

บทที่ 10

การตรวจสอบความปลอดภัยและการบำรุงรักษา

การตรวจสอบสภาพเขื่อนและการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอจะช่วยลดอันตรายเนื่องจากการพิบัติของเขื่อนและลดความสูญเสียโดยเปล่าประโยชน์ นอกจากนี้ การตรวจสอบและการบำรุงรักษาอย่างต่อเนื่องจะช่วยยืดอายุการใช้งาน และรักษาประสิทธิภาพของเขื่อนและอ่างเก็บน้ำได้อีกด้วย ข้อดีของการบำรุงรักษาอย่างต่อเนื่องคือ การตรวจสอบพบความผิดปกติหรือชำรุดเสียหายตั้งแต่ต้นและจัดการซ่อมแซมได้ทันเวลาก่อนที่จะลุกลามทำให้เขื่อนเสียหายมาก เนื้อหาในบทนี้จึงได้เน้นถึงการตรวจสอบทั้งจากการตรวจสอบด้วยวิธีที่ใช้ค่าใช้จ่ายไม่สูง ได้แก่ การตรวจสอบด้วยสายตา และวิธีที่ต้องลงทุนในระยะต้น ตลอดจนการบำรุงรักษาและข้อจำกัดในการใช้งานด้วย

10.1 การตรวจสอบด้วยตา

การตรวจสอบความปลอดภัยด้วยสายตาเป็นวิธีที่สะดวกและมีค่าใช้จ่ายน้อย ค่าดัชนีสภาพการตรวจสอบสภาพเขื่อนด้วยสายตานี้ จะนำไปสู่การคำนวณ (Condition Index) เพื่อให้ทราบถึงสภาพปัจจุบันของเขื่อนและความเร่งด่วนในการบำรุงรักษา การปฏิบัติตรวจสอบสภาพเขื่อนด้วยสายตา ควรตรวจสอบโดยการเดินจากจุดเริ่มต้นของเขื่อน ไปตามแนวสันเขื่อน โดยบันทึกสภาพของเขื่อนตามหลักกิโลเมตรหรือระยะตามแนวสันเขื่อน อย่างไรก็ตามหากพบจุดที่มีปัญหาและไม่มีผู้เชี่ยวชาญให้บันทึกภาพ ระบุระยะทางและสภาพความเสียหายให้ได้มากที่สุดเพื่อดำเนินการปรึกษาส่วนราชการที่เกี่ยวข้อง เช่น กรมชลประทานต่อไป

การตรวจสอบสภาพเขื่อนควรตรวจสอบองค์ประกอบที่สำคัญของเขื่อน แต่เนื่องจากเขื่อนแต่ละแห่งมีองค์ประกอบแตกต่างกันไป จึงกำหนดลักษณะการตรวจสอบดังนี้

10.1.1 การตรวจสอบสภาพสันเขื่อน

1. รอยแตก

รอยบนสันเขื่อนบ่งบอกถึงความเป็นไปได้ในการเกิดการไหลของคันดินทางด้านข้าง รอยแตกที่กว้างหรือลึกย่อมอันตรายกว่ารอยแตกที่แคบและตื้น รอยแตกในแนวขวางหรือตั้งฉากกับสันเขื่อนจะทำให้เกิดการรั่วซึมเป็นอันตรายต่อเขื่อน

2. การกัดเซาะ

การกัดเซาะของน้ำผิวดินจนทำให้สันเขื่อนเสียหายหรือการกัดเซาะจนทำให้เกิดร่องตามแนวของลาดชันอาจก่อให้เกิดการเสถียรระดับการกักเก็บ การกัดเซาะที่อันตรายคือการกัดเซาะแนวตั้งฉากกับสันเขื่อนและต่อเนื่องลงไปตามลาดชันด้านเหนือน้ำ การกัดเซาะลักษณะนี้อาจทำให้น้ำไหลท่วมสันเขื่อนได้

3. การทรุดตัว

การทรุดตัวที่อันตรายได้แก่ การยุบตัวเนื่องจากอาจเกิดโพรงภายในตัวเขื่อนหรือการยุบตัวเนื่องจากเกิดการลื่นไถลของคันดิน

4. ร่องล้อ

ร่องล้อที่มีความลึกจนเป็นแอ่งน้ำขัง ทำให้การระบายบนสันเขื่อนไม่ดีและอาจก่อให้เกิดการกัดเซาะภายในตัวเขื่อนได้

5. วัชพืช

ไม่ควรมีวัชพืชปกคลุมเพราะ จะทำให้ปิดบังร่องรอยต่างๆ ที่บ่งบอกถึงโอกาสเกิดการพิบัติได้ นอกจากนั้นต้นไม้ที่มีรากลึก ไม่ควรปล่อยให้ขึ้นในตัวเขื่อนโดยเด็ดขาด เนื่องจากรากอาจจะชอนไชทำให้เขื่อนรั่วได้

ตัวอย่างตารางตรวจสอบสภาพเขื่อนเพื่อประเมินความปลอดภัยและบำรุงรักษา แสดงไว้ในภาคผนวก ก

10.1.2 การตรวจสอบสภาพลาดเขื่อนด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำ

1. คุณสมบัติของหิน

หินด้านเหนือน้ำมีหน้าที่ป้องกันการกัดเซาะ เนื่องจากคลื่นภายในอ่างเก็บน้ำ ดังนั้นจึงควรมีการเรียงตัวอยู่ในสภาพที่ซัดกันดี และมีขนาดคละที่ดี เพื่อให้เกิดช่องว่างน้อยที่สุด สภาพที่อันตรายคือ สภาพที่หินถูกกัดเซาะและผุกร่อนจนเริ่มเห็นดินตัวเขื่อน

2. การกัดเซาะโดยคลื่น

การกัดเซาะโดยคลื่นที่อันตรายคือ สภาพที่เกิดการกัดเซาะจนถึงเนื้อเขื่อนและเกิดไหลลื่นบนลาดชัน

3. การกัดเซาะโดยน้ำฝน

สภาพที่อันตรายคือการกัดเซาะโดยน้ำฝนในบริเวณลาดชันเป็นร่องลึก ทำให้สูญเสียเนื้อเขื่อนและอาจนำไปสู่การรั่วซึมภายในตัวเขื่อนได้อีกด้วย และหินป้องกันคลื่น อาจเกิดการยุบตัวทำให้เกิดการเสียรูปของตัวเขื่อนและทำให้เสถียรภาพของลาดชันลดลง

4. วัชพืช

ไม่ควรมีวัชพืชปกคลุม เพราะจะทำให้ปิดบังร่องรอยต่างๆ ที่บ่งบอกถึงโอกาสเกิดการพิบัติได้ นอกจากนั้นไม่ควรปล่อยให้ต้นไม้ที่มีรากลึกขึ้นในตัวเขื่อนโดยเด็ดขาด เนื่องจากรากอาจจะชอนไชทำให้เขื่อนรั่วได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต้นไม้ตาย

5. การทรุดตัว

การทรุดตัวหรือยุบตัวเป็นอันตรายอย่างยิ่งต่อเขื่อน เนื่องจากอาจเกิดโพรงภายในตัวเขื่อน หรือเกิดการลื่นไถลของดินลาดชัน นอกจากนั้นการทรุดตัวยังทำให้เสถียรภาพของลาดชันลดลง

6. การเลื่อนไถล

การเลื่อนไถลของดินบนลาดชัน เป็นอันตรายอย่างมากต่อเขื่อน การลื่นไถลอาจก่อให้เกิดการแตกร้าวบนสันเขื่อนหรือบนลาดชัน ควรดำเนินการแก้ไขโดยเร่งด่วน

7. การขุดหรือย้าย

ตัวเขื่อนไม่ควรถูกขุดนำดินไปใช้เนื่องจากจะทำให้เสถียรภาพต่ำลง

8. คุณสมบัติของหญ้า

สำหรับเขื่อนที่ปลูกหญ้าบนลาดชัน หญ้าไม่ควรมีความสูงจนปิดบังร่องรอยที่อาจจะก่อให้เกิดการพิบัติ ความหนาแน่นของหญ้าควรสม่ำเสมอ ควรสังเกตบริเวณที่หญ้าหรือวัชพืชขึ้นสูงผิดปกติ เพราะบริเวณดังกล่าวอาจมีการไหลซึมของน้ำ

9. รอยแตก

รอยแตกบนลาดชันที่อันตรายคือ รอยแตกที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนระดับของลาดชัน รอยแตกด้านบนลาดชันต่อเนื่องถึงด้านล่างเป็นครึ่งวงกลม บ่งบอกถึงสัญญาณของการวิบัติของลาดชัน

10.1.3 สภาพพื้นที่ฐานรากและพื้นที่ท้ายน้ำ

1. การไหลซึม

การไหลซึมของน้ำออกจากตัวเขื่อนหรือฐานรากในจุดที่ไม่ได้เป็นจุดออกแบบสำหรับระบายน้ำ อาจก่อให้เกิดการพิบัติของเขื่อนได้ ลักษณะที่อันตรายและควรดำเนินการแก้ไขโดยด่วนคือ สภาพะน้ำที่ไหลซึมมีอัตราการไหลสูงหรือน้ำที่ไหลออกมีสีขุ่น เนื่องจาก นำพาดินจากตัวเขื่อนหรือฐานรากออกมาด้วย ซึ่งทำให้เกิดโพรงและเกิดการยุบตัวของเขื่อนในที่สุด การไหลซึมอาจเกิดปรากฏให้เห็นเป็นลักษณะของน้ำพุ หรือน้ำผุดออกมาจากพื้นดินและอาจเกิดห่างออกจากตีนเขื่อนในระยะไกลพอสมควรด้วย

2. การกัดเซาะ

การกัดเซาะบริเวณฐานราก และพื้นที่ท้ายน้ำอาจเกิดจากการขาดระบบระบายน้ำผิวดินที่ดี การกัดเซาะจะทำให้เสถียรภาพของลาดชันลดลง

3. การทรุดตัว

การทรุดตัวของฐานรากหรือพื้นที่ท้ายน้ำอาจเกิดจากโพรงภายในฐานราก ลักษณะดังกล่าวเป็นลักษณะที่อันตราย การทรุดตัวอาจเกิดห่างจากตีนเขื่อนออกไปได้ไกล ส่วนใหญ่การทรุดตัว จะเกิดขึ้นเพราะการไหลซึมใต้ฐานเขื่อน

10.1.4 สภาพของประตูระบายน้ำ

ประตูระบายน้ำสำหรับอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก ควรอยู่ในสภาพที่สามารถจะเปิด-ปิดบานระบายได้สะดวก ไม่มีการแตกร้าวของคอนกรีตบริเวณประตูและร่องระบาย โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กควรอยู่ในสภาพที่ไม่แตกจนเห็นเหล็กภายใน ไม่มีน้ำไหลซึมด้านล่างหรือโดยรอบ รวมทั้งรางระบาย และประตูระบายไม่มีสิ่งกีดขวางหรืออุดตัน

10.2 การตรวจสอบด้วยเครื่องมือวัดพฤติกรรมเขื่อน

เครื่องมือวัดพฤติกรรมเขื่อนจะทำหน้าที่และยังประโยชน์ที่สำคัญ 3 ประการ คือ

- 1) เตือนภัยในกรณีที่มีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้นในตัวเขื่อน เพื่อจะได้มีการแก้ไขได้ทันทั่วทั้งก่อนที่จะเกิดมหันตภัย
- 2) แสดงพฤติกรรมจริงที่เกิดขึ้น ซึ่งจะเป็นข้อมูลในการนำมาแก้ไขปรับปรุงแบบแปลนและสมมุติฐานการก่อสร้างที่กำหนดไว้ล่วงหน้าให้ถูกต้องตามข้อเท็จจริง ทำให้การก่อสร้างเขื่อนมีความมั่นคงแข็งแรงและประหยัด

3) แสดงเสถียรภาพของตัวเชื่อมในกรณีเร่งการก่อสร้าง โดยดูจากความดันน้ำและการเคลื่อนตัวที่เกิดจากการบดอัดไม่ให้สูงเกิน จนทำให้อาจเกิดอันตรายได้

โดยปกติแล้วเครื่องมือวัดอาจใช้ในช่วงต่างๆ ของโครงการตามความจำเป็น เริ่มตั้งแต่ช่วงก่อนการก่อสร้าง (Prior to Construction) ในระหว่างการก่อสร้าง และช่วงภายหลังการก่อสร้าง หรือ ระหว่างการใช้งานไปแล้วประมาณ 2-5 ปี คือ

1) ก่อนการก่อสร้าง (Prior to Construction) ได้แก่ช่วงการสำรวจ การสำรวจออกแบบ และทดสอบในสนาม เพื่อหาข้อมูลสภาพชั้นดินและชั้นหิน เช่น แรงดันดินธรรมชาติ แรงดันน้ำ เป็นต้น

2) ในระหว่างการก่อสร้าง (During Construction) ได้แก่ การตรวจสอบพฤติกรรมในระหว่างการดำเนินการก่อสร้างตั้งแต่เริ่มต้น เพื่อการควบคุมงานก่อสร้าง การตรวจสอบความถูกต้องของการออกแบบ และความปลอดภัยในระหว่างการก่อสร้าง

3) ภายหลังการก่อสร้าง (After Construction) เป็นช่วงที่มีการตรวจสอบต่อเนื่อง ภายหลังจากก่อสร้างเสร็จเพื่อประเมินความปลอดภัยในระหว่างการใช้งาน และศึกษาพฤติกรรมของเชื่อมในระยะยาว

10.2.1 เครื่องมือวัดความดันน้ำในมวลดิน (Pore Pressure Transducer)

ความดันของน้ำในมวลดินชั้นหรือดินอิมตัว จะมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมต่างๆ ต่อโครงสร้างที่มีดินเป็นวัสดุก่อสร้าง หรือชั้นดินหรือฐานราก เช่น ความมั่นคงแข็งแรง การทรุดตัว การร้าวซึม เป็นต้น ซึ่งในเชื่อมดินความดันน้ำภายในมวลดินของตัวเชื่อมและฐานราก จะถือเป็นคุณสมบัติหลักที่จะต้องทำการวัดและติดตามเป็นอันดับแรก เครื่องมือที่ใช้วัดความดันน้ำเรียกชื่อได้หลายอย่าง เช่น Piezometer, Pore Pressure Transducer, Water Pressure gage, Observation Well หรือแม้แต่ Tensionmeter ซึ่งใช้วัดความดันน้ำที่เป็นลบ ทั้งรูปร่างลักษณะและการติดตั้งจะแตกต่างกันไปเพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะงาน และชนิดของดินที่แตกต่างกันออกไป อย่างไรก็ตาม เครื่องมือวัดความดันน้ำที่ดีจะต้องแสดงค่าความดันน้ำที่ถูกต้องใกล้เคียง (Accuracy) กับความดันน้ำที่เกิดขึ้นบริเวณชั้นดินที่เกิดขึ้น โดยรอบหัววัด ภายในระยะเวลาที่สั้นที่สุด (Sensitive) ภายหลังจากมีการเปลี่ยนแปลงความดันน้ำ

พิโซมิเตอร์ (Piezometer)

คือ เครื่องมือที่ใช้วัดความดันน้ำในมวลดิน (Pore Pressure) หรืออาจจะเรียกชื่อ ว่ามาตรวัดความดันน้ำ นับเป็นเครื่องมือลำดับแรกที่จะต้องพิจารณาติดตั้งในตัวเขื่อน เนื่องจาก สามารถบอกถึงพฤติกรรมกรไหลซึมของน้ำผ่านเขื่อนและฐานราก การกัดเซาะ การปิดกั้น การ ระบาย และความมั่นคงของตัวเขื่อนได้

ในระบบเครื่องมือวัดความดันไม่ว่าชนิดใด ๆ ก็ตาม จะต้องการปริมาณน้ำส่วน หนึ่งที่ต้องไหล เข้าไปในหัววัด เพื่อจะทำให้เกิดการอ่านค่าได้ ดังนั้นประสิทธิภาพการวัดของพิโซ มิเตอร์ขึ้นกับอิทธิพล 2 ปัจจัย คือ

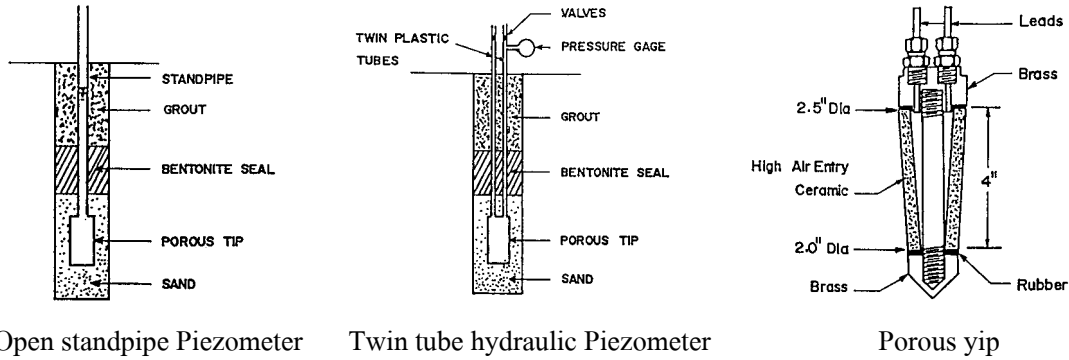
1) Volume Factor (V) ซึ่งบอกถึงปริมาณน้ำที่ต้องการให้เข้าสู่หัวพิโซมิเตอร์ ถ้าต้องการปริมาณน้ำที่ต้องไหลเข้ามาจากมวลดินน้อย ความสามารถในการอ่านค่าความดันน้ำที่ เปลี่ยนแปลงได้เร็ว ความไวจะสูง

2) Shape Factor (F) ซึ่งบอกถึงพื้นที่รับน้ำเข้าสู่หัวพิโซมิเตอร์ ถ้ามีพื้นที่รับน้ำ มากปริมาณน้ำก็จะไหลเข้าได้เร็ว ความไวจะสูง

ดังนั้น เหตุผลประกอบการเลือกพิโซมิเตอร์ที่คืออย่างหนึ่งก็คือ ความไวในการวัด ซึ่ง สามารถบอกได้ด้วยอัตราส่วนของ $\frac{V}{F}$ ต้องให้มีค่าน้อย เวลาที่จะอ่านค่าได้จึงจะเร็วใกล้เคียงกับ การเปลี่ยนแปลงของความดันน้ำจริงมากที่สุด รูปที่ 5-1 แสดงให้เห็นค่าที่อ่านได้จากพิโซมิเตอร์ แบบต่าง ๆ เปรียบเทียบกัน ซึ่งได้จากการทดสอบในห้องทดลอง ซึ่งเรียกว่า "Response Curve"

ระบบพิโซมิเตอร์มีอยู่ 3 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

1) Hydraulic type เป็นแบบที่ความดันน้ำสามารถวัดได้จากความสูงของระดับน้ำใน ท่อ (Standpipe) ซึ่งอาจเรียกว่า "ระบบเปิด" หรืออ่านจากมาตรวัดความดัน (Pressure Gage) และ อ่านจากระดับปรอทที่แตกต่างกันในหลอดแก้วตัว "U" (Manometer) ซึ่งอาจจะเรียกว่า "ระบบปิด" เพราะน้ำซึ่งเป็นตัวกลางในการวัดค่า ถูกปิดกั้นไว้ด้วยระบบการวัดที่ปลายทางดังแสดงในรูปที่ 10-1



รูปที่ 10-1 พิโซมิเตอร์ระบบ Hydraulic

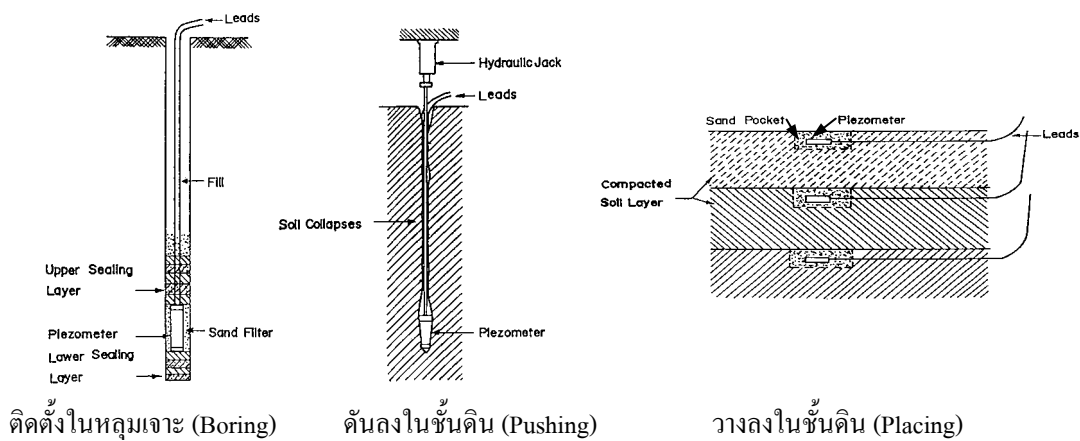
2) Pneumatic type เป็นระบบพิโซมิเตอร์ที่อาศัยความดันลมในการวัดค่าโดยความดันของน้ำในมวลดินจะเข้ามาสู่หัววัดผ่านแผ่นยางบาง ๆ (Diaphragm) ซึ่งจะรับแรงดันน้ำด้านหนึ่ง และจะถูกดันกลับด้วยอากาศที่ถูกปล่อยออกมาจากเครื่องวัด เมื่อความดันของอากาศหรือลมเท่ากับแรงดันน้ำ จะมีวาล์วปล่อยให้ลมส่วนหนึ่งผ่านออกไปยังระบบวัดด้านบนเพื่อเป็นสัญญาณให้ทำการอ่านค่าความดันลมที่สมดุลกับความดันน้ำที่หัวพิโซมิเตอร์

3) Electric type ในระบบนี้ ความดันน้ำจะถูกเปลี่ยนไปเป็นสัญญาณไฟฟ้าใน 2 รูปแบบ คือ Voltage ของ Strain gage ที่ติดไว้ที่แผ่นโลหะบาง ซึ่งจะแอ่นตัวไปเป็นสัดส่วนกับแรงดันน้ำที่มากระทำ ในขณะที่อีกแบบหนึ่งจะใช้วัดด้วยความถี่ในการสั่นของเส้นลวดที่ขึงตึงระหว่างแผ่นโลหะรับแรงได้และจุดคงที่ (Vibrating Wire) ในระบบนี้ เมื่อแรงดันเพิ่มขึ้นเส้นลวดจะหย่อนลงทำให้ความถี่ลดลง ในแบบหลังนี้จะมีข้อดีตรงค่าที่วัดได้ไม่ต้องมีการปรับแก้ความยาวของสายจากหัววัดไปยังเครื่องวัด เพราะไม่ได้นำเอาความต้านทานของเส้นลวดในสายมาคิด

การติดตั้งพิโซมิเตอร์ แบ่งได้เป็น 3 ลักษณะคือ

1) ติดตั้งในหลุมเจาะ (Boring) ใช้ในกรณีที่ต้องการวัดความดันน้ำในชั้นดินหรือชั้นหินเดิมตามธรรมชาติ เช่น หินฐานรากเขื่อน ชั้นน้ำใต้ดิน เป็นต้น จึงจำเป็นต้องมีการเจาะหลุมลงไปยังตำแหน่งที่ต้องการวัด แล้วติดตั้งหัวพิโซมิเตอร์ลงในหลุมเจาะ ส่วนมากมักมีการปิดหลุมช่วงบนไว้เพื่อมิให้ความดันน้ำจากชั้นดินส่วนอื่นๆ เข้าไปรบกวนจุดที่กำลังวัดอยู่ ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 2 พิโซมิเตอร์ที่ติดตั้งในลักษณะนี้ส่วนมากจะอยู่ใต้ระดับใต้ดินอยู่ตลอดเวลา แต่การติดตั้งระบบนี้จะต้องคอยระมัดระวังเรื่อง การทำความสะอาดกันหลุมก่อนการติดตั้งไม่ให้มีโคลนหรือตะกอนที่เกิดจากการเจาะไปอุดตันหัวพิโซมิเตอร์ได้

2) การติดตั้งโดยการดันลงในชั้นดิน (Pushing) วิธีนี้เหมาะสำหรับชั้นดินเหนียวอ่อน เช่น ดินในเขตกรุงเทพมหานครซึ่งสามารถใช้หัวพีโซมิเตอร์ที่มีปลายแหลม กดลงจากผิวดินไปยังตำแหน่งที่ต้องการวัดค่า แล้วถอนก้านกดออก ชั้นดินส่วนบนจะค่อยๆเบียดตัวเข้าไปปิดรูที่หัวถูกกดผ่าน และจะทำหน้าที่เป็นชั้นปิดกั้นน้ำส่วนบนไปในตัว หัวพีโซมิเตอร์แบบนี้จะต้องออกแบบพิเศษให้มีความแข็งแรงสามารถทนแรงกดได้ และมักจะมีปลายแหลมเพื่อให้ง่ายต่อการแทรกลงไปในชั้นดิน แต่ก็มีข้อจำกัดที่ว่าไม่สามารถจะติดตั้งในชั้นดินแข็ง หรือชั้นกรวดหรือทรายได้ เพราะจะกดไม่ลง ตัวอย่างการติดตั้งแสดงในรูปที่ 10-2



ติดตั้งในหลุมเจาะ (Boring)

ดันลงในชั้นดิน (Pushing)

วางลงในชั้นดิน (Placing)

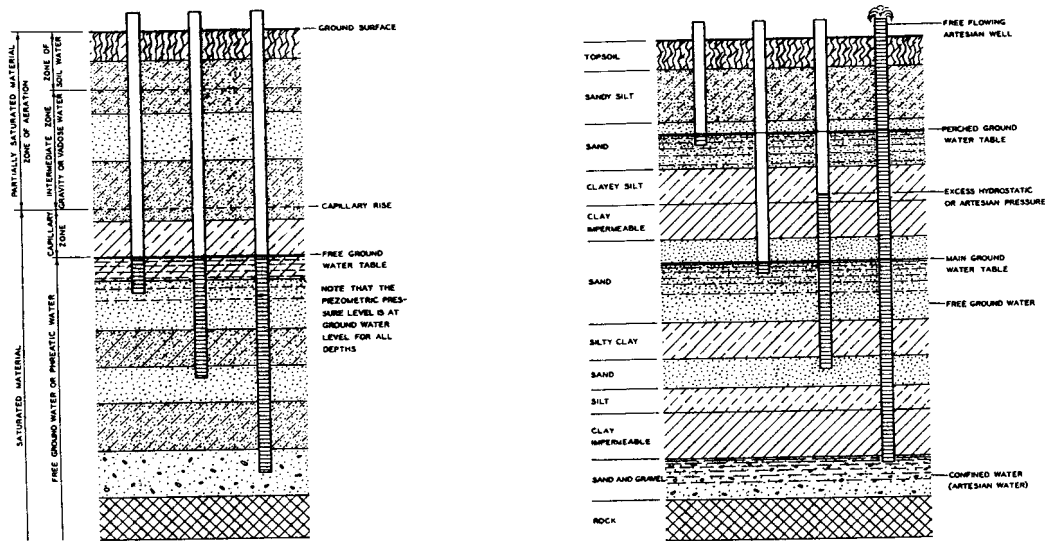
รูปที่ 10-2 การติดตั้งพีโซมิเตอร์

3) การติดตั้งโดยการวางลงในชั้นดิน (Placing) ที่ใช้เป็นวัสดุก่อสร้าง ในการบดอัดเป็นตัวเขื่อนหรือคันถนน การติดตั้งหัวพีโซมิเตอร์ทำได้โดยการวางลงในชั้นดินบดอัด ณ ตำแหน่งที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 10-2 โดยจะต้องระมัดระวังตัวหัวและสายวัดมิให้เสียหายจากการทำงานของเครื่องจักรที่ใช้ในการบดอัด หรือเครื่องจักรหนักอื่นๆ ดังนั้นจึงมักทำการติดตั้งในหลุมที่ขุดต่ำกว่าระดับบดอัดแล้วไม่น้อยกว่า 30 เซนติเมตร และเนื่องจากความดันน้ำในชั้นดินบดอัดมักเป็นค่าลบในช่วงแรก เพราะมวลดินไม่อิ่มตัว ดังนั้นหัวพีโซมิเตอร์แบบนี้จึงต้องมีชั้นกรองเป็นเซรามิก ที่มีขนาดช่องว่างเล็กมาก (High air entry) ซึ่งสามารถจะวัดความดันน้ำที่เป็นลบ (แรงดึง) โดยไม่ยอมให้ฟองอากาศจากภายนอกเข้าไปในส่วนภายในของหัววัดได้

นอกจากการติดตั้งในสามแบบข้างต้นแล้ว พิโซมิเตอร์บางอย่างยังออกแบบพิเศษไว้สำหรับการติดตั้งที่ผิวของเสาเข็มเพื่อจะติดตั้งไปพร้อมๆ กับการตอกเข็ม หรืออาจติดตั้งด้วยการขันเป็นโบสว่านลงไปนชั้นดินได้อีกด้วย

บ่อวัดระดับน้ำใต้ดิน (Observation Well)

ในช่วงเวลาของการศึกษาพฤติกรรมของเขื่อน โดยเฉพาะความดันน้ำในตัวเขื่อนและฐานราก ปัจจัยที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่มีต่อความดันน้ำที่วัดได้ คือ ระดับน้ำใต้ดิน (Ground Water Level) ซึ่งใช้เป็นฐานบอกถึงปริมาณความดันน้ำส่วนเกิน (Excess Pore Pressure) ที่วัดได้จากพิโซมิเตอร์ Hvorslev (1949) ได้ให้คำนิยามของระดับน้ำใต้ดินไว้ว่า " เป็นระดับผิวของระดับน้ำใต้ดินอิสระ ซึ่งสัมผัสอยู่ล่างสุดของชั้น Capillary Zone" โดยทั่วไปมักมีระดับเดียว นอกจากกรณีที่มีอิทธิพลจากชั้นที่บีบอัดน้ำให้ระดับสูงกว่าปกติ (Perched Water Table) หรือมีแรงดันที่กักไว้ในระหว่างชั้นที่บีบอัดน้ำ (Artesian Water Table) ดังแสดงในรูปที่ 10-3



ระดับน้ำใต้ดินสภาพปกติ

ระดับน้ำใต้ดินภายใต้ความดันสูงกว่าปกติ

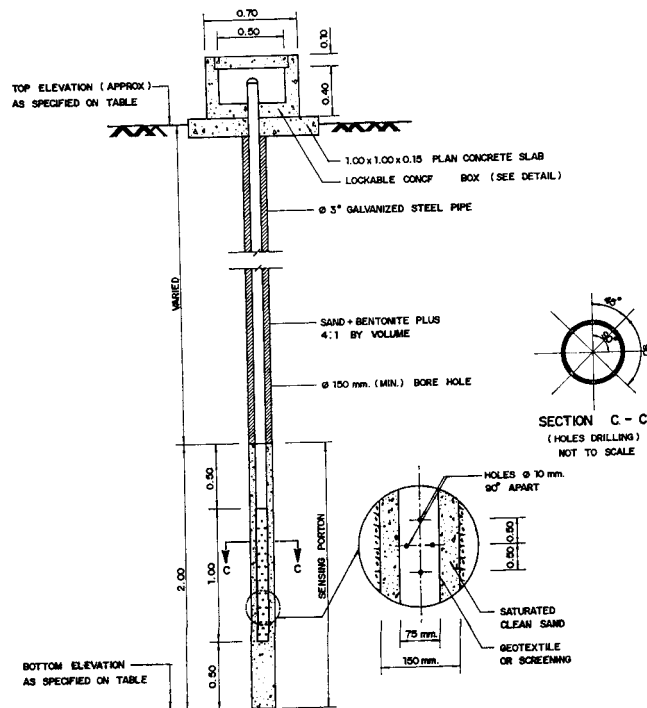
รูปที่ 10-3 ระดับน้ำใต้ดินลักษณะต่างๆ

ระดับน้ำใต้ดินจะเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาในช่วงการก่อสร้างและการทำงานของเขื่อน เนื่องจากสาเหตุดังต่อไปนี้

- ก) การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลเนื่องจากน้ำฝนและการระเหย
- ข) ระดับน้ำจากลำน้ำข้างเคียงที่เปลี่ยนแปลง

ค) เกิดการไหลซึมของน้ำจากการบีบหรือเก็บกักน้ำในบ่อ

ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการวัดค่าระดับน้ำใต้ดินตลอดเวลา โดยเครื่องมือที่เรียกว่า "บ่อวัดระดับน้ำใต้ดิน" โดยจะทำการเจาะลึกกว่าระดับน้ำใต้ดินปกติ 2-5 เมตร แล้วฝังท่อพรุน (Perforated pipe) ไว้เพื่อให้น้ำไหลเข้ามาในท่อเท่ากับระดับน้ำใต้ดิน แล้วใช้เครื่องมือวัดระดับน้ำหย่อนลงวัดระดับผิวในท่อเปรียบเทียบกับปลายบนของท่อ ซึ่งจะสามารถหาระดับน้ำใต้ดินได้ ดังแสดงในรูปที่ 10-4 โดยหลักการวัดเช่นเดียวกับ พิโซมิเตอร์ชนิด Openstandpipe โดยที่ส่วนรับน้ำอาจมีความยาวประมาณ 1.0 เมตร และความกว้างของหลุมประมาณ 10-15 เซนติเมตร และขนาดท่อประมาณ 5-10 เซนติเมตร ส่วนรับน้ำโดยรอบท่อมักจะกรูรอบด้วยกรวดทราย เพื่อให้น้ำไหลเข้าได้สะดวก ในขณะที่ช่วงบนจะปิดกั้นด้วยวัสดุทึบน้ำ เช่น ทรายผสมเบนโทไนท์ เพื่อป้องกันมิให้น้ำจากส่วนบนไหลลงไประหว่างท่อวัดทำให้ระดับน้ำใต้ดินไม่ถูกต้อง ตำแหน่งที่ติดตั้งบ่อวัดระดับน้ำใต้ดิน ควรเป็นระยะห่างดินเขื่อนด้านท้ายน้ำออกไปเพียงพอที่จะไม่เกิดความดันน้ำส่วนเกินจากน้ำหนักตัวเขื่อนที่กดทับอยู่ และควรห่างกันตามแนวแกนเขื่อนไม่เกิน 500 เมตร หรือเพียงพอที่จะแสดงการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำใต้ดินตลอดตัวเขื่อน



รูปที่ 10-4 บ่อวัดระดับน้ำใต้ดิน (Observation Well)

10.2.2 เครื่องมือวัดอัตราการไหลซึมของน้ำในดิน (Seepage Measuring Devices)

ในเขื่อนหรือโครงสร้างทางชลศาสตร์อื่นๆ ที่มีน้ำไหลซึมผ่านอยู่ตลอดเวลา และมีโอกาสที่จะเกิดการกัดเซาะภายในอันเกิดการพัฒนาเอาเม็ดดินขนาดเล็กออกมาตามน้ำได้นั้น (Piping Erosion) ถึงแม้ว่าจะมีการออกแบบชั้นกรอง (Filter) เอาไว้เพื่อกันการกัดเซาะดังกล่าวแล้วก็ตาม จากสถิติการพิบัติของเขื่อนทำให้ทราบว่า การกัดเซาะเนื่องจากน้ำที่ซึมผ่านตัวเขื่อนและฐานรากเป็นสาเหตุใหญ่ทำให้ตัวเขื่อนพัง ดังนั้นการวัดปริมาณน้ำและคุณภาพน้ำตลอดทั้งอุทกภูมิและคุณสมบัติอื่นๆ ของน้ำที่ซึมผ่าน โครงสร้างทางชลศาสตร์ ย่อมทำให้ทราบถึงพฤติกรรมที่แท้จริง และอาจตรวจพบความผิดปกติและทำการแก้ไขก่อนที่จะเกิดอันตรายร้ายแรงได้

10.2.3 เครื่องมือวัดการเคลื่อนตัว (Deformation Measuring Devices)

เครื่องมือวัดการเคลื่อนตัวในเขื่อนมีหลากหลายชนิด จากแบบง่ายๆ ราคาถูก เช่น หมุดสำรวจ ไปจนกระทั่งเครื่องมือที่ละเอียดยุ่งยากและให้ความแม่นยำสูง เช่น Extensometer ดังนั้นการเลือกใช้อุปกรณ์ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของข้อมูล

ลักษณะการวัดก็อาจมีทั้งการวัดการเคลื่อนตัวในแนวตั้ง แนวราบ หรือแนวทแยง เฉพาะทิศทางที่ต้องการ และอาจกระทำได้ในตัวเขื่อน (Internal deformation) เช่น จากสันเขื่อนลงไปถึงฐานราก หรือเฉพาะผิวนอกตัวเขื่อน (External deformation) เช่น บนสันเขื่อน ลาดเขื่อน ทั้งสองด้าน

วัตถุประสงค์ของเครื่องมือชนิดนี้ นอกจากจะเกี่ยวข้องกับพฤติกรรมของเขื่อนแล้ว อาจจะเป็นเครื่องมือที่ช่วยในเรื่องความปลอดภัยได้อย่างชัดเจน โดยเฉพาะการเคลื่อนพังของลาดเขื่อน

กลุ่มของเครื่องมือวัดการเคลื่อนตัวในเขื่อนและอาคารประกอบอาจแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ได้ 6 กลุ่มย่อย ดังนี้

- 1) เครื่องมือสำรวจ ด้วยกล้องหรือเครื่องมือวัดระยะ
- 2) Vertical Settlement Point: ใช้วัดการเคลื่อนตัวในแนวตั้ง
- 3) Remote Settlement Gage: ใช้วัดการเคลื่อนตัวจากระยะห่าง
- 4) Inclinator: ใช้วัดการเคลื่อนตัวด้านข้าง
- 5) Extensometer: ใช้วัดการเคลื่อนตัวในแนวใด ๆ
- 6) Surface Monuments and Benchmarks: ใช้วัดการเคลื่อนตัวของเขื่อน โดย

ติดตั้ง ณ บริเวณผิวเขื่อน

การวัดการเคลื่อนตัวภายนอกที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า สามารถทำได้ง่ายๆ โดย การใช้เครื่องมือสำรวจทั่วไป อันได้แก่ กล้องวัดมุม และกล้องระดับเป็นหลัก โดยต้องมีหมุดหลักฐาน (Reference benchmark) เตรียมไว้ให้อยู่ภายนอกอิทธิพลการเคลื่อนตัวของตัวเขื่อน และต้องอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม ที่เมื่อตั้งกล้องสำรวจ แล้วสามารถส่องเห็นบริเวณเขื่อน ได้เป็นพื้นที่กว้างพอสมควร ปกติ B.M. (Benchmark) สำหรับงานวัดพฤติกรรมเขื่อน (Instrumentation) ในเขื่อนนั้น จำเป็นต้องมีอยู่แล้ว เพื่อใช้อ้างอิงกับการวัดการเคลื่อนตัว โดยวิธีอื่นๆ ทั้งหมดสำหรับการตรวจสอบตำแหน่งการติดตั้งเครื่องมือต่างๆ บริเวณต่อไปนี้เป็นจุดที่แนะนำให้มีการติดตั้ง B.M. เพื่อให้พ้นบริเวณการทรุดตัวจากน้ำหนักเขื่อน คือ

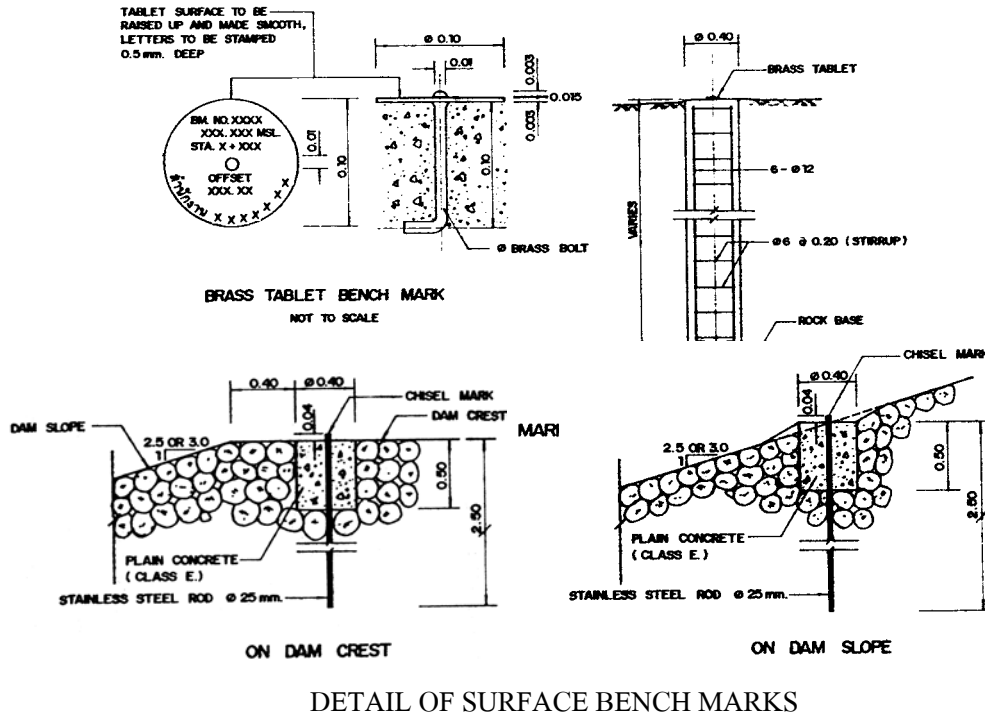
1. บนไหล่เขาเหนือสันเขื่อนขึ้นไปเล็กน้อย ทั้งปีกซ้ายและขวาของตัวเขื่อน
2. บนไหล่เขาด้านเหนือน้ำ ที่มีระดับสูงกว่าระดับเก็บกักปกติ
3. บนไหล่เขาและที่ราบด้านท้ายน้ำที่ห่างจากดินเขื่อนไม่น้อยกว่า 20 เมตร

ปกติ B.M. จะต้องเป็นเสาคอนกรีตที่จะต้องหยั่งลึกถึงหน้าหิน หรือชั้นดินแข็ง และมีแผ่นโลหะพร้อมหมุดบอกค่าพิกัดและระดับอย่างชัดเจน

สำหรับจุดวัดบนตัวเขื่อนนั้น จะมีการติดตั้งหมุดวัดที่ผิวดิน (หรือหินทิ้ง) ซึ่งเรียกว่า "Surface monument" ซึ่งส่วนมากเป็นแกนโลหะไร้สนิมยาว 1.5-2.0 เมตร ฝังไว้บนสันเขื่อน หรือลาดเขื่อน แล้วหุ้มรอบด้วยคอนกรีตที่ส่วนบน เพื่อยึดติดกับดินบริเวณนั้น ดังแสดงในรูปที่ 10-5

วิธีวัดการเคลื่อนตัว ก็จะใช้วิธีการของการสำรวจชนิดความแม่นยำสูง โดยการ

- | | |
|--------------------------|---------------------------|
| ก. การเคลื่อนตัวในแนวราบ | ข. การเคลื่อนตัวในแนวตั้ง |
| - Triangulation survey | - Traverse leveling |
| - Traverse survey | |
| - Offset survey | |



รูปที่ 10-5 หมุดหลักฐานและ Surface Monument

10.3 การบำรุงรักษาและข้อจำกัดในการใช้งาน

หลังจากที่ได้ก่อสร้างเขื่อนดินเสร็จจนใช้งานได้แล้ว ควรมีการตรวจสอบสภาพและซ่อมแซมส่วนที่อาจชำรุดเสียหายอยู่เป็นประจำ เพื่อป้องกันและรักษาเขื่อนและอาคารต่างๆ ให้มีสภาพมั่นคงแข็งแรงตลอดไป

การตรวจสอบและการบำรุงรักษาเขื่อนดินและอาคารประกอบ ควรจะดำเนินการดังนี้

1. ทำการตรวจสอบและมีการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะที่เริ่มทำการเก็บกักน้ำไว้สูงเต็มที่ และในช่วงเวลาที่มีฝนตกชุก
2. ควรจะมีการตรวจสอบและทำการซ่อมใหญ่ ทั้งเขื่อนและอาคารประกอบ ที่มีการชำรุดเสียหายให้มีสภาพดีเช่นเดิม อย่างน้อยปีละหนึ่งครั้ง
3. ขณะที่ทำการเก็บกักน้ำไว้จนสูงเต็มที่ ให้หมั่นตรวจสอบสภาพดินธรรมชาติบริเวณท้ายเขื่อนอยู่เสมอว่ามีน้ำรั่วซึมลอดใต้เขื่อนผ่านดินฐานรากจนพัดพาดินตะกอนทรายให้หลุดลอยไปในลักษณะคล้ายกับน้ำพุบ้างหรือไม่ หากพบที่บริเวณใดให้รีบทำการป้องกันทันที โดยการปูทับ

ด้วยทรายหยาบผสมหินเกล็ดหนาประมาณ 30 เซนติเมตร ให้ทั่วบริเวณนั้นแล้วจึงทับชั้นทรายด้วย หินย่อยและหินใหญ่ที่มีขนาดต่างๆ กัน หนาประมาณ 30 เซนติเมตร ซึ่งจะสามารถป้องกันดินและ ตะกอนทรายไม่ให้ถูกน้ำชะพาหูลุดออกไปได้ ส่วนน้ำจะซึมออกมาตามปกติแต่ไม่เป็นอันตรายต่อ ตัวเขื่อนแต่อย่างใด

4. ที่ลาดเขื่อนด้านท้ายน้ำบริเวณตอนล่าง จนถึงพื้นดินธรรมชาติอาจจะเปียกและหรือ มีสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำที่ซึมผ่านเขื่อน หากปล่อยทิ้งไว้นานลาดเขื่อนบริเวณนั้นอาจจะเลื่อนทลายลง แล้วลูกกลมสูงขึ้นไป ควรรีบทำการแก้ไขโดยด่วน ด้วยการปูทับลาดเขื่อนบริเวณที่มีน้ำซึมไป จนถึงพื้นดินธรรมชาติด้วยทรายหยาบผสมหินเกล็ด ให้มีความหนาประมาณ 20 เซนติเมตร แล้วปู ทับด้วยหินย่อยและหินใหญ่ที่มีขนาดต่างๆ อีกหนาประมาณ 30 เซนติเมตร จึงจะสามารถป้องกัน ดินที่ลาดเขื่อน ไม่ให้มีน้ำเปียกและอีกต่อไปได้

5. ให้หมั่นตรวจสอบสภาพลาดเขื่อนด้านเหนือน้ำที่ระดับผิวน้ำ เพราะอาจถูกคลื่น กัดเซาะจนเว้าแหว่ง ควรใช้หินที่มีขนาดใหญ่กละกันปูทับบริเวณที่เว้าแหว่งนั้นให้เต็ม หรือให้มี ความหนาประมาณ 30 เซนติเมตร

6. ให้ปลูกหญ้าไว้ตามลาดเขื่อนเพื่อป้องกันน้ำฝนกัดเซาะ ถ้าหากพบว่าบริเวณใดไม่มี หญ้าหรือหญ้าตายก็ควรปลูกซ่อมก่อนที่จะเข้าฤดูฝน

7. ถ้าตรวจพบว่าดินตามลาดเขื่อนถูกน้ำกัดเซาะเป็นร่อง ควรจะถมดินกลบร่องให้เต็ม แล้วปลูกหญ้า ไม่ควรปล่อยทิ้งไว้ เพราะร่องต่างๆ เหล่านี้จะขยาย และมีขนาดใหญ่มากขึ้นอย่างรวดเร็วในฤดูฝน ซึ่งจะทำให้การซ่อมแซมต่อไปมีความยากลำบาก หรือต้องเสียค่าใช้จ่ายแพงขึ้น อีกโดยไม่จำเป็น

8. บนสันเขื่อนควรมีการปูปิดทับด้วยดินลูกรังบดอัดแน่น ให้มีความหนาประมาณ 20 เซนติเมตร ตลอดแนวเขื่อนเพื่อป้องกันสันเขื่อนแตก และไม่ให้น้ำฝนไหลลง ไปข้างหรือกัดเซาะ ให้เป็นรูโพรง สำหรับกรณีที่ใช้สันเขื่อนเป็นทางสำหรับรถวิ่งควรจะมีหมันดูแล เพิ่มดินลูกรังไม่ให้ สันเขื่อนเกิดหลุมหรือเป็นแอ่ง

9. ควรตรวจสอบสภาพของร่องน้ำท้ายอาคารระบายน้ำล้นทุกปีเพราะอาจจะถูก น้ำไหลกัดเซาะจนเป็นอันตรายต่อพื้นอาคาร การซ่อมแซมนิยมนึ่งหินขนาดใหญ่จนทั่วบริเวณที่ถูก น้ำกัดเซาะ

10. คอนกรีตของอาคารส่วนที่เป็นร่องน้ำบางแห่งอาจจะถูกกระแสน้ำกัดเซาะจนชำรุด เสียหาย ควรหมั่นซ่อมให้มีสภาพมั่นคงแข็งแรงอยู่เสมอ