การวิเคราะห์การกัดเซาะและการตกตะกอน ตอนท้ายเขื่อนห้วยแงด โครงการเขื่อนน้ำเซ็ก โดยใช้คอมพิวเตอร์

นาย สมพร รัตนบุรี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2536

ISBN 974-583-057-7

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

019493

COMPUTER - ASSISTED ANALYSIS OF SCOUR AND DEPOSITION AT DOWNSTREAM OF HUAI NGAET DAM, NAM KHEK PROJECT.

Mr. Somporn Rattanaburi

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement
for the Degree of Master of Engineering
Department of Civil Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
1993

ISBN 974-583-057-7

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์การกัดเซาะและการตกตะกอน ตอนท้ายเขื่อนห้วยแงด โครงการเขื่อนน้ำเซ็ก โดยใช้คอมพิวเตอร์
โดย	นาย สมพร รัตนบุรี
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.สุรวุฒิ ประดิษฐานนท์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยพันธุ์ รักวิจัย)

..... กรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.นิวัตต์ ดารานันทน์)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.เสรี จันทร์โยธา)

..... กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุรวุฒิ ประดิษฐานนท์)

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

C115305 : MAJOR CIVIL ENGINEERING
KEY WORD: SCOUR / DEPOSITION / NAM KHEK DAM / COMPUTER

SOMPORN RATTANABURI : COMPUTER-ASSISTED ANALYSIS OF SCOUR AND DEPOSITION AT DOWNSTREAM OF HUAI NGAET DAM, NAM KHEK PROJECT. THESIS ADVISOR : ASSO.PROF. SURAVUTH PRATISHTHANNDA, Ph.D. 255 pp. ISBN 974-583-057-7

This study is the analysis of scour and deposition on Nam Khek River from downstream of Huai Ngaet Dam to Ban Khek Yai Regulating Dam which is the part of Nam Khek Hydropower Project of Electricity Generating Authority of Thailand (EGAT.). HEC-6 version 4.0 programme was used as computer assisted analysis in the study. The study comprised of data collection both from existing and fields surveying; data analysis; model calibration and analysis on present status and after the construction of dam for 50 years period. The result of this study was compared with the studied of EGAT.

The result indicated that after 50 years dam operation, scouring would be from downstream of Huai Ngaet Dam to cross section No.14 (PH-A) which is the location of power house "A". Deposition would start after the power house till the approach to Ban Khek Yai Regulating Dam. The maximum deposition occur at cross section No.13 sediment deposition would be more than 2.5 Km., from Regulating Dam , 78% of sediment would be silt. The comparison of this study with the studied of EGAT. indicated that the tendency of scour and deposition are simialr and both show that scouring and deposition would not effect operation and efficiency of Regulating Dam for the expected 50 years of project life.

The studying show that program HEC-6 which is the one dimensional steady flow model is not appropriate to use in analysis of scouring and deposition on mountainous stream where geometric change of stream is more dominated by geologic morphology than the effect of scouring and deposition.

ภาควิชา Civil Engineering ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา Water Resources ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 1992 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

สมพร รัตนบุรี : การวิเคราะห์การกัดเซาะและการตกตะกอน ตอนท้ายเขื่อนห้วยแงด โครงการเขื่อนน้ำเซ็กโดยใช้คอมพิวเตอร์ (COMPUTER - ASSISTED ANALYSIS OF SCOUR AND DEPOSITION AT DOWNSTREAM OF HUAI NGAET DAM, NAM KHEK PROJECT) อ.ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.สุรวุฒิ ประดิษฐานนท์, 255 หน้า, ISBN 974-583-057-7

การศึกษานี้มุ่งวิเคราะห์การกัดเซาะและการตกตะกอนในลำน้ำเซ็ก ช่วงท้ายเขื่อนห้วยแงดถึงหน้าเขื่อนบ้านเซ็กใหญ่ ในโครงการไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนน้ำเซ็ก ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) โดยใช้โปรแกรม HEC-6 รุ่น 4.0 ช่วยวิเคราะห์การกัดเซาะและการตกตะกอนในลำน้ำ และอ่างเก็บน้ำ ขั้นตอนของการศึกษาประกอบด้วย การเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ที่มีอยู่แล้ว และจากการสำรวจภาคสนาม การวิเคราะห์ข้อมูล การปรับเทียบแบบจำลอง และการใช้แบบจำลองในการวิเคราะห์การกัดเซาะและการตกตะกอนทั้งในกรณีที่ไม่มีการสร้างเขื่อน และกรณีที่มีการสร้างเขื่อน นอกจากนั้น ยังได้เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ครั้งนี้กับผลการวิเคราะห์ของกฟผ. ซึ่งใช้โปรแกรม HEC-6 รุ่น 3.2 ที่ใช้ความสัมพันธ์ Toffaleti

ผลการศึกษาสรุปได้ว่า หลังจากมีการก่อสร้างเขื่อน และดำเนินโครงการผ่านไปเป็นเวลา 50 ปี จะเกิดการกัดเซาะในลำน้ำตั้งแต่ท้ายเขื่อนห้วยแงดจนถึงรูปตัดขวางที่ 14 (PH-A) ซึ่งเป็นบริเวณโรงผลิตไฟฟ้า หลังจากนั้นจะเริ่มมีการตกตะกอนตั้งแต่รูปตัดขวางที่ 13 จนถึงหน้าเขื่อนบ้านเซ็กใหญ่ โดยจะมีการตกตะกอนมากที่สุดบริเวณรูปตัดขวางที่ 13 และการตกตะกอนส่วนใหญ่จะอยู่ห่างจากเขื่อนบ้านเซ็กใหญ่ไปทางเหนือน้ำมากว่า 2.5 กม. โดยขนาดของตะกอนประมาณ 78% เป็นตะกอนทราย (Silt) เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาครั้งนี้กับผลการศึกษาของกฟผ. ปรากฏว่าแนวโน้มของการกัดเซาะและการตกตะกอนส่วนใหญ่จะใกล้เคียงกัน กล่าวคือ จะมีการกัดเซาะในลำน้ำตั้งแต่ท้ายเขื่อนห้วยแงดจนถึงรูปตัดขวางก่อนถึงโรงผลิตไฟฟ้า และจะมีการตกตะกอนที่รูปตัดขวางทางท้ายน้ำของโรงผลิตไฟฟ้าจนถึงหน้าเขื่อนบ้านเซ็กใหญ่ ซึ่งจากผลการศึกษาทั้งสองครั้งแสดงให้เห็นว่าปัญหาเรื่องการกัดเซาะและตกตะกอนไม่มีผลกระทบต่อการดำเนินงาน และประสิทธิภาพของโครงการตลอดอายุการใช้งาน

อนึ่ง จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าโปรแกรม HEC-6 เป็นโปรแกรมสำหรับการไหล 1 มิติ ไม่เหมาะสมที่จะใช้ในการวิเคราะห์การกัดเซาะและการตกตะกอน ในกรณีที่ศึกษาลำน้ำภูเขา ที่การเปลี่ยนแปลงสภาพทางกายภาพของลำน้ำได้รับอิทธิพลจากสภาพทางธรณีวิทยามากกว่าอิทธิพลจากการกัดเซาะ และการตกตะกอน

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมแหล่งน้ำ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2535 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ สาขาวิศวกรรมแหล่งน้ำทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิทยาการ คำแนะนำ ตลอดจนแบบอย่างที่ดีในการดำเนินชีวิตในวันข้างหน้า

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ ก็ด้วยความกรุณาของศาสตราจารย์ ดร.นิวัตต์ ดารานันท์ รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยพันธุ์ รักวิจัย รองศาสตราจารย์ ดร.สุรวุฒิ ประดิษฐานนท์ อาจารย์ ดร.เสรี จันทร์โยธา ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนแนวความคิดต่าง ๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้จนสามารถลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยเฉพาะ รองศาสตราจารย์ ดร.สุรวุฒิ ประดิษฐานนท์ ซึ่งได้กรุณาเสียสละเวลาให้คำปรึกษา แนะนำ และช่วยเหลืออย่างดียิ่งตลอดมาจนกระทั่งสำเร็จ

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรพล จิวาลักษณ์ หัวหน้าสาขาวิชาปฐพีกลศาสตร์ ที่กรุณาอนุญาตให้ใช้เครื่องมือเก็บตัวอย่างดิน และอุปกรณ์ในการวิเคราะห์ตัวอย่างตลอดจนเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ ที่กรุณาอำนวยความสะดวกในการทดลอง

ขอขอบพระคุณ คุณกิตติ นภารักษาวงศ์ ผู้อำนวยการกองอุตุและอุทก คุณวันชัย ประไพสวรรณ และเจ้าหน้าที่ท่านอื่น ๆ ของกองอุตุ และอุทกการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่ได้กรุณาให้รายละเอียดเกี่ยวกับข้อมูลของพื้นที่ศึกษาตลอดจนอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูล

ท้ายที่สุด ขอขอบพระคุณ ผู้บังคับบัญชา เพื่อนร่วมงาน และเพื่อนในสาขาวิศวกรรมแหล่งน้ำทุกท่าน รวมทั้งบุคคลอื่น ๆ ที่ไม่สามารถเอ่ยนามไว้ในที่นี้ได้ทั้งหมดที่กรุณาให้โอกาส เสียสละกำลังกาย กำลังใจ ช่วยเหลือด้วยดีตลอดมา ขอขอบพระคุณ คุณ อติวรรณ พวงวัฒนา ที่กรุณาช่วยจัดพิมพ์เข้าเล่มจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ความดี และกุศลอันพึงมีจากการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ บิดา-มารดา ที่ต้องต่อสู้กับโรคร้าย โดยเฉพาะมารดาซึ่งได้ล่วงลับไปก่อนที่จะเห็นความสำเร็จของข้าพเจ้า

สมพร รัตนบุรี

พฤษภาคม 2536

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฎ
สารบัญรูป ..... ฑ
บทที่
1. บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 2
1.3 ขอบข่ายของการศึกษา 3
1.3.1 พื้นที่ทำการศึกษา 3
1.3.2 แนวทางการศึกษา 3
1.3.3 ข้อมูลและแหล่งข้อมูล 3
1.4 การศึกษาที่ผ่านมา 4
1.4.1 การศึกษาที่เกี่ยวกับตะกอน ของโครงการเขื่อนน้ำเข็ก 4
1.4.2 การศึกษาเกี่ยวกับโปรแกรม HEC-6 และการประยุกต์ใช้โปรแกรม HEC-6 6
1.5 การดำเนินการศึกษา 10
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 11
2. รายละเอียดของโครงการและพื้นที่ศึกษา 16
2.1 ลักษณะโครงการ 16
2.1.1 เขื่อนห้วยแงด 16
2.1.2 เขื่อนบ้านเข็กใหญ่ 16
2.1.3 ระบบชลประทาน 16
2.2 ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ศึกษา 17
2.2.1 ที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ 17

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	2.2.2 สภาพภูมิประเทศ	17
	2.2.3 ลักษณะภูมิอากาศของพื้นที่ลุ่มน้ำ	17
	2.2.4 ลักษณะธรรมชาติของลำน้ำ	18
	2.2.5 สภาพทางธรณีวิทยา	19
3.	หลักการและทฤษฎีที่ใช้ในการศึกษา	24
	3.1 ทฤษฎีทางด้านชลศาสตร์	24
	3.1.1 สมการพลังงาน	24
	3.1.2 สมการคำนวณค่าความสูญเสียทางด้านชลศาสตร์	27
	3.2 ทฤษฎีพื้นฐานสำหรับการคำนวณเกี่ยวกับตะกอน	29
	3.2.1 สมการสำหรับความต่อเนื่องของวัสดุตะกอน	29
	3.2.1.1 ปริมาตรควบคุม (Control Volume)	29
	3.2.1.2 สมการเอกซ์เนอร์ (Exner Equation)	40
	3.2.2 กำหนดชั้นที่มีการเคลื่อนไหวและชั้นที่ไม่มีการเคลื่อนไหว	34
	3.2.2.1 ความลึกสมดุลย์ (Equilibrium Depth)	35
	3.2.2.2 ความลึกของการกัดเซาะ และการต้านการกัดเซาะ (Scour Depth and Armoring)	37
	3.2.3 ส่วนประกอบของชั้นที่มีการเคลื่อนไหว (Composition of the Active Layer)	41
	3.2.3.1 ชั้นปกคลุมผิว (Cover Layer)	43
	3.2.3.2 ชั้นรองผิว (Sub-Surface Layer)	43
	3.2.3.3 อัตราการเพิ่มเติมชั้นที่มีการเคลื่อนไหว (Rate of Replenishing the Active Layer)	44
	3.2.4 การเคลื่อนตัวของตะกอน (Movement of Sediment)	47
	3.2.4.1 การคำนวณอัตราส่วนคละของวัสดุท้องน้ำใหม่ (Bed Gradation Recomputations)	47
	3.2.4.2 อัตราจำกัดคุณสมบัติ ของการผสมรวมกับน้ำ (Characteristic Rate of Entrainment) ...	48
	3.2.4.3 อัตราจำกัดคุณสมบัติ สำหรับการตกตะกอน (Characteristic Rate of Deposition)	48

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	3.2.4.4 อิทธิพลของการต้านทานการกัดเซาะต่อความสามารถในการพัดพา (Influence of Armoring on Transport Capacity)	49
	3.2.5 น้ำหนักจำเพาะของตะกอน (Unit Weight of Deposits) ...	50
	3.2.5.1 น้ำหนักจำเพาะเริ่มต้น (Initial Unit Weight)	50
	3.2.5.2 น้ำหนักจำเพาะผสมของตะกอน (Composite Unit Weight)	50
	3.2.5.3 น้ำหนักจำเพาะยุบตัว (Consolidated Unit Weight)	51
	3.2.6 คุณสมบัติของเม็ดตะกอน (Sediment Particle Properties)	52
	3.2.7 ลำดับขั้นการคำนวณความลึกของการกัดเซาะ (Scour Depth Calculation Sequence)	54
	3.2.8 การเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ (Bed Elevation Change)	55
	3.2.9 การพัดพาตะกอนทรายและดินเหนียว (Silt and Clay Transpot)	55
	3.2.9.1 การตกตะกอนของตะกอนที่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค (Cohesive Sediment Deposition)	55
	3.2.9.2 การกัดเซาะของตะกอนที่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค (Cohesive Sediment Scour)	57
	3.2.10 ความสัมพันธ์การเคลื่อนตัวของตะกอน (Sediment Transport Relationship)	58
4.	การดำเนินการศึกษา	63
	4.1 การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลตัวแทน	63
	4.1.1 ข้อมูลทางด้านรูปร่างลักษณะของลำน้ำ	63
	4.1.2. ข้อมูลทางด้านตะกอน	64
	4.1.3 ข้อมูลด้านอุทกวิทยา	87

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	4.2 การพิจารณาเลือกใช้ความสัมพันธ์ในการคำนวณการเคลื่อนตัวของตะกอน ...	92
	4.3 การปรับเทียบแบบจำลอง	94
	4.3.1 การปรับเทียบแบบจำลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (n) ที่เหมาะสม	94
	4.3.2 การปรับเทียบแบบจำลองเพื่อหาช่วงการคำนวณที่เหมาะสม	95
	4.4 การวิเคราะห์การกัดเซาะและการตกตะกอนในสภาพลำน้ำเดิม	98
	4.4.1 วัตถุประสงค์	98
	4.4.2 การจำลองสภาพของลำน้ำ	98
	4.4.3 ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์	100
	4.4.4 การเปรียบเทียบผลการคำนวณ	100
	4.5 การวิเคราะห์การกัดเซาะและการตกตะกอนหลังจากการสร้างเขื่อน	101
	4.5.1 วัตถุประสงค์	101
	4.5.2 การจำลองสภาพของลำน้ำ	101
	4.5.3 ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์	101
	4.5.4 ผลการวิเคราะห์	102
5.	ผลการศึกษาและวิจารณ์	104
	5.1 ผลการปรับเทียบแบบจำลอง	104
	5.1.1 ผลการปรับเทียบแบบจำลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ของความขรุขระ (Manning's n) ที่เหมาะสมของลำน้ำ	104
	5.1.2 ผลการปรับเทียบแบบจำลองเพื่อหาช่วงเวลาการคำนวณ (Time Interval) ที่เหมาะสม	109
	5.2 ผลการวิเคราะห์การกัดเซาะ และการตกตะกอนในสภาพลำน้ำเดิม	122
	5.3 ผลการวิเคราะห์การกัดเซาะและการตกตะกอนในกรณีที่มีการสร้างเขื่อน ...	130
	5.4 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์การกัดเซาะและการตะกอนกับผลการวิเคราะห์ของ กฟผ.	134
6.	บทสรุปและข้อเสนอแนะ	140
	6.1 สรุปผลการศึกษา	140
	6.1.1 การวิเคราะห์การกัดเซาะและการตกตะกอน ในสภาพลำน้ำเดิม...	140

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	6.1.2 การวิเคราะห์การกัดเซาะและการตกตะกอน ในกรณีที่มีการสร้างเขื่อน	141
	6.1.3 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์การกัดเซาะและการตกตะกอนจากการศึกษาครั้งนี้กับผลการศึกษาของ กฟผ.	142
	6.1.4 ปัญหาและอุปสรรคที่สำคัญในการศึกษา	142
	6.2 ข้อเสนอแนะ	144
เอกสารอ้างอิง		145
ภาคผนวก		
	ภาคผนวก ก. ความสัมพันธ์ที่ใช้ในการคำนวณการเคลื่อนตัวของตะกอน	147
	ภาคผนวก ข. วิธีการขั้นตอนมาตรฐาน	162
	ภาคผนวก ค. ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์การกัดเซาะและตกตะกอน	165
	ภาคผนวก ง. ตัวอย่างข้อมูล INPUT DATA และผลการคำนวณของโปรแกรม HEC-6 กรณีที่มีการสร้างเขื่อน ...	201
ประวัติผู้ศึกษา		255

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1-1	ปริมาณการไหลของตะกอนแขวนลอย สถานีบ้านเช็กใหญ่ ปี 1972-1981	12
2-1	ข้อมูลสภาพภูมิอากาศของพื้นที่ศึกษา	20
3-1	การแบ่งชั้นขนาดของเม็ดตะกอนในโปรแกรม HEC-6	53
3-2	ความสัมพันธ์สำหรับคำนวณการเคลื่อนตัวของตะกอน ในโปรแกรม HEC-6	61
4-1	เปอร์เซ็นต์ของตะกอนท้องน้ำ ในเทอมของตะกอนแขวนลอย	67
4-2	การกระจายขนาดของเม็ดตะกอนแขวนลอย	68
4-3	การกระจายขนาดเม็ดตะกอนท้องน้ำ	69
4-4	การกระจายขนาดของเม็ดตะกอนรวม	70
4-5	ปริมาณตะกอนที่ขอบเขตตอนบนและขอบเขตตอนล่าง	71
4-6	ปริมาณตะกอนไหลเข้าที่ขอบเขตตอนบนและขอบเขตตอนล่าง กระจายขนาดเม็ดตะกอน	72
4-7	การกระจายขนาดของเม็ดวัสดุท้องน้ำ เก็บตัวอย่างโดย กฟผ. ปี 1985	73
4-8	การกระจายขนาดของเม็ดวัสดุท้องน้ำ	74
4-9	การคำนวณอัตราการไหลเข้าจากพื้นที่รับน้ำฝนด้านข้าง	89
4-10	อัตราการไหลเข้าของน้ำจากพื้นที่รับน้ำด้านข้างระหว่างเขื่อนห้วยแงด ถึงเขื่อนบ้านเช็กใหญ่	90
4-11	แสดงอัตราการไหลในลำน้ำภายใต้การดำเนินการอ่างเก็บน้ำ Operating Rule	91
4-12	ค่าเฉลี่ย ปานกลาง (d_{50}) ขนาดของวัสดุท้องน้ำ	93
5-1	ข้อมูลระดับน้ำจากการสำรวจ	105
5-2	เปรียบเทียบค่าระดับน้ำจากการคำนวณโดยใช้โปรแกรม HEC-6 กับค่าระดับน้ำที่ทำการสำรวจจริง	106
5-3	เปรียบเทียบผลการคำนวณการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ จากปี 1985 ถึง 1992 โดยใช้ความสัมพันธ์การเคลื่อนตัวของตะกอน 5 ความสัมพันธ์	123
5-4	ผลการวิเคราะห์การกัดเซาะและการตกตะกอนในกรณีที่มีการสร้างเขื่อน	131
5-5	ผลการคำนวณปริมาณสะสมการไหลเข้าออกของตะกอนและสัมประสิทธิ์การดักตะกอน หลังจากดำเนินโครงการ 50 ปี	132
5-6	ผลการศึกษาการกัดเซาะและการตกตะกอน โดย กฟผ.	135

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

5–7 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์การกัดเซาะและการตกตะกอนโดย กฟผ. กับการศึกษาในครั้งนี้ หลักจากดำเนินโครงการ 50 ปี 136

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1-1	ตำแหน่งพื้นที่ศึกษา	13
1-2	แสดงตำแหน่งรูปตัดขวางลำน้ำ	14
1-3	รายละเอียดพื้นที่ศึกษา	15
2-1	รายละเอียดแผนพัฒนาโครงการไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนน้ำเซ็กขั้นแรก	21
2-2	แบบจำลองแผนพัฒนาโครงการไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนน้ำเซ็กขั้นแรก	22
2-3	สภาพภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษา	23
3-1	โครงสร้างสำหรับการทำงานของโปรแกรม HEC-6	25
3-2	แสดงรายละเอียดของเทอมต่าง ๆ ในสมการพลังงาน	26
3-3	แสดงการกำหนดปริมาตรควบคุม	30
3-4	แสดงปริมาตรควบคุมที่มีการดัดแปลง	30
3-5	แสดงรูปแบบของการคำนวณ	33
3-6	รูปตัดแท่งในแนวดิ่งของวัสดุท้องน้ำซึ่งมีพื้นที่ผิว SA	39
3-7	โค้งอัตราส่วนคละของวัสดุท้องน้ำสำหรับคำนวณความลึกสมดุลย์	39
3-8	เงื่อนไขความลึกสมดุลย์	42
3-9	ส่วนประกอบของชั้นที่มีการเคลื่อนไหว	42
3-10	ความน่าจะเป็นของเสถียรภาพเม็ดวัสดุ	46
4-1	กราฟแท่งแสดงปริมาณการไหลของตะกอนเฉลี่ยรายเดือน	76
4-2	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลของตะกอน และอัตราการไหลของน้ำ	77
4-3	การกระจายขนาดของเม็ดตะกอนแขวนลอย	78
4-4	กราฟความสัมพันธ์การกระจายปริมาณการไหลของเม็ดตะกอนรวม	79
4-5	กราฟแสดงการกระจายขนาดของวัสดุท้องน้ำ เก็บตัวอย่างโดย กฟผ. ปี 1985 ตำแหน่งบริเวณสันเขื่อนห้วยแงด	80
4-6	การกระจายขนาดของเม็ดวัสดุท้องน้ำ สำหรับรูปตัดขวางที่ 27 ทำการเจาะสำรวจโดยผู้ศึกษา ปี 1992	81
4-7	การกระจายขนาดของเม็ดวัสดุท้องน้ำ สำหรับรูปตัดขวางที่ 26 ปี 1992	82
4-8	การกระจายขนาดของเม็ดวัสดุท้องน้ำ สำหรับรูปตัดขวางที่ 14 ทำการเจาะสำรวจโดยผู้ศึกษา ปี 1992	83
4-9	การกระจายขนาดของเม็ดวัสดุท้องน้ำ สำหรับรูปตัดขวางที่ 11 ปี 1992	84
4-10	การกระจายขนาดของเม็ดวัสดุท้องน้ำ สำหรับรูปตัดขวางที่ 10 ปี 1992	85

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4-11 การกระจายขนาดของเม็ดวัสดุท้องน้ำ สำหรับรูปตัดขวางที่ 1 ปี 1992 86

4-12 แสดงลำดับช่วงเวลาการคำนวณที่ใช้ในการปรับเทียบแบบจำลอง 97

4-13 ตัวอย่างการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ
กับช่วงเวลาการคำนวณ 97

4-14 แบบจำลองสภาพการไหลในลำน้ำ กรณีไม่มีการสร้างเขื่อน 99

4-15 แบบจำลองสภาพการไหลในลำน้ำ กรณีมีการสร้างเขื่อน 103

5-1 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ
กับเวลาสำหรับรูปตัดขวางที่ 27 114

5-2 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ
กับเวลาสำหรับรูปตัดขวางที่ 26 115

5-3 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ
กับเวลาสำหรับรูปตัดขวางที่ 25 116

5-4 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ
กับเวลาสำหรับรูปตัดขวางที่ 14 117

5-5 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ
กับเวลาสำหรับรูปตัดขวางที่ 13 118

5-6 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ
กับเวลาสำหรับรูปตัดขวางที่ 7 119

5-7 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ
กับเวลาสำหรับรูปตัดขวางที่ 5 120

5-8 เกณฑ์ในการพิจารณาเลือกช่วงเวลาการคำนวณที่เหมาะสม 121

5-9 รูปตัดตามยาวจากรูปตัดขวางที่ 1-16 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ
จากการคำนวณโดยใช้ความสัมพันธ์การเคลื่อนตัวของตะกอน 5 ความสัมพันธ์ 125

5-10 รูปตัดตามยาวจากรูปตัดขวางที่ 15-27 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ
จากการคำนวณโดยใช้ความสัมพันธ์การเคลื่อนตัวของตะกอน 5 ความสัมพันธ์ 126

5-11 เปรียบเทียบผลการคำนวณการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำจากปี 1985-1992
กับการสำรวจจริง สำหรับรูปตัดขวางที่ 14 127

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

5-12 เปรียบเทียบผลการคำนวณการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ จากปี 1985-1992 สำหรับรูปตัดขวางที่ 27 128

5-13 ผลการคำนวณการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ หลังจากดำเนินโครงการผ่านไป 50 ปี 133

5-14 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์การกัดเซาะและการตกตะกอนของการศึกษาครั้งนี้ กับผลการวิเคราะห์ของ กฟผ. 137