“เขื่อนดินกับแผ่นดินไหว (ตอนที่ 1)”

ผศ.ดร.สุทธิศักดิ์ ศรลัมพ์
ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

เขื่อนเป็นสิ่งก่อสร้างขนาดใหญ่ที่สร้างขึ้นด้วยมนุษย์ เขื่อนที่สูงที่สุดในโลกมีความสูงถึง 335 เมตร (สูงกว่าตึกใบหยก 2 ที่สูง 319 เมตร) เขื่อนยุคใหม่ส่วนมากได้รับการออกแบบให้มีความสามารถในการต้านทานแผ่นดินไหวได้ตามลักษณะโอกาสการเกิดความรุนแรงในพื้นที่ก่อสร้าง ในประวัติศาสตร์เขื่อนยุคใหม่ที่เกิดการพิบัติอย่างสมบูรณ์เนื่องจากแผ่นดินไหว มีเพียงเขื่อนเดียวในโลกคือ เขื่อน Sheffield ในปี พ.ศ. 2468 (ค.ศ.1925) ประเทศสหรัฐอเมริกา

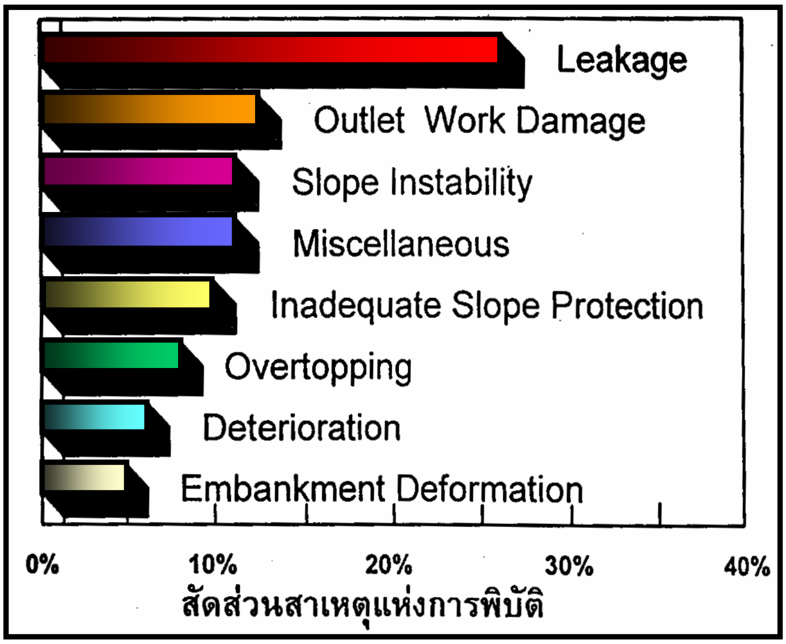
ชนิดของเขื่อนแบ่งตามประเภทของการก่อสร้าง ได้แก่ เขื่อนดินบดอัด เขื่อนหินทิ้งแกนดินเหนียวเขื่อนหินทิ้งคาดคอนกรีตและเขื่อนคอนกรีตเป็นต้น เขื่อนส่วนใหญ่ในโลกเป็นเขื่อนดินและเขื่อนหิน ตามสถิติแสดงในรูปที่ 1

เขื่อนถม		เขื่อนคอนกรีตและหินก่อ			
เขื่อนดิน	เขื่อนหินทิ้ง	Gravity	Arch	Buttress	Multi-Arch
9,890	760	3,970	760	280	140
62.6%	4.8%	25.1%	4.8%	1.8%	0.9%
67.4%		32.6%			

รูปที่ 1 สัดส่วนประเภทเขื่อนที่ได้ลงทะเบียน (ICOLD, 1975)

ประเภทของเขื่อนจะถูกเลือกตามวัตถุประสงค์การสร้างเขื่อนลักษณะของช่องเขาหรือร่องน้ำความสูงที่ต้องการและวัตถุประสงค์สำหรับการก่อสร้างที่มีอยู่ในพื้นที่บทความ นี้จะขอกล่าวถึงพฤติกรรมการตอบสนองและการพิบัติของเขื่อนดินและเขื่อนหินทิ้ง เนื่องจากแรงแผ่นดินไหวโดยจะนำเสนอหลักการและชนิดของการพิบัติ รวมทั้งเหตุการณ์ในอดีตประกอบเป็นกรณีศึกษา

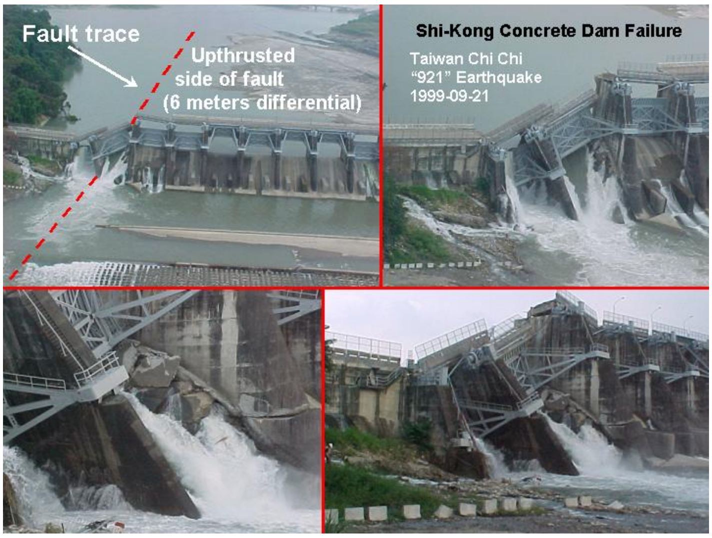
รูปแบบการพิบัติของเขื่อนจากผลของแผ่นดินไหว



รูปที่ 2 สัดส่วนสาเหตุแห่งการพิบัติ

รูปที่ 2 แสดงสถิติการพิบัติเสียหายของเขื่อนจากหลายสาเหตุ เห็นได้ว่าเขื่อนส่วนใหญ่เกิดการพิบัติเนื่องมาจากการไหลซึมของน้ำผ่านตัวเขื่อน(ในสภาวะปกติ)เป็นสาเหตุหลัก สาเหตุดังกล่าวเกิดเนื่องมาจากการเลือกวัสดุตัวเขื่อนหรือดินตัวเขื่อนผิดประเภท การสำรวจที่ไม่เพียงพอ ความผิดพลาดจากการบดอัด หรือการทรุดตัวแตกต่างกันของฐานรากเป็นต้น สำหรับแผ่นดินไหวนั้น พบว่าก่อให้เกิดพฤติกรรมรูปแบบต่างๆกับตัวเขื่อนซึ่งนำไปสู่การพิบัติได้ดังต่อไปนี้

1. การเคลื่อนตัวของแนวรอยเลื่อนในแนวดิ่งใกล้ตัวเขื่อน
2. การเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนใต้ฐานเขื่อน(รูปที่ 3)
3. การเกิดคลื่นน้ำภายในอ่างเก็บน้ำ (Seiches) เนื่องจากความสั่นสะเทือน (รูปที่ 4)
4. การเกิดแผ่นดินถล่มรอบอ่างเก็บน้ำจากแรงแผ่นดินไหวทำให้เกิดน้ำข้ามสันเขื่อน
5. เกิดการพิบัติของอาคารบังคับน้ำ ทำให้ไม่สามารถระบายน้ำได้
6. การไหลซึมของน้ำผ่านตัวเขื่อนตามรอยแตกในแนวขวางกับสันเขื่อน
7. การยุบตัวของสันเขื่อนในแนวดิ่งเนื่องมาจากแรงสั่นสะเทือน
8. การสูญเสียกำลังของดินตัวเขื่อนหรือฐานรากเนื่องจากการเกิด Liquefaction ทำให้เกิดการเลื่อนไถลหรือยุบตัวของเขื่อน



รูปที่ 3 ความเสียหายของเขื่อน SHI-KONG ประเทศไต้หวัน (R.S.OLSEN, 1999)

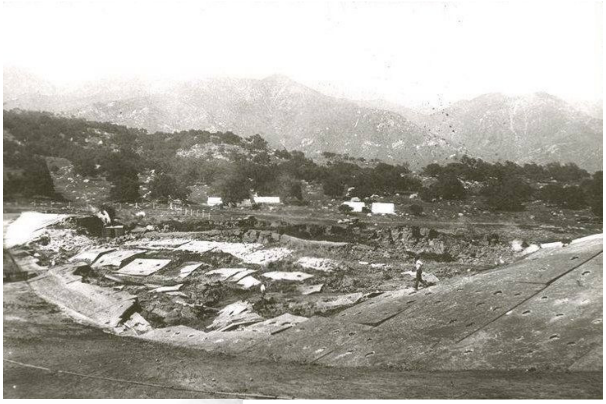
รูปที่ 4 คลื่นในอ่างเก็บน้ำเนื่องมาจากแผ่นดินไหว (Seiches)เขื่อน Hebgen ประเทศสหรัฐอเมริกา

สาเหตุดังกล่าวข้างต้นเรียงลำดับตามโอกาสในการเกิดน้อยที่สุดไปถึงโอกาสเกิดสูงสุด สาเหตุที่ 1-4 เป็นสาเหตุที่มีโอกาสเกิดต่ำและดำเนินการวิเคราะห์เพื่อคาดเดาความเสียหายยาก สาเหตุที่ 5-8 เป็นสาเหตุที่มีโอกาสเกิดมากกว่าและสามารถประเมินความเสียหายโดยใช้หลักทฤษฎีด้านวิศวกรรมปฐพีมาดำเนินการวิเคราะห์ได้รายละเอียดของสาเหตุและความเสียหายของเขื่อนจากแผ่นดินไหวมีดังต่อไปนี้

การพิบัติจากการเกิด Liquefaction

Liquefaction คือปรากฏการที่ดินทรายหรือกรวดที่อิ่มตัวด้วยน้ำเกิดการสูญเสียกำลัง เนื่องจากแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว เหตุดังกล่าวเกิดจากมีความสั่นสะเทือนของคลื่นแผ่นไหวที่แรงพอที่จะทำให้แรงดันน้ำในเม็ดดินเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้เม็ดดินอยู่ห่างกันมากขึ้น กำลังรับน้ำหนักของดินจึงตกลง เหตุการณ์ดังกล่าวจะเกิดเฉพาะดินทรายหลวมหรือกรวดที่มีความแน่นต่ำ Liquefaction สามารถเกิดขึ้นได้ทั้งดินตัวเขื่อนหรือดินฐานราก และสามารถทำให้เขื่อนเกิดการพิบัติได้อย่างรวดเร็ว เขื่อนที่ก่อสร้างด้วยเทคนิคการก่อสร้างในปัจจุบันแทบจะไม่มีโอกาสเกิด Liquefaction ได้ สำหรับเขื่อนเก่าประเภทเขื่อนที่มีโอกาสเกิด Liquefaction ได้ง่ายที่สุดได้แก่เขื่อนที่ก่อสร้างโดยเทคนิค Hydraulic Fill หรือบดอัดดินโดยใช้น้ำฉีด

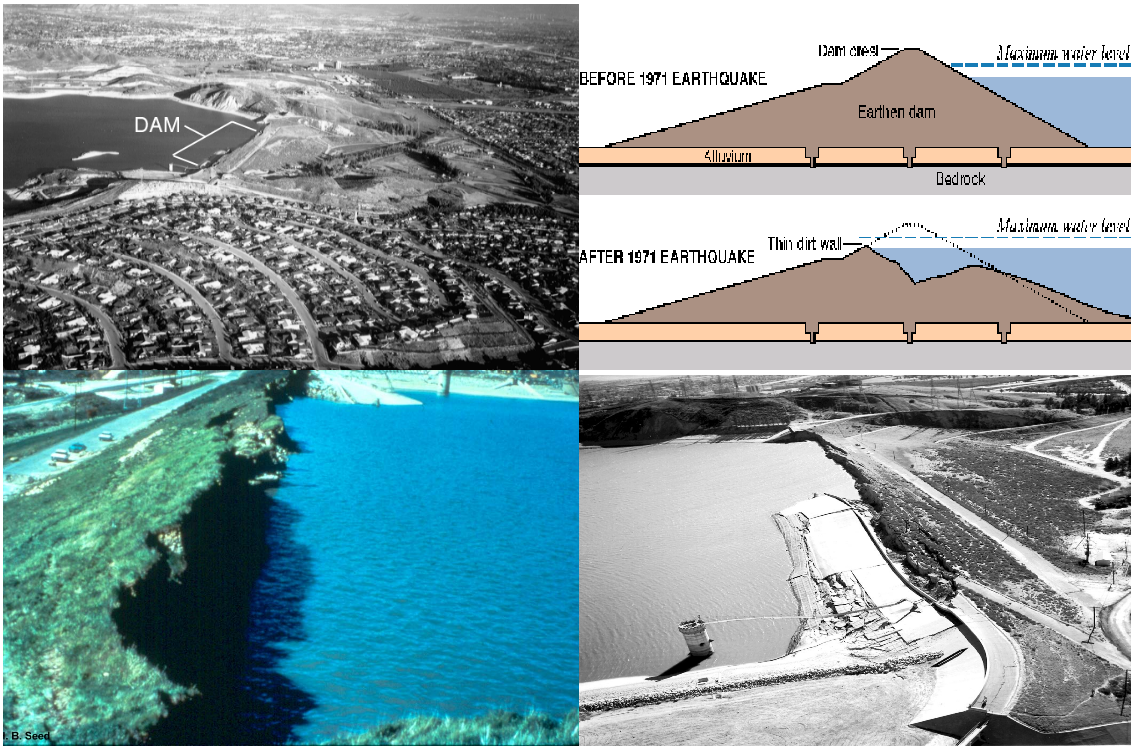
ปี พ.ศ. 2468 เกิดแผ่นดินไหวที่เมือง Santa Barbara ขนาดความรุนแรง 9 Rossi-Forsel แสกลทำให้เกิดการพิบัติอย่างสมบูรณ์ของเขื่อน Sheffield ซึ่งเป็นเขื่อนดินคาดหน้าคอนกรีต (รูปที่ 5)



รูปที่ 5 การพิบัติของเขื่อน Sheffield ปี พ.ศ. 2461 (Sherard et al., 1963)

เขื่อนดังกล่าวเปิดใช้งานในปี พ.ศ. 2461 และก่อสร้างโดยขาดการบดอัดที่ดีทำให้ดินอยู่ในสภาพหลวม ผู้เชี่ยวชาญคาดว่าสาเหตุการพิบัติของเขื่อนเกิดจากการเกิด Liquefaction ที่บริเวณฐานรากด้านบนหรือส่วนล่างของตัวเขื่อน อย่างไรก็ตามในขณะนั้นวิศวกรปฐพียังไม่คุ้นเคยและรู้จักปรากฏการณ์ Liquefaction ดีพอ 46 ปีต่อมา ปี พ.ศ. 2514 ได้เกิดแผ่นไหวที่รัฐแคลิฟอเนีย ขนาดความ

รุนแรง 6.6 ริกเตอร์แสกล แผ่นดินไหวดังกล่าวทำให้เขื่อน Lower San Fernando เกิดความเสียหายแต่ไม่ถึงกับพิบัติอย่างสมบูรณ์ เขื่อนดังกล่าวตั้งอยู่ห่างจากศูนย์กลางแผ่นดินไหวประมาณ 20 กม. แผ่นดินไหวทำให้เกิด Liquefaction ภายในตัวเขื่อนทำให้ ตัวเขื่อนไถลลงไปทางด้านเหนือน้ำหรือไถลลงในอ่างเก็บน้ำ ส่งผลให้ระดับสันเขื่อนลดต่ำลงดังแสดงในรูปที่ 6 ในเวลานั้นเหลืออีกเพียง 1 เมตร ที่น้ำจะสามารถข้ามสันเขื่อนได้ ถ้าเกิดเหตุการณ์ดังกล่าวเกิดขึ้นเขื่อนอาจแตกได้และจะก่อให้เกิดสูญเสียอย่างใหญ่ตกลงตามมา หลังจากเหตุการณ์เกือบพิบัติของเขื่อน Lower San Fernando ได้เกิดการศึกษาเรื่อง Liquefaction ที่ค่อนข้างจะดีในปัจจุบันอย่างจริงจัง ส่งผลให้เกิดการพัฒนาทฤษฎีในการวิเคราะห์และเทคนิคการก่อสร้างเพื่อป้องกันการเกิด Liquefaction ที่ค่อนข้างจะดีในปัจจุบัน



รูปที่ 6 ความเสียหายของเขื่อน Lower San Fernando ปี พ.ศ. 2514 (USGS, 1995)

สำหรับสาเหตุการพิบัติอื่นๆ อาทิเช่นการเกิด Seiches รวมทั้งเทคนิคการออกแบบเขื่อนเพื่อต้านทานแผ่นดินไหวจะขอนำเสนอในฉบับหน้า