บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินการศึกษาแนวโน้มการกัดเซาะและการตกตะกอน ในเขื่อนคลองสะเดา โดยใช้โปรแกรมแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-6 (1993) ซึ่งเป็นโปรแกรมแบบมิติเดียวของการไหลแบบคงที่ (one dimensional steady state) เพื่อวิเคราะห์แนวโน้มการกัดเซาะและการตกตะกอน ตามแนวรูปตัดตามยาวของลำน้ำและอ่างเก็บน้ำ โดยการจำลองความสัมพันธ์ระหว่างส่วนผสมของน้ำกับตะกอนแขวนลอย ตะกอนท้องน้ำ และชลศาสตร์การไหลให้อยู่ในรูปของความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ ในการวิเคราะห์การกัดเซาะและการตกตะกอนพอสรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะได้ดังต่อไปนี้

1. สรุปผลการศึกษา

1.1 การวิเคราะห์การกัดเซาะและการตกตะกอนด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จากการวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ พบว่า

1.1.1 จากสมการความสัมพันธ์ของการเคลื่อนตัวของตะกอนที่มีพื้นฐานที่มาจากหลักการ และสมมุติฐานใกล้เคียงกัน จะให้ผลการคำนวณการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำใกล้เคียงกัน ดังเช่น ความสัมพันธ์ของ Meyer-Peter and Muller (1948) กับ Toffaleti (1966) ซึ่งมาจากความสัมพันธ์ที่มาอยู่ในกลุ่มเดียวกันคือ shear stress approach และขนาดการกระจายตะกอนที่ใช้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ต่างก็เป็นตะกอนหยาบ

1.1.2 สมการการเคลื่อนตัวตะกอนของ Yang' s Streampower (1973) ให้ผลคำนวณการการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำใกล้เคียงกับการเปลี่ยนแปลงที่ได้จากการสำรวจมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับเกณฑ์การเลือกความสัมพันธ์ที่เหมาะสมโดยใช้การกระจายขนาดของเม็ดวัสดุ ดังนั้นความสัมพันธ์ในการคำนวณการเคลื่อนตัวของตะกอนที่เหมาะสมที่เลือกนำมาใช้ในการวิเคราะห์การกัดเซาะและการตกตะกอนในเขื่อนคลองสะเดาคือ ความสัมพันธ์ของ Yang' s Streampower (1973)

1.2 การวิเคราะห์การตกตะกอนหลังจากมีการดำเนินการเขื่อนคลองสะเดา 50 ปี (อายุการใช้งานของเขื่อน)

หลังจากมีการดำเนินการเขื่อนคลองสะเดาเป็นเวลา 50 ปี การเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำทำให้เกิดแนวโน้มเกิดการตกตะกอนตั้งแต่ทางต้นน้ำถึงหน้าเขื่อน (ดูภาพประกอบ 3-1) คือ

1.2.1 การตกตะกอนตั้งแต่ทางต้นน้ำ (รูปตัดขวางที่ 21) แล้วค่อยเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงรูปตัดขวางที่ 15 แล้วการตกตะกอนมีปริมาณน้อยลงจนถึงรูปตัดขวางที่ 1 (หน้าเขื่อน) ช่วงที่มีการตกตะกอนมากที่สุดอยู่ในช่วงระหว่างรูปตัดขวางที่ 19 ลงมาถึงรูปตัดขวางที่ 13 ซึ่งอยู่บริเวณค่อนไปทางตอนบนของอ่างเก็บน้ำ ส่วนรูปตัดขวางที่มีการตกตะกอนมากที่สุดคือรูปตัดขวางที่ 15 มีการตกตะกอน 7.54 ฟุต หรือ 2.30 เมตร

1.2.2 ปริมาณตะกอนที่ตกสะสมในเขื่อนคลองสะเดา 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

1.2.3 ตะกอนที่ตกสะสมในเขื่อนคลองสะเดา ส่วนใหญ่จะอยู่เหนือรูปตัดขวางที่ 13 เป็นต้นไป ซึ่งห่างจากตำแหน่งตัวเขื่อนประมาณ 2.3 กิโลเมตร จึงไม่มีผลกระทบต่อการดำเนินการของเขื่อนคลองสะเดา

1.2.4 ผลการวิเคราะห์ดังกล่าวแล้ว สามารถสรุปได้ว่าภายในระยะเวลาหลังมีการดำเนินการของเขื่อนคลองสะเดาไปแล้วตลอดอายุการใช้งาน 50 ปี ผลกระทบจากการตกตะกอนในเขื่อนคลองสะเดายังไม่ทำให้ระบบการดำเนินงานและประสิทธิของโครงการลดลง

1.3 การพยากรณ์ระยะเวลาที่ปริมาณตะกอนที่จะเต็มในปริมาตรความจุที่ใช้กักเก็บตะกอนของเขื่อนคลองสะเดา

1.3.1 ปริมาณตะกอนที่ตกสะสมในเขื่อนคลองสะเดาจากผลการคำนวณ จะมีปริมาณมากกว่าระดับปริมาตรกักเก็บตะกอนสูงสุด ในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2643 หรือระยะเวลาหลังมีการดำเนินการของเขื่อนคลองสะเดาไปแล้วมีอายุการใช้งาน 102 ปี กับ 5 เดือน

1.3.2 หลังจากมีการดำเนินการเขื่อนคลองสะเดาเป็นเวลา 102 ปี กับ 5 เดือน การเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำทำให้เกิดการตกตะกอนมากที่สุดคือรูปตัดขวางที่ 15 มีการตกตะกอน 11.78 ฟุต หรือ 3.59 เมตร โดยมีปริมาณตะกอนที่ตกสะสมในเขื่อนคลองสะเดา เท่ากับ 424.14 เอเคอร์-ฟุต หรือ 523,558.84 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งอยู่ในระดับใกล้เคียงกับระดับปริมาตรกักเก็บ

ตะกอนสูงสุด ซึ่งอยู่ที่ 523,583 ลูกบาศก์เมตร ปริมาณตะกอนส่วนใหญ่เป็นตะกอนทราย (silt) ประมาณ 53.58 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาเป็นทราย (sand) 34.88 เปอร์เซ็นต์ และดินเหนียว (clay) 11.54 เปอร์เซ็นต์

1.4 แนวทางการจัดการและการควบคุมตะกอนในอ่างเก็บน้ำ

ตามแผนที่วางไว้เขื่อนคลองสะเดาจะสามารถปล่อยน้ำดิบให้แก่การประปาสงขลา-หาดใหญ่ได้ในปี พ.ศ.2541 จำนวน 14.7 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และเพิ่มขึ้นตามความต้องการการใช้น้ำ จนถึงจำนวน 38.4 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ในปี พ.ศ.2557 และหลังจากปี พ.ศ. 2557 เขื่อนคลองสะเดาก็ยังคงจ่ายน้ำดิบให้แก่การประปาสงขลาและหาดใหญ่ในจำนวนคงที่ 38.4 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี จนถึงปีที่ประเมินว่าจะหมดอายุการใช้งานของเขื่อนคลองสะเดา พ.ศ. 2590 สำหรับการประปาสะเดา และการประปาพะตง-พังลา น้ำดิบในคลองอู่ตะเภาก็จะมีปริมาณเพียงพอสำหรับความต้องการที่เพิ่มขึ้นด้วย (โครงการชลประทานสงขลา สำนักชลประทานที่ 25, 2541)

จากการวิเคราะห์ผลด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ สามารถสรุปได้ว่าภายในระยะเวลาหลังมีการดำเนินการของเขื่อนคลองสะเดาไปแล้วตลอดอายุการใช้งาน 50 ปี ผลกระทบจากการตกตะกอนในเขื่อนคลองสะเดายังไม่ทำให้ระบบการดำเนินงานและประสิทธิของโครงการลดลงมากนัก เขื่อนคลองสะเดายังคงสามารถกักเก็บน้ำและปล่อยน้ำดิบให้แก่การประปาสงขลา-หาดใหญ่ตามแผนที่วางไว้ของกรมชลประทาน

อย่างไรก็ดี หากต้องการควบคุมตะกอนในอ่างเก็บน้ำให้ลดลงหลังจากมีการดำเนินการเขื่อนคลองสะเดาไปแล้ว เพื่อคงประสิทธิภาพไว้สูงสุดในการกักเก็บน้ำ ควรมีแนวทางดังนี้

1.4.1 ในส่วนการออกแบบปริมาตรอ่างเก็บน้ำสำหรับการตกตะกอน

การออกแบบอ่างเก็บน้ำจะต้องเผื่อปริมาตรอ่างไว้ส่วนหนึ่งสำหรับการตกตะกอนที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในช่วงอายุการใช้งานของอ่างเก็บน้ำ ปริมาตรอ่างเก็บน้ำส่วนนี้เรียกว่าปริมาตรการตกตะกอน (sediment pool) ในอดีตปริมาตรอ่างเก็บน้ำส่วนที่อยู่ต่ำกว่าระดับกักเก็บ (dead storage) จะถูกจัดแบ่งไว้สำหรับการตกตะกอน โดยทำหน้าที่เป็นปริมาตรสำหรับการตกตะกอน แต่จากการศึกษาพบว่าการตกตะกอนแผ่กระจายไปในส่วนต่างๆ ของอ่างเก็บน้ำไม่เฉพาะแต่ส่วนที่อยู่ต่ำสุดของอ่างเก็บน้ำเท่านั้น การตกตะกอนส่วนใหญ่เกิดขึ้นบริเวณทางตอนบนของอ่างเก็บน้ำ ดังนั้นในการออกแบบจึงควรพิจารณาในส่วนนี้ด้วย

1.4.2 การระบายตะกอน

ประตูระบายที่ติดตั้งบริเวณก้นอ่างเก็บน้ำจะช่วยระบายน้ำที่มีความเข้มข้นของตะกอนสูงออกไปจากอ่างเก็บน้ำ แต่ปกติวิธีนี้ให้ประสิทธิภาพในการระบายตะกอนไม่ค่อยดีนักและก่อให้เกิดการสูญเสียน้ำโดยเปล่าประโยชน์ จึงต้องมีการออกแบบให้เหมาะสมแล้วแต่กรณี และมีการวางแนวทางการปฏิบัติงานของประตูระบายในช่วงที่น้ำในอ่างเก็บน้ำมีความเข้มข้นของตะกอนสูง หรือในช่วงเวลาที่ต้องการระบายน้ำในอ่างเก็บน้ำทิ้งอยู่แล้วเพื่อลดการสูญเสียน้ำ

นอกจากนี้ยังสามารถช่วยระบายตะกอนออกจากอ่างเก็บน้ำได้โดยการทำม่านให้น้ำพุ่งไปกระทบพื้นอ่างก่อนที่จะไหลออกจากอ่าง ประสิทธิภาพของวิธีการระบายตะกอนเหล่านี้ขึ้นอยู่กับการทำให้ตะกอนอยู่ในลักษณะแขวนลอยไม่ตกตะกอน เพราะการตกตะกอนจะทำให้มีการลาดของก้นอ่างเก็บน้ำลดลงและแรงยึดเหนี่ยวของตะกอนที่ตกจมจะมากกว่าแรงฉุด (tractive forces) ของกระแสน้ำที่ปล่อยผ่านประตูระบายยกเว้นบริเวณใกล้ปากทางออกเท่านั้น วิธีการระบายตะกอนที่กล่าวมานี้ปกติแล้วมีประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำ

1.4.3 การเคลื่อนย้ายตะกอนที่ทับถม

ตะกอนที่ตกจมในอ่างเก็บน้ำจะเคลื่อนย้ายออกไปได้โดยการสูบหรือการขุดลอก วิธีที่ประหยัดที่สุดคือการสูบซึ่งจะทำให้ได้สำหรับพวกตะกอนละเอียดที่จมอยู่ใต้น้ำ โดยเฉพาะช่วงที่มีการตกตะกอนมากที่สุดอยู่ในช่วงระหว่างรูปตัดขวางที่ 19 ลงมาถึงรูปตัดขวางที่ 13 และจะต้องมีที่ทิ้งตะกอนที่สูบออกไปจากอ่างเก็บน้ำ การสูบตะกอนทิ้งลงไปทางด้านท้ายน้ำอาจก่อให้เกิดผลเสียหายและไม่ควรทำ สำหรับตะกอนหยาบจะต้องใช้วิธีการขุดลอกด้วย drag-line และจะต้องมีการขนออกไปทิ้งซึ่งวิธีนี้จะเสียค่าใช่จ่ายสูง

1.4.4 การลดผลผลิตตะกอน

วิธีที่ดีที่สุดในการป้องกันการสูญเสียปริมาตรอ่างจากการตกตะกอน คือ การลดผลผลิตตะกอนที่ไหลเข้าอ่าง ซึ่งสามารถทำได้ 2 ทาง คือ

1.4.4.1 การสร้างแนวพืช

บริเวณดินดอนสามเหลี่ยมเหนืออ่างเพื่อลดปริมาณตะกอนที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ แต่การลดปริมาณตะกอนโดยวิธีนี้ขึ้นอยู่กับพื้นที่สำหรับการตกตะกอนที่มีอยู่ที่บริเวณเหนืออ่าง ซึ่งปกติไม่ควรเกินกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณตะกอนที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ (วราวุธ, 2539) สำหรับการลดปริมาณตะกอนที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ โดยวิธีนี้ควรระวังว่าจะไปเพิ่มการตกตะกอนทับถม (aggravation) ที่บริเวณปากน้ำที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำ และก่อให้เกิดปัญหาน้ำท่วมและน้ำใต้ดินสูงบริเวณปากน้ำ

1.4.4.2 การอนุรักษ์ดินต้นน้ำ

วิธีนี้จะทำได้โดยการลดการกัดเซาะในบริเวณต้นน้ำด้วยขบวนการอนุรักษ์ดินหรือโดยการสร้างอ่างดักตะกอน (sediment basin) ในบริเวณลำน้ำสาขาทางตอนบนที่มีตะกอนมาก ๆ ก่อนน้ำจะไหลลงพื้นที่กักเก็บน้ำเขื่อนคลองสะเดาตำแหน่งที่สร้างต้องสูงกว่าระดับกักเก็บน้ำสูงสุด คือ อยู่ที่ 68 เมตร ระดับน้ำทะเลปานกลาง สำหรับเขื่อนคลองสะเดาทางต้นน้ำเป็นแนวต้นไผ่อยู่ในพื้นที่น้ำท่วมจำนวนมาก ซึ่งการมีแนวต้นไผ่อยู่ทางตอนเหนือของลำน้ำ จะเป็นตัวช่วยชะลอความเร็วของน้ำและตะกอนไหลเข้า เป็นผลให้แนวต้นไผ่คือกับดักตะกอนชนิดหนึ่ง

1.5 ปัญหาและอุปสรรคที่สำคัญในการศึกษา

ในการดำเนินศึกษามีปัญหาและอุปสรรคบางอย่าง ทำให้ไม่สามารถทำการศึกษาได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ ดังนี้คือ

1.5.1 ความไม่เพียงพอและต่อเนื่องของข้อมูลที่มีอยู่ทำให้เกิดอุปสรรคในการศึกษาดังนี้

1.5.1.1 ข้อมูลรูปตัดขวางที่มีการศึกษาจากการสำรวจของ กองสำรวจภูมิประเทศ กรมชลประทาน มีการเก็บข้อมูลเฉพาะในปี พ.ศ. 2522 เท่านั้น ทำให้ไม่ทราบความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นก่อนการเก็บกักน้ำในเขื่อนคลองสะเดา และไม่มีข้อเปรียบเทียบกับผลการคำนวณ

1.5.1.2 เนื่องจากไม่มีการเก็บข้อมูลการไหลเข้าของตะกอนที่รูปตัดขวางทางด้านเหนือน้ำในช่วงเวลาที่ทำการศึกษาจริง จึงจำเป็นต้องใช้ข้อมูลจากสถานีอื่นทางด้านท้ายน้ำ ซึ่งทำการเก็บในช่วงเวลาก่อนหน้าช่วงเวลาที่ทำการศึกษาที่ใช้จากอัตราการไหลเข้าของตะกอนเฉลี่ยรายเดือน อาจมีผลให้อัตราการไหลของตะกอนอาจคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงได้บ้าง

1.5.1.3 ข้อมูลรูปตัดขวางของลำน้ำ บางรูปตัดขวางมีขนาดกว้างมาก ทำให้การสำรวจเป็นไปด้วยความยากลำบาก ซึ่งอาจจะทำให้ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงได้ เพราะในการสำรวจใช้เครื่องมือ echo sounder ซึ่งอยู่เหนือระดับผิวน้ำ มีการใช้เรือเป็นยานพาหนะในการสำรวจระดับท้องน้ำ ซึ่งปัญหาเกิดจากการเกิดลม และคลื่น ทำให้ข้อมูลการสำรวจ อาจจะคลาดเคลื่อนได้บ้าง

1.5.2 พื้นที่ศึกษาเข้าถึงได้ยากลำบากเนื่องจากภูมิประเทศเป็นป่าทึบไม่มีเส้นทางเดินแนวลำน้ำหรือไปทางต้นน้ำ และในลำน้ำไม่สามารถล่องเรือผ่านได้ตลอดเนื่องจากทางตอนบนของเขื่อนคลองสะเดาเป็นลักษณะป่าไผ่ เมื่อเกิดเป็นพื้นที่น้ำท่วมทำให้การล่องเรือผ่านได้ลำบากเพราะติดต้นไผ่เป็นช่วง ๆ จึงทำให้การเก็บข้อมูลทำได้ยากและไม่อาจเก็บข้อมูลได้ครบถ้วน

1.5.3 เนื่องจากการสำรวจของกรมชลประทานได้ทำไว้ตั้งแต่ปี พ.ศ.2522 ดังนั้นหมุดหลักฐานและหมุดตำแหน่งต่าง ๆ ที่ทำไว้สูญหายไปเป็นส่วนมาก หรือบางส่วนอยู่ในพื้นที่น้ำท่วม ทำให้

การเก็บข้อมูลใหม่หาจุดอ้างอิงได้ยากมากต้องอาศัยจุดพิกัดหมุดบนสันเขื่อนซึ่งมีอยู่เพียง 2 จุด ในพื้นที่ที่กว้างมากอย่างในเขื่อนคลองสะเดาทำให้การถ่ายโอนพิกัดกระทำได้ยากมากขึ้นด้วย และจะทำให้ตำแหน่งการสำรวจรูปตัดขวางอาจคลาดเคลื่อนกับตำแหน่งที่ทำการสำรวจเดิมได้

1.5.4 ความจำกัดทางด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ในการเก็บข้อมูล งบประมาณ และเวลา ทำให้ไม่สามารถเก็บข้อมูลต่าง ๆ ได้อย่างเพียงพอ ทำให้ผลการดำเนินการศึกษาอาจจะไม่สมบูรณ์เท่าที่ควร

2. ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาในครั้งนี้ทำให้ทราบถึงรายละเอียดต่าง ๆ ในกระบวนการของการวิเคราะห์การกัดเซาะและการตกตะกอนโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ มีปัญหาและอุปสรรคหลายอย่างที่จำเป็นจะต้องแก้ไข โดยเฉพาะปัญหาเรื่องข้อมูลที่ไม่เพียงพอ แต่เนื่องจากความจำกัดในเรื่องของเวลาและสิ่งต่าง ๆ จึงไม่สามารถที่จะทำการวิเคราะห์ปัญหาได้อย่างสมบูรณ์ จึงใคร่ขอเสนอแนะแนวทางไว้เพื่อจะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่จะทำการศึกษาต่อไป

2.1 ในการศึกษาเกี่ยวกับการกัดเซาะและการตกตะกอนในลำน้ำธรรมชาติและในอ่างเก็บน้ำโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จำเป็นที่จะต้องมีข้อมูลรายละเอียดของพื้นที่ศึกษาอย่างละเอียดเพียงพอและต่อเนื่องเป็นเวลาหลายปี

2.2 สำหรับในส่วนของพื้นที่ทำการศึกษาเขื่อนคลองสะเดา เพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่น่าเชื่อถือมากขึ้น จำเป็นต้องมีข้อมูลเหล่านี้เพิ่มเติมคือ

2.2.1 ข้อมูลทางด้านกายภาพ ควรสำรวจข้อมูลรูปตัดขวางลำน้ำเพิ่มเติมในส่วนที่มีการเปลี่ยนแปลงมาก ๆ เช่น การเปลี่ยนแปลงระดับ ความลาดชัน และขนาดรูปตัดขวาง เพื่อให้ผลการคำนวณรูปตัดตามยาวของระดับผิวน้ำมีความถูกต้อง

2.2.2 ข้อมูลการกระจายขนาดของวัสดุท้องน้ำ และความลึกของชั้นหินใต้ท้องน้ำทุกรูปตัดขวาง เพื่อกำหนดฐานความลึกของท้องน้ำที่สามารถเกิดการกัดเซาะได้สูงสุด รวมทั้งตำแหน่งและขนาดพื้นที่ส่วนที่เป็นหินโผล่หรือส่วนที่ต้านการกัดเซาะ

2.2.3 ข้อมูลอัตราการไหลของน้ำที่ปล่อยออกมาจากเขื่อนคลองสะเดา พร้อมกับข้อมูลการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำในเขื่อน

2.2.4 ควรสำรวจข้อมูลด้านสันฐานทางธรณีวิทยาของลำน้ำ เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจถึงอิทธิพลของสภาพธรณีวิทยาต่อการเปลี่ยนแปลงของลำน้ำ