บทที่ 4

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ในบทนี้จะแสดงผลของการศึกษาในกรณีต่างๆ พร้อมทั้งวิจารณ์ผลสรุป ตามลำดับขั้นตอนการศึกษา

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลขาเข้าของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (input Data)

1.1 ข้อมูลทางด้านรูปร่างลักษณะของลำน้ำ (geometric data)

1.1.1 รูปตัดขวางลำน้ำ (cross section)

สำรวจข้อมูลสนาม 21 แนวสำรวจ ระยะระหว่างแนวสำรวจประมาณ 200 เมตร (ภาพประกอบ 3-1) ระยะตามแนวลำน้ำจากรูปตัดขวางท้ายน้ำจนถึงรูปตัดขวางเหนือน้ำประมาณ 5 กิโลเมตร ตำแหน่งพิกัดรูปตัดขวางแสดงไว้ในตาราง ง-1 (ภาคผนวก ง)

1.1.2 รูปตัดตามยาวของลำน้ำ (thalweg profile)

ผลจากการลงจุดกราฟระหว่างระดับต่ำสุดของรูปตัดขวางกับระยะระหว่างรูปตัดขวางที่ได้จากข้อมูลเดิมที่สำรวจโดย กองสำรวจภูมิประเทศ กรมชลประทาน แสดงไว้ในรูปตัดขวางที่ 1-21(ภาคผนวก ง)

1.1.3 ข้อมูลความขรุขระของลำน้ำ (roughness)

ใช้สมการความขรุขระของ Manning's (n) ปรับเทียบแบบจำลอง รายละเอียดในหัวข้อ 3.1 ผลการปรับเทียบแบบจำลอง โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความสูญเสียพลังงานจากผลของการแคบเข้าและผายออก เท่ากับ 0.1 และ 0.3 ตามลำดับ

1.2 ข้อมูลทางด้านตะกอน (sediment data)

1.2.1 ข้อมูลปริมาณตะกอนไหลเข้า (inflow sediment load)

อัตราการไหลเข้าของตะกอน ใช้ข้อมูลจากสถานีอุทกวิทยา คลองสะเดา (X.111) ตั้งแต่ปี พ.ศ 2522-2538 (ตาราง 3-1) เมื่อเขียนบนกราฟ Log-Log scale ระหว่างข้อมูลปริมาณการไหลเฉลี่ยรายวันของตะกอน (ตันต่อวัน) กับข้อมูลอัตราการไหลของน้ำ (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที) จะได้ความสัมพันธ์แบบถดถอย (regression) ดังแสดงในภาพประกอบ 4-1

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลของตะกอนและอัตราการไหลของน้ำพบว่ามีความสัมพันธ์กันดังสมการ 4-1 โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์สหสมพันธ์ $(R)^2 = 0.95681$

$$Qs = 2.774\ Qw^{1.27} \qquad (4\text{-}1)$$

โดยที่ Qs = ปริมาณการไหลของตะกอนแขวนลอย (ตันต่อวัน)

Qw = อัตราการไหลของน้ำ (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)

การประเมินปริมาณไหลเข้าของตะกอนแขวนลอย สามารถประเมินได้จากสมการ 4-1

สำหรับปริมาณการไหลเข้าของตะกอนท้องน้ำ (Bed load) ใช้ปริมาณการไหลเข้าของตะกอนท้องน้ำเป็น 35 เปอร์เซ็นต์ของตะกอนแขวนลอย ใช้ปริมาณตะกอนท้องน้ำของ (Kinori and Mevorach,1984) เป็นแนวทางในการเลือกเปอร์เซ็นต์ของตะกอนท้องน้ำต่อตะกอนแขวนลอย ซึ่งเป็นค่าเดียวกับที่ Team Consulting Engineers Co., Ltd. and Nippon Koei Co., Ltd.(1989) ใช้ในการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการเขื่อนคลองสะเดา

1.2.2 ข้อมูลการกระจายขนาดของวัสดุท้องน้ำ (grain size distribution of bed materials)

จากภาพประกอบ 4-2 แสดงการกระจายขนาดของวัสดุท้องน้ำบริเวณ ขอบเขตตอนบน (รูปตัดขวางที่ 19) ขอบเขตตอนกลาง (รูปตัดขวางที่ 12) และขอบเขตตอนล่าง (รูปตัดขวางที่ 4) ส่วนภาพประกอบ 4-3 แสดงการกระจายขนาดของวัสดุท้องน้ำเฉลี่ยรวมและการกระจายขนาดของตะกอนแขวนลอย ซึ่งได้จากค่าเฉลี่ยตะกอนแขวนลอยของกรมชลประทาน

1.2.3 สมบัติของตะกอน (sediment particle properties)

สมบัติ 4 อย่างของตะกอนในโปรแกรม HEC - 6 คือ

ก. ขนาด ชั้นขนาดของตะกอนที่ป้อนเข้าในโปรแกรมของ HEC-6 แสดงในตาราง 4-1 ถึง ตาราง 4-5 ส่วนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางการกระจายขนาดของตะกอนท้องน้ำ ตะกอนแขวนลอยและตะกอนรวม แสดงไว้ในตาราง 4-6

ข. แฟคเตอร์รูปร่างของอนุภาคตะกอนกำหนดให้แฟคเตอร์รูปร่างเท่ากับ 0.667

ค. ความถ่วงจำเพาะของอนุภาคตะกอน กำหนดค่าความถ่วงจำเพาะเป็น 2.65

ง. ความเร็วในการตกตะกอน ใช้วิธีที่เสนอโดย Williams ในโปรแกรม HEC – 6

1.3 ข้อมูลทางด้านอุทกวิทยา (hydrologic data)

1.3.1 ข้อมูลอัตราการไหลของน้ำ (flow rate) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2522-2540 (ตาราง 3-2) จากข้อมูลการไหลเฉลี่ยรายวัน ของสถานีอุทกวิทยา X.111 คลองสะเดา มาทำการเฉลี่ย นำมาปรับสัดส่วนของพื้นที่ เพื่อคิดอัตราการไหลเฉพาะพื้นที่รับน้ำด้านข้างเหนือเขื่อน ซึ่งมีค่า Conversion factor เท่ากับ 0.365 ค่าเดียวกับที่ใช้ในการศึกษาของการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการโดย Team Consulting Engineers Co., Ltd. and Nippon Koei Co., Ltd. (1989) โดยมีวิธีคิดดังนี้

อัตราการไหลเพื่อใช้ในการพยากรณ์อัตราการไหลลงสู่เขื่อนคลองสะเดา หลังปรับสัดส่วนของพื้นที่แล้วแสดงใน ตาราง 3-3

พื้นที่รับน้ำ

สถานีคลองสะเดา (X.111) A_1 = 256 ตารางกิโลเมตร

เขื่อนคลองสะเดา A_2 = 89.9 ตารางกิโลเมตร

Conversion factor = 0.365

1.3.2 ช่วงเวลาการไหลของน้ำ โดยการศึกษาครั้งนี้ใช้อัตราการไหลเฉลี่ยรายเดือน จากสถานีอุทกวิทยา (X.111)

1.3.3 สมบัติของน้ำ (water properties) ในการศึกษาครั้งนี้กำหนดให้ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมีค่า เท่ากับ 1.00 และกำหนดอุณหภูมิของน้ำคงที่เท่ากับ 25 องศาเซลเซียส

ตาราง 4-1 การกระจายขนาดเม็ดตะกอนแขวนลอย

หมายเลขชั้นขนาดในโปรแกรม HEC-6	วัสดุตะกอน	เส้นผ่านศูนย์กลางของตะแกรง (มม.)	การกระจายขนาดเม็ดตะกอนแขวนลอย	
			% ผ่าน	%
	ดินเหนียว			
1	ดินเหนียว	0.002-0.004	20	20
	ทรายแป้ง			
1	ทรายแป้งละเอียดมาก	0.004-0.008	38	18
2	ทรายแป้งละเอียด	0.008-0.016	53	15
3	ทรายแป้งขนาดปานกลาง	0.016-0.032	67	14
4	ทรายแป้งหยาบ	0.032-0.0625	79	12
	ทรายและกรวด			
1	ทรายละเอียดมาก (VFS)	0.0625-0.125	90	11
2	ทรายละเอียด (FS)	0.125-0.250	100	10
3	ทรายขนาดปานกลาง (MS)	0.250-0.500	-	-
4	ทรายหยาบ (CS)	0.500-1.000	-	-
5	ทรายหยาบมาก (VCS)	1.000-2.000	-	-
6	กรวดละเอียดมาก (VFG)	2.000-4.000	-	-
7	กรวดละเอียด (FG)	4.000-8.000	-	-
8	กรวดขนาดปานกลาง (MG)	8.000-16.000	-	-
9	กรวดหยาบ (CG)	16.000-32.000	-	-
10	กรวดหยาบมาก (VCG)	32.000-64.000	-	-
	รวม			100.00

ที่มา : กรมชลประทาน, 2542.

ตาราง 4-2 การกระจายขนาดเม็ดตะกอนท้องน้ำขอบเขตตอนบน รูปตัดขวางที่ 19

หมายเลขชั้นขนาดในโปรแกรม HEC-6	วัสดุตะกอน	เส้นผ่านศูนย์กลางของตะแกรง (มม.)	การกระจายขนาดเม็ดตะกอนท้องน้ำ	
			% ผ่าน	%
	ดินเหนียว			
1	ดินเหนียว	0.002-0.004	-	-
	ทรายแป้ง			
1	ทรายแป้งละเอียดมาก	0.004-0.008	-	-
2	ทรายแป้งละเอียด	0.008-0.016	-	-
3	ทรายแป้งขนาดปานกลาง	0.016-0.032	-	-
4	ทรายแป้งหยาบ	0.032-0.0625	0.10	0.10
	ทรายและกรวด			
1	ทรายละเอียดมาก (VFS)	0.0625-0.125	0.80	0.70
2	ทรายละเอียด (FS)	0.125-0.250	23.70	22.90
3	ทรายขนาดปานกลาง (MS)	0.250-0.500	42.60	18.90
4	ทรายหยาบ (CS)	0.500-1.000	54.70	12.10
5	ทรายหยาบมาก (VCS)	1.000-2.000	80.00	25.30
6	กรวดละเอียดมาก (VFG)	2.000-4.000	97.90	17.90
7	กรวดละเอียด (FG)	4.000-8.000	100.00	2.10
8	กรวดขนาดปานกลาง (MG)	8.000-16.000	-	-
9	กรวดหยาบ (CG)	16.000-32.000	-	-
10	กรวดหยาบมาก (VCG)	32.000-64.000	-	-
	รวม			100.00

ที่มา : ทำการสำรวจโดยผู้ศึกษา, 2544.

ตาราง 4-3 การกระจายขนาดเม็ดตะกอนท้องน้ำขอบเขตตอนกลาง รูปตัดขวางที่ 12

หมายเลขชั้นขนาดในโปรแกรม HEC-6	วัสดุตะกอน	เส้นผ่านศูนย์กลางของตะแกรง (มม.)	การกระจายขนาดเม็ดตะกอนท้องน้ำ	
			% ผ่าน	%
	ดินเหนียว			
1	ดินเหนียว	0.002-0.004	-	-
	ทรายแป้ง			
1	ทรายแป้งละเอียดมาก	0.004-0.008	-	-
2	ทรายแป้งละเอียด	0.008-0.016	5.30	5.30
3	ทรายแป้งขนาดปานกลาง	0.016-0.032	8.90	3.60
4	ทรายแป้งหยาบ	0.032-0.0625	14.7	5.80
	ทรายและกรวด			
1	ทรายละเอียดมาก (VFS)	0.0625-0.125	37.9	23.20
2	ทรายละเอียด (FS)	0.125-0.250	66.80	28.90
3	ทรายขนาดปานกลาง (MS)	0.250-0.500	76.80	10.00
4	ทรายหยาบ (CS)	0.500-1.000	83.10	6.30
5	ทรายหยาบมาก (VCS)	1.000-2.000	96.8	13.70
6	กรวดละเอียดมาก (VFG)	2.000-4.000	100.00	3.20
7	กรวดละเอียด (FG)	4.000-8.000	-	-
8	กรวดขนาดปานกลาง (MG)	8.000-16.000	-	-
9	กรวดหยาบ (CG)	16.000-32.000	-	-
10	กรวดหยาบมาก (VCG)	32.000-64.000	-	-
	รวม			100.00

ที่มา : ทำการสำรวจโดยผู้ศึกษา, 2544.

ตาราง 4-4 การกระจายขนาดเม็ดตะกอนท้องน้ำขอบเขตตอนล่าง รูปตัดขวางที่ 4

หมายเลขชั้นขนาดในโปรแกรม HEC-6	วัสดุตะกอน	เส้นผ่านศูนย์กลางของตะแกรง (มม.)	การกระจายขนาดเม็ดตะกอนท้องน้ำ	
			% ผ่าน	%
	ดินเหนียว			
1	ดินเหนียว	0.002-0.004	4.20	4.20
	ทรายแป้ง			
1	ทรายแป้งละเอียดมาก	0.004-0.008	6.30	2.10
2	ทรายแป้งละเอียด	0.008-0.016	12.60	6.30
3	ทรายแป้งขนาดปานกลาง	0.016-0.032	26.30	13.70
4	ทรายแป้งหยาบ	0.032-0.0625	64.70	38.40
	ทรายและกรวด			
1	ทรายละเอียดมาก (VFS)	0.0625-0.125	87.30	22.6
2	ทรายละเอียด (FS)	0.125-0.250	92.60	5.30
3	ทรายขนาดปานกลาง (MS)	0.250-0.500	93.70	1.10
4	ทรายหยาบ (CS)	0.500-1.000	94.80	1.10
5	ทรายหยาบมาก (VCS)	1.000-2.000	98.00	3.20
6	กรวดละเอียดมาก (VFG)	2.000-4.000	100.00	2.00
7	กรวดละเอียด (FG)	4.000-8.000	-	-
8	กรวดขนาดปานกลาง (MG)	8.000-16.000	-	-
9	กรวดหยาบ (CG)	16.000-32.000	-	-
10	กรวดหยาบมาก (VCG)	32.000-64.000	-	-
	รวม			100.00

ที่มา : ทำการสำรวจโดยผู้ศึกษา, 2544.

ตาราง 4-5 การกระจายขนาดเม็ดตะกอนรวม

หมายเลขชั้นขนาดในโปรแกรม HEC-6	วัสดุตะกอน	เส้นผ่านศูนย์กลางของตะแกรง (มม.)	การกระจายขนาดเม็ดตะกอนรวม	
			% ผ่าน	%
	ดินเหนียว			
1	ดินเหนียว	0.002-0.004	5.50	5.50
	ทรายแป้ง			
1	ทรายแป้งละเอียดมาก	0.004-0.008	11.60	6.10
2	ทรายแป้งละเอียด	0.008-0.016	27.20	15.60
3	ทรายแป้งขนาดปานกลาง	0.016-0.032	28.30	11.10
4	ทรายแป้งหยาบ	0.032-0.0625	54.40	16.10
	ทรายและกรวด			
1	ทรายละเอียดมาก (VFS)	0.0625-0.125	70.00	15.60
2	ทรายละเอียด (FS)	0.125-0.250	82.20	12.20
3	ทรายขนาดปานกลาง (MS)	0.250-0.500	92.80	10.60
4	ทรายหยาบ (CS)	0.500-1.000	96.10	3.30
5	ทรายหยาบมาก (VCS)	1.000-2.000	97.20	1.10
6	กรวดละเอียดมาก (VFG)	2.000-4.000	99.40	2.20
7	กรวดละเอียด (FG)	4.000-8.000	100.00	0.60
8	กรวดขนาดปานกลาง (MG)	8.000-16.000	-	-
9	กรวดหยาบ (CG)	16.000-32.000	-	-
10	กรวดหยาบมาก (VCG)	32.000-64.000	-	-
	รวม			100.00

ที่มา : ทำการสำรวจโดยผู้ศึกษา, 2544.

ตาราง 4-6 แสดงการกระจายขนาดของตะกอนท้องน้ำ ตะกอนแขวนลอยและตะกอนรวม

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง	ตะกอนท้องน้ำ (mm)			ตะกอน	ตะกอนรวม
(Diameters)	ตอนบน	ตอนกลาง	ตอนล่าง	แขวนลอย(mm)	(mm)
D_{90}	2.3000	1.7000	0.1600	0.0950	0.3000
D_{80}	2.0000	0.7000	0.0800	0.0800	0.2000
D_{70}	1.7000	0.2900	0.0700	0.0290	0.1300
D_{60}	1.4000	0.1800	0.0600	0.0180	0.0800
D_{50}	0.8000	0.1500	0.0500	0.0100	0.0500
D_{40}	0.4500	0.1200	0.0450	0.0070	0.0360
D_{30}	0.2900	0.1000	0.0360	0.0045	0.0190
D_{20}	0.2400	0.0850	0.0250	0.0030	0.0120
D_{10}	1.9000	0.0400	0.0140	0.0015	0.0068

ที่มา : ทำการสำรวจโดยผู้ศึกษา, 2544.

2. ผลการสำรวจการเปลี่ยนแปลงสภาพธรณีสัณฐานของเขื่อนคลองสะเดา

จากการเปรียบเทียบผลด้วยแผนที่อ้างอิงจากการสำรวจก่อนมีการดำเนินการเขื่อนคลองสะเดาในปี พ.ศ. 2522 มาตราส่วน 1:4,000 ของ กองสำรวจภูมิประเทศ กรมชลประทาน โดยใช้โปรแกรม Surfer 32 ในการประเมินความสามารถในการกักเก็บน้ำและการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในเขื่อนคลองสะเดา ให้ผลการประเมินดังนี้

2.1 ผลการประเมินก่อนมีการดำเนินการเขื่อนคลองสะเดา

ภาพประกอบ 4-4 แสดงจากการประเมินในระดับน้ำกักเก็บสูงสุด ที่ระดับ 68 เมตร (รทก.) และที่ระดับ 52 เมตร (รทก.)

พบว่าที่ระดับการกักเก็บน้ำสูงสุด 68 เมตร (รทก.) มีความสามารถในการกักเก็บน้ำสูงสุด 51,801,500 ลูกบาศก์เมตร มีพื้นที่น้ำท่วมทั้งหมด 7.125 ตารางกิโลเมตร และที่ระดับ 52 เมตร (รทก.) ซึ่งในการออกแบบใช้เป็นระดับน้ำกักเก็บต่ำสุด (dead storage) และระดับที่ต่ำกว่านี้ใช้ในการกักเก็บตะกอน ผลจากการประเมินพบว่าระดับน้ำกักเก็บต่ำสุด กักเก็บตะกอนสูงสุดอยู่ที่ 523,583 ลูกบาศก์เมตร คิดเป็นพื้นที่น้ำท่วมทั้งหมด 0.313 ตารางกิโลเมตร

2.2 ผลการประเมินจากการสำรวจสนาม

จากการสำรวจสนามของ ในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2544 เมื่อนำผลการสำรวจมาประเมินระดับน้ำกักเก็บสูงสุด ที่ระดับ 68 เมตร (รทก.) พบว่าเขื่อนมีความสามารถในการกักเก็บน้ำสูงสุดที่ 51,702,000 ลูกบาศก์เมตร มีพื้นที่น้ำท่วมทั้งหมด 7.114 ตารางกิโลเมตร ดังแสดงในภาพประกอบ 4-5

2.3 ผลการประเมินการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในการกักเก็บ

จากการเปรียบเทียบผลของการสำรวจในหัวข้อ 2.1 และ 2.3 พบว่าความสามารถในการกักเก็บน้ำลดลง 99,500 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งคิดเป็น 19.00 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาตรกักเก็บตะกอนสูงสุด

สำหรับตำแหน่งการเปลี่ยนแปลงสภาพธรณีสัณฐานของพื้นที่น้ำท่วมของเขื่อนสะเดา แสดงไว้ในภาพประกอบ 4-6

3. ผลการวิเคราะห์การกัดเซาะและการตกตะกอนด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

3.1 ผลการปรับเทียบแบบจำลอง (calibration)

3.1.1 ผลการปรับเทียบแบบจำลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (Manning's n)

ตามที่ Chow (1973) ได้กำหนดไว้ว่าสภาพลำน้ำของพื้นที่ศึกษาเป็นลำน้ำแบบภูเขา (mountain streams) ซึ่งสภาพริมฝั่งที่มีความลาดชันไม่สม่ำเสมอ มีป่ารกและต้นไม้ทั้งสองฝั่งมีค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระอยู่ระหว่าง 0.04-0.07 จากการวิเคราะห์แบบ sensitivity analysis โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระต่างกันจำนวน 4 ค่า คือ 0.04, 0.05, 0.06 และ 0.07 และเปรียบเทียบผลกับข้อมูลสนาม ผลการศึกษาแสดงไว้ในภาพประกอบ 4-7 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันมากนักระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระทั้ง 4 ค่า ดังนั้นจึงเลือกใช้ค่าค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระที่ 0.05 สำหรับการวิเคราะห์การกัดเซาะและการตกตะกอนในกระบวนการต่อไป

เมื่อพิจารณาผลที่ได้จากภาพประกอบ 4-7 พบว่า ที่อัตราการไหลเดียวกัน การเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำและปริมาณตะกอนเกิดขึ้นน้อยมาก แม้ว่าจะใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระที่ต่างกัน ยกเว้นสมการของ Colby (1964) จะมีความแตกต่างเกิดขึ้นทางตอนบนเล็กน้อย สามารถสรุปได้ว่า การเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในเขื่อนมีค่าเท่ากับศูนย์ ดังแสดงในภาพประกอบ 4-7 ซึ่งสาเหตุเนื่องมาจากผลของสภาพทางกายภาพของอ่างเก็บน้ำที่เป็นแก่งทางด้านท้ายน้ำ ทำให้ค่าความลึกของน้ำมีค่ามาก ทั้งที่อัตราการไหลต่ำ ระดับน้ำจะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงของระดับกักเก็บเท่านั้น หากมีการรักษาระดับน้ำหรือให้น้ำเต็มอ่างเก็บน้ำ

ตลอดเวลาทำให้แทบไม่มีการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำเลย และเหตุผลอีกอย่างหนึ่งที่ทำให้เปอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำมีค่าน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับเปอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ ก็คือ เนื่องจากการคำนวณการไหลใช้สมการของ Manning's n คือ

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2} \qquad (4\text{-}2)$$

หรือ

$$\frac{Qn}{S^{1/2}} = \frac{(Bh)^{5/3}}{P^{2/3}} \qquad (4\text{-}3)$$

โดยที่ B, h = ความกว้างและความลึกประสิทธิผล ตามลำดับ

P = เส้นขอบเปียก

Q = อัตราการไหล

S = ความลาดชันท้องน้ำ

จากสมการ 4-3 พบว่าที่ Q และ S มีค่าคงที่ การเปลี่ยนแปลงค่าในเทอมทางซ้ายจะขึ้นอยู่กับค่า n เพียงค่าเดียวจะมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงตัวแปรในเทอมทางขวาทุกตัว โดยเฉพาะค่า B และ h ที่มีกำลังสูงกว่า ทำให้การเปลี่ยนแปลงค่า B และ h มีความไวต่อการเปลี่ยนค่าของเทอมขวามือมากกว่าเมื่อเทียบกับการเปลี่ยนแปลงค่า n ซึ่งเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เปอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลงความลึกของน้ำมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับเปอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (Manning's n)

3.2 ผลการวิเคราะห์การกัดเซาะและการตกตะกอนในเขื่อนคลองสะเดา

ผลการวิเคราะห์การกัดเซาะและการตกตะกอนตามรายละเอียดของวิธีการในหัวข้อ 2 ในบทที่ 3 แสดงไว้ในตาราง 4-7 เมื่อเปรียบเทียบผลการคำนวณการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำกับข้อมูลการสำรวจจริง จากการสำรวจเมื่อเดือนมีนาคม 2001 โดยลงจุดกราฟระดับท้องน้ำเดิม (พ.ศ.2522) กับระดับท้องน้ำจากการสำรวจ และการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำจากการคำนวณการเคลื่อนตัวของตะกอนทั้ง 5 ความสัมพันธ์ ซึ่งผลการเปรียบเทียบพอสรุปได้ดังนี้

ตาราง 4-7 เปรียบเทียบผลการคำนวณการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ จากลักษณะลำน้ำเดิมปี พ.ศ 2522 ถึงปี พ.ศ.2540 รวมกับลักษณะลำน้ำจากการสร้างเขื่อนจากปี พ.ศ.2541 ถึงปี พ.ศ.2544 โดยใช้ความสัมพันธ์การเคลื่อนตัวของตะกอน 5 ความสัมพันธ์

รูปตัดขวางที่	ระดับท้องน้ำปี พ.ศ.2522(ฟุต)	การเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำปี พ.ศ 2544 (ฟุต)					
		สำรวจ ปี พ.ศ.2544	Meyer.	Toffaliti	Yang	Acker.	Colby
1	143.04	0.39	0.29	0.29	**0.31**	0.25	0.31
2	147.44	0.29	0.30	0.30	**0.29**	0.22	0.31
3	147.64	0.28	0.25	0.25	**0.28**	0.30	0.22
4	147.84	0.25	0.24	0.25	**0.27**	0.24	0.15
5	150.59	0.21	0.20	0.21	**0.23**	0.22	0.21
6	149.60	0.25	-0.01	-0.02	**0.20**	0.01	-0.25
7	151.48	0.26	0.30	0.29	**0.29**	0.30	-0.11
8	153.87	0.35	0.35	0.35	**0.35**	0.35	-0.10
9	152.00	0.55	0.57	0.57	**0.57**	0.57	-0.05
10	153.04	0.70	0.69	0.69	**0.69**	0.69	0.59
11	155.18	0.87	0.80	0.80	**0.80**	0.80	-0.01
12	157.48	0.38	0.92	0.92	**0.92**	0.92	0.00
13	155.55	1.66	1.15	1.15	**1.15**	1.15	0.62
14	154.20	2.50	1.49	1.49	**2.05**	1.49	0.50
15	156.82	0.67	2.18	2.18	**1.98**	2.16	1.12
16	154.20	2.20	1.95	1.95	**1.95**	1.93	0.89
17	157.48	1.76	1.25	1.25	**1.72**	1.66	0.21
18	164.04	2.08	1.30	1.35	**1.44**	1.40	0.82
19	170.04	1.51	1.25	1.25	**1.26**	1.02	1.12
20	177.16	1.28	0.92	0.92	**0.92**	0.92	1.01
21	181.44	1.18	1.50	1.12	**1.15**	2.05	6.11

3.2.1 ผลการคำนวณการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ จากการใช้ความสัมพันธ์ในการคำนวณการเคลื่อนตัวของตะกอนของ Yang' s Streampower (1973) ให้ผลการคำนวณการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำใกล้เคียงกับการเปลี่ยนแปลงที่ได้จากการสำรวจมากที่สุดจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีสหสัมพันธ์แบบจัดอันดับ (Rank Correlation) มีค่าเท่ากับ 0.998 รองลงมาเป็นความสัมพันธ์ในการคำนวณการเคลื่อนตัวของตะกอนของ Askers and White (1973) ซึ่งมีค่าสหสัมพันธ์แบบจัดอันดับมีค่าเท่ากับ 0.997

3.2.2 จากการใช้ความสัมพันธ์ในการคำนวณการเคลื่อนตัวของตะกอนของ Colby (1973) ให้ผลการคำนวณการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำต่างกับการเปลี่ยนแปลงที่ได้จากการสำรวจมากที่สุด

3.2.3 ความสัมพันธ์ในการคำนวณการเคลื่อนตัวของตะกอนของ Meyer-Peter and Muller (1948) กับ Toffaleti (1966) ซึ่งมาจากความสัมพันธ์ที่มาคล้ายกันคือ Shear Stress Approach ให้ผลการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำใกล้เคียงกัน

จากผลสรุปในทั้ง 3 ข้อ แสดงให้เห็นว่าผลการคำนวณการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำซึ่งมีพื้นฐานความสัมพันธ์ที่มาคล้ายกันจะให้ผลการคำนวณใกล้เคียงกัน และการเลือกใช้ความสัมพันธ์ในการคำนวณการเคลื่อนตัวของตะกอนที่วิเคราะห์มาจากข้อมูลวัสดุที่มีขนาดใกล้เคียงกับข้อมูลที่ทำการศึกษาจะให้ผลการคำนวณถูกต้องกว่าความสัมพันธ์ที่วิเคราะห์มาจากข้อมูลวัสดุที่มีขนาดแตกต่างกันออกไป ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้ข้อมูลตะกอนมีขนาดใกล้เคียงกับขนาดของตะกอนที่ใช้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของ Yang' s Streampower (1973) และผลการคำนวณการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำก็ให้ผลใกล้เคียงกับการเปลี่ยนแปลงที่ได้จากการสำรวจมากที่สุด ดังนั้นจึงเลือกใช้ความสัมพันธ์ในการคำนวณของ Yang' s Streampower (1973) ในการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของตะกอนหลังจากมีการดำเนินการเขื่อนคลองสะเดาต่อไป

4. เปรียบเทียบผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับการสำรวจการตกตะกอนในพื้นที่เขื่อนคลองสะเดา

4.1 ผลการประเมินจากภาคสนามโดยใช้โปรแกรม serfer จากผลของการสำรวจสนามของผู้ศึกษาและข้อมูลในปี พ.ศ.2522 กับการสร้างเขื่อน เมื่อนำมาประเมินโดยใช้โปรแกรม serfer พบว่าจากการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำในเขื่อนคลองสะเดาจนถึงเดือนมีนาคม พ.ศ.2544 ทำให้ความสามารถในการกักเก็บน้ำลดลง หรือปริมาณสะสมการไหลเข้าของตะกอน 99,500 ลูกบาศก์เมตร คิดเป็น 19.00 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรกักเก็บตะกอนสูงสุด (ดูภาคผนวก ช)

4.2 ผลการประเมินโดยใช้โปรแกรม HEC-6 เมื่อใช้ความสัมพันธ์ของ Yang' s Streampower (1973) มาคำนวณปริมาณสะสมการไหลเข้าของตะกอนในเขื่อนคลองสะเดาจนถึงเดือนมีนาคม พ.ศ 2544 ปริมาณตะกอนที่ตกสะสมในเขื่อนคลองสะเดา เท่ากับ 79.86 เอเคอร์-ฟุต หรือ 98,579.18 ลูกบาศก์เมตร คิดเป็น 18.80 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรกักเก็บตะกอนสูงสุด ดังแสดงในตาราง 4-8

ตาราง 4-8 ผลการคำนวณปริมาณสะสมการไหลเข้าออกของตะกอน และสัมประสิทธิ์การดักตะกอน ในเขื่อนคลองสะเดาจนถึงเดือนมีนาคม พ.ศ.2544

```
TABLE SA-1. TRAP EFFICIENCY ON STREAM SEGMENT #  1
             KHLONG SADAO DAM.
             ACCUMULATED AC-FT ENTERING AND LEAVING THIS STREAM SEGMENT
*************************************************************************•TIME
ENTRY *        CLAY        *         SILT        *        SAND        *
DAYS     POINT *INFLOW OUTFLOW TRAP * INFLOW OUTFLOW TRAP *INFLOW OUTFLOW TRAP *

8365.00 21.000 *10.42               * 42.75               *27.86               *

TOTAL=   1.000 *10.42    1.15   .89 * 42.75    .02   1.00 *27.86    .00   1.00 *
 *************************************************************************
```

หมายเหตุ ถ่ายมาจากการแสดงผลของคอมพิวเตอร์

จากการเปรียบเทียบผลด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีปริมาณตะกอนที่ตกสะสมในเขื่อนคลองสะเดาน้อยกว่าการเกิดขึ้นจริงอยู่ 920.82 ลูกบาศก์เมตร คิดเป็น 0.93 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรตะกอนที่เกิดขึ้นจริง หรือผลการคำนวณด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีปริมาณตะกอนที่ตกสะสม 99.07 เปอร์เซ็นต์ของตะกอนที่เกิดขึ้นจริง

5. ผลการพยากรณ์การตกตะกอนหลังจากมีการดำเนินการเขื่อนคลองสะเดาไปแล้ว

เมื่อเลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระเท่ากับ 0.05 (จากผลที่ได้ในหัวข้อ 3.1) เลือกใช้ความสัมพันธ์ในการคำนวณการเคลื่อนตัวตะกอนของ Yang' s Streampower (จากผลที่ได้ในหัวข้อ 3.2) มาคำนวณปริมาณสะสมการไหลเข้าของตะกอนหลังจากมีการดำเนินการเขื่อนคลองสะเดาไปแล้ว และปฏิบัติการโปรแกรมภายใต้เงื่อนไขการไหลตามรายละเอียดอัตราการไหลและช่วงเวลาในตาราง 3-3 รายละเอียดหัวข้อ 2.3 ในบทที่ 3 ต่อเนื่องกันเป็นเวลา 100 ปี ผลการวิเคราะห์การกัดเซาะและการตกตะกอนเมื่อสิ้นปีที่ 10, 25, 50 และ100 แสดงไว้ในตาราง 4-9

เมื่อพยากรณ์ตะกอนที่ไหลลงสู่เขื่อนคลองสะเดาหลังมีการดำเนินการของเขื่อนคลองสะเดาไปแล้วตลอดอายุการใช้งาน 50 ปี พบว่าการสะสมของตะกอนจะได้ดังแสดงไว้ในตาราง 4-10 และภาพประกอบ 4-8 พอสรุปได้ดังนี้

ตาราง 4-9 ผลการวิเคราะห์การกัดเซาะและการตกตะกอนในเขื่อนคลองสะเดาเมื่อสิ้นปีที่ 10, 25, 50 และ100 ปี

รูปตัดขวางที่	ระยะตามแนวลำน้ำ (ฟุต)	การเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ (ฟุต)				
		ระดับท้องน้ำ พ.ศ 2522 (ฟุต)	ปีที่ 10	ปีที่ 25	ปีที่ 50	ปีที่ 100
1	143.05	143.04	0.30	0.44	0.79	1.24
2	290.70	147.44	0.30	0.44	0.79	1.24
3	438.35	147.64	0.37	0.55	0.99	1.55
4	586.00	147.84	0.37	0.55	0.99	1.55
5	736.60	150.59	0.30	0.44	0.79	1.24
6	881.95	149.60	0.22	0.33	0.60	0.93
7	1039.44	151.48	0.37	0.55	0.99	1.55
8	1193.33	153.87	0.44	0.66	1.19	1.86
9	1345.91	152.00	0.74	1.10	1.98	3.09
10	1509.98	153.04	0.88	1.32	2.38	3.70
11	1665.19	155.18	1.03	1.54	2.78	4.32
12	1822.70	157.48	1.18	1.76	3.17	4.94
13	1975.29	155.55	1.47	2.20	3.97	6.18
14	2129.53	154.20	1.92	2.86	5.16	8.04
15	2286.39	156.82	2.80	4.17	7.54	11.74
16	2450.48	154.20	2.51	3.73	6.74	11.70
17	2608.02	157.48	2.21	3.29	5.95	9.27
18	2772.20	164.04	1.84	2.75	4.96	7.73
19	2953.12	170.04	1.62	2.42	4.37	6.80
20	3118.43	177.16	1.18	1.76	3.17	4.94
21	3327.63	181.44	1.03	1.54	2.78	4.32

ตาราง 4-10 ผลการคำนวณปริมาณสะสมการไหลเข้าออกของตะกอนและสัมประสิทธิ์
การดักตะกอนในเขื่อนคลองสะเดาหลังจากการดำเนินอ่างเก็บน้ำ 50 ปี

```
TABLE SA-1. TRAP EFFICIENCY ON STREAM SEGMENT #  1
             KHLONG SADAO DAM.
             ACCUMULATED AC-FT ENTERING AND LEAVING THIS STREAM SEGMENT
*************************************************************************•TIME
ENTRY *        CLAY        *         SILT        *        SAND        *
DAYS     POINT *INFLOW OUTFLOW TRAP * INFLOW OUTFLOW TRAP *INFLOW OUTFLOW TRAP *

25795.0 21.000 *32.15               *131.94               *85.99               *

TOTAL=   1.000 *32.15    3.62   .89 *131.94    .02   1.00 *85.99    .00   1.00 *
 *************************************************************************
```

หมายเหตุ ถ่ายมาจากการแสดงผลของคอมพิวเตอร์

5.1 ปริมาณตะกอนสะสมตลอดอายุการใช้งานของเขื่อน (50 ปี)

ผลการคำนวณสามารถสรุปได้ดังภาพประกอบ 4-8 จะเกิดแนวโน้มเกิดการตกตะกอนตั้งแต่ทางต้นน้ำ รูปตัดขวางที่ 21 แล้วค่อยเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงรูปตัดขวางที่ 15 แล้วการตกตะกอนมีปริมาณน้อยลงจนถึงรูปตัดขวางที่ 1 ช่วงที่มีการตกตะกอนมากที่สุดอยู่ในช่วงระหว่างรูปตัดขวางที่ 19 ลงมาถึงรูปตัดขวางที่ 13 ส่วนรูปตัดขวางที่มีการตกตะกอนมากที่สุดคือรูปตัดขวางที่ 15 มีการตกตะกอน 7.54 ฟุต หรือ 2.30 เมตร (ดูข้อมูลที่ได้การคำนวณในภาคผนวก จ)

ดังนั้นตะกอนที่ตกสะสมในเขื่อนคลองสะเดาส่วนใหญ่จะอยู่เหนือรูปตัดขวางที่ 13 เป็นต้นไป ซึ่งห่างจากตำแหน่งตัวเขื่อน 2.3 กิโลเมตร จึงไม่มีผลกระทบต่อการดำเนินการของเขื่อนคลองสะเดา

5.2 ปริมาณตะกอนที่ตกสะสมในเขื่อนคลองสะเดา

ผลการคำนวณพบว่าปริมาณตะกอนที่ตกสะสมในเขื่อนคลองสะเดา เท่ากับ 246.44 เอเคอร์-ฟุต หรือ 304,205.54 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งอยู่ในระดับต่ำกว่าระดับเก็บน้ำต่ำสุด และคิดเป็น 58.10 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรกักเก็บตะกอนสูงสุด ปริมาณตะกอนส่วนใหญ่เป็นตะกอนทราย (silt) ประมาณ 53.53 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาเป็นทราย (sand) 34.89 เปอร์เซ็นต์ และดินเหนียว (clay) 11.58 เปอร์เซ็นต์ (ดูข้อมูลที่ได้การคำนวณในภาคผนวก จ)

5.3 ประสิทธิภาพการดักตะกอนในเขื่อนคลองสะเดา

จากผลการคำนวณ (ดูภาคผนวก จ) พบว่าประสิทธิภาพการดักตะกอนในเขื่อนคลองสะเดา แยกตามประเภทของตะกอน คือ ดินเหนียว (clay) ตะกอนทราย (silt) และทราย (sand) คิดเป็น 89.00 เปอร์เซ็นต์ 99.98 เปอร์เซ็นต์ และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

5.5 สรุปผลการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จากการพิจารณาผลการวิเคราะห์ดังกล่าวแล้ว สามารถสรุปได้ว่าภายในระยะเวลาหลังมีการดำเนินการของเขื่อนคลองสะเดาไปแล้วตลอดอายุการใช้งาน 50 ปี ผลกระทบจากการตกตะกอนในเขื่อนคลองสะเดายังไม่ทำให้ระบบการดำเนินงานและประสิทธิของโครงการลดลง

6. การพยากรณ์อายุการใช้การดำเนินงานของเขื่อนคลองสะเดา

ผลการพยากรณ์อายุการใช้งานของเขื่อนคลองสะเดา แสดงไว้ในตาราง 4-11 และภาคผนวก ฉ ซึ่งสรุปได้ดังนี้

ตาราง 4-11 ผลการคำนวณปริมาณสะสมการไหลเข้าออกของตะกอนและสัมประสิทธิ์

การดักตะกอนในเขื่อนคลองสะเดาหลังจากการดำเนินอ่างเก็บน้ำ 102 ปี 5 เดือน

```
TABLE SA-1. TRAP EFFICIENCY ON STREAM SEGMENT #  1
             KHLONG SADAO DAM.
             ACCUMULATED AC-FT ENTERING AND LEAVING THIS STREAM SEGMENT
*********************************************************************************•TIME
ENTRY *        CLAY        *         SILT        *         SAND        *
DAYS     POINT *INFLOW OUTFLOW TRAP * INFLOW OUTFLOW TRAP *INFLOW OUTFLOW TRAP *

44563.0 21.000 *55.36               *227.16               *148.05              *

TOTAL=   1.000 *55.36    6.40   .88 *227.16    .03   1.00 *148.05   .00   1.00 *
*********************************************************************************
```

หมายเหตุ ถ่ายมาจากการแสดงผลของคอมพิวเตอร์

6.1 ปริมาณตะกอนที่ตกสะสมในเขื่อนคลองสะเดา

ปริมาณตะกอนที่ตกสะสมในเขื่อนคลองสะเดาจากผลการคำนวณ จะมีปริมาณมากกว่าระดับปริมาตรกักเก็บตะกอนสูงสุด ในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2643 หรือระยะเวลาหลังมีการดำเนินการของเขื่อนคลองสะเดาไปแล้วมีอายุการใช้งาน 102 ปี กับ 5 เดือน (44,563.0 วัน)

6.2 หลังจากมีการดำเนินการเขื่อนคลองสะเดาเป็นเวลา 102 ปี กับ 5 เดือน

หลังจากมีการดำเนินการเขื่อนคลองสะเดาเป็นเวลา 102 ปี กับ 5 เดือน การเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำทำให้เกิดการตกตะกอนมากที่สุดคือรูปตัดขวางที่ 15 มีการตกตะกอน 11.78 ฟุต หรือ 3.59 เมตร (ดูภาคผนวก ฉ)

6.3 ปริมาณตะกอนที่ตกสะสมในเขื่อนคลองสะเดา

ปริมาณตะกอนที่ตกสะสมในเขื่อนคลองสะเดา เท่ากับ 424.14 เอเคอร์-ฟุต หรือ 523,558.84 ลูกบาศก์เมตร (ดูภาคผนวก ฉ) ซึ่งอยู่ในระดับใกล้เคียงกับระดับปริมาตรกักเก็บตะกอนสูงสุด ซึ่งอยู่ที่ 523,583 ลูกบาศก์เมตร ปริมาณตะกอนส่วนใหญ่เป็นตะกอนทราย (silt) ประมาณ 53.58 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาเป็นทราย (sand) 34.88 เปอร์เซ็นต์ และดินเหนียว (clay) 11.54 เปอร์เซ็นต์

6.4 ประสิทธิภาพการดักตะกอนในเขื่อนคลองสะเดา

ประสิทธิภาพการดักตะกอนในเขื่อนคลองสะเดา แยกตามประเภทของตะกอน คือ ดินเหนียว (clay) ตะกอนทราย (silt) และทราย (sand) คิดเป็น 88.00 เปอร์เซ็นต์ 99.98 เปอร์เซ็นต์ และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ