ระบบฐานข้อมูลเขื่อนดินเพื่อประเมินความปลอดภัยโดยวิธีดัชนีสภาพ

Database System For Dam Safety Evaluation By Condition Indexing

นายอนุสรณ์ ทองสร้อย
นิสิตปริญญาโท
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

วรากร ไม้เรียง
รองศาสตราจารย์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

ANUSORN THONGSOI
Graduate Student
Kasetsart University, Bangkok

WARAKORN MAIRAING
Associate Professor
Kasetsart University, Bangkok

บทคัดย่อ

การประเมินความปลอดภัยเขื่อนโดยวิธีดัชนีสภาพเป็นแนวทางในการวางแผนบำรุงรักษาเขื่อนให้เกิดประสิทธิผลสูงสุด มีความจำเป็นต้องนำระบบการจัดการฐานข้อมูลมาประยุกต์ใช้ในการเก็บรวบรวมและประมวลผล ข้อมูลย่อย 6 กลุ่ม ได้แก่ แฟ้มข้อมูลลักษณะเขื่อน ผลการตรวจสภาพเขื่อน ผลการจัดลำดับความสำคัญการซ่อมบำรุง ราคางานซ่อมแซม สรุปการตรวจวัดพฤติกรรมเขื่อน แบบฟอร์มการตรวจสภาพเขื่อน และยังมีระบบการจัดการอีก 5 ระบบ คือ ระบบการตรวจสอบสภาพเขื่อน ประเมินค่าดัชนีสภาพเขื่อน จัดลำดับความสำคัญการซ่อมบำรุง สรุปการตรวจวัดพฤติกรรมเขื่อน รายงานสภาพปัจจุบัน ทั้งนี้ตัวฐานข้อมูลพัฒนาจากโปรแกรม Microsoft Access ระบบการจัดการเขียนด้วยภาษาเบสิกใน Visual Basic 5 และระบบฐานข้อมูลนี้ได้นำไปใช้ในการประเมินสภาพความปลอดภัยและบำรุงรักษาเขื่อนดินของสำนักงานชลประทานที่ 9 จำนวน 32 เขื่อน ซึ่งได้ผลเป็นอย่างดี

ABSTRACT

Evaluation of a dam safety by the condition-indexing system has been used as the criterion in allocating the most effective maintenance of a dam. There is a need for the database management system for collecting and processing the data. The database has six components: dam characteristics, dam inspection, repair and maintenance prioritization, repair funds related to the safety assurance, dam behavior and dam checklist form. Also, the management system contains five systems: dam inspection, dam condition index assessment, repair and management prioritization, dam behavior and dam current integrity presentation. The program "Microsoft Access" is a tool for development the database structure. The management system is written in the program "Visual basic 5". Finally, this system gives the most efficient of evaluating the dam safety and maintenance for 32 earth dams of RID 9.

บทนำ

กว่าห้าพันปีมาแล้วที่มนุษย์รู้จักการก่อสร้างเขื่อนเพื่อกักเก็บน้ำไว้ใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ แต่เขื่อนก็เหมือนกับถนน อาคาร สิ่งก่อสร้างสาธารณูปโภคอื่นๆ ย่อมมีการเสื่อมสภาพตามอายุการใช้งาน และต้องการดูแลบำรุงรักษา ตามช่วงเวลาที่เหมาะสมเพื่อยืดอายุ และคงประสิทธิภาพการใช้งาน หลังจากเกิดการพิบัติที่ร้ายแรงของเขื่อนหลายครั้งนับตั้งแต่ต้นศตวรรษที่ 20 เป็นต้นมา จึงได้มีการจัดตั้งหน่วยงานสากลที่จัดการงานด้านความปลอดภัยเขื่อนที่สำคัญได้แก่ International Commission On Large Dam (ICOLD) สำหรับในประเทศไทยหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการดูแลความปลอดภัยเขื่อน มี 2 หน่วยงานหลักได้แก่ กรมชลประทาน และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรมชลประทานมีเขื่อนในความรับผิดชอบประมาณ 4,050 เขื่อน ได้ตระหนักถึงปัญหาความปลอดภัยเขื่อน จึงได้ร่วมมือกับศูนย์วิศวกรรมปฐพี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จัดทำโครงการ "ฐานข้อมูลเพื่อประเมินความปลอดภัยเขื่อนและบำรุงรักษาของสำนักงานชลประทานที่ 9" ขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์หลักคือการประเมินสภาพความปลอดภัย และจัดจำแนกชั้นความปลอดภัย เพื่อเป็นแนวทางในการซ่อมแซมบำรุงรักษา

การจะรวบรวมข้อมูลเขื่อนที่เกี่ยวข้องกับการประเมินความปลอดภัยและบำรุงรักษาแล้วนำมาประมวลผลนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการพัฒนาระบบฐานข้อมูลเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล และนำข้อมูลที่เก็บมาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุดทั้งในแง่ของการวิเคราะห์ข้อมูลที่รวดเร็ว และนำเสนอข้อมูลผลการวิเคราะห์ให้อยู่ในรูปแบบที่ง่ายต่อการใช้งาน

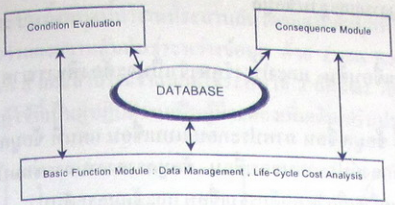
ระบบการประเมินความปลอดภัยเพื่อการบำรุงรักษา

"การประเมินความปลอดภัยเขื่อน" ตามปกติหมายถึง การเก็บรวบรวมข้อมูลทางด้านเทคนิคเขื่อน ทั้งในระหว่างการสำรวจ ออกแบบ ก่อสร้าง และใช้งาน ตลอดจนการตรวจสอบสภาพด้วยสายตา และการตรวจสอบพฤติกรรมจากเครื่องมือวัดในตัวเขื่อน นำมาประมวลและประเมินลำดับความปลอดภัยหรือความเสี่ยงออกมาเป็นตัวเลขเชิงปริมาณ (Quantitative) ส่งผลให้เกิดการดำเนินงานด้านการซ่อมแซม ปรับปรุงสภาพ รวมไปถึงการกำหนดแผนการฉุกเฉินเมื่อเกิดความไม่ปลอดภัยขึ้น เป็นต้น [1]

ในปี ค.ศ. 1988 หน่วยงานทหารช่างของสหรัฐอเมริกา (US Corp of Engineers) ได้พัฒนาระบบ "REMR " (Repair, Evaluation, Maintenance and Rehabilitation) โดยมีแนวคิดหลักที่สำคัญคือ การวางแผนจัดการซ่อมบำรุงโดยอาศัยผลการประเมินความปลอดภัยในรูปของ "ค่าดัชนีสภาพ" (Condition Index) ซึ่งเป็นตัวเลขมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 บ่งบอกถึงสภาพสิ่งก่อสร้างเมื่อเทียบกับสภาพความสมบูรณ์สูงสุดของสิ่งก่อสร้างนั้น และมีระบบฐานข้อมูลเก็บรวบรวมข้อมูลรายละเอียดสภาพขององค์ประกอบย่อยของสิ่งก่อสร้างนั้นตามแบบแผนที่กำหนดขึ้น อีกทั้งยังมีการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์รวมด้วย [4] โดยมีระบบการจัดการดังภาพที่ 1 และการประเมินสภาพในกระบวนการ "REMR" สามารถนำค่าดัชนีสภาพมาจัดชั้นสภาพความสมบูรณ์และแนวทางในการบำรุงรักษาได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การแบ่งชั้นสภาพความสมบูรณ์

ระดับ (CI)	ความสมบูรณ์	คำอธิบาย	ช่วงดัชนี	แนวทางในการบำรุงรักษา
85 to 100	ดีเยี่ยม	ปรากฏความเสียหายชัดเจน แต่อาจพบการลึกกร่อนตามอายุได้บ้าง	70 to 100	ไม่ต้องดำเนินการโดยเร่งด่วน
70 to 84	ดีมาก	ปรากฏความเสียหายหรือความเสื่อมสภาพเพียงเล็กน้อย		
55 to 69	ดี	ปรากฏความเสียหายหรือความเสื่อมสภาพบ้าง แต่ไม่มีผลต่อสภาพการใช้งาน	40 to 69	ดำเนินการเสนอทางเลือกในการปรับปรุงและวิเคราะห์ ทางเศรษฐศาสตร์
40 to 54	ปกติ	เสื่อมสภาพปานกลาง มีสภาพการใช้งานพอเพียงภายใต้แรงสูงสุดที่คาดว่าจะเกิด		
25 to 39	เสียหาย	เสื่อมสภาพรุนแรงในโครงสร้างบางส่วน การใช้งานไม่พอเพียงภายใต้แรงสูงสุด	0 to 39	ประเมินสภาพโดยละเอียด เพื่อพิจารณาความจำเป็นในการปรับปรุงซ่อมแซมหรือก่อสร้างใหม่
10 to 24	เสียหายมาก	เสื่อมสภาพรุนแรงอย่างต่อเนื่อง สภาพการใช้งานไม่พอเพียง		
0 to 9	พังทลาย	สูญเสียสภาพการใช้งาน เกิดการพังทลายทั่วไป หรือพังลายภายใต้แรงสูงสุด		



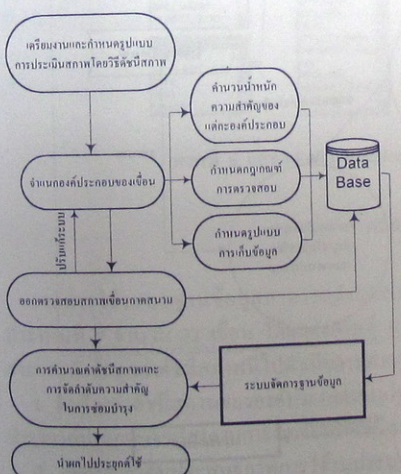
ภาพที่ 1 รูปแบบระบบ REMR ของ USCE 1988

ระบบ REMR ถูกนำไปประยุกต์ใช้กับงานซ่อมบำรุงถนนก่อนภายใต้โปรแกรมการจัดการชื่อ "PAVER" ภายหลังได้ขยายผลนำไปใช้งานกับสิ่งก่อสร้างอื่นๆอีก เช่น Steel Sheet Pile Structure, Gates and Lock, Gravity Dam, Retaining Wall, Spillways [4] และเมื่อปี ค.ศ. 1995 Anderson, G.R. and V.H. Torrry ได้พัฒนาปรับปรุงการคำนวณค่าดัชนีสภาพเพื่อประเมินความปลอดภัยของเขื่อนดิน [5] สำหรับในประเทศไทยได้นำเอาการประเมินความปลอดภัยโดยวิธีดัชนีสภาพ มาประยุกต์ใช้กับงานดูแลบำรุงรักษาเขื่อนดินของสำนักงานชลประทานที่ 9 จำนวน 32 เขื่อนเป็นครั้งแรกโดยมีการจัดจำแนกองค์ประกอบเขื่อนที่มีเป็นจำนวนมาก และกำหนดกฎเกณฑ์ในการตรวจสอบพร้อมทั้งการออกตรวจสอบสภาพเขื่อนภาคสนาม รวมทั้งการจัดเก็บข้อมูลการตรวจสอบให้เป็นระบบ ดังมีลำดับขั้นตอนดังภาพที่ 2 และสามารถกำหนดรูปแบบการจัดจำแนกองค์ประกอบของเขื่อนเป็นลักษณะ ลำดับชั้นดังภาพที่ 3 โดยมีสมการพื้นฐานในการคำนวณค่าดัชนีสภาพของแต่ละชั้นดังสมการ 1

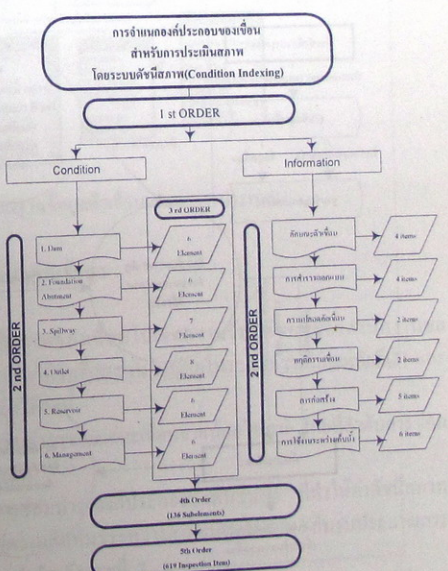
$$CI_j = \sum_{K=1}^{M} (CI_K * W_K) \qquad (1)$$

โดยที่ CI_j = ค่าดัชนีสภาพย่อยขององค์ประกอบย่อยของเขื่อน, CI_K = ค่าดัชนีสภาพขององค์ประกอบย่อยของเขื่อนในระดับชั้นที่ต่ำกว่า, W_K = น้ำหนักความสำคัญขององค์ประกอบเขื่อน, M = จำนวนองค์ประกอบย่อยทั้งหมดในระดับชั้นเดียวกัน

ค่าดัชนีสภาพรวมของเขื่อนสามารถคำนวณได้จากการรวมผลคูณระหว่างค่าดัชนีสภาพย่อยกับค่าความสำคัญของแต่ละองค์ประกอบในระดับชั้นเดียวกันทั้งหมด



ภาพที่ 2 แสดงขั้นตอนการพัฒนาระบบ



ภาพที่ 3 แสดงระบบการจัดจำแนกองค์ประกอบ

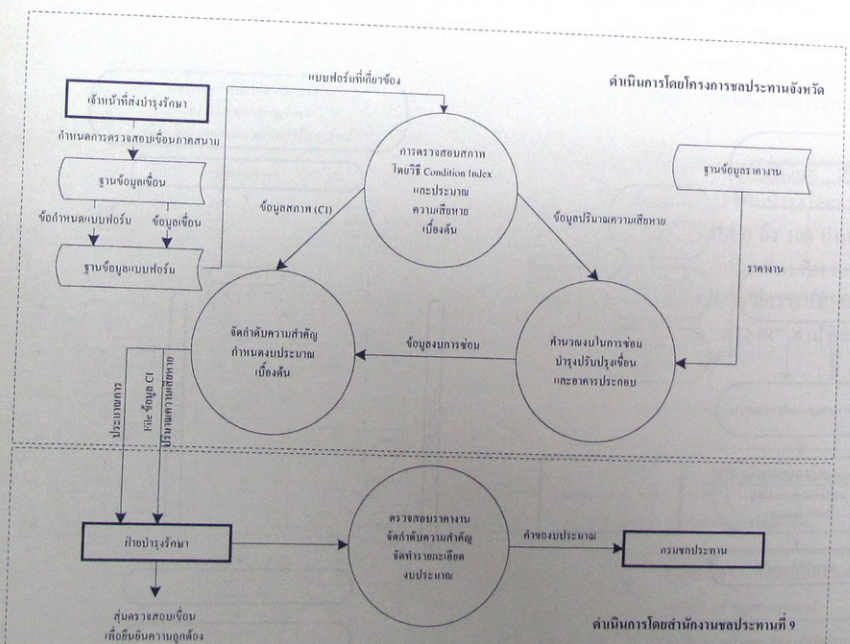
การออกแบบพัฒนาระบบงานและฐานข้อมูล

การออกแบบระบบฐานข้อมูลเพื่อประเมินความปลอดภัยเขื่อนดิน และบำรุงรักษาจำเป็นจะต้องพิจารณาความต้องการของผู้ใช้ 2 ประการ[2]คือ

1. ความต้องการทางด้านข้อมูล (Data Requirement) ได้แก่ ข้อมูลเขื่อน ภาพประกอบ แบบเขื่อน แผนที่ ข้อมูลการตรวจสอบสภาพเขื่อนและอาคารประกอบ ข้อมูลการจัดจำแนกองค์ประกอบของเขื่อน ข้อมูลราคางานการซ่อมบำรุงรักษาเขื่อนของแต่และพื้นที่ ข้อมูลพฤติกรรมเขื่อนโดยสรุปจากเครื่องมือวัดพฤติกรรมเขื่อน และข้อมูลระดับน้ำ
2. ความต้องการทางด้านโปรแกรม (Application Requirement) ได้แก่ การวิเคราะห์คำนวณค่าดัชนีสภาพและจัดลำดับความสำคัญในการซ่อมบำรุงภายใต้เงื่อนไขต่างๆ การจัดเตรียมแบบฟอร์มการตรวจสอบสภาพเขื่อนภาคสนามให้เป็นตามระเบียนวิธีการตรวจสอบที่กำหนดขึ้น และรายงานข้อมูลสภาพปัจจุบันของตัวเขื่อนและอาคารประกอบ

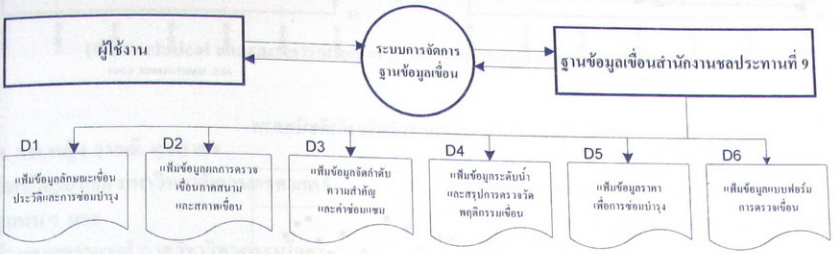
ขั้นตอนที่สำคัญในการจัดทำระบบการจัดการฐานข้อมูล คือการศึกษาทำความเข้าใจรูปแบบการปฏิบัติงานในการจัดการซ่อมบำรุงตัวเขื่อนและอาคารประกอบในสำนักงานชลประทานที่ 9 เช่นโครงการชลประทานจังหวัดจะมีฝ่ายต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการดูแลบำรุงรักษาขื่อน ซึ่งสามารถกำหนดระบบงานใหม่ตามแนวทางการประเมินความปลอดภัยโดยวิธีดัชนีสภาพได้ดังภาพที่ 4 อีกทั้งจะต้องศึกษาแบบจำลองสำหรับการวิเคราะห์ค่าดัชนีสภาพที่เหมาะสมนำมาประยุกต์เข้ากับระบบการจัดการ และจากการพิจารณาความต้องการของระบบทั้งหมดสามารถกำหนดระบบการจัดการย่อยได้ 5 ระบบด้วยกันคือ 1) ระบบการตรวจสอบสภาพเขื่อน 2) ระบบการจัดลำดับความสำคัญในการซ่อมบำรุง 3) ระบบการประเมินดัชนีสภาพเขื่อน 4) ระบบการตรวจวัดพฤติกรรมเขื่อน 5) ระบบรายงานสภาพปัจจุบันของเขื่อน

ระบบจัดการฐานข้อมูลทั้ง 5 ระบบเขียนด้วยภาษาเบสิก ใน Visual Basic 5 ทำงานบนระบบปฏิบัติการ Window95 และฐานข้อมูลพัฒนาด้วย โปรแกรม Microsoft Access97

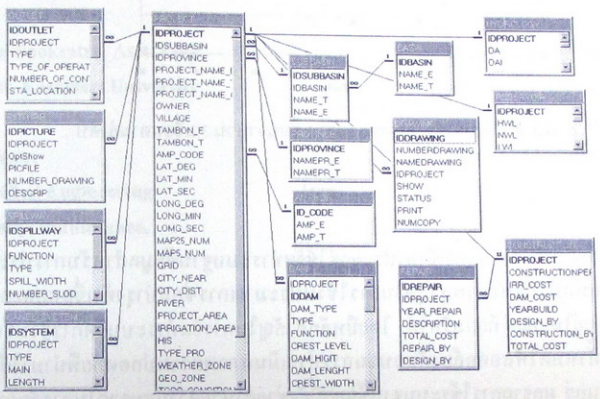


ภาพที่ 4 แสดงระบบงานการประเมินความปลอดภัยเขื่อนและบำรุงรักษา

ระบบทั้งหมดนี้ทำงานประสานกันโดยมีฐานข้อมูลที่ใช้อยู่ด้วยกัน 6 ฐานข้อมูลดังแสดงในภาพที่ 5 และตัวอย่างแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล ด้วย Entity-Relationship Model ของฐานข้อมูลเขื่อนและอาคารประกอบดังภาพที่ 6 และสามารถจำแนกผู้ใช้ระบบได้ 2 ลักษณะ คือ ผู้ใช้ในระดับบริหารจะใช้ข้อมูลโดยสรุปนำไปบริหารจัดการ และผู้ใช้ที่เป็นผู้ปฏิบัติงานเป็นผู้ที่จะต้องเพิ่มเติม ปรับปรุงข้อมูล กำหนดรายละเอียดการซ่อมบำรุง ฯลฯ



ภาพที่ 5 แสดงฐานข้อมูลย่อยทั้งหมด



ภาพที่ 6 แสดง Entity-Relationship ของฐานข้อมูลตัวเขื่อนและอาคารประกอบ

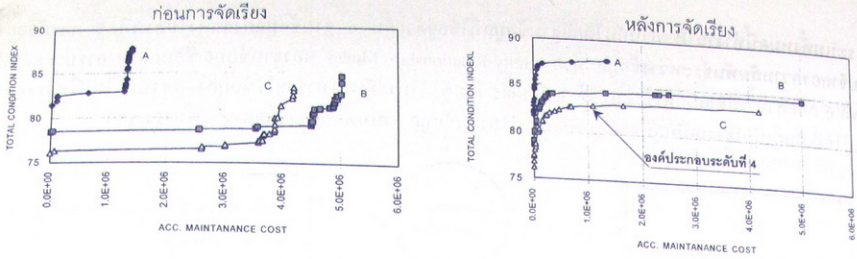
ผลการใช้ระบบฐานข้อมูล

จากการใช้ระบบฐานข้อมูลสามารถคำนวณค่าดัชนีสภาพของเขื่อนในเขตความรับผิดชอบของสำนักงานชลประทานที่ 9 จำนวน 32 เขื่อน ได้ผลดังภาพที่ 8 ซึ่งจะเห็นได้ว่าเขื่อนส่วนใหญ่อยู่ในระดับความปลอดภัยดี[3] และสามารถนำข้อมูลค่าดัชนีสภาพนี้ไปดำเนินงานการซ่อมบำรุงได้ดังนี้

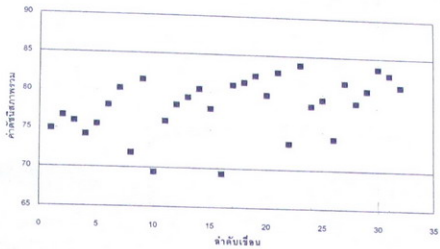
1. จัดเรียงค่าดัชนีสภาพขององค์ประกอบย่อยในระดับชั้นต่างๆของแต่ละเขื่อนจากน้อยไปมาก โดยที่ลำดับการซ่อมบำรุงองค์ประกอบจะเรียงตามการจัดเรียงค่าดัชนีสภาพข้างต้น

2. จัดเรียงลำดับประสิทธิภาพการใช้งบประมาณในการซ่อมบำรุงองค์ประกอบระดับชั้นที่4 ที่ทำให้ค่าดัชนีสภาพรวมสูงขึ้น ซึ่งสามารถแสดงให้เห็นได้โดยการเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีสภาพรวม กับงบประมาณการซ่อมของแต่ละองค์ประกอบสะสมก่อนและหลังการจัดเรียงลำดับ ดังภาพที่ 7

3. วางแผนการซ่อมบำรุงในภาพรวมโดยพิจารณาค่าดัชนีสภาพเขื่อนทุกโครงการ ประกอบกับงบประมาณที่จะใช้ในการซ่อมบำรุงทั้งหมดทำให้สามารถที่จะกำหนดกลุ่มเป้าหมาย และวงเงินงบประมาณที่จะจัดซ่อมได้ในแต่ละปี



ภาพที่ 7 แสดง เปรียบเทียบการจัดเรียงค่าดัชนีสภาพ



ภาพที่ 8 แสดงค่าดัชนีสภาพรวมของเขื่อนจำนวน 32เขื่อนตามลำดับ

สรุป

การนำเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์เข้ามาประยุกต์ใช้จัดทำระบบฐานข้อมูลสำหรับการประเมินความปลอยภัยเขื่อนโดยวิธีดัชนีสภาพเพื่อประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้งบประมาณการซ่อมบำรุงตัวเขื่อนและอาคารประกอบให้มีความมั่นคงปลอดภัยภัยอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ โดยมีหลักสำคัญในการจัดทำระบบจัดการฐานข้อมูลคือการกำหนดความต้องการใช้ระบบทั้งหมดให้สอดคล้องกับขบวนการประเมินสภาพความปลอดภัยที่นำมาใช้ และต้องคำนึงถึงระบบงานเดิมที่ปฏิบัติกันอยู่ ผลจากการใช้ระบบฐานข้อมูลนี้ยังช่วยอำนวยความสะดวกในการจัดการข้อมูลซึ่งมีอยู่เป็นจำนวนมากและ สามารถประมวลผลได้อย่างรวดเร็ว

เอกสารอ้างอิง

1. วรากร ไม้เรียง 2539. การประเมินความปลอดภัยเขื่อนและตรวจวัดพฤติกรรมเขื่อน. *ใน* การประชุมใหญ่ทางวิชาการประจำปี 2539. สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, กรุงเทพฯ.
2. ศูนย์วิศวกรรมปฐพีและฐานราก. 2540. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ รายงานฉบับที่ 1 หลักการประเมิน ความปลอดภัยของเขื่อน โดยดัชนีสภาพ (Condition Index)
3. ศูนย์วิศวกรรมปฐพีและฐานราก. 2541. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ รายงานฉบับที่ 2 ผลการประเมิน ความปลอดภัยของเขื่อน โดยดัชนีสภาพ (Condition Index)
4. US. Army Corps of Engineers. 1988. REMR. Management System, Technical Report REMR-OM-2. Washington D.C.
5. Anderson, G.R. and V.H. Torrey III. 1995. Function-Based Condition Indexing for Embankment Dams, Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 121, No. 8