

บทที่ 5

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ในบทนี้จะแสดงผลการศึกษาในกรณีต่าง ๆ พร้อมทั้งวิจารณ์สรุป ในแต่ละกรณี ตามลำดับขั้นตอนการศึกษา

5.1 ผลการปรับเทียบแบบจำลอง

5.1.1 ผลการปรับเทียบแบบจำลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ของความขรุขระ (Manning's n) ที่เหมาะสมของลำน้ำ

จากการปฏิบัติการโปรแกรมเพื่อคำนวณระดับน้ำ โดยไม่ป้อนข้อมูลของตะกอน (Fixed Bed Model) โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระต่างกันจำนวน 4 ค่า คือ 0.03, 0.04, 0.05, 0.06 และ 0.10 โดยเลือกค่าอัตราการไหลของน้ำให้เท่ากับอัตราการไหลในวันที่มีการสำรวจค่าระดับน้ำ ซึ่งเป็นวันที่ทำการสำรวจระดับรูปตัดขวางของรูปตัดขวางนั้น ๆ ข้อมูลที่ได้จึงมีเฉพาะในช่วงที่อัตราการไหลต่ำ ๆ และแต่ละรูปตัดขวางก็มีข้อมูลการสำรวจเพียงครั้งเดียว ยกเว้นรูปตัดขวางที่ 27 ซึ่งมีสถานีวัดน้ำ สำหรับข้อมูลระดับน้ำที่รูปตัดขวางต่าง ๆ ที่มีข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 5-1 ผลการคำนวณค่าระดับน้ำที่รูปตัดขวางต่าง ๆ สำหรับอัตราการไหลที่มีการสำรวจระดับน้ำแยกแสดงตามอัตราการไหล และแสดงเฉพาะรูปตัดขวางที่มีข้อมูลของระดับน้ำที่มีการสำรวจเท่านั้น ดังแสดงในตารางที่ 5-2ก. ถึงตารางที่ 5-2ง. จากตารางดังกล่าวพอจะสรุปได้ ดังนี้

1) การเปลี่ยนแปลงค่า n ที่อัตราการไหลต่ำ ๆ มีผลต่อค่าระดับน้ำน้อยมาก แต่สำหรับที่อัตราการไหลสูงขึ้น การเพิ่มขึ้นของค่า n ทำให้ค่าระดับน้ำเพิ่มสูงขึ้น

2) ที่อัตราการไหลต่ำ ๆ ค่าระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณส่วนใหญ่จะต่ำกว่าค่าระดับน้ำที่ทำการวัดจริง เมื่ออัตราการไหลเพิ่มขึ้นจะมีความใกล้เคียงกันมากขึ้น และที่อัตราการไหลสูง ๆ ค่าระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณจะสูงกว่าค่าระดับน้ำที่ทำการวัดจริง (รูปตัดขวางที่ 27) ซึ่งสาเหตุอาจเนื่องมาจากที่อัตราการไหลต่ำ ๆ สัมประสิทธิ์ความขรุขระของลำน้ำอาจมีค่าสูงกว่าที่ใช้ในการคำนวณ และจะค่อย ๆ ลดลงเมื่ออัตราการไหลเพิ่มขึ้นจนกระทั่งน้อยลงกว่า

ตารางที่ 5-1 ข้อมูลระดับน้ำจากการสำรวจ

รูปตัดขวางที่	วัน/เดือน/ปี/เวลา	ระดับน้ำ (ม.)	อัตราการไหล(ลบ.ม./วินาที)	
			สถานีห้วยแ่งด	สถานีบ้านเข็กใหญ่
1 (R-5)	13/2/85/ 10.45 น.	407.195	1.20	1.92
4 (R-3)	30/1/85/13.00 น.	407.641	1.56	3.2
19 (C-1)	4/2/85/11.00 น.	448.302	1.44	2.48
20 (C-2)	5/2/85/13.25 น.	450.145	1.44	2.48
21 (C-3)	11/2/85/10.45 น.	407.383	1.32	2.12
22 (C-4)	16/2/85/9.20 น.	465.401	1.20	1.92
23 (C-5)	18/2/85/8.50 น.	466.935	1.05	1.68
24 (C-6)	18/2/85/12.45 น.	468.852	1.05	1.68
25 (C-7)	19/2/85/11.55 น.	472.528	1.05	1.68
26 (C-8)	19/2/85/13.10 น.	473.340	1.05	1.68
27 B-1)	3/2/85/10.37 น.	473.63	1.44	2.6
27 (B-1)	12/12/92/11.30 น.	467.55	3.20	4.95

ที่มา : จากสมุดบันทึกการสำรวจ (Field Book) รูปตัดขวางลำน้ำ, กฟผ., 1985

ยกเว้นข้อมูลสุดท้ายซึ่งผู้ศึกษาทำการวัดพร้อมกับการสำรวจระดับรูปตัดขวาง, 1992

ตารางที่ 5-2 เปรียบเทียบความลึกของน้ำจากการคำนวณโดยใช้โปรแกรม HEC-6 กับค่าระดับน้ำที่ทำการสำรวจจริง
 ก. สำหรับ $Q = 59.3$ ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที (1.68 ลบ.ม./วินาที)

รูปตัดขวาง ที่	ความลึกของน้ำจากการคำนวณ (ฟุต)						ความลึกของน้ำ จากการสำรวจ (ฟุต)	
	n = 0.03	n = 0.04	n = 0.05	n = 0.06	n = 0.10		ความลึก	% เพิ่มขึ้น
					ความลึก	% เพิ่มขึ้น		
23	6.30	6.31	6.32	6.34	6.42	1.2	7.05	10
24	5.60	5.63	5.65	5.69	5.86	3	12.63	115
25	9.25	9.26	9.28	9.30	9.40	1	12.19	30
26	14.60	14.60	14.60	14.60	14.62	0.1	18.85	29
27	8.69	8.69	8.69	8.69	8.70	0.1	9.61	10

ข. สำหรับ $Q = 67.75$ ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที (1.92 ลบ.ม./วินาที)

รูปตัดขวาง ที่	ความลึกของน้ำจากการคำนวณ (ฟุต)						ความลึกของน้ำ จากการสำรวจ (ฟุต)	
	n = 0.03	n = 0.04	n = 0.05	n = 0.06	n = 0.10		ความลึก	% เพิ่มขึ้น
					ความลึก	% เพิ่มขึ้น		
1	15.1	16.1	15.1	15.1	15.1	-	15.1	-
2	2.49	2.92	3.17	3.17	3.42	20	4.13	19
3	8.81	8.81	8.81	8.82	8.83	0.1	9.64	9

ตารางที่ 5-2 (ต่อ) เปรียบเทียบความลึกของน้ำจากการคำนวณโดยใช้โปรแกรม HEC-6 กับค่าระดับน้ำที่ทำการสำรวจจริง
ค. สำหรับ $Q = 87.75$ ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที (2.48 ลบ.ม./วินาที)

รูปตัดขวาง ที่	ความลึกของน้ำจากการคำนวณ (ฟุต)						ความลึกของน้ำ จากการสำรวจ (ฟุต)	
	n = 0.03	n = 0.04	n = 0.05	n = 0.06	n = 0.10		ความลึก	%เปลี่ยนแปลง
					ความลึก	%เปลี่ยนแปลง		
19	1.91	1.95	1.98	1.97	1.94	1.5	4.93	154
20	2.99	3.22	3.59	3.83	4.73	23	3.07	35
27	9.21	9.21	9.22	9.22	9.25	0.3	9.91	7

ง... สำหรับรูปตัดขวางที่ 27 กรณีอัตราการไหลสูงขึ้น

อัตราการไหล (ลบ.ฟุต/วินาที)	ความลึกของน้ำจากการคำนวณ (ฟุต)						ความลึกของน้ำ จากการสำรวจ (ฟุต)	
	n = 0.03	n = 0.04	n = 0.05	n = 0.06	n = 0.10		ความลึก	%เปลี่ยนแปลง
					ความลึก	%เปลี่ยนแปลง		
174	9.84	9.84	9.85	9.86	9.91	0.5	9.97	0.6
1,411.5	15.68	15.75	15.83	15.93	16.40	3	13.80	16
5,300	22.88	23.11	23.38	23.68	25.69	8	20.53	20

สัมประสิทธิ์ความขรุขระที่ใช้ในการคำนวณ แต่ทั้งนี้อาจมีสาเหตุอื่นที่มีอิทธิพลต่อค่าระดับน้ำด้วย โดยเฉพาะอิทธิพลของข้อมูลทางด้านกายภาพของลำน้ำจะมีผลต่อค่าระดับน้ำมากที่สุด

3) ในบางรูปตัดขวางค่าระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณจะต่างจากค่าที่ได้จากการวัดจริงมาก สาเหตุน่าจะมาจากสภาพของระดับท้องน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงมากตลอดระยะทางของลำน้ำ ซึ่งข้อมูลรูปตัดขวางลำน้ำที่มีอยู่ห่างกันประมาณ 1,640 (500 ม.) ไม่สามารถที่จะแสดงความเปลี่ยนแปลงของระดับท้องน้ำได้อย่างถูกต้องเท่าที่ควร โดยเฉพาะช่วงที่มีแก่งและการเปลี่ยนระดับท้องน้ำอย่างรวดเร็ว

4) จากการพิจารณารายละเอียดในตารางที่ 5-2 จะเห็นว่า ความลึกของน้ำที่เปลี่ยนไป เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า n จะมีเปอร์เซ็นต์ความเปลี่ยนแปลงเทียบกับความลึกเดิม น้อยมาก ที่อัตราการไหลเดียวกัน รูปตัดขวางที่มีค่าความลึกมากกว่าจะมีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความลึกต่ำกว่า ทั้งนี้สาเหตุเนื่องมาจากผลของสภาพทางกายภาพของลำน้ำที่เป็นแก่งทางด้านท้ายน้ำ ทำให้ค่าความลึกของน้ำมีค่ามาก ทั้งที่อัตราการไหลต่ำ ระดับน้ำจะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงเฉพาะที่ระดับสูงกว่าระดับแก่งทางด้านท้ายน้ำเท่านั้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงค่า n มีผลต่อการเปลี่ยนระดับน้ำน้อย ทำให้เมื่อเทียบเปอร์เซ็นต์ต่อความลึกแล้วจะเห็นว่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความลึกของน้ำมีค่าน้อย เมื่อเทียบกับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่า n เหตุผลอีกอย่างหนึ่งที่ทำให้เปอร์เซ็นต์ของความเปลี่ยนแปลงความลึกมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่า n ก็คือ เนื่องจากการคำนวณการไหลใช้สมการของ Manning คือ

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2} \dots\dots\dots (5-1)$$

$$\text{หรือ } \frac{Qn}{S^{1/2}} = \frac{(Bh)^{5/3}}{P^{2/3}} \dots\dots\dots (5-2)$$

โดยที่ B, h = ความกว้างและความลึก ประสิทธิภาพตามลำดับ

$$P = \text{เส้นขอบเปียก}$$

$$Q = \text{อัตราการไหล}$$

S = ความลาดของท้องน้ำ

จากรูปของสมการที่ 5-2 จะเห็นว่าถ้า Q และ S คงที่ การเปลี่ยนแปลงค่าในเทอมทางซ้ายมือซึ่งขึ้นอยู่กับค่า n เพียงค่าเดียวจะมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลง ตัวแปรทางขวามือทุกตัว โดยเฉพาะค่า B และ h ที่มีกำลังสูงกว่า ทำให้การเปลี่ยนแปลงค่า B และ h มีความไวต่อการเปลี่ยน ค่าของเทอมทางขวามือมากกว่าเมื่อเทียบกับการเปลี่ยนแปลงค่า n ซึ่งเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความลึกของน้ำมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่า n

จากผลการเปรียบเทียบความลึกของน้ำจากการคำนวณ โดยใช้โปรแกรม HEC-6 กับความลึกของน้ำจากการสำรวจตั้งรายละเอียดในตารางที่ 5-2 และตามที่ได้กล่าวแล้วในข้อ 3) ซึ่งค่าความลึกของน้ำจากการคำนวณในบางรูปตัดขวางจะมีความแตกต่างจากความลึกที่ได้จากการคำนวณในเปอร์เซ็นต์สูง และจากผลการตรวจสอบผลการเปลี่ยนแปลงค่า n ต่อการเปลี่ยนแปลงความลึกของน้ำจะมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับค่าความแตกต่างของความลึก จากการสำรวจและการคำนวณจึงเป็นไปได้ว่าสาเหตุของความผิดพลาดน่าจะมาจากสาเหตุอื่น จึงทำให้ไม่สามารถหาข้อสรุปในการเลือกค่า n ได้อย่างชัดเจน ดังนั้นในการเลือกใช้ค่า n ในการศึกษาครั้งนี้จึงจำเป็นต้องอาศัยเกณฑ์ตามคำแนะนำในตำราทางด้านชลศาสตร์ (Chow, 1973) ซึ่งได้รวบรวมเกณฑ์ในการพิจารณาเลือกใช้ค่า n ของการไหลในสภาพต่าง ๆ เอาไว้ (ภาคผนวก ค.) โดยที่สภาพลำน้ำของพื้นที่ศึกษาครั้งนี้เป็นแบบลำน้ำภูเขา (Mountain Stream) และจากสภาพริมฝั่งที่มีความลาดชันสูง ไม่สม่ำเสมอ มีป่ารกทึบทั้งสองฝั่ง การเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำมีมาก วัสดุท้องน้ำเป็นทรายและกรวด มีหินก้อนใหญ่ ไหลเป็นช่วง ๆ ตลอดแนวลำน้ำ ในการศึกษาครั้งนี้จึงเลือกใช้ค่า $n = 0.05$ สำหรับการวิเคราะห์การกัดเซาะ และการตกตะกอนในขั้นตอนต่อไป ซึ่งในทรรศนะของผู้เชี่ยวชาญบางท่าน (รศ.ดร.ชัยพันธุ์ รักรวิชัย) มองว่าอาจจะต่ำไป ซึ่งเป็นเรื่องสมควรได้รับการพิจารณาศึกษาเพิ่มเติมในโอกาสต่อไป

5.1.2 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองเพื่อหาช่วงเวลาการคำนวณ (Time Interval) ที่เหมาะสม

จากการดำเนินการปรับเปลี่ยนแบบจำลองตามรายละเอียดและขั้นตอนตามที่กล่าวในบทที่ 4 โดยใช้อัตราการไหล 3 ค่า คือ 35, 882, และ 26,300 ลูกบาศก์ฟุต ทำการปฏิบัติการโปรแกรม โดยใช้ช่วงเวลาการคำนวณเท่ากับ 0.25, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, และ



20 วันตามลำดับ โดยทำการคำนวณซ้ำ 5 ครั้ง สำหรับแต่ละช่วงเวลาการคำนวณ ต่อเนื่องกันไป ทุกช่วงเวลาการคำนวณ จากผลการปฏิบัติการโปรแกรมเลือกรูปตัดขวางลำน้ำที่ 27, 26, 25, 14, 13, 7 และ 5 ซึ่งเป็นรูปตัดขวางที่มีการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำมาก และเป็นรูปตัดส่วนที่อยู่ด้านเหนือน้ำ ช่วงกลาง และช่วงท้ายน้ำตามลำดับ ซึ่งมีทั้งรูปตัดที่มีการกัดเซาะ และรูปตัดที่มีการตกตะกอนมาทำการลงจุดกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำกับเวลา ผลที่ได้ตั้งแสดงในรูปที่ 5-1 ถึง 5-7

พิจารณารูปที่ 5-1 ถึง 5-7 โดยใช้เกณฑ์การพิจารณาช่วงเวลาการคำนวณที่เหมาะสมตามที่แนะนำในคู่มือการใช้โปรแกรม HEC-6 คือ การเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำในแต่ละช่วงเวลาของการคำนวณไม่ควรเกิน 1 ฟุต หรือไม่เกิน 1 ใน 10 ของความลึกของน้ำ โดยที่แนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำค่อนข้างคงที่ จะได้ข้อสรุปสำหรับแต่ละรูปตัดขวางดังต่อไปนี้ คือ

1) สำหรับรูปตัดขวางที่ 27 กรณีอัตราการไหลเท่ากับ 35 และ 882 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที จะมีการตกตะกอนเพิ่มขึ้นที่รูปตัดขวางดังกล่าว และจากกราฟจะเห็นว่าเมื่อเวลาผ่านไป ความลาดของกราฟจะเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะการเพิ่มขึ้นของช่วงเวลาการคำนวณ ทำให้การเปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงเวลาของการคำนวณเพิ่มขึ้น และสำหรับกรณีอัตราการไหล 882 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที เมื่อเวลาผ่านไปมาก ๆ จะมีแนวโน้มเข้าสู่สภาวะสมดุลย์ สำหรับกรณีที่อัตราการไหลสูง คือ 26,300 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที เมื่อช่วงเวลาแรกของการคำนวณผ่านไปจะเห็นว่าจะมีการกัดเซาะอย่างทันทีทันใด ลึกประมาณ 1 ฟุตเศษ หลังจากนั้นการกัดเซาะจะเริ่มน้อยลงและเริ่มคงที่ไปตลอดสาเหตุอาจเนื่องมาจากการเข้าสู่สภาวะสมดุลย์ หรือท้องน้ำเข้าสู่สภาวะด้านการกัดเซาะ (Armoring) ถ้าหากไม่พิจารณาช่วงเวลาแรกของการคำนวณ ซึ่งอาจเนื่องมาจากการกำหนดเงื่อนไขเบื้องต้นไม่ดี จะสรุปได้ว่า ผลการคำนวณการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ ตลอดทุกช่วงเวลาของการคำนวณไม่เกินเกณฑ์กำหนดดังกล่าวข้างต้น จึงสามารถเลือกใช้ช่วงเวลาการคำนวณได้สูงที่สุดถึง 20 วัน สำหรับทุกค่าของอัตราการไหลที่พิจารณา

2) สำหรับรูปตัดขวางที่ 26 กรณีอัตราการไหลเท่ากับ 35 และ 882 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที เมื่อช่วงเวลาการคำนวณผ่านไปจะมีการกัดเซาะที่รูปตัดขวางนี้ โดยที่การเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำค่อนข้างคงที่ และการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำในแต่ละช่วงเวลาของการคำนวณไม่เกิน 0.1 ฟุต และเมื่อเวลาผ่านไปจะเห็นว่าระดับท้องน้ำจะคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง เพราะถึงขั้นหินแข็งซึ่งกำหนดไว้ที่ความลึก 2 ฟุต ดังนั้นสำหรับอัตราการไหลเท่ากับ 35 และ 882 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที จึงสามารถเลือกใช้ช่วงเวลาการคำนวณสูงที่สุดตามที่พิจารณา คือ 20 วัน ส่วนกรณีอัตรา

การไหลเท่ากับ 26,300 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที ถ้าหากไม่พิจารณาช่วงเวลาแรกของการคำนวณจะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำที่ช่วงเวลาต่ำกว่า 1 วัน จะมีค่าไม่มากนัก แต่เมื่อทำการคำนวณที่ช่วงเวลาเท่ากับ 1 วันผ่านไป 3 ช่วงเวลา การเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำจะมีค่ามากจนถึงขั้นหินแข็ง ดังนั้นการเลือกช่วงเวลาการคำนวณสำหรับอัตราการไหล 26,300 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที จึงไม่ควรเกิน 1 วัน และสังเกตเห็นว่าเมื่อเวลาผ่านไปการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำจะมีการขึ้นลงไม่แน่นอนเกิดจากความไม่มีเสถียรภาพ (Non Stable) ของผลการคำนวณซึ่งจะไม่พิจารณาในช่วงดังกล่าวนี้

3) สำหรับรูปตัดขวางที่ 25 กรณีอัตราการไหลเท่ากับ 35 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที การเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำในแต่ละช่วงเวลาการคำนวณมีค่าน้อย ดังนั้นที่ช่วงเวลาการคำนวณสั้น ๆ จึงแทบมองไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ เมื่อช่วงเวลาการคำนวณเพิ่มขึ้นจนมากกว่า 3 วัน การเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำในแต่ละช่วงเวลาของการคำนวณจะเพิ่มมากขึ้น ทำให้ความลาดของกราฟมากขึ้น และมีแนวโน้มเข้าสู่สภาวะสมดุลเมื่อมีการกัดเซาะลึกระมาณ 2 ฟุต การเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำในแต่ละช่วงเวลาของการคำนวณตลอดทุกช่วงเวลาที่มีค่าไม่เกิน 1 ฟุต จึงสามารถเลือกใช้ช่วงเวลาการคำนวณได้สูงสุดถึง 20 วัน

กรณีอัตราการไหลเท่ากับ 882 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที จะเกิดการกัดเซาะที่รูปตัดขวางนี้ โดยที่อัตราการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำค่อนข้างคงที่จนการกัดเซาะลึกระมาณ 3 ฟุต ผลการคำนวณการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำจะเริ่มขึ้นลงไม่เป็นระเบียบ ซึ่งจะไม่พิจารณาในส่วนนี้ ดังนั้นช่วงเวลาการคำนวณสูงสุดที่สามารถเลือกใช้ได้คือ 15 วัน

กรณีอัตราการไหลเท่ากับ 26,300 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที จะมีการกัดเซาะที่รูปตัดขวางนี้ หากไม่พิจารณาช่วงเวลาแรกของการคำนวณ ค่าการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ แต่ละช่วงเวลาของการคำนวณ ตลอดช่วงเวลาของการคำนวณ มีค่าไม่เกิน 1 ฟุต จึงสามารถเลือกใช้ช่วงเวลาการคำนวณได้สูงสุด แต่อย่างไรก็ตามต้องพิจารณาที่รูปตัดขวางอื่นประกอบด้วย

4) สำหรับรูปตัดขวางที่ 14 กรณีอัตราการไหลเท่ากับ 35 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที จะมีการตกตะกอนตลอดทุกช่วงเวลาของการคำนวณ โดยที่การเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำในแต่ละช่วงเวลาของการคำนวณมีค่าน้อยตลอดทุกช่วงเวลาของการคำนวณที่พิจารณา ดังนั้นจึงเลือกช่วงเวลาการคำนวณสูงสุดได้ถึง 20 วัน

สำหรับกรณีอัตราการไหลเท่ากับ 882 และ 26,300 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที กราฟจะมีลักษณะคล้ายกันคือ ช่วงแรก ๆ ของการคำนวณจะมีการตกตะกอนที่รูปตัดขวางนี้ แต่เมื่อช่วงเวลาผ่านไปแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำจะค่อย ๆ เปลี่ยนไปเป็นการกัดเซาะที่รูปตัดขวางนี้ จากการพิจารณาสาเหตุอาจเนื่องมาจาก ผลกระทบจากรูปตัดขวางทางด้านเหนือน้ำ เพราะถ้าหากพิจารณาารูปตัดขวางทางด้านเหนือน้ำ (รูปตัดขวางที่ 27, 26, 25) จะเห็นว่าที่อัตราการไหลสูงในช่วงแรก ๆ ระดับท้องน้ำจะถูกกัดเซาะอย่างรวดเร็ว ทำให้ปริมาณตะกอนที่ไหลมากับน้ำมีปริมาณมาก เมื่อมาถึงรูปตัดขวางที่ต่ำลงมาทางท้ายน้ำ ถ้าหากความสามารถในการพัดพาตะกอนของรูปตัดขวางนั้นน้อยกว่าปริมาณตะกอนที่ไหลเข้า ก็จะทำให้เกิดการตกตะกอนขึ้น แต่เมื่อเวลาผ่านไปจะเห็นว่าระดับท้องน้ำของรูปตัดขวางทางด้านเหนือน้ำเริ่มคงที่ เนื่องมาจากเริ่มเข้าสู่สภาวะสมดุลย์ หรือเกิดภาวะต้านการกัดเซาะ (Armoring) หรือถึงขั้นหินแข็ง ทำให้ปริมาณตะกอนที่ไหลมากับน้ำเข้าสู่รูปตัดขวางทางด้านท้ายน้ำน้อยลง จนอาจต่ำกว่าความสามารถในการพัดพาตะกอนของรูปตัดขวางนั้น จึงทำให้เริ่มมีการกัดเซาะที่รูปตัดขวางดังกล่าว จนกว่ารูปตัดขวางนั้นจะปรับตัวเข้าสู่สภาวะสมดุลย์ หรือจนกว่าจะถึงขั้นที่ต้านการกัดเซาะ แต่อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำในแต่ละช่วงเวลาการคำนวณไม่เกิน 1 ฟุต จึงสามารถเลือกใช้ช่วงเวลาการคำนวณได้สูงถึง 20 วัน

5) สำหรับรูปตัดขวางที่ 13 จะเกิดการตกตะกอนที่รูปตัดขวางนี้ สำหรับอัตราการไหลทั้ง 3 ค่าที่พิจารณา โดยที่อัตราการไหลเท่ากับ 35 และ 882 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที การเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำในแต่ละช่วงเวลาของการคำนวณตลอดทุกช่วงเวลาของการคำนวณไม่เกิน 1 ฟุต จึงสามารถเลือกใช้ช่วงเวลาของการคำนวณได้สูงถึง 20 วัน สำหรับกรณีอัตราการไหล 26,300 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที เมื่อช่วงเวลาการคำนวณเกิน 1 วัน การเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำจะมีค่ามาก (มากกว่า 1 ฟุต) ดังนั้นจึงเลือกใช้ช่วงเวลาการคำนวณไม่เกิน 1 วัน

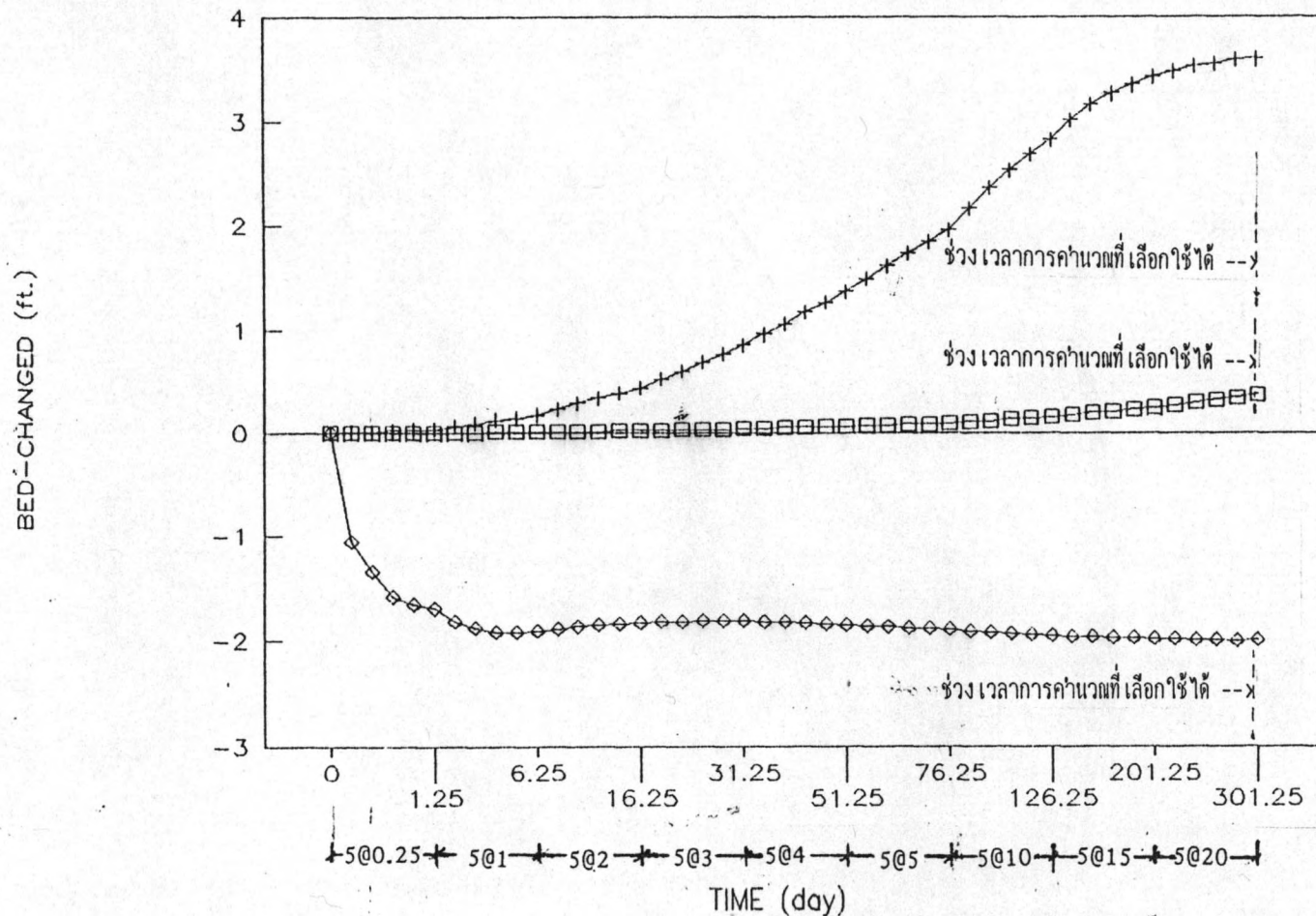
6) สำหรับรูปตัดขวางที่ 7 ผลการคำนวณแสดงว่าที่ช่วงเวลาการคำนวณสั้น ๆ จะเกิดการตกตะกอนที่รูปตัดขวางนี้ สำหรับอัตราการไหลทั้ง 3 ค่า โดยค่าการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำในแต่ละช่วงเวลาการคำนวณมีค่าน้อยกว่า 0.1 ฟุต ในบางช่วงเวลาของการคำนวณจะมีการกระโดดของเส้นกราฟ ซึ่งน่าจะมีอิทธิพลมาจากการเปลี่ยนแปลงของรูปตัดขวางทางด้านเหนือน้ำ สำหรับอัตราการไหลเท่ากับ 882 และ 26,300 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที ที่ช่วงเวลาการคำนวณท้าย ๆ (มากกว่า 5 วัน) จะเริ่มมีการกัดเซาะซึ่งอธิบายได้ด้วยเหตุผลเดียวกับข้อ 4) จากผลการคำนวณการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำในแต่ละช่วงเวลาของการคำนวณจะมีค่าน้อยตลอดทุกช่วงเวลาของการคำนวณ สำหรับอัตราการไหลทั้ง 3 ค่า จึงสามารถเลือกใช้ช่วงเวลาการคำนวณได้

สูงถึง 20 วัน สำหรับอัตราการไหลที่พิจารณาทั้ง 3 ค่า

7) สำหรับรูปตัดขวางที่ 5 กรณีอัตราการไหลเท่า 35 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที จะมีการตกตะกอนตลอดทุกช่วงเวลาของการคำนวณ ด้วยค่าการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำที่ต่ำสามารถเลือกใช้ช่วงเวลาการคำนวณได้ถึง 20 วัน กรณีอัตราการไหลเท่ากับ 882 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที จะมีการตกตะกอนตลอดทุกช่วงเวลาการคำนวณ ด้วยค่าการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำในแต่ละช่วงเวลาของการคำนวณไม่เกิน 1 ฟุต แต่ที่ช่วงเวลาของการคำนวณมากกว่า 10 วัน ระดับท้องน้ำจะมีการเปลี่ยนแปลงชั้นลงเห็นได้ชัดแสดงถึงความไม่มีเสถียรภาพของผลการคำนวณ จึงเลือกช่วงเวลาของการคำนวณไม่เกิน 10 วัน กรณีอัตราการไหลเท่ากับ 26,300 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที จะมีการตกตะกอนที่รูปตัดขวางนี้ โดยมีช่วงเวลาของการคำนวณน้อยกว่า 1 วัน การเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำในแต่ละช่วงเวลาของการคำนวณมีค่าน้อย (น้อยกว่า 1 ฟุต) แต่เมื่อช่วงเวลาของการคำนวณมากกว่า 1 วัน ผลการคำนวณการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำจะเริ่มมีค่ามาก และมีการเปลี่ยนแปลงชั้นลง แสดงถึงความไม่มีเสถียรภาพของผลการคำนวณ ดังนั้นจึงเลือกช่วงเวลาของการคำนวณไม่เกิน 1 วัน

จากรายละเอียดการพิจารณาผลการคำนวณการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ สำหรับอัตราการไหลเท่ากับ 35, 882 และ 26,300 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที ที่รูปตัดขวางต่าง ๆ ทั้ง 7 รูปตัดขวาง สำหรับอัตราการไหลแต่ละค่าเลือกช่วงเวลาการคำนวณที่เหมาะสมที่สามารถใช้ได้กับทุกรูปตัดขวาง สรุปได้ว่าสำหรับอัตราการไหล 35 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที ช่วงเวลาการคำนวณที่เหมาะสมไม่เกิน 20 วัน สำหรับอัตราการไหล 882 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที ช่วงเวลาการคำนวณที่เหมาะสมไม่ควรเกิน 10 วัน และที่อัตราการไหล 26,300 ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที ช่วงเวลาการคำนวณที่เหมาะสมไม่ควรเกิน 1 วัน จากข้อสรุปนี้ไปสร้างกราฟเพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการปรับค่าอัตราการไหลเฉลี่ยรายวัน ให้เป็นอัตราการไหลเฉลี่ยตามช่วงเวลาการคำนวณที่เหมาะสม ดังรูปที่ 5-8 ผลการปรับอัตราการไหลเฉลี่ยรายวันของปี 1985-1991 ให้เป็นอัตราการไหลตามช่วงเวลาการคำนวณที่เหมาะสมแสดงไว้ในภาคผนวก ค.

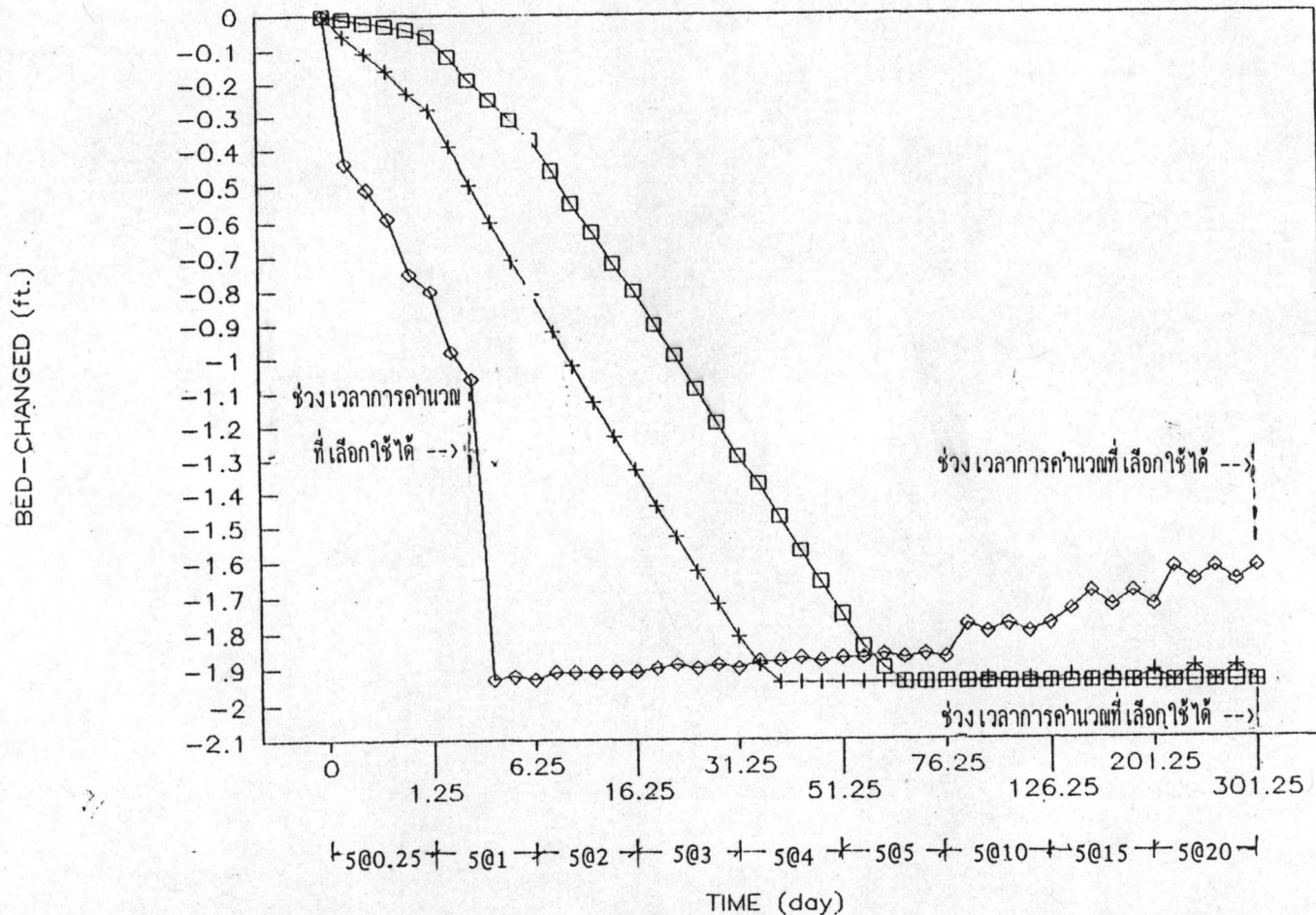
RELATIONSHIP BETWEEN BED-CHANGED & TIME FOR SECTION 27



รูปที่ 5-1 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ กับเวลาสำหรับรูปตัดขวางที่ 27

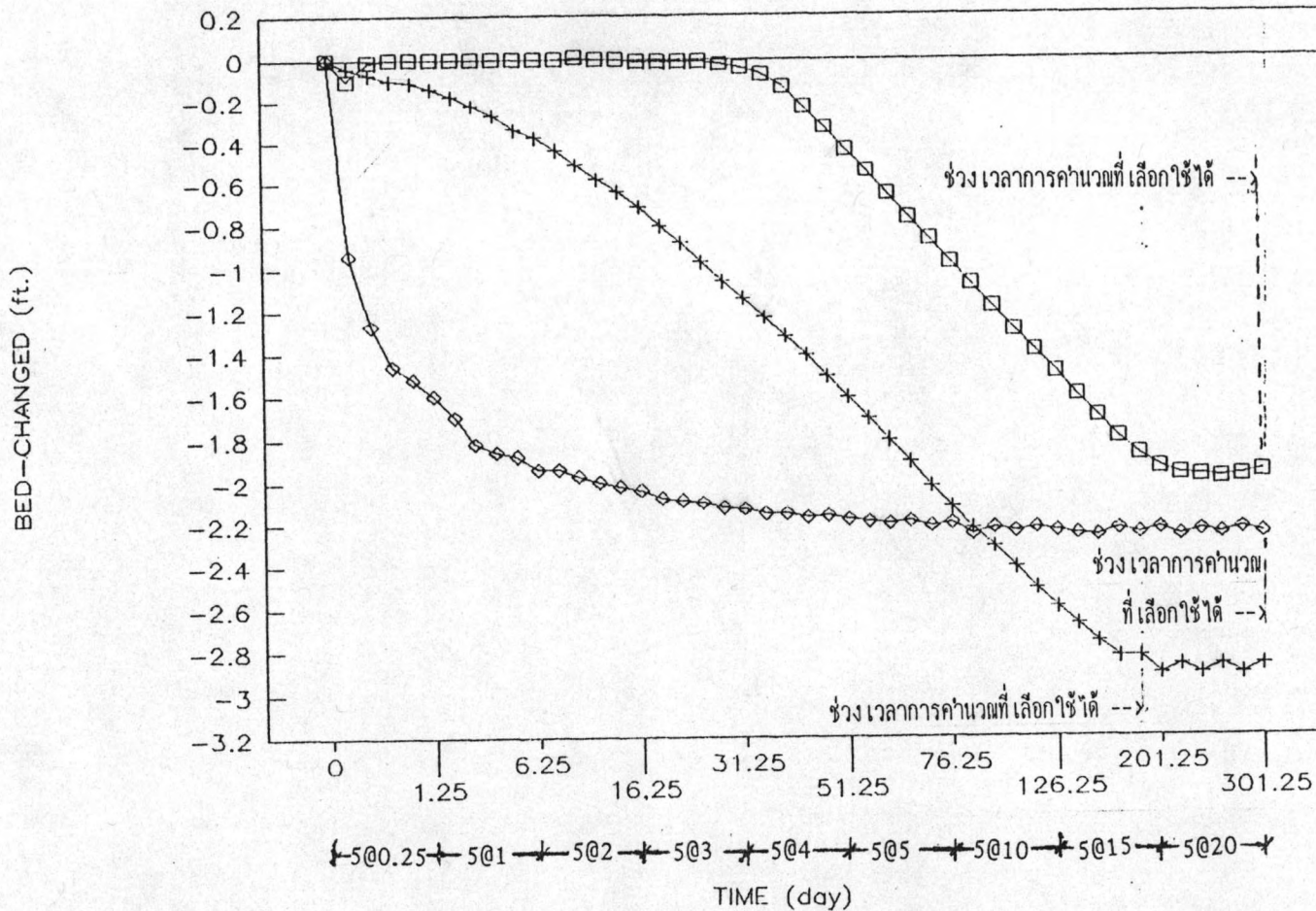
RELATIONSHIP BETWEEN BED-CHANGED & TIME

FOR SECTION 26



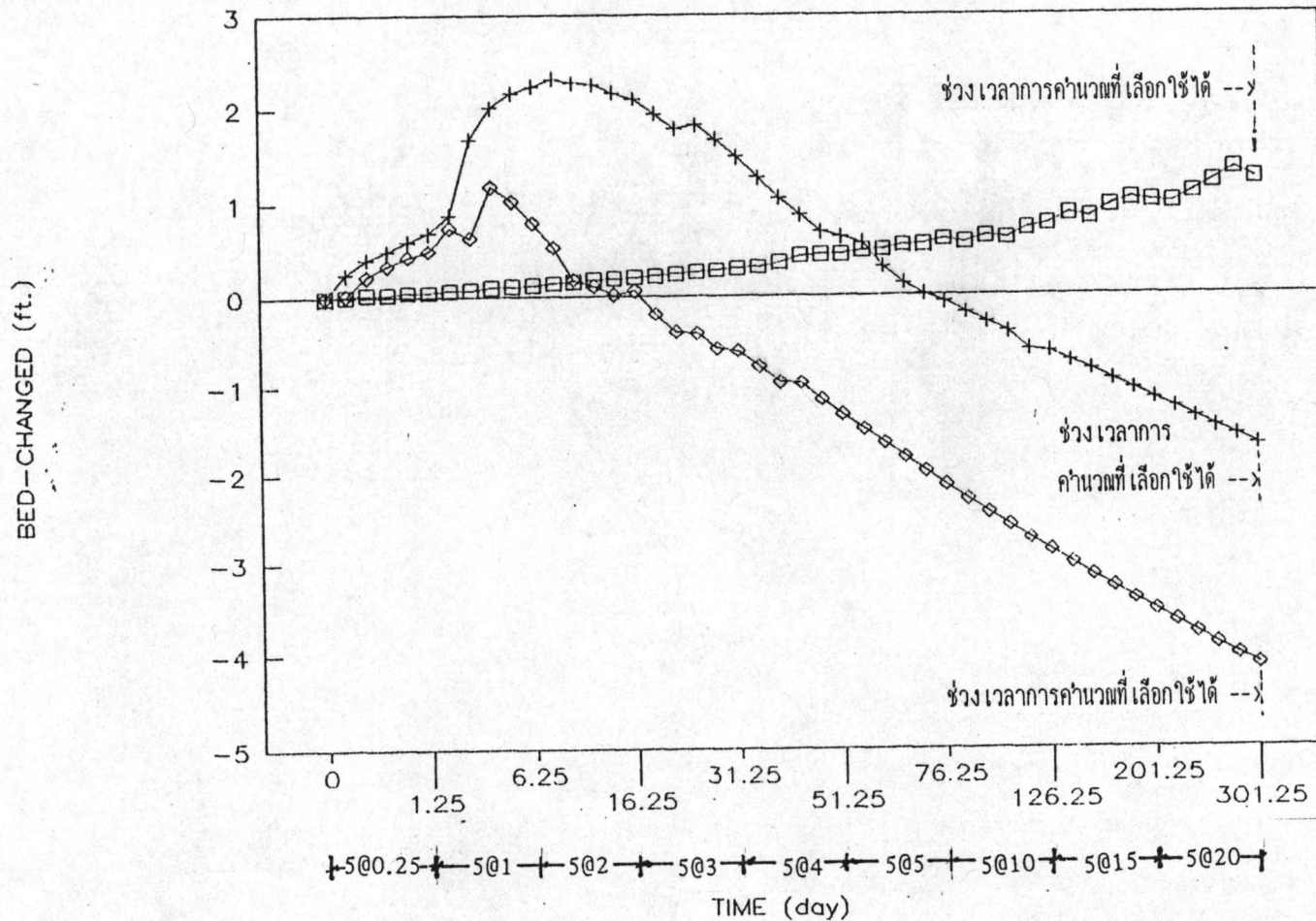
รูปที่ 5-2 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ กับเวลาสำหรับรูปตัดขวางที่ 26

RELATIONSHIP BETWEEN BED-CHANGED & TIME FOR SECTION 25



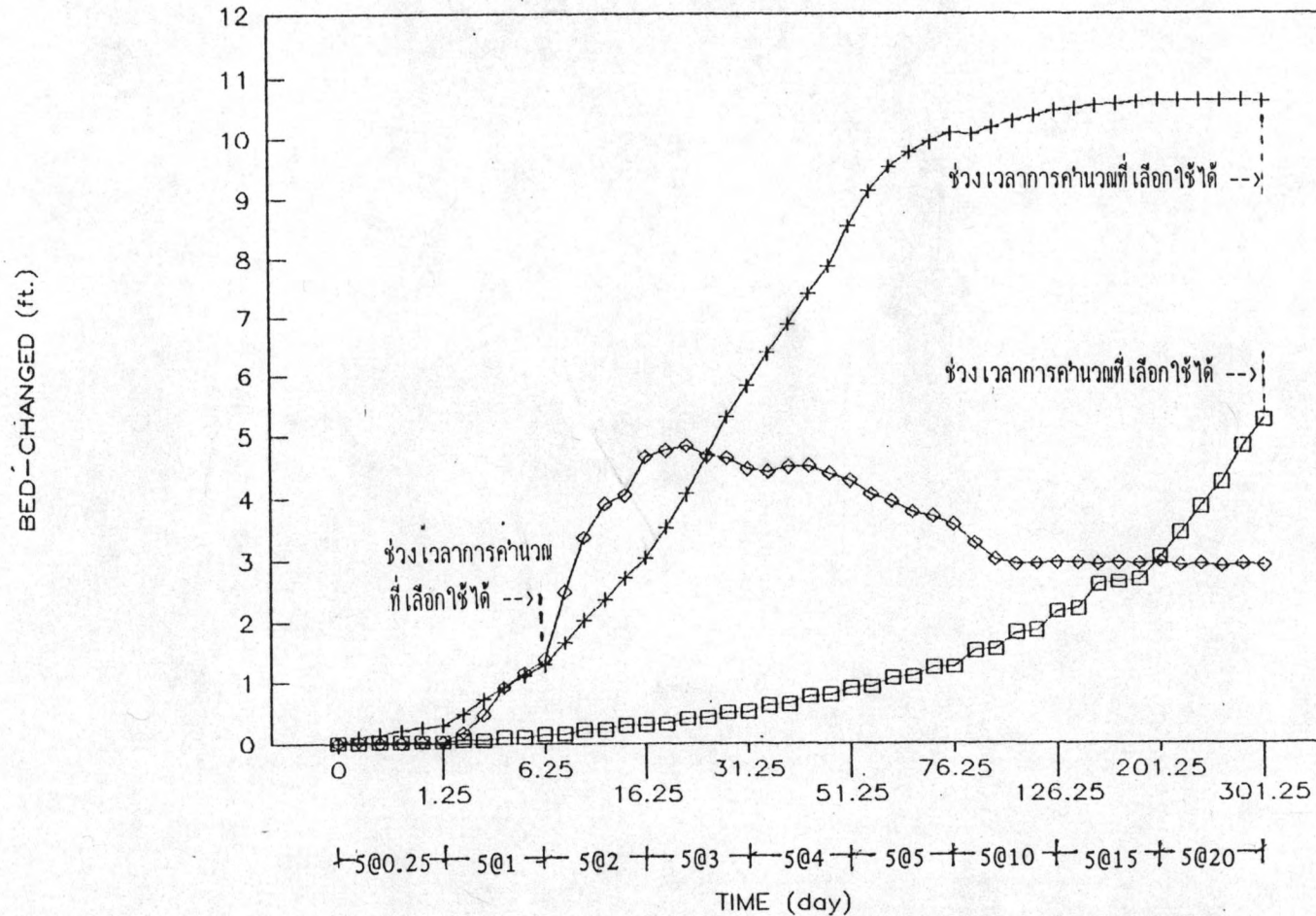
รูปที่ 5-3 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ กับเวลาสำหรับรูปตัดขวางที่ 25

RELATIONSHIP BETWEEN BED-CHANGED & TIME FOR SECTION 14



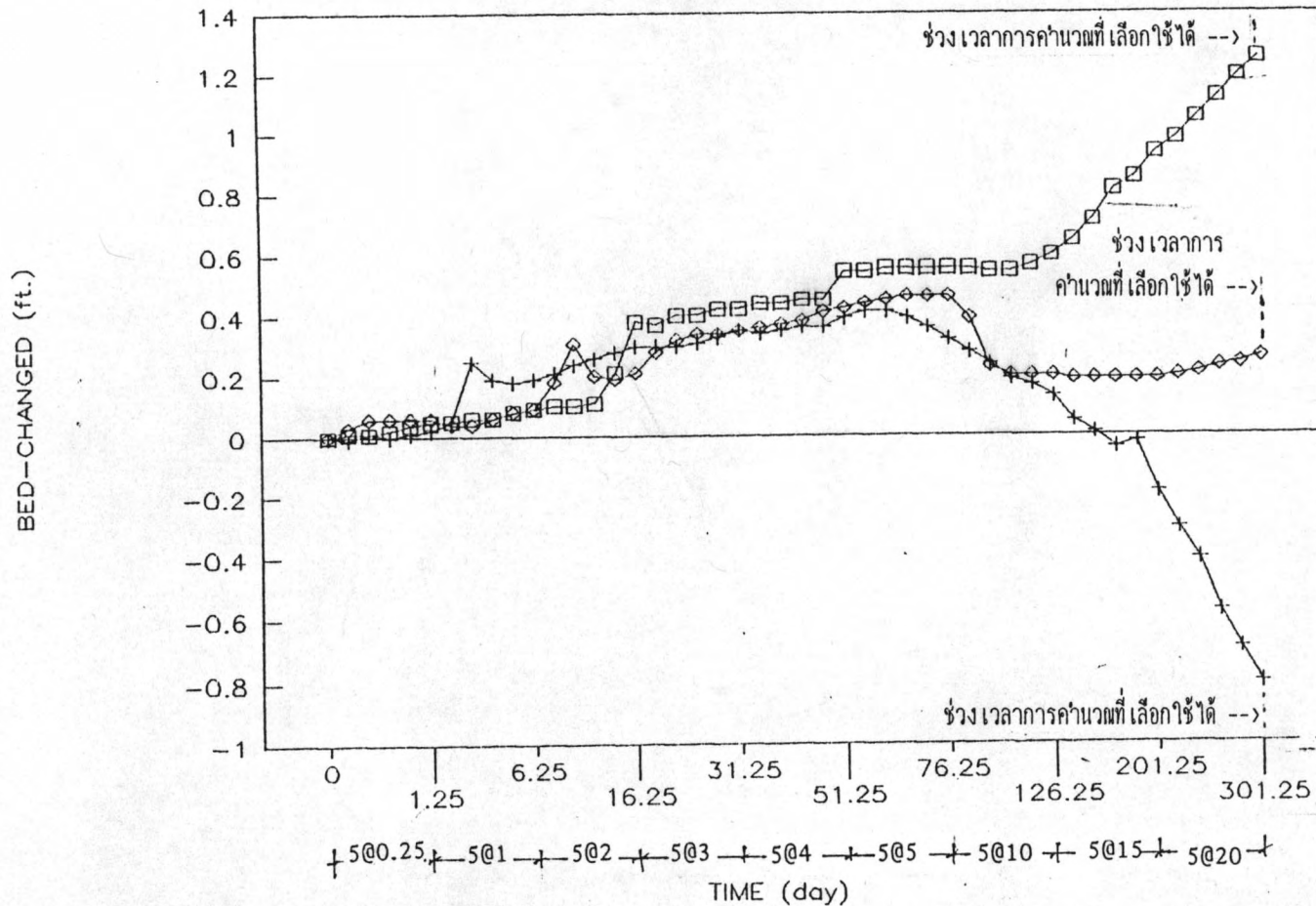
รูปที่ 5-4 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ กับ เวลาสำหรับรูปตัดขวางที่ 14

RELATIONSHIP BETWEEN BED-CHANGED & TIME FOR SECTION 13



รูปที่ 5-5 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ กับเวลาสำหรับรูปตัดขวางที่ 13

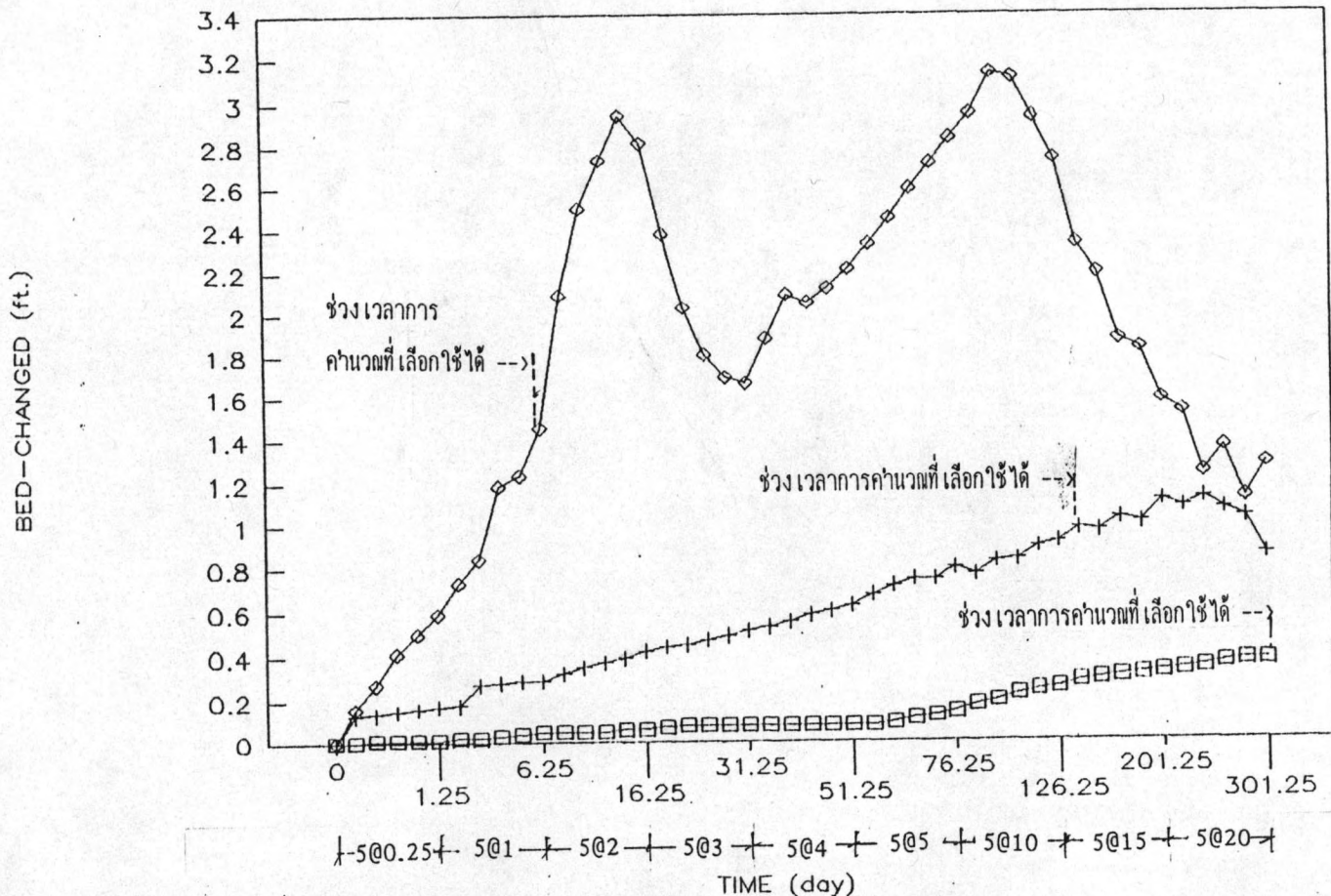
RELATIONSHIP BETWEEN BED-CHANGED & TIME FOR SECTION 7



FOR Q = 35 cfs.
 FOR Q = 882 cfs.
 FOR Q = 26,300 cfs.

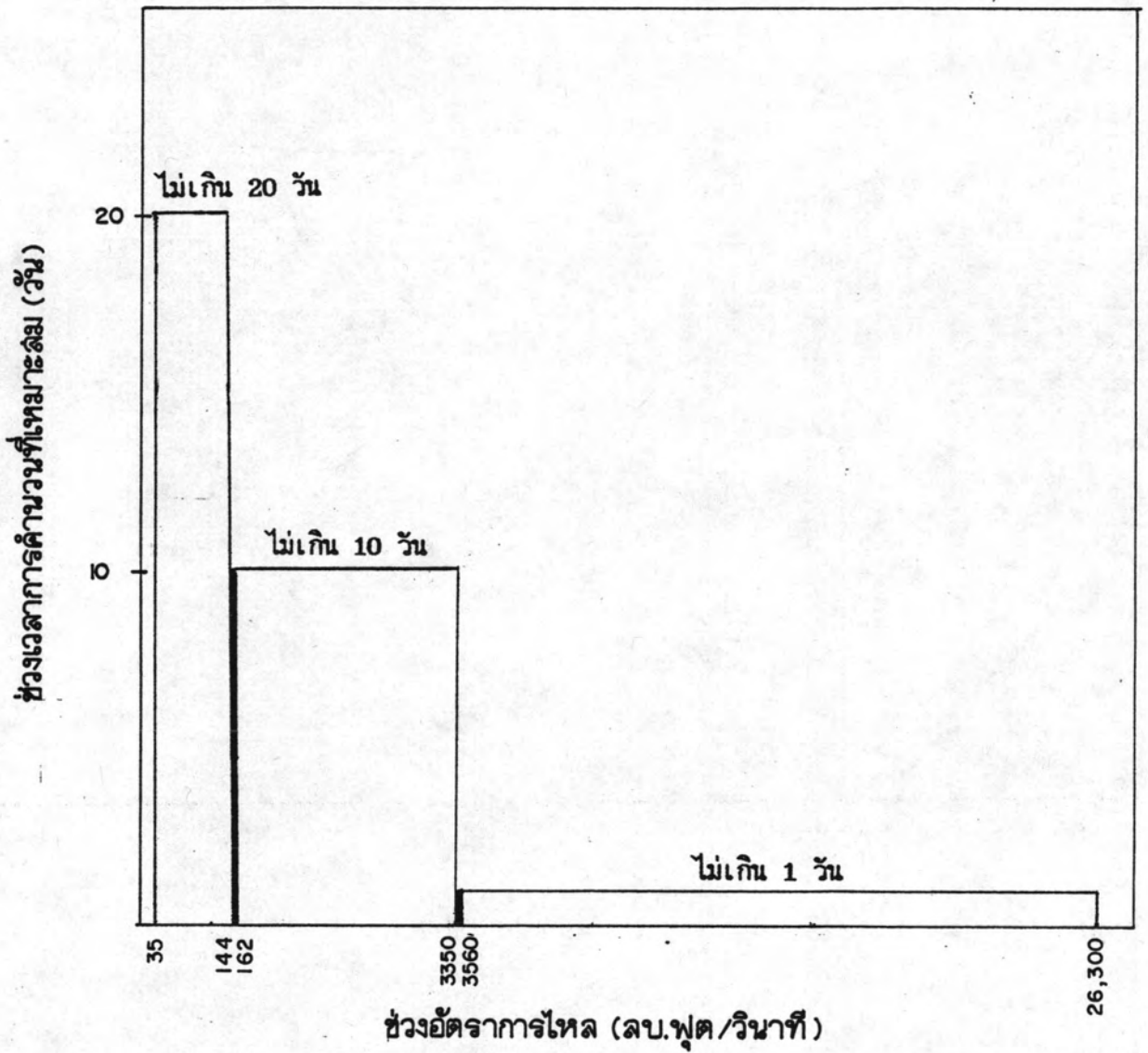
รูปที่ 5-6 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ กับเวลาสำหรับรูปตัดขวางที่ 7

RELATIONSHIP BETWEEN BED-CHANGED & TIME FOR SECTION 5



□ FOR Q = 35 cfs.
+ FOR Q = 882 cfs.
◇ FOR Q = 26,300 cfs.

รูปที่ 5-7 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ กับเวลาสำหรับรูปตัดขวางที่ 5



รูปที่ 5-8 เกณฑ์ในการพิจารณาเลือกช่วงเวลาการคำนวณที่เหมาะสม

5.2 ผลการวิเคราะห์การกัดเซาะ และการตกตะกอนในสภาพลำน้ำเดิม

จากการวิเคราะห์การกัดเซาะและการตกตะกอนในสภาพลำน้ำเดิมตามรายละเอียดของวิธีการซึ่งได้กล่าวแล้ว ในหัวข้อ 4.4 โดยการเลือกใช้ความสัมพันธ์สำหรับคำนวณการเคลื่อนตัวของตะกอน 5 ความสัมพันธ์ คือ Toffaleti (1969), Meyer-Peter and Muller (1948), Yang's Streampower (1973), Ackers-White (1973), และ Colby (1964) โดยวัตถุประสงค์เพื่อที่จะเปรียบเทียบความเหมาะสมในการเลือกใช้ความสัมพันธ์การเคลื่อนตัวของตะกอน เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์โครงการต่อไป เนื่องจากความสัมพันธ์ทั้ง 5 มีพื้นฐานที่มาแตกต่างกันดังกล่าวมาแล้วในบทที่ 4 ทั้งนี้ โดยใช้ขนาดของเม็ดตะกอนเป็นเกณฑ์การเลือกในเบื้องต้น ซึ่งผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ จากปี 1985 ถึงปี 1992 โดยใช้เงื่อนไขการไหลตามตารางการไหลของน้ำที่ได้ปรับตามช่วงเวลาการคำนวณที่เหมาะสมแล้ว (ตารางที่ ค-5) และใช้ความสัมพันธ์ในการคำนวณการเคลื่อนตัวของตะกอนทั้ง 5 ความสัมพันธ์ดังแสดงในตารางที่ 5-3 และเมื่อนำผลการคำนวณมาลงจุดกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำตามแนวรูปตัดตามยาวของลำน้ำ จะได้ตามรูปที่ 5-9 และ 5-10 โดยรูปที่ 5-9 แสดงการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำจากรูปตัดขวางที่ 1 ถึงรูปตัดขวางที่ 16 และ รูปที่ 5-10 แสดงการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำจากรูปตัดขวางที่ 15 ถึงรูปตัดขวางที่ 27

เปรียบเทียบผลการคำนวณการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ กับข้อมูลการสำรวจจริง ซึ่งทำการสำรวจเมื่อธันวาคม 1992 เฉพาะรูปตัดขวางที่ข้อมูลน่าเชื่อถือคือรูปตัดขวางที่ 14 (PH-A) และรูปตัดขวางที่ 27 (B-1) โดยลงจุดระดับท้องน้ำ จากการสำรวจที่รูปตัดขวางดังกล่าวในรูปที่ 5-9 และ 5-10 นอกจากนั้น ได้ลงจุดกราฟเปรียบเทียบระดับรูปตัดขวางเดิม (1985) กับรูปตัดขวางที่ทำการสำรวจใหม่ (1992) พร้อมทั้งลงจุดผลการคำนวณการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำที่ระดับต่ำสุด ดังแสดงในรูปที่ 5-11 และ 5-12 ซึ่งผลการเปรียบเทียบพอสรุปได้ดังนี้

1) จากรูปที่ 5-9 และ 5-11 สำหรับรูปตัดขวางที่ 14 ผลการคำนวณแสดงว่ามีการกัดเซาะที่รูปตัดขวางนี้ ยกเว้น ผลการคำนวณโดยใช้ความสัมพันธ์การเคลื่อนตัวของตะกอนของ Ackers-White ซึ่งจะมีการตกตะกอนหนา 0.83 ฟุต ความลึกของการกัดเซาะเท่ากับ 6.32, 6.32, 1.62 และ 5.88 ฟุต สำหรับผลการคำนวณที่ใช้ความสัมพันธ์ของ Toffaleti, Meyer-Peter and Muller, Yang's Streampower, และ Colby ตามลำดับ จากผลการสำรวจรูปตัดขวางที่ 14 เมื่อเดือนธันวาคม 1992 ปรากฏว่าระดับท้องน้ำที่รูปตัดขวางนี้ มีการเปลี่ยนระดับขึ้นลงไม่เป็นระเบียบ เนื่องจากมีก้อนหินไหลเป็นช่วง ๆ ซึ่งหาก

ตารางที่ 5-3 เปรียบเทียบผลการคำนวณการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ จากปี 1985 ถึง 1992 โดยใช้ความล้มพันธ์การเคลื่อนตัวของตะกอน 5 ความล้มพันธ์

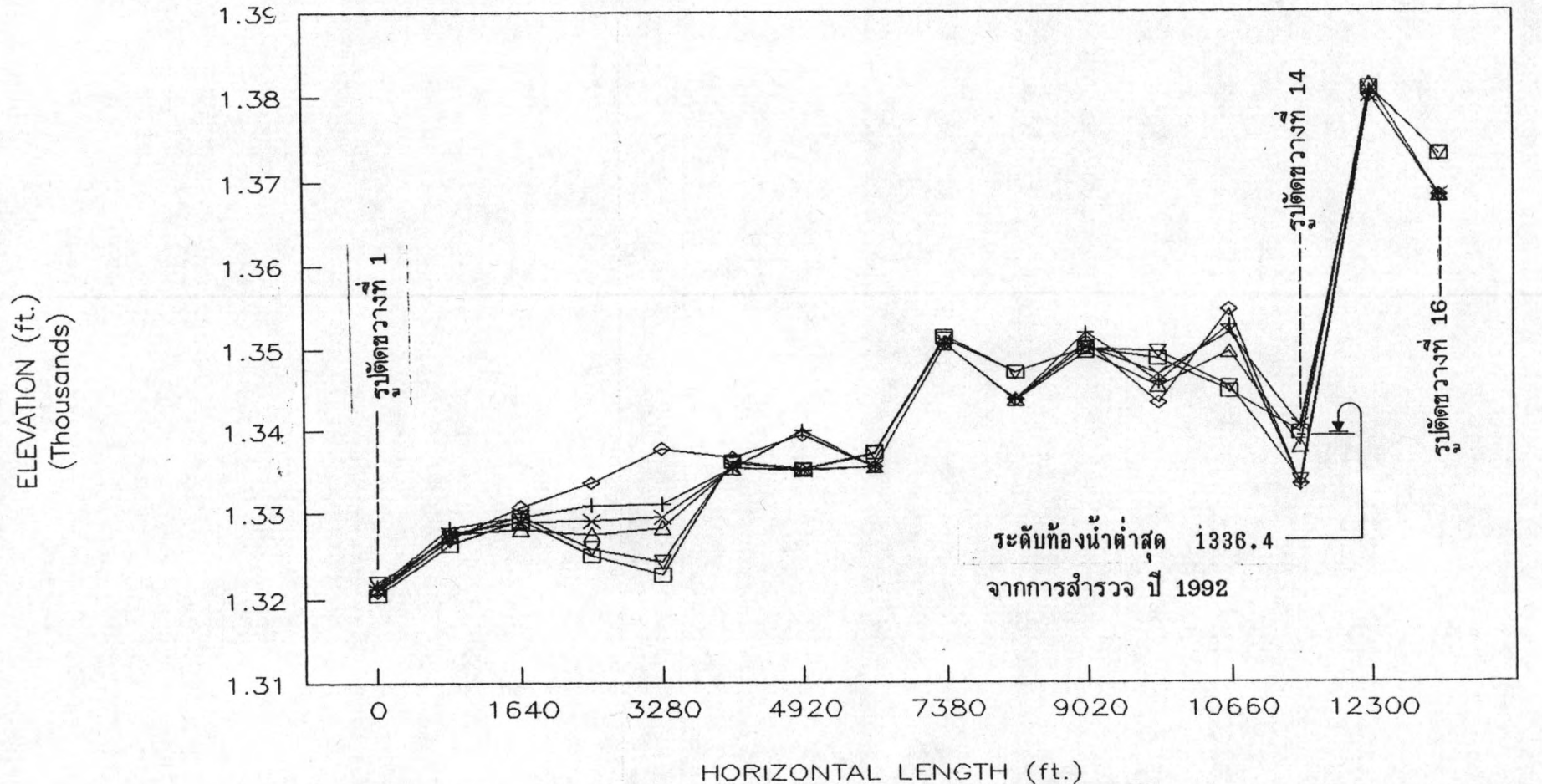
รูปตัดขวาง ที่	ระดับท้องน้ำ ปี 1985 (ฟุต)	การเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำเมื่อสิ้นปี 1992 (ฟุต)				
		TOFFA.	MEYER.	YANG	ACKER.	COLBY
27	1543.6	5.20	5.64	3.98	6.51	11.42
26.5	1550.3	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0
26	1533.7	-1.95	-1.93	-1.95	-1.95	-0.05
25.5	1546.7	0.02	0.04	-0.01	0.2	-0.01
25	1537.7	-2.84	-2.79	-2.87	-2.87	-0.12
24.5	1544.9	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0
24	1525.2	-4.77	-4.77	-4.78	-4.78	-0.12
23	1524.5	0.19	-4.6	-4.44	-4.37	-0.02
22.5	15288.6	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0
22	1521.6	-3.82	-3.82	-3.82	-3.883	-0.12
21.5	1519.8	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01
21	1490.8	-2.87	-2.87	-2.87	-2.87	-0.12
20.5	1498.8	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01
20	1473.4	-2.887	-2.87	-2.887	-2.87	-0.12
19.5	1473.5	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01
19	1465.5	-4.78	-4.78	-4.78	-4.788	-1.1
18	1445.8	-1.91	-1.9	-1.91	-1.91	-0.15
17	1425.5	-4.78	-4.78	-4.78	-4.78	-0.26
16	1373	-4.88	-4.88	-4.88	-4.88	-0.05
15	1380.9	-0.97	-0.98	0.35	-0.98	-0.05
14	1339.6	-6.32	-6.32	-1.62	0.83	-5.88
13	1344.8	7.9	9.86	4.74	7.11	0.55
12	1348.7	-2.8	-5.39	-3.3	-1.87	0.84

ตารางที่ 5-3 (ต่อ) เปรียบเทียบผลการคำนวณการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ จากปี 1985 ถึง 1992 โดยใช้ความสัมพันธ์การเคลื่อนตัวของตะกอน 5 ความสัมพันธ์

รูปตัดขวาง ที่	ระดับท้องน้ำ ปี 1985(ฟุต)	การเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำเมื่อสิ้นปี 1992 (ฟุต)				
		TOFFA.	MEYER.	YANG	ACKER.	COLBY
11	1350	1.88	0.68	-0.48	0.18	-0.05
10	1347.1	-3.3	-3.36	-3.4	-3.31	-0.09
9	1351.4	-0.86	-0.87	-0.87	-0.87	-0.24
8	1337.3	-1.72	-1.74	-1.73	-1.73	-0.11
7	1335.3	4.57	4.12	-0.1	-0.2	-0.11
6	1336.3	-0.81	0.41	-0.87	-0.86	-0.24
5	1322.8	8.19	14.99	5.44	6.61	1.54
4	1325.1	5.78	8.53	2.38	3.9	0.79
3	1329.1	0.35	1.56	-1	-0.12	0.43
2	1326.4	1.89	0.59	1.21	1.27	0.78
1	1320.5	1.07	0.5	0.86	0.56	1.5

CHANGED OF THALWEGE PROFILE(1985-1992)

COMPARISON 5 TRANSPORTED FUNCTIONS

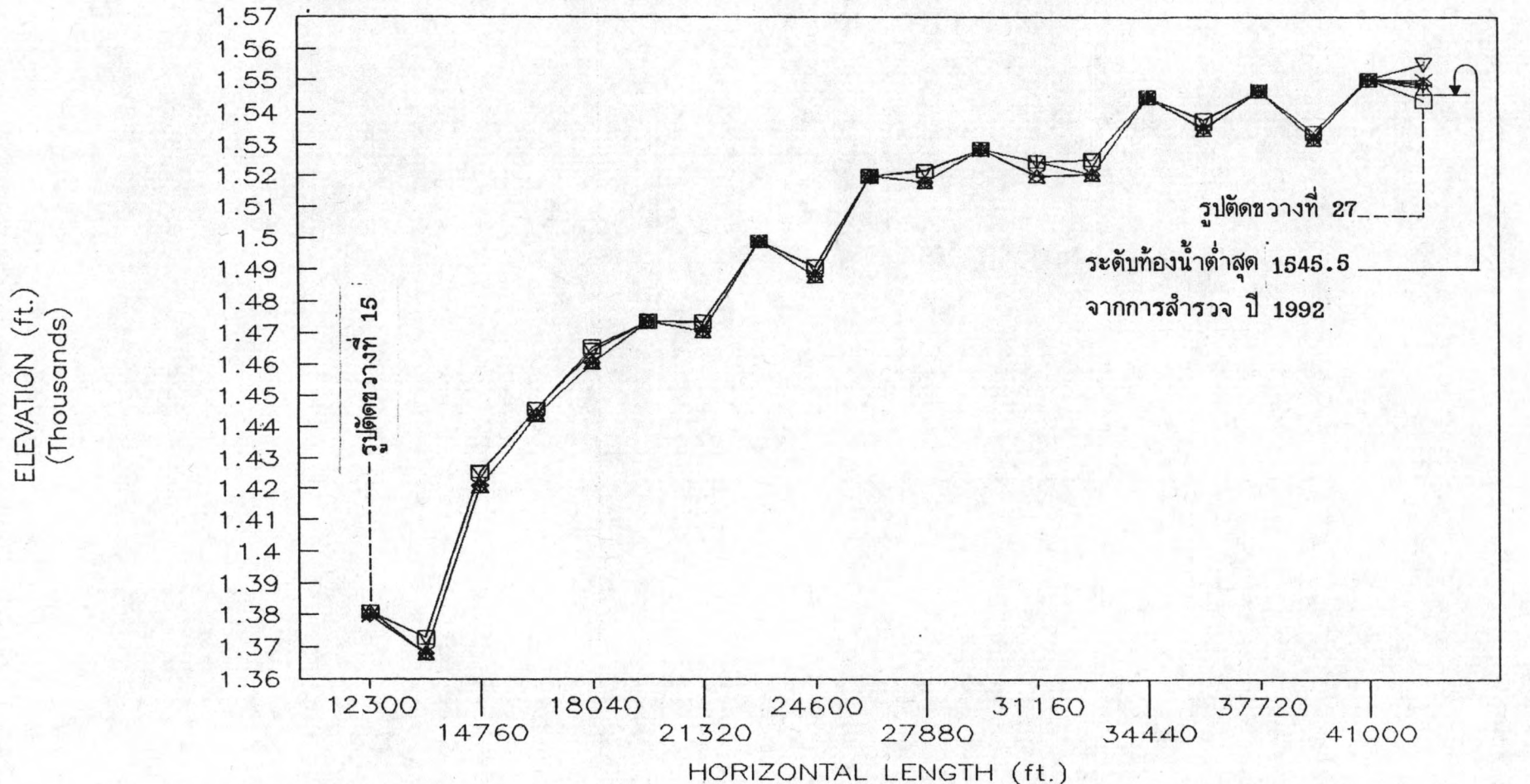


- ORIGINAL ELEV./1985 + TOFFA. ELEV./1992 ◇ MEYER. ELEV./1992
- △ YANG ELEV./1992 × ACKER. ELEV./1992 ▽ COLBY ELEV./1992

รูปที่ 5-9 รูปตัดตามยาวจากรูปตัดขวางที่ 1-16 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ จากการคำนวณ โดยใช้ความสัมพันธ์การเคลื่อนตัวของตะกอน 5 ความสัมพันธ์

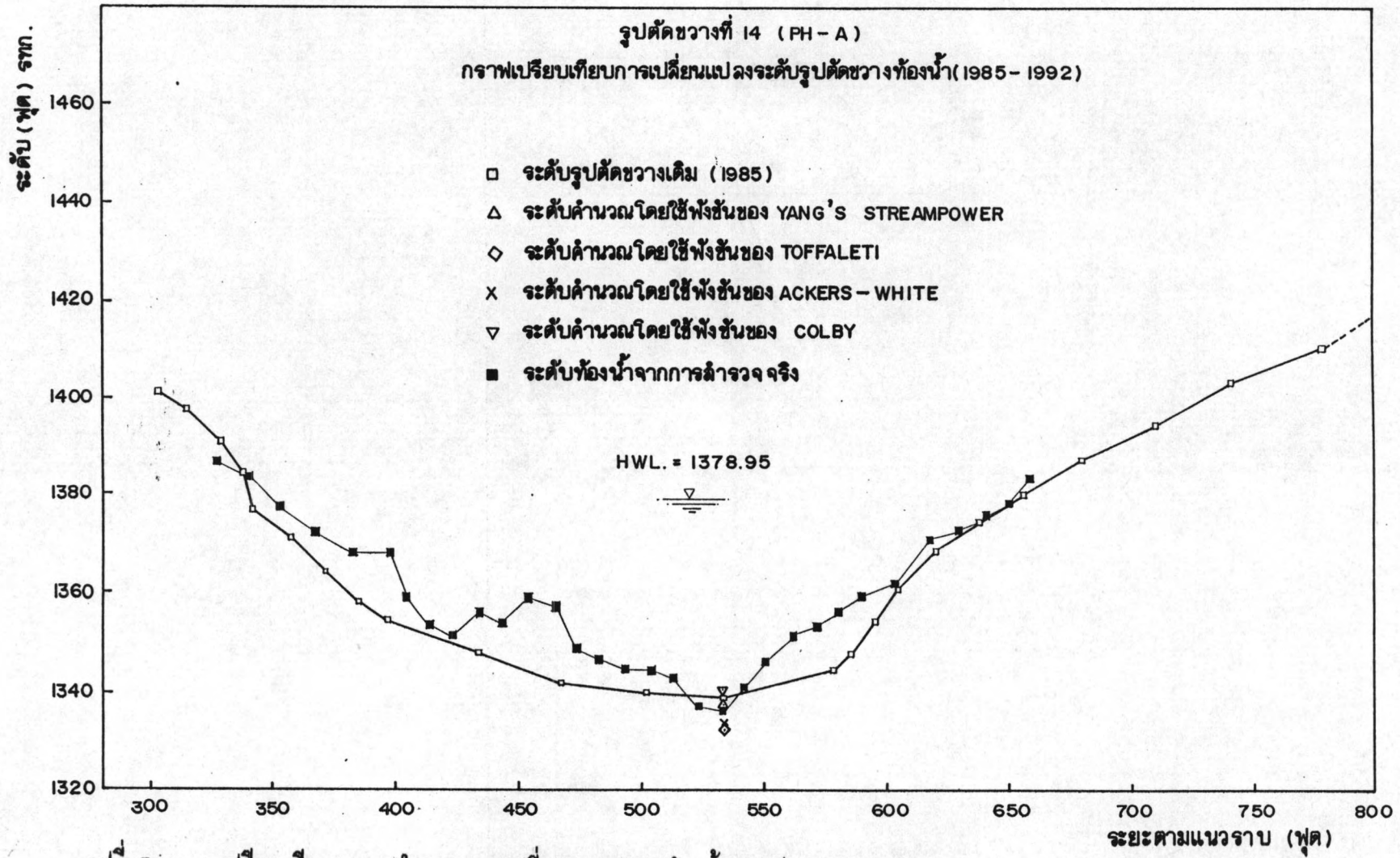
CHANGED OF THALWEGE PROFILE(1985-1992)

COMPARISON 5 TRANSPORTED FUNCTIONS

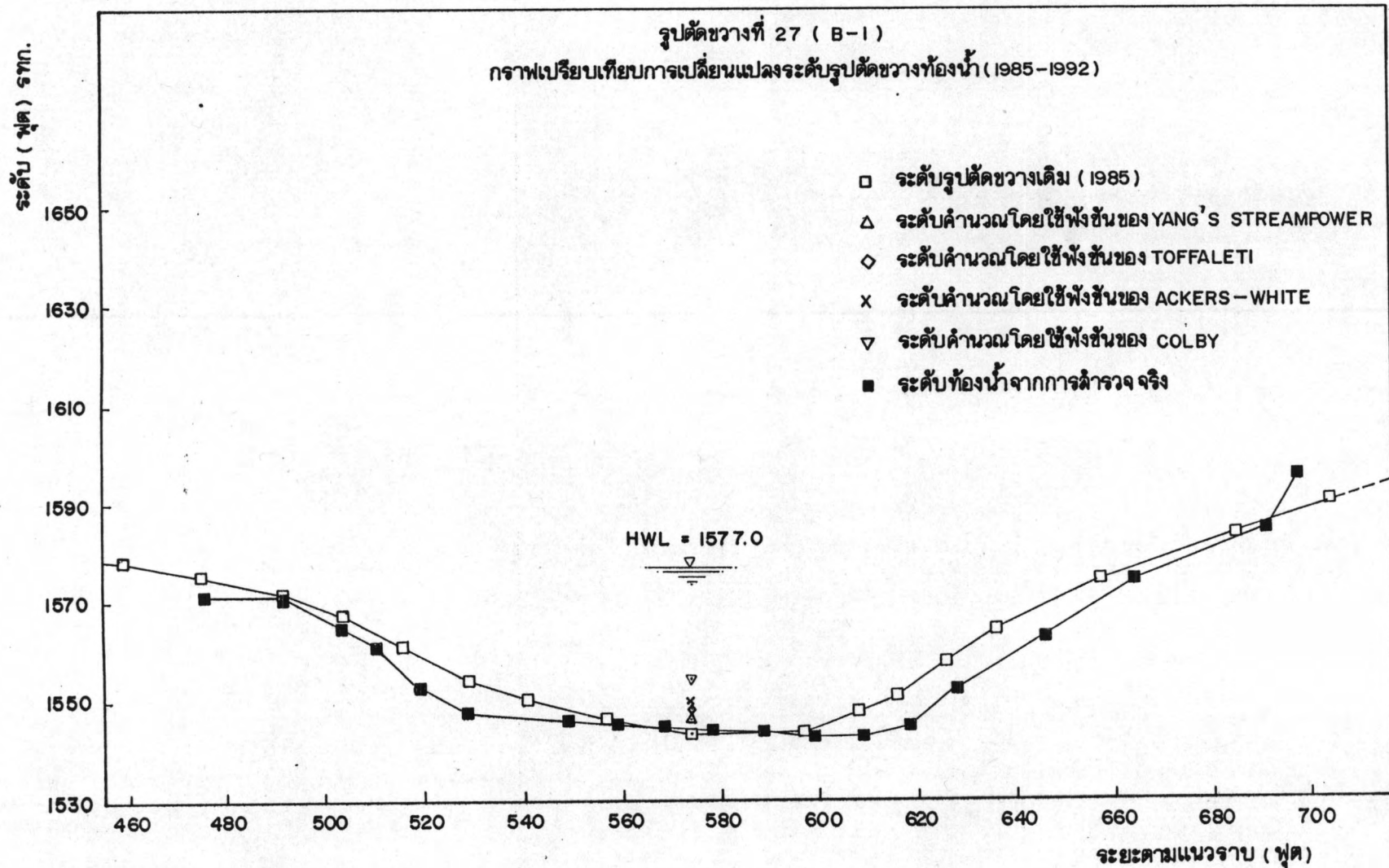


□ ORIGINAL ELEV./1985 + TOFFA. ELEV./1992 ◇ MEYER. ELEV./1992
 △ YANG ELEV./1992 × ACKER. ELEV./1992 ▽ COLBY ELEV./1992

รูปที่ 5-10. รูปตัดตามยาวจากรูปตัดขวางที่ 15-27 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงระดับท่อน้ำ จากการคำนวณ โดยใช้ความสัมพันธ์การเคลื่อนตัวของตะกอน 5 ความสัมพันธ์



รูปที่ 5-11: เปรียบเทียบผลการคำนวณการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำจากปี 1985-1992
 กับการสำรวจจริง สำหรับรูปตัดขวางที่ 14



รูปที่ 5-12 เปรียบเทียบผลการคำนวณการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำจากปี 1985-1992
 สำหรับรูปตัดขวางที่ 27

เทียบกับรูปตัดขวางเดิม ซึ่งการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำค่อนข้างเป็นระเบียบแสดงถึงความเป็นไปได้ที่ตำแหน่งการเก็บระดับรูปตัดขวาง ทั้งสองอาจคลาดเคลื่อนกัน แต่อย่างไรก็ตามหากทำการเปรียบเทียบตามข้อมูลที่มีอยู่จะเห็นว่าบริเวณร่องน้ำลึกของรูปตัดขวาง ที่ทำการสำรวจใหม่จะต่ำลง ไปจากระดับรูปตัดขวางเดิมประมาณ 3 ฟุต ส่วนนอกจากบริเวณร่องน้ำลึกค่าระดับท้องน้ำที่สำรวจใหม่จะสูงกว่าระดับท้องน้ำที่ทำการสำรวจเดิม แต่ผลการคำนวณสามารถคำนวณได้เฉพาะการเปลี่ยนระดับตามแนวร่องน้ำลึกเท่านั้น ความสัมพันธ์การเคลื่อนตัวของตะกอนทั้ง 5 ความสัมพันธ์ พอสรุปได้ดังนี้

ก. นิยามาบริเวณร่องน้ำลึก ผลการคำนวณการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ โดยใช้ความสัมพันธ์ การเคลื่อนตัวของตะกอนของ Yang's Streampower ใกล้เคียงกับการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำที่ได้จากการสำรวจมากที่สุด

ข. ผลการคำนวณการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ โดยใช้ความสัมพันธ์ของ Toffaleti และ Meyer-Peter and Muller ให้ผลการคำนวณไม่แตกต่างกัน

2) จากรูปที่ 5-10 และ รูปที่ 5-12 สำหรับรูปตัดขวางที่ 27 ผลการคำนวณแสดงว่ามีการตกตะกอนที่รูปตัดขวางนี้ กล่าวคือ ระดับท้องน้ำจะสูงขึ้นเท่ากับ 5.02, 5.64, 3.98, 6.51 และ 11.42 ฟุต สำหรับผลการคำนวณที่ใช้ความสัมพันธ์ของ Toffaleti, Meyer-Peter and Muller, Yang's Streampower, Ackers-White, และ Colby ตามลำดับ ในขณะที่ผลจากการสำรวจจริงค่าระดับท้องน้ำตรงช่วงกลางลำน้ำสูงขึ้นประมาณ 2 ฟุต แต่จะมีการกัดเซาะบริเวณริมท้องน้ำด้านซ้าย และด้านขวา ซึ่งอาจเนื่องมาจากผลการกัดเซาะริมฝั่ง (Bank Erosion) ซึ่งโปรแกรม HEC-6 ไม่สามารถคำนวณในส่วนนี้ได้ ซึ่งจากผลการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำดังกล่าวแล้ว พอสรุปได้ว่า

ก. ความสัมพันธ์ของ Yang's Streampower ให้ผลการคำนวณการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำใกล้เคียงกับการเปลี่ยนแปลงที่ได้จากการสำรวจมากที่สุด

ข. ความสัมพันธ์ของ Toffaleti และ Meyer-Peter and Muller ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ที่มีพื้นฐานที่มาจากคล้ายกัน (รายละเอียดในบทที่ 4) ให้ผลการคำนวณการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำใกล้เคียงกัน



ค. ความสัมพันธ์ของ Colby ให้ผลการคำนวณต่างจากผลการสำรวจมากที่สุด

จากข้อสรุปในข้อ 1) และ 2) สำหรับรูปตัดขวางที่ 14 และ 27 ตามลำดับแสดงให้เห็นว่าผลการคำนวณการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ ซึ่งมีพื้นฐานที่มาของความสัมพันธ์คล้ายกันจะให้ผลการคำนวณใกล้เคียงกัน และการเลือกใช้ความสัมพันธ์ที่วิเคราะห์มาจากข้อมูลวัดสุดท้ายที่มีขนาดใกล้เคียงกับข้อมูลที่ทำการศึกษาจะให้ผลการคำนวณถูกต้องกว่าความสัมพันธ์ที่วิเคราะห์มาจากข้อมูลวัดสุดท้ายที่มีขนาดแตกต่างออกไป ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้ข้อมูลตะกอนมีขนาดใกล้เคียงกับขนาดของตะกอนที่ใช้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของ Yang's Streampower และผลการคำนวณการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำต่ำสุดก็ให้ผลใกล้เคียงกับการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำจากการสำรวจมากที่สุด ดังนั้นจึงเลือกใช้ความสัมพันธ์ Yang's Streampower ในการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของตะกอนหลังจากมีการก่อสร้างเขื่อนต่อไป

5.3 ผลการวิเคราะห์การกัดเซาะและการตกตะกอน ในกรณีที่มีการสร้างเขื่อน

ในหัวข้อนี้จะแสดงผลการวิเคราะห์การกัดเซาะ และการตกตะกอนตอนท้ายเขื่อนช่วยแรงจนถึงหน้าเขื่อนบ้านเข็กใหญ่ หลังจากมีการก่อสร้างเขื่อนตามโครงการไฟฟ้าพลังน้ำ เขื่อนน้ำเข็กเป็นเวลา 50 ปี โดยทำการปฏิบัติการโปรแกรม โดยเลือกใช้สัมประสิทธิ์ของความขรุขระเท่ากับ 0.05 เลือกใช้ความสัมพันธ์การเคลื่อนตัวของตะกอนของ Yang's Streampower และปฏิบัติการโปรแกรมภายใต้เงื่อนไขการไหลเป็นไปตามการดำเนินการอ่างเก็บน้ำ (Operating Rule) ตามรายละเอียดอัตราการไหลและช่วงเวลาในตารางที่ 4-11 ตามที่ได้อธิบายในหัวข้อ 4.1.3 ต่อเนื่องกันเป็นเวลา 50 ปี และกำหนดประสิทธิภาพการตกตะกอนของอ่างเก็บน้ำเหนือเขื่อนช่วยแรงเท่ากับ 90% ผลการวิเคราะห์การกัดเซาะและการตกตะกอนเมื่อสิ้นปีที่ 10, 25 และ 50 ดังแสดงในตารางที่ 5-4 และ 5-5 และรูปที่ 5-13 จากตารางและรูปดังกล่าวพอสรุปได้ดังนี้

1) ผลจากการก่อสร้างเขื่อน และดำเนินการอ่างเก็บน้ำ ทำให้มีแนวโน้มเกิดการกัดเซาะในลำน้ำจากรูปตัดขวางที่ 27 (B-1) ซึ่งเป็นรูปตัดขวางท้ายเขื่อนช่วยแรงไปจนถึงรูปตัดขวางที่ 14 (PH-A) ซึ่งเป็นตำแหน่งโรงผลิตไฟฟ้า ต่อจากนั้นจะมีการตกตะกอนจนถึงหน้าเขื่อนบ้านเข็กใหญ่

ตารางที่ 5-4 ผลการวิเคราะห์การกัดเซาะและการตกตะกอนในกรณีที่มีการสร้างเขื่อน

รูปตัดขวางที่	ระยะตามแนว ลำน้ำ (ม.)	ระดับ (ม.) รทก.				หมายเหตุ
		ระดับท้องน้ำ ต่ำสุดเดิม	สิ้นปีที่ 10	สิ้นปีที่ 25	สิ้นปีที่ 50	
27.00	13000.00	470.61	469.27	469.25	469.26	เขื่อนบ้านเข็กใหญ่
26.50	12750.00	472.65	472.65	472.65	472.65	
26.00	12500.00	467.59	467.00	467.00	467.00	
25.50	12250.00	471.55	471.71	471.66	471.64	
25.00	12000.00	468.81	467.94	467.94	467.94	
24.50	11750.00	471.01	471.00	471.00	471.00	
24.00	11500.00	465.00	463.55	463.55	463.54	
23.00	11000.00	464.79	464.76	463.35	463.33	
22.50	10750.00	466.04	466.03	466.03	466.03	
22.00	10500.00	463.90	462.74	462.73	462.73	
21.50	10250.00	463.35	463.35	463.35	463.35	
21.00	10000.00	454.51	453.64	453.64	453.64	
20.50	9750.00	456.95	456.95	456.95	456.95	
20.00	9500.00	449.21	448.34	448.34	448.33	
19.50	9250.00	449.24	449.23	449.23	449.23	
19.00	9000.00	446.80	445.34	445.34	445.34	
18.00	8500.00	440.79	440.21	440.21	440.21	
17.00	8000.00	434.60	433.15	433.15	433.15	
16.00	7500.00	418.60	417.36	417.11	417.11	
15.00	7000.00	421.01	421.16	421.29	421.24	
14.00	6500.00	408.41	406.53	406.56	406.60	
13.00	6000.00	410.00	413.02	412.86	412.88	
12.00	5500.00	411.19	411.21	411.23	411.30	
11.00	5000.00	411.59	412.27	411.76	411.64	
10.00	4500.00	410.70	410.72	410.71	410.30	
9.00	4000.00	412.01	412.66	412.27	411.90	
8.00	3500.00	407.71	408.70	410.06	410.46	
7.00	3000.00	407.10	407.33	407.89	409.00	
6.00	2500.00	407.41	407.47	407.58	407.86	
5.00	2000.00	403.29	403.33	403.38	403.48	
4.00	1500.00	403.99	404.02	404.06	404.13	
3.00	1000.00	405.21	405.23	405.27	405.32	
2.00	500.00	404.39	404.41	404.43	404.47	
1.00	0.00	402.59	402.59	402.63	402.66	
						เขื่อนห้วยแดง



โรงไฟฟ้า "A"

ตารางที่ 5-5 ผลการคำนวณปริมาณสะสมการไหลเข้าออกของตะกอนและ
สัมประสิทธิ์การตกตะกอน หลังจากดำเนินโครงการ 50 ปี

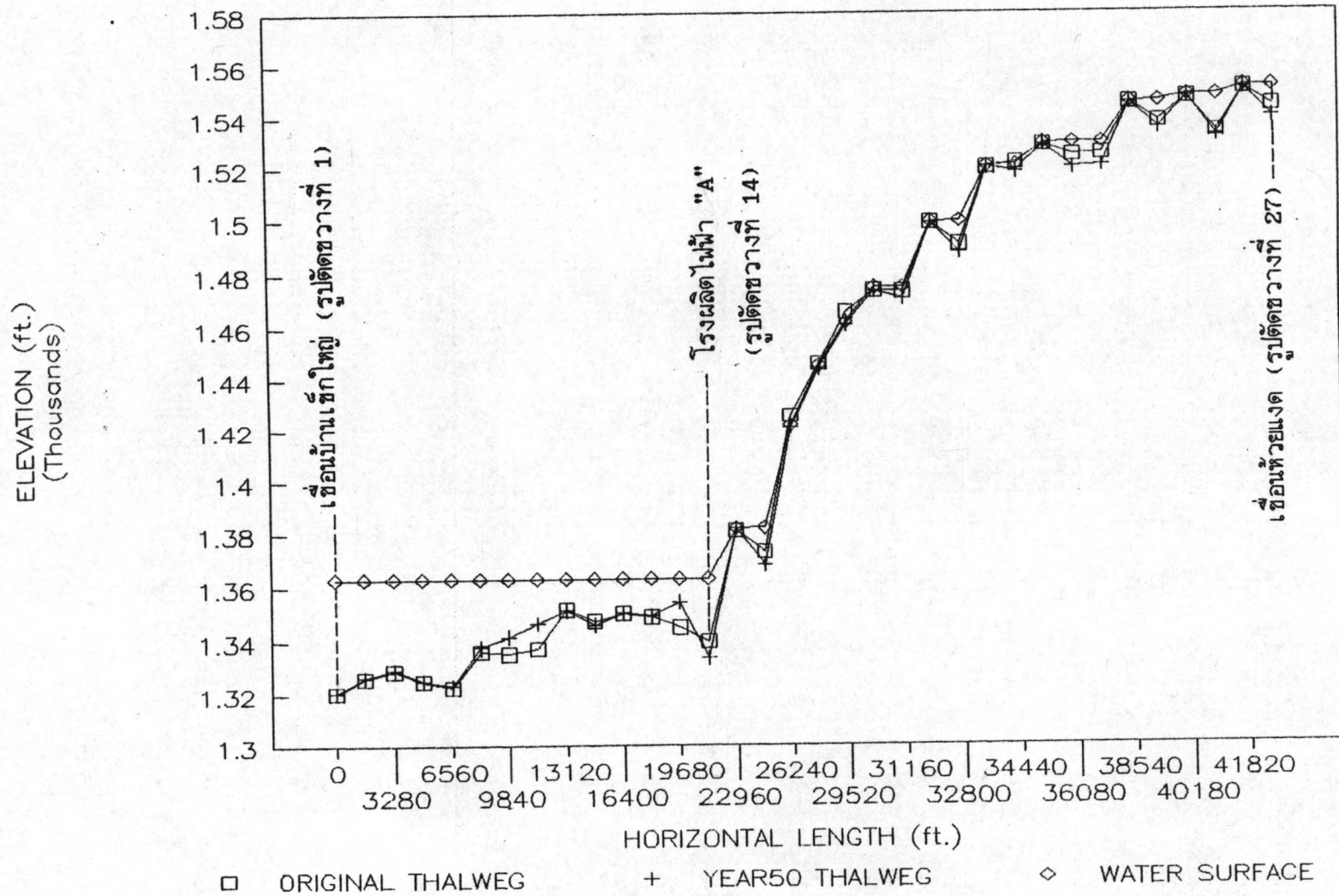
TABLE SA-1. TRAP EFFICIENCY ON STREAM SEGMENT # 1
HUAI NGAET DAM , NAM KHECK PROJECT.
ACCUMULATED AC-FT ENTERING AND LEAVING THIS STREAM SEGMENT

TIME DAYS	ENTRY POINT	CLAY			SILT			SAND		
		INFLOW	OUTFLOW	TRAP EFF	INFLOW	OUTFLOW	TRAP EFF	INFLOW	OUTFLOW	TRAP EFF
18250.00	27.000	13.56			14.08			4.01		
	20.500	8.39			8.71			2.43		
	14.000	28.74			53.06			.00		
	13.000	3.47			3.61			1.03		
	7.000	3.47			3.61			1.03		
TOTAL=	1.000	57.63	51.13	.11	83.06	29.62	.64	8.54	.00	1.00

หมายเหตุ ถ่ายมาจากการแสดงผลของคอมพิวเตอร์

THALWEG PROFILE

AFTER 50 YEAR OPERATED



รูปที่ 5-13 ผลการคำนวณการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ หลังจากดำเนินโครงการผ่านไป 50 ปี

2) ในส่วนที่เป็นอ่างเก็บน้ำซึ่งจะเริ่มจากรูปตัดขวางที่ 14 จนถึงรูปตัดขวางที่ 1 จะมีการกัดเซาะที่รูปตัดขวางที่ 14 ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ปล่อยน้ำจากการผลิตไฟฟ้าลงสู่ลำน้ำ หลังจากนั้นจะเริ่มมีการตกตะกอน โดยจะมีการตกตะกอนมากที่สุดที่รูปตัดขวางที่ 13 เท่ากับ 9.37 ฟุต

3) ปริมาณตะกอนที่ตกสะสมในอ่างเก็บน้ำเหนือเขื่อนบ้านเข็กใหญ่ เท่ากับ 68.5 เอเคอร์-ฟุต หรือเท่ากับ 84,556 ลูกบาศก์เมตร ปริมาณตะกอนที่ตกส่วนใหญ่เป็นตะกอนทราย (Silt) ประมาณ 78%

4) ประสิทธิภาพการตกตะกอนของอ่างเก็บน้ำเหนือเขื่อนบ้านเข็กใหญ่แยกตามประเภทของตะกอนเท่ากับ 11%, 64% และ 100% สำหรับตะกอนที่เป็นดินเหนียว, ตะกอนทราย และทราย ตามลำดับ

5) จากรูปที่ 5-13 ตะกอนส่วนใหญ่จะตกอยู่เหนือรูปตัดขวางที่ 6 ขึ้นไป ซึ่งห่างจากตัวเขื่อนบ้านเข็กใหญ่มากกว่า 2.5 กิโลเมตร จึงไม่มีผลกระทบต่อการใช้งานของเขื่อนบ้านเข็กใหญ่

6) จากการพิจารณาผลการวิเคราะห์ดังกล่าวแล้ว สรุปได้ว่าภายในระยะเวลาการดำเนินการโครงการ 50 ปี ผลกระทบจากการกัดเซาะและการตกตะกอนไม่ทำให้ผังชันการทำงาน และประสิทธิภาพของโครงการลดลง

5.4 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์การกัดเซาะและการตกตะกอนกับผลการวิเคราะห์ของ กฟผ.

จากผลการวิเคราะห์การกัดเซาะ และการตกตะกอนโดยใช้โปรแกรม HEC-6 รุ่น 4.0 (1991) โดยใช้ความสัมพันธ์สำหรับคำนวณการเคลื่อนตัวของตะกอนของ Yang's Streampower (1973) เปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์การกัดเซาะและการตกตะกอนของ กฟผ. ซึ่งใช้โปรแกรม HEC-6 รุ่น 3.2 (1977) และใช้ความสัมพันธ์สำหรับคำนวณการเคลื่อนตัวของตะกอนของ Toffaleti (1969) โดยการศึกษาของ กฟผ. มีเงื่อนไขการวิเคราะห์ ดังนี้คือ

1) ศึกษาภายใต้เงื่อนไขวิกฤติ กรณีมีการปล่อยน้ำจากเขื่อนห้วยนางดด้วย อัตรา 42.5 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ผ่านอุโมงค์ส่งน้ำเพื่อไปผลิตไฟฟ้าที่โรงไฟฟ้า A ซึ่งตั้งอยู่ที่รูปตัด

ตารางที่ 5-6 ผลการศึกษาการกัดเซาะและการตกตะกอน โดย กฟผ.

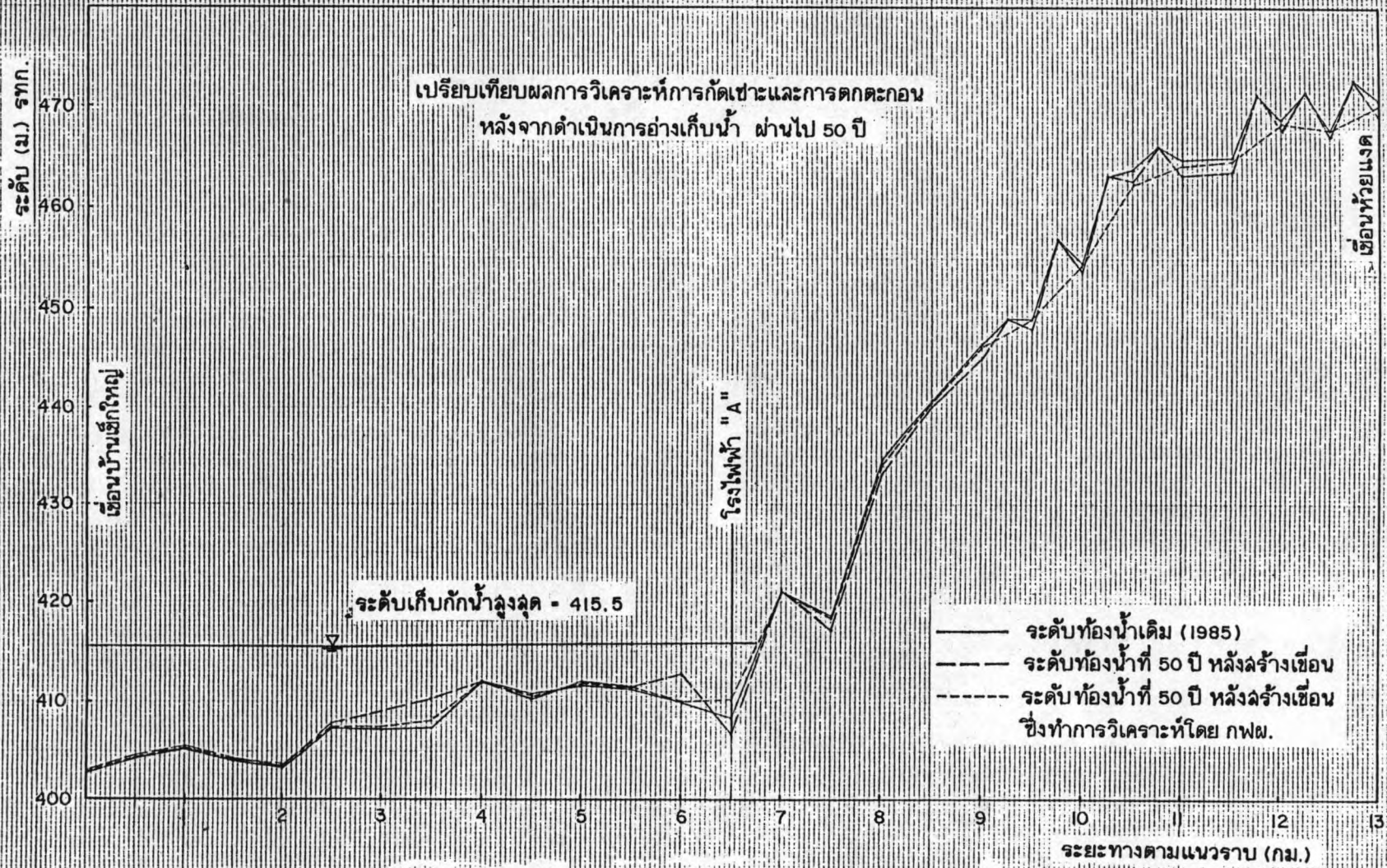
SECTION NAME	CHAINAGE (km.)	ORIGINAL THALWEG (m.MSL)	AFTER 50 YEARS			AFTER 100 YEARS			REMARKS	
			THALWEG (m.MSL)	WEL (m.MSL)	BED CHANGE (m.)	THALWEG (m.MSL)	WEL (m.MSL)	BED CHANGE (m.)		
B-1	13.0	470.47	470.30	472.99	-0.16	470.21	472.77	-0.26	Hual Ngaet Dam	
C-8	12.5	467.45	467.58	472.91	+0.12	467.48	472.53	+0.03		
C-7	12.0	468.67	468.40	471.80	-0.27	468.38	471.19	-0.28		
C-6	11.5	464.86	464.70	468.38	-0.15	464.70	468.20	-0.16		
C-5	11.0	464.65	464.65	467.81	+0	464.41	467.37	-0.24		
C-4	10.5	462.85	462.60	465.84	-0.24	462.59	465.46	-0.26		
C-3	10.0	454.37	454.08	458.25	-0.30	454.06	455.80	-0.31		
C-2	9.5	449.07	449.08	451.19	+0.01	448.92	461.01	-0.16		
C-1	9.0	446.66	446.52	449.20	-0.14	446.44	448.92	-0.22		
J	8.5	440.66	440.47	442.16	-0.19	440.34	441.84	-0.32		
I	8.0	464.47	434.25	436.39	-0.22	464.23	436.03	-0.24		
H	7.5	418.47	418.51	422.86	+0.04	418.39	422.50	-0.08		
G	7.0	420.88	420.82	421.83	-0.06	420.74	421.45	-0.14		
PH-A	6.5	408.29	410.01	415.66	+1.72	411.27	415.66	+2.98		Power House "A"
CP-901	6.0	409.88	410.00	415.85	+0.13	410.00	415.65	+0.13		
CP-902	5.5	411.06	411.19	415.82	+0.13	411.19	415.62	+0.13		
CP-903	5.0	411.46	411.59	415.58	+0.13	411.59	415.58	+0.13		
CP-904	4.5	411.58	410.70	415.55	+0.13	410.70	415.55	+0.13		
CP-905	4.0	411.89	412.01	415.51	+0.13	412.01	415.51	+0.13		
CP-906	3.5	407.59	408.03	415.51	+0.13	408.21	415.51	+0.62		
CP-907	3.0	408.98	407.37	415.50	+0.44	407.71	415.51	+0.73		
CP-908	2.5	407.28	407.63	415.50	+0.39	407.92	415.50	+0.68		
CP-909	2.0	403.17	403.54	415.50	+0.35	403.85	415.50	+0.26		
R-3	1.5	403.87	404.06	415.50	+0.37	404.13	415.50	+0.21	Power Intake	
R-1	1.0	405.09	405.25	415.50	+0.19	405.30	415.50	+0.21		
R-2	0.5	404.27	404.43	415.50	+0.16	404.48	415.50	+0.21	Regulating Dam	
R-5	0.0	402.47	402.63	415.50	+0.16	402.67	415.50	+0.2		

Remarks for Bed Changes : Sign Meanings
 - Degradation
 + Siltation

ที่มา : รายงานการศึกษาเกี่ยวกับตะกอนโครงการเขื่อนน้ำเข็ก, กองอุตุและอุทก, กฟผ. 1989

ตารางที่ 5-7 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์การกัดเซาะ และการตกตะกอน โดย กฟผ.
กับการศึกษาในครั้งอื่น หลังจากดำเนินการโครงการ 50 ปี

รูปตัดขวางที่	ระยะตามแนว (ม.)	ผลการวิเคราะห์โดย กฟผ.		ผลการวิเคราะห์โดยการศึกษาก่อน	
		การเปลี่ยนแปลง ระดับท้องน้ำ (ม.)	ระดับ (ม.รทก.)	การเปลี่ยนแปลง ระดับท้องน้ำ (ม.)	ระดับ (ม.รทก.)
27.00	13000.00	-0.16	470.30	-1.35	469.26
26.50	12750.00	-	-	0.00	472.65
26.00	12500.00	+0.12	467.56	-0.59	467.00
25.50	12250.00	-	-	+0.09	474.64
25.00	12000.00	-0.27	468.40	-0.87	467.94
24.50	11750.00	-	-	-0.01	471.00
24.00	11500.00	-0.15	464.70	-1.46	463.54
23.00	11000.00	0.00	464.65	-1.46	463.33
22.50	10750.00	-	-	-0.01	466.03
22.00	10500.00	-0.24	462.60	-1.17	462.73
21.50	10250.00	-	-	0.00	463.35
21.00	10000.00	-0.30	454.08	-0.87	453.64
20.50	9750.00	-	-	0.00	456.95
20.00	9500.00	+0.01	449.08	-0.88	448.33
19.50	9250.00	-	-	-0.01	449.23
19.00	9000.00	-0.14	446.52	-1.46	445.34
18.00	8500.00	-0.19	440.47	-0.58	440.21
17.00	8000.00	-0.22	434.25	-1.45	433.15
16.00	7500.00	-0.04	418.51	-1.49	417.11
15.00	7000.00	-0.06	420.82	+0.23	421.24
14.00	6500.00	+1.72	410.01	-1.81	406.60
13.00	6000.00	+0.13	410.00	+2.88	412.88
12.00	5500.00	+0.13	411.19	+0.11	411.30
11.00	5000.00	+0.13	411.59	-0.05	411.64
10.00	4500.00	+0.13	410.70	-0.40	410.30
9.00	4000.00	+0.13	412.01	-0.11	411.90
8.00	3500.00	+0.44	408.03	+2.75	410.46
7.00	3000.00	+0.39	407.37	+1.9	409.00
6.00	2500.00	+0.35	407.63	+0.45	407.86
5.00	2000.00	+0.37	403.54	+0.19	403.48
4.00	1500.00	+0.19	404.06	+0.14	404.13
3.00	1000.00	+0.16	405.25	+0.11	405.32
2.00	500.00	+0.16	404.43	+0.08	404.47
1.00	0.00	+0.16	402.63	+0.07	402.66



รูปที่ 5-14 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์การกัดเซาะและการตกตะกอนของการศึกษาครั้งนี้
กับผลการวิเคราะห์ของ กฟผ.

ขวาง 14 แล้วไหลลงสู่ลำน้ำเป็นเวลา 6 ชั่วโมงต่อวัน และจะมีน้ำล้นผ่านทางระบายน้ำ ล้นลงสู่ลำน้ำเข็กปีละประมาณ 10 วัน ด้วยอัตราการไหล 45.5 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที แล้วไหลมารวมกับปริมาณน้ำที่ไหลผ่านกังหันเพื่อผลิตไฟฟ้า ก่อนไหลไปสู่เขื่อนบ้านเข็กใหญ่

2) กำหนดประสิทธิภาพการตกตะกอนของอ่างเก็บน้ำเหนือเขื่อนห้วยแ่งดเท่ากับ 90 เปอร์เซ็นต์ ระดับเก็บกักน้ำปกติ (NHWL) ของเขื่อนบ้านเข็กใหญ่เท่ากับ 415.5 เมตร รทก. ซึ่งผลการศึกษาของ กฟผ. ดังแสดงในตารางที่ 5-6 และข้อสรุปผลการศึกษาซึ่งคัดลอกมาจาก รายงานผลการศึกษากัดเซาะ และการตกตะกอนของ กฟผ. มีรายละเอียดดังนี้

1) เมื่อดำเนินการโครงการ (Operate) อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน ลำน้ำจะถูกกัดเซาะตั้งแต่ท้ายเขื่อนห้วยแ่งด (รูปตัดขวาง B-1) ถึงรูปตัดขวาง 15 (G) และจะมีการตกตะกอนในรูปตัดขวางที่ 14 (PH-A) ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ตั้งโรงไฟฟ้า A จนถึงรูปตัดขวางที่ 1 (R-5) บริเวณหน้าเขื่อนบ้านเข็กใหญ่

2) เมื่อดำเนินการโครงการเป็นเวลา 50 ปี และ 100 ปี ซึ่งสมมุติเท่ากับอายุการใช้งานโดยทั่วไป ปรากฏว่าการตกตะกอนจะมีมากที่สุดที่รูปตัดขวางที่ 14 คือประมาณ 1.72 เมตร และ 2.98 เมตร ตามลำดับ สำหรับรูปตัดขวางอื่น ๆ จะมีการตกตะกอนน้อยมาก

3) ปริมาณตะกอนที่ตกประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ เป็นพวกตะกอนทราย (Silt) จากรายงานการศึกษาสรุพบว่า ปริมาณการตกตะกอนในลำน้ำเข็กตั้งแต่ท้ายเขื่อนห้วยแ่งดจนถึงหน้าเขื่อนบ้านเข็กใหญ่ อันเป็นผลเนื่องมาจากการดำเนินการอ่างเก็บน้ำห้วยแ่งด ไม่ก่อให้เกิดปัญหาใด ๆ ทางด้านชลศาสตร์ ต่อการดำเนินการโครงการตลอดอายุการใช้งาน

ในตารางที่ 5-7 และรูปที่ 5-14 ได้แสดงการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ของ กฟผ. กับการศึกษาครั้งนี้ ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

1) แนวโน้มในการกัดเซาะและการตกตะกอนส่วนใหญ่คล้ายคลึงกันกล่าวคือ จะมีการกัดเซาะตั้งแต่ท้ายเขื่อนห้วยแ่งดจนถึงรูปตัดขวางที่ 12 และมีการตกตะกอนจากรูปตัดขวางที่ 13 ถึงหน้าเขื่อนบ้านเข็กใหญ่ สำหรับที่รูปตัดขวางที่ 14 จะมีความแตกต่างกันกล่าวคือ จากการศึกษาในครั้งนี้จะมีการกัดเซาะที่รูปตัดขวางที่ 14 ในขณะที่ผลการศึกษาของ กฟผ. จะมีการตกตะกอนที่รูปตัดขวางดังกล่าว ทั้งนี้ สาเหตุอาจมีผลมาจากการเลือกใช้ความสัมพันธ์สำหรับคำนวณการ

เคลื่อนตัวของตะกอนที่แตกต่างกัน หรือข้อมูลวัสดุท้องน้ำซึ่งใช้ต่างกัน

2) จากการศึกษาทั้งสองครั้งแสดงให้เห็นว่า การตกตะกอนส่วนใหญ่จะตกอยู่บริเวณที่ห่างจากตัวเขื่อนบ้านเข็กใหญ่ไม่น้อยกว่า 2.5 กิโลเมตร และมีปริมาณไม่มากนัก ไม่มีผลต่อการดำเนินโครงการตลอดอายุการใช้งาน