คู่มือการปฏิบัติงาน

(WORK MANUAL)

คู่มือการปฏิบัติงานกระบวนการ การจัดการความปลอดภัยเขื่อน

ตรวจสภาพเขื่อนด้วยสายตา

(Visual Inspection)

ส่วนบริหารจัดการน้ำและบำรุงรักษา
สำนักงานชลประทานที่ 2
กรมชลประทาน

เดือน กันยายน พ.ศ.2560

คู่มือการปฏิบัติงาน

(WORK MANUAL)

คู่มือการปฏิบัติงานกระบวนการ การจัดการความปลอดภัยเขื่อน

ตรวจสภาพเขื่อนด้วยสายตา

(Visual Inspection)

รหัสคู่มือ สชป.2/จบ.3/2560

หน่วยงานที่จัดทำ

ฝ่ายจัดการความปลอดภัยเขื่อนและอาคารชลประทาน ส่วนบริหารจัดการน้ำและบำรุงรักษา

สำนักงานชลประทานที่ 2

ที่ปรึกษา

ผู้อำนวยการส่วนบริหารจัดการน้ำและบำรุงรักษา

พิมพ์ครั้งที่ 1
จำนวน 1 เล่ม
เดือน กันยายน พ.ศ. 2560

คำนำ

การปฏิบัติงานด้านการตรวจสภาพเขื่อนด้วยสายตา (Visual Inspection) ได้มีการจัดทำขั้นตอนการปฏิบัติงานอย่างคราว ๆ เพื่อให้มีขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ชัดเจนจึงได้มีการจัดทำคู่มือ ตรวจสภาพเขื่อนด้วยสายตา (Visual Inspection) เพื่อสร้างมาตรฐานการปฏิบัติงานให้แก่เจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบสามารถตอบสนองภาระกิจของกรมชลประทาน

ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า คู่มือการปฏิบัติงานการตรวจสภาพเขื่อนด้วยสายตา (Visual Inspection) จะเป็นประโยชน์และใช้เป็นแนวทางให้เจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบสามารถปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง และเป็นมาตรฐานเดียวกัน

คณะผู้จัดทำ ฝ่ายจัดการความปลอดภัยเขื่อนและอาคารชลประทาน
ส่วนบริหารจัดการน้ำและบำรุงรักษา
สำนักงานชลประทานที่ 2
กรมชลประทาน

สารบัญ

คำนำ iii
กิตติกรรมประกาศ iv
1. บทนำ (Introduction) 1
1.1 เขื่อนดินและอาคารประกอบ 1
1.1.1 เขื่อนดิน (Earth Fill Dam) 3
1.1.2 ฐานยันเขื่อน (Abutment) 6
1.1.3 ระบบระบายน้ำนอกตัวเขื่อน (External Drain System) 7
1.1.4 ท่อส่งน้ำ/ท่อระบายน้ำ (Outlet) 9
1.1.5 ทางระบายน้ำล้น (Spillway) 12
1.2 ปัญหาและสาเหตุที่ทำให้เขื่อนพิบัติหรือเสียหาย (Causes of Failure) 15
1.2.1 ปัญหาที่ทำให้เขื่อนพิบัติหรือเสียหาย 15
1.2.2 สาเหตุที่ทำให้เขื่อนพิบัติหรือเสียหาย 17
1.3 การตรวจสภาพเขื่อน (Dam Inspection) 20
1.3.1 การตรวจสภาพเขื่อนและอาคารประกอบเขื่อน 20
1.3.2 ประเภทของการตรวจสภาพเขื่อนด้วยสายตา (Types of Dam Visual Inspection) 30
2. ดัชนีสภาพ (Condition Index) 31
2.1 หลักการ 31
2.2 การพิจารณาองค์ประกอบเขื่อน 34
2.3 เกณฑ์การให้คะแนน 34
2.4 การแบ่งพื้นที่การตรวจสภาพ 34
2.5 การให้น้ำหนักความสำคัญขององค์ประกอบเขื่อนและสภาพ 35
2.6 การรวมค่าน้ำหนักและคะแนนสภาพ 35
3. การตรวจสภาพในสนาม 36
3.1 การศึกษาแบบเขื่อนที่จะทำการตรวจสภาพ 37
3.2 การแบ่งองค์ประกอบของเขื่อน 38
3.2.1 องค์ประกอบของเขื่อน สามารถแบ่งเป็นลำดับชั้น ได้ดังนี้ 39
3.2.2 ภาพเขื่อนและอาคารประกอบ ตามการแบ่งองค์ประกอบเขื่อน ดังนี้ (ตัวเลขหน้าข้อเป็นลำดับขององค์ประกอบเขื่อน) 44
3.3 การกำหนดสภาพที่จะต้องตรวจและเกณฑ์ระดับคะแนน 53
3.3.1 คำนิยามสภาพ 54
3.3.2 การกำหนดระดับคะแนนของสภาพ 62
3.4 จัดทำแบบบันทึกการตรวจสภาพเขื่อน 76
3.5 การให้น้ำหนักความสำคัญขององค์ประกอบและสภาพ 83
3.5.1 การกำหนดวัตถุประสงค์ของการให้น้ำหนักและการแบ่งระดับองค์ประกอบ 84
3.5.2 การกำหนดระดับคะแนนความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ 85
3.5.3 การให้ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ 85

3.5.4 ผลของค่าน้ำหนักและความสำคัญขององค์ประกอบ 86
3.6 การพัฒนาโปรแกรมสำหรับคำนวณค่าดัชนีสภาพ (CI Toolkit) 88
3.7 ตัวอย่างการหาค่าดัชนีสภาพ กรณีเขื่อนกิ่วคอหมา จังหวัดระยอง 88
3.8 ค่าดัชนีสภาพของเขื่อนขนาดใหญ่ของกรมชลประทาน 91
3.9 สรุป 91
เอกสารอ้างอิง 93
คณะผู้จัดทำ 94
ภาคผนวก 95
1. คำสั่งอนุมัติโครงการ 96
2. แบบบันทึกการตรวจสภาพเขื่อน 104

คู่มือการปฏิบัติงาน
กระบวนการ การจัดการความปลอดภัยเขื่อน ด้านการตรวจเขื่อนด้วยสายตา

๑. วัตถุประสงค์

๑.๑ เพื่อให้ฝ่ายจัดการความปลอดภัยเขื่อนมีคู่มือปฏิบัติงาน ที่แสดงถึงรายละเอียดขั้นตอนการปฏิบัติงานของกิจกรรม และสร้างมาตรฐานการปฏิบัติงาน เพื่อให้มีคุณภาพ

๑.๒ เพื่อใช้เป็นหลักพื้นฐานในการปฏิบัติงาน สามารถถ่ายทอดให้กับผู้เข้ามาปฏิบัติงานใหม่ และนำกระบวนการไปปรับใช้ต่อยอดได้ต่อไป

๑.๓ เพื่อมุ่งเน้นการทำงานให้มีประสิทธิภาพ และประสิทธิผล กระบวนการขั้นตอนต่างๆมีความถูกต้องครบถ้วน

๒. ขอบเขต

คู่มือการปฏิบัตินี้ครอบคลุมขั้นตอน ในการทำงาน การติดต่อและประสานกันระหว่างฝ่ายจัดการความปลอดภัยเขื่อน และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง โดยเริ่มตั้งแต่การตรวจสอบสภาพเขื่อนด้านความมั่นคงปลอดภัย ไปจนกระทั่งถึงขั้นตอนการติดตามผลรวม การซ่อมแซม/ปรับปรุง

๓. คำจำกัดความ

เขื่อน หมายถึง เขื่อนคอนกรีต เขื่อนดิน และอาคารประกอบ

งานก่อสร้าง หมายถึง งานก่อสร้างใหม่ งานซ่อมแซม งานปรับปรุง

๔. หน้าที่ความรับผิดชอบ

๑. ตรวจสภาพเขื่อนในด้านความมั่นคงปลอดภัย และประสิทธิภาพการใช้งาน

๒. วิเคราะห์และวางแผนในการปรับปรุง ซ่อมแซมเขื่อนให้มีความมั่นคง แข็งแรง ปลอดภัย

๓. ตรวจสอบ รวบรวมข้อมูล คำนวณปริมาณงาน จัดทำประมาณการเพื่อขอตั้งงบประมาณ

๔. ติดตาม แผน/ผลการปฏิบัติงาน เพื่อรายงานสำนัก และกรมต่อไป

๕. Work Flow กระบวนการ

ชื่อกระบวนการ การจัดการความปลอดภัยเขื่อน ด้านการตรวจเขื่อนด้วยสายตา

ตัวชี้วัดที่สำคัญของกระบวนการ : สามารถใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติงาน ฝ่ายจัดการความปลอดภัยเขื่อน

ลำดับที่	ผังกระบวนการ	ระยะเวลา	รายละเอียดงาน	ผู้รับผิดชอบ
๑	ตรวจสอบสภาพเขื่อนในด้านความมั่นคงปลอดภัย และประสิทธิภาพการใช้งาน	กระบวนการที่ ๑-๘ ตรวจเขื่อนแต่ละแห่งใช้เวลาประมาณ ๕-๑๐ วัน	๑. การตรวจวัดด้วยสายตา จากการสังเกตข้อบกพร่องต่างๆ ๒. ตรวจวัดจากเครื่องมือวัดพฤติกรรมเขื่อน	- โครงการฯ ปลอดภัยเขื่อน
๒	ตรวจการเสื่อมสภาพวัสดุก่อสร้าง		- ตรวจการผุกร่อน คอนกรีต หิน - การกัดเซาะ ความแข็งแรงของดินถม - ตรวจการเป็นสนิมของโลหะ - ตรวจการเสื่อมสภาพของยาง - ตรวจวัสดุรอยต่อ	- โครงการฯ - ฝ่ายปลอดภัยเขื่อน
๓	ตรวจหาสาเหตุทั่วไปที่ทำให้เขื่อนเสียหาย		- หาจุดและอัตราการรั่วซึม การเกิด Piping Boiling - การกัดเซาะ ความแข็งแรงของดินถม - ตรวจการเป็นสนิมของโลหะ - ตรวจการเสื่อมสภาพของยาง - ตรวจวัสดุรอยต่อ	- โครงการฯ - ฝ่ายปลอดภัยเขื่อน
๔	ตรวจสภาพการใช้งานและการบำรุงรักษา		- ทดสอบการใช้งานของ Spillway และ Outlet - ตรวจระบบระบายอากาศ และเครื่องกล - ตรวจสภาพการใช้งาน ถนน สะพาน ระบบไฟฟ้า และแสงสว่าง การสื่อสารและระบบควบคุมต่างๆ - ตรวจรอยต่อโครงสร้างคอนกรีต รางระบายน้ำ	- โครงการฯ - ฝ่ายปลอดภัยเขื่อน
๕	ตรวจสภาพเขื่อนดิน		- ตรวจการทรุดตัว รอยแตก การเคลื่อนตัว การเปลี่ยนแปลงลาด ดูแนวกันตก ตีนเขื่อนยุบตัว - ตรวจหาจุดน้ำซึม บริเวณวัชพืชขึ้นใหม่ การเกิด Boiling บริเวณที่อิ่มตัวด้วยน้ำ หลุมโพรง - ตรวจดูหินเรียงลาดด้านหน้า การยุบตัวจากการกัดเซาะ	- โครงการฯ - ฝ่ายปลอดภัยเขื่อน

ลำดับที่	ผังกระบวนการ	ระยะเวลา	รายละเอียดงาน	ผู้รับผิดชอบ
๖	การตรวจอาคารระบายน้ำล้น		- ตรวจดูสิ่งกีดขวางทางน้ำเข้า การพังทลายของเชิงลาดด้านข้าง รอยแตก - ความมั่นคง และประสิทธิภาพของอาคารควบคุมน้ำ และบานระบาย - ตรวจดูอุปกรณ์ควบคุมทางไฟฟ้า เครื่องกล - ตรวจอาคารทางระบายน้ำ และอาคารท้ายน้ำ หาสิ่งกีดขวาง รอยแตก ตะกอน Freeboard Hydrulic jump การกัดเซาะใต้ฐาน	- โครงการฯ - ฝ่ายปลอดภัยเขื่อน
๗	ตรวจสภาพอาคารระบายน้ำ (Outlet)		- ตรวจทางน้ำเข้า และอาคารรับน้ำ มีสิ่งกีดขวางและตะกอน มีการยุบตัวและเคลื่อนตัว ทดสอบอุปกรณ์ปิดเปิดน้ำ - ตะแกรงกันสวะ - ทดสอบระบบยกบานประตู ท่อ วาล์ว ฐานรอง - ตรวจสอบสภาพอาคารสลายพลังงาน - ตรวจการป้องกันการกัดเซาะของลาดตลิ่ง	- โครงการฯ - ฝ่ายปลอดภัยเขื่อน
๘	ตรวจสภาพอ่างเก็บน้ำ		- ตรวจพื้นที่ริมอ่าง การสัญจรทางน้ำ - ตรวจแนวขอบอ่าง การพังทลายของเชิงลาด - ตรวจหาจุดรั่วซึมท้ายอ่าง - ตรวจการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิประเทศของพื้นที่รับน้ำเข้าอ่าง	- โครงการฯ - ฝ่ายปลอดภัยเขื่อน
๙	พบข้อบกพร่อง N → ตรวจสอบในปีถัดไป หรือเมื่อมีฝนตกหนัก หรือเหตุการณ์แผ่นดินไหว Y		- ฝนตกหนักหมายถึง ฝนตก ติดต่อกัน ๔๘ ชม.หรือ ปริมาณมากกว่า ๒๐๐ มม./วัน	- โครงการฯ - ฝ่ายปลอดภัยเขื่อน
๑๐	หาแนวทางการแก้ไข/ซ่อมแซมเขื่อนและอาคารประกอบ	๕ วัน	- ต้องทราบสาเหตุของความเสียหาย - วิเคราะห์และสรุปผลของปัญหา - เลือกใช้วัสดุก่อสร้างที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น - พิจารณาถึงวิธีการก่อสร้าง/ซ่อมแซม	- คณะผู้ตรวจเขื่อน

ลำดับที่	ผังกระบวนการ	ระยะเวลา	รายละเอียดงาน	ผู้รับผิดชอบ
๑๑	สรุปผลการพิจารณาตรวจสอบดำเนินการพิจารณาโครงการ สำรวจ ออกแบบ ประมาณราคาเบื้องต้น	๑-๓ เดือน หรือ ๑ ปี	- อยู่ในขั้นตอนของฝ่ายสำรวจ และกลุ่มออกแบบ - บางกรณีต้องใช้ผลสำรวจทางธรณี	- กลุ่มพิจารณาโครงการ - ฝ่ายสำรวจ - กลุ่มออกแบบ - กลุ่มธรณี
๑๒	จัดเข้าแผน MTEF ขบวนการ ขอตั้งงบประมาณ พ.ศ.๒๕.....	-	-อยู่ในขั้นตอนของฝ่ายแผนงานและงบประมาณด้านก่อสร้าง	- ศูนย์ประสานแผน
๑๓	คิดปริมาณงาน และจัดทำประมาณการเพื่อขอตั้งงบประมาณ	๕ วัน	- ทำประมาณการงานก่อสร้างชลประทาน แบ่งเป็นงานดำเนินการเอง งานจ้างเหมา และงานจ้างเหมาบางส่วน - รูปเล่มประมาณการประกอบด้วย ชป.๓๒๕,Unit cost ที่มาของราคางาน ใบสืบราคาและแหล่งวัสดุ แผนงานโครงการ แผนงานก่อสร้างประจำปี งบประมาณ รายงานสรุปแสดงปริมาณงานและจำนวนเงินงบประมาณ	- โครงการฯที่รับผิดชอบ
๑๔	เมื่อได้รับงบประมาณ จึงดำเนินการซ่อมแซม/ปรับปรุง ทั้งในส่วนที่เป็นงานทำเอง และงานจ้างเหมา	แล้วแต่ปริมาณงาน ไม่เกิน ๑ ปี	- งานดำเนินการเอง เมื่อได้รับงบประมาณดำเนินการจัดหาวัสดุหลัก - งานจ้างเหมา จัดทำราคากลาง ประกาศ TOR เล่ม SPEC ประกาศราคา บริหารสัญญา	- โครงการฯที่รับผิดชอบ
๑๕	ติดตาม ผลการดำเนินงาน	ตามแผนงานโครงการ	- ติดตามผลความก้าวหน้าของโครงการเปรียบเทียบกับแผนงาน - ตรวจสอบความถูกต้องของงาน ให้เป็นไปตามแบบ	- ฝ่ายปลอดภัยเขื่อน
๑๖	รายงานผลงาน/ส่งมอบโครงการ	๕ วัน	- รายงานความก้าวหน้า และผลสำเร็จของงานให้สำนักและกรมทราบ - ส่งมอบงานให้ฝ่ายบำรุงรักษาดูแล	- ฝ่ายปลอดภัยเขื่อน -โครงการฯที่รับผิดชอบ

๖. มาตรฐานงาน

การตรวจโดยสังเกตข้อบกพร่องจากลักษณะ หรือสภาพภายนอกเขื่อน อาคารประกอบ ว่ามีสิ่งผิดปกติ ข้อบกพร่องหรือสัญญาณอื่นใดหรือไม่ที่จะทำความเสียหายหรือทำให้เกิดอันตรายขึ้นมาได้ เช่น การกัดเซาะต่างๆ รอยแตก การทรุดตัว การรั่วซึม วัสดุเสื่อมคุณภาพ เป็นต้น ผู้ตรวจต้องมีความละเอียดถี่ถ้วนในการตรวจและสามารถชี้ให้เห็นข้อบกพร่องต่างๆ รวมทั้งสาเหตุ ที่ทำให้เกิดความเสียหายนั้นๆ พร้อมทั้งข้อเสนอแนะสำหรับ การแก้ปัญหานั้นๆด้วย โดยปกติจะทำการตรวจด้วย ตารางรายการตรวจ (Check List)

๗. ระบบติดตามประเมินผล

สำหรับงานดำเนินการเอง ในระหว่างดำเนินการก่อสร้างจะต้องตรวจสอบงานที่ดำเนินการไปได้ของงานทุกประเภท เพื่อเปรียบเทียบกับแผนงานก่อสร้างที่วางไว้ ถ้าล่าช้าต้องหาสาเหตุที่ทำให้งานก่อสร้างนั้นล่าช้า ต้องตรวจสอบผลงานประจำวัน ประจำเดือน และตรวจสอบผลต่อเนื่อง

สำหรับงานจ้างเหมา มีการประชุมติดตามความก้าวหน้าและแก้ไขอุปสรรคในการก่อสร้าง การรายงานผลความก้าวหน้าของงานทุกระยะ ๓๐ วัน ถ้ามีความล่าช้ากว่าแผนเกิน ๑๕% ต้องแจ้งให้ผู้รับจ้างทำแผนเร่งรัด การทำงานต้องตรวจสอบปริมาณงาน/เครื่องจักร ในรายงานประจำงวดตรงกับรายงานประจำวันของผู้ควบคุม รายงานผลการปฏิบัติงานต้องตรงกับปริมาณงานที่ได้ปฏิบัติจริง

๘. แบบฟอร์มที่ใช้

๑. แบบฟอร์มการตรวจเขื่อนด้วยสายตา

การประเมินสภาพเขื่อนโดยวิธีดัชนีสภาพ
(Dam Assessment by Condition Index Method)

1. บทนำ (Introduction)

เขื่อนที่มนุษย์ได้สร้างขึ้นเก็บกักน้ำเพื่อใช้ประโยชน์ในงานด้านต่างๆ เช่น การชลประทาน การเกษตรกรรม การอุตสาหกรรม การอุปโภค-บริโภค และการพักผ่อนหย่อนใจนั้น ได้เกิดขึ้นเป็นจำนวนมากในแต่ละประเทศ ซึ่งเขื่อนต่างๆมีอายุการใช้งานที่แตกต่างกันไป ตามขนาดและข้อกำหนดของการออกแบบ เขื่อนหลายเขื่อนต้องรับแรงกระทำจากสภาพแวดล้อมต่างๆ เช่น น้ำบ่า แผ่นดินไหว หรือการใช้งานที่ผิดปกติ เป็นต้น นอกเหนือจากที่ต้องรับแรงกระทำภายใน ซึ่งได้แก่ แรงดันน้ำภายในตัวเขื่อนเอง หรือน้ำหนักของตัวเขื่อน จากแรงกระทำดังกล่าวอาจทำให้เขื่อนที่ผ่านการใช้งานมานานมีสภาพไม่สมบูรณ์ หรือทำหน้าที่ไม่เต็มประสิทธิภาพ หรืออาจเกิดความเสียหายจนกระทั่งเกิดการพิบัติ แม้ว่าในประเทศไทยจะยังไม่มีเขื่อนขนาดใหญ่ที่เกิดการพิบัติ จนสร้างความเสียหายแก่ชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนที่อยู่ท้ายน้ำ ก็ตาม แต่ในต่างประเทศแนวคิดด้านความปลอดภัยเขื่อนได้เกิดขึ้นเป็นเวลานานแล้วโดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะสิบปีที่ผ่านมานี้เจ้าของเขื่อน วิศวกร หรือเจ้าหน้าที่ดูแลบำรุงรักษาเขื่อน ต่างก็หันมาสนใจเรื่องความปลอดภัยเขื่อนเพิ่มขึ้น เพื่อสร้างความมั่นใจว่าเขื่อนสามารถสร้างประโยชน์ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพและไม่สร้างความเสียหายร้ายแรงขึ้น

การตรวจสภาพเขื่อนด้วยสายตาเป็นวิธีที่ทำให้ทราบว่าเขื่อนมีสภาพพร้อมใช้งาน และทราบถึงความสมบูรณ์ของเขื่อนและอาคารประกอบ วิธีการหนึ่งที่ได้รับความสนใจจากหลายประเทศสำหรับการตรวจสภาพเขื่อนอย่างเป็นระบบที่เรียกว่า วิธีดัชนีสภาพ (Condition Index) ซึ่งได้นำเข้ามาใช้ตรวจสภาพเขื่อนในประเทศไทยโดยภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2542) โดยได้ทำการตรวจสภาพเขื่อนจำนวน 32 เขื่อน ของสำนักชลประทานที่ 9 และได้ประโยชน์หลายอย่าง เช่น การทราบถึงข้อบกพร่องของบางองค์ประกอบของเขื่อน ทำให้สามารถทำการซ่อมแซมและแก้ไขได้อย่างเหมาะสม สามารถจัดเรียงลำดับเขื่อนตามสภาพที่ตรวจพบ เป็นต้น

คู่มือการประเมินสภาพเขื่อนโดยวิธีดัชนีสภาพนี้ เป็นคู่มือที่แนะนำให้ผู้รับผิดชอบดูแลหัวงานโครงการที่เป็นเขื่อนได้เรียนรู้และนำไปประยุกต์ใช้งานกับเขื่อนของตนเอง ซึ่งประกอบด้วยหลักการของดัชนีสภาพ หลักการของการตรวจสภาพเขื่อนทางสายตา การประเมินสภาพเขื่อนโดยวิธีดัชนีสภาพ และใช้เป็นเครื่องมือในการจัดลำดับความสำคัญของงานซ่อมแซมและบำรุงรักษาภายในหน่วยงานหรือสำนักชลประทานต่อไป

1.1 เขื่อนดินและอาคารประกอบ

เขื่อนเก็บกักน้ำในกรมชลประทาน โดยทั่วไปจะแบ่งออกเป็น 3 ขนาด ได้แก่ เขื่อนขนาดเล็ก เขื่อนขนาดกลาง และเขื่อนขนาดใหญ่ ทั้งนี้จะพิจารณาจากปัจจัยต่างๆ เช่น ความสูงของตัวเขื่อน ความจุอ่างเก็บน้ำ การจัดหาที่ดินเพื่อการก่อสร้าง งบประมาณและระยะเวลาการก่อสร้าง ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

(1) เขื่อนขนาดเล็ก เป็นเขื่อนที่มีความสูงไม่มากกว่า 15.00 เมตร ความจุอ่างเก็บน้ำน้อยกว่า 1 ล้านลูกบาศก์เมตร มีงบประมาณในการก่อสร้างไม่มากกว่า 15 ล้านบาท ไม่เสียค่าใช้จ่ายในการจัดหาที่ดินทั้งส่วนที่เป็นอ่างเก็บน้ำและบริเวณหัวงาน สามารถก่อสร้างให้แล้วเสร็จได้ภายในระยะเวลา 1 ปี และส่วนใหญ่จะไม่มีความยุ่งยากในการปรับปรุงฐานรากเขื่อนมากนัก ดังภาพที่ 1

เขื่อนแม่ทาน จังหวัดลำปาง

เขื่อนแม่ฟอก จังหวัดลำปาง

ภาพที่ 1 ตัวอย่างเขื่อนขนาดเล็ก

(2) เขื่อนขนาดกลาง เป็นเขื่อนที่มีความสูงตั้งแต่ 15.00 ถึง 40.00 เมตร อ่างเก็บน้ำมีความจุตั้งแต่ 1 ถึง 100 ล้านลูกบาศก์เมตร ใช้งบประมาณในการก่อสร้างตั้งแต่ 15 ล้านบาท จนถึง 500 ล้านบาท (ไม่รวมค่าจัดซื้อที่ดิน) มีการจัดซื้อที่ดินในการก่อสร้างทั้งในส่วนของอ่างเก็บน้ำและบริเวณหัวงาน ใช้ระยะเวลาในการก่อสร้างตั้งแต่ 1 ปี จนถึง 3 ปี และมีการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมในระดับปานกลาง นอกจากนั้นยังมีการปรับปรุงฐานรากเขื่อนด้วยวิธีการต่างๆ มากขึ้น ดังภาพที่ 2

เขื่อนลำเชียงสา จ.นครราชสีมา

เขื่อนสะเดา จ.สงขลา

ภาพที่ 2 ตัวอย่างเขื่อนขนาดกลาง

(3) เขื่อนขนาดใหญ่ เป็นเขื่อนที่มีความสูงตั้งแต่ 15.00 เมตรขึ้นไป ตามข้อกำหนดของ ICOLD อ่างเก็บน้ำมีความจุมากกว่า 100 ล้านลูกบาศก์เมตร มีการจัดซื้อที่ดินในการก่อสร้าง ใช้ระยะเวลาในการก่อสร้างตั้งแต่ 3 ปี ขึ้นไป มีงบประมาณในการก่อสร้างตั้งแต่ 500 ล้านบาทขึ้นไป รวมทั้งต้องมีการศึกษาความเหมาะสมของโครงการและการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมอย่างละเอียด นอกจากนั้นยังมีการปรับปรุงฐานรากที่มีความยุ่งยากมากอีกด้วย ดังภาพที่ 3

เขื่อนแม่กวงอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่

เขื่อนกิ่วคอหมา จังหวัดลำปาง

ภาพที่ 3 ตัวอย่างเขื่อนขนาดใหญ่

ชนิดของเขื่อนดิน ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะเขื่อนดินถม การเลือกเขื่อนชนิดนี้โดยทั่วไปจะพิจารณาจากวัสดุที่มีอยู่ในบริเวณที่จะก่อสร้างเป็นหลัก เนื่องจากจำเป็นต้องใช้วัสดุปริมาณมาก หากต้องนำวัสดุจากแหล่งที่อยู่ไกลออกไปมาใช้ก่อสร้างตัวเขื่อน จะทำให้มีราคาค่าก่อสร้างสูงมาก

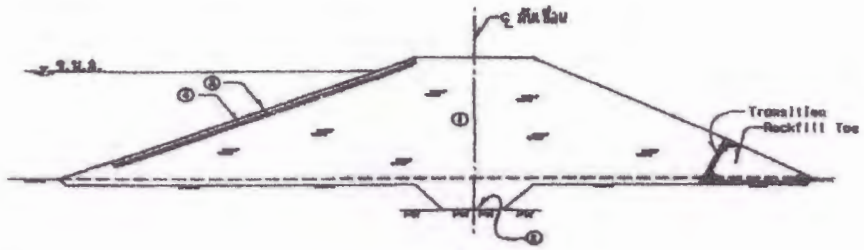
ลักษณะโครงสร้างโดยทั่วไปของเขื่อนดินและอาคารประกอบ มีรายละเอียดดังนี้

1.1.1 เขื่อนดิน (Earth Fill Dam)

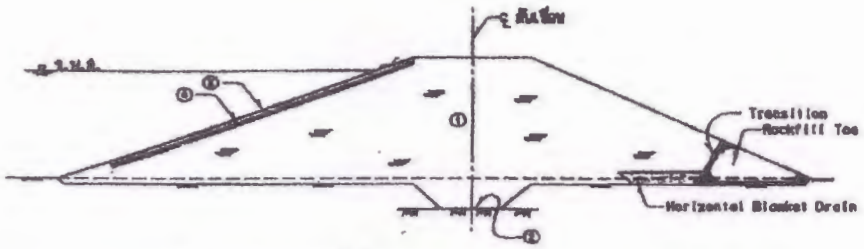
ชนิดของเขื่อนดินถม แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ตามชนิดของวัสดุที่นำมาใช้ก่อสร้างตัวเขื่อน คือ เขื่อนดินถมชนิดเนื้อเดียว (Homogeneous Dam) และเขื่อนดินถมชนิดแบ่งส่วน (Zoned Type Dam) การแบ่งชนิดของเขื่อนดินอย่างชัดเจน จะช่วยให้การวิเคราะห์พฤติกรรมของตัวเขื่อนทำได้อย่างถูกต้อง และยังช่วยป้องกันหรือบรรเทาผลเสียหายที่จะเกิดตามมาได้ ตั้งแต่เริ่มต้นการคำนวณออกแบบ

(1) เขื่อนดินถมชนิดเนื้อเดียว (Homogeneous Dam) เป็นเขื่อนดินที่ใช้ดินเหนียวทึบน้ำประเภทเดียวกันมาก่อสร้างเป็นตัวเขื่อน เช่น ดินประเภท GC, SC และ CL เป็นต้น เขื่อนดินชนิดนี้ส่วนใหญ่มักจะเป็นเขื่อนขนาดเล็กที่มีปริมาณดินถมไม่มากนัก และมีความสูงไม่เกิน 15.00 เมตร เนื่องจากการใช้ดินเหนียวทึบน้ำมาก่อสร้างเป็นตัวเขื่อนทั้งหมดจึงทำให้มีปัญหาในเรื่องของการระบายน้ำภายในตัวเขื่อนอยู่บ้าง กล่าวคือ ในช่วงขณะที่ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำลดต่ำลง อัตราการระบายน้ำออกจากตัวเขื่อนที่ค่อนข้างช้าจะเป็นสาเหตุทำให้ดินบริเวณลาดเขื่อนซึ่งอิ่มตัวด้วยน้ำ อาจจะเกิดการเลื่อนไถลของลาดเขื่อนได้โดยง่าย อย่างไรก็ตาม เนื่องจากเป็นเขื่อนที่มีความสูงไม่มากนัก จึงทำให้ลดความรุนแรงในเรื่องนี้ลงไปได้พอสมควร นอกจากนั้นหากมิได้พิจารณากำหนดระบบระบายน้ำที่ดีภายในตัวเขื่อนไว้ด้วยแล้ว ในขณะที่เกิดสภาวะน้ำเต็มอ่างเก็บน้ำ เป็นระยะเวลานาน จะทำให้ระดับน้ำที่ไหลซึมผ่านตัวเขื่อน (Top Flow Line) อยู่ในระดับสูง และเข้าใกล้ลาดเขื่อนด้านท้ายน้ำ ซึ่งจะเป็นผลทำให้ดินตัวเขื่อนอยู่ในบริเวณดังกล่าวอิ่มตัวด้วยน้ำ และมีกำลังการรับแรงลดลง จนเป็นสาเหตุทำให้เกิดการวิบัติของลาดเขื่อน (Slope Failure) ด้านท้ายน้ำด้วยเช่นกัน ดังนั้นจึงต้องพิจารณาออกแบบด้วยความละเอียดรอบคอบ เพื่อป้องกันมิให้เกิดปัญหาดังกล่าวขึ้นได้

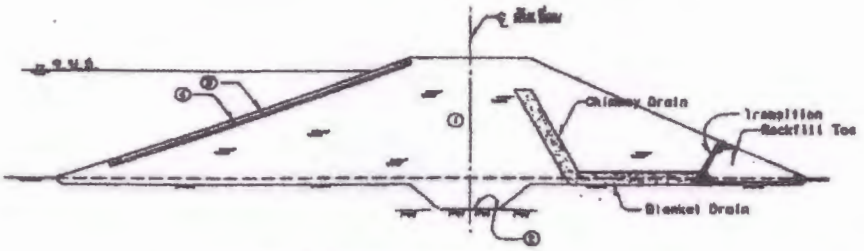
รูปแบบแสดงลักษณะโครงสร้างโดยทั่วไปของเขื่อนดินนี้ได้แสดงไว้ในภาพที่ 4 ซึ่งแบ่งตามการจัดเตรียมระบบระบายน้ำภายในตัวเขื่อน ออกได้เป็น 3 ลักษณะ ได้แก่ เขื่อนดินชนิดเนื้อเดียวที่มี Rockfill Toe เป็นองค์ประกอบเพียงอย่างเดียว เขื่อนดินที่มี Rockfill Toe พร้อมด้วย Blanket Drain และเขื่อนดินที่มี Rockfill Toe, Blanket Darin และ Chimney Drain เป็นระบบระบายน้ำภายในตัวเขื่อน



A. Homogeneous Dam



B. Homogeneous Dam



A. Homogeneous Dam

①		③	(RIPRAP)
②		④	(SEEDING)

ภาพที่ 4 โครงสร้างทั่วไปของเขื่อนดินถมชนิดเนื้อเดียว

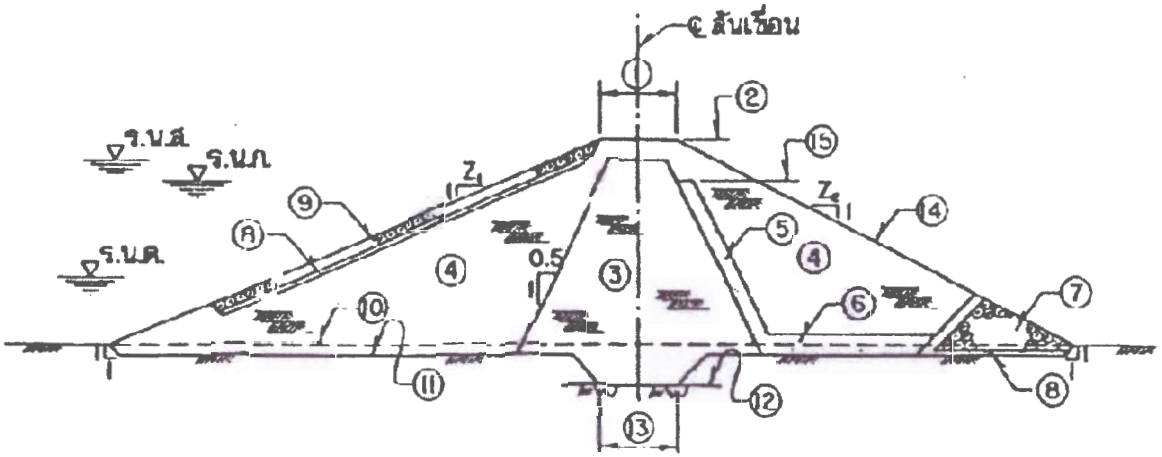
เขื่อนแม่ทาน จังหวัดลำปาง
ไม่มี Rockfill Toe

เขื่อนแม่ประจุ่ม จังหวัดเชียงใหม่
มี Rockfill Toe

ภาพที่ 5 ตัวอย่างของเขื่อนดินถมชนิดเนื้อเดียว

(2) เขื่อนดินถมชนิดแบ่งส่วน (Zoned Type Dam) เป็นเขื่อนดินที่ใช้ดินหลายประเภทมาก่อสร้างเป็นตัวเขื่อน โดยในส่วนของแกนเขื่อน (Core Zone) จะเลือกใช้ดินประเภทที่บน้ำ (Impervious

Soil) เช่น ดินประเภท GC, SC และ CL เป็นต้น และในส่วนของเปลือก (Shell Zone หรือ Random Zone) ที่ถัดออกมาจากส่วนแกนเขื่อน จะเลือกใช้ดินประเภทกึ่งทึบน้ำ (Semi-Impervious Soil) เช่น ดินประเภทที่มีกรวดหรือทรายปะปนอยู่เป็นวัสดุในการก่อสร้าง ทั้งนี้ เนื่องจากวัสดุประเภทนี้มีคุณสมบัติในการระบายน้ำได้เป็นอย่างดี ดังนั้น ในขณะที่น้ำในอ่างเก็บน้ำลดระดับลงอย่างรวดเร็วจะทำให้น้ำที่ไหลซึมอยู่ในบริเวณส่วนเปลือกของตัวเขื่อนด้านเหนือน้ำ สามารถระบายลงสู่อ่างเก็บน้ำได้อย่างรวดเร็ว ทำให้แรงดันน้ำในตัวเขื่อน (Pore Water Pressure) ลดต่ำลง จนไม่ทำให้ลาดเขื่อนเกิดการเลื่อนไถลได้ง่ายนัก นอกจากนั้น ดินประเภทนี้ยังมีค่ามุมของการทรงตัว (Angle of Repose) สูงกว่าดินเหนียวทึบน้ำที่ใช้ทำเป็นแกนเขื่อน จึงทำให้สามารถออกแบบลาดเขื่อน ให้มีความลาดชันได้มากกว่า รวมทั้งยังมีคุณสมบัติในเรื่องการทรุดตัวน้อยกว่าอีกด้วย ซึ่งล้วนเป็นข้อดีของเขื่อนประเภทนี้ทั้งสิ้น ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แสดงลักษณะทางโครงสร้างของเขื่อนดินถมประเภทแบ่งส่วน (Zoned Type Dam)

ส่วนประกอบของตัวเขื่อนดินถมประเภทแบ่งส่วน (Zone Type Dam)

1. ความกว้างสันเขื่อน
2. ระดับสันเขื่อน
3. แกนเขื่อน(Core Zone)
4. ส่วนเปลือก(Random Zone)
5. Chimney Drain
6. Blanket Drain
7. Rockfill Toe
8. กรวดทรายรองพื้น
9. หินทิ้ง (Riprap)
10. ระดับดินเดิม/ดินธรรมชาติ
11. ระดับขุดลอกหน้าดิน/ฐานเขื่อน
12. ระดับท้องร่องแกน/ชันหิน
13. ความกว้างร่องแกน
14. ปลูกหญ้า/หินเรียง
15. ระดับหลัง Chimney Drain
16. ระยะพ้นน้ำ

เขื่อนดินประเภทนี้ส่วนใหญ่เป็นเขื่อนขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ที่ต้องใช้ดินถมตัวเขื่อนเป็นปริมาณมาก จึงเป็นการยากที่จะหาดินประเภทเดียวกันที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงได้ทั้งหมด รวมทั้งการที่วัสดุก่อสร้างตัวเขื่อนมีคุณสมบัติเหมาะสมตามที่กล่าวไว้ข้างต้น จึงเป็นปัจจัยสำคัญอีกประการหนึ่งที่ทำให้ออกแบบตัวเขื่อนให้มีความสูงมากๆ ได้อย่างปลอดภัย ประหยัด และมีเสถียรภาพมากกว่าเขื่อนดินประเภทเขื่อนดินถมชนิดเนื้อเดียว อย่างไรก็ตาม วิศวกรผู้ออกแบบจะต้องพิจารณาข้อมูลเรื่องวัสดุก่อสร้างตัวเขื่อนทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ รวมทั้งแหล่งที่มาอย่างละเอียดรอบคอบ ทั้งนี้เพื่อให้ได้โครงสร้างที่มีความแข็งแรงทนทาน มีอายุการใช้งานนาน และมีราคาประหยัด ภาพที่ 7 แสดงตัวอย่างของเขื่อนดินถมชนิดแบ่งส่วน

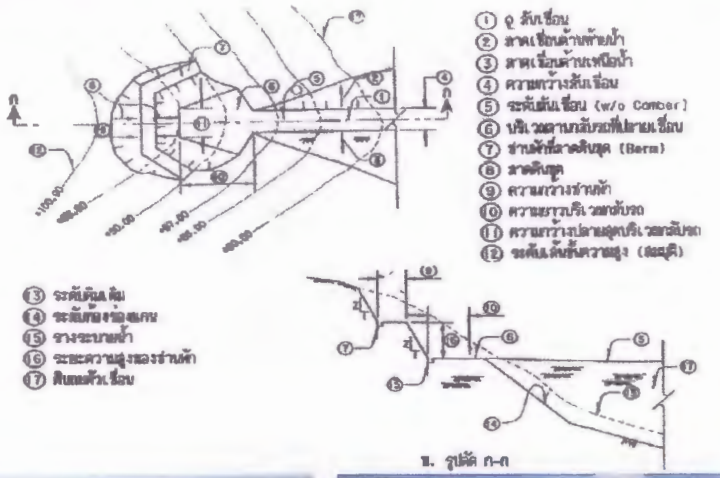
เขื่อนแม่กวง จังหวัดเชียงใหม่

เขื่อนลำพันชาดน้อย จังหวัดอุดรธานี

ภาพที่ 7 ตัวอย่างเขื่อนดินถมชนิดแบ่งส่วน

1.1.2 ฐานยันเขื่อน (Abutment)

ฐานยันเขื่อน หมายถึง บริเวณที่ไหล่เขาและระดับสันเขื่อนมาบรรจบกัน หรือบริเวณที่เป็นจุดสิ้นสุดของตัวเขื่อนไปชนกับดินเดิมบริเวณไหล่เขาทั้งฝั่งซ้ายและฝั่งขวา บริเวณนี้จะทำการขุดเปิดลาดเชิงเขาออกไปให้มีพื้นที่กว้างพอสมควรที่จะเชื่อมกับสันเขื่อน เพื่อใช้เป็นบริเวณกลับรถและ หรือเป็นพื้นที่พักยานพาหนะที่ใช้ในการตรวจสภาพและบำรุงรักษาตัวเขื่อน โดยทั่วไปจะเป็นดินเดิมที่มีการขุดดินหรือระเบิดหินออกให้เป็นลานกว้างเพื่อวัตถุประสงค์ตามที่กล่าวไว้ บริเวณนี้จะมีการตัดลาดเชิงเขาออกไปด้วย ภาพที่ 8 แสดงตัวอย่างของฐานเขื่อนแบบต่างๆ



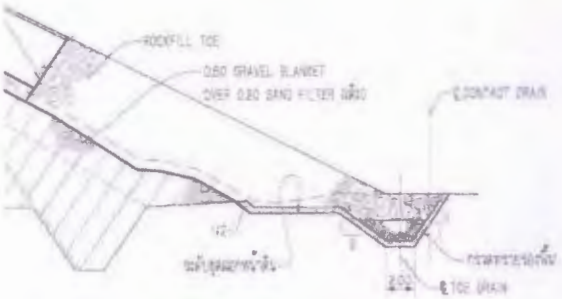
ฐานยันเขื่อนแบบเห็นไหล่เขา
เขื่อนกิ่วคอหมา จังหวัดลำปาง

ฐานยันเขื่อนแบบไม่เห็นไหล่เขา
เขื่อนห้วยหลวง จังหวัดอุดรธานี

ภาพที่ 8 ตัวอย่างของฐานยันเขื่อน

1.1.3 ระบบระบายน้ำนอกตัวเขื่อน (External Drain System)

(1) หินถมตีนเขื่อน (Rockfill Toe) อยู่บริเวณตีนเขื่อนด้านท้ายน้ำในบริเวณร่องน้ำสึกและเลยขึ้นมาบนตลิ่งจนถึงระดับที่ต้องการ ทำหน้าที่ป้องกันการกัดเซาะตัวเขื่อนในกรณีที่ระดับน้ำในร่องน้ำด้านท้ายเขื่อนล้นตลิ่ง อันเนื่องมาจากการระบายน้ำออกจากตัวเขื่อนและหรือเนื่องจากมีฝนตกหนักจนระดับน้ำในลำน้ำล้นตลิ่ง รวมทั้งยังช่วยในเรื่องของการระบายน้ำออกจาก Blanket Drain และเพิ่มความมีเสถียรภาพของลาดเขื่อนด้านท้ายน้ำอีกด้วย ประกอบด้วย หินใหญ่ที่มีขนาดคละเหมาะสมและวางอยู่บนกรวดทรายที่มีความหนาไม่น้อยกว่า 0.20 เมตร รวมทั้งที่บริเวณรอยเชื่อมต่อระหว่างหินถมตีนเขื่อนกับตัวเขื่อนดินจะต้องปูวัสดุรองพื้นหรือวัสดุกรอง (Filter Material) เป็นส่วนเชื่อมต่อด้วย เพื่อป้องกันไม่ให้มีการพัดพาวัสดุละเอียดจากตัวเขื่อนเข้าสู่ Rockfill Toe ภาพที่ 9 แสดงรูปทั่วไปและตัวอย่างหินถมตีนเขื่อน

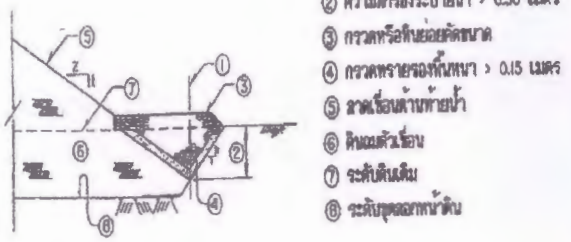


รูปทั่วไปหินถมตีนเขื่อน

เขื่อนลำปาว จังหวัดกาฬสินธุ์

ภาพที่ 9 แสดงรูปทั่วไปและตัวอย่างหินถมตีนเขื่อน

(2) Contact Drain เป็นระบบระบายน้ำที่ตีนเขื่อนด้านท้ายน้ำ กำหนดให้เริ่มตั้งแต่ฐานยันเขื่อนลงมา โดยกำหนดในบริเวณพื้นที่มีความลาดชันมาก องค์ประกอบของ Contact Drain เป็นหินใหญ่คละขนาดถมกลับลงในร่องระบายน้ำที่บริเวณตีนเขื่อน ทั้งนี้เพื่อเป็นการลดความเร็วของกระแสน้ำที่ไหลในบริเวณพื้นที่ลาดชัน ให้มีความเร็วไม่มากนัก เพื่อลดการกัดเซาะลง โดยทั่วไปจะระบายน้ำผิวดินที่เกิดจากน้ำฝนเป็นส่วนใหญ่ อย่างไรก็ตามหากปริมาณน้ำซึมผ่านตัวเขื่อนและฐานเขื่อนมีมากก็สามารถระบายออกทาง Contact Drain ได้ด้วยเช่นกัน แต่โอกาสเช่นนี้ก็มีไม่มากนัก นอกจากนั้นยังอาจจะมีการออกแบบการระบายน้ำที่ตีนเขื่อนตลอดทั้งเขื่อนก็ได้ แต่ค่อนข้างจะมีราคาแพง ภาพที่ 10 แสดงรูปทั่วไปและตัวอย่างของ Contact Drain

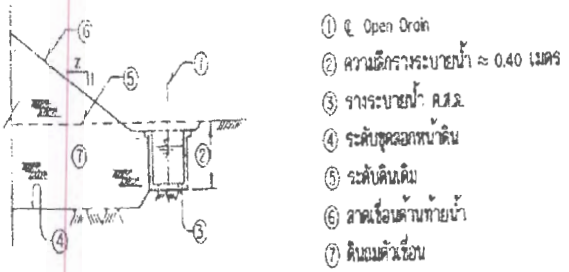


รูปทั่วไปของ Contact Drain

เขื่อนลำปาว จังหวัดกาฬสินธุ์

ภาพที่ 10 แสดงรูปทั่วไป Contact Drain

(3) รางระบายน้ำ (Open Drain or Gutter) เป็นระบบระบายน้ำที่ตีนเขื่อนด้านท้ายน้ำเชื่อมต่อจาก Contact Drain โดยทั่วไปจะกำหนดในบริเวณพื้นที่ราบของตัวเขื่อน ทั้งนี้เนื่องจากความเร็วกระแสน้ำจะไม่ไหลเร็วมากนัก โดยมีลาดของรางที่เหมาะสมไปยังจุดต่ำเพื่อให้สามารถระบายน้ำได้ดี รูปแบบทั่วไปอาจจะเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู หรือรูปสามเหลี่ยมก็ได้ ทำการดาดผิวล่างที่เป็นดินด้วยคอนกรีต หรือทำหินเรียงก็ได้ การทำเป็นรางเปิดจะทำให้เห็นการไหลของน้ำได้อย่างชัดเจน ทำให้เห็นได้ว่ามีน้ำมากน้อยแค่ไหน ผู้ออกแบบจะต้องกำหนดขนาดของรางให้ใหญ่พอที่ระบายน้ำได้เป็นอย่างดี หากมีขนาดเล็กไปจะทำให้น้ำล้นออกนอกรางแล้วกระจายออกไปโดยทั่ว ซึ่งอาจจะทำให้เกิดความไม่สวยงามและเกิดความเสียหายขึ้นได้ ดังภาพที่ 11 แสดงรูปทั่วไปและตัวอย่างของรางระบายน้ำ

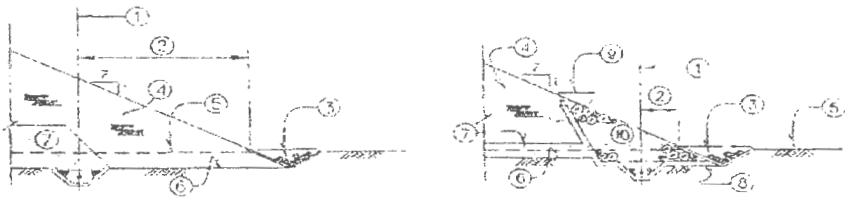


รูปทั่วไปของรางระบายน้ำ

เขื่อนบางเหนียวดำ จังหวัดภูเก็ต

<u>ภาพที่ 11</u> แสดงรูปทั่วไปและตัวอย่างรางระบายน้ำที่ตีนเขื่อน

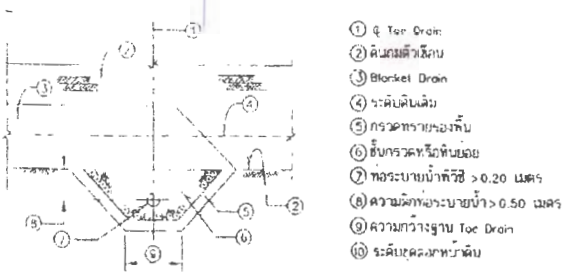
(4) ท่อระบายน้ำที่ตีนเขื่อน (Toe Drain) เป็นระบบระบายน้ำภายในตัวเขื่อนที่ติดตั้งไว้บริเวณ Rockfill Toe หรือตีนเขื่อนด้านท้ายน้ำเชื่อมต่อกับ Blanket Drain ประกอบด้วย การขุดร่องในดินให้มีขนาดเหมาะสม ลึกต่ำกว่าระดับ Blanket Drain (เพื่อดึงระดับน้ำให้ต่ำลงมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้) มีท่อระบายน้ำเจาะรู พร้อมกรวดทรายคละขนาดที่เหมาะสมหุ้มรอบท่อ โดยทั่วไปกำหนดขนาดท่อระบายน้ำตั้งแต่ขนาด 0.20 เมตร ขึ้นไป ท่อระบายน้ำนี้จะต้องให้มีลาดตามแนวยาวที่เกือบขนานกับตัวเขื่อนอย่างเหมาะสม เพื่อให้เกิดการระบายน้ำที่ดี แล้วไปปล่อยน้ำทิ้งที่จุดต่ำสุดของตัวเขื่อน ภาพที่ 12 แสดงรูปทั่วไปและตัวอย่างท่อระบายน้ำที่ตีนเขื่อน



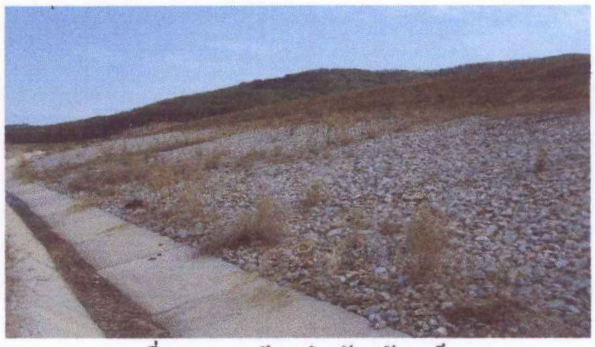
(ก) การวางแนบ Toe Drain ไว้ที่ปลาย Blanket Drain

(ข) การออกแบบ Toe Drain ไว้ที่บริเวณใต้ฐาน Rockfill Toe

① ℄ Toe Drain
② ระยะห่างจากฐานเชื่อม
③ Contact Drain
④ ดินถมตัวเขื่อน
⑤ ระดับดินเดิม
⑥ ระดับชุดลอกหน้าดิน
⑦ Blanket Drain
⑧ กรวดทรายรองพื้น
⑨ ระดับ Rockfill Toe
⑩ Rockfill Toe



รูปทั่วไปของรางระบายน้ำ



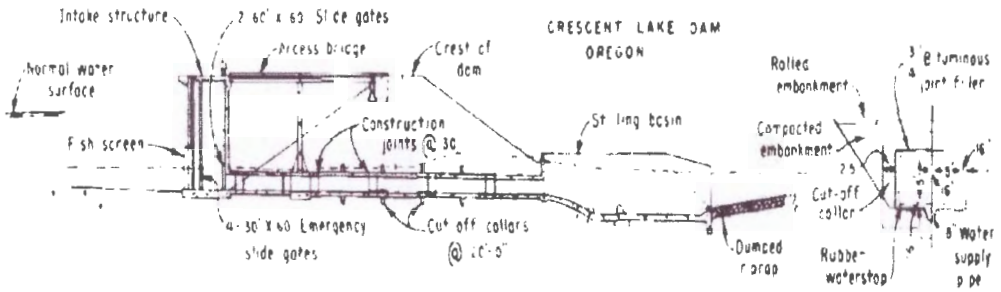
เขื่อนบางเหนียวดำ จังหวัดภูเก็ต

ภาพที่ 12 แสดงท่อระบายน้ำที่ตีนเขื่อน

1.1.4 ท่อส่งน้ำ/ท่อระบายน้ำ (Outlet)

ท่อส่งน้ำ หรือท่อระบายน้ำ เป็นอาคารประกอบเขื่อนอีกประเภทหนึ่ง จะทำหน้าที่เป็นเครื่องมือในการนำน้ำจากอ่างเก็บน้ำไปใช้ประโยชน์ด้านต่างๆตามที่กำหนดไว้ เช่น ด้านการชลประทาน การผลิตกระแสไฟฟ้า การอุปโภคและบริโภค การเดินเรือหรือการท่องเที่ยง การรักษาสภาพนิเวศวิทยาหรือการผลักดันน้ำเค็ม เป็นต้น อาคารควบคุมบังคับน้ำประเภทนี้จะมีสองลักษณะที่เรียกกันคือท่อส่งน้ำเข้าคลอง (Canal Outlet) และท่อระบายน้ำลงลำน้ำเดิม (River Outlet) อาคารลักษณะแรกจะทำหน้าที่ส่งน้ำเข้าคลองชลประทานเพื่อส่งน้ำไปยังพื้นที่เพาะปลูกท้ายอ่างเก็บน้ำตามที่กำหนดไว้ ส่วนอาคารประเภทหลังจะทำหน้าที่ระบายน้ำลงลำน้ำเดิมเพื่อกิจกรรมต่างๆตามที่กล่าวไว้ข้างต้น รวมไปถึงการพร่องน้ำออกจากอ่างในกรณีฉุกเฉินด้วย

ชนิดอาคารแบ่งตามลักษณะการควบคุมปริมาณน้ำไหลผ่านตัวอาคาร จะแบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ แบบควบคุมปริมาณน้ำด้านเหนือน้ำ (Upstream Discharge Control) แบบควบคุมปริมาณน้ำด้านท้ายน้ำ (Downstream Discharge Control) และแบบควบคุมปริมาณน้ำตรงกลางตัวเขื่อน ตามที่แสดงไว้ในภาพที่ 13 ถึงภาพที่ 15 ทั้ง 3 แบบจะมีเงื่อนไขและข้อดี ข้อด้อยแตกต่างกันไป ซึ่งปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณาออกแบบ ชนิดอาคารควบคุมปริมาณน้ำประกอบด้วย ความลึกน้ำหรือแรงดันน้ำ ราคาค่าก่อสร้าง ความสะดวกในการใช้งานและหรือการซ่อมแซมบำรุงรักษา ความมั่นคงแข็งแรงของอาคาร ความสามารถรับน้ำหนักของฐานราก เป็นต้น

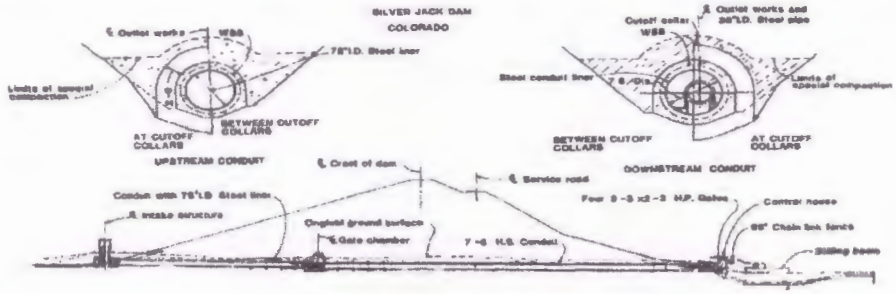


(B) FISH-SCREENED INTAKE, UPSTREAM SLIDE GATE CONTROL, FREE-FLOW CONDUIT, HYDRAULIC JUMP STILLING BASIN

เขื่อนบางพระ จังหวัดชลบุรี

เขื่อนซับประดู่ จังหวัดนครราชสีมา

ภาพที่ 13 แสดงรูปทั่วไปและตัวอย่างอาคารท่อส่งน้ำควบคุมปริมาณน้ำด้านเหนือน้ำ

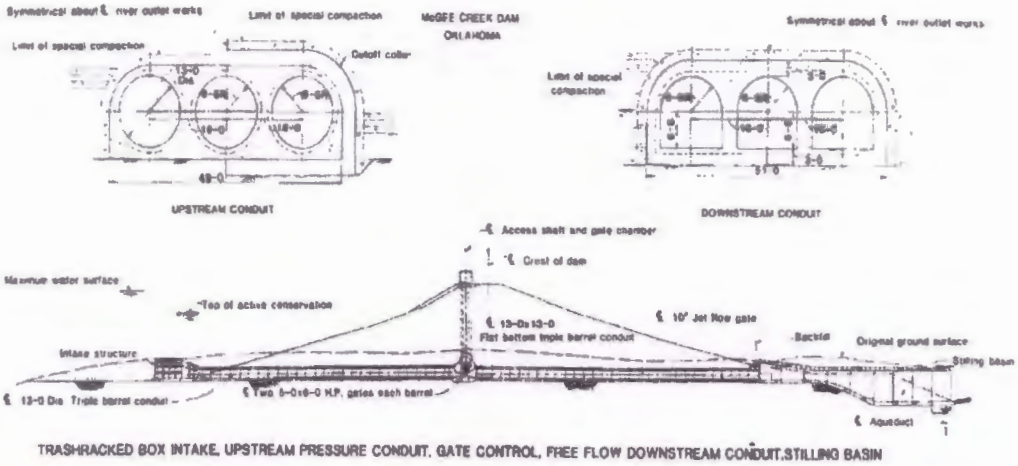


TRASHRACKED DROP INLET INTAKE, STEEL LINED UPSTREAM PRESSURE CONDUIT, HIGH PRESSURE GUARD GATE, PIPE IN DOWNSTREAM TUNNEL, CONDUIT, CONTROL GATES, STILLING BASIN

เขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล จังหวัดเชียงใหม่

เขื่อนห้วยท่าแพ จังหวัดสุโขทัย

ภาพที่ 14 แสดงรูปทั่วไปและตัวอย่างอาคารท่อส่งน้ำควบคุมปริมาณน้ำด้านท้ายน้ำ



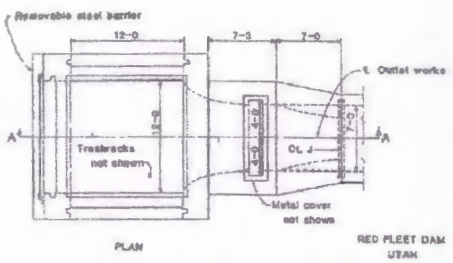
TRASHRACKED BOX INTAKE, UPSTREAM PRESSURE CONDUIT, GATE CONTROL, FREE FLOW DOWNSTREAM CONDUIT,STILLING BASIN

เขื่อนมูลบน จังหวัดนครราชสีมา

เขื่อนลำแชะ จังหวัดนครราชสีมา

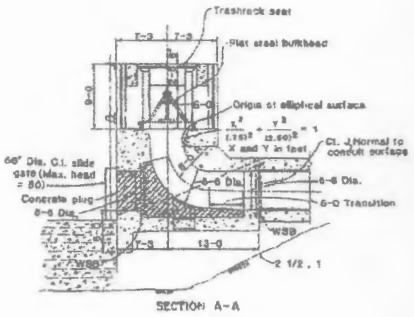
ภาพที่ 15 แสดงรูปทั่วไปและตัวอย่างอาคารท่อส่งน้ำควบคุมปริมาณน้ำช่วงกลางเขื่อน

ส่วนประกอบของอาคาร โดยทั่วไปอาคารชนิดนี้จะประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ได้แก่ ร่องชักน้ำ หรือคลองชักน้ำ (Approach Channel) อาคารรับน้ำ (Intake Structure) ท่อส่งน้ำหรือท่อระบายน้ำ (Conduit) อาคารควบคุมปริมาณน้ำ (ด้านเหนือน้ำ หรือตรงกลางเขื่อน หรือด้านท้ายน้ำ) อาคารสลายพลังงานน้ำ (Energy Dissipater หรือ Stilling Basin แบบต่างๆ) และคลองชักน้ำหรือคลองระบายน้ำเชื่อมต่อกับลำน้ำเดิม นอกจากนั้นยังอาจจะมีระบบระบายน้ำใต้ดินที่อยู่ภายใต้ฐานและด้านข้างอาคาร (Bottom and Side Drain) ดังแสดงไว้ในภาพที่ 16 แสดงลักษณะอาคารรับน้ำ (Intake) ของอาคารท่อส่งน้ำหรือท่อระบายน้ำ



แบบที่ 1

เขื่อนห้วยน้ำม้า จังหวัดอุดรธานี



แบบที่ 2

เขื่อนกระเสียว จังหวัดสุพรรณบุรี

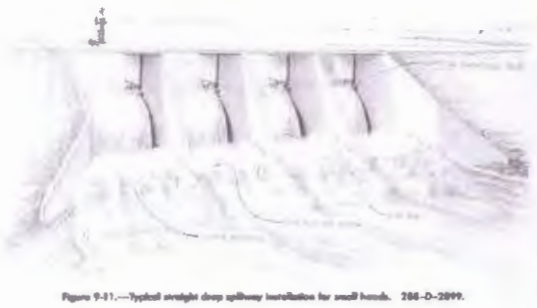
ภาพที่ 16 แสดงรูปทั่วไปและตัวอย่างอาคารรับน้ำ

1.1.5 ทางระบายน้ำล้น (Spillway)

ทางระบายน้ำล้น (Spillway) **เป็นอา**คารประกอบเขื่อนเก็บกักน้ำประเภทหนึ่งที่ทำหน้าที่**ระบายน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำ เมื่อระดับน้ำในอ่างเกิน**จากระดับน้ำที่กำหนด ซึ่งโดยทั่วไปจะกำหนดไว้ที่ระดับน้ำเก็บกัก (Retention or Normal Water Level) นั้นก็คือ ถ้าระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำสูงมากกว่าระดับน้ำเก็บกัก จะถูกระบายออกทางอาคารแห่งนี้ ซึ่งการระบายออกจะปล่อยให้ระบายออกไปเองโดยอิสระ (Free Overflow) หรือปล่อยออกทางประตูระบายน้ำ (Regulation Flow) ทั้งนี้เพื่อเป็นการป้องกันมิให้ระดับน้ำในอ่างสูงเกินกว่าระดับน้ำสูงสุดที่กำหนดไว้ (Maximum or Highest Water Level) จนเกิดไหลล้นข้ามสันเขื่อน (Overtopping) และเป็นอันตรายกับตัวเขื่อนจนทำให้ถึงขั้นเกิดการวิบัติขึ้นได้ สำหรับเขื่อนดินโดยทั่วไปจะวางอาคารชนิดนี้อยู่บริเวณฐานยันเขื่อน (Abutment) ฝั่งซ้ายหรือฝั่งขวาเป็นหลัก เพื่อมิให้เกิดจุดอ่อนขึ้นที่ตัวเขื่อน

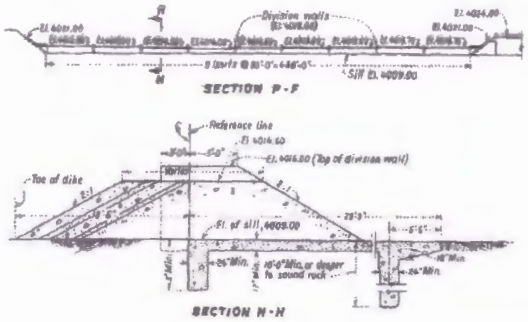
ลักษณะของทางระบายน้ำล้น หากแบ่งตามสภาพการใช้งานจะแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ ได้แก่ (1) ทางระบายน้ำล้นใช้งาน (Service Spillway) เป็นอาคารหลักที่ใช้ในการระบายน้ำส่วนเกินออกจากอ่างเก็บน้ำ (2) ทางระบายน้ำฉุกเฉิน (Emergency Spillway) เป็นอาคารรองในการระบายน้ำส่วนเกินออกจากอ่าง โดยส่วนใหญ่ทางระบายน้ำล้นประเภทนี้จะมีระบบควบคุมการระบายน้ำด้วยประตูระบายน้ำ (Gated Control Spillway) อย่างไรก็ตามผู้ออกแบบอาจกำหนดเป็นทางระบายน้ำล้นแบบระบายออกเองโดยอิสระ (Free Overflow) ก็ได้ และ (3) ทางระบายน้ำล้นเสริม (Auxiliary Spillway)

ลักษณะของทางระบายน้ำล้น หากแบ่งตามสถานที่ตั้งและรูปแบบอาคารจะเรียกได้มากมายหลายแบบ ได้แก่ (1) ทางระบายน้ำล้นผ่านสันเขื่อน (Spillway Dam) (2) ทางระบายน้ำล้นที่ช่องเขาขาด (Saddle Dam) (3) ทางระบายน้ำล้นแบบฝายสันตรง (Overflow Spillway) (4) ทางระบายน้ำล้นแบบไหลด้านข้าง (Side Channel Spillway) (5) ทางระบายน้ำล้นแบบติดตั้งประตูบนสันฝาย (Gated Spillway) (6) ทางระบายน้ำล้นแบบสันฝายหยัก (Labyrinth Spillway) (7) ทางระบายน้ำล้นแบบกาลักน้ำ (Siphon Spillway) (8) ทางระบายน้ำล้นแบบปากแตร หรือดอกผักบุ้ง (Morning Glory Spillway) (9) ทางระบายน้ำล้นแบบอุโมงค์ระบายน้ำ (Tunnel Spillway) และ (10) ทางระบายน้ำล้นแบบทางน้ำเปิด (Earth Spillway) ตามที่แสดงรูปร่างทั่วไปไว้ในภาพที่ 17



อาคารระบายน้ำล้นผ่านสันเขื่อน (Spillway Dam)

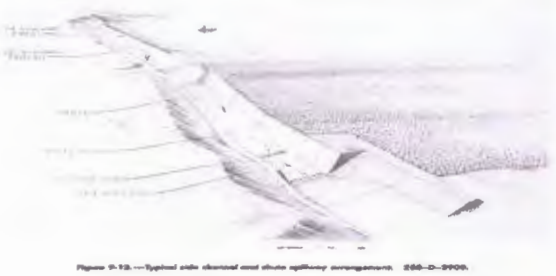
เขื่อนแม่สรวย จังหวัดเชียงราย



อาคารระบายน้ำล้นที่ช่องเขาขาด (Saddle Dam)

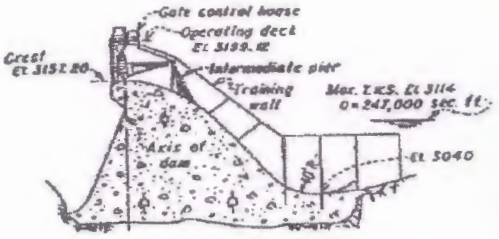
อาคารระบายน้ำล้นแบบฝายสันตรง (Overflow Spillway)

เขื่อนลำปาว จังหวัดกาฬสินธุ์



อาคารระบายน้ำล้นแบบไหลด้านข้าง (Side Channel Spillway)

เขื่อนลำเชียงสา จังหวัดนครราชสีมา



n. Overflow weir spillway

อาคารระบายน้ำล้นแบบติดตั้งประตูบนสันฝาย

(Gated Spillway)

เขื่อนลำแชะ จังหวัดนครราชสีมา

Figure 9-13.—Ute Dam 14-cycle labyrinth spillway. Total length of 3,360 feet contained in a width of 840 feet. The spillway height is 30 feet and will pass a design discharge of 390,000 ft³/s under the design head of 19 feet. P801-D-81045.

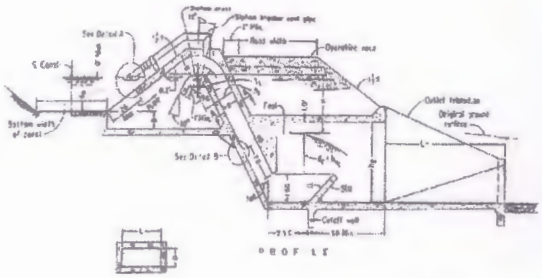
อาคารระบายน้ำล้นแบบสันฝายหยัก

(Labyrinth Spillway)

เขื่อน LAKE BRAZOS ประเทศสหรัฐอเมริกา

ที่มา :

http://www.walshgroup.com/portfolio/heavy+civil/dams/lake-brazos-dam-replacement.html



อาคารระบายน้ำล้นแบบกาลักน้ำ

(Siphon Spillway)

เขื่อน High Island ฮ่องกง

ทีมา :

http://travel.webshots.com/photo/2481952740105787407tzSAOj

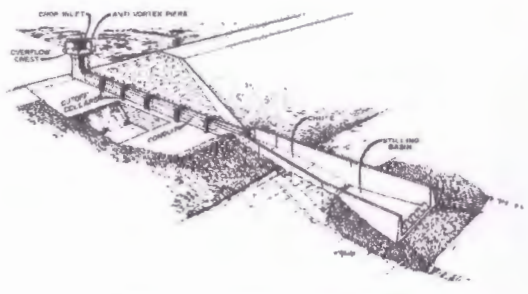
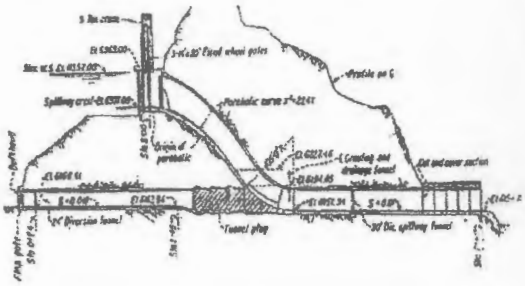


Figure 9-16.—Drop inlet spillway for a small dam. 105-D-1678.

อาคารระบายน้ำล้นแบบปากแตร หรือดอกผักบุ้ง

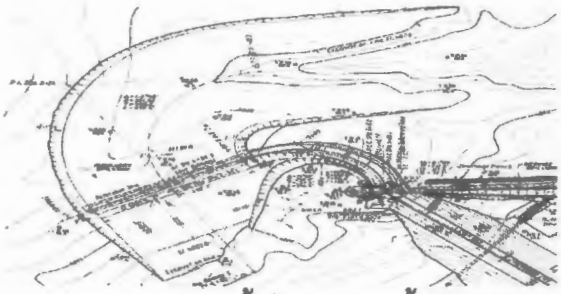
(Morning Glory Spillway)

เขื่อนน้ำอูน จังหวัดสกลนคร



อาคารระบายน้ำล้นแบบอุโมงค์ระบายน้ำ
(Tunnel Spillway)

เขื่อน Lake Berryessa ประเทศสหรัฐอเมริกา
ที่มา : http://www.unfinishedman.com/tunnel-to-the-center-of-the-earth-worlds-largest-spillways



อาคารระบายน้ำล้นแบบทางน้ำเปิด
(Earth Spillway)

ภาพที่ 17 แสดงรูปทั่วไปและตัวอย่างลักษณะของอาคารระบายน้ำล้น

1.2 ปัญหาและสาเหตุที่ทำให้เขื่อนพิบัติหรือเสียหาย (Causes of Failure)

การติดตามตรวจสอบและตรวจวัดพฤติกรรมต่างๆ ของตัวเขื่อน (Dam Monitoring) อย่างต่อเนื่อง ทำให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงและความผิดปกติต่างๆ ที่อาจเป็นสาเหตุทำให้เขื่อนเกิดความเสียหายและอาจถึงขั้นพังทลายต่อไปได้ ผู้ที่จะทำการตรวจสอบหรือเจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบในการบำรุงรักษาเขื่อนและอาคารประกอบ ควรเป็นผู้ที่เอาใจใส่ มีความเชี่ยวชาญ และรู้ถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดการเสียหายรวมทั้งลักษณะของการชำรุดเสียหายเป็นอย่างดี ต้องหมั่นคอยสังเกตความผิดปกติต่างๆ อย่างสม่ำเสมอ การศึกษาความเสียหายรวมทั้งปัญหาที่ทำให้เกิดความเสียหายนั้นๆ สามารถศึกษาได้จากเขื่อนที่ได้รับความเสียหายหรือพังทลายมาแล้วในอดีต ซึ่งจะทำให้เกิดความเข้าใจในมูลเหตุที่ทำให้เกิดความเสียหายเหล่านั้นเป็นอย่างดี หัวข้อต่อไปนี้จะกล่าวถึงสาเหตุ และปัญหาสำคัญต่างๆ ที่เป็นต้นเหตุทำให้เกิดความเสียหายต่อตัวเขื่อนและอาคารประกอบได้

1.2.1 ปัญหาที่ทำให้เขื่อนพิบัติหรือเสียหาย

(1) ปัญหาที่ฐานรากเขื่อน (Foundation Problems)

ฐานรากเขื่อนเป็นบริเวณที่มีความสำคัญมากที่สุดส่วนหนึ่ง ทั้งนี้เพราะหากมีความบกพร่องหรือจุดอ่อนเกิดขึ้นในส่วนใดส่วนหนึ่งของฐานราก ก็อาจเป็นสาเหตุทำให้ตัวเขื่อนได้รับความเสียหายหรือพังทลายลงได้ ความบกพร่องหรือจุดอ่อนที่ฐานราก เนื่องจากลักษณะและคุณสมบัติทางวิศวกรรมของฐานราก เช่นมีความแข็งแรงมากน้อยเพียงไร มีความทึบน้ำเพียงพอหรือไม่ หรือได้รับการปรับปรุงฐานรากระหว่างการ

ก่อสร้างเพียงพอหรือไม่ สิ่งบอกเหตุว่าอาจมีความบกพร่องที่ฐานรากเขื่อนเกิดขึ้นแล้ว ได้แก่ เกิดการทรุดตัวที่ไม่เท่ากัน (Differential Settlement) ของตัวเขื่อน เกิดการเลื่อน (Sliding) ของตัวเขื่อน ค่าแรงดันน้ำในตัวเขื่อน (Pore Water Pressure) ขึ้นสูงผิดปกติ มีปริมาณน้ำซึมหรือน้ำรั่ว (Seepage or Leakage) มากกว่าปกติหรืออาจมีรอยแตก (Cracks) เกิดขึ้นที่บริเวณตัวเขื่อน เป็นต้น

การทรุดตัวของตัวเขื่อนและฐานราก หรือรอยแตกร้าวที่ตัวเขื่อน อาจเกิดขึ้นเนื่องจากการยุบตัวของดินหรือหินฐานรากที่รับน้ำหนักมากเกินไปหรือดินชั้นล่างยุบตัวลงไปเมื่อถูกน้ำ ซึ่งลักษณะของการยุบตัวเช่นนี้มักเกิดขึ้นกับฐานรากเขื่อนที่เป็นวัสดุจำพวกทราย (Sand) หรือ ตะกอนทราย (Silt) ที่มีความหนาแน่นน้อยและมีความชื้นต่ำการทรุดตัวของเขื่อนเนื่องจากสาเหตุดังกล่าวนี้ อาจจะเป็นอันตรายมากยิ่งขึ้นหากวัสดุที่ใช้ก่อสร้างตัวเขื่อนเป็นดินที่มีค่าแรงยึดเกาะ (Cohesive Strength) ต่ำ

การรั่วซึมที่ฐานรากเขื่อน (Foundation Seepage) จะเป็นสาเหตุให้เกิดการกัดเซาะ (Erosion) วัสดุฐานรากเขื่อนได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัสดุเม็ดละเอียดจะถูกพัดพาไปทำให้ฐานรากเขื่อนอยู่ในสภาวะที่ไม่มั่นคงที่จะรับน้ำหนักจากตัวเขื่อน การตรวจสอบเบื้องต้นสามารถกระทำได้ โดยการสังเกตปริมาณน้ำรั่วซึม (Seepage Water) ที่มีอัตราเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ หรือการเก็บตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบของสารที่ปนมากับน้ำ เป็นต้น

การเลื่อนตัวของเขื่อน (Sliding) อาจเกิดขึ้นได้กับเขื่อนที่มีวัสดุฐานรากจำพวกที่รับแรงเฉือนได้ต่ำหรือมีวัสดุจำพวกดินเหนียว หรือประเภท Bentonite แทรกตัวอยู่ หรืออาจเกิดขึ้นได้กับเขื่อนที่มีวัสดุฐานรากประเภทที่น้ำซึมผ่านได้ (Pervious Materials) และไม่สามารถควบคุมอัตราการรั่วซึมและแรงยกตัว (Uplift Pressures) ให้น้อยลงหรืออยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ นอกจากนี้การเลื่อนตัวอาจเกิดขึ้นได้กับเขื่อนที่ตั้งอยู่บนรอยเลื่อน (Fault zones) ของหินชั้นหรือหินแปรจำพวก Shale และ Schist เป็นต้น

(2) ปัญหาที่ทางระบายน้ำล้นและท่อระบายน้ำ (Spillway and Outlet)

จากข่าวการพังทลายของเขื่อนที่มีสาเหตุมาจากน้ำไหลล้นข้ามสันเขื่อน (Overtopping) นั้นมักมีสาเหตุมาจากทางระบายน้ำล้น (Spillway) และท่อระบายน้ำต่างๆ (Outlet) มีความสามารถในการระบายน้ำไม่เพียงพอ ซึ่งกรณีนี้มักจะเกิดขึ้นกับเขื่อนดิน และเขื่อนหินทิ้งโดยทั่วไปดังนั้น ในการออกแบบอาคารระบายน้ำ จึงต้องพิจารณาคำนวณออกแบบอาคารระบายน้ำล้นให้มีขนาดและประสิทธิภาพในการระบายอย่างเพียงพอ ในกรณีฉุกเฉินหากการระบายน้ำของทางระบายน้ำล้นไม่ทันการ เนื่องจากปริมาณน้ำไหลลงอ่าง (Inflow) มากกว่าเกณฑ์ที่ออกแบบไว้ ก็อาจจะใช้ท่อระบายน้ำเพื่อการชลประทาน (Irrigation Outlet) ช่วยระบายน้ำได้อีกทางหนึ่ง ฉะนั้นความสามารถในการระบายน้ำของอาคารทั้งสองดังกล่าว จึงเป็นองค์ประกอบสำคัญที่จะกำหนดขอบเขตหรือประสิทธิภาพในการควบคุมปริมาณของน้ำในอ่างเก็บน้ำ ซึ่งควรจะต้องมีการศึกษาและทบทวน Spillway Design Flood เพื่อทบทวนและกำหนดกฎเกณฑ์ ในการเปิด- ปิดทางระบายน้ำล้นและท่อระบายน้ำเพื่อการชลประทานให้เหมาะสมกับสภาวะปัจจุบันอยู่เสมอ และควรตรวจสอบบันทึกการใช้งานของอาคารทั้งสองที่ผ่านมาในอดีตว่า มีอุปกรณ์ส่วนใดบกพร่องหรือไม่ และผลของการใช้งานเป็นที่น่าพอใจเพียงใด เป็นต้น

สิ่งสำคัญอันดับต่อมานอกเหนือจากการวิเคราะห์ความสามารถในการระบายน้ำของอาคารระบายน้ำทั้งสองประเภทดังกล่าวแล้ว ก็คือต้องมีการตรวจสภาพของอาคารโดยสม่ำเสมอ เช่น มีเศษวัสดุหรือวัชพืชตกค้างและกีดขวางทางระบายน้ำ (Spillway Channel) หรือไม่ เกิดการเลื่อนไถล (Slide) ของเชิงลาดบริเวณอาคารระบายน้ำหรือไม่ เกิดการกัดเซาะ (Erosion) บริเวณโดยรวมอาคารระบายหรือไม่ ตลอดจนการ

ตรวจหารอยแตกที่ผิวคอนกรีต และการตรวจสภาพของอุปกรณ์ควบคุมต่างๆ ทั้งทางเครื่องกลและไฟฟ้าว่ายังสามารถใช้งานได้ดีหรือไม่ เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อให้มั่นใจว่าอาคารทั้งสองอยู่ในสภาพที่พร้อมจะใช้งานตลอดเวลา

สาเหตุที่อาจทำให้บานประตูระบาย วาวล์ควบคุมและอุปกรณ์ระบบเครื่องกลไฟฟ้าที่ใช้ควบคุมเกิดการติดขัดและใช้งานไม่ได้ ซึ่งต้องทำการตรวจสอบตามเกณฑ์กำหนดและระยะเวลา ได้แก่

- เกิดการเลื่อนตัว (Displacement) ของอาคารระบายน้ำ
- เกิดสนิม ชิ้นส่วนบางอย่างฉีกขาดหรือแตกร้าว หรือเสื่อมสภาพไป
- ชิ้นส่วนในระบบเครื่องกลบางอย่างเคลื่อนตัวไปจากตำแหน่งเดิม
- เกิดการติดขัดเนื่องจากไม่เคยใช้งานเป็นเวลานาน
- ขาดการดูแลใส่น้ำมันหล่อลื่น
- การใช้งาน (Operate) ที่ไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ
- ระบบไฟฟ้าหรือเครื่องกลบกพร่อง

(3) ปัญหาที่อ่างเก็บน้ำ (Reservoir)

สาเหตุหรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้นภายในบริเวณอ่างเก็บน้ำ ที่อาจเป็นสาเหตุทำให้เขื่อนเสียหายได้แก่ แผ่นดินเลื่อน (Sliding) คลื่นที่เกิดขึ้นเนื่องจากแผ่นดินไหวหรือแผ่นดินเลื่อน การกัดเซาะของน้ำบริเวณขอบอ่างเก็บน้ำหรืออ่างฯ ไม่อยู่เนื่องจากน้ำซึมออกไปได้ เป็นต้น

การตรวจสอบว่าอ่างเก็บน้ำเกิดความเสียหายหรือมีความบกพร่องอย่างไรหรือไม่ กระทำได้โดยใช้ภาพถ่ายทางอากาศ ภาพถ่ายทางดาวเทียม แผนทางธรณีวิทยาของบริเวณนั้น แผนที่ภูมิประเทศ และรายงานวิจัยที่จัดทำก่อนการสร้างเขื่อน ทั้งนี้ต้องทำการออกตรวจสอบสภาพจริง รอบอ่างเก็บน้ำด้วย

โดยปกติแล้วน้ำในอ่างเก็บน้ำย่อมรั่วซึมออกไปบ้าง การที่จะตรวจสอบหาสาเหตุที่ทำให้เกิดการรั่วซึมว่ามากขึ้นเพียงใดนั้น เป็นงานที่ค่อนข้างยาก การรั่วซึมของอ่างฯ นั้นจะเกิดกับพื้นดินก้นอ่างที่มีลักษณะค่อนข้างอ่อนตัว หรือเป็นหินที่เกิดจากการตกตะกอนของดินหรือทราย เช่น พวกหินปูน สิ่งที่จะบ่งชี้ว่าเกิดการรั่วซึมมากผิดปกติคือ การวัดปริมาณการรั่วซึมได้มากขึ้น ระดับน้ำใต้ดินเปลี่ยนแปลงอย่างผิดสังเกต ระดับน้ำในอ่างฯ ลดลงผิดปกติ หรือเกิดบ่อน้ำพุขึ้นใหม่ในบริเวณข้างเคียงเป็นต้น

การกัดเซาะของน้ำบริเวณรอบๆ อ่างเก็บน้ำ เป็นเรื่องปกติธรรมดา อย่างไรก็ตามคลื่นที่กัดเซาะฝั่งอาจเป็นสาเหตุทำให้ดินบนฝั่งเสียสมดุลเป็นเหตุให้เกิดการเลื่อนไถล (Land Slide) ของดินริมฝั่งได้เป็นต้น

1.2.2 สาเหตุที่ทำให้เขื่อนพิบัติหรือเสียหาย

(1) สาเหตุจากการรั่วซึม (Seepage VS Leakage)

การรั่วซึมของน้ำผ่านตัวเขื่อนหรือฐานราก เป็นปัญหาที่สำคัญที่มีผลโดยตรงต่อความมั่นคงปลอดภัยของเขื่อน ไม่มีผู้ใดที่อาจทราบได้แน่นอนถึงพฤติกรรมของฐานรากเขื่อนหลังจากการก่อสร้างและเริ่มเก็บกักน้ำแล้ว โดยทั่วไปแล้วการเก็บกักน้ำในอ่างฯจะมีผลโดยตรงทำให้เกิดการซึมซาบ (Percolation) ของน้ำและทำให้เกิดแรงดันน้ำ (Pore Pressure) ใต้ฐานรากเขื่อนได้โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ถ้าอ่างฯ นั้นๆ มีความลึกมากๆ กรณีเช่นนี้จะเกิดขึ้นไม่เฉพาะแต่บริเวณฐานรากเท่านั้น แต่จะเกิดขึ้นได้กับพื้นที่รอบๆ ขอบอ่างฯด้วย

น้ำที่รั่วซึมผ่านไปนี้ถ้าพัดพาเอาส่วนประกอบของดินหรือหินติดไปด้วย จะมีผลทำให้ความมั่นคงของเขื่อนลดน้อยลง โดยอาจสังเกตได้จากน้ำที่ซึมผ่านออกมานี้มีลักษณะขุ่น ซึ่งแสดงว่าได้เกิดการกัดเซาะ (Erosion) ขึ้นภายในตัวเขื่อนหรือบริเวณฐานรากแล้ว การกัดเซาะนี้โดยทั่วไปแล้วจะมีอัตราเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เป็นลำดับ ทำให้ความมั่นคงของตัวเขื่อนลดลงตามไปด้วย

โดยทั่วไปแล้วน้ำที่รั่วซึมออกมานี้จะชะพาเอาสารประกอบต่างๆ ที่อุดตามรอยแตกของหินฐานรากเขื่อนออกไปด้วย ทำให้เกิดรูโพรงซึ่งถ้าเกิดการขยายตัวใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ ก็จะเป็นผลทำให้ฐานรากเขื่อนอ่อนตัวลง และทำให้การควบคุมอัตราการรั่วซึมเป็นไปยากขึ้น ซึ่งหินฐานรากจะถูกกระทำจนมีลักษณะคล้ายกับรังผึ้ง (Honeycombed Structure) และถ้าเกิดแผ่นดินไหวที่มีขนาดใหญ่ๆ ก็อาจจะทำให้เขื่อนนั้นๆ พังทลายลง

การรั่วซึมที่เกิดขึ้นที่เขื่อนดิน และเขื่อนชนิดหินทิ้งนับว่าเป็นอันตรายอย่างมาก ทั้งนี้เพราะรูโพรงเล็กๆ ที่เกิดขึ้นในระยะเริ่มแรกนั้นจะถูกน้ำกัดเซาะให้ขยายตัวใหญ่ขึ้นได้อย่างรวดเร็วและจะทำให้เขื่อนพังทลายไปได้ในที่สุด การรั่วซึมของน้ำอาจเกิดขึ้นได้จากรอยแตกที่มีสาเหตุมาจากการทรุดตัวของเขื่อนเนื่องจากใช้วัสดุที่ไม่เหมาะสม ประเภท Weak Material ก่อสร้างเขื่อนนั้นๆ หรืออาจเกิดจากหดตัว (Shrinkage) ของแกนดินเหนียว ซึ่งเป็นวัสดุจำพวกยืดหยุ่นตัวสูง (Highly Plastic) นอกจากนี้การรั่วซึมผ่านเขื่อน อาจเกิดได้จากการขุดรูของสัตว์ต่างๆ รากไม้ที่เน่าเปื่อย หรือเกิดจากการรั่วซึมที่ท่อรับน้ำ/ท่อส่งน้ำที่ก่อสร้างไว้ภายในตัวเขื่อนก็ได้

การรั่วซึมที่เขื่อนดินหรือเขื่อนหินทิ้งนั้น จะทำให้เม็ดดินหรือหินถูกกัดเซาะหรือชะล้างออกไป ทำให้เกิดช่องว่างหรือมีลักษณะเป็นรูโพรง (Piping) ขึ้นที่ตัวเขื่อนหรือฐานรากและทำให้เกิดแรงดันน้ำ (Pore Pressures) ภายในตัวเขื่อนขึ้นสูงผิดปกติ และเป็นผลต่อเนื่องทำให้วัสดุที่ใช้ทำเขื่อนเสียกำลังลง (Weakening) แรงดันน้ำที่เกิดสูงผิดปกตินี้อาจเกิดขึ้นตั้งแต่ระหว่างการก่อสร้างเขื่อน จากการถมวัสดุตัวเขื่อนอย่างรวดเร็วเกินไป หรือทำการบดอัดดินที่มีความเปียกชื้นเกินกว่าค่า Optimum Water Content หรืออาจจะเกิดการรั่วซึมของน้ำผ่านส่วนของเขื่อนที่เป็น Pervious Material หรือรั่วซึมผ่านรอยต่อที่ฐานราก เป็นต้น

ในกรณีของอาคารคอนกรีต จุดที่น้ำอาจซึมผ่านไปได้คือบริเวณแนวของ Contraction Joints และ Construction Joints หรือตามรอยแตก (Crack) ที่ผิวคอนกรีต การระบายน้ำที่ซึมผ่านนี้จะช่วยลดแรงดันภายในที่เกิดขึ้น ทำให้ลดอันตรายที่อาจเกิดขึ้นต่อตัวเขื่อนได้

(2) สาเหตุจากการกัดเซาะ (Erosion)

เขื่อนดินและเขื่อนหินทิ้ง เป็นเขื่อนที่อาจได้รับความเสียหายจากการถูกกัดเซาะได้โดยง่าย หากไม่มีการป้องกันที่เพียงพอ โดยเฉพาะบริเวณลาดเขื่อนด้านเหนือน้ำจะถูกกัดเซาะโดยกระแสน้ำหรือคลื่น ส่วนบริเวณลาดเขื่อนด้านท้ายน้ำจะถูกกัดเซาะโดยน้ำฝนที่ตกลงมาชะล้างผิวหน้าของลาด การป้องกันการถูกกัดเซาะโดยทั่วไปจะใช้วิธีการปลูกหญ้าคลุมดินไว้ หรือการเรียงหิน (Riprap)

บริเวณอื่นๆ ที่อาจได้รับความเสียหายเนื่องจากการกัดเซาะได้แก่บริเวณ Stilling Basin, Approach Channel และ Tailrace Channel ซึ่งควรได้รับการตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอ

(3) สาเหตุการเคลื่อนตัวของเขื่อน (Movement)

การคาดคะเนการเคลื่อนตัวของเขื่อนและการสูญเสียรูปร่างไป (Displacement and Deformation) ให้ได้ค่าอย่างถูกต้องนั้นกระทำได้ยากมาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการ เช่น ไม่มีข้อมูลที่ถูกต้องแน่นอนที่จะใช้อ้างอิง (Reference and Base Reading) ในช่วงของการก่อสร้างโดยเฉพาะอย่างยิ่งเขื่อนที่ก่อสร้างไว้นานแล้ว และ/หรือไม่อาจทราบได้แน่นอนถึงคุณสมบัติทางวิศวกรรมของวัสดุก่อสร้างเป็นต้น สาเหตุสำคัญที่ทำให้เขื่อนมีการเคลื่อนตัวมากผิดปกติจนเกิดความเสียหายขึ้น เท่าที่พบอยู่เสมอและควรให้ความสนใจเป็นพิเศษ มีดังนี้คือ

- ฐานรากมีความทึบน้ำไม่เพียงพอ
- เกิดรอยแตก (Crack) ในแกนทึบน้ำ (Core Zone) ของเขื่อน
- เกิดรอยแยกบริเวณแนวต่อของวัสดุโซนต่างๆ ที่ใช้ถมเขื่อน
- ฐานรากมีส่วนประกอบของหินที่ถูกน้ำชะล้างได้ง่าย เช่น พวกยิบซั่ม
- ผนังกั้นน้ำหน้าเขื่อน (Impervious Membrane) (ถ้ามี) เสื่อมสภาพ
- การปรับปรุงฐานรากไม่เพียงพอ
- เกิดการหดตัวของแกนดินเหนียวมากผิดปกติ ทำให้เกิดการแตกร้าว
- เชิงลาดของเขื่อนชันเกินไปและไม่มั่นคงทำให้เกิดการ Slide ได้ง่าย
- เกิดการทรุดตัวไม่สม่ำเสมอ (Differential Settlement) ที่ฐานราก
- รอยต่อระหว่างตัวเขื่อนกับฐานยัน (Abutment) ไม่แข็งแรงพอ
- แสดงแนวโน้มที่จะเกิดความเสียหายได้ถ้าเกิดแผ่นดินไหว

สำหรับเขื่อนดินถม / หินทิ้ง ที่มีไหล่เขื่อนเป็นหินนั้นมีแนวโน้มที่จะเกิดการเคลื่อนตัวได้ง่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงแรกของการเก็บกักน้ำ ทั้งนี้เพราะเชิงลาดหน้าเขื่อนส่วนใหญ่จะเป็นวัสดุประเภท Granular Material ซึ่งจะอมน้ำไว้ทำให้อิ่มตัว เป็นผลทำให้บริเวณสันเขื่อนด้านที่ติดกับไหล่เขื่อน (Abutment) เกิดแรงดึงและ Tension Strain ขึ้น ส่วนบริเวณกลางเขื่อนจะได้รับแรงกด (Compression) ซึ่งเป็นผลทำให้เกิดการแตกร้าว (Transverse Cracking) เป็นแนวยาวขนานตามแนวสันเขื่อนได้

การที่ตัวเขื่อนและฐานรากเกิดการเคลื่อนตัวไปนี้ จะส่งผลต่อเนื่องทำให้เกิดอันตรายกับโครงสร้างประกอบอื่น ๆ ของเขื่อนได้ เช่น

- ผนัง Cut off wall คอนกรีตที่บริเวณไหล่เขื่อนจะแตกร้าว หรือถูกเฉือน (Shear)
- เกิดแรงดึง (Tensile Stress) ขึ้นที่ผิวท่อ (Conduit) ต่างๆ ที่ฝังอยู่ใต้ตัวเขื่อน และอาจทำให้รอยต่อ (Joints) ต่างๆ แยกตัวออก
- ทำให้ Shaft, อุโมงค์ หรือท่อต่างๆ ที่อยู่ในแนวดิ่งภายในตัวเขื่อนบิดงอไป เป็นต้น

(4) สาเหตุจากการเกิดแผ่นดินไหว (Earthquake)

แผ่นดินไหวอาจมีผลกระทบต่อเขื่อน อาคารประกอบ หรือ Slopes ดินและหินต่างๆ ได้ โดยเฉพาะอาคารที่อยู่ในบริเวณ Tectonic Zone เช่น ประเทศญี่ปุ่น รัฐแคริฟอร์เนียในสหรัฐ ซึ่งถ้าเกิดความรุนแรงเกินกว่าที่อาคารถูกออกแบบให้รับแรงจากแผ่นดินไหวไว้ก็อาจเกิดความเสียหายหรือเกิดจุดอ่อนขึ้นที่พร้อมจะชำรุดเสียหายในโอกาสต่อไปถ้าอาคารเหล่านั้นมีบางแห่งลดความแข็งแรงลงไป หลังจากการใช้งาน อาคารที่ตั้งบริเวณ Tectonic ส่วนใหญ่จะต้องพิจารณาออกแบบให้รับแรงจากแผ่นดินไหวได้อย่างเพียงพอ ในแง่วิศวกรรมและเศรษฐศาสตร์หรือในบริเวณที่ไม่ใช่ Tectonic Zone ก็ควรต้องพิจารณาแนวโน้มที่อาจจะ

เกิดขึ้นและออกแบบเผื่อไว้ การเก็บน้ำในอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่บางแห่งที่มีลักษณะฐานรากไม่ดีพอ ก็อาจจะทำให้เกิดแผ่นดินไหวได้ แต่ความรุนแรงโดยทั่วไปแล้วไม่มากและมักจะเกิดในช่วงแรกของการเก็บกักน้ำ

1.3 การตรวจสภาพเขื่อน (Dam Inspection)

การตรวจสอบเขื่อนและอาคารประกอบมีจุดประสงค์หลัก เพื่อตรวจหาความบกพร่องต่างๆ ที่อาจมีผลทำให้เกิดความเสียหายหรือเป็นอันตรายต่อความมั่นคงของเขื่อนอาคารประกอบ ข้อมูลที่ได้ทั้งหมดจะถูกนำไปใช้ในการวิเคราะห์เพื่อประเมินความมั่นคงปลอดภัยทั้งในด้านเสถียรภาพของโครงสร้าง (Structural Stability) และด้านการใช้งาน (Operation) ของเขื่อนและอาคารประกอบว่ายังอยู่ในสภาพมั่นคงแข็งแรงและสามารถใช้งานได้ตามจุดประสงค์ที่ออกแบบไว้หรือไม่ โดยปกติแล้วความมั่นคงแข็งแรง และพฤติกรรมของเขื่อนและอาคารประกอบขึ้นอยู่กับปัจจัยหลัก 4 ประการ คือ

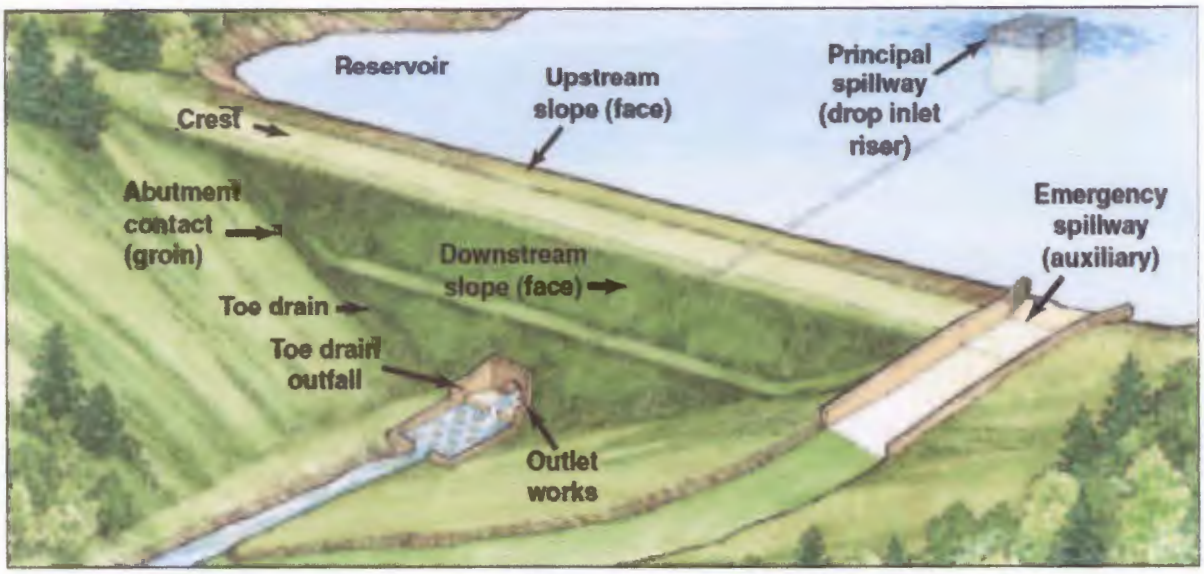
- การออกแบบ
- การเลือกใช้วัสดุก่อสร้าง
- ลักษณะทางธรณีวิทยาปฐพีวิทยาฐานราก
- การก่อสร้าง

ผู้ตรวจสภาพต้องชี้จุดบกพร่องต่างๆ ที่พบเห็น และเสนอแนะวิธีการแก้ไขข้อบกพร่องเหล่านั้น กำหนดแนวทางปฏิบัติสำหรับการปฏิบัติที่ถูกต้อง (Operational Restrictions) หรือเสนอแนะให้ดำเนินการปรับปรุงสิ่งต่างๆ ที่จำเป็นและเร่งด่วน เพื่อรักษาสภาพของเขื่อนและอาคารประกอบให้สามารถใช้งานได้ดีอยู่เสมอ ซึ่งหลักการตรวจสอบเขื่อนและอาคารประกอบทั้งหมด ประกอบด้วยหัวข้อต่อไปนี้

1.3.1 การตรวจสภาพเขื่อนและอาคารประกอบเขื่อน

เพื่อให้ได้ข้อมูลประกอบการพิจารณาและวิเคราะห์ผล ในการประเมินความมั่นคงปลอดภัยเขื่อนและประสิทธิภาพของการใช้งาน โดยทั่วไปแล้วอาจจำแนกวิธีการตรวจอย่างกว้างๆ ได้ 2 วิธี คือการตรวจด้วยสายตา(Visual Inspection) และการตรวจด้วยเครื่องมือวัดพฤติกรรมเขื่อน (Dam Instrumentation) แต่ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะวิธีการตรวจด้วยสายตาเท่านั้น

การตรวจด้วยสายตา วิธีการตรวจโดยการสังเกตข้อบกพร่องจากลักษณะ หรือสภาพภายนอกของเขื่อน อาคารประกอบเขื่อน ว่ามีสิ่งผิดปกติ ข้อบกพร่อง หรือ สัญญาณ (Sign) อื่นใดหรือไม่ ที่จะทำความเสียหายหรือทำให้เกิดอันตรายขึ้นมาได้ เช่น การกัดเซาะต่างๆ รอยแตก การทรุดตัว การรั่วซึม วัสดุเสื่อมสภาพ เป็นต้น ผู้ตรวจต้องมีความละเอียดถี่ถ้วนในการตรวจสอบและสามารถชี้ให้เห็นถึงข้อบกพร่องต่างๆ รวมทั้งสาเหตุที่ทำให้เกิดความเสียหายนั้นๆ พร้อมทั้งข้อเสนอแนะสำหรับการแก้ไขปัญหานั้นๆ ด้วย โดยปกติจะทำการตรวจโดยใช้ตารางรายการตรวจ (Check list) ซึ่งต้องจัดทำตารางรายการตรวจให้เรียบร้อยก่อนเป็นอันดับแรก ก่อนเข้าทำการตรวจสภาพเขื่อน ภาพที่ 18 แสดงพื้นที่ที่จำเป็นสำหรับการตรวจสภาพเขื่อน

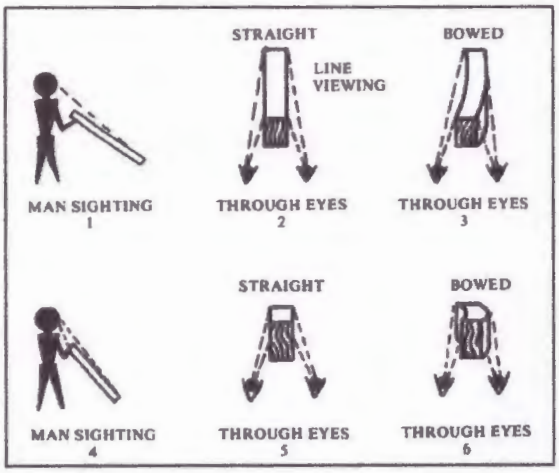


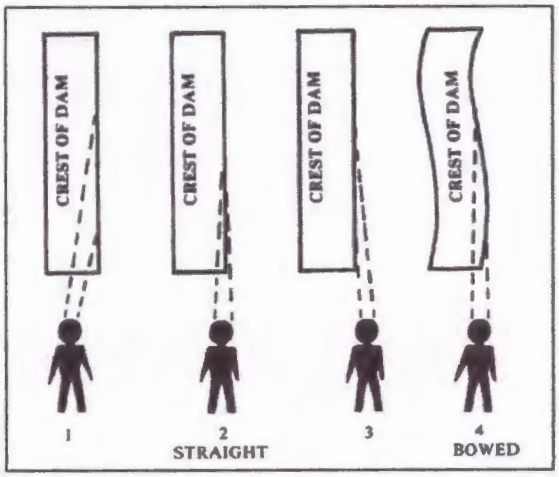
ภาพที่ 18 พื้นที่ที่จำเป็นในการตรวจสภาพเขื่อน

(1.1) การตรวจสภาพเขื่อน (Dam)

(1.1.1) ตัวเขื่อน (Dam Body)

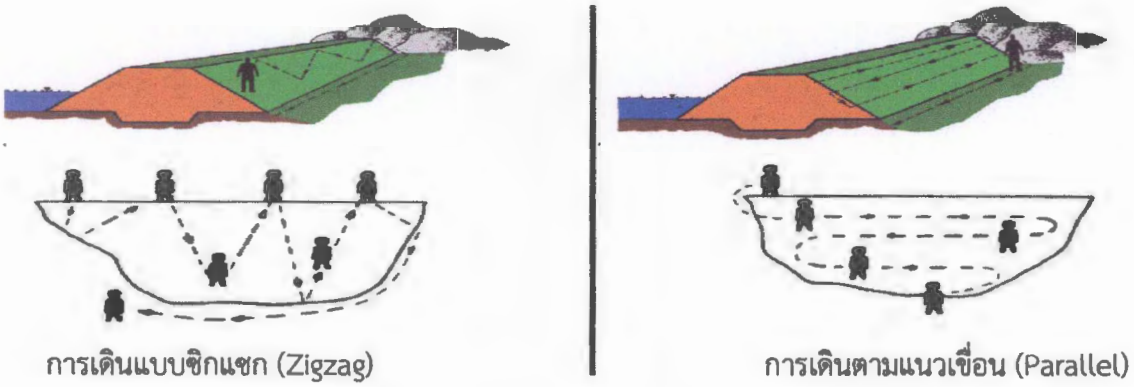
- สันเขื่อน : สิ่งผิดปกติที่อาจเกิดขึ้น ได้แก่ การเคลื่อนตัวของสันเขื่อน รอยแตกบริเวณสันเขื่อน กระบวนการตรวจสันเขื่อนเริ่มด้วยการมองแนวสันเขื่อนจากมุมด้านซ้ายบริเวณลาดเขื่อนด้านท้ายน้ำของเขื่อนมองตลอดแนวสันเขื่อน ปรับมุมมองด้วยการขยับไปมุมด้านขวาของลาดเขื่อนด้านท้ายน้ำมองตลอดแนวสันเขื่อน สังเกตการเอียงตัวของสันเขื่อน ปรับมุมมองไปยังลาดเขื่อนด้านเหนือน้ำทำเช่นเดียวกัน อาจใช้การสังเกตแนวเสาหรือแนวป้องกันการตกก็ได้ ภาพที่ 19 เป็นวิธีการมองบนสันเขื่อน ในกรณีที่เขื่อนมี Guard Post หรือ Guard Rail สามารถใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการมองหาสิ่งผิดปกติได้



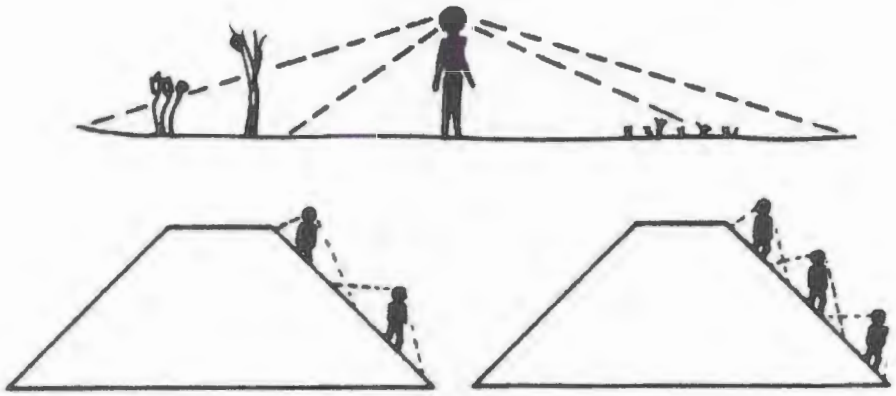


ภาพที่ 19 ลักษณะการมองบริเวณสันเขื่อน

- ลาดเขื่อน : สิ่งผิดปกติที่อาจเกิดขึ้นบริเวณลาดเขื่อนทั้งด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำ โดยมากจะเป็นการพบร่องรอยน้ำซึมบริเวณลาดเขื่อนด้านท้ายน้ำ หรือการกัดเซาะบริเวณลาดเขื่อนด้านเหนือน้ำ ซึ่งกระบวนการการตรวจสภาพ จะเป็นการเดินตรวจ แบ่งเป็น 2 วิธี คือ 1. การเดินแบบซิกแซก (Zigzag) และ 2.การเดินตามแนวเขื่อน (Parallel) ภาพที่ 20 แสดงวิธีการเดินตรวจสภาพบริเวณลาดเขื่อน



ภาพที่ 20 ลักษณะการเดินตรวจสภาพบริเวณลาดเขื่อน

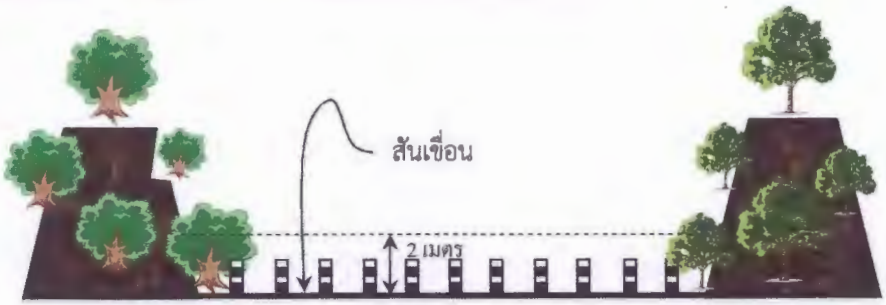


ภาพที่ 21 การกวาดสายตาค้นหาสิ่งผิดปกติตามลาดเขื่อน

ภาพที่ 22 ตัวอย่างการตรวจสภาพลาดเขื่อน

(1.1.2) ฐานยันเขื่อน (Abutment)

ฐานยันเขื่อน ถือว่าเป็นองค์ประกอบสำคัญ โดยเฉพาะรอยต่อระหว่างเขื่อนและฐานยัน ถ้ามีการบดอัดระหว่างรอยต่อไม่ดี จะทำให้เป็นจุดที่มีความเสี่ยงมากที่สุด ที่จะส่งผลทำให้เขื่อนเกิดการพิบัติได้ ในการตรวจสภาพฐานยันเขื่อนนั้น ให้พิจารณาจากสภาพที่มีความสูงจากสันเขื่อนไม่เกิน 2 เมตร ดังภาพที่ 23 เนื่องจาก เมื่อพิจารณาถึงสภาพที่เกิดขึ้นในระดับความสูงที่เกิน 2 เมตรแล้ว จะส่งผลกระทบต่อการพิบัติของเขื่อนน้อยมาก ส่วนสภาพที่ก้ำกึ่งกับความสูงที่กำหนด ให้อยู่ในดุลยพินิจของผู้ทำการตรวจสภาพ การตรวจสภาพฐานยันเขื่อน เพื่อค้นหาสิ่งผิดปกติ ได้แก่ การพังทลายของฐานยัน ที่เกิดจากการกัดเซาะ การเลื่อนไถล การเสื่อมสภาพ รวมไปถึงวัชพืชและต้นไม้ที่ขึ้น



ภาพที่ 23 ข้อกำหนดของการตรวจสภาพฐานยันเขื่อน

ภาพที่ 24 ตัวอย่างการตรวจสภาพฐานยันเขื่อน

(1.1.3) ฐานเขื่อน (Toe Drain, Rockfill Toe, Contact Drain, Open Drain/ Gutter)

สิ่งผิดปกติที่อาจเกิดขึ้นกับระบบระบายน้ำภายนอกตัวเขื่อน ได้แก่ การกัดเซาะ การทรุดตัว การเสื่อมสภาพความสามารถในการระบายน้ำ เป็นต้น โดยปกติเราไม่สามารถมองเห็น Toe Drain ซึ่งจะอยู่ภายใต้ Rockfill Toe ภาพที่ 25 แสดงการตรวจสภาพฐานเขื่อน

ภาพที่ 25 ตัวอย่างการตรวจสภาพฐานเขื่อน

(1.2) การตรวจสภาพอาคารท่อส่งน้ำ/อาคารท่อระบายน้ำ (Outlet) เป็นการตรวจสภาพโดยรวมของแต่ละองค์ประกอบที่พิจารณา ไม่ได้ทำการแต่เป็นช่วงหรือระยะเหมือนกับสันเขื่อนและลาดเขื่อน เช่น กำแพงส่วนทางน้ำออก พิจารณากำแพงตลอดแนวและทั้งสองฝั่ง

เพื่อตรวจสภาพความสามารถในการระบายน้ำและอาคารประกอบอื่น ๆ เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นในขณะระบายน้ำไหลผ่านอาคารดังกล่าว ตลอดจนตรวจประสิทธิภาพของอาคาร ในกรณีที่จำเป็นต้องใช้ศักยภาพการระบายน้ำสูง รวมทั้งการตรวจสภาพของเครื่องจักรกลในการปิดเปิดบานระบายในกรณีที่อาคารดังกล่าวประกอบด้วยบานระบาย ตลอดจนการตรวจสภาพพื้นที่รับน้ำหน้าอาคาร ต้องไม่มีวัชพืชหรือสิ่งต่าง ๆ กีดขวางลำน้ำที่จะทำให้ประสิทธิภาพการระบายน้ำลดลง องค์ประกอบที่จำเป็นต้องตรวจสภาพหลักๆ ได้แก่ (รายละเอียดองค์ประกอบย่อยจะกล่าวในหัวข้อถัดไป)

- ส่วนทางน้ำเข้า ตรวจสภาพการกัดเซาะ การเลื่อนไถล การเสื่อมสภาพ ต้นไม้และวัชพืช เป็นต้น

ภาพที่ 26 ส่วนทางน้ำเข้า อาคารท่อส่งน้ำ/อาคารท่อระบายน้ำ

- อาคารรับน้ำ (Intake) ประกอบด้วย ส่วนของพื้นและกำแพง ตะแกรง (Trashrack) ประตูกั้นน้ำ (Bulkhead) ซึ่งไม่มีในเขื่อนขนาดเล็ก ส่วนเขื่อนขนาดกลางบางเขื่อนไม่มีเช่นเดียวกัน

ภาพที่ 27 อาคารรับน้ำ

ภาพที่ 28 ประตูกั้นน้ำ (Bulkhead gate)

- ส่วนท่อลำเลียงน้ำ ตรวจสภาพการกัดเซาะ การรั่วของท่อลำเลียงน้ำ รอยแตกร้าว และสิ่งกีดขวางทางน้ำ

ภาพที่ 29 ส่วนท่อลำเลียงน้ำ อาคารท่อส่งน้ำ/อาคารท่อระบายน้ำ

- ส่วนควบคุมน้ำ ประกอบด้วย ตัวอาคารคอนกรีต บานระบายน้ำ อุปกรณ์ไฟฟ้า เครื่องกล รวมไปถึง Access Bridge (มีในกรณีที่ควบคุมการระบายน้ำ/ส่งน้ำด้านเหนือน้ำ (Upstream Control)) ตรวจสภาพ การกัดเซาะ การทรุดตัว รอยแตกร้าวสภาพการใช้งาน เป็นต้น

ภาพที่ 30 ส่วนควบคุมน้ำ อาคารท่อส่งน้ำ/อาคารท่อระบายน้ำ

ภาพที่ 31ภายในอาคารควบคุม

ภาพที่ 32 Access Bridge

- ส่วนทางน้ำออก ตรวจสภาพการกัดเซาะ การเคลื่อนตัว การทรุดตัว การระบายน้ำ การรั่ว ต้นไม้ เป็นต้น

ภาพที่ 29 ส่วนทางน้ำออก อาคารท่อส่งน้ำ/อาคารท่อระบายน้ำ

- ส่วนสลายพลังงาน ตรวจสภาพการกัดเซาะ การเคลื่อนตัว การทรุดตัว การระบายน้ำ การรั่ว ต้นไม้ เป็นต้น

ภาพที่ 30 ส่วนสลายพลังงาน อาคารท่อส่งน้ำ/อาคารท่อระบายน้ำ

- ส่วนคลองส่งน้ำ/ระบายน้ำ ตรวจสภาพการกัดเซาะ การเกิดร่องน้ำ การเลื่อนไถล รอยแตกร้าว การรั่ว ต้นไม้ เป็นต้น

ภาพที่ 31 ส่วนคลองส่งน้ำ/ระบายน้ำ อาคารท่อส่งน้ำ/อาคารท่อระบายน้ำ

(1.3) การตรวจสภาพทางระบายน้ำล้น (Spillway) เป็นการตรวจสภาพโดยรวมของแต่ละองค์ประกอบที่พิจารณา ไม่ได้ทำการแต่เป็นช่วงหรือระยะเหมือนกับสันเขื่อนและลาดเขื่อน เช่น กำแพงส่วนลำเลียงน้ำ พิจารณากำแพงตลอดแนวและทั้งสองฝั่ง

เพื่อตรวจสภาพความสามารถในการระบายน้ำและอาคารประกอบอื่น ๆ เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นในขณะระบายน้ำไหลผ่านอาคารดังกล่าว ตลอดจนตรวจประสิทธิภาพของอาคาร ในกรณีที่จำเป็นต้องใช้ศักยภาพการระบายน้ำสูง รวมทั้งการตรวจสภาพของเครื่องจักรกลในการปิดเปิดบานระบายในกรณีที่อาคารดังกล่าวประกอบด้วยบานระบาย ตลอดจนการตรวจสภาพพื้นที่รับน้ำหน้าอาคาร ต้องไม่มีวัชพืชหรือสิ่งต่าง ๆ กีดขวางลำน้ำที่จะทำให้ประสิทธิภาพการระบายน้ำลดลง (รายละเอียดองค์ประกอบย่อยจะกล่าวในหัวข้อถัดไป)

- ส่วนทางน้ำเข้า ตรวจสภาพการกัดเซาะ การทรุดตัว การระบายน้ำ การรั่ว รูโพรง รอยแตกร้าว เป็นต้น

ภาพที่ 32 ส่วนทางน้ำเข้า อาคารระบายน้ำล้น

- ส่วนควบคุมน้ำ ตรวจสภาพการกัดเซาะ การทรุดตัว การรั่ว การเสื่อมสภาพ รอยแตกร้าว สภาพการใช้งาน เป็นต้น

ภาพที่ 33 ส่วนควบคุมน้ำ อาคารระบายน้ำล้น

- ส่วนลำเลียงน้ำ ตรวจสภาพการกัดเซาะ การทรุดตัว การระบายน้ำ การรั่ว ต้นไม้ รอยแตกร้าว เป็นต้น

ภาพที่ 34 ส่วนลำเลียงน้ำ อาคารระบายน้ำล้น

- ส่วนสลายพลังงาน ตรวจสภาพการกัดเซาะ การทรุดตัว การระบายน้ำ การรั่ว ต้นไม้ รอยแตกร้าว เป็นต้น

ภาพที่ 35 ส่วนสลายพลังงาน อาคารระบายน้ำล้น

- ส่วนคลองระบายน้ำ ตรวจสภาพการกัดเซาะ การเลื่อนไถล การซึม การทรุดตัว การระบายน้ำ การรั่ว ต้นไม้ รอยแตกร้าว เป็นต้น

ภาพที่ 36 ส่วนคลองระบายน้ำ อาคารระบายน้ำล้น

- ส่วนสะพานรถยนต์ ตรวจสภาพการกัดเซาะ การเคลื่อนตัว การทรุดตัว รอยแตกร้าว

ภาพที่ 37 ส่วนสะพานรถยนต์ อาคารระบายน้ำล้น

1.3.2 ประเภทของการตรวจสภาพเขื่อนด้วยสายตา (Types of Dam Visual Inspection)

การตรวจโดยทั่วไปแล้วจะแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท คือ

(1) การตรวจสอบประจำ (Routine Inspection)

เป็นการตรวจสอบตามปกติตามระยะเวลาที่กำหนด เช่นการตรวจประจำวัน ประจำสัปดาห์ ประจำเดือน โดยบุคลากรที่รับผิดชอบดูแลบำรุงรักษาเขื่อนโดยตรง (โครงการชลประทานจังหวัด/โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา) ได้แก่การตรวจสอบสภาพโดยทั่วไปรอบๆ ตัวเขื่อน การวัดค่าระดับน้ำหน้าเขื่อน การวัดข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา เป็นต้น รายงานการตรวจวัดดังกล่าว จะถูกรวบรวมไว้ที่โครงการฯ สำเนาส่งให้ฝ่ายจัดการความปลอดภัยเขื่อนของสำนักชลประทานนั้นๆ และส่วนความปลอดภัยเขื่อน สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ (safetydam@yahoo.com) ทั้งนี้เพื่อการเฝ้าระวังและติดตามพฤติกรรมเขื่อนอย่างต่อเนื่อง

(2) การตรวจสอบประจำปี (Annual Inspection)

เป็นการดำเนินการร่วมกันระหว่างบุคลากรที่รับผิดชอบดูแลบำรุงรักษาเขื่อนและฝ่ายจัดการความปลอดภัยเขื่อนของสำนักชลประทาน เพื่อทำการตรวจสภาพเขื่อนและอาคารประกอบโดยละเอียด โดยหมุนเวียนไปตามเขื่อนต่างๆ จนครบทุกเขื่อนภายในระยะเวลา 1 ปี แล้วจัดทำเป็นรายงานการตรวจเขื่อนประจำปีของฝ่ายจัดการความปลอดภัยเขื่อน (สำเนาให้ส่วนความปลอดภัยเขื่อน) เพื่อประโยชน์ด้านการจัดการ เช่น การจัดลำดับความสำคัญความเสี่ยง ความเสียหาย ฯลฯ ต่อไป

(3) การตรวจสอบโดยคณะกรรมการตรวจสอบความปลอดภัยเขื่อน (Formal Inspection)

เป็นการตรวจสอบโดยมีผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้เชี่ยวชาญที่กรมชลประทานแต่งตั้งขึ้น ให้ดำเนินการติดตามและตรวจสอบความปลอดภัยเขื่อนที่สำคัญ ตามระยะเวลาซึ่งอาจกำหนดจากอายุการใช้งานและสภาพความเสี่ยงของเขื่อนนั้นๆ

(4) การตรวจสอบโดยกรณีพิเศษ (Special Inspection)

เป็นการตรวจสอบเมื่อมีเหตุการณ์ผิดปกติเกิดขึ้น หรือเกิดความเสียหาย เช่น เมื่อเกิดแผ่นดินไหว เมื่อมีระดับน้ำสูงขึ้นหรือลดลงอย่างรวดเร็ว (rapid drawdown) เมื่อพบว่ามีอัตราการรั่วซึมสูงขึ้นผิดปกติ มีการทรุดตัว แตกร้าว ฯลฯ ที่ผิดปกติ เป็นต้น การตรวจสอบในกรณีนี้ ต้องอาศัยความชำนาญเฉพาะด้านตามสภาพของความผิดปกตินั้นๆ จึงจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์เบื้องต้น โดยฝ่ายจัดการความปลอดภัยเขื่อนของสำนักชลประทานนั้นๆ รายงานให้ส่วนความปลอดภัยเขื่อนพิจารณาขอความเห็นจากผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านนั้นๆ และเข้าดำเนินการตรวจสอบและประเมินสถานะการณ์ พร้อมทั้งจัดทำรายงานให้กับโครงการฯ และสำนักชลประทานนั้นๆ ต่อไป เหตุการณ์ต่อไปนี้ จำเป็นต้องมีการตรวจสอบสภาพเขื่อนเป็นกรณีพิเศษ

(4.1) ฝนตกหนัก (มากกว่า 200 มม. ใน 24 ชม.)
(4.2) ฝนตกนาน (ตกต่อเนื่องเกิน 48 ชม.)
(4.3) มีการลดหรือเพิ่มระดับน้ำอย่างรวดเร็ว (1 ม./วัน)
(4.4) มีแผ่นดินไหวเกิน 7.5 ตามมาตราริกเตอร์ หรือสามารถรู้สึกได้ที่ตัวเขื่อน

การดำเนินการตรวจสภาพเมื่อเกิดสิ่งผิดปกติที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ต้องเข้าทำการตรวจสอบสภาพเขื่อน และเฝ้าระวังอย่างต่อเนื่อง รวมระยะเวลา 1 สัปดาห์ ดังนี้

การตรวจครั้งที่ 1 ภายใน 24 ชั่วโมงหลังเกิดเหตุการณ์
การตรวจครั้งที่ 2 48 ชั่วโมงหลังจากการตรวจครั้งที่ 1
การตรวจครั้งที่ 3 48 ชั่วโมงหลังจากการตรวจครั้งที่ 2
การตรวจครั้งที่ 4 48 ชั่วโมงหลังจากการตรวจครั้งที่ 3

สำหรับรายละเอียดในการตรวจสภาพเขื่อนในกรณีพิเศษ มีดังต่อไปนี้

1. ตรวจสภาพเขื่อนภายนอกตัวเขื่อนและอาคารประกอบเขื่อนด้วย *สายตา* เพื่อหาสิ่งผิดปกติต่างๆ ได้แก่ การทรุดตัว การเคลื่อนตัว การรั่วซึม และรอยแตกแยก

2. ตรวจสภาพภายในตัวเขื่อนและฐานราก ด้วย *เครื่องมือตรวจวัดพฤติกรรมเขื่อน* ที่ติดตั้งไว้ในตัวเขื่อนและฐานราก ได้แก่

2.1 แรงดันน้ำ ตรวจวัดด้วยอุปกรณ์ Piezometers และ Observation Wells

2.2 การทรุดตัว ตรวจวัดด้วยอุปกรณ์ Surface Settlement Point, Magnetic Settlement Gauges และ/ หรือ Cross Arms

2.3 การเคลื่อนตัว ตรวจวัดด้วยอุปกรณ์ Inclinometer

2.4 การรั่วซึมผ่านตัวเขื่อนและฐานราก ตรวจวัดด้วยอาคารวัดน้ำ (Seepage Flowmeter)

2. ดัชนีสภาพ (Condition Index)

2.1 หลักการ

สภาพผิดปกติ เช่น การทรุดตัว รอยแตกร้าว น้ำซึม ฯลฯ ที่เกิดขึ้นกับเขื่อน ทำให้เขื่อนเกิดความเสียหายจะมาก หรือ น้อย ขึ้นอยู่กับความรุนแรงของสภาพที่เกิดขึ้น ดังนั้นการใช้งานเขื่อนอยู่ตลอดเวลา จึงต้องทำการตรวจสอบ และบำรุงรักษาเขื่อนอย่างสม่ำเสมอด้วยเช่นกัน วิธีการตรวจสอบที่ได้รับความนิยมทั้งจากภายในประเทศ และต่างประเทศ คือ การตรวจสภาพเขื่อนด้วยสายตา (Visual Inspection) และการประเมินสภาพเขื่อนโดยวิธีดัชนีสภาพ (Condition Index)

การประเมินสภาพเขื่อนด้านความปลอดภัย และการบำรุงรักษา มีพื้นฐานมาจากระบบ "REMR" ของหน่วยงานทหารช่างประเทศสหรัฐอเมริกา (US. Crops of Engineers) ซึ่งจะแตกต่างไปจากการประเมินความปลอดภัยเขื่อนเพียงอย่างเดียว เนื่องจากวิธีการนี้จะมีฐานข้อมูลของทุกองค์ประกอบย่อยของเขื่อน และมีการจดบันทึกรายละเอียดของสภาพองค์ประกอบย่อยเหล่านั้นไว้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ นอกจากนั้นในการประเมินยังพิจารณาน้ำหนักความสำคัญขององค์ประกอบนั้นๆ ที่มีต่อสภาพการใช้งานและความปลอดภัยของตัวเขื่อนโดยรวมอีกด้วย เมื่อประมวลในระดับสุดท้ายจะออกมาเป็นค่าดัชนีสภาพ (Condition Index) ซึ่งเป็นตัวเลขที่มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 เพื่อใช้บ่งบอกถึงสภาพเขื่อนนั้นๆ โดยเขื่อนที่มีความสมบูรณ์และสภาพดีที่สุด จะมีค่า CI=100 ทั้งนี้เขื่อนที่อยู่ในสภาพปลอดภัยและใช้งานได้ตามปกติ จะมีค่าดัชนีสภาพอยู่ในช่วง 70 ถึง 100 สำหรับสภาพเขื่อนที่มีค่า CI ต่ำกว่า 70 จะต้องได้รับการซ่อมแซมและบำรุงรักษาต่อไป ซึ่งสามารถใช้ค่า CI=100 ที่ประเมินนี้เพื่อการจัดลำดับความเร่งด่วนในการซ่อมแซมในระหว่างเขื่อนต่างๆได้อีกด้วย

อย่างไรก็ดีจากต้นเหตุการพังทะลายของเขื่อนบ่อยครั้งพบว่าเกิดจากองค์ประกอบย่อยหรืออุปกรณ์บางชิ้นเสียหายใช้งานไม่ได้ ดังนั้นการให้น้ำหนักคะแนนให้เหมาะสมกับองค์ประกอบเขื่อนจึงเป็นอีกเรื่องหนึ่งที่สำคัญ

จากสมมุติฐานที่ว่าองค์ประกอบของเขื่อนดังกล่าวมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกันและกัน การหาน้ำหนักความสำคัญ (Weight) จึงได้พิจารณาเป็น Matrix ที่เรียกว่า "Interaction Matrix" และได้นำมาประยุกต์ใช้กับเขื่อน ดังแสดงในภาพที่ 39 สำหรับเป้าประสงค์ของการป้องกันการกัดเซาะที่ผิวหน้าเขื่อน

	Column								
Row	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Crest and Shoulders	1	1	1	1			1	
2	1	Upstream Slope		1					
3	1		Downstream Slope		1				
4	1	1		Upstream Groins Areas		1			
5	1		1		Downstream Groins Areas	1			
6				1	1	Abutments			
7	2	1	1	2	2		Foundations		
8	2	3	1	3	1	2		Reservoir	
9	2	2	2	2	2			3	Environmental Loading

ภาพที่ 39 Interaction Matrix for Protective Surface Cover

ที่มา : Anderson and Torrey, 1995

จากภาพ องค์ประกอบของเขื่อนเกี่ยวกับ "Protective Surface Cover" แสดงไว้ในแนวเส้นทแยงมุมของ Matrix และตัวเลขทั้ง 2 ด้านของเส้นทแยงมุม เป็นน้ำหนักความสำคัญที่องค์ประกอบหนึ่งมีต่ออีกองค์ประกอบหนึ่งในทิศทางเวียนตามเข็มนาฬิกา เช่น Crest and shoulder มีอิทธิพลต่อ Downstream Slope เป็น 1 ส่วน ในขณะที่ Downstream Slope มีอิทธิพลต่อ Crest and shoulder เป็น 1 ส่วนด้วยเช่นเดียวกัน แต่ถ้าพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง Upstream Groin Areas และ Reservoir จะแตกต่างกัน คือ Upstream Groin Areas ไม่มีอิทธิพลต่อ Reservoir เลย ในขณะที่ Reservoir มีอิทธิพลต่อ Upstream Groin Areas เป็น 3 ส่วน เป็นต้น

องค์ประกอบ	เขื่อน	อาคารส่งน้ำ/ระบายน้ำ	อาคารระบายน้ำล้น
เขื่อน		3	3
อาคารส่งน้ำ/ระบายน้ำ	1		1
อาคารระบายน้ำล้น	1	1	

ภาพที่ 40 ตัวอย่างการให้คะแนนความสำคัญขององค์ประกอบเขื่อน

การให้น้ำหนักดังกล่าวข้างต้น มาจากการพิจารณาความสำคัญขององค์ประกอบหนึ่งที่มีผลต่ออีกองค์ประกอบหนึ่ง ในลักษณะของสาเหตุ (Cause) และผลกระทบ (Effect) โดยใช้ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญและความเสียหายที่ตรวจพบในสนามเป็นเกณฑ์ นอกจากนั้นยังคำนึงถึงข้อกังวลและฟังก์ชั่นการทำงานขององค์ประกอบ

2.2 การพิจารณาองค์ประกอบเขื่อน

ขั้นตอนที่ 1 การพิจารณาองค์ประกอบโดยรวมของโครงการที่มีระดับความสำคัญเท่ากัน

การพิจารณาองค์ประกอบเขื่อน สามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ ได้แก่ 1. เขื่อน (Dam) 2. อาคารท่อส่งน้ำ/ท่อระบายน้ำ (Outlet) และ 3. อาคารระบายน้ำล้น (Spillway)

ขั้นตอนที่ 2 การพิจารณาองค์ประกอบย่อยขององค์ประกอบใหญ่

การพิจารณาองค์ประกอบย่อยขององค์ประกอบใหญ่ที่มีลำดับถัดลงมาและมีความสำคัญเท่ากัน เช่น ตัวเขื่อน ฐานยันเขื่อน และฐานเขื่อน

ขั้นตอนที่ 3 การพิจารณาสภาพที่จะทำการตรวจขององค์ประกอบย่อย

การพิจารณาสภาพต่างๆ บริเวณองค์ประกอบย่อยของเขื่อน เช่น การทรุดตัว น้ำซึม เป็นต้น ซึ่งเมื่อเกิดสภาพเหล่านี้ทำให้เกิดความเสียหายกับตัวเขื่อน หรือสภาพเหล่านี้เป็นสภาพผิดปกติซึ่งไม่ควรเกิดขึ้นที่บริเวณเขื่อน

2.3 เกณฑ์การให้คะแนน

เกณฑ์การให้คะแนนเป็นส่วนที่สำคัญในการกำหนดค่าดัชนีสภาพ และบ่งบอกสภาพที่เกิดขึ้นจริงขณะทำการตรวจสภาพขององค์ประกอบนั้นๆ นอกจากนั้นยังบ่งบอกถึงความจำเป็นในการซ่อมแซม หรือปรับปรุงให้องค์ประกอบนั้นๆสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ คะแนนที่ให้จะแบ่งออกเป็น 5 ระดับ โดยคะแนนระดับ 1 ถือว่าสภาพแย่ที่สุด จนถึงคะแนนระดับ 5 ถือว่าเขื่อนอยู่ในสภาพปกติ

อย่างไรก็ดีบางองค์ประกอบอาจไม่จำเป็นต้องมีระดับคะแนนครบทั้ง 5 ระดับ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความรุนแรงที่จะส่งผลอันตรายต่อเขื่อน ถ้าหากยอมให้องค์ประกอบนั้นๆ มีระดับคะแนนถึงระดับ 1 แล้วเขื่อน อาจจะเกิดการเสียหายจนถึงขั้นพังทลายไปแล้ว ตัวอย่างเช่น การเกิดร่องน้ำ มีการกำหนดระดับคะแนนไว้เพียง 3 ระดับ โดยระดับ 2 ได้กำหนดความลึกของการเกิดร่องน้ำไว้ที่ความลึกประมาณเข่า หมายความว่าถ้าเขื่อนมีความลึกของร่องน้ำมากกว่าเข่าแล้ว เขื่อนอาจจะพังเสียหาย เป็นต้น หรือในสภาพฯ นั้น เมื่อพิจารณาแล้วว่า การแบ่งย่อยออกเป็น 5 ระดับ อาจทำให้ผู้ตรวจสภาพเกิดความลังเลใจในการให้คะแนน เนื่องจากมีการแบ่งระดับที่ใกล้เคียงกันมากเกินไป

2.4 การแบ่งพื้นที่การตรวจสภาพ

การตรวจสภาพเขื่อนจำเป็นต้องแบ่งพื้นที่แต่ละองค์ประกอบเป็นช่วงเพื่อให้สามารถตรวจสภาพได้ละเอียดและสะท้อนให้เห็นว่ามีจุดบกพร่องอยู่บริเวณใด เช่น การแบ่งพื้นที่เพื่อการตรวจสภาพสันเขื่อน การแบ่งพื้นที่เพื่อการตรวจสภาพลาดเขื่อน เป็นต้น ในการแบ่งพื้นที่จำเป็นที่จะต้องเลือกวิธีการให้เหมาะสม ซึ่งอาจกำหนดระยะเพื่อทำการตรวจ และผลคะแนนที่ได้จะมีความถูกต้อง แม่นยำมากขึ้น ยกตัวอย่างเช่น การแบ่งระยะตรวจบนสันเขื่อน การแบ่งระยะที่สั้นเกินไป เช่น แบ่งระยะทุก 50 ม. ทำให้ต้องทำงานมากขึ้น

โดยเฉพาะเขื่อนที่ยาวมากๆ การแบ่งระยะที่ยาวเกินไป เช่น แบ่งระยะทุก 300-500 ม. ทำให้งานง่ายขึ้น แต่ถ้าในการติดตามเพื่อเฝ้าระวังสภาพที่เสียหายหรืออาจทำให้หาบริเวณดังกล่าวไม่เจอ เป็นต้น

2.5 การให้น้ำหนักความสำคัญขององค์ประกอบเขื่อนและสภาพ

การตรวจสภาพเขื่อนโดยการประเมินสภาพเขื่อนด้วยดัชนีสภาพ มีขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญ คือ การให้น้ำหนักความสำคัญขององค์ประกอบ แต่เนื่องจากความเสียหายขององค์ประกอบหนึ่งอาจส่งผลเสียหายร้ายแรงต่อองค์ประกอบอื่นๆได้ ดังนั้นการกำหนดน้ำหนักความสำคัญขององค์ประกอบเขื่อน สำหรับการประเมินสภาพเขื่อนด้วยดัชนีสภาพนั้น ได้ใช้วิธี Matrix Method คือ ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบที่ส่งผลถึงกันระหว่าง 2 องค์ประกอบที่ทำการพิจารณา เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างลาดเขื่อนด้านเหนือน้ำกับสันเขื่อน การพิจารณาจากเหตุไปสู่ผล เช่น การกัดเซาะบริเวณลาดเขื่อนด้านเหนือน้ำจะส่งผลให้สันเขื่อนเกิดการกัดเซาะด้วย เป็นต้น

ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบสำหรับการให้น้ำหนักความสัมพันธ์ คือ

0	หมายถึง	ไม่มีความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ
1	หมายถึง	องค์ประกอบ A เสียหายทำให้องค์ประกอบ B เสียหายน้อยกว่า
2	หมายถึง	องค์ประกอบ A เสียหายทำให้องค์ประกอบ B เสียหายเท่ากัน
3	หมายถึง	องค์ประกอบ A เสียหายทำให้องค์ประกอบ B เสียหายมากกว่า
4	หมายถึง	องค์ประกอบ A เสียหายทำให้องค์ประกอบ B เสียหายร้ายแรงถึงขั้นพิบัติ

ในการพิจารณาการให้น้ำหนักในแต่ละองค์ประกอบและสภาพนั้น จำเป็นต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญร่วมกันกำหนดค่าคะแนนของน้ำหนัก โดยการคำนึงถึงความเป็นไปได้ที่จะเกิดขึ้น หลังจากที่ทำการให้คะแนนของน้ำหนักแล้ว ต้องทำการดูโดยภาพรวมของค่าน้ำหนักอีกครั้ง เพื่อเป็นเครื่องยืนยันถึงความถูกต้อง

2.6 การรวมค่าน้ำหนักและคะแนนสภาพ

การรวมค่าน้ำหนักและคะแนนสภาพ จะใช้สมการ ดังนี้

$$CI = WF_1*SC_1 + WF_2*SC_2 + WF_3*SC_3 + \ldots + WF_n*SC_n \quad \ldots\ldots(1)$$

เมื่อ CI = ดัชนีสภาพของเขื่อน
WF_1 = น้ำหนักความสำคัญขององค์ประกอบที่ 1
SC_1 = คะแนนของสภาพที่ 1
WF_2 = น้ำหนักความสำคัญขององค์ประกอบที่ 2
SC_2 = คะแนนของสภาพที่ 2
WF_3 = น้ำหนักความสำคัญขององค์ประกอบที่ 3
SC_3 = คะแนนของสภาพที่ 3
WF_n = น้ำหนักความสำคัญขององค์ประกอบที่ n
SC_n = คะแนนของสภาพที่ n

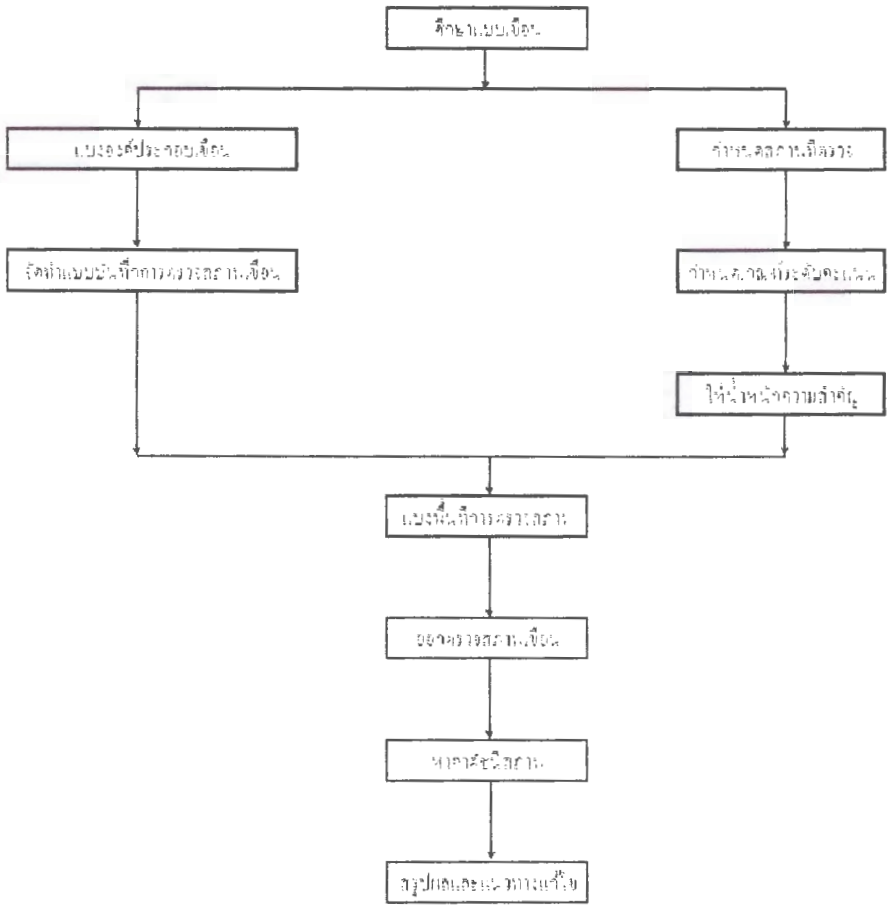
จากผลรวมของผลคูณระหว่างคะแนนและน้ำหนักแต่ละองค์ประกอบ จะได้ค่าดัชนีสภาพของเขื่อน ซึ่งดัชนีสภาพนี้เป็นสิ่งที่แสดงให้ทราบว่าเขื่อนที่ตรวจมีสภาพสมบูรณ์เพียงไร มีส่วนใดที่ต้องให้ความสำคัญเป็น

พิเศษและในทางด้านวิชาการ ยังใช้เพื่อการจัดลำดับความสำคัญในการซ่อมแซมและปรับปรุงอีกด้วย สำหรับเกณฑ์การให้คะแนนคณะทำงานโครงการเพิ่มพูนทักษะด้านความปลอดภัยเขื่อนเชิงปฏิบัติการการตรวจสภาพเขื่อนด้วยสายตาและประเมินผลด้วยดัชนีสภาพ ได้กำหนดออกเป็น 5 ระดับ คือ

ระดับคะแนน 1 (0% – 20%) หมายถึง สภาพแย่ ไม่สามารถทำงานได้ ต้องปรับปรุง
ระดับคะแนน 2 (>20% – 40%) หมายถึง สภาพค่อนข้างแย่ เกือบทำงานไม่ได้ ซ่อมแซมทั้งหมด
ระดับคะแนน 3 (>40% - 60%) หมายถึง สภาพปานกลาง สามารถทำงานได้ซ่อมแซมบางส่วน
ระดับคะแนน 4 (>60% - 80%) หมายถึง สภาพดี สามารถทำงานได้ สมควรซ่อมแซม แต่รอได้
ระดับคะแนน 5 (>80% - 100%) หมายถึง สภาพดีมาก สามารถทำงานได้ตามปกติ ไม่ซ่อมแซม

3. การตรวจสภาพในสนาม

การหาค่าดัชนีสภาพนั้นอันดับแรก จำเป็นที่จะต้องศึกษาแบบเขื่อนที่จะตรวจสภาพให้เข้าใจอย่างถ่องแท้ว่ามีองค์ประกอบอะไรบ้าง ซึ่งขั้นตอนการปฏิบัติได้แสดงไว้เพื่อความเข้าใจ ดังภาพที่ 41



ภาพที่ 41 ขั้นตอนการประเมินสภาพเขื่อนโดยวิธีดัชนีสภาพ

1. ศึกษาแบบเขื่อนที่จะทำการตรวจสภาพให้ละเอียดถี่ถ้วน และทำความเข้าใจในแต่ละองค์ประกอบของเขื่อน

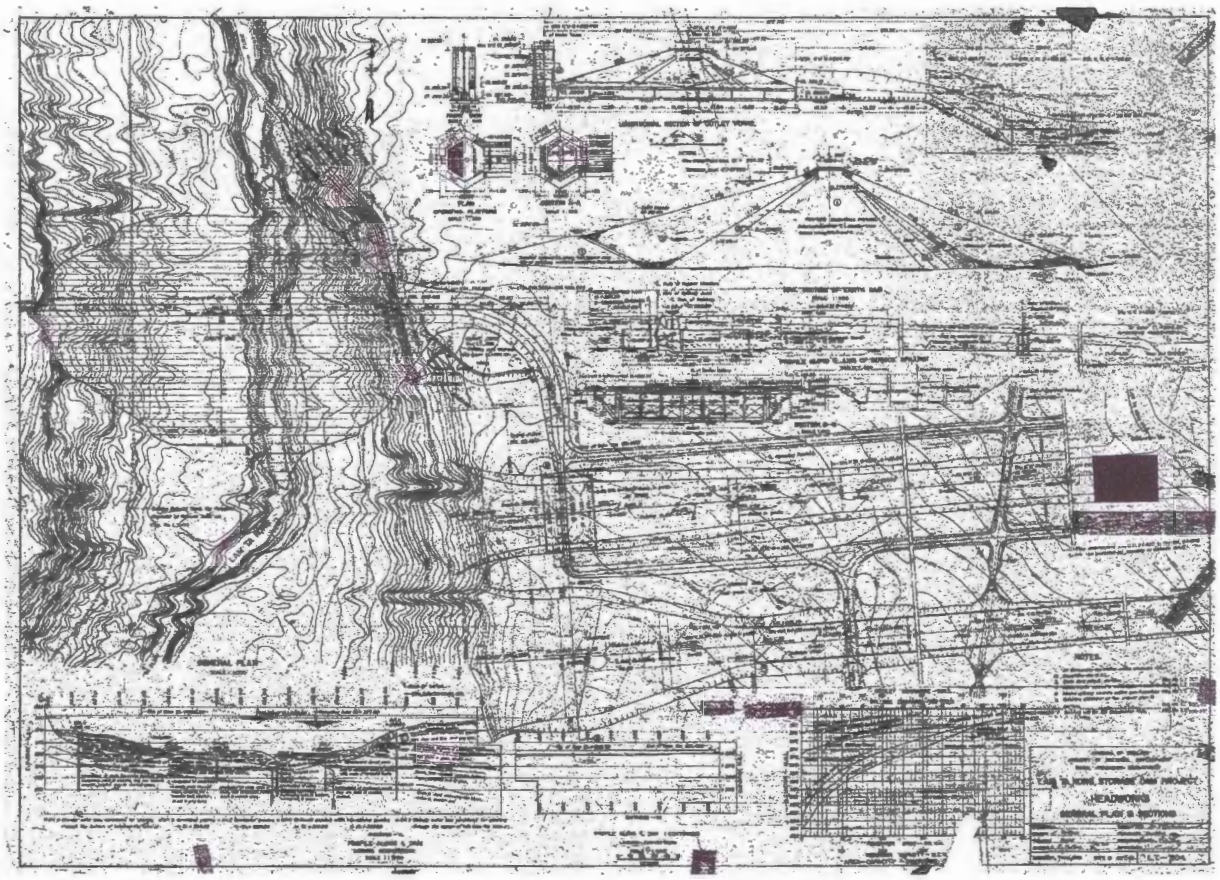
2. ทำการแบ่งองค์ประกอบของเขื่อนให้เหมาะสมกับการตรวจสภาพ
3. การกำหนดสภาพที่ต้องตรวจ
4. กำหนดเกณฑ์ระดับคะแนนของการตรวจสภาพ
5. จัดทำแบบบันทึกการตรวจสภาพเขื่อน
6. การให้น้ำหนักความสำคัญขององค์ประกอบเขื่อนและสภาพ
7. แบ่งพื้นที่การตรวจสภาพ
8. ออกตรวจสภาพ
9. หาค่าดัชนีสภาพ
10. สรุปผลและแนวทางแก้ไข

3.1 การศึกษาแบบเขื่อนที่จะทำการตรวจสภาพ

ในการวิเคราะห์องค์ประกอบเขื่อนและหาค่าดัชนีสภาพ จำเป็นต้องศึกษาแบบเขื่อนและองค์ประกอบเขื่อนให้เข้าใจ เพื่อกำหนดองค์ประกอบเขื่อน ตลอดจนจัดทำตารางการตรวจสภาพ และการแบ่งพื้นที่การตรวจสภาพ เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ

ตัวอย่างของเขื่อนลำตะคอง เป็นเขื่อนขนาดใหญ่ ประกอบด้วย เขื่อน ท่อระบายน้ำลงลำน้ำเดิม อาคารระบายน้ำล้นใช้งานแบบมีบาน และอาคารระบายน้ำล้นฉุกเฉินแบบเปิด ซึ่งผู้ตรวจสภาพต้องทราบว่า เขื่อนที่ตนเองกำลังดำเนินการนั้น มีองค์ประกอบอะไรบ้าง

ภาพที่ 42 เขื่อนลำตะคอง อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา



ภาพที่ 43 แบบทั่วไปของเขื่อนลำตะคอง อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา

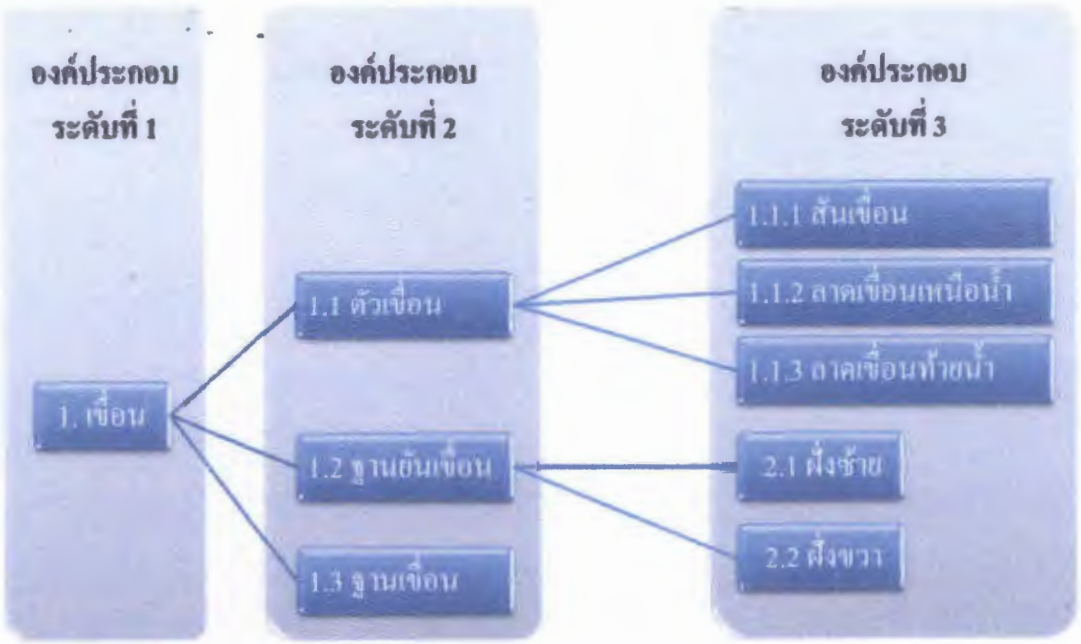
3.2 การแบ่งองค์ประกอบของเขื่อน

ในการแบ่งองค์ประกอบของเขื่อนนั้น แม้ว่าจะได้ศึกษาแบบเขื่อนมาอย่างดีแล้วก็ตาม แต่ในบางครั้งมีความจำเป็นต้องไปดูพื้นที่ประกอบด้วย เพราะอาจมีการเปลี่ยนแปลงจากแบบโดยมีการปรับปรุงเขื่อน นอกจากนั้น บางครั้งไม่สามารถหาแบบก่อสร้างได้ครบทุกองค์ประกอบ เนื่องจากเขื่อนที่ทำการศึกษานั้นก่อสร้างมานาน อย่างไรก็ดีองค์ประกอบของเขื่อนโดยทั่วๆไป ประกอบด้วย 3 ส่วนใหญ่ๆ ดังนี้

1. ตัวเขื่อน (Dam)
2. ท่อส่งน้ำ/ท่อระบายน้ำ (Outlet)
3. อาคารระบายน้ำล้น (Spillway)

คู่มือเล่มนี้จะแบ่งเขื่อนและอาคารประกอบเป็น 3 ส่วนดังกล่าว โดยคณะผู้จัดทำได้พยายามใส่องค์ประกอบของเขื่อนไว้ให้มากที่สุด ซึ่งผู้ตรวจสภาพอาจพบว่าเขื่อนที่ตรวจสอบมีองค์ประกอบแตกต่างไป ยกตัวอย่างเช่น เขื่อนแม่กวง ประกอบด้วยเขื่อนจำนวน 3 เขื่อน ท่อส่งน้ำฝั่งซ้ายอยู่ที่เขื่อนฝั่งซ้าย ส่วนท่อส่งน้ำฝั่งขวาอยู่ที่เขื่อนฝั่งขวา มิได้อยู่ที่ตัวเขื่อนหลักเช่นเขื่อนอื่นๆ บางเขื่อนอาจไม่มีท่อระบายน้ำลงลำน้ำเดิม มีเพียงท่อส่งน้ำและอาคารระบายน้ำล้น เป็นต้น ภาพที่ 45 แสดงตัวอย่างการแบ่งองค์ประกอบของเขื่อน ซึ่งในองค์ประกอบระดับที่ 1 ยังประกอบไปด้วย ท่อส่งน้ำ/ท่อระบายน้ำ และอาคารระบายน้ำล้น

ภาพที่ 44 แสดงวิธีการแบ่งองค์ประกอบย่อยของเขื่อน



ภาพที่ 45 ตัวอย่างการแบ่งองค์ประกอบของเขื่อน

3.2.1 องค์ประกอบของเขื่อน สามารถแบ่งเป็นลำดับชั้น ได้ดังนี้

1. เขื่อน (Dam)
   - 1.1 ตัวเขื่อน (Dam Body)
     - 1.1.1 สันเขื่อน
     - 1.1.2 ลาดเขื่อนด้านเหนือน้ำ
     - 1.1.3 ลาดเขื่อนด้านท้ายน้ำ
   - 1.2 ฐานยัน (Abutment)

1.2.1 ฝั่งซ้าย

1.2.2 ฝั่งขวา

1.3 ฐานเขื่อน (Rockfill Toe, Toe Drain, Contact Drain, Open Drain)

2. อาคารส่งน้ำ/ระบายน้ำ (Outlet)

2.1 ท่อระบายน้ำลงลำน้ำเดิม (River Outlet)

2.1.1 ส่วนทางน้ำเข้า

2.1.1.1 คลองชักน้ำ

2.1.1.2 อาคารรับน้ำ (Intake)

2.1.1.2.1 พื้นและกำแพง

2.1.1.2.2 ตะแกรง (Trashrack)

2.1.1.2.3 ประตูกั้นน้ำ (Bulkhead Gate)

2.1.2 ส่วนท่อลำเลียงน้ำ

2.1.2.1 ท่อลำเลียงน้ำ

2.1 3 ส่วนควบคุม

2.1.3.1 อาคารคอนกรีต

2.1.3.2 อุปกรณ์เครื่องกล

2.1.3.3 อุปกรณ์ไฟฟ้า

2.1.3.4 Guard Gate

2.1.3.5 Operating Gate

2.1.3.6 สะพาน (Access Bridge)

2.1.3.6.1 พื้น

2.1.3.6.2 ตอม่อ

2.1.3.6.3 คาน

2.1.4 ส่วนทางน้ำออก

2.1.4.1 รางเท

2.1.4.1.1 พื้น

2.1.4.1.2 กำแพง

2.1.5 ส่วนสลายพลังงาน

2.1.5.1 พื้น (รวมฟันจระเข้)

2.1.5.2 กำแพง

2.1.6 ส่วนคลองระบายน้ำ

2.2 ท่อส่งน้ำ (Canal Outlet)

2.2.1 ท่อส่งน้ำฝั่งซ้าย (Left Canal Outlet)

2.2.1.1 ส่วนทางน้ำเข้า

2.2.1.1.1 คลองชักน้ำ

2.2.1.1.2 อาคารรับน้ำ (Intake)

2.2.1.1.2.1 พื้นและกำแพง

2.2.1.1.2.2 ตะแกรง (Trashrack)

2.2.1.1.2.3 ประตูกั้นน้ำ (Bulkhead Gate)

2.2.1.2 ส่วนท่อลำเลียงน้ำ

2.2.1.2.1 ท่อลำเลียงน้ำ

2.2.1 3 ส่วนควบคุม

2.2.1.3.1 อาคารคอนกรีต

2.2.1.3.2 อุปกรณ์เครื่องกล

2.2.1.3.3 อุปกรณ์ไฟฟ้า

2.2.1.3.4 Guard Gate

2.2.1.3.5 Operating Gate

2.2.1.3.6 สะพาน (Access Bridge)

2.2.1.3.6.1 พื้น

2.2.1.3.6.2 ตอม่อ

2.2.1.3.6.3 คาน

2.2.1.4 ส่วนทางน้ำออก

2.2.1.4.1 รางเท

2.2.1.4.1.1 พื้น

2.2.1.4.1.2 กำแพง

2.2.1.5 ส่วนสลายพลังงาน

2.2.1.5.1 พื้น (รวมฟันจระเข้)

2.2.1.5.2 กำแพง

2.2.1.6 ส่วนคลองส่งน้ำ

2.2.2 ท่อส่งน้ำฝั่งขวา (Right Canal Outlet)

2.2.2.1 ส่วนทางน้ำเข้า

2.2.2.1.1 คลองชักน้ำ

2.2.2.1.2 อาคารรับน้ำ (Intake)

2.2.2.1.2.1 พื้นและกำแพง

2.2.2.1.2.2 ตะแกรง (Trashrack)

2.2.2.1.2.3 ประตูกั้นน้ำ (Bulkhead Gate)

2.2.2.2 ส่วนท่อลำเลียงน้ำ

2.2.2.2.1 ท่อลำเลียงน้ำ

2.2.2 3 ส่วนควบคุม

2.2.2.3.1 อาคารคอนกรีต

2.2.2.3.2 อุปกรณ์เครื่องกล

2.2.2.3.3 อุปกรณ์ไฟฟ้า

2.2.2.3.4 Guard Gate

2.2.2.3.5 Operating Gate

2.2.2.3.6 สะพาน (Access Bridge)

2.2.2.3.6.1 พื้น
2.2.2.3.6.2 ตอม่อ
2.2.2.3.6.3 คาน
2.2.2.4 ส่วนทางน้ำออก
2.2.2.4.1 รางเท
2.2.2.4.1.1 พื้น
2.2.2.4.1.2 กำแพง
2.2.2.5 ส่วนสลายพลังงาน
2.2.2.5.1 พื้น
2.2.2.5.2 กำแพง
2.2.2.6 ส่วนคลองส่งน้ำ

3. อาคารระบายน้ำล้น (Spillways)

3.1 อาคารระบายน้ำล้นใช้งาน (Service Spillway or Primary Spillway)

3.1.1 แบบไม่มีบาน (Ungated Spillway)
3.1.1.1 ส่วนทางน้ำเข้า
3.1.1.1.1 พื้น
3.1.1.1.2 ลาดด้านข้าง
3.1.1.2 ส่วนควบคุม
3.1.1.2.1 ฝายคอนกรีต ประกอบด้วยพื้นและกำแพง
3.1.1.3 ส่วนทางลำเลียงน้ำ (Chute)
3.1.1.3.1 พื้น
3.1.1.3.2 กำแพง
3.1.1.4 ส่วนสลายพลังงาน
3.1.1.4.1 พื้น (รวมฟันจระเข้)
3.1.1.4.2 กำแพง
3.1.1.5 ส่วนคลองระบายน้ำ
3.1.1.6 สะพานรถยนต์
3.1.1.6.1 พื้น
3.1.1.6.2 ตอม่อ
3.1.1.6.3 คาน

3.1.2 แบบบาน (Gated Spillway)
3.1.2.1 ส่วนทางน้ำเข้า
3.1.2.1.1 พื้น
3.1.2.1.2 ลาดด้านข้าง
3.1.2.2 ส่วนควบคุม
3.1.2.2.1 ฝายคอนกรีต

3.1.2.2.2 สะพานโครงยก

3.1.2.2.2.1 พื้น

3.1.2.2.2.2 ตอม่อ

3.1.2.2.2.3 คาน

3.1.2.2.3 พื้น

3.1.2.2.4 กำแพง

3.1.2.2.5 บานระบาย (รวมอุปกรณ์)

3.1.2.2.6 อุปกรณ์เครื่องกล

3.1.2.2.7 อุปกรณ์ไฟฟ้า

3.1.2.3 ส่วนทางน้ำออก

3.1.2.3.1 พื้น

3.1.2.3.2 กำแพง

3.1.2.4 ส่วนสลายพลังงาน

3.1.2.4.1 พื้น (รวมฟันตะเข้)

3.1.2.4.2 กำแพง

3.1.2.5 ส่วนคลองระบายน้ำ

3.1.2.6 สะพานรถยนต์

3.1.2.6.1 พื้น

3.1.2.6.2 ตอม่อ

3.1.2.6.3 คาน

3.1.3 แบบปากแตร (Morning Glory or Drop Inlet)

3.1.3.1 ส่วนควบคุม ได้แก่ ฝาย คลีบ และท่อตั้ง

3.1.3.2 ส่วนลำเลียงน้ำ

3.1.3.2.1 ท่อลำเลียงน้ำ (ท่อนอน)

3.1.3.3 ส่วนทางน้ำออก

3.1.3.3.1 พื้น

3.1.3.3.2 กำแพง

3.1.3.4 ส่วนสลายพลังงาน

3.1.3.4.1 พื้น (รวมฟันตะเข้)

3.1.3.4.2 กำแพง

3.1.3.5 ส่วนคลองระบายน้ำ

3.2 อาคารระบายน้ำล้นฉุกเฉิน (Emergency Spillway)

3.2.1 ส่วนทางน้ำเข้า

3.2.2 ส่วนควบคุม

3.2.3 ส่วนทางน้ำออก

3.2.2 ภาพเขื่อนและอาคารประกอบ ตามการแบ่งองค์ประกอบเขื่อน ดังนี้ (ตัวเลขหน้าข้อเป็นลำดับขององค์ประกอบเขื่อน)

1. เขื่อน (Dam)

1.1 ตัวเขื่อน ประกอบด้วย สันเขื่อน ลาดเขื่อนเหนือน้ำ และลาดเขื่อนท้ายน้ำ

สันเขื่อน
เขื่อนแก่งกระจาน จังหวัดเพชรบุรี

ลาดเขื่อนเหนือน้ำ
เขื่อนแม่กวงอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่

ลาดเขื่อนท้ายน้ำ
เขื่อนกิ่วคอหมา จังหวัดลำปาง

ลาดเขื่อนท้ายน้ำ
เขื่อนปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

1.1 ฐานยันเขื่อน

ฐานยันเขื่อน
เขื่อนกิ่วคอหมา จังหวัดลำปาง

ฐานยันเขื่อน
เขื่อนห้วยหลวง จังหวัดอุดรธานี

1.2 ฐานเขื่อน

Rockfill Toe
เขื่อนลำปาว จังหวัดกาฬสินธุ์

Open Drain
เขื่อนบางเหนียวดำ จังหวัดภูเก็ต

Contact Drain
เขื่อนลำปาว จังหวัดกาฬสินธุ์

Gutter
เขื่อนคลองหยา จังหวัดกระบี่

2. ท่อส่งน้ำ/ระบายน้ำ (Outlet)

2.1.1 ส่วนทางน้ำเข้า ประกอบด้วย คลองชักน้ำ และอาคารรับน้ำ (Intake) ได้แก่ พื้นและกำแพง ตะแกรง (Trashrack) และประตูกั้นน้ำ (Bulkhead Gate)

คลองชักน้ำ
เขื่อนแม่กวงอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่

คลองชักน้ำ
เขื่อนห้วยหลวง จังหวัดอุดรธานี

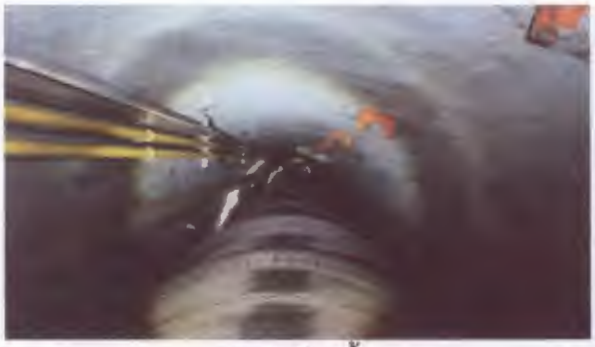
อาคารรับน้ำ
เขื่อนห้วยน้ำม้า จังหวัดอุดรธานี

อาคารรับน้ำ
เขื่อนกระเสียว จังหวัดสุพรรณบุรี

ประตูกั้นน้ำ
เขื่อนกิ่วลม จังหวัดลำปาง

ประตูกั้นน้ำ
เขื่อนแม่กวงอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่

2.1.2 ส่วนท่อลำเลียงน้ำ



ท่อลำเลียงน้ำ
เขื่อนแก่งกระจาน จังหวัดเพชรบุรี

ท่อลำเลียงน้ำ
เขื่อนห้วยน้ำเค็ม จังหวัดศรีษะเกษ

2.1.3 ส่วนควบคุม ประกอบด้วย อาคารคอนกรีต อุปกรณ์เครื่องกล อุปกรณ์ไฟฟ้า Guard Gate Operating Gate และสะพาน (Access Bridge)

อาคารคอนกรีต
เขื่อนแควน้อยบำรุงแดน จังหวัดพิษณุโลก

อาคารคอนกรีต
เขื่อนลำนางรอง จังหวัดบุรีรัมย์

อาคารคอนกรีต
เขื่อนลำตะคอง จังหวัดนครราชสีมา

อาคารคอนกรีต
เขื่อนห้วยค้อ จังหวัดมหาสารคาม

อุปกรณ์เครื่องกล และอุปกรณ์ไฟฟ้า
เขื่อนกิ่วคอหมา จังหวัดระยอง

อุปกรณ์เครื่องกล และอุปกรณ์ไฟฟ้า
เขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล จังหวัดเชียงใหม่

Guard and Operating Gates
เขื่อนกิ่วคอหมา จังหวัดระยอง

Guard and Operating Gates
เขื่อนดอยงู จังหวัดเชียงราย

Guard and Operating Gates
เขื่อนลำพระเพลิง จังหวัดนครราชสีมา

Operating Gate
เขื่อนจำไหร จังหวัดสงขลา

Guard and Operating Valves
เขื่อนแม่จอกหลวง จังหวัดเชียงใหม่

Guard and Operating Valves
เขื่อนห้วยช้าง จังหวัดเชียงราย

สะพาน (Access Bridge)
เขื่อนแม่ออน จังหวัดเชียงใหม่

สะพาน (Access Bridge)
เขื่อนป่าแดง จังหวัดเพชรบูรณ์

2.1.4 ส่วนทางน้ำออก

ส่วนทางน้ำออก
เขื่อนป่าบอน จังหวัดพัทลุง

ส่วนทางน้ำออก
เขื่อนกุดตาเพชร จังหวัดเพชรบูรณ์

2.1.5 ส่วนสลายพลังงาน

ส่วนสลายพลังงาน
เขื่อนแก่งกระจาน จังหวัดเพชรบุรี

ส่วนสลายพลังงาน
เขื่อนแม่เลียงพัฒนา จังหวัดลำปาง

2.1.6 ส่วนคลองระบายน้ำ/คลองส่งน้ำ

คลองส่งน้ำ/คลองระบายน้ำ
เขื่อนลำนางรอง จังหวัดบุรีรัมย์

คลองส่งน้ำ/คลองระบายน้ำ
เขื่อนสียัด จังหวัดฉะเชิงเทรา

3. อาคารระบายน้ำล้น (Spillway)

3.1 ส่วนทางน้ำเข้า

ส่วนทางน้ำเข้า
เขื่อนทับเสลา จังหวัดกาฬสินธุ์

ส่วนทางน้ำเข้า
เขื่อนทับเสลา จังหวัดอุทัยธานี

3.2 ส่วนควบคุม ในที่นี้ได้รวมส่วนควบคุมของอาคารระบายน้ำล้นแบบไม่มีบาน มีบาน และปากแตร เพื่อแสดงให้เห็นในหัวข้อนี้ ประกอบด้วย ฝายคอนกรีต พื้น กำแพง สะพานโครงยก บานระบาย (รวมอุปกรณ์อื่นๆ เช่น ก้านบาน เพลา สลิง) อุปกรณ์เครื่องกล อุปกรณ์ไฟฟ้า และท่อตั้ง (แบบปากแตร)

ฝายคอนกรีต พื้น และกำแพง
เขื่อนแม่กวงอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่

ฝายคอนกรีต พื้น และกำแพง
เขื่อนมูลบน จังหวัดนครราชสีมา

ฝายคอนกรีต พื้น และกำแพง
เขื่อนห้วยผาก จังหวัดเพชรบุรี

ฝายคอนกรีต พื้น และกำแพง
เขื่อนบางเหนียวดำ จังหวัดภูเก็ต

สะพานโครงยก
เขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ จังหวัดลพบุรี

สะพานโครงยก
เขื่อนกิ่วคอหมา จังหวัดลำปาง

บานระบาย (รวมอุปกรณ์อื่น)
เขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล จังหวัดเชียงใหม่

บานระบาย (รวมอุปกรณ์อื่น)
เขื่อนลำตะคอง จังหวัดนครราชสีมา

ก้านบาน และสลิง
เขื่อนกิ่วลม จังหวัดลำปาง

ก้านบาน
เขื่อนขุนด่านปราการชล จังหวัดนครนายก

อุปกรณ์เครื่องกลและไฟฟ้า
เขื่อนลำปาว จังหวัดกาฬสินธุ์

บานระบาย (รวมอุปกรณ์อื่น)
เขื่อนทับเสลา จังหวัดอุทัยธานี

ฝาย คลีบและท่อตั้ง
เขื่อนน้ำอูน จังหวัดสกลนคร

ฝาย คลีบและท่อตั้ง
เขื่อนลำพระเพลิง จังหวัดนครราชสีมา

3.3 ส่วนทางน้ำออก ประกอบด้วยพื้นและกำแพง

รางเท (Chute)
เขื่อนลำนางรอง จังหวัดบุรีรัมย์

รางเท (Chute)
เขื่อนกิ่วคอหมา จังหวัดระยอง

3.4 ส่วนสลายพลังงาน ประกอบด้วยพื้นและกำแพง

พื้น (รวมฟันตะเข้) และกำแพง
เขื่อนห้วยหลวง จังหวัดอุดรธานี

พื้น (รวมฟันตะเข้) และกำแพง
เขื่อนลำปาว จังหวัดกาฬสินธุ์

3.5 ส่วนคลองระบายน้ำ

คลองระบายน้ำ คลองดิน
เขื่อนแควน้อยบำรุงแดน จังหวัดพิษณุโลก

คลองระบายน้ำ คลองคอนกรีต
เขื่อนหนองปลาไหล จังหวัดระยอง

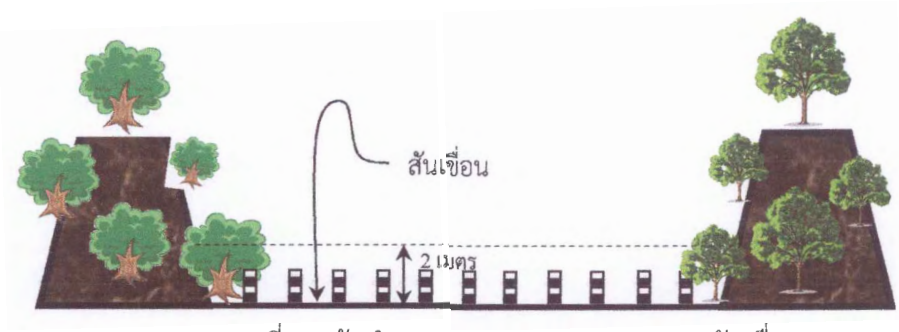
3.6 ส่วนสะพานรถยนต์ ประกอบด้วย พื้น ตอม่อ และคาน

พื้นสะพานรถยนต์
เขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ จังหวัดลพบุรี

ตอม่อ และคาน
เขื่อนสียัด จังหวัดฉะเชิงเทรา

<u>หมายเหตุ</u> ความหมายและข้อกำหนดในการตรวจสภาพองค์ประกอบเพิ่มเติม

- ฐานยันเขื่อน มองที่ระยะความสูงจากสันเขื่อนขึ้นไปไม่เกิน 2 เมตร รวมถึงการตรวจสภาพรอยต่อระหว่างสันเขื่อนและฐานยันเขื่อน ดังภาพที่ 46



ภาพที่ 46 ข้อกำหนดของการตรวจสภาพฐานยันเขื่อน

- ฐานเขื่อน ประกอบด้วย Toe Drain, Rockfill Toe, Contact Drain, Open Drain และ Gutter (รายละเอียดคำจัดความดูในหัวข้อที่ 1.1.3)
- คลองชักน้ำ ตามหลักของการออกแบบแล้ว เขื่อน/อ่างเก็บน้ำต้องมีคลองชักน้ำ แต่ในบางครั้งกาลเวลาผ่านไป ทำให้ไม่สามารถมองเห็นคลองชักน้ำได้ ในการตรวจสภาพ กรณีที่น้ำแห้งจนเห็นอาคารรับน้ำให้ตรวจสภาพบริเวณด้านหน้าของอาคารรับน้ำหรือดูจากแบบ
- ประตูกั้นน้ำ (Bulkhead Gate) ประตูกั้นน้ำจะไม่ได้ติดตั้งไว้กับอาคารรับน้ำ แต่จะถูกเก็บไว้ในในอาคารหรือโรงเก็บแยกต่างหาก ประตูกั้นน้ำทำจากเหล็กหรือไม้
- บานระบาย ประกอบด้วย ตัวบาน และก้านบาน นอกเหนือจากนั้นให้ไปพิจารณาในส่วนของอุปกรณ์เครื่องกล
- ระบบรักษาความปลอดภัยส่วนใหญ่จะมีที่ฝั่งซ้ายและฝั่งวาของเขื่อน

3.3 การกำหนดสภาพที่จะต้องตรวจและเกณฑ์ระดับคะแนน

ในการกำหนดสภาพเขื่อนที่จะต้องตรวจนั้น ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบเขื่อนที่จะทำการตรวจสภาพ ยิ่งเขื่อนมีองค์ประกอบที่มาก ซับซ้อน มีวัสดุที่ใช้สร้างเขื่อนมาเท่าไหร่ สภาพที่จะต้องทำการตรวจยิ่งมากขึ้น โดยทั่วไปแล้ว สภาพที่ใช้ในการตรวจสภาพนั้น ประกอบด้วย 21 สภาพใหญ่ๆ ซึ่งในบางสภาพนั้น มีสภาพย่อยๆ แบ่งออกไปอีก การตรวจสภาพเขื่อนและอาคารประกอบเขื่อน ทั้งส่วนที่เป็นดิน คอนกรีต และเหล็ก ในบางสภาพนั้น เราอาจจะไม่เคยพบกับเขื่อนในประเทศไทย แต่อาจมีโอกาสเป็นไปได้ที่จะเกิดขึ้น เช่น การบวมตัว เป็นต้น องค์ประกอบแต่ละองค์ประกอบจะมีสภาพที่ต้องทำการตรวจแตกต่างกันออกไป เช่น สันเขื่อน มีสภาพที่ต้องทำการตรวจ 8 สภาพ จากทั้งหมด 21 สภาพ เป็นต้น

ในส่วนของเกณฑ์การให้คะแนนเป็นส่วนที่สำคัญในการกำหนดระดับคะแนนของสภาพว่าตรงตามสภาพที่เกิดขึ้นจริง และค่าดัชนีสภาพของสภาพนั้นๆ เพื่อทำการซ่อมแซม หรือปรับปรุงให้สภาพดีขึ้น และสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ คะแนนที่ให้จะให้คะแนนตั้งแต่ 1 ถึง 5 โดยการให้คะแนนระดับ 1 ถือว่าสภาพแย่ที่สุด จนถึงคะแนนระดับ 5 ถือว่าเขื่อนอยู่ในสภาพปกติ ในบางครั้ง การกำหนดระดับคะแนนที่จะให้ในบางสภาพ ไม่จำเป็นต้องมีระดับคะแนนครบทั้ง 5 ระดับ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความรุนแรงที่จะส่งผลอันตรายต่อเขื่อน ถ้าในบางสภาพยอมให้มีระดับคะแนนถึงระดับ 1 แล้ว เขื่อนนั้นๆ อาจจะเกิดการพังไปแล้ว รายละเอียดสภาพที่ต้องทำการตรวจ มีดังนี้

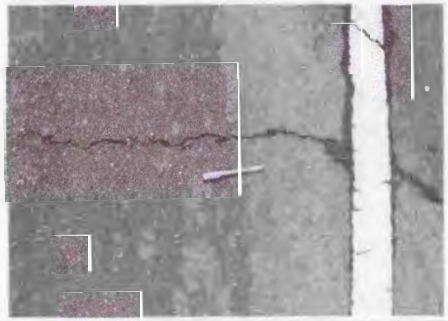
3.3.1 คำนิยามสภาพ

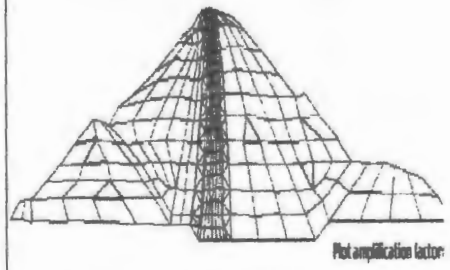
คำนิยามสภาพ ได้อธิบายถึงความหมาย สาเหตุและผลที่จะเกิดขึ้น พร้อมทั้งภาพประกอบอย่างคร่าวๆ ผู้นำไปใช้สามารถนำตารางที่ได้เตรียมไว้ให้นี้ ไปประกอบการเขียนรายงานผลการตรวจสภาพเขื่อนอย่างคร่าวๆ เพื่อนำเสนอผู้บังคับบัญชาต่อไป ตารางที่ 3 แสดงสภาพที่ใช้ในการตรวจสภาพองค์ประกอบเขื่อน

ตารางที่ 3 สภาพที่ใช้ในการตรวจสภาพองค์ประกอบเขื่อน

การกัดเซาะ	การเกิดร่องน้ำ	การเคลื่อนตัว
รอยแตกร้าวตามขวาง	รอยแตกร้าวตามยาว	การทรุดตัว
การบวมตัว	การเปลี่ยนรูป	การระบายน้ำ
การซึม	การรั่ว	การเลื่อนไถล
การเสื่อมสภาพ	ความทนทาน	รอยแตกร้าว
รูโพรง	ต้นไม้/วัชพืช	สภาพการใช้งาน
สิ่งกีดขวางทางน้ำ	ระบบรักษาความปลอดภัย	

สภาพ	ความหมาย	สาเหตุ	ผล
1. การกัดเซาะ(Erosion) 	กระบวนการหนึ่งหรือหลายกระบวนการที่ทำให้ผิวหน้าดิน หิน หลุด หรือกร่อนไป โดยตัวการทางธรรมชาติ ซึ่งได้แก่ น้ำ ลม สภาพภูมิอากาศ การครูดถู โดยรวมถึง การกัดกร่อนในคอนกรีตเสริมเหล็ก และการเกิดสนิมในเหล็ก	เกิดจากหลายสาเหตุ เช่น วัสดุหรืออาคารผ่านการใช้งานเป็นเวลานาน วัสดุต่ำกว่ามาตรฐาน ฯลฯ โดยเฉพาะเมื่อวัสดุมีการสัมผัสกับน้ำบ่อยๆ หรือมีกระแสน้ำมากระทำ เช่น คลองซักน้ำ คลองระบายน้ำ อาคารประกอบต่างๆ รวมทั้งดินถมข้างกำแพง	ทำให้เกิดน้ำไหลกัดเซาะและพัดพาดินบริเวณฐานยันเขื่อน ฐานเขื่อน และคลองระบายน้ำ/ส่งน้ำออกไป จนทำให้องค์ประกอบอาคารเสียหาย
2. การเกิดร่องน้ำ (Gully) 	การที่ผิวดินเกิดเป็นช่องลึกและทางยาว	เกิดจากการที่ฝนตกหรือน้ำไหลล้นข้ามสันเขื่อน	ทำให้เกิดน้ำไหลกัดเซาะและพัดพาดินบริเวณลาดเขื่อนด้านท้ายน้ำ และฐานยันเขื่อนออกไป

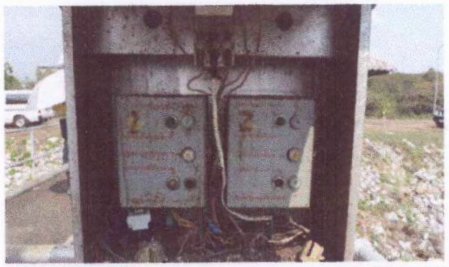
สภาพ	ความหมาย	สาเหตุ	ผล
3. การเคลื่อนตัว (Movement) 	การที่องค์ประกอบอาคารคอนกรีตขยับหรือเลื่อนออกจากตำแหน่งเดิม	เกิดจากแรงดันดิน น้ำ แรงกระทำจากมนุษย์ การถล่มของไหล่เขา และแผ่นดินไหว เกินกว่าที่กำหนดไว้ การเคลื่อนตัวสามารถตรวจสอบได้โดยเปรียบเทียบกับบริเวณข้างเคียง	ทำให้เกิดการเคลื่อนตัวของอาคารไปจากตำแหน่งเดิม
4. รอยแตกร้าวตามขวาง (Transverse Crack) 	รอยแยกบนสันเขื่อนในแนวเหนือน้ำ-ท้ายน้ำ	เกิดจากการที่เขื่อนหรือฐานรากมีการแยกตัวออกจากกันตามแนวศูนย์กลางเขื่อน	ทำให้เกิดรอยแตกบนสันเขื่อนในแนวตั้งฉากกับตัวเขื่อน (Transverse Crack) การเคลื่อนตัวแบบนี้จะเป็นอันตรายมากกว่าการเคลื่อนตัวตามขวาง และจะเป็นอันตรายอย่างมากเมื่อเกิดขึ้นในบริเวณที่เป็นร่องน้ำเดิมหรือจุดที่ลึกที่สุดของเขื่อน (Deep Section)
5. รอยแตกร้าวตามยาว (Longitudinal Crack) 	รอยแยกที่เกิดตามความยาวบนสันเขื่อน	รอยแตกร้าวตามยาวเกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่น การเลื่อนไถล (Sliding) ของลาดเขื่อน การเคลื่อนตัวของฐานราก	ทำให้เกิดรอยแตกตามยาว (Longitudinal Crack) ในลักษณะขนานกับแนวสันเขื่อน

สภาพ	ความหมาย	สาเหตุ	ผล
6. การทรุดตัว (Settlement) 	การเคลื่อนตัวที่แตกต่างกันในแนวดิ่ง มีผลทำให้พื้นผิวเกิดระดับต่ำลง	เกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุ เช่น การที่น้ำระหว่างอนุภาคเม็ดดินค่อยๆ ไหลซึมออกไป (Consolidated Drain) หรือเกิดการกัดเซาะภายในและพัดพาเม็ดดินออกไป	ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างเม็ดดิน หรือฐานรากเกิดการทรุดตัว ฯลฯ ทำให้ดินหรืออาคารที่อยู่เหนือขึ้นไปเกิดการทรุดตัว
7. การบวมตัว (Heap) 	การเคลื่อนตัวที่แตกต่างกันในแนวดิ่ง มีผลทำให้พื้นผิวเกิดระดับสูงขึ้น	เกิดจากการที่มีสารที่ทำให้เกิดการบวมตัวได้ในดินเหนียว หรือเกิดจากแรงดันในดินที่เพิ่มขึ้นมากกว่าปกติ	ทำให้เกิดการช่องว่างในตัวเขื่อน และอาจเกิดการทรุดตัวได้
8. การเปลี่ยนรูป (Deformation) 	การโก่ง การคด การงอ การแอ่น การบิดเบี้ยว ขององค์อาคารต่างๆ และรวมถึงการที่รูปร่างของตัวเขื่อนเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมด้วยเช่นกัน	เกิดจากมีน้ำหนักกระทำเกินกว่าที่กำหนดไว้เป็นเวลานาน การกำหนดขนาดองค์อาคารไม่เหมาะสม เช่น อัตราส่วนความชะลูดมาก ฯลฯ หรือเกิดจากแผ่นดินไหว	ส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของเขื่อน

สภาพ	ความหมาย	สาเหตุ	ผล
9. การระบายน้ำ (Drainage) 	สภาพองค์อาคารของระบบระบายน้ำ เช่น รางระบายน้ำ ท่อลดแรงดันน้ำ (Weep Hole) ฯลฯ ที่มีความสามารถทำให้น้ำจากผิวดิน หรือใต้ดินไหลออกไปจากพื้นที่โดยสะดวก เป็นไปตามวัตถุประสงค์	การระบายน้ำที่บกพร่องเกิดจากการอุดตัน การขวางทางน้ำ การรั่ว การแตก การทรุดตัว ระบบการระบายน้ำ ถูกออกแบบไว้เพื่อให้สามารถระบายน้ำส่วนเกินออกจากตัวเชื่อน หรือกำแพงและพื้นของอาคารต่างๆ ซึ่งเป็นการลดแรงดัน ระบบการระบายน้ำจะต้องสามารถระบายน้ำได้ดี ไม่มีการอุดตัน	เกิดการอุดตันของท่อ รางระบายน้ำ ฯลฯ
10. การซึม (Seepage) 	สภาพการเคลื่อนตัวของน้ำผ่านวัสดุที่มีความสามารถยอมให้น้ำผ่านได้ในระดับหนึ่ง	อาจเกิดจากการเสื่อมสภาพของวัสดุ หรือการอุดตันของวัสดุกรอง	ทำให้เกิดพื้นที่ เปียก และอาจสังเกตุเห็นหญ้าต้นเล็กสีเขียวชอุ่มอยู่บริเวณนั้น
11. การรั่ว (Leakage) 	การไหลของน้ำผ่านช่อง รู หรือรอยแตกที่ไม่ได้กำหนดไว้เพื่อการระบายน้ำ	อาจเกิดจากการแตก ฉีกขาด เสื่อมสภาพขององค์อาคาร หรือการหลุดของวัสดุอุดรอยต่อ หรือเกิดจากการพัดพาเม็ดดินออกจากตัวเชื่อนหรือฐานราก	ทำให้องค์อาคารเสียหาย

สภาพ	ความหมาย	สาเหตุ	ผล
12. การเลื่อนไถล (Sliding)	การที่ลาดเขื่อนหรือลาดของฐานยันไม่สามารถคงสภาพของลาดไว้ได้	เกิดจากการสูญเสียกำลังการยึดเหนี่ยวของวัสดุ อันเป็นผลมาจากแรงดันน้ำส่วนเกิน หรือเกิดการกัดเซาะ การเสื่อมสภาพของวัสดุ รวมทั้งผลจากการสั่นสะเทือนเนื่องจากแผ่นดินไหว	ทำให้เสียความมั่นคง แข็งแรงของตัวเขื่อน และอาจทำให้เกิด piping ได้
13. การเสื่อมสภาพ (Deterioration)	การที่วัสดุสูญเสียคุณสมบัติทางกายภาพ เช่น ความแข็งแรง ความยืดหยุ่น ฯลฯ ซึ่งหมายรวมถึง การผุสลาย	เกิดจากอายุการใช้งานนาน ขาดการบำรุงรักษาอย่างต่อเนื่อง หรืออาจเกิดจากปัจจัยภายนอก เช่น ฝนกรด ฯลฯ	ทำให้ความแข็งแรงของตัวอาคารลดลง อาจจะใช้งานได้แต่ประสิทธิภาพลดลงจนถึงขั้นใช้งานไม่ได้
14. ความทนทาน (Durability)	ความสามารถในการรับแรงที่เกิดจากน้ำหนักของยานพาหนะ เฉพาะเขื่อนที่ผิวจราจรลาดยางบนสันเขื่อน	เกิดจากวัสดุเสื่อมสภาพ หรือรับน้ำหนักเกินกว่าที่กำหนดไว้ หากเกิดรอยร่องล้อลึกมากแสดงว่ามีความทนทานน้อย	ทำให้เป็นสาเหตุหนึ่งของการกัดเซาะได้
15. รอยแตกร้าว (Crack)	การเกิดรอย หรือร่องที่มีความลึก ความกว้าง และความยาวที่ผิวขององค์อาคาร	เกิดจากหลายสาเหตุ เช่น เนื่องจากอุณภูมิที่เปลี่ยนแปลง การสูญเสียความชื้น การทรุดตัว แผ่นดินไหว ฯลฯ รอยแตกร้าวเกิดขึ้นได้ทั้งตามขวาง และตามยาว	ทำให้เกิดการกัดเซาะภายใน และสูญเสียกำลังของอาคารประกอบ

สภาพ	ความหมาย	สาเหตุ	ผล
16. รูโพรง (Hole) 	การเกิดเป็นหลุมลึกลงไปจากผิวของวัสดุมาก โดยที่ก้นหลุมมีขนาดความกว้างมากกว่าปากหลุม	เกิดจากหลายสาเหตุ เช่น สัตว์ที่ทำรัง ดินที่มีการกระจายตัว (Dispersive Soil) หรือการย่อยสลายของรากต้นไม้ ฯลฯ บริเวณเขื่อน ดินถมข้างกำแพง	ทำให้เกิดรูโพรง หากรูโพรงนั้นลึกไปทางด้านเหนือน้ำอาจทำให้เกิด Piping ขึ้นได้
17.1 ต้นไม้ (Tree) 	พืชยืนต้นที่มีอายุยืนยาว ที่มีลำต้นแข็งแรง แตกกิ่งก้านสาขา มีรากหยั่งลึกและแผ่กว้าง เช่น กระถิน ต้นสัก งิ้ว ต้นโพธิ์ มะขาม ก้ามปู พุทรา รวมถึง มะละกอ ไมยราบยักษ์ หญ้าแฝก เพราะมีรากหยั่งลึกซึ่งอาจจะเป็นอันตรายต่อตัวเขื่อน	เกิดจากธรรมชาติ หรือเกิดจากมนุษย์	ทำให้กีดขวาง ไม่สามารถเข้าไปตรวจสภาพเขื่อนและอาคารประกอบได้อย่างละเอียด ต้นไม้ที่เกิดขึ้น หากรากของต้นไม้แห้งตายจะเป็นสาเหตุทำให้เกิดทางเดินของน้ำผ่านตัวเขื่อน ทำให้เกิดการกัดเซาะภายในได้
17.2 วัชพืช (Weed) 	ไม้พุ่ม ไม้ล้มลุก ที่มีลำต้นอ่อน เช่น ไม้พุ่ม เช่น ดอกรัก สาบเสือ หญ้าคา ต้นกกธูปฤาษี	เกิดจากธรรมชาติ หรือเกิดจากมนุษย์	ทำให้กีดขวาง ไม่สามารถเข้าไปตรวจสภาพเขื่อนและอาคารประกอบได้อย่างละเอียด

สภาพ	ความหมาย	สาเหตุ	ผล
18. สภาพการใช้งาน 	ความพร้อมการใช้งานของระบบไฟฟ้า เครื่องกล และบานระบายสามารถทำงานได้ตามปกติ	สภาพการใช้งานที่ไม่พร้อมเกิดจากความบกพร่องของอุปกรณ์ต่างๆ ขาดการบำรุงรักษา และเกิดจากการไม่ใช้งานเป็นเวลานาน	ทำให้ระบบไฟฟ้า เครื่องกล และบานระบายต่างๆ ไม่สามารถทำงานได้
19. สิ่งกีดขวางทางน้ำ	การที่มีขยะ วัชพืช กิ่งไม้ ต้นไม้ ก้อนหิน ฯลฯ ปิดกั้นทางเดินน้ำ	เกิดจากมนุษย์ ธรรมชาติ และขาดการบำรุงรักษา	หากมีมาก อาจทำให้ระดับน้ำหน้าเขื่อนเพิ่มขึ้น และในบางครั้ง ถ้าสิ่งกีดขวางทางน้ำไปขวางทางน้ำบริเวณอาคารทางระบายน้ำล้น ทำให้การระบายน้ำไม่สะดวกหรือกรณีที่เป็นบานประตู อาจทำให้บานประตูติดขัด ไม่สามารถเปิด-ปิดได้
20. ระบบรักษาความปลอดภัย (Security System)	การมีเครื่องมือ อุปกรณ์ สำหรับควบคุมการเข้า-ออกบนสันเขื่อนและทางเข้าอาคารที่สามารถใช้การได้อย่างมีประสิทธิภาพ	ระบบรักษาความปลอดภัยที่บกพร่องเกิดจากการชำรุด ขาดการบำรุงรักษา การทุบทำลายของมนุษย์	อาจทำให้เกิดความเสียหายของสันเขื่อน และอาคารประกอบ ที่เกิดจากการสัญจร ทุบทำลาย หรือลักขโมย

3.3.2 การกำหนดระดับคะแนนของสภาพ

1) การกัดเซาะ ใช้ในการตรวจสภาพลาดเชื่อน อาคารคอนกรีต และองค์ประกอบที่เป็นเหล็ก

	ดิน[1]	คอนกรีต[2]	เหล็ก[3]
ระดับ 1	กัดเซาะเสียหาย > 50%	กัดกร่อนเห็นเนื้อเหล็ก	เกิดสนิมกัดกร่อนถึงเนื้อใน
ระดับ 3	กัดเซาะเสียหาย < 50%	เกิดการกัดกร่อน	เกิดสนิมที่ผิวเหล็ก
ระดับ 5	ไม่เกิดการกัดเซาะ	ไม่เกิดการกัดกร่อน	ไม่เกิดสนิม

ในองค์ประกอบแต่ละองค์ประกอบนั้น จำเป็นต้องเลือกสภาพของการกัดเซาะให้เหมาะสมกับองค์ประกอบนั้นๆ เช่น องค์ประกอบที่เป็นเหล็ก จะใช้การกัดเซาะ (การกัดกร่อน) ที่มีตัวเลขเป็น 3 ซึ่งในแบบรายการการตรวจสภาพได้ใส่ตัวเลขไว้ให้ เพื่อง่ายในการเลือกสภาพและคำอธิบายขององค์ประกอบมาใช้

องค์ประกอบเชื่อนที่ต้องเลือกการกัดเซาะที่เป็นดิน ได้แก่ คลองชักน้ำ กำแพง (ดินถมข้างกำแพง) และคลองส่งน้ำ/ระบายน้ำ (ระยะที่พิจารณาไม่เกิน 10 เมตร จากอาคารสลายพลังงาน)

ระดับ 1 กัดเซาะเสียหายมากกว่า 50 %

ระดับ 3 กัดเซาะเสียหายน้อยกว่า 50 %

ระดับ 5 ไม่เกิดการกัดเซาะ

ภาพที่ 47 การกัดเซาะในองค์ประกอบที่เป็นดิน

ระดับ 1 กัดกร่อนเห็นเนื้อเหล็ก

ระดับ 3 เกิดการกัดกร่อน

ระดับ 5 ไม่เกิดการกัดกร่อน

ภาพที่ 48 การกัดเซาะ(กัดกร่อน) ในองค์ประกอบที่เป็นคอนกรีต

ระดับ 1 เกิดสนิมกัดกร่อนถึงเนื้อใน

ระดับ 3 เกิดสนิมที่ผิวเหล็ก

ระดับ 5 ไม่เกิดสนิม

ภาพที่ 49 การกัดเซาะ(กัดกร่อน) ในองค์ประกอบที่เป็นเหล็ก

2) การเกิดร่องน้ำ (Gully) ใช้ในการตรวจสภาพคลองส่งน้ำและคลองระบายน้ำที่เป็น ***"ดิน"***

การตรวจสภาพแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ

ระดับ 2 เกิดร่องน้ำลึกประมาณเข่า

ระดับ 4 เกิดร่องน้ำลึกประมาณข้อเท้า

ระดับ 5 ไม่เกิดร่องน้ำ

ภาพที่ 50 การเกิดร่องน้ำ

3) การเคลื่อนตัว (Movement) ใช้ในการตรวจสภาพสะพาน พื้น กำแพง และส่วนควบคุมน้ำ

การตรวจสภาพแบ่งออกเป็น 2 ระดับ คือ

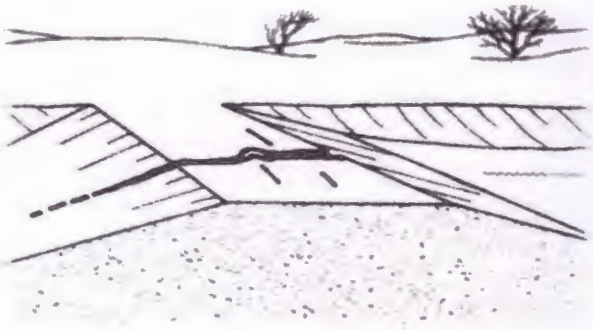
ระดับ 2 เกิดการเคลื่อนตัว

ระดับ 5 ไม่เกิดการเคลื่อนตัว

ภาพที่ 51 การเคลื่อนตัว

4) รอยแตกร้าวตามขวาง (Transverse Crack) ใช้ในการตรวจสภาพสันเขื่อน

การตรวจสภาพแบ่งออกเป็น 4 ระดับ คือ



ระดับ 1 เกิดรอยร้าวมีความกว้างและความลึกเป็นทางยาว

ระดับ 3 เกิดรอยร้าวมีความกว้างและความลึกบางจุด

ระดับ 4 เกิดรอยร้าว

ระดับ 5 ไม่เกิดรอยร้าว

ภาพที่ 52 รอยแตกร้าวตามขวาง

5) รอยแตกร้าวตามยาว (Longitudinal Crack) ใช้ในการตรวจสภาพสันเขื่อน

การตรวจสภาพแบ่งออกเป็น 4 ระดับ คือ

ระดับ 2 เกิดรอยร้าวมีความกว้างและความลึกเป็นทางยาว

ระดับ 3 เกิดรอยร้าวมีความกว้างและความลึกบางจุด

ระดับ 4 เกิดรอยร้าว

ระดับ 5 ไม่เกิดรอยร้าว

ภาพที่ 53 รอยแตกร้าวตามยาว

6) การทรุดตัว (Settlement) ใช้ในการตรวจสภาพสันเขื่อน ลาดเขื่อน ฐานเขื่อน อาคารคอนกรีต พื้น กำแพง คลองส่งน้ำ/ระบายน้ำ ส่วนควบคุมน้ำ และสะพาน

การตรวจสภาพแบ่งออกเป็น 4 ระดับ คือ

ดิน[1]

ระดับ 2 ทรุดตัวประมาณเอว/ >เอว
ระดับ 3 ทรุดตัวลึกประมาณเข่า/ >แต่ไม่ถึงเอว
ระดับ 4 ทรุดตัวลึกประมาณข้อเท้า/ >แต่ไม่ถึงเข่า
ระดับ 5 ไม่เกิดการทรุดตัว

อาคารคอนกรีต[2]

ระดับ 2 ทรุดตัวมากกว่า 5 ซม.
ระดับ 3 ทรุดตัวอยู่ระหว่าง 2-5 ซม.
ระดับ 4 ทรุดตัวน้อยกว่า 2 ซม.
ระดับ 5 ไม่เกิดการทรุดตัว

ระดับ 2 ทรุดตัวประมาณเอว/ เอว

ระดับ 3 ทรุดตัวลึกประมาณเข่า/ >แต่ไม่ถึงเอว

ระดับ 4 ทรุดตัวลึกประมาณข้อเท้า/ >แต่ไม่ถึงเข่า

ระดับ 5 ไม่เกิดการทรุดตัว

ภาพที่ 54 การทรุดตัวที่เป็นดิน

ระดับ 2 ทรุดตัวมากกว่า 5 ซม.

ระดับ 3 ทรุดตัวอยู่ระหว่าง 2-5 ซม.

ระดับ 4 ทรุดตัวน้อยกว่า 2 ซม.

ระดับ 5 ไม่เกิดการทรุดตัว

ภาพที่ 55 การทรุดตัวที่เป็นคอนกรีต

7) การบวมตัว (Heave) ใช้ในการตรวจสภาพพื้นอาคาร

การตรวจสภาพแบ่งออกเป็น 2 ระดับ คือ

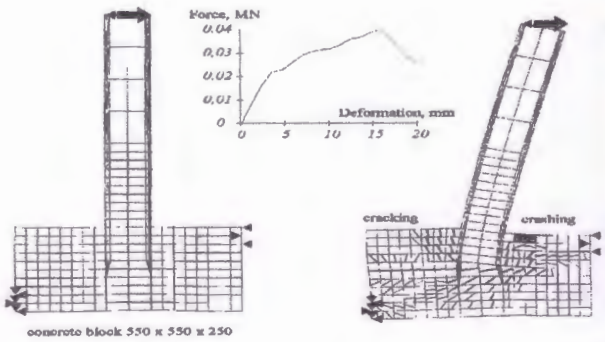
ระดับ 2 บวมตัว

ระดับ 5 ไม่บวมตัว

ภาพที่ 56 การบวมตัว

8) การเปลี่ยนรูป (Deformation) ใช้ในการตรวจสภาพตะแกรงกันสวะ และเสาอาคาร

การตรวจสภาพแบ่งออกเป็น 2 ระดับ คือ



ระดับ 2 เกิดการเปลี่ยนรูป

ระดับ 5 ไม่เกิดการเปลี่ยนรูป

ภาพที่ 57 การเปลี่ยนรูป

9) การระบายน้ำ (Drainage) ใช้ในการตรวจสภาพฐานเขื่อน ส่วนทางน้ำออก/ลำเลียงน้ำ และส่วนสลายพลังงาน

การตรวจสภาพแบ่งออกเป็น 4 ระดับ คือ

ระดับ 1 ท่อระบายน้ำ/รางระบายอุดตันไม่สามารถระบายน้ำได้โดยสิ้นเชิง

ระดับ 2 น้ำขุ่นแต่ไม่เกิดการอุดตัน

ระดับ 3 น้ำไหลมีตะกอน แต่ไม่เกิดการอุดตัน

ระดับ 5 สภาพดี/น้ำไหลปกติ

ภาพที่ 58 การระบายน้ำ

10) การซึม (Seepage) ใช้ในการตรวจสภาพองค์ประกอบเขื่อนที่เป็นดิน ได้แก่ ลาดเขื่อนด้านท้ายน้ำ ฐานยันเขื่อน ฐานเขื่อน และคลองส่งน้ำ/ระบายน้ำ ที่เป็น ***"คลองดิน"***

การตรวจสภาพแบ่งออกเป็น 4 ระดับ คือ

ระดับ 2 เกิดการซึมและมีการไหลรวม

ระดับ 3 เกิดการซึมเป็นความยาวมากกว่า 30 %

ระดับ 4 เกิดการซึมเป็นความยาวน้อยกว่า 30 %

ระดับ 5 ไม่เกิดการซึม

ภาพที่ 59 การซึม

สภาพการซึมขององค์ประกอบนั้น จะตรวจสภาพสำหรับองค์ประกอบที่เป็นดินเท่านั้น เช่น ลาดเขื่อน คลองระบายน้ำ/ส่งน้ำ และจะพิจารณาเป็นความยาวตามองค์ประกอบ เช่น ถ้าพิจารณาลาดเขื่อนในการตรวจสภาพลาดเขื่อนนั้น ให้ทำการตรวจสภาพทุกๆ 100 เมตร ดังสภาพที่ 60 เพราะฉะนั้น ถ้าเกิดการซึมเป็นความยาวน้อยกว่า 30% หมายถึง เกิดการซึมเป็นทางยาวน้อยกว่า 30 เมตร วิธีการสังเกตว่ามีการซึมหรือไม่ ให้สังเกตุจากวัชพืชที่ขึ้นบริเวณนั้น ว่าขึ้นตลอดทั้งปีหรือไม่ ถ้าขึ้นตลอดทั้งปี แสดงว่าบริเวณนั้นมีการซึม และลักษณะการซึม จะซึมบริเวณส่วนล่างของลาดเขื่อน ดังภาพที่ 60

ภาพที่ 60 การพิจารณาสภาพการซึม

11) การรั่ว (Leakage) ใช้กับอาคารที่เป็น "***คอนกรีต***" ได้แก่ รางระบายน้ำ (ฐานเขื่อน) พื้นกำแพง

การตรวจสภาพแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ

ระดับ 2 เกิดการรั่วและมีน้ำไหลพุ่งออกมา

ระดับ 3 เกิดการรั่วและมีน้ำไหลซึม

ระดับ 5 ไม่เกิดการรั่ว

<u>ภาพที่ 61</u> การรั่ว

12) การเลื่อนไถล (Sliding) ใช้ในการตรวจสภาพลาดเขื่อน ฐานยันเขื่อน ฐานเขื่อน คลองส่งน้ำ/ระบายน้ำ

การตรวจสภาพแบ่งออกเป็น 2 ระดับ คือ

ระดับ 2 เกิดการเลื่อนไถล

ระดับ 5 ไม่เกิดการเลื่อนไถล

<u>ภาพที่ 62</u> การเลื่อนไถล

13) การเสื่อมสภาพ (Deterioration) ใช้ในการตรวจสภาพฐานยันเขื่อน ฐานเขื่อน คลองชักน้ำ ประตูกั้นน้ำ คลองส่งน้ำ/ระบายน้ำ อุปกรณ์ไฟฟ้า และอุปกรณ์เครื่องกล

การตรวจสภาพแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ

ระดับ 1 เกิดการเสื่อมสภาพใช้งานไม่ได้
ระดับ 3 เกิดการเสื่อมสภาพใช้งานได้
ระดับ 5 ไม่เกิดการเสื่อมสภาพ

ระดับ 1 เกิดการเสื่อมสภาพใช้งานไม่ได้

ระดับ 3 เกิดการเสื่อมสภาพใช้งานได้

ระดับ 5 ไม่เกิดการเสื่อมสภาพ

ภาพที่ 63 การเสื่อมสภาพ

ตัวอย่างการเสื่อมสภาพของวัสดุป้องกันลาดดังภาพที่ 64 หินทิ้งบริเวณลาดเขื่อนที่มีคุณสมบัติไม่เหมาะสมในการใช้ป้องกันลาดเขื่อน ซึ่งแบบบันทึกการตรวจสภาพที่ใช้ในปัจจุบันยังไม่ได้พิจารณาในเรื่องการเสื่อมสภาพในองค์ประกอบลาดเขื่อนเหนือน้ำและท้ายน้ำ แต่ลักษณะของหินดังภาพสามารถใช้ในการตรวจสภาพคลองส่งน้ำ/ระบายน้ำที่เป็นหินเรียงหรือหินทิ้งได้

ภาพที่ 64 การเสื่อมสภาพของหิน

14) ความทนทาน (Durability) ใช้ในการตรวจสภาพผิวจราจรบนสันเขื่อน

การตรวจสภาพแบ่งออกเป็น 4 ระดับ คือ

ระดับ 1 เกิดร่องล้อ/ผิวจราจรสูญเสียกำลัง

ระดับ 3 เกิดเป็นแอ่งน้ำ

ระดับ 4 ผิวจราจรหลุดร่อน

ระดับ 5 ผิวจราจรปกติ

ภาพที่ 65 ความทนทาน

15) รอยแตกร้าว (Crack) ใช้ในการตรวจสภาพองค์ประกอบเชื่อนที่เป็นคอนกรีต เช่น พื้นและกำแพง

การตรวจสภาพแบ่งออกเป็น 4 ระดับ คือ

ระดับ 2 เกิดรอยร้าวมีความกว้างและความลึกเป็นทางยาว

ระดับ 3 เกิดรอยร้าวมีความกว้างและความลึกบางจุด

ระดับ 4 เกิดรอยร้าว

ระดับ 5 ไม่เกิดรอยร้าว

ภาพที่ 66 รอยแตกร้าว

16) รูโพรง (Hole) ใช้ในการตรวจสภาพสันเขื่อน ลาดเขื่อน ฐานเขื่อน กำแพงด้านนอกและคลองส่งน้ำ/ระบายน้ำที่เป็นดิน/หิน

การตรวจสภาพแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ

ระดับ 2 มีรูโพรงลึกมากกว่าเข่า

ระดับ 3 มีรูโพรงลึกน้อยกว่าเข่า

ระดับ 5 ไม่มีรูโพรง

ภาพที่ 67 รูโพรง

17) ต้นไม้/วัชพืช (Tree/Weed)

17.1) ต้นไม้ การตรวจสภาพแบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ

ระดับ 1 ต้นไม้ สูงกว่าหัว

ระดับ 2 ต้นไม้ สูงกว่าเอว

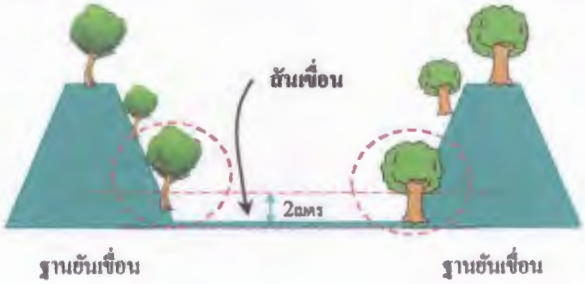
ระดับ 3 ต้นไม้ ต่ำกว่าเอว

ระดับ 4 ต้นไม้ต่ำกว่าเข่า

ระดับ 5 ไม่มีต้นไม้

ภาพที่ 68 สภาพต้นไม้

ต้นไม้ที่ขึ้นอยู่บริเวณฐานยัน ให้พิจารณาต้นไม้ที่มีความสูงจากระดับสันเขื่อนไม่เกิน 2 เมตร เนื่องจากต้นไม้ที่อยู่เกิน 2 เมตร จะไม่ส่งผลกระทบต่อตัวเขื่อนในด้านความเสียหาย



ภาพที่ 69 สภาพต้นไม้บริเวณฐานยันเขื่อน

17.2) วัชพืช การตรวจสภาพแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ

ระดับ 1 มีวัชพืช ปกคลุม มากกว่า 50% ของพื้นที่

ระดับ 3 วัชพืช ปกคลุม น้อยกว่า 50% ของพื้นที่

ระดับ 5 ไม่มีวัชพืช

ภาพที่ 70 สภาพวัชพืช

18) สภาพการใช้งาน (Workability) ใช้ในการตรวจสภาพอุปกรณ์เครื่องกล อุปกรณ์ไฟฟ้า และ Gate การตรวจสภาพแบ่งออกเป็น 2 ระดับ คือ

ระดับ 2 ใช้งานไม่ได้

ระดับ 5 ใช้งานได้

ภาพที่ 71 สภาพการใช้งานได้

19) สิ่งกีดขวางทางน้ำ ใช้ในการตรวจสภาพอาคารรับน้ำ ตะแกรงกันสวะ ท่อลำเลียงน้ำ พื้นของส่วนทางน้ำเข้า ส่วนลำเลียงน้ำ/ส่วนสลายพลังงาน คลองส่งน้ำ/ระบายน้ำ และส่วนควบคุมน้ำของอาคารระบายน้ำล้น

การตรวจสภาพแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ

ระดับ 1 มีสิ่งกีดขวางทางน้ำ และขวางทางเดินน้ำทั้งหมด

ระดับ 3 มีสิ่งกีดขวางทางน้ำ แต่ปิดขวางทางเดินน้ำบางส่วน

ระดับ 5 ไม่มีสิ่งกีดขวางทางน้ำ

ภาพที่ 72 สิ่งกีดขวางทางน้ำ

20) ระบบรักษาความปลอดภัย (Security System) ใช้ในการตรวจสภาพการจราจรบนสันเขื่อน การอาคารควบคุมต่างๆ

การตรวจสภาพแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ

ระดับ 1 ไม่มีระบบรักษาความปลอดภัย

ระดับ 2 มีระบบรักษาความปลอดภัย แต่ใช้การไม่ได้

ระดับ 5 มีระบบรักษาความปลอดภัย ใช้การได้

ภาพที่ 73 ระบบรักษาความปลอดภัย

3.4 จัดทำแบบบันทึกการตรวจสภาพเชื่อน

ในการออกตรวจสภาพเขื่อน สิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งคือ แบบบันทึกการตรวจสภาพ เป็นตารางรายการที่ประกอบด้วยองค์ประกอบเขื่อนและสภาพ ดังหัวข้อที่ 2 และ 3 ตามลำดับ แบบรายการนี้ใช้ในการตรวจสภาพ เพื่อต้องการรู้ว่า องค์ประกอบเขื่อนต่างๆ มีสภาพเป็นอย่างไร โดยการให้คะแนนสภาพ เพื่อที่จะ

นำไปใช้ในการคำนวณหาค่าดัชนีสภาพเขื่อนต่อไป แบบบันทึกการตรวจสภาพเขื่อนนี้ สามารถนำไปใช้ในการตรวจสภาพเขื่อนขนาดกลาง และขนาดเล็ก แต่เมื่อผู้ใช้มีความชำนาญและเข้าใจ สามารถประยุกต์ใช้กับเขื่อนขนาดใหญ่ได้ จากการศึกษาองค์ประกอบเขื่อนขนาดใหญ่ที่กรมชลประทานรับผิดชอบแล้ว พบว่าส่วนใหญ่สามารถนำแบบบันทึกการตรวจสภาพเขื่อนไปใช้ได้เช่นเดียวกัน ยกเว้น เขื่อนกิ่วลม เขื่อนกิ่วคอหมา เขื่อนแควน้อย และเขื่อนขุนด่านปราการชล ที่ต้องจัดทำแบบบันทึกการตรวจสภาพเขื่อนแตกต่างกัน ส่วนความปลอดภัยเขื่อน สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ ได้จัดทำแบบบันทึกการตรวจสภาพเขื่อนสำหรับเขื่อนขนาดใหญ่ จำนวน 23 เขื่อน แยกไว้แล้ว เพราะเขื่อนขนาดใหญ่มีลักษณะเฉพาะ มีองค์ประกอบมากกว่าเขื่อนขนาดกลางและขนาดเล็ก มีความซับซ้อนมากกว่า โดยปกติแบบบันทึกการตรวจสภาพเขื่อนทำเพียงครั้งเดียวสามารถใช้งานได้ตลอด นอกเสียจากมีการปรับปรุง เพิ่ม และเปลี่ยนรูปแบบของเขื่อนและอาคารประกอบ เช่น เปลี่ยนอาคารระบายน้ำล้นจากฝายเป็นแบบมีบาน ฯลฯ ซึ่งส่วนความปลอดภัยเขื่อนได้เตรียมรายละเอียดอาคารประกอบและสภาพไว้ในส่วนนี้แล้ว เพียงปรับเปลี่ยนเท่านั้น แบบบันทึกการตรวจสภาพเขื่อน แสดงดังภาพที่ 74 แสดงหน้าปก แบ่งออกเป็นสองส่วนคือ ส่วนของรายละเอียดเขื่อนและส่วนของแบบทั่วไปเขื่อน สำหรับตัวอย่างของแบบบันทึกการตรวจสภาพขื่อนทั้งหมดดังเอกสารแนบท้าย

- หน้าปก

ในการตรวจสภาพแต่ละครั้ง ผู้ตรวจสภาพจำเป็นต้องกรอกรายละเอียดลักษณะของเขื่อนให้ครบถ้วน เพื่อไว้ใช้อ้างอิงเบื้องต้นในการตรวจสภาพในสนาม เช่น ระดับน้ำเก็บกักของเขื่อนและระดับน้ำในปัจจุบัน รายชื่อผู้เข้าร่วมตรวจสภาพ เป็นการอ้างอิงผลงานและใช้เกียรติกับผู้ร่วมตรวจสภาพ วันที่ที่ทำการตรวจสภาพใช้อ้างอิงสำหรับการตรวจสภาพครั้งต่อไป

- วิธีการใช้แบบบันทึกการตรวจสภาพ

รายการการตรวจสภาพในแบบบันทึกการตรวจสภาพเขื่อน แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนขององค์ประกอบที่ต้องแบ่งระยะในการตรวจสภาพ ได้แก่ สันเขื่อน ลาดเขื่อน และฐานยันเขื่อน กับองค์ประกอบอื่นๆ ที่ตรวจสภาพโดยรวม ดังภาพที่ 75 และ 76 ในรายการการตรวจสภาพของทุกองค์ประกอบจะให้คะแนนตั้งแต่ 1 ถึง 5 ซึ่งระดับ 5 ถือว่าตรวจองค์ประกอบใดๆ ในแต่ละสภาพมีสภาพปกติ ส่วนที่แรเงานั้น ไม่ต้องพิจารณา ดังเหตุผลที่ได้กล่าวมาแล้วก่อนหน้า และสามารถดูรายละเอียดเพิ่มเติมในส่วนท้ายของหน้ากระดาษซึ่งได้อธิบายขยายความไว้แล้ว ในบางหน้ากระดาษ อาจมีคำอธิบายสภาพไม่ครบ ให้เปิดไปหน้าก่อนหรือหลังหน้าที่กำลังตรวจสภาพ

1) *แบบแบ่งระยะการตรวจสภาพ* ให้ทำการแบ่งระยะการตรวจทุกๆ 100 เมตร องค์ประกอบที่ต้องแบ่งระยะในการตรวจสภาพได้แก่ สันเขื่อน ลาดเขื่อนเหนือน้ำ ท้ายน้ำ และฐานเขื่อน รายละเอียดของสภาพดูในส่วนล่างของหน้ากระดาษ

2) *แบบตรวจสภาพโดยรวม* แบ่งออกเป็น 3 ส่วนที่สำคัญคือ ส่วนรายการ ส่วนรายการสภาพ และหมายเหตุ ส่วนของรายการนั้น นอกเหนือจากการแบ่งระยะในหัวข้อแรกแล้ว ยังแบ่งองค์ประกอบของอาคารเป็น 2 ฝั่ง คือ ฝั่งซ้ายและฝั่งขวา ได้แก่ ฐานยันเขื่อนและกำแพงอาคารต่างๆ รายการแบบสุดท้ายคือ การพิจารณาในส่วนองค์ประกอบของอาคารที่ไม่มีและมองไม่เห็น ถ้าองค์ประกอบนั้นมีและสามารถมองเห็นได้ ก็ไม่ต้องพิจารณาในส่วนนี้ ข้อสำคัญ แบบบันทึกรายการตรวจสภาพเขื่อนนี้ เป็นแบบบันทึกทั่วไป ในกรณีที่

โครงการต่างๆ ได้รับไฟล์ไปแล้ว สามารถตัดองค์ประกอบที่ไม่มีและลบ “☐ ไม่มี” ในช่องรายการออกได้ เพราะฉะนั้น บางเขื่อนอาจจะมีองค์ประกอบที่ต้องตรวจสภาพไม่ครบทั้งหมด

- สภาพในแต่ละองค์ประกอบ

ในแต่ละองค์ประกอบจะประกอบไปด้วยสภาพต่างๆ ซึ่งองค์ประกอบต่างๆ นั้น ได้ใส่สภาพที่จะต้องตรวจทั้งส่วนองค์ประกอบที่เป็นดินและคอนกรีตรวมกันไว้ เช่น คลองส่งน้ำ/คลองระบายน้ำ หรือในองค์ประกอบท่อลำเลียงน้ำ ได้ใส่หมายเลขไว้ในช่องกัดเซาะเป็นเลข 2 และ 3 ซึ่งหมายเลข 2 นั้นสำหรับท่อที่เป็นท่อคอนกรีต ส่วนหมายเลข 3 นั้น สำหรับท่อที่เป็นท่อเหล็ก เพราะฉะนั้น ผู้ตรวจสภาพจำเป็นต้องรู้ว่าท่อลำเลียงที่ตรวจสภาพนั้นเป็นท่อคอนกรีตหรือท่อเหล็ก เพื่อที่จะได้พิจารณาความหมายของสภาพได้ถูกต้อง เป็นต้น ยกตัวอย่างดังภาพที่ 77 แสดงองค์ประกอบที่เป็นคลองส่งน้ำ

แบบบันทึกการตรวจสภาพเขื่อน

ส่วนความปลอดภัยเขื่อน

กรมชลประทาน

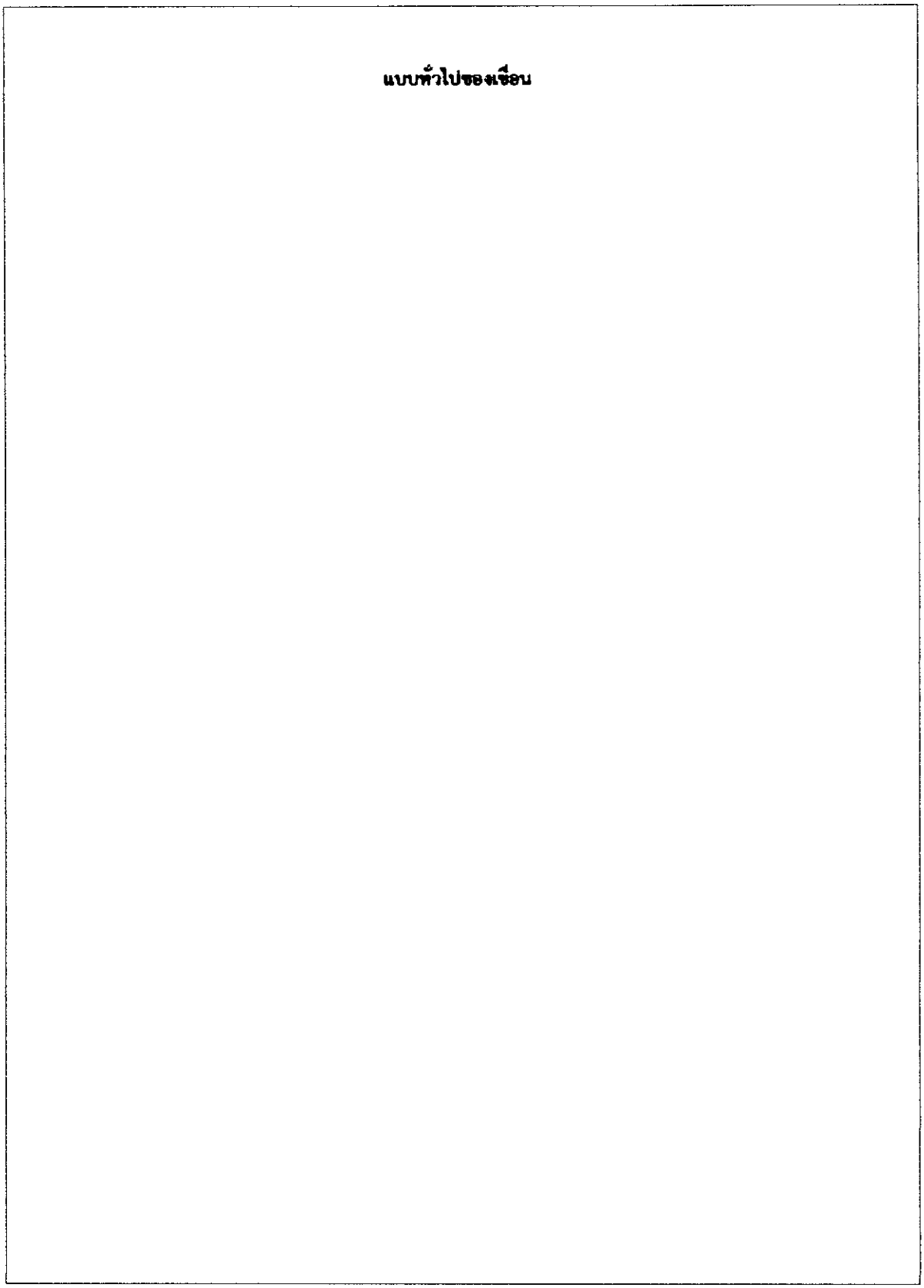
ชื่อเขื่อน :		รหัสเขื่อน :	
ที่ตั้งเขื่อน บ้าน :	ตำบล :	อำเภอ :	จังหวัด :
ความยาวเขื่อน (เมตร)	ความสูงเขื่อน (เมตร)	ความกว้างสันเขื่อน (เมตร)	
ปริมาตรความจุ : ล้าน ลบ.ม.	ปริมาตรน้ำ ณ วันที่ตรวจ :		
ต่ำสุด	ปกติ	สูงสุด	
ระดับต่างๆ : เมตร รทม.	ระดับน้ำ ณ วันที่ตรวจ :		
ระดับน้ำต่ำสุด	ระดับน้ำเก็บกักปกติ	ระดับน้ำที่สันเขื่อนสูงสุด	
ระดับสันเขื่อน			
โครงการที่รับผิดชอบ :		ตำแหน่งประเภทที่ :	
หัวหน้าโครงการ :		ผู้ดูแลรับผิดชอบเขื่อน :	
โทรศัพท์ :	โทรสาร :	มือถือ :	

รายชื่อผู้ร่วมการตรวจสภาพเขื่อน :

ชื่อ - นามสกุล	ตำแหน่ง	ลายมือ
วันที่ทำการตรวจสภาพเขื่อน :		
สภาพอากาศ ณ วันที่ตรวจ :		
ผู้แทน ณ วันที่ตรวจ :		

(.....)

วันที่



ภาพที่ 74 หน้าปกแบบบันทึกรายการตรวจสภาพเชื่อน

1. เขื่อน (Dam) : 1.1 ตัวเขื่อน (Dam Body) : *1.1.1* ***สันเขื่อน (Crest)***

รายการ		รอยแตกร้าวตามขวาง					รอยแตกร้าวตามยาว					การทรุดตัว[1]					ความทนทาน					รูโพรง					ต้นไม้				
จาก (กม.)	ถึง (กม.)	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

รายการ		วัชพืช					ระบบรักษาความปลอดภัย					หมายเหตุ
จาก (กม.)	ถึง (กม.)	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	

หมายเหตุ

รอยแตกร้าวตามขวาง	(1) เกิดรอยแตกร้าวมีความกว้างและความลึกเป็นทางยาว (3) เกิดรอยแตกร้าวมีความกว้างและความลึกบางจุด (4) เกิดรอยร้าว (5) ไม่เกิดรอยแตกร้าว
รอยแตกร้าวตามยาว	(2) เกิดรอยแตกร้าวมีความกว้างและความลึกเป็นทางยาว (3) เกิดรอยแตกร้าวมีความกว้างและความลึกบางจุด (4) เกิดรอยร้าว (5) ไม่เกิดรอยแตกร้าว
การทรุดตัว[1]	(2) ทรุดตัวประมาณเอว/ >เอว (3) ทรุดตัวลึกประมาณเข่า/ >แต่ไม่ถึงเอว (4) ทรุดตัวลึกประมาณข้อเท้า/ >แต่ไม่ถึงเข่า (5) ไม่เกิดการทรุดตัว
ความทนทาน	(1) เกิดร่องล้อ/ผิวจราจรสูญเสียกำลัง (3) เกิดเป็นแอ่งน้ำ (4) ผิวจราจรหลุดร่อน (5) ไม่เกิดร่องล้อ
รู โพรง	(2) มีรูโพรงลึกมากกว่าเขา (4) มีรูโพรงลึกน้อยกว่าเขา (5) ไม่มีรูโพรง
ต้นไม้	(1) ต้นไม้สูงกว่าหัว (2) ต้นไม้สูงกว่าเอว (3) ต้นไม้สูงต่ำกว่าเอว (4) ต้นไม้ต่ำกว่าเข่า (5) ไม่มีต้นไม้
วัชพืช	(2) มีวัชพืชปกคลุมมากกว่า 50% ของพื้นที่ (4) มีวัชพืชปกคลุมน้อยกว่า 50% ของพื้นที่ (5) ไม่มีวัชพืชปกคลุม
ระบบรักษาความปลอดภัย	(1) ไม่มีระบบรักษาความปลอดภัย (2) มีระบบรักษาความปลอดภัย แต่ใช้การไม่ได้ (5) มีระบบรักษาความปลอดภัย ใช้การได้

ภาพที่ 75 รายการการตรวจสภาพเขื่อนแบบแบ่งระยะการตรวจ

2. อาคารส่งน้ำ/ระบายน้ำ (Outlets) : 2.1 ท่อระบายน้ำลงลำน้ำเดิม (River Outlet) : 2.1.1 ส่วนทางน้ำเข้า : 2.1.1.1 ***คลองชักน้ำ*** ☐ ***ไม่มีท่อระบายน้ำลงลำน้ำเดิม***

รายการ	การกัดเซาะ [1]					การเลื่อนไถล					การเสื่อมสภาพ					ต้นไม้					วัชพืช					สิ่งกีดขวางทางน้ำ				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
☐ มองไม่เห็น		■		■		■		■	■			■		■							■		■				■		■	

2. อาคารส่งน้ำ/ระบายน้ำ (Outlets) : 2.1 ท่อระบายน้ำลงลำน้ำเดิม (River Outlet) : 2.1.1 ส่วนทางน้ำเข้า : 2.1.1.2 อาคารรับน้ำ (Intake) : 2.1.1.2.1 ***ฝายและทำนบ***

รายการ	การกัดเซาะ [2]					การเคลื่อนตัว					การทรุดตัว [2]					รอยแตกร้าว					สิ่งกีดขวางทางน้ำ					หมายเหตุ
☐ ไม่มี	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
☐ มองไม่เห็น		■		■		■		■	■		■					■						■		■		

2. อาคารส่งน้ำ/ระบายน้ำ (Outlets) : 2.1 ท่อระบายน้ำลงลำน้ำเดิม (River Outlet) : 2.1.1 ส่วนทางน้ำเข้า : 2.1.1.2 อาคารรับน้ำ (Intake) : 2.1.1.2.2 ***ตะแกรง (Trashrack)***

รายการ	การกัดเซาะ [3]					การเปลี่ยนรูป					สิ่งกีดขวางทางน้ำ					หมายเหตุ
☐ ไม่มี	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
☐ มองไม่เห็น		■		■		■		■	■			■		■		

2. อาคารส่งน้ำ/ระบายน้ำ (Outlets) : 2.1 ท่อระบายน้ำลงลำน้ำเดิม (River Outlet) : 2.1.1 ส่วนทางน้ำเข้า : 2.1.1.2 อาคารรับน้ำ (Intake) : 2.1.1.2.3 ***ประตูท้ายน้ำ (Bulkhead)***

รายการ	การกัดเซาะ [3]					การเสื่อมสภาพ [2]					สภาพการใช้งาน					หมายเหตุ
☐ ไม่มี	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
☐ มองไม่เห็น		■		■			■		■			■	■	■		

2. อาคารส่งน้ำ/ระบายน้ำ (Outlets) : 2.1 ท่อระบายน้ำลงลำน้ำเดิม (River Outlet) : 2.1.2 ส่วนท่อลำเลียงน้ำ : 2.1.2.1 ***ท่อลำเลียงน้ำ***

รายการ	การกัดเซาะ [2,3]					การรั่ว					รอยแตกร้าว					สิ่งกีดขวางทางน้ำ					หมายเหตุ
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
☐ มองไม่เห็น		■		■		■			■		■						■		■		

2. อาคารส่งน้ำ/ระบายน้ำ (Outlets) : 2.1 ท่อระบายน้ำลงลำน้ำเดิม (River Outlet) : 2.1.3 ส่วนควบคุมน้ำ : 2.1.3.1 ***อาคารควบคุม***

รายการ	การกัดเซาะ [2]					การทรุดตัว [2]					การรั่ว					รอยแตกร้าว					ระบบรักษาความปลอดภัย					หมายเหตุ
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
☐ มองไม่เห็น		■		■		■					■			■		■							■	■		

2. อาคารส่งน้ำ/ระบายน้ำ (Outlets) : 2.1 ท่อระบายน้ำลงลำน้ำเดิม (River Outlet) : 2.1.3 ส่วนควบคุมน้ำ : 2.1.3.2 ***อุปกรณ์เครื่องกล***

รายการ	การกัดเซาะ [3]					การเสื่อมสภาพ [2]					สภาพการใช้งาน					หมายเหตุ
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
☐ มองไม่เห็น		■		■			■		■			■	■	■		

หมายเหตุ

การกัดเซาะ [1]	(1) กัดเซาะเสียหาย >50% (3) กัดเซาะเสียหาย < 50% (5) ไม่เกิดการกัดเซาะ
การเลื่อนไถล	(2) เกิดการเลื่อนไถล (5) ไม่เกิดการเลื่อนไถล
การเสื่อมสภาพ [2]	(1) เกิดการเสื่อมสภาพใช้งานไม่ได้ (3) เกิดการเสื่อมสภาพใช้งานได้ (5) ไม่เกิดการเสื่อมสภาพ
ต้นไม้	(1) ต้นไม้สูงกว่าหัว (2) ต้นไม้สูงกว่าเอว (3) ต้นไม้สูงต่ำกว่าเอว (4) ต้นไม้ต่ำกว่าเข่า (5) ไม่มีต้นไม้
วัชพืช	(2) มีวัชพืชปกคลุมมากกว่า 50% ของพื้นที่ (4) มีวัชพืชปกคลุมน้อยกว่า 50% ของพื้นที่ (5) ไม่มีวัชพืชปกคลุม
สิ่งกีดขวางทางน้ำ	(1) มีสิ่งกีดขวางทางน้ำ และขวางทางเดินน้ำทั้งหมด (3) มีสิ่งกีดขวางทางน้ำ แต่ปิดขวางทางเดินน้ำบางส่วน (5) ไม่มีสิ่งกีดขวางทางน้ำ
การกัดเซาะ [2]	(1) กัดกร่อนเห็นเนื้อเหล็ก (3) เกิดการกัดกร่อน (5) ไม่เกิดการกัดกร่อน
การเคลื่อนตัว	(2) เกิดการเคลื่อนตัว (5) ไม่เกิดการเคลื่อนตัว
การทรุดตัว [2]	(2) ทรุดตัว > 5 ซม. (3) ทรุดตัวลึกอยู่ระหว่าง 2-5 ซม. (4) ทรุดตัว < 2 ซม. (5) ไม่เกิดการทรุดตัว
รอยแตกร้าว	(2) เกิดรอยร้าวมีความกว้างและความลึกเป็นทางยาว (3) เกิดรอยร้าวมีความกว้างและความลึกบางจุด (4) เกิดรอยร้าวเนื่องจากอุณหภูมิ (5) ไม่เกิดรอยร้าว
การกัดเซาะ [3]	(1) เกิดสนิมกัดกร่อนถึงเนื้อใน (3) เกิดสนิมที่ผิวเหล็ก (5) ไม่เกิดสนิม
การเปลี่ยนรูป	(2) เกิดการเปลี่ยนรูป (5) ไม่เกิดการเปลี่ยนรูป
สภาพการใช้งาน	(1) ใช้งานไม่ได้ (5) ใช้งานได้
การรั่ว	(2) เกิดการรั่วและมีน้ำไหลพุ่งออกมา (3) เกิดการรั่วและมีน้ำไหลซึม (5) ไม่เกิดการรั่ว

<u>ภาพที่ 76</u> รายการการตรวจสภาพเชื่อนแบบตรวจสภาพโดยรวม

สมมุติว่าคลองส่งน้ำที่พิจารณาเป็นคลองคอนกรีต เพราะฉะนั้น สภาพที่ต้องพิจารณาจะตรวจสภาพเพียง การกัดเซาะ (เลข 2) การทรุดตัว (2) การรั่ว การเลื่อนไถล การเสื่อมสภาพ รอยแตกร้าว รูโพรง ต้นไม้ วัชพืช และสิ่งกีดขวางทางน้ำ เท่านั้น ส่วนสภาพที่ไม่พิจารณาได้แก่ การเกิดร่องน้ำ และการซึม ซึ่งผู้ตรวจสภาพสามารถระบายสีทึบในช่องดังกล่าว และแก้ไขตัวเลขในช่องการกัดเซาะและการทรุดตัวดังภาพที่ 78

เพราะฉะนั้น ผู้ตรวจสภาพจำเป็นต้องคำนึงถึงองค์ประกอบที่กำลังตรวจว่ามีลักษณะเป็นเช่นไร สภาพไหนที่ไม่สามารถตรวจสภาพได้ ผู้ตรวจสภาพไม่จำเป็นต้องให้คะแนน เช่น ฐานเขื่อนมีต้นไม้และวัชพืชขึ้นปกคลุมจนไม่สามารถตรวจสภาพได้ เพราะฉะนั้น สภาพที่ต้องให้คะแนนดังภาพที่ 79 คือกรอกคะแนนเฉพาะสภาพของต้นไม้และวัชพืชเท่านั้น

2. อาคารส่งน้ำ/ระบายน้ำ (Outlets) : 2.1 ท่อระบายน้ำลงลำน้ำเดิม (River Outlet) : 2.1.6 *ส่วนคลองระบายน้ำ*

รายการ	การกัดเซาะ[1,2]					การเกิดร่องน้ำ					การทรุดตัว[1]					การซึม					การรั่ว					การเลื่อนไถล				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
☐ มองไม่เห็น		■		■		■		■			■					■					■			■		■		■	■	

รายการ	การเสื่อมสภาพ[1]					รอยแตกร้าว					รูโพรง					ต้นไม้					วัชพืช					สิ่งกีดขวางทางน้ำ				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
		■		■		■					■		■								■		■				■		■	

ภาพที่ 77 ตัวอย่างการตรวจสภาพคลองส่งน้ำ

รายการ	การกัดเซาะ[2]					การเกิดร่องน้ำ					การทรุดตัว[2]					การซึม					การรั่ว					การเลื่อนไถล				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
☐ มองไม่เห็น		■		■		■		■			■					■					■			■		■		■	■	

รายการ	การเสื่อมสภาพ[2]					รอยแตกร้าว					รูโพรง					ต้นไม้					วัชพืช					สิ่งกีดขวางทางน้ำ				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
		■		■		■					■		■								■		■				■		■	

ภาพที่ 78 การแก้ไขคลองส่งน้ำในกรณีที่เป็นคลองคอนกรีต

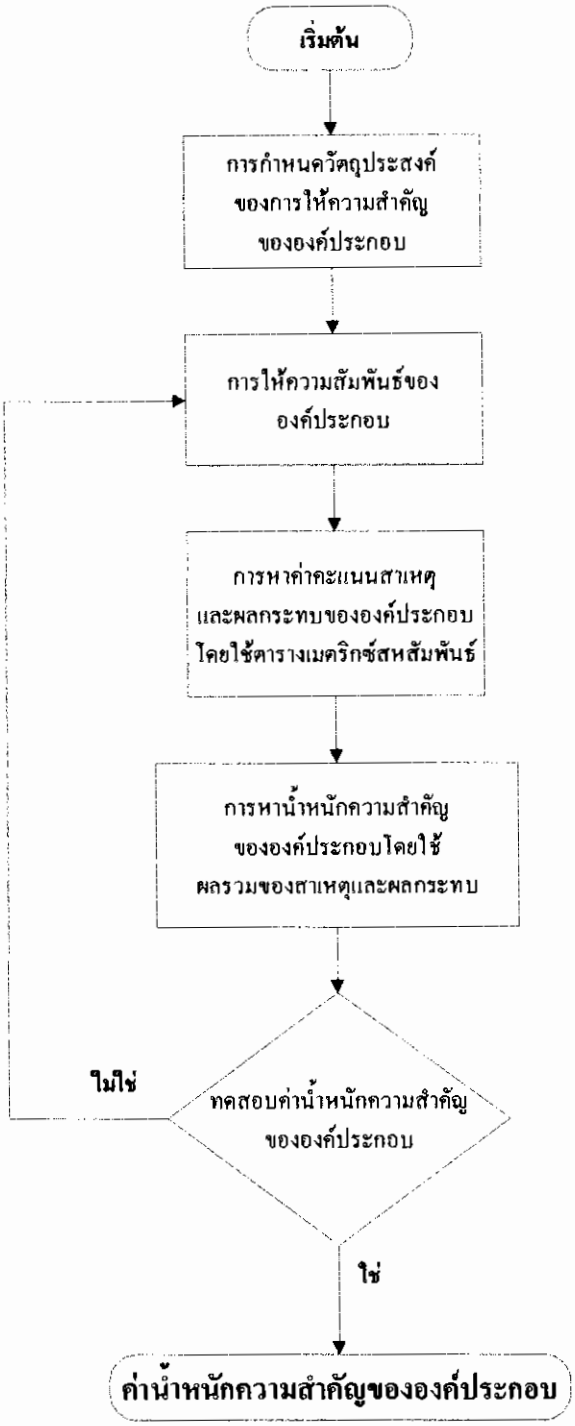
รายการ		การกัดเซาะ[1]					การทรุดตัว[1]					การซึม					การเลื่อนไถล					การเสื่อมสภาพ[1]					ต้นไม้				
จาก (กม.)	ถึง (กม.)	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
			■		■		■					■					■		■	■			■		■						
			■		■		■					■					■		■	■			■		■						

รายการ		วัชพืช					รูโพรง				
จาก (กม.)	ถึง (กม.)	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
		■		■			■		■		
		■		■			■		■		

ภาพที่ 79 ฐานเขื่อนไม่สามารถเข้าตรวจสภาพได้ เนื่องจากมีต้นไม้และวัชพืชขึ้น

3.5 การให้น้ำหนักความสำคัญขององค์ประกอบและสภาพ

ในการทราบค่าดัชนีสภาพของเขื่อนใดๆ ขั้นตอนที่มีความยุ่งยากและซับซ้อน คือการหาค่าน้ำหนักขององค์ประกอบและสภาพต่างๆ เพื่อใช้ในการจัดลำดับความสำคัญและประเมินสภาพ วิธีการหาค่าน้ำหนักได้แสดงไว้ในภาพที่ 80



ภาพที่ 80 แสดงขั้นตอนการหาค่าน้ำหนักขององค์ประกอบและสภาพ

3.5.1 การกำหนดวัตถุประสงค์ของการให้น้ำหนักและการแบ่งระดับองค์ประกอบ

การให้น้ำหนักความสำคัญเริ่มจากการนำองค์ประกอบและสภาพที่ได้ทำการพิจาณาแล้วเสร็จ มาแบ่งระดับขององค์ประกอบ จากลำดับที่ 1 ไปจนถึงระดับสุดท้าย การพิจารณาน้ำหนักความสำคัญเริ่มจากองค์ประกอบลำดับที่ 1 โดยการให้ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบให้ตรงกับวัตถุประสงค์ตามที่กำหนด

- ลักษณะการพิบัติของเขื่อน (Dam Failure)
- การทำงาน (Function)
- ข้อกังวล

ตัวอย่างการแบ่งระดับขององค์ประกอบ ดังตารางที่ 4 แสดงให้เห็นการแบ่งองค์ประกอบของเขื่อนที่แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ซึ่งสอดคล้องกับหัวข้อที่ 2 ที่มีการแบ่งไว้อยู่ก่อนแล้ว เพียงแต่นำมาใส่ไว้ในตาราง เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณ องค์ประกอบอื่นๆ อาจมีมากกว่า 3 ระดับ

ตารางที่ 4 ตัวอย่างการแบ่งระดับขององค์ประกอบเขื่อน

องค์ประกอบระดับที่ 1	**องค์ประกอบระดับที่ 2**	**องค์ประกอบระดับที่ 3**
1. เขื่อน	1.1 ตัวเขื่อน	1.1.1 สันเขื่อน
		1.1.2 ลาดเขื่อนด้านเหนือน้ำ
		1.1.3 ลาดเขื่อนด้านท้ายน้ำ
	1.2 ฐานยัน	1.2.1 ฝั่งซ้าย
		1.2.2 ฝั่งขวา
	1.3 ฐานเขื่อน	

3.5.2 การกำหนดระดับคะแนนความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ

ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบสำหรับการให้น้ำหนักความสัมพันธ์ เมื่อทำการแบ่งองค์ประกอบแล้วเสร็จ จะเริ่มพิจารณาในการของการให้น้ำหนัก ซึ่งจะต้องกำหนดระดับคะแนน โดยแบ่งคะแนนที่ให้เป็น 5 ระดับ คือ

0 หมายถึง ไม่มีความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ
1 หมายถึง องค์ประกอบ A เสียหายทำให้องค์ประกอบ B เสียหายน้อยกว่า
2 หมายถึง องค์ประกอบ A เสียหายทำให้องค์ประกอบ B เสียหายเท่ากัน
3 หมายถึง องค์ประกอบ A เสียหายทำให้องค์ประกอบ B เสียหายมากกว่า
4 หมายถึง องค์ประกอบ A เสียหายทำให้องค์ประกอบ B พิบัติ

ยกตัวอย่างเช่น การพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างเขื่อนกับอาคารระบายน้ำล้น ถ้าเขื่อนเสียหายทำให้อาคารระบายน้ำล้นเสียหายน้อยกว่า เพราะอาคารระบายน้ำล้นส่วนใหญ่ไม่ได้ตั้งอยู่บนเขื่อน เป็นต้น

3.5.3 การให้ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ

ในแต่ละองค์ประกอบที่พิจารณา จะพิจารณาเป็นคู่ๆ ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ การหาค่าน้ำหนักความสัมพันธ์จะใช้ตารางเมตริกซ์สหสัมพันธ์เพื่อหาค่าคะแนนสาเหตุและคะแนนผลกระทบ จากนั้นทำรวมค่าคะแนนสาหตุและคะแนนผลกระทบที่ได้จากระดับความสัมพันธ์ แล้วจึงนำค่าที่ได้ทั้งสองมารวมกัน เพื่อหาค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละองค์ประกอบที่พิจารณา เมื่อได้ลำดับความสำคัญแล้ว ทำการพิจารณาค่าน้ำหนัก

ความสำคัญโดยผู้เชี่ยวชาญถึงความน่าเชื่อถือและความน่าจะเป็นของข้อมูล หากไม่สามารถยอมรับลำดับความสำคัญได้ ให้นำกลับไปพิจารณาใหม่ จนกว่าจะได้ค่าที่ยอมรับได้

ภาพที่ 81 แสดงตัวอย่างการแบ่งระดับขององค์ประกอบและการให้คะแนนความสัมพันธ์ในแต่ละองค์ประกอบที่พิจารณา ในที่นี้ได้แก่ เขื่อน (Dam) อาคารส่งน้ำ/ระบายน้ำ (Outlet) อาคารระบาน้ำล้น (Spillway) ยกตัวอย่างเช่น ถ้าเขื่อนเสียหายแล้ว อาคารส่งน้ำ/ระบายน้ำก็จะเสียหายด้วย แต่จะเสียหายน้อยกว่า เป็นต้น

องค์ประกอบ	เขื่อน	อาคารส่งน้ำ/ระบายน้ำ	อาคารระบายน้ำล้น	รวม
เขื่อน		3	3	6
อาคารส่งน้ำ/ระบายน้ำ	1		1	2
อาคารระบายน้ำล้น	1	1		2
รวม	**2**	**4**	**4**	

ภาพที่ 81 ตัวอย่างการหาค่าน้ำหนักความสำคัญของเขื่อน

3.5.4 ผลของค่าน้ำหนักและความสำคัญขององค์ประกอบ

จากผลการดำเนินงานของคณะทำงานฯ ได้ผลสรุปค่าน้ำหนักในแต่ละองค์ประกอบและสภาพ ซึ่งผู้ใช้งานสามารถนำค่าที่ได้ดังกล่าวไปใช้ โดยไม่ต้องเสียเวลาในการให้ค่าถ่วงน้ำหนักใหม่ ตัวอย่างค่าน้ำหนักและคะแนนความสำคัญขององค์ประกอบ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 วิธีการหาค่าน้ำหนักและคะแนนความสำคัญขององค์ประกอบเขื่อน

ลำดับที่	องค์ประกอบ	คะแนนสาเหตุ	คะแนนผลกระทบ	รวม	คะแนนความสำคัญ
1	เขื่อน	2	6	8	**0.40**
2	อาคารส่งน้ำ/ระบายน้ำ	4	2	6	**0.30**
3	อาคารระบายน้ำล้น	4	2	6	**0.30**
				20	**1.00**

จากตารางที่ 5 พบว่า ในองค์ประกอบระดับที่ 1 จะให้คะแนนความสำคัญของเขื่อนมากที่สุด คือ 40% และให้คะแนนความสำคัญของอาคารส่งน้ำ/ระบายน้ำเท่ากับอาคารระบายน้ำล้น ในส่วนของค่าถ่วงน้ำหนักและความสำคัญของสภาพมีวิธีการหาเช่นเดียวกัน ดังตัวอย่างตารางที่ 6 และ 7 เป็นตัวอย่างการหาค่าน้ำหนักและคะแนนความสำคัญของสันเขื่อน

ตารางที่ 6 การให้คะแนนสาเหตุและผลกระทบของสภาพของสันเขื่อน

สภาพ	รอยแตกร้าวตามขวาง	รอยแตกร้าวตามยาว	การทรุดตัว	ความทนทาน	รูโพรง	ต้นไม้	วัชพืช	ระบบรักษาความปลอดภัย	รวม
รอยแตกร้าวตามขวาง		1	2	1	0	2	0	0	6
รอยแตกร้าวตามยาว	1		2	1	0	1	0	0	5
การทรุดตัว	1	1		1	2	0	0	1	6
ความทนทาน	0	0	0		0	0	0	1	1
รูโพรง	2	2	1	1		2	0	0	8
ต้นไม้	0	0	0	0	0		0	0	0
วัชพืช	1	1	0	0	0	0		0	2
ระบบรักษาความปลอดภัย	0	0	0	0	0	0	0		0
รวม	5	5	5	4	2	5	0	2	

ผลการให้คะแนนลำดับความสำคัญของสภาพของสันเขื่อน พบว่า เปอร์เซ็นต์ความสำคัญ เมื่อสันเขื่อนเกิดรอยแตกตามขวางและการทรุดตัว จะมีค่ามากที่สุด คือ 20% หมายความว่า เมื่อพบสภาพดังกล่าวบริเวณสันเขื่อน จะเกิดข้อกังวลเกี่ยวกับความเสียหายมากที่สุด

ตารางที่ 7 วิธีการหาค่าน้ำหนักและคะแนนความสำคัญของสภาพขององค์ประกอบสันเขื่อน

ลำดับที่	สภาพ	คะแนนสาเหตุ	คะแนนผลกระทบ	รวม	คะแนนความสำคัญ
1	รอยแตกร้าวตามขวาง	5	6	11	0.20
2	รอยแตกร้าวตามยาว	5	5	10	0.18
3	การทรุดตัว	5	6	11	0.20
4	ความทนทาน	4	1	5	0.09
5	รูโพรง	2	8	10	0.18
6	ต้นไม้	5	0	5	0.09
7	วัชพืช	0	2	2	0.04
8	ระบบรักษาความปลอดภัย	2	0	2	0.04
			รวม	56	1.00

สำหรับรายละเอียดอื่นๆ ของแต่ละองค์ประกอบและสภาพ ไม่สามารถนำมาแสดงไว้ได้ เนื่องจากมีรายละเอียดค่อนข้างมาก ผู้ใช้สามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากโปรแกรมการคำนวณหาค่าดัชนีสภาพ

3.6 การพัฒนาโปรแกรมสำหรับคำนวณค่าดัชนีสภาพ (CI Toolkit)

การคำนวณค่าดัชนีสภาพของเขื่อนต่างๆ จำเป็นต้องมีไฟล์และโปรแกรมของส่วนความปลอดภัยเขื่อน ซึ่งได้ใช้ระยะเวลาในการพัฒนาเกือบ 2 ปี โดยอาศัยการฝึกอบรมของส่วนความปลอดภัยเขื่อนในปี 2553 กับผู้เข้าการฝึกอบรมแก้ไข ปรับปรุง และเพิ่มเติมให้สมบูรณ์ขึ้น โดยได้ทำการทดสอบกับเขื่อนขนาดใหญ่ทั้ง 23 เขื่อน ปัจจุบันได้พัฒนาแบบบันทึกการตรวจสภาพเขื่อนและโปรแกรมคำนวณ โดยได้ทำตารางคำนวณอย่างง่ายๆ ในโปรแกรมสเปรดชีต (MS.Excel) ซึ่งผู้ใช้ทั่วไปสามารถปรับแก้ หรือนำไปพัฒนาต่อได้ ในชุดประกอบด้วย

1) แบบบันทึกการตรวจสภาพเขื่อน ชื่อไฟล์ Checklist CL v.4.00
2) หน้าปกแบบบันทึกการตรวจสภาพเขื่อน ชื่อไฟล์ Cover
3) โปรแกรมสเปรดชีต ชื่อไฟล์ Used Weight v.4.00 ในไฟล์จะประกอบด้วย sheet ต่างๆ ดังนี้
   3.1) Conclusion เป็นชีตที่สรุปค่าดัชนีสภาพของเขื่อน
   3.2) Calculation เป็นชีตที่ใช้ในการคำนวณสภาพเขื่อน
   3.3) Condition Weight เป็นชีตที่คำนวณคะแนนความสำคัญของสภาพต่างๆ แบ่งเป็นแต่ละองค์ประกอบเขื่อน
   3.4) Component Weight เป็นชีตที่คำนวณคะแนนความสำคัญขององค์ประกอบเขื่อน แบ่งตามลำดับขององค์ประกอบ

3.7 ตัวอย่างการหาค่าดัชนีสภาพ กรณีเขื่อนกิ่วคอหมา จังหวัดลำปาง

เมื่อได้ทำความเข้าใจเกี่ยวกับรายละเอียดของสภาพที่ต้องตรวจและแบบบันทึกการตรวจสภาพเขื่อนแล้ว นำผลจากการตรวจสภาพเขื่อนมาใส่ค่าลงในโปรแกรม ซึ่งในส่วนของโปรแกรมนั้น แบ่งลักษณะการใส่ค่าออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่แบ่งระยะ และส่วนที่มององค์ประกอบโดยรวม แสดงดังภาพที่ 82 และ 83

ส่วนแรก การแบ่งระยะในการตรวจสภาพ ดังภาพที่ 82 นำค่าที่ได้มาใส่ในคอลัมภ์ตั้งแต่ X ไปจนถึงระยะที่กำหนดไว้ ในกรณีของเขื่อนกิ่วคอหมา แบ่งระยะออกเป็น 25 ช่วง ซึ่งค่าที่แสดงในคอลัมภ์คะแนน (U) เป็นค่าคะแนนสภาพที่น้อยที่สุด ในส่วนของลาดเขื่อนเหนือน้ำ ท้ายน้ำ และฐานเขื่อน ให้ใส่ข้อมูลแบบเดียวกัน ยกเว้นในส่วนของระบบรักษาความปลอดภัย โดยทั่วไปแล้วใส่ค่าคะแนนเฉพาะฝั่งซ้ายและฝั่งขวานอกเหนือจากมีทางขึ้นระหว่างกลางเขื่อน

ส่วนที่สอง มององค์ประกอบโดยรวม ดังภาพที่ 83 ให้ใส่คะแนนการตรวจสภาพในคอลัมภ์คะแนน (U) เป็นค่าค่าเดียว ซึ่งในที่นี้ได้ยกตัวอย่างของท่อส่งน้ำฝั่งซ้ายแยกขวา ในส่วนของคลองส่งน้ำ คลองส่งน้ำฝั่งซ้ายนั้น เป็นคลองคอนกรีต เพราะฉะนั้น สภาพที่ไม่พิจารณาคือ การเกิดร่องน้ำ และการซึม จากภาพจะสังเกตได้ว่าค่าคะแนนในแถวที่ 240 และ 242 จะไม่มีค่า นอกจากนั้น ผู้ใช้จำเป็นต้องไปปรับแก้ค่าคะแนนความสำคัญของสภาพดังภาพที่ 84 แสดงการปรับแก้ค่าน้ำหนักของคลองส่งน้ำฝั่งซ้าย แล้วนำค่าคะแนนความสำคัญดังกล่าวมาใส่แทนค่าเดิมในคอลัมภ์ T ในภาพที่ 83 ทำอย่างนี้ทุกองค์ประกอบที่มีสภาพไม่ครบตามที่กำหนดไว้

เมื่อค่าทุกค่าที่ทำการตรวจสภาพถูกใส่ครบแล้ว ค่าคะแนนดัชนีสภพจะถูกคำนวณตามสมการ

$$CI = WF_1*SC_1 + WF_2*SC_2 + WF_3*SC_3 + \ldots + WF_n*SC_n \quad \ldots\ldots(1)$$

เมื่อคำนวณได้ค่าดัชนีสภาพแล้ว จะนำที่ค่าได้เป็นเปอร์เซ็นต์ไปเปรียบเทียบความหมายของสภาพดังนี้

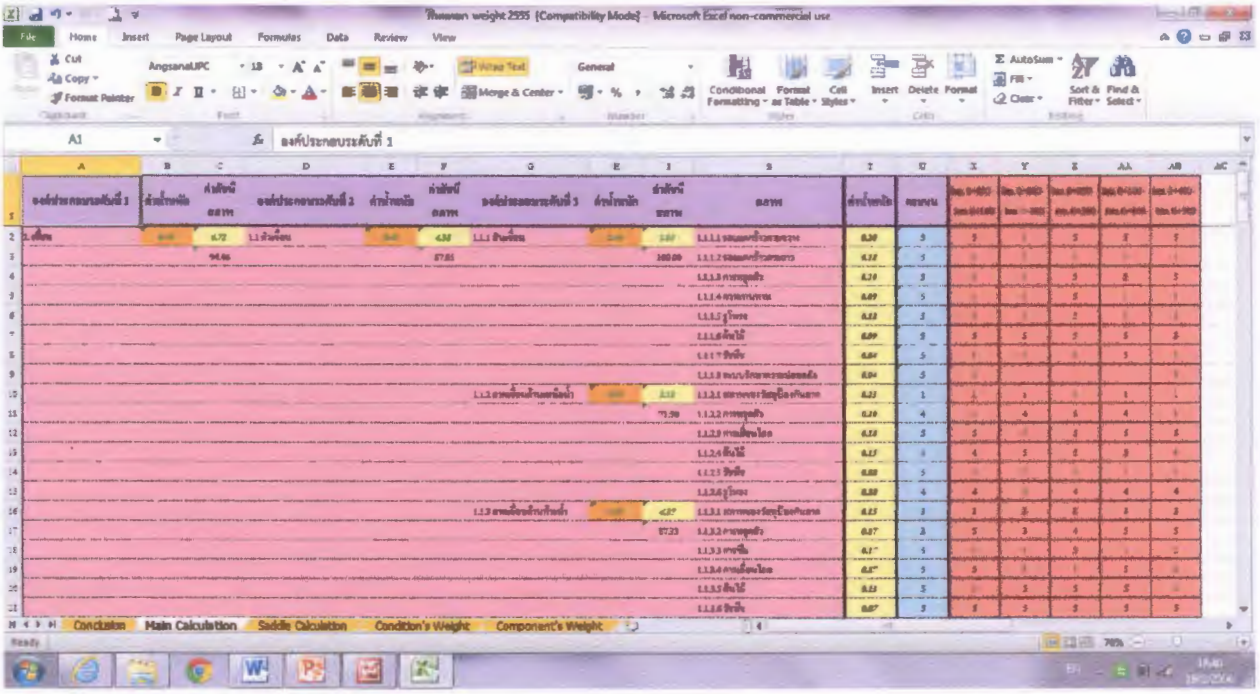
ระดับคะแนน 1 (0% – 20%) หมายถึง สภาพแย่ ไม่สามารถทำงานได้ ต้องปรับปรุง

ระดับคะแนน 2 (>20% – 40%) หมายถึง สภาพค่อนข้างแย่ เกือบทำงานไม่ได้ ซ่อมแซมทั้งหมด

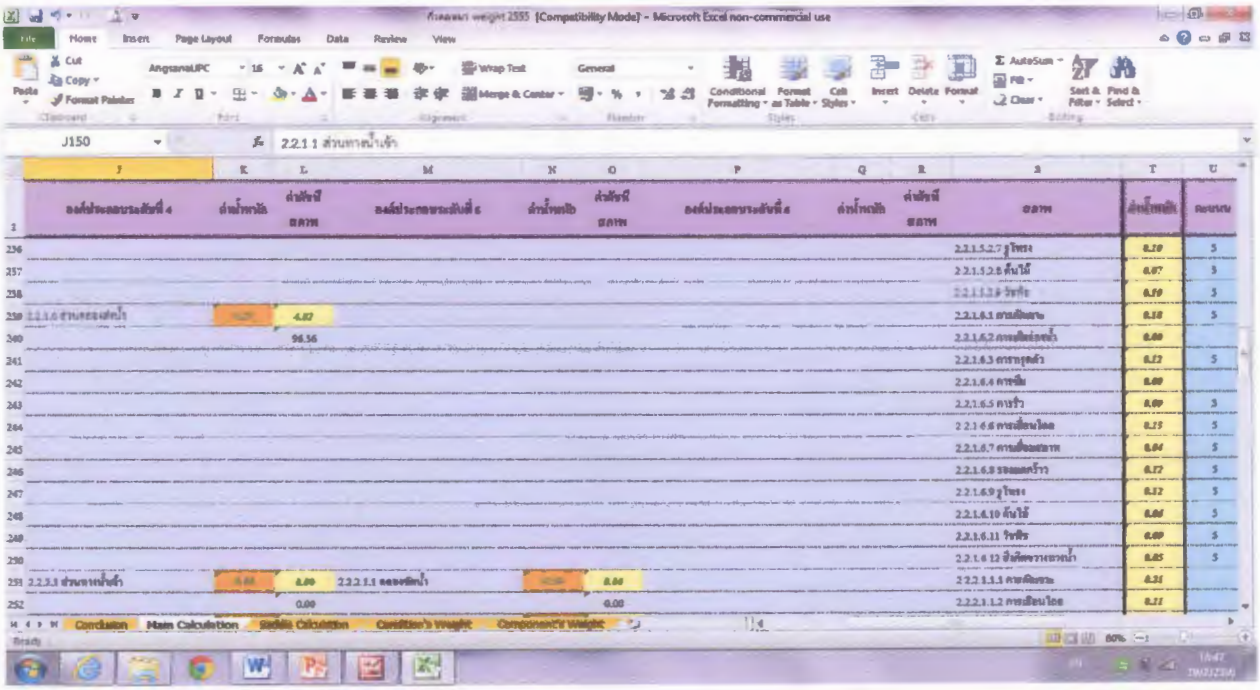
ระดับคะแนน 3 (>40% - 60%) หมายถึง สภาพปานกลาง สามารถทำงานได้ซ่อมแซมบางส่วน

ระดับคะแนน 4 (>60% - 80%) หมายถึง สภาพดี สามารถทำงานได้ สมควรซ่อมแซม แต่รอได้

ระดับคะแนน 5 (>80% - 100%) หมายถึง สภาพดีมาก สามารถทำงานได้ตามปกติ ไม่ซ่อมแซม



ภาพที่ 82 การใส่ค่าคะแนนสภาพของสันเขื่อน ลาดเขื่อนเหนือน้ำ และลาดเขื่อนท้ายน้ำ



ภาพที่ 83 การใส่ค่าคะแนนสภาพของคลองส่งน้ำ

ลำดับที่	สภาพ	คะแนนสาเหตุ	คะแนนผลกระทบ	รวม	คะแนนความสำคัญ	คะแนนสภาพที่พิจารณา	คะแนนความสำคัญใหม่
1	การกัดเซาะ	6	8	14	0.16	0.16	0.18
2	การเกิดร่องน้ำ	5	2	7	0.08		0.00
3	การหรุดตัว	6	3	9	0.10	0.10	0.12
4	การซึม	3	3	6	0.07		0.00
5	การรั่ว	1	6	7	0.08	0.08	0.09
6	การเลื่อนไถล	6	4	10	0.11	0.11	0.13
7	การเสื่อมสภาพ	2	1	3	0.03	0.03	0.04
8	รอยแตกร้าว	6	3	9	0.10	0.10	0.12
9	รูโพรง	2	7	9	0.10	0.10	0.12
10	ต้นไม้	5	0	5	0.06	0.06	0.06
11	วัชพืช	2	5	7	0.08	0.08	0.09
12	สิ่งกีดขวางทางน้ำ	1	3	4	0.04	0.04	0.05
				90	1.00	0.86	1.00

ภาพที่ 84 แสดงตัวอย่างการคำนวณค่าคะแนนความสำคัญใหม่

จากภาพที่ 84 คลองส่งน้ำฝั่งซ้ายแยกขวาเป็นคลองคอนกรีตดังที่ได้กล่าวมาแล้ว เพราะฉะนั้น ค่าคะแนนความสำคัญของสภาพการเกิดร่องน้ำและการซึม จะหายไป (ในช่องคะแนนสภาพที่พิจารณา) จะสังเกตได้ว่าคะแนนรวมจะมีค่าเท่ากับ 0.86 ไม่เท่ากับ 1.00 หรือ 100% ค่าคะแนนรวมที่หายไปนั้น จะถูกนำไปเฉลี่ยให้กับสภาพอื่นๆ ยกตัวอย่างเช่น การกัดเซาะ จากเดิมมีค่า 0.16 จะเพิ่มขึ้นเป็น 0.18 โดยการนำค่า 0.16 หารด้วยค่าคะแนนรวม 0.86 ในสภาพอื่นๆ กระทำเช่นเดียวกัน จะเห็นว่าค่าคะแนนรวมในช่องคะแนนความสำคัญใหม่มีค่าเท่ากับ 1.00 หรือ 100% จากนั้นนำค่าที่ได้ใหม่ไปแทนในคอลัมภ์ T ของคลองส่งน้ำฝั่งซ้าย ดังที่ได้กล่าวมาแล้วตอนต้น

จากผลการตรวจสภาพเขื่อนกิ่วคอหมา เมื่อปี พ.ศ. 2555 พบว่า ค่าดัชนีสภาพเขื่อนกิ่วคอหมา มีค่าดังนี้

1	ค่าดัชนีสภาพเขื่อน	*4.75*		*95.07*	%
2	เขื่อน	*4.72*		*94.46*	%
3	อาคารส่งน้ำ/ระบายน้ำ	*4.75*	*หรือ*	*95.08*	%
4	อาคารระบายน้ำล้น	*4.79*		*95.88*	%
5	เขื่อนปิดช่องเขาต่ำ	*4.23*		*84.60*	%

ซึ่งหมายถึง เขื่อนกิ่วคอหมาอยู่ในสภาพดีมาก สามารถทำงานได้ตามปกติ ไม่ซ่อมแซม

จากตัวอย่างแสดงการคำนวณค่าดัชนีสภาพในกรณีที่มีสภาพไม่ครบในการตรวจแต่ละองค์ประกอบเช่นเดียวกัน ในบางเขื่อนอาจจะมีองค์ประกอบไม่ครบ เช่น ไม่มีท่อส่งน้ำฝั่งซ้าย ฝั่งขวา หรือมีแค่ท่อระบายน้ำลงลำน้ำเดิมอย่างเดียว ซึ่งต้องไปทำการปรับค่าคะแนนความสำคัญเช่นเดียวกันกับสภาพ โดยใช้วิธีการเดียวกันใน sheet ที่ชื่อ Component Weight (สภาพใช้ sheet ที่ชื่อ Condition Weight)

3.8 ค่าดัชนีสภาพของเขื่อนขนาดใหญ่ของกรมชลประทาน

ในปีงบประมาณ 2555 ส่วนความปลอดภัยเขื่อนได้ทำการตรวจสภาพและประเมินสภาพเขื่อนขนาดใหญ่ที่อยู่ในความรับผิดชอบของกรมชลประทาน จำนวน 23 เขื่อนทั่วประเทศ ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ค่าดัชนีสภาพเขื่อนขนาดใหญ่ในปี พศ.2555

ลำดับที่	ชื่อเขื่อน	สชป.	ค่าดัชนีสภาพ (%)	ลำดับที่	ชื่อเขื่อน	สชป.	ค่าดัชนีสภาพ (%)
1	แม่กวงอุดมธารา	1	86.61	13	ลำนางรอง	8	87.04
2	แม่งัดสมบูรณ์ชล	1	81.09	14	ขุนด่านปราการชล	9	91.06
3	กิ่วลม	2	91.95	15	บางพระ	9	83.68
4	กิ่วคอหมา	2	95.07	16	สียัด	9	76.16
5	แควน้อยบำรุงแดน	3	88.86	17	ประแสร์	9	86.09
6	น้ำอูน	5	77.36	18	หนองปลาไหล	9	76.65
7	ห้วยหลวง	5	79.92	19	ป่าสักชลสิทธิ์	10	83.09
8	ลำปาว	6	81.88	20	ทับเสลา	12	88.01
9	ลำตะคอง	8	90.03	21	กระเสียว	12	88.16
10	ลำพระเพลิง	8	78.11	22	แก่งกระจาน	14	87.32
11	มูลบน	8	79.41	23	ปราณบุรี	14	86.53
12	ลำแชะ	8	83.92				

3.9 สรุป

จากการศึกษาวิธีการตรวจสภาพเขื่อนและประเมินสภาพเขื่อนโดยวิธีดัชนีสภาพ โดยได้ทำการทดสอบกับเขื่อนขนาดใหญ่ของกรมชลประทาน จำนวน 23 เขื่อน และได้ทำการปรับแก้ข้อบกพร่องต่างๆ ทั้งจากการทำงานจริงในสนามของคณะทำงานฯ และจากการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการให้กับวิศวกรและนายช่างของกรมชลประทาน จำนวน 3 รุ่น โดยใช้เขื่อนแม่กวงอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่ และเขื่อนแม่สรวย จังหวัดเชียงรายในการฝึกปฏิบัติ ได้มีการปรับแก้แบบบันทึกการตรวจสภาพเขื่อนฉบับล่าสุดในเวอร์ชั่น 4.00 ซึ่งมีความสมบูรณ์มากขึ้นและได้เผยแพร่ให้กับทางสำนักชลประทานต่างๆ เพื่อใช้ในการตรวจสภาพเขื่อนขนาดกลางและขนาดเล็ก ซึ่งได้รับความสนใจและตอบสนองอย่างดี ในส่วนของโปรแกรมการคำนวณค่าดัชนีสภาพนั้น ได้ทำการหาค่าคะแนนความสำคัญของแต่ละองค์ประกอบเขื่อนและสภาพต่างๆ ในเบื้องต้น และพัฒนาโปรแกรมคำนวณอย่างง่าย ซึ่งผู้นำไปใช้สามารถศึกษาและแก้ไขเองได้ จากการตรวจสภาพเขื่อนขนาดใหญ่และขนาดกลางในปี 2555 มีจำนวนเขื่อนที่ได้รับการประเมินสภาพเขื่อนด้วยวิธีดัชนีสภาพมากกว่า 300 เขื่อน ส่วนความปลอดภัยเขื่อนได้พบข้อบกพร่องของแบบบันทึกการตรวจสภาพเขื่อนที่ยังต้องแก้ไข และเพิ่มเติมอีก

เล็กน้อย จากการประเมินเมื่อต้องทำการแก้ไข ค่าดัชนีสภาพที่ได้จะมีค่าที่ไม่แตกต่างจากแบบบันทึกฯ รุ่นเดิมนัก

ในปีงบประมาณ 2556 ส่วนความปลอดภัยเขื่อนจะมีงานทางด้านวิชาการมากขึ้นกว่าเดิม ยกตัวอย่าง การจัดทำคู่มือติดตั้ง อ่านค่า และแปรผลเครื่องมือวัดพฤติกรรมเขื่อน แต่ในปีงบประมาณ 2556 การยื่นขอ งบประมาณงานซ่อมแซม ที่กำหนดไว้ว่าเขื่อนที่ต้องการซ่อมแซมจะต้องจัดทำรายงานการตรวจสภาพเขื่อน และประเมินสภาพเขื่อนด้วยวิธีดัชนีสภาพควบคู่กันไปด้วย ซึ่งคะแนนที่ได้นั้น ต้องอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ถึง จะได้รับงบประมาณงานซ่อมแซม อย่างน้อยในเบื้องต้น หัวหน้าฝ่ายจัดการความปลอดภัยเขื่อนแต่ละสำนักฯ สามารถเรียงลำดับเขื่อนที่ต้องได้รับการซ่อมแซมก่อนหลัง เพื่อใช้ในการของบประมาณงานซ่อมต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กรมชลประทาน. 2540. รายงานทางวิชาการ ฉบับที่ 1 หลักการประเมินความปลอดภัยเขื่อน โดยดัชนีสภาพ (Condition Index).

กรมชลประทาน. 2540. รายงานทางวิชาการ ฉบับที่ 2 หลักการประเมินความปลอดภัยเขื่อน โดยดัชนีสภาพ (Condition Index).

ส่วนความปลอดภัยเขื่อน. 2553. เอกสารประกอบการบรรยาย เรื่อง ความปลอดภัยเขื่อน

สุรสิทธิ์ อินทรประชา. 2553. เอกสารประกอบการบรรยายเรื่อง โครงสร้างเขื่อนและอาคารประกอบ

การวิเคราะห์กระบวนงานของสำนัก / กองตามหน้าที่ความรับผิดชอบระดับฝ่าย

หน้าที่ความรับผิดชอบระดับฝ่าย	ผลผลิต (Output)	ชื่อคู่มือการปฏิบัติงาน
๑. สำนักงานชลประทานที่ ๒		
๒. ส่วนที่ ๑ ส่วนบริหารจัดการน้ำและบำรุงรักษา		
๒.๑ ฝ่ายที่ ๑ ฝ่ายจัดการความปลอดภัยเขื่อนและอาคารชลประทาน		
๒.๑.๑ ศึกษา วิจัย และพัฒนาการตรวจสภาพทางด้านวิศวกรรมของเขื่อนและอาคารชลประทาน โดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีต่างๆ ที่เหมาะสมตามหลักวิชาการ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน เช่น วิธีการดัชนีสภาพ (Condition Index : CI) เพื่อวิเคราะห์สภาพเขื่อนและอาคารประกอบ สำหรับใช้เป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาแนวทางและแผนงานซ่อมแซมหรือปรับปรุงเขื่อนให้มีความมั่นคงปลอดภัย และใช้งานได้ตามปกติหรือมีประสิทธิภาพมากขึ้น	๑. เพื่อตรวจสภาพเขื่อนทางสายตาและประเมินสภาพเขื่อนด้วยวิธีดัชนีสภาพ(Condition Index) ๒. เพื่อเพิ่มพูนความรู้และทักษะด้านการตรวจสภาพเขื่อนให้กับบุคลากรปฏิบัติงาน ณ หัวงานเขื่อน ๓. เพื่อให้คำแนะนำในการแก้ไขปัญหาเบื้องต้นในกรณีที่พบปัญหา	คู่มือการปฏิบัติงานกระบวนการ การจัดการความปลอดภัยเขื่อน ด้วยการตรวจสภาพเขื่อนด้วยสายตา (Visual Inspection)
๒.๑.๒ การศึกษา วิจัย พัฒนาการตรวจสภาพเขื่อนและอาคารชลประทานด้วยเครื่องมือตรวจวัดพฤติกรรมเขื่อน (Dam Instruments) ที่เหมาะสมตามประเภทและที่ตั้งของเขื่อนและอาคารชลประทาน	๑. เพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมการทรุดตัว การเอียงตัว การลื่นไถล และการเคลื่อนตัว ของทำนบดิน ๒. เพื่อวิเคราะห์การไหลผ่านของน้ำ ในทำนบดินและฐานราก ๓. เพื่อวิเคราะห์ แรงแผ่นดินไหวที่มากระทำต่อทำนบดิน ๔. เพื่อวิเคราะห์ แรงดันน้ำในทำนบดิน จัดทำ Flow Net และ Flow Line	คู่มือเครื่องมือวัดพฤติกรรมเขื่อน

หน้าที่ความรับผิดชอบระดับฝ่าย	ผลผลิต (Output)	ชื่อคู่มือการปฏิบัติงาน
	๕. เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบในการวางแผนและตัดสินใจแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม	
๒.๑.๓. วิเคราะห์ความเสี่ยงเบื้องต้นจากสถานการณ์ทางธรรมชาติหรือเหตุการณ์วิกฤตต่างๆ ที่อาจมีผลกระทบต่อตัวเขื่อนและอาคารชลประทาน เพื่อแจ้งเตือนผลกระทบที่อาจก่อให้เกิดความเสียหายต่างๆ ต่อหน่วยงานเกี่ยวข้องและต่อสาธารณชน ตรวจสอบ วิเคราะห์ความเสียหาย ขณะเกิดเหตุการณ์และหลังเหตุการณ์ทางธรรมชาติ เพื่อกำหนดมาตรการป้องกันระยะเร่งด่วน และระยะยาวในกรณีที่เกิดความเสียหายขึ้น โดยดำเนินการภายใต้ความถูกต้องตามหลักวิชาการ	๑. เพื่อวิเคราะห์สาเหตุที่สามารถทำให้เกิด Dam Break ของโครงการเขื่อน ๒. เพื่อศึกษาลักษณะของความเสียหายของเขื่อนที่อาจเกิดขึ้นเมื่อเกิด Dam Break ๓. เพื่อศึกษาลักษณะน้ำหลากอันเกิดจาก Dam Break ๔. เพื่อศึกษาการเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านพื้นที่และผลกระทบที่ได้รับจากการเกิด Dam Break	๑. การจัดทำแผนบริหารและจัดการโครงการเขื่อน ๒. การจัดการทำแผนป้องกันภัยฉุกเฉินสำหรับชุมชนและแผนฟื้นฟูหลังน้ำลด ๓. จัดทำแผนป้องกันภัยฉุกเฉินสำหรับชุมชนและแผนฟื้นฟูหลังน้ำลด ๔. จัดทำแผนที่น้ำท่วม (Inundation Map) จากการเกิด Dam Break ๕. การฝึกอบรมเจ้าหน้าที่กรมชลประทานและหน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้อง เพื่อถ่ายทอดการใช้แผนป้องกันภัยฉุกเฉินสำหรับชุมชน
๒.๑.๔. การพัฒนาระบบฐานข้อมูลด้านการจัดการความปลอดภัยเขื่อนและอาคารชลประทานที่เป็นปัจจุบัน (Real Time) โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (GIS) ๒.๑.๕ ศึกษา และวิจัยพฤติกรรมความเสียหายของเขื่อนและอาคารชลประทานในทางสถิติ โดยจำแนกตามรูปแบบและลักษณะความเสียหาย ที่เกิดขึ้นตามประเภทของเขื่อนและอาคารชลประทาน ที่อยู่ในแต่ละพื้นที่ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการออกแบบให้เหมาะสมตามสภาพพื้นที่	๑. แผ่นที่ลุ่มน้ำหลักและลำน้ำสาขา และตำแหน่งอ่างเก็บน้ำในพื้นที่สำนักงานชลประทานที่ ๒ ๒. แผ่นที่ข้อมูลลักษณะธรณี และตำแหน่งพิกัดอ่างเก็บน้ำในพื้นที่สำนักงานชลประทานที่ ๒ ๓. แผ่นที่รอยเลื่อนมีพลังงาน และตำแหน่งพิกัดอ่างเก็บน้ำในพื้นที่สำนักงานชลประทานที่ ๒	คู่มือการอ่านแผนที่ฐานข้อมูลด้านการจัดการความปลอดภัยเขื่อน

หน้าที่ความรับผิดชอบระดับฝ่าย	ผลผลิต (Output)	ชื่อคู่มือการปฏิบัติงาน
๒.๑.๖ การพัฒนาคู่มือ / กระบวนงานในการจัดการความปลอดภัยเขื่อนและอาคารชลประทาน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการทำงานเพื่อแก้ไขปัญหาต่างๆได้อย่างมีประสิทธิภาพ ๒.๑.๗ การศึกษาวิจัยและพัฒนาเทคนิค หรือประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการซ่อมแซม ปรับปรุง แก้ไขข้อบกพร่องของเขื่อนและอาคารชลประทานให้มีความมั่นคง แข็งแรง ปลอดภัย เป็นไปตามหลักวิศวกรรม	เทคนิค หรือประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการซ่อมแซม ปรับปรุง แก้ไขข้อบกพร่องของเขื่อนและอาคารชลประทาน	คู่มือแนวทางในการทำงานเพื่อแก้ไขปัญหาข้อบกพร่องของเขื่อนและอาคารชลประทาน

แผนการจัดทำคู่มือการปฏิบัติงาน (Work manual)

สำนักงานชลประทานที่ ๒

ลำดับ	ชื่อคู่มือการปฏิบัติงาน	สถานะของคู่มือการปฏิบัติงาน					แผนการดำเนินงานจัดทำ/ปรับปรุงคู่มือ				ผู้รับผิดชอบ
							ปีงบประมาณ พ.ศ.				
		ไม่มี	มี				๒๕๕๙	๒๕๖๐	๒๕๖๑	๒๕๖๒	
			รูปเล่ม	ไฟล์	ทันสมัย	ปรับปรุง					
๑	คู่มือการปฏิบัติงานกระบวนการ การจัดการความปลอดภัยเขื่อน ด้วยการตรวจสภาพเขื่อนด้วยสายตา (Visual Inspection)		/	/		/		/			ปช.ชป.๒
๒	คู่มือเครื่องมือวัดพฤติกรรมเขื่อน		/	/		/			/		ปช.ชป.๒
๓	การจัดทำแผนบริหารและจัดการโครงการเขื่อน		/	/	/		/				ปช.ชป.๒
๔	การจัดการทำแผนป้องกันภัยฉุกเฉินสำหรับชุมชนและแผนฟื้นฟูหลังน้ำลด		/	/	/		/				ปช.ชป.๒
๕	จัดทำแผนป้องกันภัยฉุกเฉินสำหรับชุมชนและแผนฟื้นฟูหลังน้ำลด		/	/	/		/				ปช.ชป.๒
๖	จัดทำแผนที่น้ำท่วม (Inundation Map) จากการเกิด Dam Break		/	/	/		/				ปช.ชป.๒
๗	การฝึกอบรมเจ้าหน้าที่กรมชลประทานและหน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้อง เพื่อถ่ายทอดการใช้แผนป้องกันภัยฉุกเฉินสำหรับชุมชน		/	/	/		/				ปช.ชป.๒
๘	คู่มือการอ่านแผนที่ฐานข้อมูลด้านการจัดการความปลอดภัยเขื่อน		/	/	/			/			ปช.ชป.๒

ลำดับ	ชื่อคู่มือการปฏิบัติงาน	สถานะของคู่มือการปฏิบัติงาน					แผนการดำเนินงานจัดทำ/ปรับปรุงคู่มือ				ผู้รับผิดชอบ
							ปีงบประมาณ พ.ศ.				
		ไม่มี	มี				๒๕๕๙	๒๕๖๐	๒๕๖๑	๒๕๖๒	
			รูปเล่ม	ไฟล์	ทันสมัย	ปรับปรุง					
๙	คู่มือแนวทางในการทำงานเพื่อแก้ไขปัญหาข้อบกพร่องของเขื่อนและอาคารชลประทาน		/	/	/					/	ปช.ชป.๒
	รวม	๐	๙	๙	๗	๒	๕	๒	๑	๑	

ฝ่ายจัดการด้านความปลอดภัยเขื่อน ส่วนวิศวกรรมบริหาร สำนักชลประทานที่ ๒

ชื่อเขื่อน		รหัสเขื่อน ปีที่ก่อสร้าง	สำนักชลประทานที่
วันที่ทำการตรวจ	ตำบล อำเภอ	จังหวัด พิกัด	ความยาวเขื่อน ความสูงของขื่อน
ปริมาณฝน	MAX. WATER LEVEL +.....MSL STORAGE WATER LEVEL +.....MSL MIN.WATER LEVEL +.....MSL	MAX.CAPACITY_____ STORE CAPACITY_____ MIN.CAPACITY_____	ระดับน้ำวันที่ตรวจ ปริมาณน้ำในอ่าง

	UPSTRAM SLOPE	สันเขื่อน	DOWNSTREAM SLOPE
ปริมาณวัชพืช			
การกัดเซาะ/การพังทลาย			
การรั่วซึม			
การเลื่อนไถล/รอยแตก			
การทำรังของสัตว์			
การกัดเซาะของคลื่นน้ำ			
หมายเหตุ*			

CONTROL STRUCTURE : Spillway

ชนิด	ปีที่ทำการก่อสร้าง	ปริมาณน้ำที่ไหลผ่าน (ออกแบบ)
ความยาวของสัน Spillway	ระดับสันของ Spillway	ปริมาณน้ำที่ไหลผ่าน
ความกว้างของ Spillway	จำนวน/ขนาดช่องรับน้ำ	ความกว้างของรางระบายด้านท้าย Spillway

DESCRIBE CONDITION OF THE FOLLOWING ITEMS.

STOPLOG VALVES AND GATES (ประตูควบคุมอาคารระบายน้ำ)
EMBANKMENT (ไหล่เขา)

CONTROL STRUCTURE (continued)

CONCRETE STRUCTURE : (ลักษณะอาคารคอนกรีต)	
WALKWAY & RAILING : (ทางเดินและบันได)	TRASHRACK OR LOG BOOM : (ตะแกรงกันสวะ)
EMERGENCY SPILLWAY : (ทางระบายน้ำฉุกเฉิน)	

INLET & OUTLET STRUCTURE

	ทางรับน้ำ (INLET)	ทางระบายน้ำ (OUTLET)
ขนาด / ชนิด		
ลักษณะทางน้ำ		
การกัดเซาะ		
วัชพืช / สิ่งกีดขวาง		
RIPRAP PROTECTION		
หมายเหตุ*		

เครื่องมือวัดพฤติกรรมเชื่อน

ชนิดของเครื่องมือ	ปริมาณ / การติดตั้ง	สภาพเครื่องมือ	หมายเหตุ
Piezometer	o มี.....	oใช้การได้	
	oไม่มี	oใช้การไม่ได้	
Observation well	o มี.....	oใช้การได้	
	oไม่มี	oใช้การไม่ได้	
Inclinometer	o มี.....	oใช้การได้	
	oไม่มี	oใช้การไม่ได้	
Cross Arm	o มี.....	oใช้การได้	
	oไม่มี	oใช้การไม่ได้	
Seepage Flow Meter	o มี.....	oใช้การได้	
	oไม่มี	oใช้การไม่ได้	
Extensometer	o มี.....	oใช้การได้	
	oไม่มี	oใช้การไม่ได้	
Surface Settlement Point	o มี.....	oใช้การได้	
	oไม่มี	oใช้การไม่ได้	
อื่นๆ			

รายละเอียดเครื่องมือวัดพฤติกรรมเขื่อน

Piezometer	แบบ o Open Stand Pipe แบบ o Vibrating Wire	Serial Number ของ Read Out Unit (เครื่องอ่าน)	จำนวน ที่ติดตั้ง จำนวนแนวที่ติดตั้ง / กม.
Observation well	แบบ o Open Stand Pipe ระดับปากท่อ ๑..... ๒..... ๓..... ๔.....	Serial Number ของ Read Out Unit (เครื่องอ่าน)	จำนวน ที่ติดตั้ง จำนวนแนวที่ติดตั้ง / กม.
Inclinometer	ระดับปากท่อ ๑..... ๒..... ๓..... ๔.....	Serial Number ของ Read Out Unit (เครื่องอ่าน)	จำนวน ที่ติดตั้ง จำนวนแนวที่ติดตั้ง / กม.
Cross Arm	ระดับปากท่อ ๑..... ๒..... ๓..... ๔.....	Serial Number ของ Read Out Unit (เครื่องอ่าน)	จำนวน ที่ติดตั้ง จำนวนแนวที่ติดตั้ง / กม.
Seepage Flow Meter		Serial Number ของ Read Out Unit (เครื่องอ่าน)	จำนวน ที่ติดตั้ง จำนวนแนวที่ติดตั้ง / กม.
อื่นๆ	ชนิดของเครื่องมือ	Serial Number ของ Read Out Unit (เครื่องอ่าน)	จำนวน ที่ติดตั้ง จำนวนแนวที่ติดตั้ง / กม.

หมายเหตุสำหรับกรณีที่พบสิ่งผิดปกติ (RECOMMENDATIONS)

ผู้ทำการตรวจ (.....)

(.....)

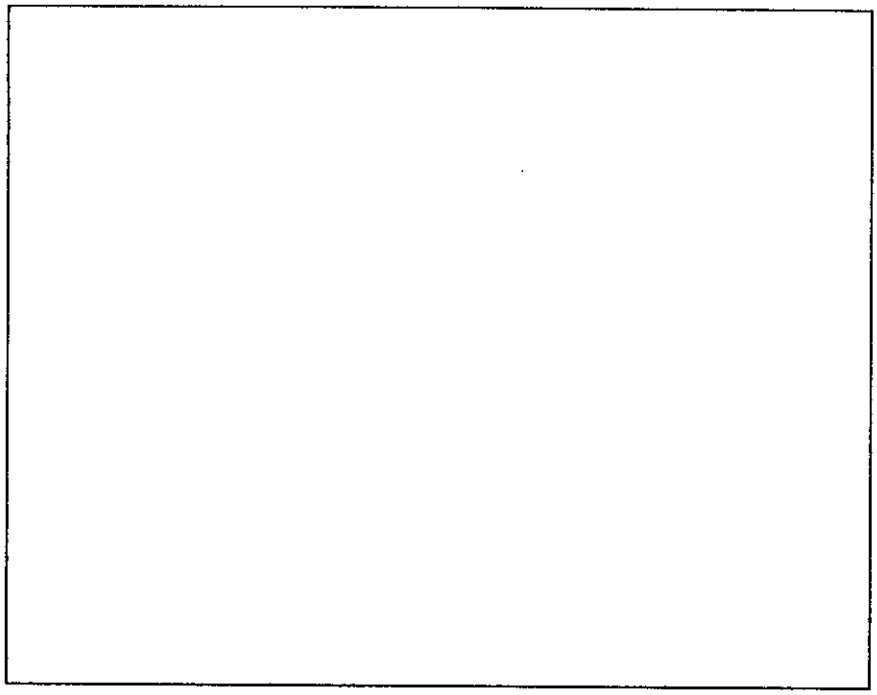
หัวหน้าฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ .....(ตรวจ / ทาน)

ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่.....

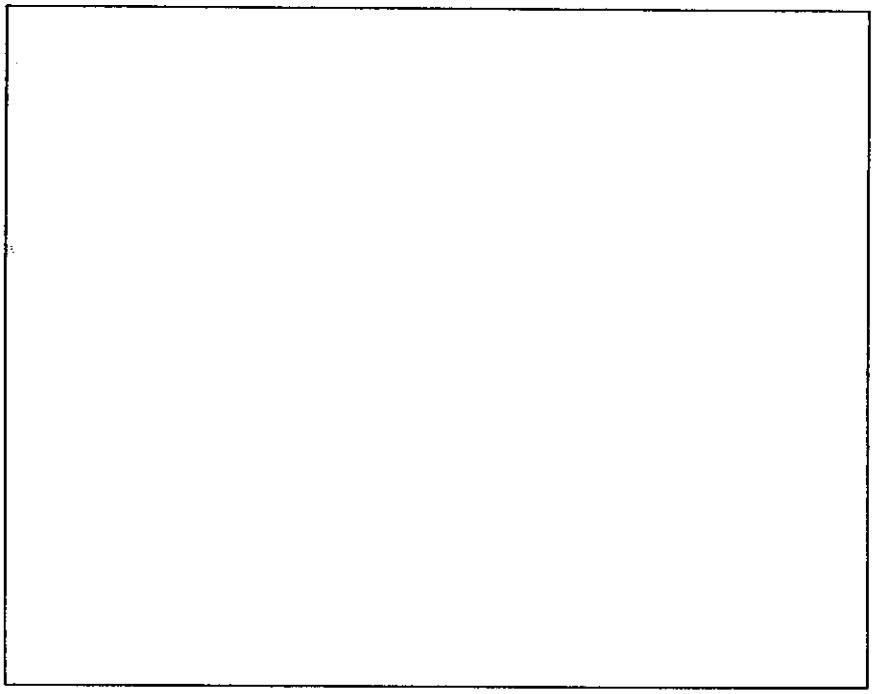
(.....)

ผู้อำนวยการโครงการชลประทาน.....

โครงการชลประทาน.....



รูปที่ ๑ แสดงสิ่งผิดปกติ



รูปที่ ๒ แสดงสิ่งผิดปกติ