งนี้ ยังไม่พบสาเหตุการพังทลายของตลิ่ง เนื่องจากแรงดันน้ำใต้ดินเพียงอย่างเดียวที่ชัดเจน แต่พบปัญหาการพังทลายที่เกิดขึ้นผสมผสานระหว่างกระแสน้ำที่รุนแรง และแรงดันน้ำใต้ดิน จากการสำรวจในปี 2535 พบเกิดขึ้นหลังเดือนกันยายนเป็นส่วนมาก ซึ่งในช่วงปลายเดือนกันยายนต่อเนื่องกันเดือนตุลาคม มีความเร็วกระแสน้ำในลำน้ำโดยเฉลี่ยประมาณ 1 เมตร/วินาที พบการพังทลายของตลิ่งลึกเข้าไปบนฝั่งน้ำ จากแนวตลิ่งเดิมประมาณ 2 เมตร โดยเฉลี่ยอยู่ 31 แห่ง ดังแสดงในตาราง 4-1 และมีลักษณะการพังทลายของตลิ่งดังตัวอย่างแสดงในรูป 4-2 ซึ่งเป็นการพังทลายที่เกิดจากกระแสน้ำกัดเซาะบริเวณฐานตลิ่ง (toe of bank) และเกิดแรงดันของน้ำใต้ดินที่ไหลซึมลงไปตามรอยร้าวของมวลดิน ทำให้ผิวบนเกิดการแยกตัวและเลื่อนไถล (slide) ลงสู่ลำน้ำ จากการสังเกตระหว่างการสำรวจพบว่า เสถียรภาพของตลิ่งลำน้ำน่านตอนล่าง มีแนวโน้มเสถียรภาพสูงขึ้นจากตะพานหินสู่ปากน้ำยม และในช่วงใต้ปากน้ำยมลงสู่นครสวรรค์ จะมีแนวโน้มของเสถียรภาพสูงขึ้น แต่สำหรับช่วงลำน้ำบริเวณปากน้ำยม มีเสถียรภาพของตลิ่งฝั่งตรงข้ามปากน้ำยมค่อนข้างต่ำ เนื่องจากมีลักษณะของวัสดุเป็นทรายกลางเป็นส่วนใหญ่

บริเวณตลิ่งที่ถูกกัดเซาะเป็นตลิ่งฝั่งนอกโค้งและช่วงน้ำทางตรงที่มีการก่อสร้างรอ โดยลักษณะของตลิ่งบริเวณโค้งน้ำที่ถูกกัดเซาะ จะมีรัศมีความโค้งไม่เกิน 590 เมตร และมีอัตราส่วนของรัศมีความโค้งต่อความกว้างอยู่ระหว่าง 0.7-4.5 จัดเป็นโค้งน้ำชนิด force bend ตามวิธีการของ Richardson และคณะ (1976) [23] ซึ่งเป็นโค้งที่มีการกัดเซาะค่อนข้างสูงสำหรับลำน้ำตะกอนทราย สำหรับตลิ่งลำน้ำช่วงทางตรงที่มีการกัดเซาะจะมีลักษณะลำน้ำเดิมกว้างและตื้น โดยมีความกว้างมากกว่า 150 เมตร และได้ก่อสร้างรอนับร่องน้ำลดความกว้างลงในปี 2531 เพื่อเพิ่มความสามารถในการพัดพาตะกอน ลดปัญหาการตื้นเขิน แต่ปัจจุบันจะประสบปัญหาการกัดเซาะตลิ่งในฝั่งตรงข้ามรอ และยังคงประสบปัญหาตื้นเขินในฤดูแล้งเช่นที่เคยเป็นในอดีต

4.3 การเกิดแหลมทราย

แหลมทราย (point bar) เป็นผลจากการตกตะกอนตามริมตลิ่งของร่องน้ำ

ด้านฝั่งใน (inner bank) ของโค้งน้ำ และการตกตะกอนบริเวณปากคลองสาขาของแม่น้ำ การเกิดแหลมทรายบริเวณฝั่งในโค้งน้ำเกิดขึ้นเนื่องจาก ขณะที่กระแสน้ำไหลเข้าสู่โค้งน้ำจะเกิดอัตราเร็วขึ้นในบริเวณฝั่งนอกโค้ง ความเร็วกระแสน้ำจะเพิ่มขึ้นสูงกว่าฝั่งใน ซึ่งส่งผลให้เกิดการยกระดับผิวน้ำ ที่บริเวณฝั่งนอกโค้งน้ำยกระดับสูงขึ้นในกรณีที่เป็นทางน้ำที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ แต่สำหรับทางน้ำธรรมชาติที่มีการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำจะเกิดการกัดเซาะท้องน้ำเพิ่มความลึกบริเวณตลิ่งฝั่งนอกโค้งน้ำ เพื่อรักษาระดับผิวน้ำตามขวางยังคงอยู่ในแนวระดับ จากปรากฏการณ์ดังกล่าวจะเกิดการไหลของกระแสน้ำในแนวขวางจากฝั่งนอกโค้งน้ำเข้าสู่ฝั่งในของโค้งน้ำ ซึ่งทำให้เกิดการกัดเซาะท้องน้ำฝั่งนอกโค้งน้ำ พัดพาตะกอนเข้าสู่ฝั่งในโค้งน้ำ เกิดการตกตะกอนเป็นแหลมทรายขึ้น ดังตัวอย่างแสดงในรูป 4-3 และมีผลการสำรวจแสดงในตาราง 4-2 การตกตะกอนเป็นแหลมทรายระหว่าง กม.465.6-433.4 ยังส่งผลให้เกิดการตื้นเขินในร่องเดินเรือ เมื่อความลึกต่ำสุดที่ต้องการของกรมเจ้าท่ากำหนดไว้ที่ 2.2 เมตร

การเกิดของแหลมทรายนอกจากบริเวณฝั่งในของโค้งน้ำแล้ว ยังอาจเกิดขึ้นได้บริเวณปากคลองสาขาที่มีขนาดลำน้ำใหญ่พอสมควร เนื่องจากการปะทะกันของกระแสน้ำจากคลองสาขาและกระแสน้ำในลำน้ำ ประกอบกับคลองสาขามักมีการพัดพาตะกอนทรายออกมามาก ทำให้เกิดการตกตะกอนทับถมเป็นแหลมทรายบริเวณตลิ่ง บริเวณปากคลองสาขา การเกิดแหลมทรายยื่นเข้าไปในร่องน้ำ และมีขนาดแหลมทรายที่สูงกว่าแหลมทรายบริเวณฝั่งในโค้งน้ำ แต่จะมีความยาวของการยื่นเข้าไปในร่องน้ำสั้นกว่า เมื่อเทียบกับแหลมทรายฝั่งในโค้งน้ำดังแสดงในรูปที่ 4-4 ผลการสำรวจพบการเกิดแหลมทรายปากคลองอยู่ทั้งสิ้น 3 แห่ง คือปากคลองสันเทา (กม.465.8 ฝั่งซ้าย) ปากคลองวัว (กม.419.6 ฝั่งขวา) และปากคลองปลากด (กม.402 ฝั่งซ้าย)

4.4 การเกิดสันดอนทราย

การเดินเรือในแม่น้ำน่านตอนล่าง ได้ออกแบบไว้ที่ความลึกต่ำสุดในร่องเดินเรือไว้ 1.7 เมตร ที่อัตราการไหล 70 $ม^3$/วินาที แต่กรมเจ้าท่าได้พยายามรักษาความลึกต่ำสุดของร่องน้ำไว้ที่ 2.2 เมตร ในฤดูแล้งเพื่อให้สามารถเดินเรือได้ตลอดทั้งปี

ตาราง 4-2 บริเวณที่แหลมทรายผุ่งในโค้งน้ำในแม่น้ำน่านตอนล่าง (สำรวจปี 2535)

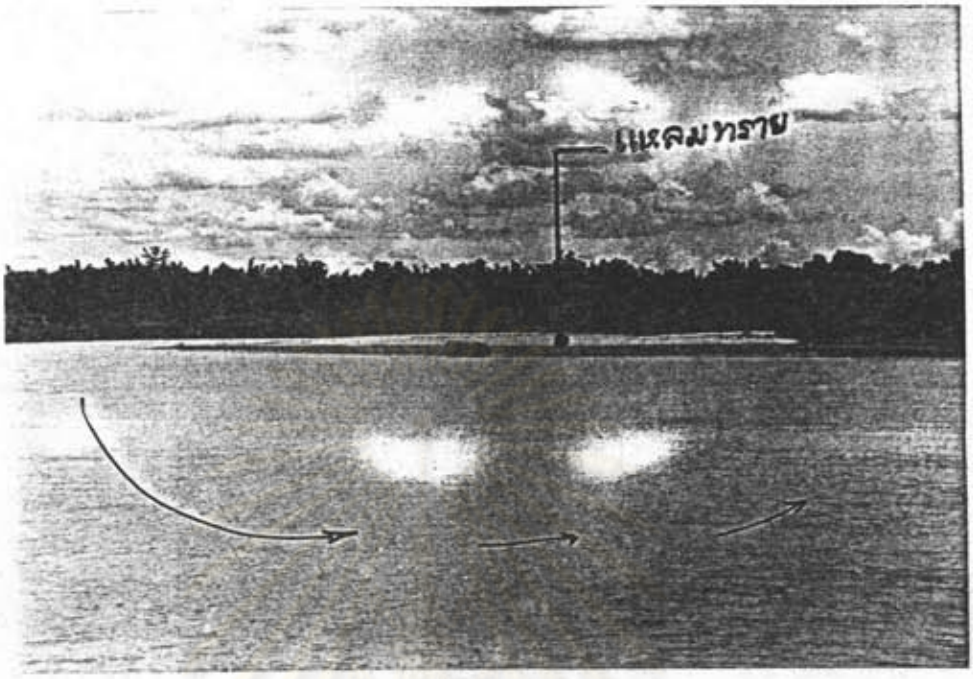
ลำดับที่	บริเวณที่เกิดแหลมทราย	รัศมีความโค้ง,R(ม.)	ความกว้างผิวน้ำต่ำสุด,T(ม.)	ความลึกเฉลี่ยต่ำสุด,D(ม.)	R/T	T/D
1	465.6 - 465.4 (R)	750	74.3	1.7	10.1	43.7
2	464.7 - 464.5 (L)	250	66.2	1.7	3.8	38.7
3	458.9 - 458.8 (R)	130	69.7	1.5	1.9	46.2
4	457.8 - 457.6 (L)	200	87.0	2.0	2.3	44.2
5	438.4 - 437.9 (R)	150	75.7	1.7	2.0	44.8
6	437.6 - 437.0 (R)	280	66.7	2.9	4.2	23.3
7	434.6 - 434.1 (L)	200	65.3	1.9	3.1	33.7
8	433.7 - 433.4 (R)	120	77.4	2.0	1.6	38.5
9	432.1 - 431.4 (L)	600	61.9	2.5	9.7	24.7
10	430.8 - 430.6 (R)	120	78.7	5.9	1.5	13.2
11	430.3 - 430.1 (L)	150	70.4	3.3	2.1	21.6
12	429.9 - 429.7 (L)	420	67.4	4.2	6.2	16.2
13	427.9 - 427.6 (L)	140	85.1	5.5	1.6	15.5
14	414.1 - 415.5 (R)	170	81.1	6.5	2.1	12.6
15	412.0 - 411.8 (L)	190	72.1	3.4	2.6	21.3
16	409.9 - 409.6 (L)	135	80.9	3.5	1.7	23.4
17	408.8 - 408.6 (R)	140	69.7	6.8	2.0	10.2
18	406.1 - 405.8 (R)	170	74.9	5.0	2.3	15.1
19	403.2 - 403.2 (L)	120	79.1	5.3	1.5	15.0
20	402.1 - 401.9 (R)	120	99.1	5.5	1.2	17.9
	เฉลี่ย	228	75.1	3.6	3.2	26.0

หมายเหตุ: R = รัศมีความโค้งร่องน้ำ

T = ความกว้างผิวน้ำที่อัตราการไหล 70 $ม^3$/วินาที

D = ความลึกเฉลี่ยที่อัตราการไหล 70 $ม^3$/วินาที

อัตราการไหล 70 $ม^3$/วินาที เป็นอัตราการไหลต่ำสุดสำหรับการเดินเรือของกรมเจ้าท่า



รูป 4-3 แหลมทรายฝั่งในโค้งน้ำ

รูป 4-4 แหลมทรายปากคลองสาขา

แต่จนถึงปัจจุบันประสบปัญหาการตกตะกอนในร่องเดินเรือ ซึ่งจะต้องขุดลอกในทุก ๆ ปี หลังจากการก่อสร้างปรับปรุงการเดินเรือแล้วเสร็จในปี 2531 จากการสำรวจพบปัญหาการตกตะกอนตื้นเขินในร่องน้ำเกิดขึ้นในช่วงลำน้ำจาก กม.394 ขึ้นไป จนสุดพื้นที่โครงการของการเดินเรือในแม่น้ำน่านตอนล่างคือ กม.474 นอกจากการตกตะกอนเป็นแหลมทรายยื่นจากตลิ่งเข้าไปในร่องน้ำ ทำให้ตื้นเขินและแคบแล้วยังประสบปัญหาตื้นเขินของร่องเดินเรือเนื่องจากการตกตะกอนเป็นสันดอนทราย (sand dune) ในร่องน้ำบริเวณท้ายน้ำโค้งลำน้ำ เนื่องจากบริเวณปลายโค้งน้ำมักเกิดกระแสน้ำหมุนวน (eddy) ทำให้ตะกอนถูกรบกวนและพัดพาไปตกตะกอนในบริเวณท้ายน้ำต่อไป

การตกตะกอนในร่องเดินเรือ เป็นปัญหาที่สำคัญที่สุดของการเดินเรือซึ่งได้กำหนดไว้ที่ความลึก 1.7 เมตร และกรมเจ้าท่าได้พยายามขุดลอกบำรุงรักษาร่องน้ำไว้มีความลึก 2.2 เมตร จากระดับน้ำต่ำสุด โดยได้ทำการสำรวจและขุดลอกบำรุงรักษาในทุกปีตั้งแต่ปี พ.ศ.2532 เป็นต้นมา แต่ปัญหาการตกตะกอนตื้นเขินยังคงพบอยู่ในทุกปี และจะมีตำแหน่งของการตกตะกอนตื้นเขินในบริเวณใกล้เคียงกันในทุกปี จากการสำรวจโดยกรมเจ้าท่าในระหว่าง 19 พ.ย.- 20 ธ.ค.2534 โดยหน่วยเฉพาะกิจเพื่อตรวจสอบร่องน้ำของกรมเจ้าท่า ยังคงพบปัญหาการตื้นเขินของร่องน้ำกระจายอยู่เป็นจำนวนมากในช่วงลำน้ำตั้งแต่ กม.474-393 เมื่อใช้เกณฑ์ความลึกน้อยกว่า 2 เมตร เป็นบริเวณตื้นเขินจะมีผลการสำรวจ ดังแสดงในรูป ค.1-1 ถึง รูป ค.1-39 ในภาคผนวก ค

4.5 ข้อจำกัดการเดินเรือ

การขนส่งทางน้ำโดยเรือบรรทุกขนาดใหญ่ ซึ่งสามารถขนสินค้าได้คราวละมาก ๆ นั้น โดยทั่วไปจะมีค่าใช้จ่ายต่อตันต่ำกว่าเมื่อเทียบกับการขนส่งทางด้านอื่น ๆ กรมเจ้าท่าได้ศึกษาในปี 2518 พบว่าการขนส่งทางน้ำในแม่น้ำน่านตอนล่าง มีค่าใช้จ่ายถูกกว่าการขนส่งทางรถบรรทุก และรถไฟดังโดยมีค่าขนทางน้ำเฉลี่ยประมาณ 65% และ 58% ของการขนส่งโดยรถไฟและรถบรรทุกและในเดือนพฤษภาคม 2529 ได้เริ่มก่อสร้างปรับปรุงแม่น้ำตอนล่างเพื่อการเดินเรือแล้วเสร็จในปี พ.ศ.2531 แต่การเดินเรือในแม่น้ำน่านตอนล่างดังกล่าวไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร เนื่องจากปัจจุบันยังไม่มีการประกอบ

การขนส่งทางน้ำ เพราะผู้ที่จะดำเนินธุรกิจประกอบการเดินเรือไม่มีความเชื่อมั่นว่าจะสามารถเดินเรือได้ตลอดทั้งปี การศึกษาครั้งนี้ได้สำรวจปัญหาทางกายภาพที่อาจเป็นปัญหากับการเดินเรือแม่น้ำน่านตอนล่าง โดยได้วิ่งเรือสำรวจลักษณะและสภาพทางกายภาพของแม่น้ำน่านตอนล่าง ปรากฏการณ์และสภาพของแม่น้ำน่านที่พิจารณาในการศึกษาครั้งนี้ คือลักษณะของโค้งน้ำ ความแคบของร่องเดินเรือ ช่องว่างเหนือผิวน้ำ กระแสน้ำวน และความลึกของร่องเดินเรือ และจากการวิเคราะห์ข้อมูลสภาพลำน้ำ และตรวจสอบสภาพลำน้ำในสนามพบว่ามีข้อสรุปเกี่ยวกับข้อจำกัดการเดินเรือดังจะกล่าว ในหัวข้อย่อยต่อไปนี้

4.5.1 โค้งอันตราย

การขนส่งทางน้ำของประเทศไทยที่คุ้นเคยกันมากที่สุดคือ การใช้ขบวนเรือพ่วง (barg trains) ที่ลากจูงโดยเรือลากจูง (pull tow boat) เป็นระบบที่สามารถเดินเรือได้สะดวกในแม่น้ำที่มีลักษณะคดเคี้ยว แต่จากการศึกษาของกรมเจ้าท่า [9] พบว่าจะมีค่าใช้จ่ายสูงคือ ต้องการแรงงานมากมีค่าใช้จ่ายของแรงงานสูงถึง 20% ของค่าขนส่ง และได้เสนอแบบของเรือบรรทุกสินค้าที่มีค่าใช้จ่ายต่ำกว่า ลักษณะเป็นขบวนเรือเหล็กท้องแบนขับเคลื่อนลูน (push tow boat) ขบวนละ 4 ลำ มีความกว้าง 13 เมตร ยาว 74 เมตร โดยออกแบบความกว้างต่ำสุดของร่องเดินเรือที่ 50 เมตร เพื่อให้สามารถเดินเรือในโค้งอันตรายแบบทางเดียว โดยมีสมมุติฐานว่าความเร็วเรือในโค้งไม่เกิน 5 กม/ชั่วโมง เมื่อความเร็วกระแสน้ำไม่เกิน 1 เมตร/วินาที และมุมหักเลี้ยวของเรือกระทำกับแนวร่องน้ำไม่เกิน 18 องศา

ปัญหาสำหรับการเดินเรือในแม่น้ำน่านตอนล่าง ซึ่งมีลักษณะค่อนข้างคดเคี้ยว จากการสำรวจและออกแบบเพื่อก่อสร้างปรับปรุงร่องน้ำ เพื่อการเดินเรือของกรมเจ้าท่า ในระหว่างปี พ.ศ.2529-2531 พบว่ามีโค้งที่เป็นอุปสรรคต่อการเดินเรือ ดังนั้นโค้งที่มีรัศมีความโค้งน้อยกว่า 300 เมตร อยู่ทั้งสิ้น 70 โค้ง ดังแสดงในตาราง ค.2 และได้ปรับปรุงดัดโค้งให้มีรัศมีเพิ่มขึ้นโดยการก่อสร้างรอ (groynes) และขุดดัดร่องน้ำให้มีรัศมีความโค้งเพิ่มขึ้น เพื่อลดอุปสรรคต่อการเดินเรือ แต่ยังมีโค้งที่เป็นโค้งอันตรายสำหรับการ

เดินเรือซึ่งขบวนเรือไม่สามารถแล่นสวนได้ในฤดูแล้ง เนื่องจากร่องน้ำแคบและมีความโค้งมากมีอยู่ 38 โค้ง ซึ่งมีรัศมีความโค้งไม่เกิน 240 เมตร ดังแสดงในตาราง 4-3 ซึ่งกรมเจ้าท่าได้ติดตั้งป้ายสัญญาณไว้ และกำหนดให้เรือเที่ยวขึ้นต้องจอดรอให้เรือเที่ยวล่องผ่านไปก่อน

สำหรับโค้งที่มีลักษณะเป็นโค้งตวัดกลับ (reverse curve) และมีช่วงต่อโค้ง (crossing) สั้น ๆ ยังคงมีปัญหาในการบังคับขบวนเรือให้อยู่ในแนวร่องเดินเรือได้ยาก จากการสำรวจภาคสนามพบว่าช่วงลำน้ำที่มีลักษณะดังกล่าว ได้แก่ กม.466.2-465.8 กม.438-437.6 กม.434.1-433.7 กม.431.1-430.6 กม.430.6-430.2 ซึ่งมีรายละเอียดของโค้งดังแสดงในตางราง 4.3

4.5.2 ความแคบของร่องน้ำ

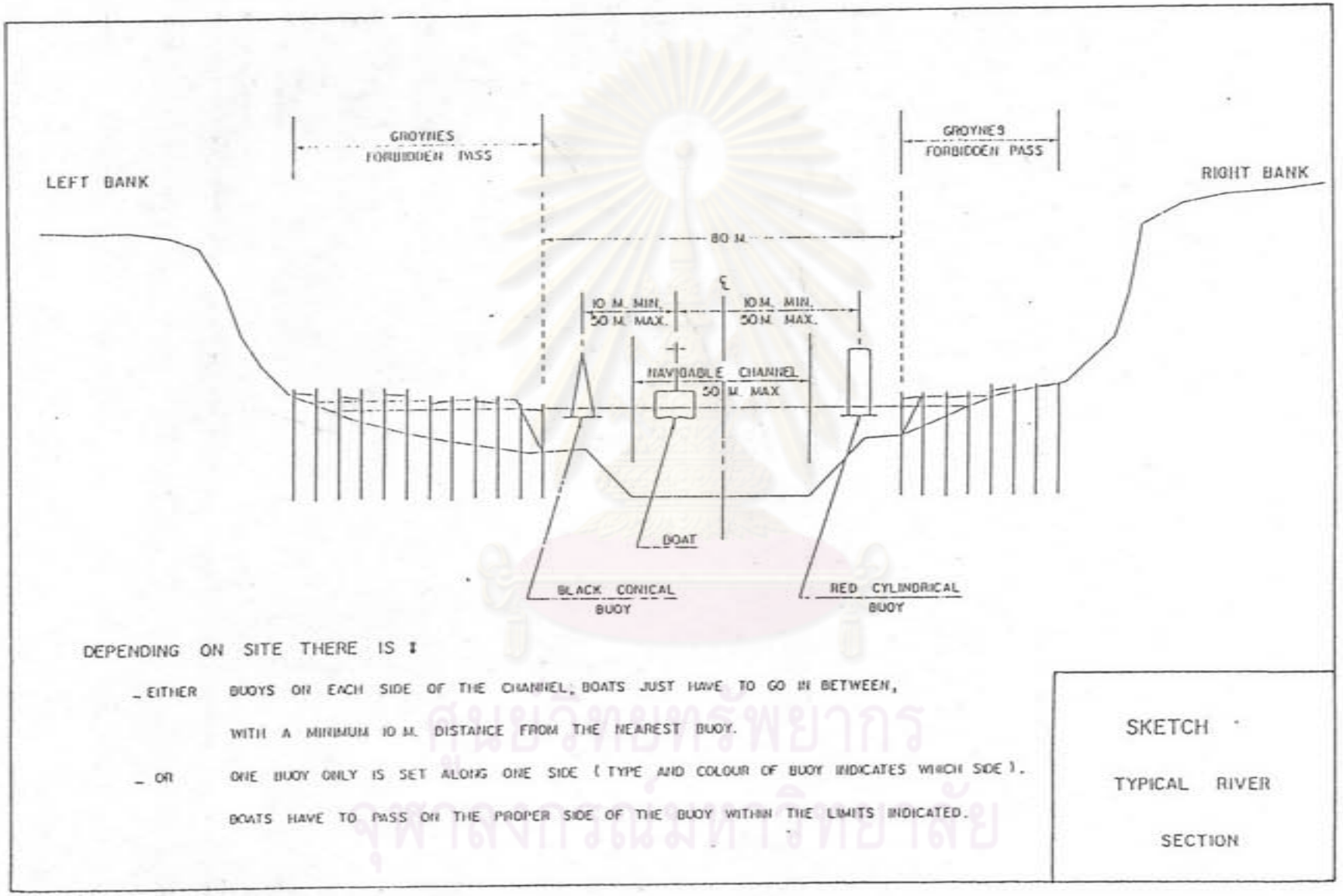
แม่น้ำน่านตอนล่างโดยธรรมชาติ จะมีปัญหาตื้นเขินสำหรับการเดินเรือในฤดูแล้ง ซึ่งได้รับการขุดลอกปรับปรุง เพื่อการเดินเรือให้มีร่องเดินเรือมีลักษณะหน้าตัดดังแสดงในรูป 4-5 โดยมีความกว้างต่ำสุดของร่องเดินเรือในฤดแล้งประมาณ 50 เมตร จากลักษณะดังกล่าวความแคบของร่องน้ำจะไม่เป็นปัญหา สำหรับการเดินเรือในร่องน้ำช่วงทางตรงหรือในโค้งที่มีรัศมีความโค้งมากกว่า 240 เมตร แต่จะประสบปัญหาร่องน้ำแคบในโค้งที่มีรัศมีความโค้งน้อยกว่า 240 เมตร

ปัญหาความแคบของร่องน้ำที่เป็นปัญหาหลักของแม่น้ำน่านตอนล่าง คือปัญหาช่องว่างระหว่างตอม่อสะพานข้ามแม่น้ำน่านของสะพานตะพานหิน (กม.475) และสะพานบางมูลนาก (กม.447.9) ซึ่งเป็นสะพานที่มีช่องว่างระหว่างศูนย์กลางตอม่อเพียง 20 เมตร โดยมีขนาดตอม่อกว้าง 1 เมตรและมีฐานรากกว้าง 2 เมตร ดังแสดงในรูป 4-6 และ 4-7 ซึ่งจะทำให้มีช่องเปิดของสะพานตะพานหินกว้าง 19 เมตร ที่ระดับสูงกว่า +23 ม.รทก. และช่องเปิดกว้าง 18 เมตร ที่ระดับต่ำกว่า +23 ม.รทก. และสะพานบางมูลนากจะมีช่องเปิดกว้าง 19 ม. ที่ระดับสูงกว่า +21 ม.รทก. และช่องเปิดกว้าง 18

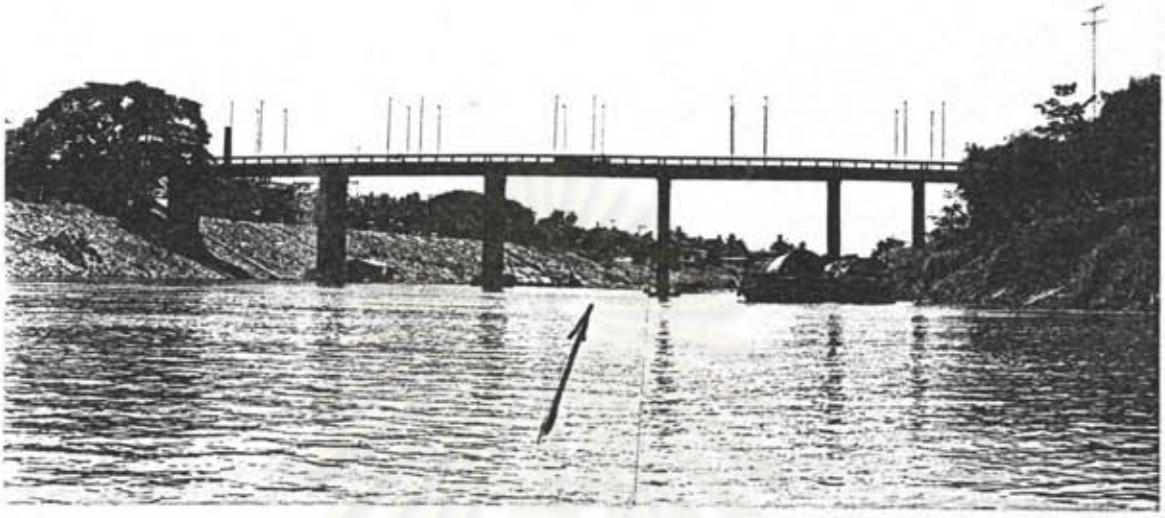
ตาราง 4-3 ลักษณะโค้งน้ำที่มีข้อจำกัดการเดินเรือ

ลำดับที่	หลักกิโลเมตร	รัศมีความโค้ง (เมตร)	ความลึก (เมตร)	ความกว้าง (เมตร)	โครงสร้างปรับปรุงร่องน้ำ
1	473.0	180	3.09	74.62	no groyne
2	465.8	120	2.42	71.67	bank protection no.1
3	464.8	150	1.71	66.15	no groyne
4	458.9	140	3.48	82.70	bank protection no.2
5	458.8	130	1.51	69.74	bank protection no.2
6	457.9	140	5.88	125.16	no groyne
7	440.2	200	2.43	67.35	no groyne
8	438.0	150	5.98	60.19	no groyne
9	437.6	110	2.86	66.68	no groyne
10	437.4	170	2.86	66.68	no groyne
11	434.6	150	1.94	65.50	no groyne
12	434.3	200	1.94	65.31	groyne inner side
13	434.1	160	5.77	61.18	no groyne
14	433.7	120	2.01	77.37	no groyne
15	432.6	200	2.41	92.24	no groyne
16	432.2	180	6.22	71.53	no groyne
17	431.1	180	3.67	71.30	no groyne
18	430.5	120	5.94	78.71	no groyne
19	430.2	160	3.26	70.37	no groyne
20	429.9	150	3.26	70.37	no groyne
21	428.1	200	4.73	65.43	no groyne
22	427.9	165	4.73	65.43	no groyne
23	426.3	150	1.88	86.79	no groyne
24	424.0	200	5.34	62.72	no groyne
25	423.4	220	4.83	59.43	no groyne
26	414.4	170	6.46	81.10	no groyne
27	412.2	190	3.38	72.10	no groyne
28	409.7	135	6.83	74.79	no groyne
29	408.8	240	2.23	75.82	no groyne
30	408.5	140	6.82	69.73	no groyne
31	406.0	170	4.95	74.85	no groyne
32	403.2	120	5.29	79.12	no groyne
33	402.2	120	2.51	80.79	no groyne
34	400.9	130	3.50	112.04	no groyne
35	400.7	120	5.42	75.22	no groyne
36	396.2	140	5.84	100.78	no groyne
37	395.5	160	3.77	99.16	no groyne
38	384.6	220	8.96	100.41	no groyne

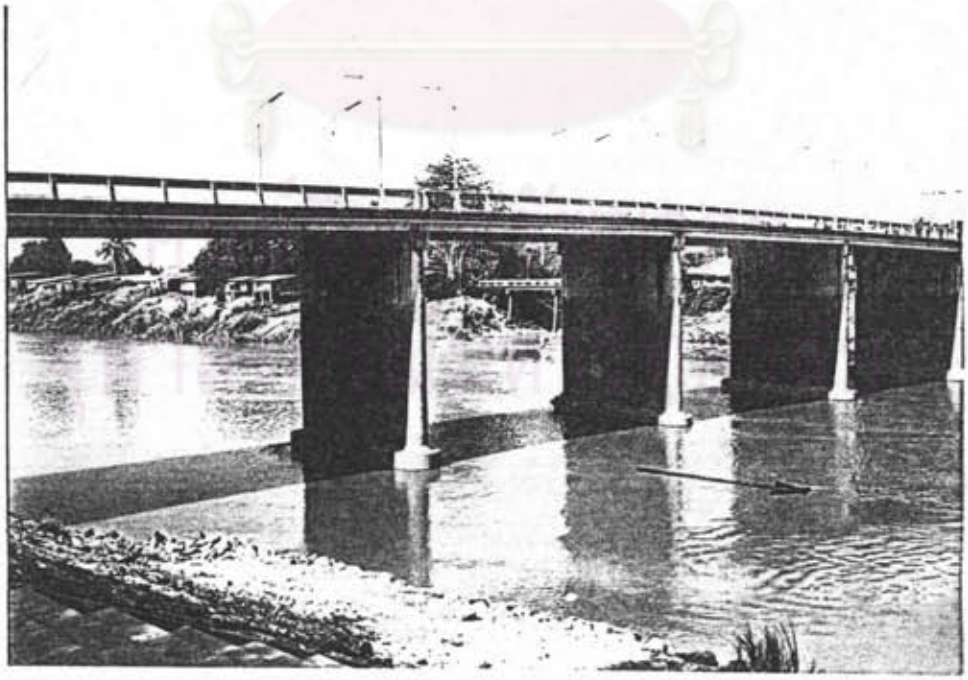
หมายเหตุ ความลึกและความกว้าง หมายถึง ความลึกเฉลี่ย และความกว้างผิวน้ำที่อัตราการไหล 70 ม^3/วินาที



รูป 4-5 รูปตัดร่องเดินเรือในแม่น้ำน่านตอนล่าง



รูป 4-6 ลักษณะช่องเปิดของสะพานตะพานหิน



รูป 4-7 ลักษณะช่องเปิดของสะพานบางมูลนาก

ม. ที่ระดับต่ำกว่า +21 ม.รทก. ซึ่งทำให้ขบวนเรือที่มีความกว้าง 13 เมตร แล่นผ่านค่อนข้างจะอันตราย

4.5.3 ช่องว่างเหนือผิวน้ำ

ช่องว่างเหนือผิวน้ำ หมายถึง ระยะห่างระหว่างผิวน้ำถึงส่วนต่ำสุดของโครงสร้างชนิดต่าง ๆ ที่ข้ามแม่น้ำ ซึ่งจำเป็นต้องมีช่องว่างสูงพอที่จะให้เรือเดินลอดผ่านไปได้ ปัญหาของช่องว่างเหนือผิวน้ำที่จะต้องพิจารณาสัมพันธ์กับระดับน้ำสูงสุด สำหรับแม่น้ำน่านตอนล่างพิจารณาระดับน้ำสูงสุดที่อัตราการไหล 1,000 $ม^3$/วินาที ที่ท่าเรือตะพานหิน (กม.472) และ 1,261 $ม^3$/วินาที ที่ปากน้ำโพ (กม.379)

จากผลการสำรวจความสูงต่ำสุดของโครงสร้างข้ามแม่น้ำน่านตอนล่าง และผลการวิเคราะห์ระดับน้ำสูงสุดด้วยแบบจำลอง HEC-6 มีรายละเอียดการวิเคราะห์ในภาคผนวก ค.3 พบว่าช่องว่างระหว่างผิวน้ำถึงจุดต่ำสุดของโครงสร้างต่าง ๆ ที่ข้ามแม่น้ำน่านตอนล่างจะมีช่องว่างมากกว่า 5 เมตร เกือบทั้งหมด ดังแสดงในตาราง ค.3 มีช่องว่างน้อยกว่า 5 เมตร เพียงจุดเดียวคือกระเช้า (cable car) ข้ามแม่น้ำที่ กม. 455.3 ซึ่งมีช่องว่างต่ำสุดประมาณ 4.6 เมตร ซึ่งผลจากการสำรวจวิเคราะห์ช่องว่างเหนือผิวน้ำไม่พบว่าเป็นปัญหาต่อการเดินเรือ

5.5 <u>กระแสน้ำวน</u>

กระแสน้ำวนนับเป็นปัญหาอีกปัญหาหนึ่งของการเดินเรือ ซึ่งหากกระแสน้ำวนมีความรุนแรงมาก และมีขนาดใหญ่แล้วจะก่อให้เกิดอันตรายต่อการเดินเรือ ในการบังคับทิศทางการเดินเรือในผ่านบริเวณกระแสน้ำวนได้โดยสะดวก ปัญหานี้จะเกิดขึ้นในช่วงอัตราการไหลสูง ๆ ที่เกิดขึ้นในฤดูฝนเมื่อน้ำหลากมามาก ๆ จากผลการสำรวจจะพบว่าบริเวณที่เกิดเป็นกระแสน้ำวน พบอยู่ในช่วงลำน้ำที่อยู่เหนือปากน้ำยมขึ้นไป ดังแสดงในตาราง 4-4 ซึ่งจะพบว่าขนาดของบริเวณที่เกิดเป็นกระแสน้ำวน จะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1/3 ของความกว้างผิวการไหล และจะเกิดขึ้นบริเวณท้ายน้ำฝั่งนอกของ

ตาราง 4-4 ลักษณะลำน้ำที่มีกระแสน้ำวนรุนแรงในแม่น้ำน่านตอนล่าง

ลำดับที่	Rkm.	R (เมตร)	D_{max} (เมตร)	T (เมตร)	R/T	R/D_{max}	T/D_{max}
1	464.9	150	16	135	1.11	9.38	8.44
2	438.0	150	20	120	1.25	7.50	6.00
3	433.7	120	20	120	1.00	6.00	6.00
4	430.5	120	20	150	0.80	6.00	7.50
5	427.5	120	18	120	1.00	6.67	6.67

หมายเหตุ: R = รัศมีความโค้งลำน้ำ

D_{max} = ความลึกสูงสุด

T = ความกว้างสูงสุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โค้งน้ำที่มีรัศมีความโค้งสั้น ๆ ไม่เกิน 150 เมตร ซึ่งเป็นจุดที่มีความลึกสูงสุดมากกว่า 9 เมตรจากระดับน้ำต่ำสุด

การเกิดกระแสน้ำวนจะมีความรุนแรงในช่วงอัตราการไหลสูง ๆ มากกว่า 500 ม^3/วินาที ที่สถานี อ.ตะพานหิน ซึ่งจะมีความเร็วเฉลี่ยของกระแสน้ำในลำน้ำมากกว่า 1 เมตร/วินาที แต่การไหลของน้ำในแม่น้ำน่านตอนล่างมีผิวน้ำกว้างกว่า 100 เมตร อนึ่ง ในบริเวณที่เกิดกระแสน้ำวนนี้ไม่มีการก่อสร้างรอ ดังนั้นการเดินเรือยังคงสามารถเลี่ยงออกจากบริเวณที่เป็นกระแสน้ำวนได้ ในขณะที่มีความรุนแรงเนื่องจากบริเวณที่เกิดกระแสน้ำวนมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1/3 ของความกว้างผิวการไหลดังกล่าวแล้ว แต่ยังคงเป็นปัญหาในกรณีขบวนเรือบรรทุกมีขนาดยาวมาก ซึ่งจะยากต่อการบังคับเรือในโค้งและอาจเป็นอันตราย เนื่องจากเป็นช่วงลำน้ำที่มีข้อจำกัดเกี่ยวกับโค้งอันตรายรวมทั้งกระแสน้ำวนในขณะเดียวกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย