

## บทที่ 6

### ฐานรากเขื่อน

ฐานรากเขื่อนเป็นชั้นดินหรือชั้นหินที่ต้องรองรับตัวเขื่อนทั้งหมด และต้องทึบน้ำเพื่อปิดกั้นน้ำไม่ให้ไหลซึมลอดใต้ฐานรากจากด้านเหนือน้ำไปท้ายน้ำ ดังนั้นจึงต้องมีการสำรวจลักษณะทางธรณีวิทยาของฐานรากเขื่อน การทดสอบคุณสมบัติและการปรับปรุงสภาพฐานรากให้เหมาะสม

#### 6.1 การสำรวจฐานรากเขื่อน

การสำรวจสภาพทางธรณีฐานรากเขื่อนและอาคารประกอบ มีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. ออกแบบหรือกำหนดระดับการขุดฐานราก
2. ออกแบบหรือกำหนดระดับหินแข็งที่จะเป็นกันร่องแกน
3. การปูชั้นดินที่บ้น้ำ
4. ตรวจสอบแนว ขนาด ทิศทางของโครงสร้างทางธรณีที่อาจเป็นอันตรายต่อตัวเขื่อน
5. กำหนดตำแหน่งและชนิดของอาคารประกอบที่เหมาะสม
6. ช่วยในการวางแผนการก่อสร้างและผันน้ำ

การกำหนดตำแหน่ง ความลึก และวิธีการสำรวจด้านธรณีเทคนิคของฐานรากเขื่อน มีหลักการดังต่อไปนี้

##### 1. ตำแหน่งและขอบข่ายในแนวราบ

- การสำรวจฐานรากเขื่อน ควรครอบคลุมพื้นที่ได้ฐานเขื่อนทั้งหมด และขยายออกไปจากตีนเขื่อนทั้งเหนือน้ำและท้ายน้ำอีกข้างละเท่าความสูงของเขื่อนโดยประมาณ

- ตำแหน่งของหลุมเจาะซึ่งเป็นวิธีสำรวจหลัก จะต้องมีย่าน้อยทุกๆ 50-200 เมตร ตามแนวแกนเขื่อนตลอดความยาว และอยู่ในบริเวณต่อไปนี้ คือ

1. จุดที่ลึกที่สุดในลำน้ำ
2. จุดที่แนวอาคารประกอบเขื่อนตัดผ่านแกนเขื่อน
3. จุดที่คาดว่าจะมีโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่ผิดปกติ เช่น Fault, Joint ในชั้นหิน

**2. ความลึกของหลุมเจาะ ควรมีหลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้ คือ**

- ความลึกในการเจาะครั้งแรก ให้ลึกอย่างน้อย 75% ของความสูงเขื่อนหรืออย่างน้อยต้องถึงหินแกร่งที่บ้น้ำ
- สำหรับอาคารประกอบที่ไม่ต้องคำนึงถึงการปิดกั้นน้ำ ให้พิจารณาการรับแรงแบกทานของดินเพื่อรับน้ำหนักของอาคารดังกล่าวเป็นหลัก

**3. การสำรวจฐานรากเขื่อน อาจทำได้โดยวิธีการดังต่อไปนี้ ซึ่งจะมีรายละเอียด ในบทต่อไป**

- การเจาะแบบ Rotary drilling ใช้ได้ทั้งฐานรากดินและหิน
- การขุดหลุมสำรวจ (Test pit)
- การเจาะแบบ Hand Auger หรือ Wash Boring ใช้ในกรณีสำรวจชั้นดิน

**6.2 การทดสอบและประเมินคุณสมบัติของดินและหินฐานรากเขื่อน**

การทดสอบและประเมินคุณสมบัติของฐานรากเขื่อน จะเป็นการทดสอบในสนาม ซึ่งผลการทดสอบมีความน่าเชื่อถือกว่าการทดสอบในห้องทดลอง และนอกจากดินหรือหินฐานรากไม่ได้รับการกระทบกระเทือนแล้ว ยังเป็นการทดสอบคุณสมบัติรวมของชั้นดินหรือหินที่มีรอยแตก หรือตามสภาพธรรมชาติไว้ด้วย วิธีการทดสอบและประเมินคุณสมบัติ ได้แก่

- Pumping Test หรือ Field Permeability เพื่อหาอัตราการซึมน้ำ
- Standard Penetration Test (SPT) หาแรงต้านของชั้นดินหรือหินผุ
- Plate Bearing Test หาแรงต้านทานของผิวดิน/ หินต่อน้ำหนักบรรทุก

**6.3 การปรับปรุงฐานรากเขื่อน**

ฐานรากเขื่อนหรือตัวเขื่อนที่จุดต่ำสุด จะต้องก่อสร้างอยู่บนชั้นดินหรือชั้นหินที่มีความแข็งแรงเพียงพอที่จะรับน้ำหนักตัวเขื่อนได้ โดยไม่เกิดการพิบัติจากแรงแบกทานไม่เพียงพอ ไม่มีการทรุดตัวมากเกินไป ไม่เกิดการกัดเซาะเป็นโพรงหรือมีน้ำไหลลอดมากเกินไป ดังนั้นบริเวณฐานรากเขื่อนโดยทั่วไปนอกจากร่องแกนเขื่อนจะต้องมีการขุดลอกดินหลวมออกจนถึงชั้นที่รับน้ำหนักแบกทานของเขื่อนได้ ซึ่งสามารถตรวจสอบได้จากการทดสอบ Standard Penetration Test (SPT) หรือ Plate Bearing Test ส่วนบริเวณร่องแกนเขื่อนที่ต้องขุดลงไปลึก หรือมีกำแพงที่บ้น้ำเพื่อปิดกั้นการไหลซึมรอดของน้ำนั้นสามารถดำเนินการได้หลายแบบตามลักษณะทางธรณีวิทยา คือ

## 1. ฐานรากที่เป็นดินทรายหรือกรวด

1) การทำร่องกั้นน้ำ (Cutoff Trench) ในชั้นฐานรากเชื่อมที่เป็นกรวดทรายและน้ำใต้ดินอยู่ในระดับต่ำกว่าระดับขุดร่องกั้นน้ำ การป้องกันการไหลซึมผ่านได้ฐานเชื่อมเมื่อมีการเก็บน้ำนั้นควรทำการก่อสร้างด้วยการขุดร่องกั้นน้ำ ความกว้างไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 ของระยะต่างของน้ำจากเหนือน้ำมาทำน้ำ ด้วยเครื่องมือขุดประเภทต่างๆ เช่น Draglines , Clamshells และ Backhoe เป็นต้น โดยขุดให้ลึกลงไปใ้ฐานรากจนถึงระดับชั้นหินหรือดินที่บ้น้ำ แล้วทำความสะอาดผิวหน้าหิน หากมีรอยแตกในหินมากอาจต้องดำเนินการอัดฉีดน้ำปูน และหรืออุดยาผิวหน้าหินด้วยซีเมนต์มอร์ตาร์แล้วจึงทำการบดอัดดินเหนียวที่บ้น้ำขึ้นมาเป็นชั้น เช่นเดียวกับวิธีการบดอัดแกนเชื่อมตามปกติจนถึงระดับผิวดินเดิม จึงมีการบดอัดต่อเชื่อมกับตัวเชื่อมด้านบน

2) การทำผนังที่บ้น้ำใต้ดิน (Slurry Cutoff Wall) ในกรณีที่ชั้นกรวดทรายอยู่ในท้องน้ำที่มีระดับน้ำใต้ดินอยู่สูง การขุดจะมีอุปสรรคจากการที่น้ำไหลเข้าสู่ร่องขุดจนไม่สามารถก่อสร้างได้ ดังนั้นจึงนิยมขุดเป็นร่องขนาดเล็กในแนวตั้ง เครื่องมือขุดและระดับพิจารณาเช่นเดียวกับกรณีของร่องกั้นน้ำ ขณะที่ขุดร่องผนังอยู่นั้นจะมีน้ำโคลนเบนโทไนท์ ( Bentonite Slurry) หล่อกันร่องขุดพัง โดยต้องให้ระดับน้ำโคลนอยู่สูงกว่าน้ำใต้ดินอยู่ตลอดเวลา น้ำโคลนเบนโทไนท์จะมีความหนาแน่นสูงกว่าน้ำเล็กน้อย จึงมีแรงดันพอที่จะพยุงร่องขุดให้มั่นคงอยู่ได้ในระหว่างการขุด เมื่อขุดถึงความลึกที่ต้องการแล้วถมกลับด้วยดินผสมกรวดทรายและโคลนเบนโทไนท์หรือคอนกรีตที่บ้น้ำ จนถึงระดับของฐานรากเชื่อมให้ต่อเชื่อมกับแกนดินเหนียว

3) ชั้นดินเหนียวที่บ้น้ำปูหน้าเชื่อม (Clay Blanket) การปิดกั้นน้ำที่ซึมผ่านได้ฐานรากเชื่อมกรณีที่เป็นชั้นกรวดทรายที่มีความลึกมาก และอยู่ใต้ระดับน้ำใต้ดินจะทำการขุดเปิดออกเป็นร่องแกนได้ยาก และไม่สามารถรักษาความมั่นคงของลาดของร่องแกนได้ เนื่องจากมีน้ำไหลเข้ามาตลอดเวลา ดังนั้นวิศวกรสามารถเลือกออกแบบเป็นชั้นดินเหนียวที่บ้น้ำ ปูลาดไปทางด้านเหนือน้ำโดยต้องเชื่อมต่อกับแกนดินเหนียวของเชื่อมออกไป เป็นระยะทาง 6-20 เท่าของความสูงของน้ำในอ่าง เพื่อยึดทางเดินของน้ำที่จะซึมผ่านได้ฐานรากเชื่อม ให้ไหลออกไปทางด้านเหนือน้ำ ซึ่งจะทำได้ลดปริมาณการไหลซึมลงได้มาก ในการกำหนดความยาวและความหนาของชั้นดินเหนียวนี้ จะต้องทำการวิเคราะห์การไหลซึมของน้ำด้วยวิธีการเขียน Flownet หรือโดยวิธี Finite Element Method (FEM)

## 2. ฐานรากที่เป็นหิน

ปกติฐานรากเขื่อนที่มีชั้นหินอยู่ในระดับตื้นจะมีกำลังแบกทานสูง ดังนั้นจึงสามารถปรับปรุงชั้นหิน โดยทำการขุดแต่งหิน เนื่องจากผิวหน้าของหินได้เชื่อมส่วนใหญ่จะปกคลุมด้วยดินกรวดทรายและหินผุที่คุณภาพไม่เหมาะสม จึงจำเป็นต้องขุดส่วนนี้ทิ้งออกไป การขุดบริเวณหน้าหินต้องความระมัดระวังไม่ให้กระทบกับหินที่ดี หรือทำให้หินเสียคุณภาพโดยขุดลงไปจนถึงชั้นหินแข็งที่สามารถอัดปูนเหลวได้อย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับส่วนที่ยื่นล้าออกมาจากระดับหน้าหินปกติจะต้องถูกสกัดออกโดยใช้สิ่ว เหล็กกระแทก หรือระเบิดอ่อนๆ แต่ควรใช้การระเบิดหินให้น้อยที่สุด เพื่อไม่ให้รอยแตกในหินมีการเปิดกว้างมากขึ้น

รอยแตกและรอยแยกที่ปรากฏ จะต้องมีการขุดหินผุหรือดินที่แทรกอยู่ออกให้หมดด้วยเครื่องจักรหรือแรงคนแล้วทำความสะอาดโดยการเป่าลม-น้ำ (Water jet) รอยแตกและรอยแยกเหล่านี้จะต้องเทคอนกรีต ปูน-ทราย หรืออัดฉีดปูนเหลวลงไปแทรกปิดรอยแตกดังกล่าว แล้วให้เก็บกวาด ล้างทำความสะอาดผิวหน้าหิน บริเวณที่ทำการอัดปูนเหลวจนแน่ใจว่ารอยต่อระหว่างฐานรากกับวัสดุแกนเขื่อนสามารถเชื่อมประสานกันได้เป็นอย่างดี