บทที่ 1
บทนำ

1.1 ปัญหาและที่มาของโครงการ

เขื่อนดินขนาดกลางในเขตภาคเหนือของประเทศไทยมีมากกว่า 100 แห่ง มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อใช้ในการเกษตรกรรม การชลประทาน การประมง ป้องกันอุทกภัย การคมนาคม การท่องเที่ยว และผลิตพลังงานจากน้ำ เป็นต้น เขื่อนดินประเภทดินถม เป็นเขื่อนที่นิยมในการก่อสร้างมากที่สุด สามารถใช้วัสดุจากบ่อดินที่ขุดในพื้นที่ก่อสร้าง และมีความประหยัดทั้งงบประมาณก่อสร้างและเวลาในการขนส่งวัสดุ สำหรับในเขตภาคเหนือของประเทศไทยมีความรุนแรงของแผ่นดินไหว พบว่าจัดอยู่ในระดับเทียบเท่า Zone 2B ตามหลักเกณฑ์ของ Uniform Building Code (UBC) ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ใช้ในสหรัฐอเมริกา รวมไปถึงการสำรวจของกรมทรัพยากรธรรมชาติสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย พบว่าในบริเวณเขตภาคเหนือของประเทศไทยมีรอยเลื่อนที่มีพลังจำนวน 5 รอยเลื่อนหลักได้แก่ รอยเลื่อนเถิน รอยเลื่อนเมย รอยเลื่อนแพร่ รอยเลื่อนแม่จัน และรอยเลื่อนแม่ทา จากการศึกษาของ Warnitchai, et al (2000). และ Lukkunaprasit (2006) พบว่าบริเวณเขตนี้มีค่าความเร่งสูงสุดของพื้นดินในรอบ 475 ปีอยู่ประมาณ 0.1g~0.25g

ถึงแม้ว่าในเขตภาคเหนือในประเทศไทยจะเสี่ยงกับแผ่นดินไหว แต่การออกแบบเขื่อนที่ผ่านมาของประเทศไทยไม่ได้ให้ความสำคัญเกี่ยวกับเรื่องแผ่นดินไหวมากนัก โดยจะเน้นพิจารณาแรงดันน้ำและแรงดันดินที่มีผลต่อเสถียรภาพเชิงสถิต ส่วนในกรณีแผ่นดินไหว ซึ่งเป็นแรงพลศาสตร์ จะใช้วิธีสถิตเสมือน (Pseudo-Static) โดยใช้ค่าความเร่งในแนวราบเท่ากับ 0.10 - 0.15g (Seismic Coefficient, k_h) หลักการวิเคราะห์เป็นการนำสมการสถิตมาแปลง เพื่อใช้ในการประเมินความปลอดภัย โดยไม่ได้พิจารณาผลทางพลศาสตร์ที่เกิดจากแรงแผ่นดินไหวจริง การประเมินความปลอดภัยของเขื่อนมีหลักการวิเคราะห์คือ วิธีสมดุลจำกัดของมวลดิน (Limit Equilibrium Method, LEM) คือ สมมุติรูปลักษณะของผิวเคลื่อนที่ที่น่าจะเกิดขึ้นมากที่สุดจากค่าที่ต่ำสุดของค่า "อัตราส่วนปลอดภัย" (Factor of Safety, F.S.) เป็นวิธีที่ใช้กันมานานว่า 80 ปี เหมาะสมกับการวิเคราะห์ด้วยมือไม่มีความยุ่งยากมากนัก อย่างไรก็ตามพบว่าเขื่อนที่ เมื่อพิจารณาว่ามีอัตราส่วนความปลอดภัยเพียงพอแต่กลับพบว่า มีความเสียหายเกิดขึ้นเมื่อเกิดแผ่นดินไหวจริง ดังแสดงตาราง

ปัจจุบันมีการพัฒนาคอมพิวเตอร์เพื่อใช้งานร่วมกับวิเคราะห์ไฟไนท์อิลิเมนต์ (FEM) โดยเฉพาะในกรณีที่มีแรงแผ่นดินไหว โดยที่ผู้ใช้โปรแกรมไม่ต้องกำหนดระนาบการวิบัติแต่อย่างใด สามารถที่จะวิเคราะห์การทรุดตัวและความเค้นที่เกิดขึ้นจริงได้ สามารถแสดงระนาบการพิบัติออกมาเป็นรูปภาพ รวมทั้งการพิบัติของส่วนอื่นๆ ของคันดินถมได้ทั้งหมด งานวิจัยในยุคแรกๆ ที่มีการนำวิธีการวิเคราะห์แบบไฟไนท์อิลิเมนต์มาใช้นั้น จะเป็นกรณีการวิเคราะห์แรงกระทำสถิต และกำหนดคุณสมบัติของดินให้เป็นแบบ เชิงเส้นแบบเนื้อเดียว (Linear Elastic Homogeneous, Isotropic materials) เช่นงานวิจัยของ Griffiths and Lane (1997) และ Clough and Chopra (1966)

ตาราง 1.1 เขื่อนที่ได้รับความเสียหายจากเหตุการณ์แผ่นดินไหว ที่มา: Ik-Soo Ha (2010)

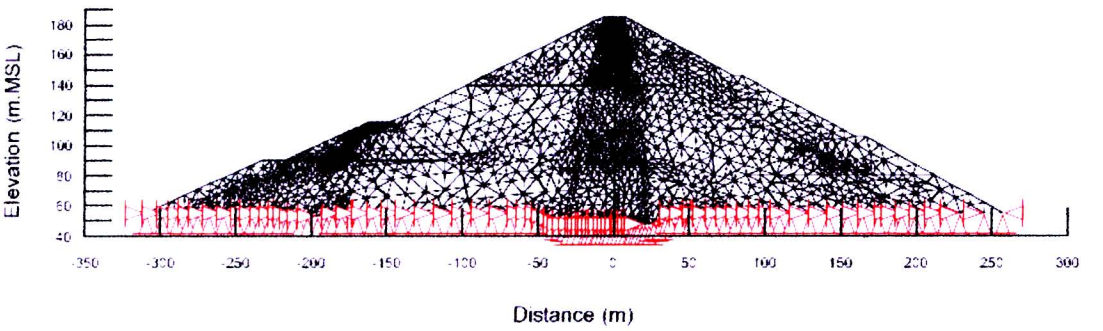
Type	Dam	Dim.	Damage	Earthquake	Place
Earth-fill	Lower San Fernando	H=42m	· upstream slope sliding · crest & U-S slope 9m settlement	M 6.5 Epicenter dis. 13.7 km PGA 0.4~0.5g	California, San Fernando (in 1971)
	Kitayama South		· U-S rockfill slope failure	M 7.2 Epicenter dis.= 31 km	Kobe, Japan (in 1995)
	Hebgen	H=27m L=200m	· gap b/w concrete and crest due to crest 2m settlement	M 7.5	Montana, Hebgen Lake (in 1959)
Rock-fill	Miboro	H=131m L=418m	· crest 3cm settlement · dam body lateral deformation to D-S	M 7.0 PGA 0.1g	Chile (in 1962)
	Matahina		· crack on the crest	M 6.5	New Zealand (in 1987)
Concrete	Koyna	H=103m L=853m	· leakage due to horizontal crack	M 7.0 Predominant = 15 Hz	India(in 1967)
	Pacoima	H=111m L=853m	· left abutment crack · arch part 25mm contraction	M 6.5	California, San Fernando (in 1971)
	Sheffield	H=220m L=8m	· dam failure	M 6.2	California, Santa Barbara (in 1925)
	Cogoti	H=83m L=160m	· crest 38cm settlement	M 7.1	Chile (in 1943)

ได้วิเคราะห์คันดินถมโดยใช้วิธีไฟไนท์อิลิเมนต์ (FEM) สำหรับปัญหาระนาบความเครียดแบบ 2 มิติ ของคันดินถม ต่อมาการศึกษาในลักษณะดังกล่าวได้พัฒนาสามารถทำการวิเคราะห์แบบพลศาสตร์และกำหนดคุณสมบัติวัสดุดิน เป็น แบบ Non-linear Inelastic (Nonhomogeneous Anisotropic behavior of materials) Zeghal and Abdel-Ghaffar (1992) ได้ใช้แบบจำลอง Non-linear กับ Finite element method เพื่อศึกษาพฤติกรรมของเขื่อนดินต่อแรงกระทำแผ่นดินไหว Ming and Li (2003) วิเคราะห์หาการพังทลายของเขื่อน Lower San Fernando และความเป็นไปได้ที่จะเกิดการพังทลายจาก Finite element method หรือ สุทธิศักดิ์ และ เกรียงไกร (2551) ได้ทำการศึกษาผลการตอบสนองจากแรงแผ่นดินไหวของเขื่อนศรีนครินทร์ จากความเร่งทั้งหมด 213 ครั้งจากเหตุการณ์แผ่นดินไหว 35 ครั้ง โดยใช้แบบวิธี Equivalent linear มาแสดงพฤติกรรมของวัสดุของเขื่อนเป็นแบบ Non-linear จากการวิเคราะห์โดยไฟไนท์อิลิเมนต์ (FEM) งานวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะทำการประเมินความปลอดภัยต่อแผ่นดินไหวของเขื่อนดินขนาดกลาง ใช้วิธีการวิเคราะห์ไฟไนท์อิลิเมนต์ระนาบความเครียดแบบ 2 มิติและกำหนดคุณสมบัติวัสดุแบบไม่เชิงเส้น โดยเลือกเขื่อนแม่ทะลบหลวง ซึ่งเป็นเขื่อนดินขนาดกลางในภาคเหนือ มาทำการวิเคราะห์ที่กำหนดแบบจำลอง 2 แบบ คือ Gravity Turn-on model และ Incremental model ทำการวิเคราะห์กรณีแรงกระทำแบบสถิตยศาสตร์ และกรณีแรงแผ่นดินไหววิเคราะห์แบบพลศาสตร์ ขณะที่ตัวเขื่อนมีระดับน้ำสูงสุดเป็นครั้งแรก

1.2 การตรวจสอบผลงานวิจัย

สุทธิศักดิ์ และ เกรียงไกร (2551) ได้ศึกษาพฤติกรรมการตอบสนองต่อแรงแผ่นดินไหวของเขื่อนศรีนครินทร์ เขื่อนได้ถูกออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวโดยวิธี Pseudo - Static ด้วยค่าสัมประสิทธิ์การสั่นสะเทือนในแนวราบเท่ากับ 0.10 โดยวิเคราะห์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์วิธีไฟไนท์อิลิเมนต์ดังแสดงในรูป 1.1 พบว่าส่วนต่างๆ ในตัวเขื่อนจะมีพฤติกรรมการตอบสนองทางพลศาสตร์แตกต่างกันและอัตราเร่งในแนวราบของวัสดุตัวเขื่อนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับความสูงเขื่อนโดยเริ่มเพิ่มมากขึ้นเมื่อถึงระดับความสูงประมาณ 2 ใน 3 ของความสูงเขื่อนและมีค่ามากที่สุดที่ระดับความสูง +180 ม.รทก. สำหรับค่าการทรุดตัวถาวรของสันเขื่อนจากแรงแผ่นดินไหวมีปัจจัยหลักขึ้นอยู่กับรูปร่างของตัวเขื่อน คุณสมบัติของวัสดุถมเขื่อน ระดับเก็บกักน้ำในเขื่อนและองค์ประกอบของคลื่นแผ่นดินไหวโดย พบว่าเว้นวรรคผลการวิเคราะห์โดยวิธี Newmark's Deformation (1965) มีค่าสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ที่ได้จากข้อมูลสถิติโดยวิธี Swaisgood (1998) ทำให้มั่นใจได้ถึงความถูกต้องของแบบจำลอง การทรุดตัวถาวรของสันเขื่อนกรณีระดับเก็บกักน้ำปกติ พบว่ามีค่ามากที่สุด 3.40 เมตร จากแผ่นดินไหวที่มีค่าอัตราเร่งของพื้นดิน

สูงสุดกระทำที่ฐานเขื่อน 1.17g ซึ่งการทรุดตัวดังกล่าวมีค่าน้อยกว่าระยะเผื่อพ้นน้ำของเขื่อนคือ 5 เมตร ดังนั้นเขื่อนจึงจะไม่เกิดการพิบัติอย่างทันทีทันใด แต่อย่างไรก็ตามเขื่อนอาจเกิดความเสียหายอย่างรุนแรงได้หากเกิดการไหลซึมผ่านรอยแตกหลังการเกิดแผ่นดินไหวและอาจทำให้เครื่องมือวัดพฤติกรรมเขื่อนที่ติดตั้งไว้บริเวณสันเขื่อนได้รับความเสียหายได้

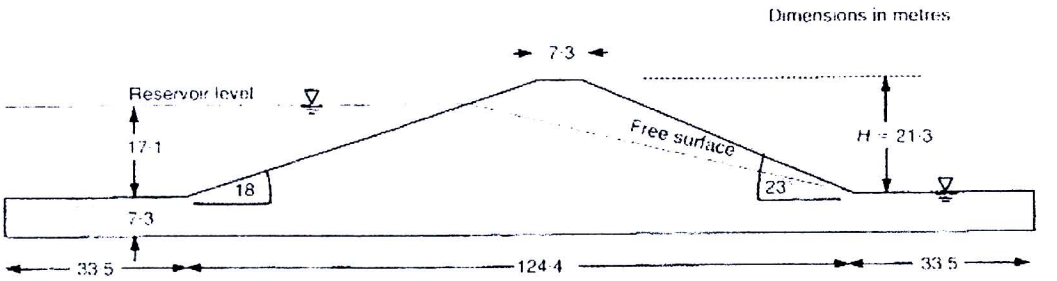


รูป 1.1 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยวิธีไฟไนท์อิลิเมนต์

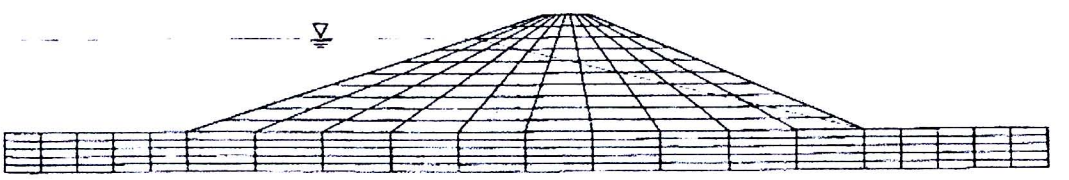
ที่มา: สุทธิศักดิ์ และ เกรียงไกร (2551)

Griffiths and Lane (1997) ศึกษาการวิเคราะห์หาอัตราส่วนความปลอดภัย (Safety factor) ของความลาดมั่นคงโดยใช้วิธีไฟไนท์อิลิเมนต์ (FEM) เปรียบเทียบกับวิธีสมดุลจำกัดของมวลดิน (LEM) จากแบบจำลองในระนาบ 2 มิติ วิธีไฟไนท์อิลิเมนต์ใช้แบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของวัสดุเป็น อีลาสโตพลาสติก (Elasto – plastic, Morh – Coulomb) มีความเชื่อถือได้และแม่นยำในการประมาณค่าอัตราส่วนความปลอดภัยของความลาดมั่นคง

รูปตัดเขื่อนสามารถทำเป็นแบบจำลองไฟไนท์อิลิเมนต์แสดงดังรูป 1.2 สมมุติให้ขอบเขตของแบบจำลองไฟไนท์อิลิเมนต์ฐานต้านการเคลื่อนที่ทั้งแนวราบและแนวดิ่ง ส่วนขอบเขตด้านซ้ายและขวาของแบบจำลองให้ต้านการเคลื่อนที่ในแนวราบเท่านั้น ระนาบพิบัติกรณีสถิตยศาสตร์จากวิธี FEM และ LEM แสดงดังรูป 1.3 และ 1.4 ตามลำดับ

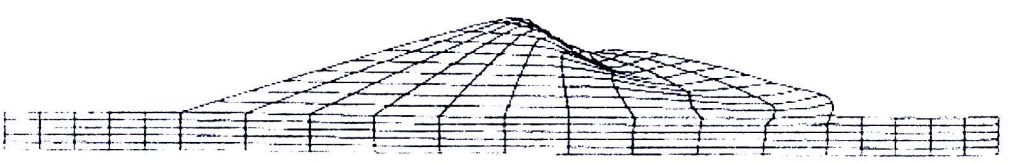


(ก) รูปตัดเขื่อนดิน

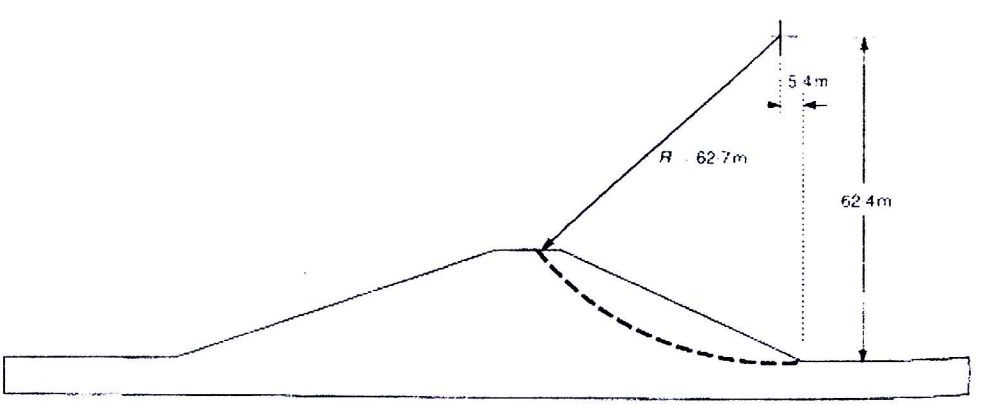


(ข) แบบจำลองไฟไนท์อิลิเมนต์

รูป 1.2 รูปร่าง และระดับน้ำของเขื่อนดินถม ที่มา: Griffiths and Lane (1997)

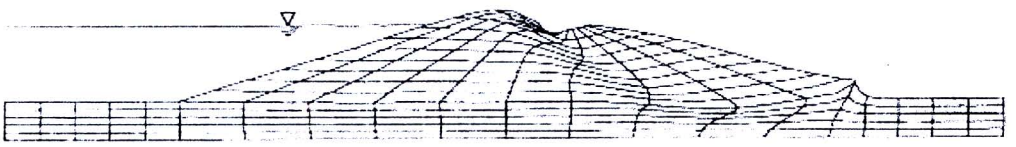


(ก) การเคลื่อนตัวของเขื่อนดินถมจากวิธีไฟไนท์อิลิเมนต์ (FEM) FS = 2.4

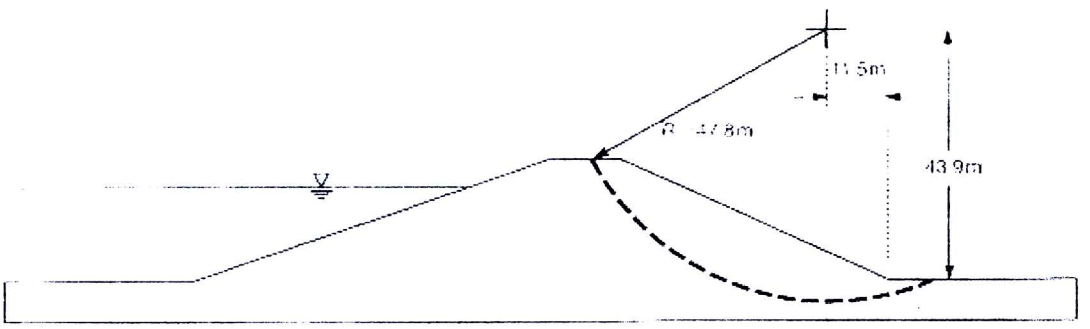


(ข) วงพิบัติของเขื่อนดินถมจากวิธีสมดุลจำกัดของมวลดิน (LEM) FS = 2.4

รูป 1.3 เขื่อนดินถม กรณีไม่มีน้ำในเขื่อน ที่มา: Griffiths and Lane (1997)



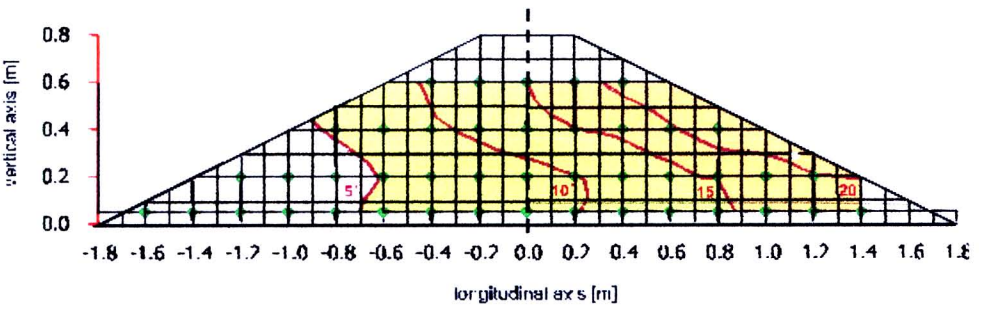
(ก) การเคลื่อนตัวของเขื่อนดินถมจากวิธีไฟไนท์อิลิเมนต์ (FEM) FS = 1.9



(ข) วงพิบัติของเขื่อนดินถมจากวิธีสมดุลจำกัดของมวลดิน (LEM) FS = 1.9

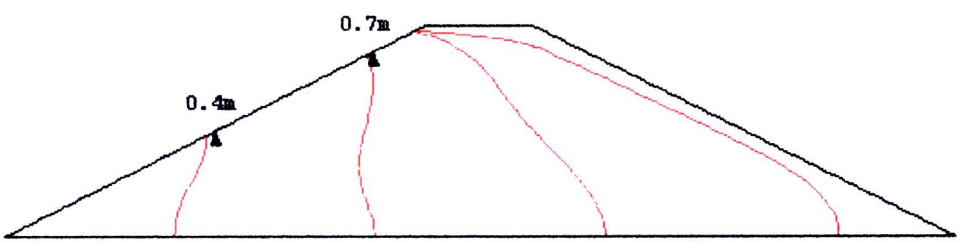
รูป 1.4 เขื่อนดินถม กรณีมีน้ำในเขื่อน ที่มา: Griffiths and Lane (1997)

Kratochvíl and Bachorec (2003) ศึกษา การรั่วซึมของเขื่อนดินถมของน้ำหน้าเขื่อน โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์จากโปรแกรมไฟไนท์อิลิเมนต์ ANSYS/THERMAL และเปรียบเทียบผลกับแบบจำลองเขื่อนย่อขนาดในห้องทดลอง เป็นตัวอธิบายพฤติกรรมการไหลของน้ำ จากการศึกษาพบว่าแบบจำลองย่อขนาดเขื่อนในห้องทดลอง ไม่สามารถควบคุมคุณสมบัติค่าการไหล (Permeability, K) ของดินให้คงที่ได้จากกระบวนการอัดดินสร้างเขื่อนย่อขนาดในห้องทดลอง ทำให้รูปการไหลของน้ำที่ได้ออกมาเมื่อเปรียบเทียบที่ได้จากโปรแกรมไฟไนท์อิเลิเมนต์มีค่าต่างกัน เพื่อที่จะไม่ให้เกิดความคลาดเคลื่อนของผลจากแบบจำลองจากโปรแกรมไฟไนท์อิลิเมนต์จึงกำหนดขอบเขตไม่ให้น้ำสามารถไหลผ่านออกไป บริเวณสันเขื่อนและหลังเขื่อนดังรูป 1.5 และ 1.6 งานวิจัยฉบับนี้ให้ผลสรุปจากการวิเคราะห์โปรแกรม ANSYS ให้ผลที่น่าเชื่อถือได้และมีประสิทธิภาพมากพอในการที่จะวิเคราะห์การไหลของน้ำรวมทั้งใช้วิเคราะห์หาความลาดมั่นคงได้อีก



รูป 1.5 ผลจากการทดสอบการไหลของแบบจำลองเขื่อนย่อขนาดในห้องทดลอง

ที่มา: Kratochvíl and Bachorec (2003)



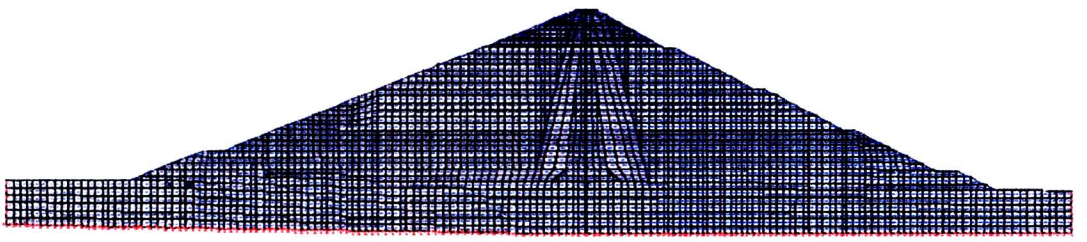
k=3.E-04,rozliseni=1.E-02,Neumann=3.E-02,t=.3,.6,.9, 1.2 ks

รูป 1.6 การไหลของน้ำผ่านเขื่อนจากโปรแกรมไฟไนท์อิลิเมนต์

ที่มา: Kratochvíl and Bachorec (2003)

Moayed, Fomashee and Kamalzare (2008) ศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อพฤติกรรมการตอบสนองแบบสั่นไหวของเขื่อนดินถม Mamloo ซึ่งตั้งอยู่ทางตะวันออกเฉียงใต้ของกรุง Tehran ประเทศอิหร่าน เป็นเขื่อนชนิดแบ่งประเภท (Zoned DAM) ชั้นแกนกลางเป็นดินเหนียว (Lean clay) และด้านท้ายเขื่อนและหน้าเขื่อนเป็นดินเหนียวปนกรวด (Clayey gravel) ปกคลุมแกนกลางเขื่อน งานวิจัยชิ้นนี้ศึกษาจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยโปรแกรมไฟไนท์อิลิเมนต์ ANSYS ดังแสดงรูป 1.7 การวิเคราะห์แบบพลศาสตร์ภายใต้แรงกระทำแผ่นดินไหว และเปรียบเทียบผลวิเคราะห์ค่าความเค้น โดยคิดและไม่คิดผลของโมดูลัสความยืดหยุ่น ของชั้นฐานรากเขื่อน บริเวณที่เป็นดินเหนียวปนกรวด และแรงดันของน้ำ แรงที่จะใช้ในการวิเคราะห์ความเสี่ยงที่จะเกิด liquefaction และการแตกร้าวที่จะเกิดขึ้นจะอธิบายโดยใช้กราฟตามชนิดความเร่ง และผลตอบสนองความเร่งของตัวเขื่อน การวิเคราะห์ได้เปรียบเทียบระหว่างบริเวณแกนกลางที่แบ่งส่วน กับแกนกลางที่คิดวัสดุเป็นดินเหนียวชิ้นเดียวกัน แบบจำลองชิ้นส่วนของเขื่อนดินเป็น

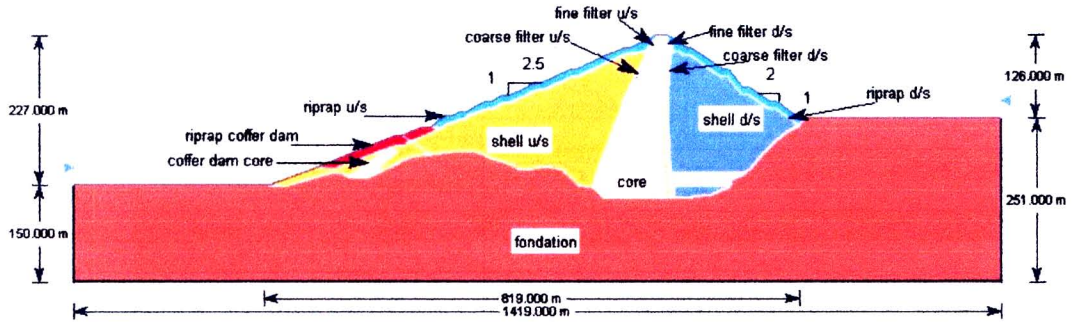
สี่เหลี่ยมคางหมู สำหรับหินถมบางๆ บริเวณแกนเขื่อนและคุณสมบัติของดินเป็นแบบ Nonlinear และพิจารณาค่าความเค้นหลักของการวิเคราะห์ปัญหาระนาบความเครียดแบบ 2 มิติ



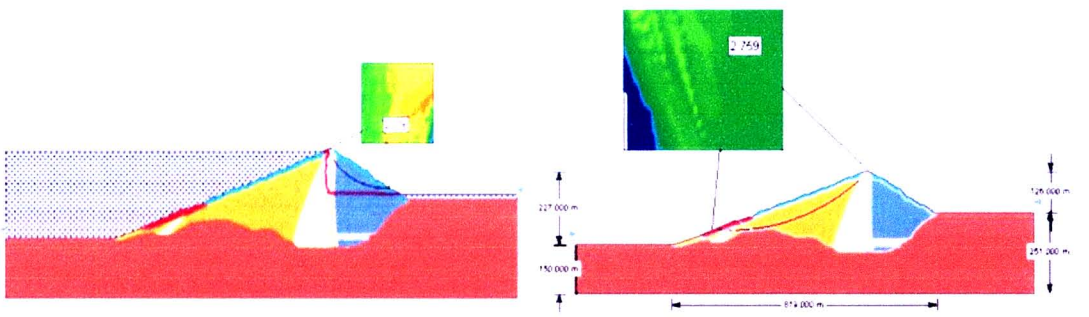
รูป 1.7 แบบจำลองคณิตศาสตร์ของเขื่อน Mamloo โดยโปรแกรมไฟไนท์อิลิเมนต์

ที่มา: Moayed, Fomashee and Kamalzare (2008)

Khanna, Chitra and Gupta (2008) ศึกษาการวิเคราะห์ความลาดมั่นคงของเขื่อนดินถมและหินถมโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เขื่อน Tehri เป็นเขื่อนหินทิ้งกักเก็บน้ำเพื่อการจัดสรรโครงการบนแม่น้ำ Bhagirathi และกระจายน้ำลงสู่แม่น้ำ Ganga เป็นเขื่อนหินทิ้งแกนดินเหนียวที่สูงที่สุดในโลกมีความยาวตัวเขื่อน 575 เมตร ตัวฐานมีความกว้างถึง 1.12 กิโลเมตร ดังแสดงรูป 1.8 และมีอุโมงค์ส่งน้ำใต้ดินสำหรับสร้างกระแสไฟฟ้า ตัวเขื่อนตั้งอยู่บริเวณ Garwal ที่มียังคงมีการสั่นไหวครอบคลุมพื้นที่กว่า 42 ตารางกิโลเมตร ความลาดมั่นคงของโครงสร้างเขื่อนขนาดใหญ่ที่อยู่ในบริเวณที่มีความเสี่ยงต่อแผ่นดินไหวที่อาจจะเกิดขนาดได้มากถึง 8.0 ริกเตอร์ขึ้นไปจากที่เคยบันทึกได้ในบริเวณนี้ ทำให้เป็นที่สนใจต่อความปลอดภัยที่จะเกิดขึ้นหลังจากเกิดแผ่นดินไหว ความลาดมั่นคงขึ้นอยู่กับลักษณะของความชัน, คุณสมบัติของวัสดุ และแรงที่มากระทำต่อเขื่อน แรงที่กล่าวถึงนั้นรวมไปถึงแรงกระทำจากน้ำทั้งนอกตัวเขื่อน แรงดันน้ำในตัวเขื่อน และแรงดันน้ำจากการรั่วซึม ซึ่งอยู่ในรูปแบบแรงสถิตและแรงพลศาสตร์ ผลกระทบของจากน้ำต่อความลาดมั่นคงสามารถเห็นได้ชัดเจนในเวลาที่น้ำในเขื่อนมีสภาพน้ำลดลงอย่างรวดเร็ว ในงานวิจัยชิ้นนี้ไม่ใช้การวิเคราะห์ความลาดชันของเขื่อนโดยวิธีสมดุลจำกัดของมวลดิน (LEM) แต่ใช้โปรแกรม SLIDE5.0 วิเคราะห์ภายใต้แรงสถิตและแรงพลศาสตร์วิธีแรงสถิตเสมือน

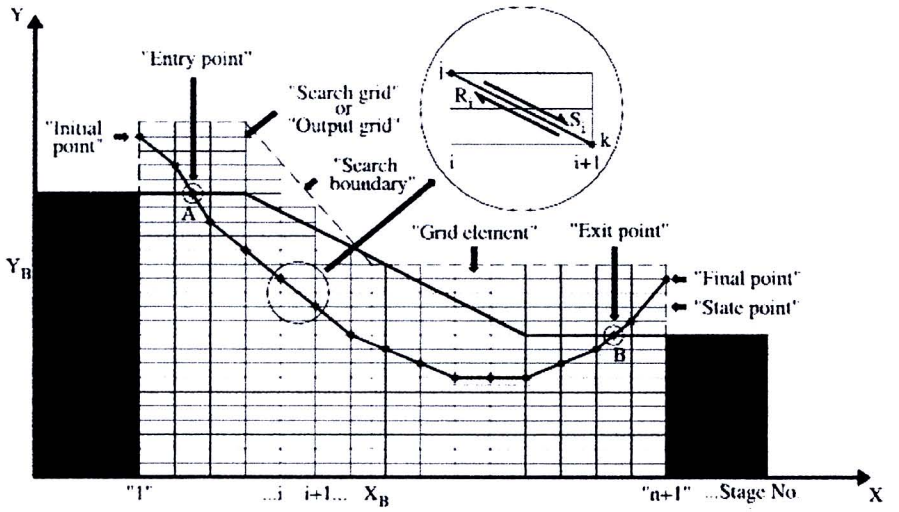


รูป 1.8 รูปตัดของเขื่อน Tehri ที่มา: Khanna, Chitra and Gupta (2008)



รูป 1.9 อัตราส่วนความปลอดภัยของเขื่อน Tehri ที่มา: Khanna, Chitra and Gupta (2008)

Pham and Fredlund (2003) ศึกษาการวิเคราะห์เสถียรภาพความลาดชันของคันดินแบบ 2 มิติ จากโปรแกรมวิเคราะห์ทางพลศาสตร์ ชื่อ DYNAPROG ซึ่งโปรแกรมสามารถที่จะคำนวณระนาบเคลื่อนตัวของคันดินหรือบริเวณที่คันดินเกิดการคราดสามารถหาได้จากค่าน้อยที่สุดของสมการการคราดตามวัสดุของดิน ความเค้นที่บริเวณระนาบการเคลื่อนตัวคำนวณจากวิธีวิเคราะห์ไฟไนท์อิลิเมนต์ โดยสมมติให้รูปร่างของระนาบการเคลื่อนตัวมีลักษณะเป็นเส้นตรงหลายๆ เส้นต่อกันดังแสดงรูป 1.10 ไม่จำเป็นต้องแบ่งชิ้นส่วนหรือคำนวณแรงที่เกี่ยวข้องตามชิ้นส่วนประกอบระนาบการเคลื่อนตัวตามสมมติฐานของวิธีสมดุลจำกัด (LEM) เมื่อเปรียบเทียบผลที่ได้ออกมาจากการวิเคราะห์โดยโปรแกรม DYNAPROG กับวิธีสมดุลจำกัดของมวลดิน (LEM) ค่าสัดส่วนความปลอดภัย (FS) ของโปรแกรมจะมีค่าน้อยกว่าเล็กน้อยกว่าค่าคำนวณได้จากวิธีสมดุลจำกัดของมวลดิน (LEM) อย่างไรก็ตามค่าอัตราส่วนปัวซอง (Poisson' ratio) ที่ใช้ในการวิเคราะห์ทั้งโปรแกรม DYNPROG และวิธีสมดุลจำกัดของมวลดิน (LEM) มีค่าประมาณ 0.5 จะได้ผลการวิเคราะห์หาสัดส่วนความปลอดภัยจากวิธีทั้งสองมีค่าเท่ากัน



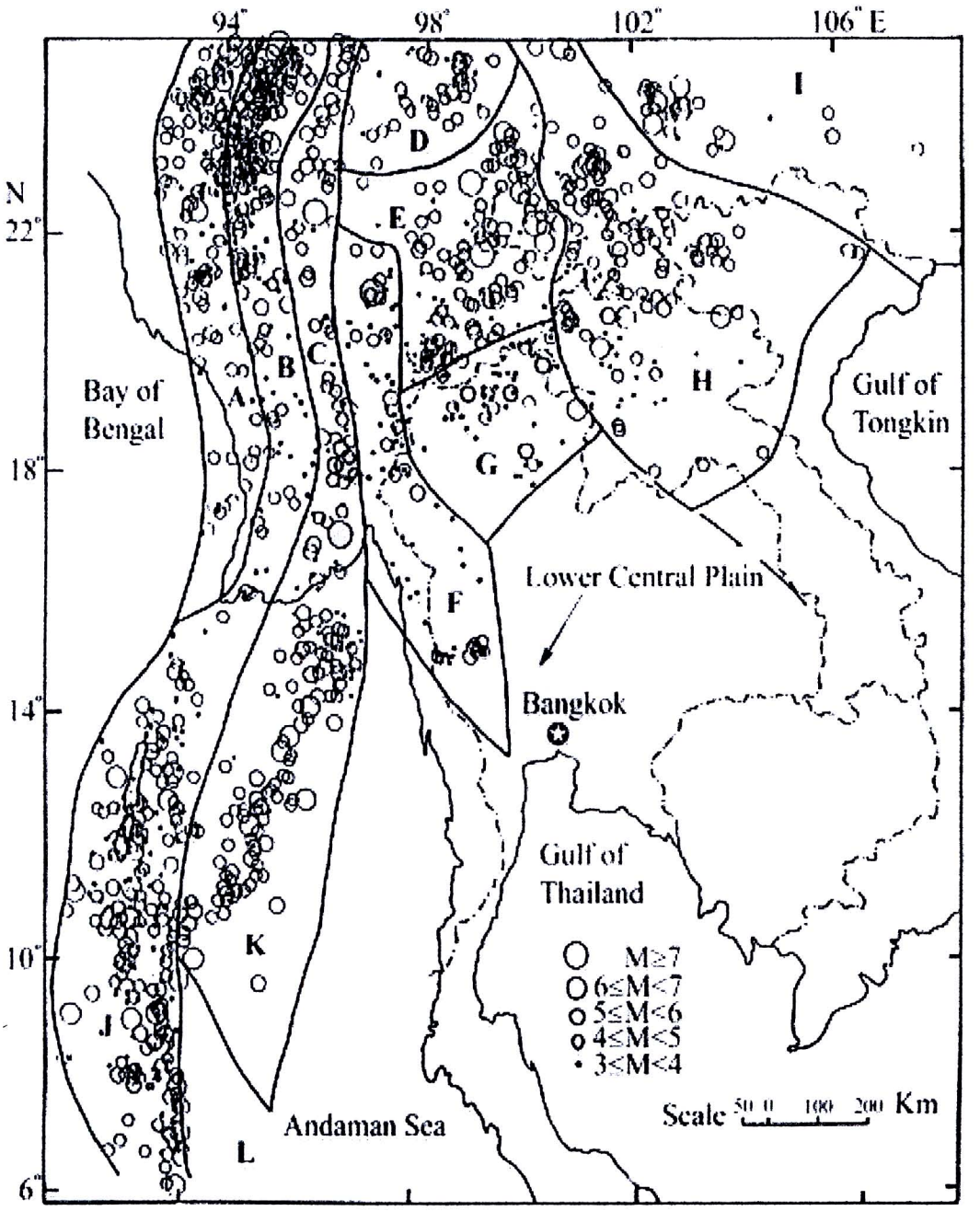
รูป 1.10 การวิเคราะห์หาอัตราส่วนความปลอดภัย ของโปรแกรม DYNPROG

ที่มา: Pham and Fredlund (2003)

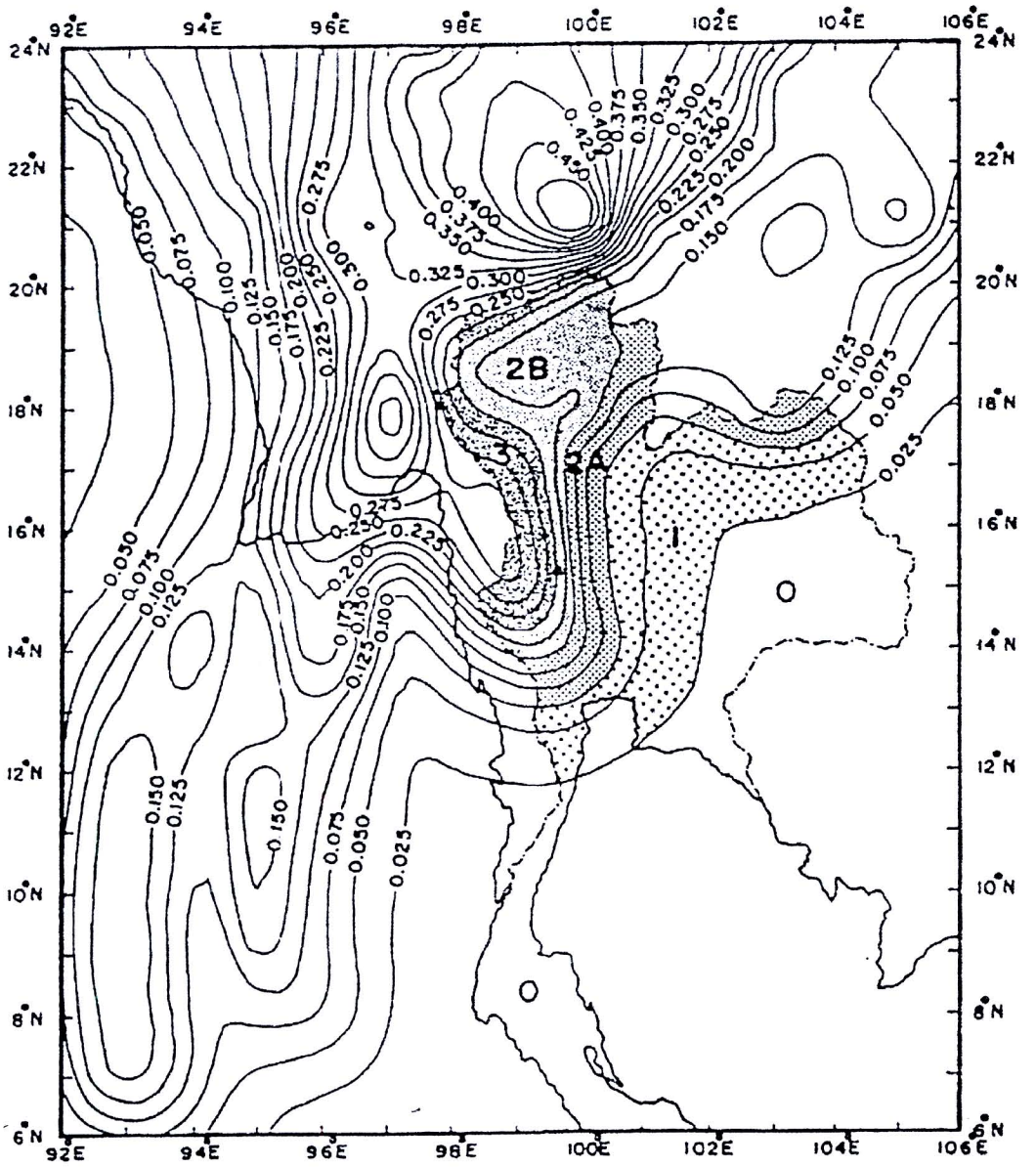
เป็นหนึ่ง (2541) ได้อธิบายถึงโอกาสของการเกิดภัยพิบัติแผ่นดินไหวในประเทศไทย โดยการนำข้อมูลแผ่นดินไหวที่วัดได้ในภูมิภาคแถบใกล้เคียงประเทศไทยที่ได้จากการตรวจวัดด้วยเครื่องวัดเป็นระยะเวลา 80 ปี ดังรูป 1.11, 1.12, ตาราง 1.1 และผลการศึกษาใหม่เกี่ยวกับรอยเลื่อนที่มีพลังในภาคเหนือของไทยมาวิเคราะห์และแปลความหมายใหม่อย่างระมัดระวัง นอกจากนี้ยังได้กล่าวถึงการจัดทำแผนที่ความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของประเทศไทย ผลการศึกษาสรุปได้ว่าความรุนแรงของแผ่นดินไหวในเขตพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่อยู่ในเขต 2B ตามมาตรฐาน UBC โดยมีอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดินในแนวราบจากแผ่นดินไหวระหว่าง 0.15 – 0.20g

ตาราง 1.2 แผ่นดินไหวขนาดตั้งแต่ 5 ริกเตอร์ขึ้นไปที่เคยตรวจวัดได้ในประเทศไทย ที่มา: เป็นหนึ่ง (2542)

วัน เดือน ปี	สถานที่เกิด	ขนาด (ริกเตอร์)
13 พ.ค. 2478	จ.น่าน	6.5
17 ก.พ. 2518	อ.ท่าสองยาง จ.ตาก	5.6
15 - 22 เม.ย. 2526	อ.ศรีสวัสดิ์ จ.กาญจนบุรี	5.3, 5.9, 5.2 (3ครั้ง)
11 ก.ย. 2537	อ.พาน จ.เชียงราย	5.1
9 ธ.ค. 2538	อ.ร้องกวาง จ.แพร่	5.1
21 ธ.ค. 2538	อ.พร้าว จ.เชียงราย	5.2
22 ธ.ค. 2539	พรมแดนไทย – ลาว – พม่า (ใกล้ อ.ดอยหลวง จ.เชียงราย)	5.5



รูป 1.11 แผนที่แสดงตำแหน่งและขนาดของแผ่นดินไหวที่ตรวจสอบได้ในประเทศไทย และประเทศข้างเคียงตั้งแต่ปี 2453 ถึง 2542 ที่มา: เป็นหนึ่ง (2541)



รูป 1.12 แผนที่แสดงระดับความเสี่ยงแผ่นดินไหวและเขตเสี่ยงภัยตามเกณฑ์ของ UBC ตัวเลขกำกับเส้น Contour คือ อัตราส่วนระหว่างอัตราเร่งสูงสุดในแนวราบของแผ่นดินไหวต่ออัตราเร่งของสนามโน้มถ่วงโลก (g) ที่มีโอกาสเพียง 10 % ที่จะสูงกว่าในคาบ 50 ปี

ที่มา: เป็นหนึ่ง และ อาเค (2537)

เขต 3 : รุนแรง : $0.20 < PGA/g \leq 0.30$: $Z = 0.30$

เขต 2B : ปานกลางค่อนข้างแรง : $0.15 < PGA/g \leq 0.20$: $Z = 0.20$

เขต 2A : ปานกลาง : $0.075 < PGA/g \leq 0.15$: $Z = 0.15$

เขต 1 : ไม่รุนแรง : $0.025 < PGA/g \leq 0.075$: $Z = 0.075$

เขต 0 : ไม่จำเป็นต้องออกแรงรับแรงแผ่นดินไหว : $PGA/g \leq 0.25$

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาพฤติกรรมการเคลื่อนตัว ของเขื่อนแม่ทะลบหลวง จากแรงกระทำแผ่นดินไหวรูปแบบต่างๆ

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

ได้แนวทางการประเมินความปลอดภัยต่อแผ่นดินไหวของเขื่อนแม่ทะลบหลวง

1.5 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.5.1 เขื่อนที่ศึกษา คือ เขื่อนแม่ทะลบหลวง ตั้งอยู่ที่ตำบลแม่ทะลบ อ.ไชยปราการ จ. เชียงใหม่ อยู่ที่เส้นรุ้งที่ 19^{o}-42'-40" เหนือ และเส้นแวงที่ 99^{o}-12'-50" ตะวันออก เป็นเขื่อนดินถมประเภทแบ่งส่วน (Zoned Dam) ประกอบด้วยดิน 4 ส่วน คือ (1) ส่วนแกนดินเหนียวกลางเขื่อน (Core Zone) เป็นบริเวณน้ำไหลผ่านยาก (Impervious Zone) (2) ส่วนชั้นกรวดทรายกรองเอียง (Chimney Drain) เป็นบริเวณระบายน้ำ (Filter Zone) ใช้กรวดปนทรายถมบดอัดแน่น (3) ส่วนของเปลือกเขื่อน (Shell) เป็นบริเวณน้ำไหลผ่านได้ (Previous Zone) (4) ส่วนตีนเขื่อน เป็นชั้นหินกรองด้านท้ายเขื่อน (Transition Rock fill Toe) เป็นจุดบรรจบของลำห้วย จำนวน 3 สาย ได้แก่ ห้วยแม่ทะลบ ห้วยโป่งจ๊อก และห้วยใยผา

1.5.2 ศึกษาเฉพาะตัวเขื่อน ไม่พิจารณาอาคารประกอบและฐานรากใต้เขื่อน

1.5.3 ศึกษาแบบจำลองคณิตศาสตร์ 2 มิติ จากโปรแกรม PLAXIS วิเคราะห์ด้วยแรงสถิตยศาสตร์และแรงแผ่นดินไหวพลศาสตร์ จากแบบจำลองของเขื่อน 2 แบบ คือ 1. Gravity turn-on Model เป็นแบบจำลองที่จำลองให้ตัววัสดุเขื่อนเป็นชิ้นเดียวกัน (ONELAYER) และคุณสมบัติของดินแบ่งตามส่วนต่างๆ 2. Incremental Model เป็น แบบจำลองที่จำลองให้ตัววัสดุเขื่อนเป็นชั้นๆ ติดต่อกัน (MULTILAYER) เหมือนวิธีก่อสร้างที่ใช้ดินถมบดอัดเป็นชั้นๆ แบบจำลองที่ใช้ศึกษาให้แต่ละชั้นมีความหนา 2.00 ม. รวมทั้งหมด 18 ชั้น มีคุณสมบัติของดินแต่ละส่วนเหมือนกันในแต่ละส่วนไม่ขึ้นกับระดับชั้นดิน

1.5.4 ตัวแบบจำลองที่ใช้วิเคราะห์ กำหนดให้ขอบเขตฐานเขื่อน (Boundary Condition) มีสภาพยึดแน่นไม่มีการเคลื่อนตัวทั้งแนวราบ และแนวดิ่ง (Ux = Uy = 0) วางฐานรากบนชั้นหินแข็ง ทั้งแบบจำลองทั้งสองแบบ อ้างอิงจากผลการสำรวจชั้นดิน Seismic Survey ของโครงการก่อสร้างอ่างเก็บน้ำแม่ทะลบหลวง

1.5.5 วิเคราะห์ในขณะที่มีระดับน้ำสูงสุดในตัวเขื่อนเป็นครั้งแรก โดยที่พฤติกรรมของน้ำหน้าเขื่อนเปลี่ยนแปลงน้อยมากและกำหนดเป็น แรงดันน้ำสถิต (Hydrostatic Pressure) ทั้งกรณีสถิตยศาสตร์ และกรณีการวิเคราะห์แผ่นดินไหวแบบพลศาสตร์

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ - 8 ก.ย. 2554
ทะเบียน 242236
เลขเรียกหนังสือ

1.5.6 ศึกษาแรงกระทำจากแผ่นดินไหวตามประวัติเวลา (Time – History) มาใช้วิเคราะห์มี 3 แบบ คือ 1. แผ่นดินไหวที่มีระยะเวลาการสั่นยาวนาน (Long Duration) 2. แผ่นดินไหวที่มีระยะเวลาการสั่นสั้น (Short Duration) 3. แผ่นดินไหวแบบ แรงกระแทกฉับพลัน (Impulse load)

1.5.7 ศึกษาของพฤติกรรมการเคลื่อนที่, ความเค้น-ความเครียด และบริเวณที่มีความเสี่ยงจะเกิดการเหลวตัวของดิน (Liquefaction) หลังจากแรงแผ่นดินไหวของตัวเขื่อน