

- ดินที่นำมาถมชั้นแรกต้องเป็นดินที่มีความชื้นมากกว่าจุดปริมาณน้ำที่เหมาะสมแต่ไม่ควรเกิน 2% และเป็นดินที่ได้คัดเลือกแล้วว่าเหมาะสมสำหรับนำมาใช้ถมในร่องแกน
- นำดินที่จะใช้บดอัดมาทดสอบให้เป็นชั้นใน แนวราบความหนาของดินก่อนการบดอัดไม่ควรหนาเกินกว่า 30 เซนติเมตร
- การบดอัดดินชั้นแรกๆ ต้องใช้รถบดล้อยาง (Pneumatic Tired Rollers) ทำการบดอัด เพราะถ้าใช้ลูกกลิ้งดินแกละบดอัดในชั้นแรกจะตะกุกดินขึ้นมาทำให้ดินที่บดอัดไม่แนบสนิทกับพื้นหินฐานราก ควรใช้ลูกกลิ้งดินแกละบดอัดก็ต่อเมื่อปูดินไปจนมีความหนาพอที่ลูกกลิ้งดินแกละ จะไม่ทำให้ผิวดินถมชั้นแรกหลุดติดขึ้นมา
- การบดอัดดินชั้นต่อไปดำเนินการเหมือนกับที่กล่าวไว้ในหัวข้อการถมดินร่องแกนเมื่อฐานรากเป็นดิน

5.2) การถมดินตัวเขื่อน เมื่อได้ถมดินในร่องแกนจนสูง ขึ้นมาเสมอพื้นฐานเขื่อนแล้วก็ทำการถมดินตัวเขื่อนต่อไป ซึ่งมีวิธีดำเนินการเหมือนกับการถมดินในร่องแกนแต่มีการดำเนินการเพิ่มเติมอีกดังนี้

- ถ้าเป็นเขื่อนแบบเขื่อนดินแบ่งส่วน ให้ปักหมุดแสดงถึงแนวที่ถมเป็นส่วนต่างๆ ให้ชัดเจน
- ต้องถมดินตัวเขื่อนให้เกินจากขอบเขตของลาดเขื่อนทั้งทางด้านเหนือ น้ำและท้ายน้ำไม่น้อยกว่า 50 เซนติเมตร เพื่อให้การบดอัดดินแน่นไปตลอดจนถึงลาดเขื่อน และดินส่วนที่ถมเกินไว้นั้น ให้ตากแห้งออกให้เข้ากับลาดตัวเขื่อนในภายหลัง
- ขนาดของพื้นที่ที่จะถมดินบดอัดแน่นแต่ละชั้นควรมีขอบเขตให้กว้างมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อลดรอยต่อให้น้อยที่สุด ระดับพื้นผิวของดินแต่ละชั้นควรจรรักษาให้อยู่ในแนวราบเป็นอย่างน้อยหรือมีความลาดชันประมาณ 2-4% ในทิศทางที่สะดวกในการระบายน้ำฝน
- ความลาดชันตรงจุดรอยต่อในส่วนของแกนเขื่อนไม่ควรเกิน 3:1 (ตั้ง : ราบ) ซึ่งผิวสัมผัสตรงรอยต่อจะต้องขุดตัดออกให้เป็นรอยใหม่ โดยเอาดินส่วนที่หลุดหลวมออกให้หมด และไถคราดทำผิวให้ขรุขระ การบดอัดดินให้แน่นต้องทำการบดอัดเลยลึกเข้าไปในเขตที่บดอัดแล้วจนตลอดแนวรอยต่อเป็นระยะไม่น้อยกว่า 1.00 เมตร
- การบดอัดดินในชั้นหนึ่งๆ ควรจะใช้เครื่องจักรเครื่องมือชนิดเดียวกัน และมีน้ำหนักเท่ากัน โดยตลอด รูปแสดงการถมบดอัดดินตัวเขื่อน แสดงในรูปที่ 9-8



รูปที่ 9-8 แสดงการบดอัดดินตัวเขื่อน

6) การปูวัสดุกรอง (Filter) วัสดุกรองแนวเอียง (Chimney Drain) และวัสดุกรองแนวราบ (Blanket Drain) ที่ใส่ในตัวเขื่อน เพื่อเป็นทางให้น้ำไหลได้สะดวกจนไปเชื่อมกับระบบระบายน้ำทางด้านท้ายเขื่อน (Downstream Drain) ต้องจัดทำให้มีขนาดส่วนคละ (Gradation) ตามที่กำหนดไว้ในแบบ

6.1) วัสดุกรองแนวราบ ต้องปูลงบนพื้นดินเดิมแทรกอยู่ในตัวเขื่อนทางด้านท้ายน้ำ โดยปูตามขนาดความกว้างและความยาวที่กำหนดในแบบ ควรปูทีละชั้นให้แต่ละชั้นหนาไม่เกิน 30 เซนติเมตร แล้วรดน้ำเพื่อช่วยในการบดทับ ซึ่งอาจใช้รถล้อยางที่ทำงานอยู่หรือเครื่องมือบดทับแบบสันสะเทือนให้ได้ความแน่นสัมพัทธ์ (Relative Density) ไม่ต่ำกว่า 70% โดยทดลองตามมาตรฐาน ASTM D 2049 จนได้ความหนาทั้งหมดตามที่กำหนดในแบบ

6.2) วัสดุกรองแนวเอียง เมื่อปูวัสดุกรองแนวราบจนได้ความหนาตามที่กำหนดแล้ว ให้เทดินปิดทับแล้วบดอัดให้แน่นจนมีระดับสูงประมาณ 1.50 เมตร จากผิวบนของวัสดุกรองแนวราบ เมื่อมีดินร่วงลงไปต้องเอาออกให้หมดก่อนใส่วัสดุกรองลงไปในรอบ เมื่อใส่วัสดุกรองลงไปจนเต็มร่องแล้วให้ฉีดน้ำ และใช้เครื่องสั่นสะเทือนหรือจะใช้รถบดสั่นสะเทือนขนาดเล็กบดทับให้ได้ความแน่นสัมพัทธ์ไม่ต่ำกว่า 70% ขึ้นต่อไปปูดินปิดแล้วบดอัดจนได้ระดับความสูงประมาณ 1.50 เมตร จากผิวของวัสดุกรองที่ใส่ในรอบครั้งแรก แล้วดำเนินการตามวิธีที่กล่าวมาจนถึงระดับที่กำหนด

น้ำที่ซึมผ่านมาถึงด้านท้ายเขื่อนจะไหลไปลงระบบระบายน้ำที่ตีนเขื่อน (Toe Drain) ซึ่งการก่อสร้างระบบระบายน้ำที่ตีนเขื่อน ให้ทำตามที่แบบกำหนด

7) งานปูวัสดุรองพื้น (Bedding) และหินทิ้ง (Riprap) งานปูวัสดุรองพื้นและหินทิ้งหากปล่อยให้ถมดินจนมีความสูงมากแล้วค่อยดำเนินการ จะทำให้สิ้นเปลืองแรงงานและวัสดุมากกว่า และการแต่งหินทิ้งให้เข้ากับลาดตัวเขื่อนจะทำให้ยากลำบากกว่าอีกด้วย จึงควรดำเนินการปูวัสดุรองพื้นและหินทิ้งในขณะที่การถมดินตัวเขื่อนยังไม่สูงจากระดับพื้นดินเดิมมากนัก เมื่อถมดินแต่งลาดตัวเขื่อนจนได้ความลาดเอียงของลาดเขื่อนตามกำหนดแล้ว ควรปูวัสดุรองพื้นและหินทิ้งทันที เพื่อป้องกันลาดตัวเขื่อนจากการกัดเซาะของน้ำฝน ถ้าปล่อยให้ไว้นาน น้ำในอ่างอาจมีระดับสูงขึ้นทำให้ทำงานยากลำบาก หรืออาจต้องปล่อยน้ำทิ้งไปเพื่อให้ระดับน้ำลดลง ซึ่งทำให้เสียน้ำโดยเปล่าประโยชน์

8) เครื่องจักรและอุปกรณ์สำหรับการถมบดอัดแน่นดินตัวเขื่อน การถมและบดอัดแน่นดินตัวเขื่อน โดยมากจะใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

8.1) ลูกกลิ้งตีนแกะ (Sheepfoot Roller or Tamping Roller) ลูกกลิ้งตีนแกะ 1 ลูก จะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.50 เมตร ความยาวไม่น้อยกว่า 1.20 เมตร จำนวนตีนแกะมีอย่างน้อยที่สุด 1 อัน ต่อพื้นที่ผิวลูกกลิ้ง 645 ตารางเซนติเมตร ความยาวของตีนแกะประมาณ 0.23 เมตร หรือ 9 นิ้ว พื้นที่หน้าตัดของตีนแกะมีขนาดไม่น้อยกว่า 45 ตารางเซนติเมตร และไม่มากกว่า 65 ตารางเซนติเมตร ภายในลูกกลิ้งจะบรรจุด้วยทรายหรือน้ำซึ่งมีน้ำหนักไม่น้อยกว่า 6,000 กิโลกรัม ต่อความยาวของลูกกลิ้ง 1 เมตร ในการทำงานมักนิยมใช้ลูกกลิ้งตีนแกะแบบ 2 ลูก ซึ่งในขณะที่ทำงานบดอัดดินโดยการลากจูงหรือด้วยอุปกรณ์ในตัวเอง จะใช้ความเร็วไม่เกิน 15 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ลูกกลิ้งตีนแกะนี้เหมาะที่สุดสำหรับการบดอัดดินเหนียว (Cohesive Soils)

8.2) รถบดล้อยาง (Pneumatic-tired Roller) รถบดล้อยางชนิดลากจูงจะประกอบด้วยล้อยางชนิดสูบลมไม่น้อยกว่า 4 เส้น ล้อยางแต่ละเส้นรับน้ำหนักได้ประมาณ 11,400 กิโลกรัม (25,000 ปอนด์) ส่วนประกอบทั้งหมดของรถบดล้อยางจะต้องสามารถเลี้ยวกลับเป็นมุม 180 องศา รถบดล้อยางชนิดเคลื่อนที่ได้ด้วยตัวเอง (Self-Pro-pelled Rubber Tires Roller) จะต้องมีล้อจำนวน 9 หรือ 10 ล้อ มีขนาดความกว้างของหน้าบดอัด (Rolling Width) ตั้งแต่ 1.75-2.15 เมตร ในขณะที่ปฏิบัติงานต้องมีน้ำหนักระหว่าง 12,000 ถึง 13,600 กิโลกรัม ในขณะที่ทำการบดอัดจะต้องใช้ความเร็วไม่เกิน 15 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

8.3) รถบดสั่นสะเทือน (Vibratory Roller) มีหลายแบบหลายขนาด สามารถบดอัดได้ความหนาแน่นสูง จึงนิยมใช้บดอัดพวกทรายหรือกรวดปนทราย ซึ่งต้องการความหนาแน่นสูงมาก ความสามารถในการบดอัดของรถนอกจากจะขึ้นอยู่กับน้ำหนักของรถแล้ว ยังขึ้นอยู่กับความถี่และความเร็วอีกด้วย

การบดอัดวัสดุที่ไม่มีดินเหนียวปน เช่น กรวดและทราย ควรใช้รถบดแบบเคลื่อนที่ได้ด้วยตัวเอง ซึ่งมีความถี่ในการสั่นสะเทือนสูงประมาณ 2,100-3,000 รอบต่อนาที ส่วนวัสดุที่มีดินเหนียวปนมากควรใช้รถบดที่มีขนาดหนักและมีความถี่ต่ำราว 1,000-2,100 รอบต่อนาที

8.4) เครื่องกระทุ้งดิน (Tamper) มีทั้งแบบใช้ลมและแบบใช้เครื่องยนต์ ซึ่งทำงานภายใต้การควบคุมด้วยมือ (Hand-operated Mechanical Equipment) เพื่อใช้กับงานบดอัดดินบริเวณรอบๆ หรือซิดติดกับอาคาร หรือบริเวณที่เครื่องจักรขนาดใหญ่ไม่สามารถเข้าไปบดอัดได้ สำหรับดินเหนียวเมื่อใช้เครื่องกระทุ้งบดอัด ควรปูดินแต่ละชั้นก่อนการบดอัดไม่ให้หนามากกว่า 20 เซนติเมตร

9.5 การเตรียมฐานรากอาคารประกอบเขื่อน

การทำงานฐานราก งานฐานรากจะต้องดำเนินการเป็นอันดับแรกก่อนการก่อสร้างเขื่อนดินและอาคารต่างๆ ซึ่งจะมีรายละเอียดดังนี้

1. ให้สร้างหมุดหลักฐานสำหรับแนวศูนย์กลางเขื่อนและอาคาร และหมุดหลักฐานระดับก่อน หมุดดังกล่าวควรหล่อด้วยคอนกรีตแล้วฝังลงดินให้มั่นคงแข็งแรงในบริเวณที่จะไม่ถูกรบกวนขณะมีการทำงาน

2. ปักหมุดไม้เล็กๆ เพื่อกำหนดเขตแสดงความกว้างของฐานเขื่อน และหมุดแสดง ความกว้างหน้าของกันร่องแกนเป็นระยะตลอดแนวเขื่อน

3. ทำการถากเปิดหน้าดินต่อไม้และรากไม้บริเวณฐานที่จะรองรับตัวเขื่อนให้หมด ด้วยแทรกเตอร์และรถหน้าดิน แล้วขนย้ายดินที่ถากออก ต่อไม้ และรากไม้รวมกองไว้ทางด้าน ท้ายน้านอกเขตตัวเขื่อน เพื่อรอการนำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นต่อไป

สำหรับเขื่อนดินที่มีขนาดความสูงไม่มากนัก ผิวดินฐานรากที่ถากออกจะหนา ประมาณ 30-50 เซนติเมตร

4. ในการขุดร่องแกนของเขื่อน ควรจะขุดให้ได้ขนาดความกว้างและความลึกตามที่ กำหนดในแบบ ซึ่งโดยส่วนใหญ่กันร่องแกนที่ก่อสร้างด้วยเครื่องจักร จะกว้างประมาณ 4 เมตร เป็นอย่างน้อย และกว้างไม่น้อยกว่า 2 เมตร สำหรับการขุดด้วยแรงคน ส่วนความลึกของร่องแกน จะให้หยั่งลงไปถึงชั้นดินที่บหรือดินดานที่มีอยู่ด้านล่างเสมอ เพื่อจะได้ถมดินประเภทเดียวกับตัว เขื่อนลงไปจนเต็มสำหรับป้องกันไม่ให้น้ำไหลผ่านได้เขื่อนได้ง่าย ดังนั้นร่องแกนของตัวเขื่อนที่ จะขุดลงไปถึงระดับใด ควรจะต้องพิจารณาถึงลักษณะดินที่กันร่องแกนนั้นประกอบด้วยเสมอ

5. ควรให้ลาดด้านข้างของร่องแกนให้เอียงประมาณ ตั้ง : ราบ เท่ากับ 1 : 1 ทั้งนี้ เพื่อให้ดินบริเวณข้างร่องแกนทรงตัวอยู่ได้โดยไม่เลื่อนทลายลง และเพื่อให้ดินที่ถมกลับลงไป ในร่องแกนนั้นสามารถบดทับได้แน่นแนบกับลาดร่องแกนดี

6. กรณีที่ระดับน้ำใต้ดินอยู่ใกล้ผิวดิน หรือการขุดร่องแกนที่บริเวณลำนน้ำ น้ำในดิน มักจะไหลออกมาทำให้ขุดดินออกไปได้ลำบากยิ่งขึ้น หรือลาดของร่องแกนอาจจะพังทลายลงได้ จึงจำเป็นต้องหาทางลดระดับน้ำใต้ดินทั่วบริเวณนั้นให้ต่ำลงเสียก่อน เช่น ควรสร้างบ่อดักน้ำที่ ด้านเหนือและด้านท้ายน้ำของร่องแกนและบริเวณอื่นๆ อีกตามความจำเป็น บ่อดักกล่าวจะมีระดับ กันบ่ออยู่ต่ำกว่าพื้นร่องแกนที่จะขุดถึงแล้วสูบน้ำออกจากบ่อเพื่อรักษาระดับน้ำให้ต่ำอยู่ตลอดเวลา ซึ่งน้ำใต้ดินในบริเวณข้างเคียงจะลดระดับลงและสามารถขุดดินออกจากร่องแกนต่อไปได้จนถึง ระดับที่ต้องการ

งานฐานรากจัดว่าเป็นงานที่มีความสำคัญมาก โดยเฉพาะเขื่อนที่ต้องขุดร่องแกนให้ ลึกลงไปถึงชั้นดินที่บหรือน้ำผ่านดินปนทรายหรือดินทรายชั้นบน ซึ่งถ้าหากทำการขุดดินทรายออกไม่ ถึงชั้นที่บหรือน้ำ แล้วถมดินแบบเดียวกับตัวเขื่อนลงไป อาจไม่สามารถกั้นน้ำที่จะลอดผ่านได้เขื่อนได้

หรือเมื่อได้เก็บกักน้ำไว้ที่ระดับสูง น้ำอาจจะไหลลอดผ่านได้เขื่อนออกไปทำให้เกิดอันตรายอย่างยิ่งแก่ตัวเขื่อนดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

9.6 การก่อสร้างอาคารระบายน้ำล้น

การก่อสร้างอาคารระบายน้ำล้นจะกล่าวเฉพาะการก่อสร้างอาคารระบายน้ำแบบทางระบายน้ำ และแบบรางเท มีแนวทางการดำเนินงาน ดังนี้

1. ปักหมุดแสดงแนวและเขตความกว้างทางน้ำ หรือบ่อก่อสร้างที่จะขุดดินออกให้ได้ระดับ พร้อมไปกับการเริ่มงานก่อสร้างตัวเขื่อน

2. ขุดดินทางระบายน้ำ หรือบ่อก่อสร้างของอาคารระบายน้ำล้นแบบรางเทให้ลึกถึงระดับที่ต้องการ โดยให้มีลาดด้านข้างและแนวตามที่กำหนด

ดินที่ขุดออกนั้น ควรคัดหน้าดินที่เป็นทรายทิ้งไป แล้วนำดินที่มีคุณภาพดีไปถมตัวเขื่อนที่บริเวณท้ายเขื่อนด้านนอกให้หมด

3. สำหรับอาคารระบายน้ำล้นแบบทางระบายน้ำ ควรแต่งพื้นทางระบายน้ำให้เรียบและมีความลาดตามที่กำหนด ซึ่งอาจใช้กล้อส่งระดับมือช่วยตรวจสอบความถูกต้องด้วย หลังจากนั้นจึงนำหญ้าเป็นแผ่นมาปลูกให้เต็มพื้นที่ที่ลาดด้านข้างและพื้นที่ระบายแล้วหมั่นรดน้ำให้หญ้าขึ้นจนงอกงาม ซึ่งจะช่วยป้องกันการกัดเซาะทางระบายน้ำได้ดีพอสมควร

4. สำหรับอาคารระบายน้ำแบบรางเท เมื่อได้ขุดดินบริเวณร่องฝาย บ่อรางเทและพื้นที่ท้ายรางเทจนได้ระดับและมีลาดด้านข้างตามที่กำหนดแล้ว ขั้นตอนต่อไปควรตกแต่งผิวดินให้เรียบก่อนที่จะเริ่มงานหินก่อหรือคอนกรีตล้นต่อไป

5. การทำงานหินก่อ ควรเริ่มจากพื้นส่วนล่างที่ต่อจากปลายรางเทให้เสร็จ แล้วจึงปูหินก่อตามลาดของรางเทขึ้นไปหาช่องฝายและลาดตลิ่งทั้งสองฝั่ง ต่อจากนั้นจึงปูหินก่อบนพื้นฝายและลาดด้านข้างเหนือช่องฝายเป็นอันดับสุดท้าย

การทำงานหินก่อ ควรดำเนินการด้วยความประณีตที่สุด ให้ได้หินก่อที่มีความทึบแน่นดีเช่นเดียวกับคอนกรีต เพราะไม่ต้องการให้น้ำใต้พื้นรางเทตอนล่างและพื้นส่วนล่างที่ต่อท้ายรางเทซึมผ่านออกมา บางกรณีอาจใช้คอนกรีตแทนหินก่อได้ แต่จะต้องบ่มคอนกรีตด้วยการขังหรือฉีดน้ำไว้หลายๆ วัน เพื่อไม่ให้คอนกรีตร้าวในขณะที่กำลังแข็งตัว

6. ทำயอาคารระบายน้ำล้นแบบรางเท จะต้องขุดทางระบายน้ำที่มีความลึกไปจนบรรจบกับลำน้ำธรรมชาติ โดยขุดให้ได้ขนาด และเลือกดินที่มีคุณภาพดีไปถมตัวเขื่อน หลังจากนั้นจึงทิ้งหินที่ท้องน้ำและลาดตลิ่งสองฝั่งสำหรับป้องกันการกัดเซาะ

9.7 การติดตั้งประตูน้ำและบานระบาย

การติดตั้งประตูน้ำและบานระบายน้ำ จะเป็นงานเกี่ยวกับการก่อสร้างท่อระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำ มีวิธีดำเนินการดังนี้

1. งานก่อสร้างท่อระบายน้ำ ควรจะก่อสร้างให้เสร็จก่อนการถมดินตัวเขื่อนในบริเวณนั้น เพื่อไม่ให้งานถมดินตัวเขื่อนต้องหยุดรอ
2. ท่อระบายน้ำส่วนใหญ่ จะวางอยู่ต่ำกว่าผิวดินธรรมชาติเล็กน้อย หรือวางอยู่บนฐานรากของเขื่อนที่ได้ขุดจากจนถึงดินแข็งตามที่ต้องการ
3. ปักหมุดตามแนวศูนย์กลางอาคารให้เรียบร้อย แล้วเริ่มขุดร่องและแต่งพื้นที่จะวางท่อให้เรียบ
4. ท่อระบายน้ำที่มีขนาดเล็กตามแบบในรูปที่ 9-9 จะเทคอนกรีตจากพื้นหุ้มขึ้นมาถึงแนวศูนย์กลางท่อ โดยวางท่อบนแท่นคอนกรีตเล็กๆ ให้ได้แนวและระดับตามที่ต้องการก่อนแล้วจึงเทคอนกรีตที่พื้นให้แทรกเข้าไปใต้ท่อ และสูงขึ้นมาถึงแนวศูนย์กลาง
5. เมื่อคอนกรีตแข็งตัวดีแล้ว จึงถมดินรอบท่อให้แน่นที่สุด ตลอดความกว้างเขื่อนที่ท่อผ่าน
6. ส่วนการก่อสร้างท่อระบายน้ำ ที่มีขนาด 15-30 เซนติเมตร ตามแบบในรูปที่ 9-10 นั้นหลังจากขุดร่องจนได้ระดับและตกแต่งพื้นจนราบเรียบดีแล้ว ให้วางท่อแอสเบสตอลบนแท่นคอนกรีตเล็กๆ ให้ได้แนวและระดับที่ต้องการ แล้วจึงผูกเหล็กเสริมพร้อมทั้งตั้งแบบด้านนอกเพื่อเตรียมเทคอนกรีตต่อไป
7. ท่อระบายน้ำที่มีคอนกรีตหุ้มนั้น คอนกรีตส่วนล่างใต้จะแนบติดแน่นกับฐานไปตลอดความกว้างของเขื่อน ทำให้น้ำไม่ไหลแทรกไปตามรอยสัมผัส ส่วนดินถมข้างท่อสามารถกระทุ้งอัดแน่น ได้สะดวกจนแนบสนิทกับผิวคอนกรีตไปตลอดเช่นกัน
8. หลังจากก่อสร้างตัวท่อเสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงติดตั้งตะแกรงหุ้มปลายท่อที่ยื่นเข้าไปในอ่างเก็บน้ำ และติดตั้งประตูบังคับน้ำที่ปลายท่อด้านท้ายเขื่อนให้เรียบร้อย