กรมชลประทาน

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

เอกสารประกอบการบรรยายเรื่อง

การออกแบบเขื่อนดิน (แนวทางขั้นพื้นฐานทั่วไป)

จัดทำโดย

นายกนกศักดิ์ ตัสมา และ นายสุรสิทธิ์ อินทรประชา

กลุ่มออกแบบเขื่อน

โครงการสัมมนาเชิงปฏิบัติการในหัวข้อ "การพัฒนาการออกแบบ"

ณ โรงแรมคลับอันดามันบีช รีสอร์ท จังหวัดภูเก็ต

วันที่ 1 – 3 กันยายน 2548

สำนักออกแบบวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม

คำนำ

เอกสารเรื่อง การออกแบบเขื่อนดิน (แนวทางขั้นพื้นฐานทั่วไป) ที่จัดทำขึ้นในครั้งนี้ เพื่อใช้เป็นเอกสารประกอบการบรรยายในโครงการสัมมนาเชิงปฏิบัติการในหัวข้อ "การพัฒนาการออกแบบ" จัดโดย สำนักออกแบบวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม กรมชลประทาน ณ โรงแรมคลับอันดามันบีช รีสอร์ท จังหวัดภูเก็ต ระหว่างวันที่ 1 – 3 กันยายน 2548 ทั้งนี้เพื่อเป็นการนำเสนอแนวคิด แนวทางขั้นตอน และวิธีการปฏิบัติงานด้านการคำนวณออกแบบเขื่อนเก็บกักน้ำและอาคารประกอบขั้นพื้นฐานทั่วไป ให้ผู้เข้าร่วมสัมมนา ซึ่งส่วนใหญ่ปฏิบัติงานอยู่ในสำนักออกแบบวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม ทั้งที่มีหน้าที่โดยตรงในการออกแบบอาคารหัวงานเขื่อนเก็บกักน้ำ และผู้ที่ได้รับมอบหมาย หรือจะได้รับมอบหมาย ให้ดำเนินออกแบบอาคารหัวงานประเภทนี้ต่อไป ได้รับทราบและเข้าใจตรงกันจนนำไปปฏิบัติงานขับเคลื่อนโครงการได้ตามสมควร

ในเอกสารฉบับนี้ จะเน้นเฉพาะเรื่องการออกแบบเขื่อนดินขั้นพื้นฐานทั่วไป ซึ่งประกอบด้วยหัวข้อต่างๆได้แก่ การแบ่งขนาดของเขื่อนเก็บกักน้ำและอาคารประกอบ ขั้นตอนการออกแบบโครงการอ่างเก็บน้ำ การจัดทำแผนงานการออกแบบ การจัดทำประมาณการค่าออกแบบ ข้อมูลประกอบการออกแบบ องค์ประกอบอาคารหัวงานเขื่อนเก็บกักน้ำ การจัดทำแนวคิดการออกแบบ หลักเกณฑ์ทั่วไป และการออกแบบเขื่อนดินโดยสรุป นอกจากนั้นยังมีภาคผนวกต่างๆที่แสดงตัวอย่างข้อมูลบางเรื่องไว้ ทั้งนี้เนื้อหาทั้งหมดจะเน้นในเรื่องการจัดการโดยทั่วไปเป็นหลัก ซึ่งเห็นว่ามีความสำคัญไม่แพ้กันกับวิธีการคำนวณทั้งด้านชลศาสตร์และด้านโครงสร้าง และหากผู้ออกแบบได้ทำความเข้าใจในเรื่องต่างๆดังกล่าวเป็นอย่างดีแล้ว จะทำให้ลดปัญหาและอุปสรรคลงได้เป็นอย่างมาก

เนื่องจากมีระยะเวลาค่อนข้างจำกัด ประกอบกับมีภารกิจหลักตามหน้าที่ประจำและภารกิจรองเป็นจำนวนมาก ที่ต้องดำเนินการไปพร้อมกับภารกิจที่ได้รับมอบหมายในครั้งนี้ ดังนั้นจึงอาจจะทำให้เอกสารฉบับนี้มีข้อบกพร่องและหรือข้อผิดพลาดเกิดขึ้นได้ ซึ่งท่านผู้สนใจท่านใดพบเห็นใคร่ขอความกรุณาแจ้งให้ทราบด้วย เพื่อจะได้แก้ไขให้ถูกต้องเหมาะสมต่อไป และต้องขอถือโอกาสนี้ขอบคุณล่วงหน้าไว้ด้วย

สุดท้ายต้องขอขอบคุณท่านรองอธิบดีฝ่ายวิชาการ และท่านผู้อำนวยการสำนักออกแบบวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม ที่ได้ให้ความกรุณาชี้แนะที่เป็นประโยชน์ ให้โอกาสในการเผยแพร่และถ่ายทอดความรู้ด้านนี้ให้กว้างขวางออกไป และต้องขอขอบคุณ คุณวดี สินเปียง เจ้าหน้าที่สังกัดกลุ่มงานออกแบบเขื่อน 2 ที่ได้ช่วยจัดพิมพ์เอกสารฉบับนี้ให้ด้วยความมานะพยายามและด้วยความรวดเร็วเป็นอย่างดียิ่ง รวมทั้งหัวหน้ากลุ่มมาตรฐานการออกแบบที่ได้ช่วยนำต้นฉบับไปจัดทำเป็นเอกสารแจกให้ผู้เข้าร่วมสัมมนาอย่างทั่วถึง ซึ่งหวังเป็นอย่างยิ่งว่าเอกสารฉบับนี้ จะเป็นประโยชน์กับผู้เข้าร่วมสัมมนาและผู้สนใจทุกท่านเป็นอย่างดี ในการเริ่มทำความรู้จักและทำความเข้าใจเกี่ยวกับการออกแบบเขื่อนดินที่มีขั้นตอนในการดำเนินงานค่อนข้างมาก ทำให้ต้องใช้ระยะเวลาในการดำเนินการมากตามไป

ด้วย และสามารถขับเคลื่อนโครงการได้ด้วยความมั่นใจ ตามเจตนารมย์ของสำนักออกแบบวิศวกรรมและสถาปัตยกรรมต่อไป

กนกศักดิ์ ตัสมา

สุรสิทธิ์ อินทรประชา

26 สิงหาคม 2548

สารบัญ

		หน้า
	คำนำ	1
1.	บทนำ	4
2.	วัตถุประสงค์ของการจัดทำเอกสาร	6
3.	คำจำกัดความเกี่ยวกับเขื่อนเก็บกักน้ำและอาคารประกอบ	6
4.	การแบ่งขนาดของเขื่อนเก็บกักน้ำ	7
5.	ขั้นตอนการออกแบบโครงการอ่างเก็บน้ำ	7
6.	การจัดทำแผนงานออกแบบ	9
7.	การจัดทำประมาณการค่าออกแบบ	12
8.	ข้อมูลประกอบการออกแบบ	16
9.	องค์ประกอบอาคารหัวงานเขื่อนเก็บกักน้ำ	26
10.	การจัดทำแนวคิดการออกแบบ	28
11.	หลักเกณฑ์ทั่วไปการออกแบบเขื่อนเก็บกักน้ำและอาคารปะกอบ	31
12.	การออกแบบเขื่อนดินโดยสรุป	35
13.	ถนนที่เกี่ยวข้องกับอาคารหัวงานเขื่อนเก็บกักน้ำ	61
14.	เครื่องมือตรวจวัดพฤติกรรมเขื่อน	62
15.	การออกแบบปรับปรุงฐานรากอาคาร	62
16.	ปัญหา อุปสรรค และแนวทางแก้ไข	65
17.	การออกแบบอาคารหัวงานเขื่อนลักษณะเชิงรุก	68
18.	บทสรุป	70
	เอกสารอ้างอิง	71
	ภาคผนวก ก รวมเอกสารทางวิชาการ 3 เรื่อง	72
	ภาคผนวก ข ตัวอย่างลักษณะข้อมูลทางอุทกวิทยา	120
	ภาคผนวก ค ตัวอย่างการจัดทำแผนงานออกแบบโครงการอ่างเก็บน้ำ	129
	ภาคผนวก ง ตัวอย่างการจัดทำประมาณการค่าออกแบบโครงการอ่างเก็บน้ำ	131

การออกแบบเขื่อนดิน (แนวทางขั้นพื้นฐานทั่วไป)[1]

กนกศักดิ์ ตัสมา[2]
สุรสิทธิ์ อินทรประชา[3]

1. บทนำ

การพัฒนาแหล่งน้ำในประเทศไทย ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ผู้เกี่ยวข้องมักจะใช้แนวทางการก่อสร้างอ่างเก็บน้ำเป็นเครื่องมือประการหนึ่ง ซึ่งถือว่าได้ผลเป็นอย่างดีพอสมควร ทั้งนี้เพื่อรวบรวมเก็บกักน้ำฝนที่ตกลงมาในช่วงฤดูฝนไว้ใช้ประโยชน์ในช่วงฤดูแล้งหรือเวลาที่ฝนทิ้งช่วงในกิจการต่างๆของมนุษย์ เช่น การเกษตรกรรม การอุตสาหกรรม การประมง การบรรเทาอุทกภัย และการท่องเที่ยว เป็นต้น โดยหากไม่เก็บกักไว้ น้ำฝนที่ตกลงมาในพื้นที่จะไหลรวมลงสู่ลำห้วย ลำน้ำและออกสู่ทะเลไปโดยสูญเปล่าเป็นส่วนใหญ่ แม้ว่าจะมีน้ำฝนบางส่วนที่มิได้ถูกเก็บกักไว้ได้ถูกนำไปใช้ประโยชน์และไหลซึมลงสู่ใต้ดินบ้างก็ตาม แต่ก็ถือว่าเป็นส่วนน้อยที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์ หากมิได้มีการเก็บกักไว้

องค์ประกอบที่สำคัญของอ่างเก็บน้ำคือ อาคารหัวงานเขื่อน ซึ่งเป็นอาคารทางด้านวิศวกรรมที่มนุษย์สร้างขึ้น ประกอบด้วย ตัวเขื่อนและอาคารประกอบ เพื่อกั้นขวางทางน้ำ มิให้ไหลผ่านลงไปด้านท้ายน้ำได้ตามปกติ และเป็นผลทำให้น้ำที่ถูกกั้นไว้นั้นมีระดับสูงขึ้นจนท่วมระดับดินเดิมที่อยู่ด้านหน้าเขื่อน เป็นบริเวณกว้างมากน้อยต่างกันตามลักษณะสภาพภูมิประเทศ และทำให้ได้ปริมาณน้ำจำนวนมากตามที่ต้องการกักเก็บไว้ รอการนำไปใช้ประโยชน์ตามระยะเวลาที่กำหนด โดยผ่านทางอาคารประกอบ ซึ่งได้แก่ อาคารทางระบายน้ำล้น และอาคารท่อส่งน้ำหรืออาคารท่อระบายน้ำลงลำน้ำเดิม

เขื่อนเก็บกักน้ำ มีหลายแบบหลายชนิด แต่ที่จะกล่าวในเอกสารฉบับนี้ เป็นชนิดเขื่อนดินหรือเขื่อนดินถมบดอัดแน่น ซึ่งบางท่านอาจจะคุ้นเคยกับคำเรียกว่า ทำนบดิน ก็ได้ แต่ก็ถือว่าเป็นอาคารประเภทเดียวกัน เขื่อนดินและอาคารประกอบ ฝาย อุโมงค์ท่อระบายน้ำ หรือระบบชลประทาน ที่มีความสูงมากกว่า 1.50 เมตร หรือมีความจุตั้งแต่ห้าสิบลูกบาศก์เมตร หรือมีอัตราการไหลของน้ำตั้งแต่หนึ่งลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีขึ้นไป ถือว่าเป็นลักษณะของงานวิศวกรรมควบคุม สาขาวิศวกรรมโยธา

---

[1] เอกสารประกอบการบรรยาย สำหรับโครงการสัมมนาเชิงปฏิบัติการในหัวข้อ "การพัฒนาการออกแบบ" ณ โรงแรมคลับอันดามันบีช รีสอร์ท จังหวัดภูเก็ต วันที่ 1 – 3 กันยายน 2548 จัดโดยสำนักออกแบบวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม กรมชลประทาน สามเสน

[2] ผู้ช่วยอธิบดีพื้นที่ศูนย์พัฒนาชลประทานและแก้ไขวิกฤตน้ำในพื้นที่สามจังหวัดชายแดนภาคใต้ (ผชอ.ศต.2) ผู้เชี่ยวชาญวิชาชีพเฉพาะด้านวิศวกรรมโยธา (ด้านออกแบบและคำนวณ) สำนักออกแบบวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม กรมชลประทาน

[3] วิศวกรวิชาชีพ 9วช ผู้เชี่ยวชาญวิชาชีพเฉพาะด้านวิศวกรรมโยธา (ด้านออกแบบและคำนวณ) ทำหน้าที่หัวหน้ากลุ่มออกแบบเขื่อน (กข.อบ.) กลุ่มออกแบบเขื่อน สำนักออกแบบวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม กรมชลประทาน และผู้ช่วยอธิบดีพื้นที่ภาคกลาง (ผชอ.ภก.1)

ตามข้อบังคับสภาวิศวกร ว่าด้วยมาตรฐานการประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม สาขาวิศวกรรมโยธา พ.ศ.2546 ที่วิศวกรผู้ดำเนินการจะต้องมีใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมตั้งแต่ระดับสามัญวิศวกรโยธาขึ้นไป อย่างไรก็ตาม มิได้หมายความว่าวิศวกรโยธาในระดับภาคีวิศวกร จะร่วมดำเนินการด้วยไม่ได้ แต่การปฏิบัติงานของวิศวกรโยธาในระดับภาคีวิศวกรนั้น จะต้องปฏิบัติงานภายใต้การกำกับดูแลอย่างระมัดระวังโดยเคร่งครัดของวิศวกรโยธาระดับสามัญวิศวกรขึ้นไป ดังนั้นเขื่อนดินและอาคารประกอบที่มีขนาดมากกว่าตามที่กล่าวไว้ จะต้องมีการคำนวณออกแบบและก่อสร้าง ตามหลักวิชาการด้านวิศวกรรมอย่างถูกต้องและเคร่งครัด เพื่อให้ได้อาคารที่มีความมั่นคงแข็งแรง มีความคงทนและประหยัด มีความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สินของราษฎร รวมทั้งให้เป็นที่เชื่อมั่น เชื่อถือ และไว้วางใจที่จะใช้ประโยชน์จากอาคารต่างๆได้อย่างสมบูรณ์ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

การออกแบบเขื่อนและอาคารประกอบ มีขั้นตอนและรายละเอียดการดำเนินงานค่อนข้างมาก ประกอบด้วย การจัดทำแผนงานและงบประมาณค่าออกแบบ การเตรียมความพร้อมของข้อมูล และหรือขอข้อมูลเพิ่มเติม การตรวจสอบวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น และขั้นออกแบบรายละเอียด การตรวจสภาพภูมิประเทศ การจัดทำรายงานแนวคิดและเกณฑ์การออกแบบ การคำนวณออกแบบและจัดทำแบบเค้าโครงเบื้องต้น การคำนวณออกแบบและจัดทำแบบแปลนรายละเอียดเพื่อการก่อสร้าง การตรวจพิจารณาแก้ไขแบบแปลน การจัดทำรายงานต่างๆประกอบการออกแบบ รวมทั้งติดตามประเมินผลการออกแบบ เป็นต้น การที่มีขั้นตอนและรายละเอียดการดำเนินงานค่อนข้างมากดังกล่าว ทำให้ต้องใช้ระยะเวลาในการดำเนินงานค่อนข้างมากตามไปด้วย ซึ่งหากเป็นโครงการตามแผนปกติจะอยู่ที่ประมาณ 1 – 1.5 ปี อย่างไรก็ตาม หากจัดทำแผนการทำงานให้ดีจะลดระยะเวลาลงได้มาก นอกจากนั้นยังมีปัญหาและอุปสรรคต่างๆอีกหลายประการ ซึ่งจะได้กล่าวไว้ในเอกสารฉบับนี้ต่อไป

อย่างไรก็ตาม เนื่องจากมีระยะเวลาค่อนข้างจำกัด ประกอบกับผู้เข้าร่วมสัมมนาส่วนใหญ่มิได้ปฏิบัติงานในเรื่องการออกแบบเขื่อนขนาดกลางขึ้นไปโดยตรง และเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการจัดสัมมนาเชิงปฏิบัติการในครั้งนี้ จึงขอเน้นในเรื่องการกำหนดแนวคิดและการจัดการ เกี่ยวกับการออกแบบเขื่อนและอาคารประกอบมากกว่าการวิเคราะห์คำนวณ ทั้งด้านชลศาสตร์และด้านโครงสร้าง ให้ได้ขนาดองค์อาคารที่ต้องการ เพื่อเป็นการปูพื้นฐานให้ผู้เข้าร่วมสัมมนาและผู้สนใจได้เข้าใจตรงกันก่อนที่ก้าวเข้าสู่ระดับที่สูงขึ้นต่อไป ซึ่งถือว่ามีความจำเป็นอย่างยิ่ง ทั้งนี้เนื่องจากการออกแบบเขื่อนและอาคารประกอบ มิได้มีกิจกรรมเฉพาะการคำนวณออกแบบและจัดทำแบบแปลนเท่านั้น

ในเอกสารฉบับนี้ ท่านจะได้ทราบเกี่ยวกับรายละเอียดโดยทั่วไปเกี่ยวกับการออกแบบเขื่อน ได้แก่ การแบ่งขนาดเขื่อนเก็บกักน้ำ ขั้นตอนการออกแบบ การจัดทำแผนงานและประมาณการค่าออกแบบ ข้อมูลที่ใช้ประกอบการออกแบบ องค์ประกอบหัวงานเขื่อนเก็บกักน้ำ แนวคิดการออกแบบ เกณฑ์ทั่วไปในการออกแบบ การออกแบบเขื่อนดิน การออกแบบถนนที่เกี่ยวข้อง การจัดทำรายงานประกอบการออกแบบ การทำงานเชิงรุก แผ่นดินไหวกับการออกแบบเขื่อน ปัญหาอุปสรรค

และแนวทางแก้ไข พร้อมทั้งได้นำเสนอข้อมูลเรื่องต่างๆไว้ในภาคผนวก ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างมากตามสมควรกับการนำไปประยุกต์ใช้งานได้เป็นอย่างดีต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการจัดทำเอกสาร

การจัดทำเอกสารชุดนี้ขึ้นนั้น มีเป้าหมายเพื่อให้ผู้เข้าร่วมการสัมมนา ทั้งที่มีหน้าที่ในการออกแบบเขื่อนเก็บกักน้ำและอาคารประกอบโดยตรง และผู้ที่จะต้องได้รับการมอบหมายให้ดำเนินการ ตลอดจนผู้ที่สนใจโดยทั่วไป ได้นำแนวคิดและแนวทางการออกแบบเขื่อนไปใช้ประโยชน์ได้ตามสมควร จึงขอกำหนดวัตถุประสงค์ไว้ ดังนี้

(1) เพื่อใช้เป็นเอกสารประกอบการบรรยาย

(2) เพื่อนำเสนอแนวทางในการปฏิบัติงานแก่วิศวกรออกแบบเขื่อนและผู้สนใจทั่วไป

(3) เพื่อให้เข้าใจแนวความคิดและแนวทางขั้นตอน ตลอดจนวิธีการคำนวณออกแบบเขื่อนและอาคารประกอบ รวมทั้งการจัดทำแบบแปลน เพื่อการก่อสร้างอย่างเป็นระบบ

(4) เพื่อเป็นจุดเริ่มต้นและแนวทางให้มีการพัฒนาความรู้ความสามารถให้มากขึ้น อย่างต่อเนื่องเรื่อยไป

(5) เพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติงานของวิศวกรออกแบบเขื่อนรุ่นใหม่ ที่เพิ่งเริ่มปฏิบัติงานทั้งในกลุ่มออกแบบเขื่อนและในกลุ่มอื่นที่ได้รับมอบหมายให้ดำเนินการ

(6) เพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนและถ่ายทอดประสบการณ์ในการปฏิบัติงานจากวิศวกรอาวุโสไปสู่วิศวกรรุ่นใหม่ และผู้สนใจโดยทั่วไป

(7) เพื่อเผยแพร่ผลงานทางวิชาการในสาขานี้ให้แพร่หลายออกไป

3. คำจำกัดความเกี่ยวกับเขื่อนเก็บกักน้ำและอาคารประกอบ

การออกแบบเขื่อนเก็บกักน้ำ (ประเภทเขื่อนดิน) และอาคารประกอบ มีคำศัพท์เฉพาะที่วิศวกรออกแบบเขื่อน ควรจะได้เรียนรู้และทำความเข้าใจให้ชัดเจน ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการติดต่อสื่อสารระหว่างผู้ปฏิบัติงานด้วยกัน จะได้เข้าใจในเรื่องที่กล่าวถึงได้โดยง่ายโดยไม่ต้องเสียเวลาในการอธิบายความหมายเพิ่มเติมอีก จึงขอนำเสนอคำศัพท์เฉพาะที่เกี่ยวข้องโดยสังเขปตามที่แสดงไว้ในภาคผนวก จ ซึ่งคำศัพท์เหล่านี้จะถูกนำไปใช้ในเอกสารชุดนี้ และในการจัดทำแบบแปลนเพื่อการก่อสร้างต่อไปด้วย ทั้งนี้เนื่องจากเป็นที่เข้าใจและคุ้นเคยกันเป็นอย่างดี ในระหว่างผู้ที่เคยปฏิบัติงานด้านการสำรวจออกแบบ ด้านการก่อสร้างและด้านการบำรุงรักษา ในกรมชลประทานเป็นระยะเวลานานมาแล้ว จึงใคร่ขอให้ผู้ที่ยังไม่คุ้นเคยโปรดทำการศึกษาให้เข้าใจอย่างชัดเจน เพื่อจะได้นำไปใช้ได้อย่างถูกต้องต่อไป นอกจากนั้นผู้สนใจยังสามารถศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมได้จากหนังสืออภิธานศัพท์เทคนิคการชลประทานและการระบายน้ำ กรมชลประทาน ฉบับเดือน กันยายน 2534

4. การแบ่งขนาดของเขื่อนเก็บกักน้ำ

โดยทั่วไปเขื่อนเก็บกักน้ำ ซึ่งไม่ใช่เฉพาะเขื่อนดินเท่านั้น จะถูกแบ่งออกเป็น 3 ขนาด ได้แก่ เขื่อนขนาดเล็ก เขื่อนขนาดกลาง และเขื่อนขนาดใหญ่ ทั้งนี้จะพิจารณาจากปัจจัยโดยสังเขป เช่น ความสูงของตัวเขื่อน ความจุอ่างเก็บน้ำ การจัดหาที่ดินเพื่อการก่อสร้าง งบประมาณและระยะเวลาการก่อสร้าง เป็นต้น ซึ่งขออธิบายรายละเอียดเพิ่มเติมดังนี้

(1) เขื่อนขนาดเล็ก เป็นเขื่อนที่มีความสูงไม่มากกว่า 15.00 เมตร ความจุอ่างเก็บน้ำน้อยกว่า 1 ล้านลูกบาศก์เมตร มีงบประมาณในการก่อสร้างไม่มากกว่า 15 ล้านบาท ไม่เสียค่าใช้จ่ายในการจัดหาที่ดินทั้งส่วนที่เป็นอ่างเก็บน้ำและบริเวณหัวงาน สามารถก่อสร้างให้แล้วเสร็จได้ภายในระยะเวลา 1 ปี และส่วนใหญ่จะไม่มีความยุ่งยากในการปรับปรุงฐานรากเขื่อนมากนัก

(2) เขื่อนขนาดกลาง เป็นเขื่อนที่มีความสูงตั้งแต่ 15.00 ถึง 40.00 เมตร อ่างเก็บน้ำมีความจุตั้งแต่ 1 ถึง 100 ล้านลูกบาศก์เมตร ใช้งบประมาณในการก่อสร้างตั้งแต่ 15 ล้านบาท จนถึง 500 ล้านบาท (ไม่รวมค่าจัดซื้อที่ดิน) มีการจัดซื้อที่ดินในการก่อสร้างทั้งในส่วนของอ่างเก็บน้ำและบริเวณหัวงาน ใช้ระยะเวลาในการก่อสร้างตั้งแต่ 1 ปี จนถึง 3 ปี และมีการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมในระดับปานกลาง นอกจากนั้นยังมีการปรับปรุงฐานรากเขื่อนด้วยวิธีการต่างๆ มากขึ้น

(3) เขื่อนขนาดใหญ่ เป็นเขื่อนที่มีความสูงตั้งแต่ 15.00 เมตรขึ้นไป ตามข้อกำหนดของ ICOLD อ่างเก็บน้ำมีความจุมากกว่า 100 ล้านลูกบาศก์เมตร มีการจัดซื้อที่ดินในการก่อสร้าง ใช้ระยะเวลาในการก่อสร้างตั้งแต่ 3 ปี ขึ้นไป มีงบประมาณในการก่อสร้างตั้งแต่ 500 ล้านบาทขึ้นไป รวมทั้งต้องมีการศึกษาความเหมาะสมของโครงการและการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมอย่างละเอียด รวมทั้งมีการปรับปรุงฐานรากที่มีความยุ่งยากมากอีกด้วย

เพื่อให้สามารถพิจารณาได้โดยง่าย จึงได้สรุปรายละเอียดต่างๆ ตามที่กล่าวไว้ข้างต้น แสดงในตารางที่ 4 – 1

5. ขั้นตอนการออกแบบโครงการอ่างเก็บน้ำ

ขั้นตอนการปฏิบัติงานออกแบบโครงการอ่างเก็บน้ำ หมายถึง การกำหนดว่ามีกิจกรรมอะไรบ้างที่ต้องดำเนินการ และควรดำเนินการเรื่องใดก่อนและเรื่องใดทีหลัง ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความต่อเนื่องสัมพันธ์กันเป็นอย่างดีและความชัดเจนในการดำเนินงาน การจัดลำดับขั้นตอนในการปฏิบัติงานคำนวณออกแบบเขื่อนเก็บกักน้ำและอาคารประกอบอย่างถูกต้องและเหมาะสม จะทำให้เกิดผลดีหลายประการ โดยจะทำให้มีการทำงานอย่างเป็นระบบที่ถูกต้อง และผู้ปฏิบัติงานทุกคนสามารถดำเนินการต่อเนื่องกันไปได้ แม้ว่าหัวหน้าผู้กำกับดูแลโครงการจะไม่ได้อยู่ร่วมในการปฏิบัติงานในบางช่วงก็ตาม

ขั้นตอนการปฏิบัติงานออกแบบเขื่อนเก็บกักน้ำและอาคารประกอบนั้น ประกอบด้วยกิจกรรมหลายอย่าง ได้แก่ การจัดหาและรวบรวมข้อมูล การตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูล การพิจารณา

ตารางที่ 4 - 1 แสดงรายละเอียดการแบ่งขนาดของเขื่อนเก็บกักน้ำ

ลำดับที่	ขนาดเขื่อนเก็บกักน้ำ	ปัจจัยการพิจารณาโดยสังเขป											
		ความสูง (ม.)	ความจุอ่างเก็บน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)	ระยะเวลาก่อสร้าง (ปี)	งบประมาณก่อสร้าง(ล้านบาท)	การจัดหาที่ดิน		การศึกษาโครงการ (FS)		สิ่งแวดล้อม		การปรับปรุงฐานราก	
						ไม่จัดหา	จัดหา	ศึกษา	ไม่ศึกษา	ศึกษา	ไม่ศึกษา	ยุ่งยาก	ไม่ยุ่งยาก
1.	ขนาดเล็ก	< 15.00	< 1.00	< 1	< 15.00	✓	-	-	✓	-	✓	-	✓
2.	ขนาดกลาง	15 - 40	1 - 100	1 - 3	15 - 500	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-
3.	ขนาดใหญ่	> 15.00	> 100	> 3	> 500	-	✓	✓	-	✓	-	✓	-

หมายเหตุ : 1.คณะกรรมการเขื่อนขนาดใหญ่ระหว่างชาติ (ICOLD) กำหนดให้เขื่อนที่สูงกว่า 15.00 เมตร ขึ้นไป เป็นเขื่อนขนาดใหญ่

2.ความสูงเขื่อน พิจารณาจากระดับท้องลำน้ำ ที่จุดลึกสุดถึงระดับสันเขื่อนที่ยังไม่เผื่อการทรุดตัว (Without Camber)

3.การพิจารณาแบ่งขนาดเขื่อน จะพิจารณาปัจจัยหลายอย่างร่วมกัน หากมีจำนวนปัจจัยการพิจารณาเข้าเกณฑ์ของเขื่อนขนาดใดมากกว่า ก็จัดเข้าเป็นเขื่อนขนาดนั้น เช่น เขื่อนบางแห่งมีความสูงมากกว่า 15.00 เมตร แต่หากมีความจุอ่างเก็บน้ำน้อยกว่า 1 ล้าน ลบ.ม. และมีปัจจัยอื่นอยู่ในเกณฑ์ที่แสดงไว้ ก็สามารถจัดเข้าเป็นเขื่อนขนาดเล็กได้เช่นกัน

4.FS หมายถึงศึกษาความเหมาะสมของโครงการ (Feasibility Study)

ศักยภาพและวัตถุประสงค์ของโครงการ การพิจารณาทบทวนความเหมาะสมและผลกระทบจากโครงการ การจัดทำแนวคิดการออกแบบ การสรุปลักษณะโครงการและขออนุมัติในหลักการ การกำหนดขอบเขตการสำรวจเพิ่มเติม การพิจารณาข้อมูลการออกแบบขั้นสุดท้าย การจัดทำรายการคำนวณด้านวิศวกรรม การจัดทำแบบแปลนฉบับร่างและแบบแปลนต้นฉบับ การตรวจพิจารณาแบบแปลน การจัดทำรายงานต่างๆ เป็นต้น ดังแสดงเป็นแผนภูมิกระบวนงานการออกแบบโครงการอ่างเก็บน้ำไว้ในรูปที่ 5 – 1

6. การจัดทำแผนงานออกแบบโครงการอ่างเก็บน้ำ

แผนการปฏิบัติงานที่จะกล่าวในหัวข้อนี้ เป็นการกำหนดกรอบเวลาในการดำเนินงานของแต่ละขั้นตอนของการปฏิบัติงานที่แสดงไว้ในข้อ 5 ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นกรอบในการกำหนดวันแล้วเสร็จของการปฏิบัติงานในแต่โครงการอ่างเก็บน้ำที่จะดำเนินการ เพื่อให้หน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้องได้ทราบว่าจะสามารถนำแบบแปลนไปใช้งานได้เมื่อไร ซึ่งจะทำให้สามารถกำหนดแผนงานการก่อสร้างและงบประมาณการก่อสร้าง ตลอดจนการใช้เงิน และจัดทำประมาณการค่าใช้จ่ายได้ต่อไป

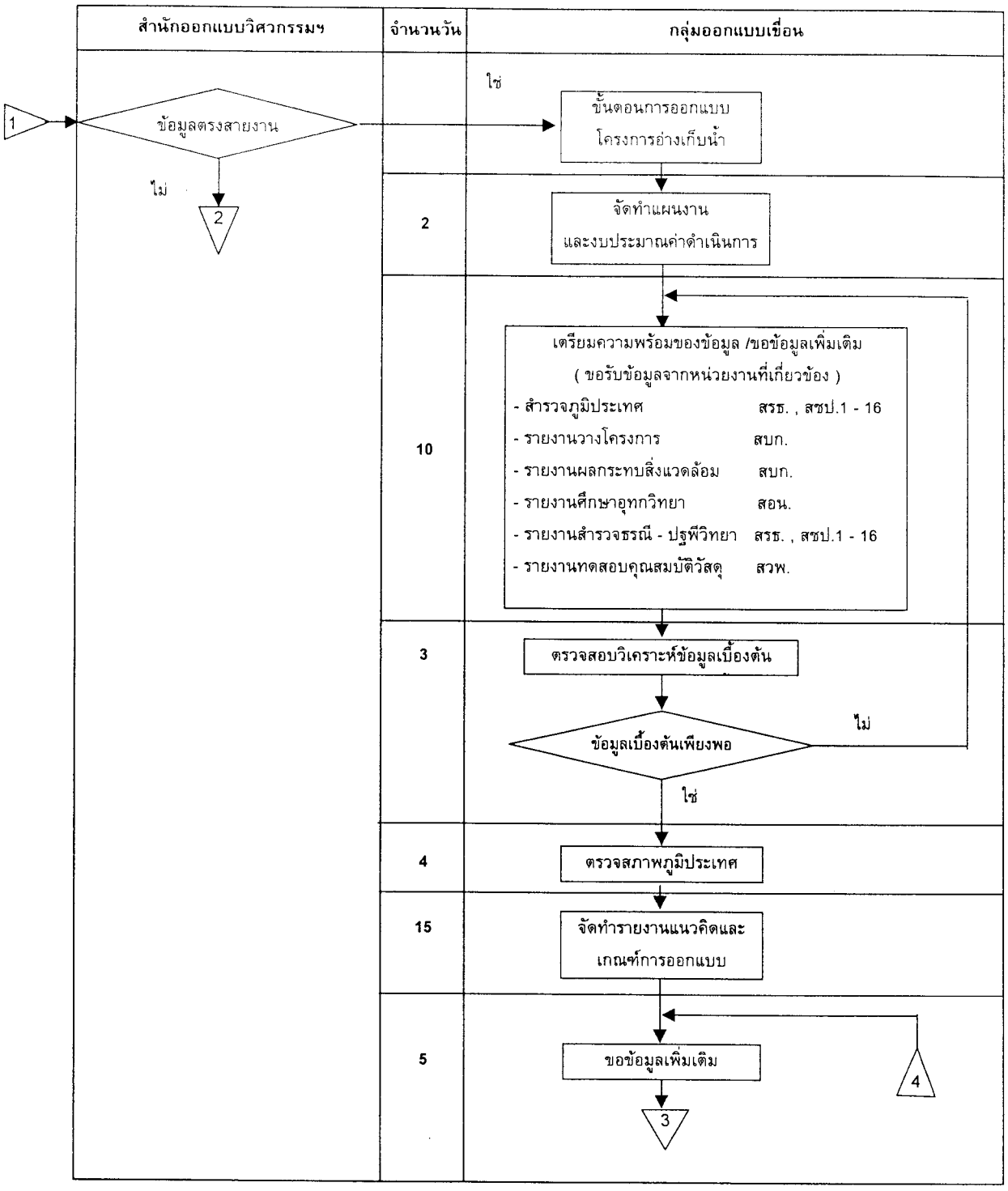
แผนการปฏิบัติงานจะถูกกำหนดร่วมกันระหว่างวิศวกรผู้ออกแบบและหัวหน้าหน่วยงาน อย่างไรก็ตามโครงการอ่างเก็บน้ำบางโครงการอาจจะมีการกำหนดให้อยู่ในแผนงานก่อสร้างของกรมชลประทานไว้ก่อนแล้ว ซึ่งจะสอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติที่กำหนดไว้

ผู้ปฏิบัติงานทุกส่วนจะต้องพยายามดำเนินการในงานที่เกี่ยวข้องกับตัวเอง ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยความเรียบร้อย เป็นไปตามแผนการปฏิบัติงานอย่างเคร่งครัด เพราะหากทำงานล่าช้ากว่าแผนงานที่กำหนดไว้ จะทำให้เกิดความเสียหายตามมาอย่างมากมาย เช่น แผนงานการก่อสร้างและการใช้งานโครงการต้องล่าช้าออกไป ทำให้ไม่สามารถใช้ประโยชน์จากโครงการได้ตามเวลาที่กำหนด รายฎรในบริเวณอ่างเก็บน้ำเกิดความเสียหาย เพราะไม่แน่ใจว่าจะมีการก่อสร้างจริงหรือไม่จึงไม่ได้ทำการเพาะปลูกตามปรกติ ทำให้ขาดรายได้ในส่วนนี้ไป แผนการใช้จ่ายเงินผิดพลาด ซึ่งจะทำให้เกิดความยุ่งยากในขั้นตอนการจัดทำประมาณการและการชี้แจงต่อสำนักงบประมาณเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งยังไม่สามารถเริ่มออกแบบโครงการอ่างเก็บน้ำโครงการต่อไปได้เพราะต้องรอให้โครงการเดิมเสร็จเรียบร้อยเสียก่อน ความเสียหายที่กล่าวถึงเป็นเพียงบางส่วนที่ยกมาเป็นตัวอย่างเท่านั้น ซึ่งยังมีอีกมากมายหลายประการแต่จะไม่ขอกล่าวไว้ในที่นี้

ตัวจักรสำคัญที่ทำให้การดำเนินงานสำเร็จลุล่วงไป ตามแผนการปฏิบัติงานที่วางไว้เห็นจะหนีไม่พ้นวิศวกรผู้ออกแบบ ซึ่งเป็นผู้รับผิดชอบในการดำเนินงาน โดยมีผู้ตรวจแบบและหัวหน้าหน่วยงาน จะช่วยกำกับดูแลให้งานสำเร็จเรียบร้อยและมีความสมบูรณ์เพิ่มมากขึ้น ดังนั้นวิศวกรผู้ออกแบบจึงควรมีความขยันหมั่นเพียร ความกระตือรือร้น ความพยายามและความตั้งใจจริงในการปฏิบัติงาน ตลอดจนตระหนักในความสำคัญของการทำงานให้แล้วเสร็จตามแผนงานที่ได้กำหนดไว้อย่างแจ่มชัด โดยมีความรับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่ ตามที่ได้รับมอบหมายอย่างเต็มกำลังความสามารถ จึงจะทำให้บรรลุผลสำเร็จได้ในที่สุด

รูปที่ 5 - 1 แผนภูมิแสดงกระบวนงานออกแบบรายละเอียดโครงการอ่างเก็บน้ำ (งานปกติ)

กลุ่มออกแบบเขื่อน สำนักออกแบบวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม

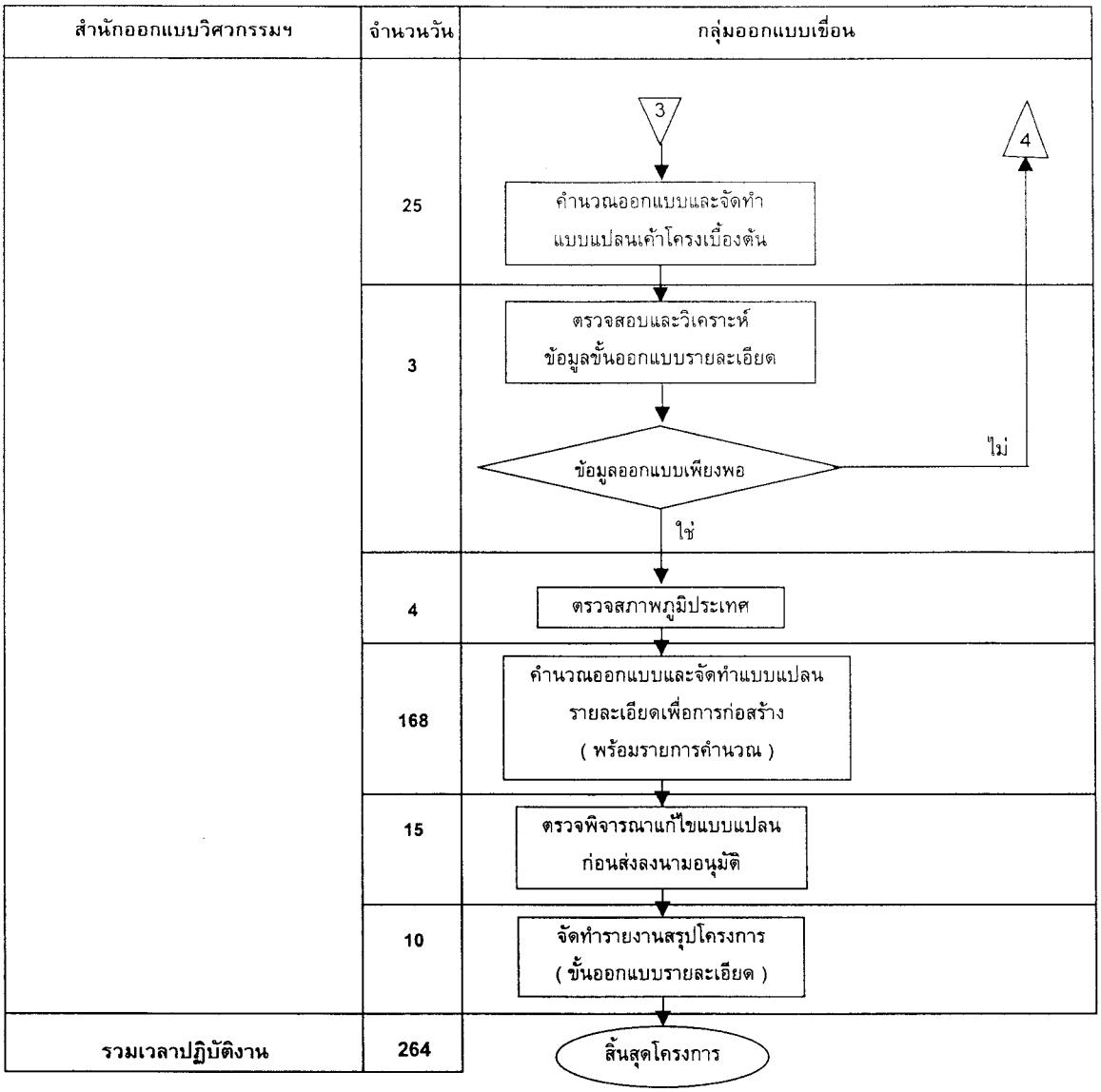


สัญลักษณ์

- 1 แสดงการเชื่อมต่อกระบวนงานอื่น
- แสดงทิศทางการเคลื่อนที่
- แสดงจุดตัดสินใจ
- แสดงกิจกรรม
- แสดงจุดสิ้นสุดของงาน

รูปที่ 5 - 1 (ต่อ) แผนภูมิแสดงกระบวนงานออกแบบรายละเอียดโครงการอ่างเก็บน้ำ (งานปกติ)

กลุ่มออกแบบเขื่อน สำนักออกแบบวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม



สัญลักษณ์

แสดงการเชื่อมต่อกระบวนงานอื่น

แสดงทิศทางการเคลื่อนที่

แสดงจุดตัดสินใจ

แสดงกิจกรรม

แสดงจุดสิ้นสุดของงาน

หมายเหตุ 1. จำนวนวันที่แสดงไว้ คิดเฉพาะวันทำการ (ไม่รวมวันหยุด) โดยในระยะเวลา 1 ปี คิดวันทำการทั้งสิ้นประมาณ 264 วัน ๆละ 6 ชั่วโมง

2. แผนภูมิที่แสดงไว้ เป็นแผนภูมิกระบวนงานการออกแบบโครงการอ่างเก็บน้ำตามปกติ แต่ละโครงการ จำนวน 1 โครงการ ซึ่งขณะนี้กลุ่มออกแบบเขื่อน มีขีดความสามารถดำเนินการได้ปีละ 6 - 7 โครงการโดยประมาณ

3. โครงการอ่างเก็บน้ำขนาดกลางขึ้นไป มีอาคารหลัก ๆ ที่ต้องออกแบบ ได้แก่ ตัวเขื่อนดิน , Spillway , River Outlet , Canal Outlet ถนนบำรุงรักษาท้ายเขื่อน ถนนทดแทนฯ และถนนเข้าโครงการ

4. งานโครงการเร่งด่วนตามนโยบายกรม จะมีขั้นตอนคล้ายคลึงกัน แต่จะกระชับกว่า และจะใช้ระยะเวลาประมาณ 210 ถึง 240 วัน (ทั้งวันทำการและวันหยุดราชการ ต่อเนื่องกันไป)

5. ขั้นตอนการเตรียมความพร้อมของข้อมูล หากเป็นโครงการที่จัดเข้าแผนไว้แล้ว จะต้องมีการเตรียมความพร้อมของข้อมูลในปีก่อนหน้าที่จะเริ่มออกแบบ

แผนงานการออกแบบเขื่อนเก็บกักน้ำและอาคารประกอบโดยทั่วไป ควรมีรายละเอียดตามตัวอย่างที่แสดงไว้ในตารางที่ 6 – 1 และตัวอย่างการจัดทำแผนงานการออกแบบที่แสดงไว้ในภาคผนวก ค ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีกิจกรรมต่างๆที่จะต้องดำเนินการอย่างครบถ้วน ซึ่งผู้เกี่ยวข้องสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานของตัวเองได้เป็นอย่างดี

แผนงานการออกแบบที่แสดงไว้ ซึ่งใช้ระยะเวลาประมาณ 12 เดือน เป็นแค่เพียงตัวอย่างเท่านั้น ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดแผนงานจริงของแต่ละโครงการต่อไป ผู้เกี่ยวข้องและมีหน้าที่รับผิดชอบในการจัดทำแผนงานสามารถปรับเปลี่ยนรายละเอียดตลอดจนระยะเวลาการดำเนินงานให้สอดคล้องกับสภาพข้อมูลและปัจจัยประกอบอื่น เช่น คุณภาพและประสิทธิภาพ ตลอดจนประสบการณ์ของวิศวกรผู้ออกแบบ เป็นต้น ซึ่งจะทำให้ได้แผนงานที่เหมาะสม และเป็นไปได้มากที่สุด

สำหรับจำนวนบุคคลากรที่จะใช้ในการดำเนินงานในตัวอย่างแผนงานที่แสดงไว้ คาดว่าจะต้องใช้วิศวกรผู้ออกแบบอย่างน้อย จำนวน 3 คน จึงจะทำให้งานแล้วเสร็จอย่างสมบูรณ์เรียบร้อยได้ โดยให้วิศวกร 1 คน จัดทำการออกแบบจำนวน 1 อาคาร สำหรับถนนให้วิศวกรที่ทำหน้าที่ออกแบบเขื่อนเก็บกักน้ำเป็นผู้ดำเนินการคำนวณออกแบบในส่วนนี้ อย่างไรก็ตาม การปฏิบัติงานจริงในแต่ละโครงการสามารถเพิ่มเติมจำนวนบุคคลากรได้ตามความเหมาะสม

จะเห็นได้ว่าตามตารางที่ 6 – 1 ที่แสดงไว้ และตัวอย่างแผนงานในภาคผนวก ค เป็นโครงการที่ต้องมีการสำรวจเพิ่มเติม แต่หากโครงการใดที่มีข้อมูลผลการสำรวจด้านต่างๆครบถ้วนแล้ว และหรือเป็นโครงการเร่งด่วน น่าจะดำเนินการออกแบบให้แล้วเสร็จได้เร็วขึ้น

7. การจัดทำประมาณการค่าออกแบบโครงการอ่างเก็บน้ำ

การออกแบบโครงการอ่างเก็บน้ำ มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการแยกได้เป็น 2 ส่วนหลักๆ ประกอบด้วย ค่าตอบแทนของบุคลากร และค่าดำเนินการออกแบบ ซึ่งจะขอกล่าวรายละเอียดพอสังเขปไว้ดังต่อไปนี้

(1) ค่าตอบแทนของบุคลากร ได้แก่ เงินเดือน และค่าจ้างประจำของเจ้าหน้าที่ที่ร่วมกันทำงาน ซึ่งผู้ว่าจ้าง (รัฐบาล) จ่ายให้เป็นประจำทุกเดือน ตามตำแหน่งของบุคลากรแต่ละคน

(2) ค่าดำเนินการออกแบบ หมายถึง ค่าใช้จ่ายในการดำเนินกิจกรรมต่างๆในการออกแบบโครงการอ่างเก็บน้ำ เพื่อให้แล้วเสร็จตามที่ต้องการ ได้แก่ ค่าเบี้ยเลี้ยง ค่าพาหนะ และค่าที่พักในการเดินทางไปตรวจสภาพภูมิประเทศ นอกจากนั้นยังมีค่าทำงานนอกเวลาราชกรปกติ (ในกรณีที่มีการเร่งรัดงาน) ค่าจ้างลูกจ้างชั่วคราว ค่าวัสดุสิ้นเปลืองต่างๆ เช่น กระดาษไขเขียนแบบ กระดาษขาว หมึกพิมพ์ต่างๆ เป็นต้น และค่าอำนวยการ ดังรายละเอียดที่แสดงไว้ในตารางที่ 7 - 1 ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสม อย่างไรก็ตาม แม้ว่าจะไม่มีค่าดำเนินการออกแบบให้จะด้วยเหตุผลใดก็ตาม เจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้อง และหรือได้รับมอบหมายก็จะต้องดำเนินการออกแบบโครงการอ่างเก็บน้ำ

ตารางที่ 6 - 1 แสดงตัวอย่างแผนงานการออกแบบเขื่อนเก็บกักน้ำและอาคาประกอบ โดยสังเขป (1/2)

ลำดับที่	กิจกรรม	ระยะเวลาการดำเนินงาน (เดือน)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	จัดหาและรวบรวมข้อมูล	—											
2	ตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูล	—											
3	ทบทวนโครงการ	—											
4	จัดทำแนวความคิดการออกแบบพร้อมรายงาน	—											
5	สรุปลักษณะโครงการ/ขออนุมัติในหลักการ	—											
6	สำรวจเพิ่มเติม												
6.1	สำรวจภูมิประเทศ		—	—	—	—	—						
6.2	สำรวจปถพีกลศาสตร์		—	—	—	—	—						
6.3	สำรวจธรณีวิทยาฐานราก		—	—	—	—	—						
7	คำนวณออกแบบเขื่อนเก็บกักน้ำ		—	—	—	—	—	—	—	—			
8	คำนวณออกแบบอาคารทางระบายน้ำล้น		—	—	—	—	—	—	—	—			
9	คำนวณออกแบบอาคารท่อส่งน้ำ		—	—	—	—	—	—	—	—			
10	คำนวณออกแบบถนน				—	—	—	—	—	—			
11	จัดทำแบบแปลนฉบับร่าง												
11.1	เขื่อนเก็บกักน้ำ/ฐานรากเขื่อน		—	—	—								

ตารางที่ 6 - 1 (ต่อ) แสดงตัวอย่างแผนการออกแบบเขื่อนเก็บกักน้ำและอาคาประกอบ โดยสังเขป (2/2)

ลำดับที่	กิจกรรม	ระยะเวลาการดำเนินงาน (เดือน)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
11.2	อาคารทางระบายน้ำล้น												
11.3	อาคารท่อส่งน้ำ												
11.4	ถนน												
12	จัดทำแบบแปลนต้นฉบับ												
13	ตรวจแบบ/เสนอแบบ/ตรวจพิจารณาอื่นๆ												
14	ให้ความเห็นชอบ/อนุมัติแบบ												
15	จัดทำรายงานการคำนวณประกอบแบบแปลน												
16	จัดทำรายงานสรุปการออกแบบ												

หมายเหตุ (1) แผนงานนี้เป็นเพียงตัวอย่าง สามารถปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมได้ตามสภาพแวดล้อม

(2) ดูตัวอย่างแผนงานจริง จากภาคผนวก ค

ตารางที่ 7 – 1 แสดงรายละเอียดค่าใช้จ่าย /ค่าดำเนินการออกแบบโดยประมาณ สำหรับโครงการอ่างเก็บน้ำ (ดำเนินการเอง)
กลุ่มออกแบบเขื่อน สำนักออกแบบวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม

23 พฤศจิกายน 2547

ลำดับ	ชนิดอาคาร	จำนวนโครงการ	การออกแบบ		ค่าใช้จ่าย /ค่าดำเนินการออกแบบ (บาท)							รวมทั้งหมด (บาท)
			ใหม่	ปรับปรุง	เบี้ยเลี้ยง	พาหนะ	ที่พัก	ล่วงเวลา	ลูกจ้างชั่วคราว (พนักงานของรัฐ)	ค่าวัสดุสิ้นเปลือง	ค่าอำนวยการ	
1	โครงการอ่างเก็บน้ำทั้งโครงการ	1	/		14,000	72,000	56,000	210,000	84,000	22,000	15,000	**473,000.-**
2	ตัวเขื่อน /ฐานราก	1		/								**47,300.-**
3	Spillway	1		/								**47,300.-**
4	Outlet	1		/								**47,300.-**
5	ถนนท้ายเขื่อน	1		/								**25,000.-**
6	ถนนเข้าโครงการ	1		/								**25,000.-**
7	ถนนทดแทนถนนเดิมที่ถูกน้ำท่วม	1		/								**25,000.-**
8	ให้คำปรึกษา/แก้ไขปัญหาการก่อสร้าง	1		/								**25,000.-**
9	เครื่องมือตรวจวัดพฤติกรรมเขื่อน	1		/								**25,000.-**
10	กำกับดูแลที่ปรึกษา งานสำรวจออกแบบ /ศึกษาความเหมาะสม	1	/									**20,000.-**

หมายเหตุ (1) กลุ่มงานออกแบบเขื่อนแต่ละกลุ่มงาน คาดว่าสามารถดำเนินการออกแบบได้ปีละไม่เกิน 2 โครงการ โดยประมาณ (โครงการขนาดกลาง) ตามอัตรากำลังที่ได้เคยนำเสนอกรมฯ ไว้

(2) ลำดับที่ 2 – 4 แต่ละรายการคิดค่าดำเนินการออกแบบประมาณ ร้อยละ 10 ของการออกแบบใหม่ทั้งหมด

(3) นำมาจากเอกสารอ้างอิง หมายเลข 8

(4) ดูรายละเอียดเพิ่มเติมการจัดทำประมาณการค่าออกแบบโครงการอ่างเก็บน้ำ จากภาคผนวก ง

ต่อไป ทั้งนี้เนื่องจากได้รับค่าตอบแทนบุคลากรเป็นประจำทุกเดือน แต่การทำงานจะไม่คล่องตัวเท่าที่ควร เพราะอาจจะต้องขอรับการสนับสนุนจากโครงการที่เกี่ยวข้องด้วย

หน่วยงานที่ได้รับมอบหมายให้ดำเนินการออกแบบโครงการอ่างเก็บน้ำจะต้องพิจารณาจัดทำแผนงานตามที่กล่าวไว้ในข้อ 6 และประมาณค่าดำเนินการออกแบบตามที่กล่าวไว้ เสนอต่อผู้บังคับบัญชาตามลำดับ เพื่อพิจารณาแจ้งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องดำเนินการต่อไป ทั้งนี้ตัวอย่างการจัดทำแบบประมาณการค่าดำเนินการออกแบบ ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ง

8. ข้อมูลประกอบการออกแบบ

การดำเนินงานจัดทำกิจกรรมในเรื่องใดก็ตามถือได้ว่า ข้อมูลเป็นส่วนประกอบที่สำคัญอย่างยิ่ง ซึ่งกิจกรรมในด้านการคำนวณออกแบบเขื่อนเก็บกักน้ำและอาคารประกอบก็เช่นเดียวกัน ทั้งนี้เนื่องจากหากวิศวกรผู้ออกแบบได้ทราบข้อมูลที่ถูกต้องและเป็นจริงในด้านต่างๆเกี่ยวกับโครงการอ่างเก็บน้ำที่กำลังจะดำเนินการ จะทำให้สามารถคำนวณออกแบบอาคารต่างๆที่จำเป็นได้อย่างถูกต้องเหมาะสม มีความประหยัด มีความมั่นคงแข็งแรง ทนทาน และใช้งานได้เป็นระยะเวลานาน รวมทั้งจะทำให้เกิดผลกระทบกับสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดอีกด้วย

การจัดการข้อมูลที่ดีและมีประสิทธิภาพ จะทำให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องมีความน่าเชื่อถือ ซึ่งจะทำให้ผู้นำข้อมูลนั้นๆไปใช้งาน มีความมั่นใจในการคำนวณออกแบบมากยิ่งขึ้น การจัดการข้อมูลตามที่กล่าวถึงน่าจะประกอบไปด้วย การหาและรวบรวมข้อมูลที่มีอยู่เดิม การวิเคราะห์ข้อมูลการจัดหาและวิเคราะห์ข้อมูลเพิ่มเติม และการสรุปข้อมูลเพื่อนำไปใช้งาน

ข้อมูลที่สำคัญและจำเป็นที่ต้องนำมาใช้ในการพิจารณาประกอบการออกแบบเขื่อนและอาคารประกอบ มีหลายประเภท เช่น ข้อมูลการวางโครงการ ข้อมูลด้านพื้นที่ป่าไม้และสิ่งแวดล้อม ข้อมูลสำรวจสภาพภูมิประเทศ ข้อมูลลักษณะทางอุทกวิทยา ข้อมูลด้านสำรวจธรณีฟิสิกส์ ข้อมูลสำรวจธรณีวิทยาฐานรากและธรณีวิทยาบริเวณอ่างเก็บน้ำ ข้อมูลสำรวจแหล่งบ่อยืมดิน ข้อมูลสำรวจแหล่งวัสดุก่อสร้าง ข้อมูลการวิเคราะห์และทดสอบคุณสมบัติดินด้านวิศวกรรมและด้านวิทยาศาสตร์ ข้อมูลการวิเคราะห์และทดสอบคุณสมบัติแหล่งวัสดุก่อสร้าง และข้อมูลเส้นทางเข้าโครงการ ตลอดจนสภาพพื้นที่อ่างและหัวงานโครงการ เป็นต้น ตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 8 – 1 ข้อมูลต่างๆตามที่กล่าวข้างต้น วิศวกรผู้ออกแบบ สามารถจัดหาและขอได้จากหน่วยงานต่างๆในกรมชลประทานที่เป็นผู้จัดทำและสำรวจข้อมูลโดยตรง ซึ่งผู้จัดทำข้อมูลอาจจะเป็นวิศวกรโยธา วิศวกรสำรวจ วิศวกรสิ่งแวดล้อม นักอุทกวิทยา นักวิทยาศาสตร์ และนักธรณีวิทยา เป็นต้น ทั้งนี้ขึ้นกับลักษณะและชนิดของข้อมูลประเภทนั้นๆ ดังนั้นวิศวกรผู้ออกแบบ ควรจะต้องมีความรู้และความเข้าใจขั้นพื้นฐานอย่างเพียงพอที่จะขอคำหารือ คำปรึกษา หรือคำชี้แนะเพิ่มเติมในประเด็นต่างๆที่ต้องการเพื่อให้เกิดความชัดเจนและเข้าใจถูกต้องตรงกัน จนสามารถนำข้อมูลไปใช้งานได้เป็นอย่างดีตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ต่อไป ในที่นี้จะขอกล่าวรายละเอียดข้อมูลแต่ละประเภทไว้โดยสังเขปดังนี้

ตารางที่ 8 - 1 แสดงรายละเอียดชนิดข้อมูลและการนำไปใช้งานในขั้นการออกแบบรายละเอียด โดยสังเขป

ลำดับ	ชนิดข้อมูล	ลักษณะข้อมูลโดยทั่วไป	การนำไปใช้งานขั้นออกแบบรายละเอียด	หน่วยงานที่จัดทำ
1	รายงานการศึกษาโครงการเบื้องต้น (RR.)	(1) เป็นข้อมูลในเบื้องต้น ที่แสดงความเป็นมาและที่ตั้งโครงการ ขนาดอ่างเก็บน้ำ ลักษณะเขื่อนและอาคารประกอบ รวมทั้งขอบเขตพื้นที่ชลประทานและระบบชลประทาน(มาตราส่วน 1:50,000) (2) ไม่เหมาะสมที่จะนำไปประกอบการพิจารณาออกแบบโครงการอ่างเก็บน้ำขนาดกลาง	(1) เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการกำหนดที่ตั้งตัวเขื่อน ขนาดตัวเขื่อนและอาคารประกอบ (2) ใช้ประกอบในการพิจารณาขอข้อมูลที่จำเป็นต่อไป	สำนักบริหารโครงการ และสำนักชลประทาน
2	รายงานวางโครงการ (PR.)	(1) เป็นข้อมูลโดยเฉพาะของโครงการ เช่น ที่ตั้ง ลักษณะโครงการ ขนาดอ่างเก็บน้ำ รูปแบบเขื่อน และอาคารประกอบ ขอบเขต พื้นที่ระบบชลประทานและเศรษฐศาสตร์ (2) มีข้อมูลด้านอุทกวิทยาและธรณีวิทยาฐานรากเบื้องต้น ที่สามารถนำไปใช้ประกอบการพิจารณาออกแบบในเบื้องต้นได้พอสมควร	(1) เป็นข้อมูลที่สามารถนำไปใช้คำนวณออกแบบรายละเอียดได้พอสมควร (2) ทำให้ทราบว่า มีข้อมูลอะไรแล้วบ้าง และยังขาดข้อมูลด้านใด ซึ่งจะทำให้สามารถนำไปกำหนดรายละเอียดการขอข้อมูลเพิ่มเติมได้	สำนักบริหารโครงการ
3	รายงานความเหมาะสมของโครงการ (FS.) และรายงานการศึกษาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม (EIA หรือ IEE)	(1) เป็นข้อมูลที่มีความละเอียด ครอบคลุมด้านต่างๆ ที่มีการศึกษาไว้อย่างกว้างขวาง ทั้งด้านเศรษฐกิจสังคม ด้านวิศวกรรมและสิ่งแวดล้อม (2) กำหนดวัตถุประสงค์ของโครงการไว้อย่างชัดเจน (3) ศึกษารายละเอียดผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามหลักเกณฑ์ที่ สผ. กำหนด (4) มีรายละเอียดค่าก่อสร้างโครงการเพื่อเปรียบเทียบ Benefit Cost Ratio ที่เพิ่มขึ้น	(1) นำไปใช้ประกอบการพิจารณาในขั้นการคำนวณออกแบบรายละเอียดได้เป็นอย่างดี เนื่องจากมีข้อมูลต่างๆ ครอบคลุมเกือบทั้งหมด อย่างไรก็ตามหากพิจารณาแล้วว่า จำเป็นต้องขอข้อมูลเพิ่มเติมอีกก็สามารถกระทำได้ในขั้นออกแบบรายละเอียด	สำนักบริหารโครงการ

ตารางที่ 8 – 1 (ต่อ) แสดงรายละเอียดชนิดข้อมูลและการนำไปใช้งานในขั้นการออกแบบรายละเอียด โดยสังเขป

ลำดับ	ชนิดข้อมูล	ลักษณะข้อมูลโดยทั่วไป	การนำไปใช้งานขั้นออกแบบรายละเอียด	หน่วยงานที่จัดทำ
4	รายงานการศึกษาด้านอุทกวิทยา	(1) เป็นการศึกษาลักษณะทางอุทกวิทยาของโครงการในรอบปีต่างๆ ซึ่งจะให้ข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างฯ ความจุอ่างฯ ปริมาณน้ำใช้งาน ปริมาณน้ำไหลผ่านอาคารระบายน้ำล้น และปริมาณน้ำท่าในฤดูแล้ง เป็นต้น	(1) นำไปใช้ออกแบบขนาดท่อส่งน้ำ และขนาดของอาคารระบายน้ำล้น ตลอดจนการผันน้ำระหว่างการก่อสร้างในช่วงฤดูแล้ง (2) คำนวณขนาดหินทิ้งด้านหน้าเขื่อน (3) ใช้กำหนดความเหมาะสม ความจุของอ่างฯ ความจุของตะกอน ระดับน้ำต่ำสุด ระดับน้ำเก็บกัก และระดับน้ำสูงสุด (4) ใช้กำหนดขนาดที่เหมาะสมของทางระบายน้ำล้น ท่อส่งน้ำและพื้นที่ชลประทานท้ายอ่างฯ (5) ใช้ควบคุมและบรรเทาภัยแล้งและอุทกภัยตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด	สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ
5	แผนที่สำรวจภูมิประเทศ (บริเวณอ่างฯ หัวงานและบริเวณลำน้ำ)	(1) ให้รายละเอียดเกี่ยวกับสภาพภูมิประเทศบริเวณอ่างเก็บน้ำ อาคารหัวงานและลำน้ำ ซึ่งเป็นแผนที่เส้นชั้นความสูงของพื้นดิน รูปตัดตามยาวเขื่อน รูปตัดตามยาวและรูปตัดขวางลำน้ำเดิม	(1) ใช้สำหรับการวางผัง แสดงแนวศูนย์กลางอาคารรวมทั้งขอบเขตเขื่อนและอาคารประกอบ (2) กำหนดพื้นที่บริเวณน้ำท่วมภายในอ่างฯ (3) กำหนดพื้นที่ชลประทานท้ายอ่างฯ	สำนักสำรวจด้านวิศวกรรมและธรณีวิทยา
6	ผลสำรวจด้านธรณีวิทยาฐานราก (รายงานธรณีฟิสิกส์และรายงานการเจาะสำรวจ)	(1) ให้รายละเอียดเกี่ยวกับสภาพธรณีวิทยาฐานรากของตัวเขื่อนและอาคารประกอบ ความลึกของชั้นดินและชั้นหิน ความแข็งแรงของชั้นดินและชั้นหิน ความซึมของน้ำผ่านชั้นดินและชั้นหิน เป็นต้น	(1) สำหรับการพิจารณาปรับปรุงฐานรากเขื่อนและอาคารประกอบ พิจารณาการทรุดตัวของฐานรากและการรั่วซึมของน้ำผ่านฐานรากเขื่อน	สำนักสำรวจด้านวิศวกรรมและธรณีวิทยา

ตารางที่ 8 – 1 (ต่อ) แสดงรายละเอียดชนิดข้อมูลและการนำไปใช้งานในขั้นการออกแบบรายละเอียด โดยสังเขป

ลำดับ	ชนิดข้อมูล	ลักษณะข้อมูลโดยทั่วไป	การนำไปใช้งานขั้นออกแบบรายละเอียด	หน่วยงานที่จัดทำ
7	ผลสำรวจด้านปฐพีกลศาสตร์ (แหล่งบ่อยืมดิน)	(1) ให้รายละเอียดเกี่ยวกับที่ตั้งบ่อยืมดินและวัสดุก่อสร้าง ปริมาณวัสดุก่อสร้างประเภทต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งดินถมตัวเขื่อน รวมทั้งปริมาณลักษณะและชนิดของดินโดยประมาณ	(1) ใช้กำหนดชนิดและรูปแบบเขื่อนเก็บกักน้ำ รวมทั้งขนาด รูปร่างโดยประมาณ	สำนักสำรวจด้านวิศวกรรมและธรณีวิทยา
8	รายงานผลการทดสอบดินและแหล่งวัสดุก่อสร้างด้านวิศวกรรมและด้านวิทยาศาสตร์	(1) ให้รายละเอียดคุณสมบัติของดินด้านวิศวกรรม เช่น ค่าหน่วยน้ำหนัก ค่ากำลังรับแรงเฉือนของดิน (ϕ,c, γ) ค่าการรั่วซึมน้ำ ค่ากำลังรับน้ำหนัก ค่าการทรุดตัว การบดอัดแน่นดิน เป็นต้น และคุณสมบัติด้านวิทยาศาสตร์ เช่น การกระจายตัวของดิน (Dispersive) เป็นต้น	(1) สำหรับคำนวณความมั่นคงแข็งแรงของตัวเขื่อน คำนวณปริมาณน้ำไหลซึมผ่านตัวเขื่อน คำนวณออกแบบระบบระบายน้ำในตัวเขื่อน เป็นต้น	สำนักวิจัยและพัฒนา
9	การตรวจสภาพภูมิประเทศจริงในสนาม	(1) ให้รายละเอียดเพื่อยืนยันเกี่ยวกับสภาพภูมิประเทศ ขนาดและความหนาแน่นของต้นไม้ การโผล่ของชั้นหิน การไหลของน้ำในลำห้วย การคมนาคมเข้าที่ตั้งโครงการ สภาพธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมบริเวณที่ตั้งเขื่อนและอาคารประกอบ รวมทั้งในอ่างเก็บน้ำและพื้นที่ชลประทาน แหล่งและชนิดของวัสดุก่อสร้าง	(1) พิจารณาการกำหนดแนวสันเขื่อนและอาคารประกอบ (2) กำหนดในเรื่องขอบเขตการขุดลอกหน้าดินและการระเบิดหิน รวมทั้งแนวทางการปรับปรุงฐานราก (3) รับทราบปัญหาและอุปสรรคจากราษฎรผู้ได้รับผลกระทบรวมทั้งผู้ปฏิบัติงานในสนาม (4) รับทราบแหล่งและชนิดของวัสดุก่อสร้าง	สำนักออกแบบวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม (โดยวิศวกรผู้ออกแบบ)

(ตารางนี้ นำมาจากเอกสารทางวิชาการเรื่อง "ปัญหาแนวทางแก้ไขสำหรับการดำเนินงานออกแบบเขื่อนเก็บกักน้ำและอาคารประกอบ" ตามเอกสารอ้างอิงหมายเลข 5)

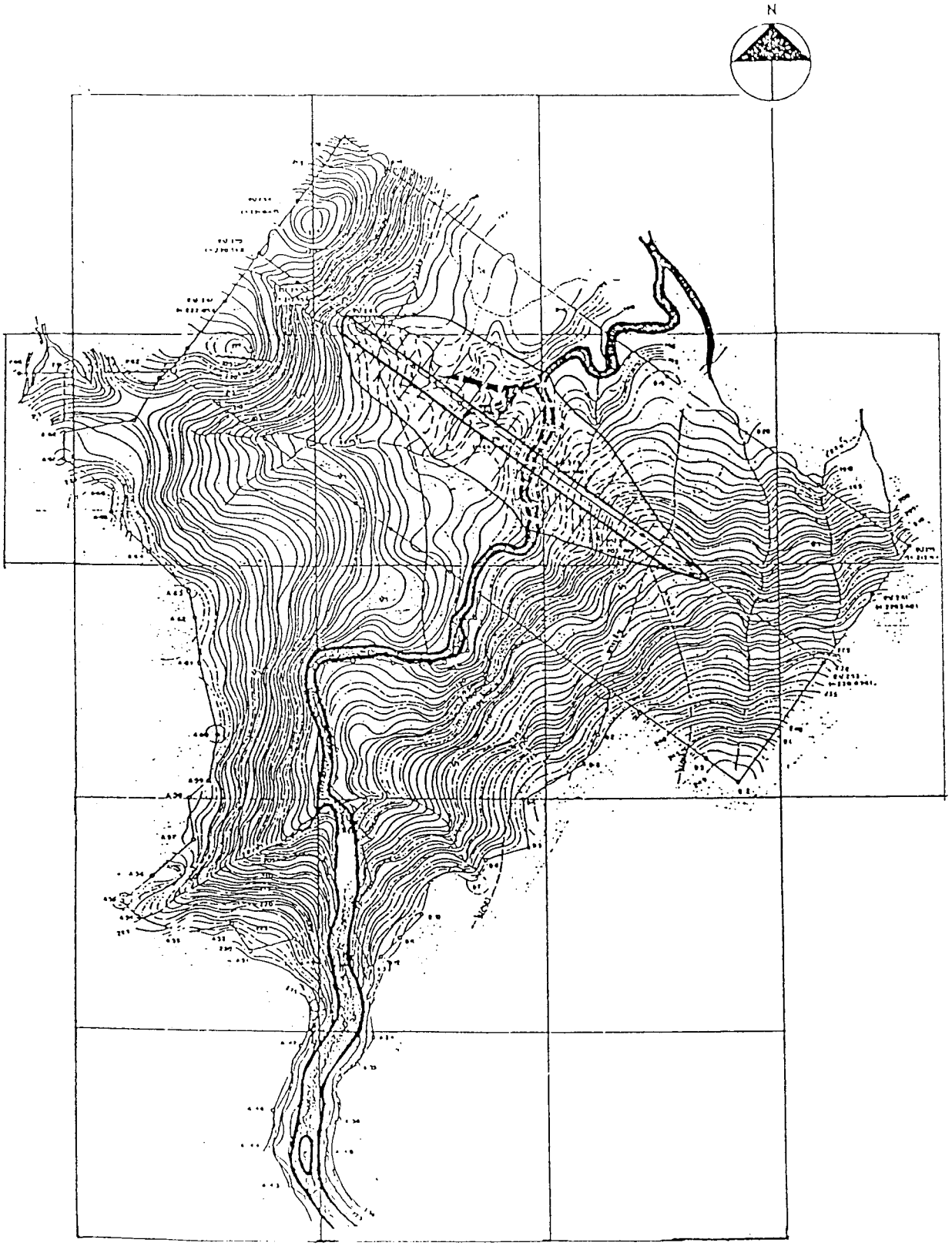
8.1 ข้อมูลแผนที่สำรวจภูมิประเทศบริเวณอ่างเก็บน้ำ โดยมากกำหนดมาตราส่วน 1:4,000 สำหรับอ่างเก็บน้ำที่มีพื้นที่อ่างเก็บน้ำไม่ใหญ่มากนัก และมาตราส่วน 1:10,000 สำหรับอ่างเก็บน้ำที่มีพื้นที่อ่างเก็บน้ำกว้างใหญ่มาก วิศวกรผู้ออกแบบจะต้องพิจารณาความต่อเนื่องของเส้นชั้นความสูงตลอดขอบอ่างเก็บน้ำที่ระดับน้ำสูงสุดให้ครบรอบอ่างเก็บน้ำ หากบริเวณใดขาดหายไปจะต้องจัดหา เพิ่มเติมให้ครบถ้วน บริเวณใดที่มีลักษณะเป็นช่องเขาขาดหรือช่องเขาต่ำให้กำหนดเป็นที่ตั้งของทำนบปิดช่องเขาขาด โดยพิจารณากำหนดสันทำนบปิดช่องเขาขาด ให้มีระดับเดียวกันกับระดับสันเขื่อน ตัวอย่างแผนที่แสดงขอบเขตอ่างเก็บน้ำได้แสดงไว้ในรูปที่ 8 – 1

8.2 ข้อมูลแผนที่สำรวจภูมิประเทศบริเวณหัวงาน ส่วนมากกำหนดมาตราส่วนไว้ที่ 1:1,000 หรือ 1:2,000 โดยขึ้นกับขนาดและความยาวของเขื่อนเก็บกักน้ำ ในแผนที่ส่วนนี้จะแสดงแนวศูนย์กลางสันเขื่อนไว้แล้ว วิศวกรผู้ออกแบบสามารถพิจารณาเปลี่ยนแปลงแนวสันเขื่อนได้บ้างตามความเหมาะสมของสภาพภูมิประเทศ แนวเขื่อนแนวสุดท้ายที่คัดเลือกแล้ว ควรเป็นแนวที่ทำให้โครงสร้างของตัวเขื่อนมีเสถียรภาพและความมั่นคงมากที่สุด รวมทั้งทำให้มีราคาค่าก่อสร้างต่ำและก่อสร้างได้ง่าย นอกจากนั้นยังควรเป็นแนวที่ทำให้มีการบำรุงรักษาได้ง่าย และมีค่าบำรุงรักษาต่ำอีกด้วย ตัวอย่างแผนที่บริเวณหัวงานแสดงการวางแนว สันเขื่อนเผื่อเลือกหลายแนวได้แสดงไว้ในรูป 8 – 2

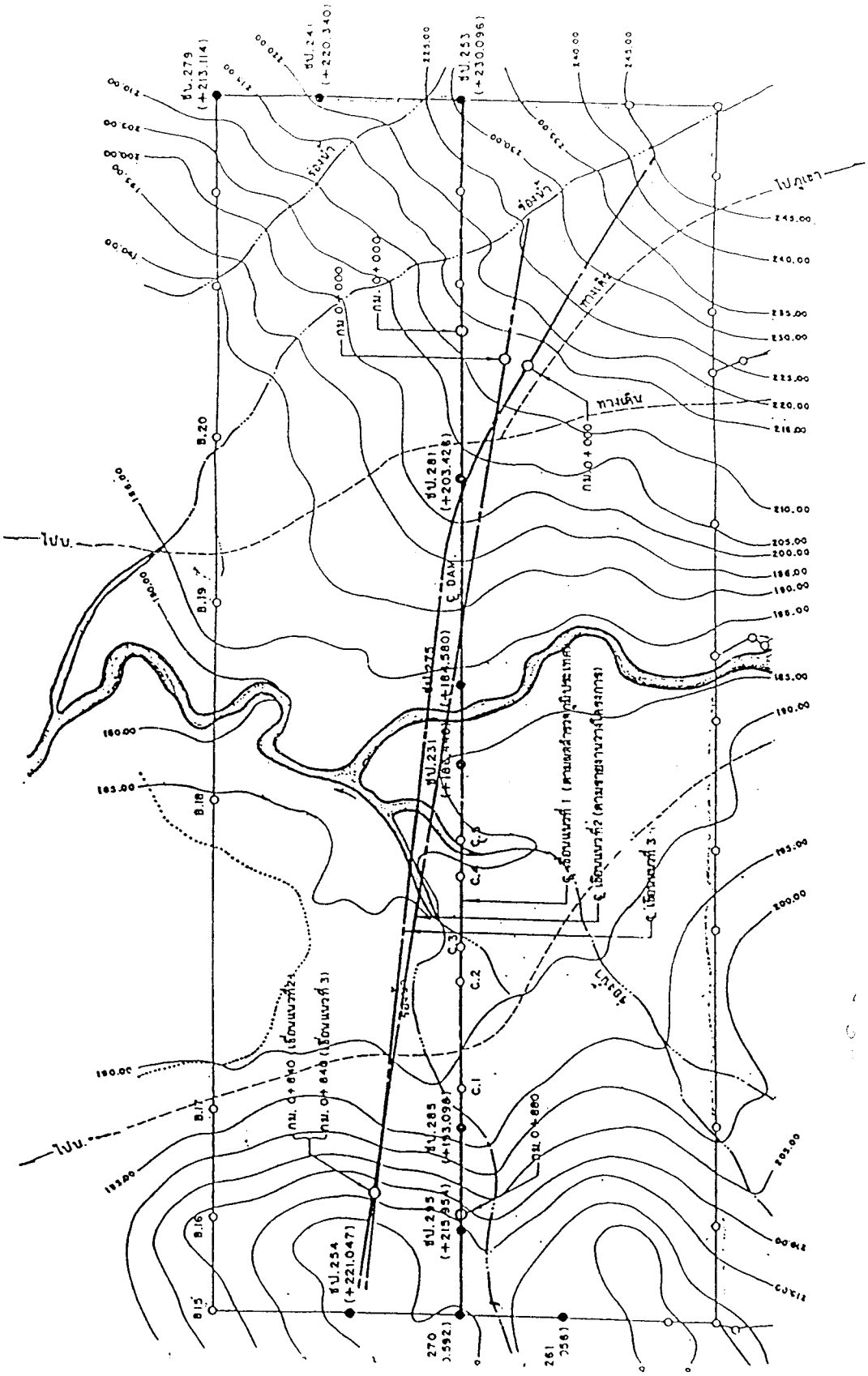
8.3 ข้อมูลสำรวจธรณีวิทยาฐานราก เป็นข้อมูลสำคัญที่จำเป็นต้องใช้ในการพิจารณาออกแบบตัวเขื่อน และการปรับปรุงฐานรากเขื่อน ซึ่งข้อมูลในส่วนนี้จะแสดงรายละเอียดของความลึก ชนิด และคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรม ของชั้นดินและชั้นหิน ที่ประกอบกันเป็นรากตามแนวศูนย์กลางสันเขื่อน และอาคารประกอบ หากข้อมูลในส่วนนี้ไม่มีหรือมีแต่ไม่เพียงพอ วิศวกรผู้ออกแบบเขื่อน จะต้องพิจารณาจัดหาเพิ่มเติมด้วยการกำหนดตำแหน่ง ระยะห่าง และความลึกของหลุมเจาะตามแนวอาคารที่ต้องการ โดยมีแนวทางและข้อเสนอแนะในการพิจารณาดังนี้

(1) ตำแหน่งหลุมเจาะ ตามแนวสันเขื่อน ควรเริ่มจากฐานยันเขื่อน (Abutment) ฝั่งขวาในบริเวณที่พื้นดินมีระดับความสูงกว่าระดับสันเขื่อนประมาณ 5.00 – 10.00 เมตร เป็นหลุมแรก แล้วไล่เรื่อยไปตามแนวศูนย์กลางสันเขื่อนจนถึงฐานยันเขื่อนฝั่งซ้าย โดยหลุมสุดท้ายควรอยู่ในบริเวณที่พื้นดินมีระดับสูงกว่าระดับสันเขื่อนประมาณ 5.00 – 10.00 เมตร เช่นเดียวกัน ควรกำหนดหลุมเจาะไว้ที่บริเวณกึ่งกลางลำน้ำเดิมจำนวน 1 หลุม นอกจากนั้นสำหรับเขื่อนที่มีความสูงมากกว่า 20.00 เมตร ควรกำหนดตำแหน่งหลุมเจาะตามแนวฐานเขื่อนด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำ อย่างน้อยด้านละ 2 หลุม โดยให้มีแนวตรงกับหลุมเจาะตามแนวศูนย์กลางสันเขื่อน ดังแสดงตัวอย่างไว้ในรูปที่ 8 - 3

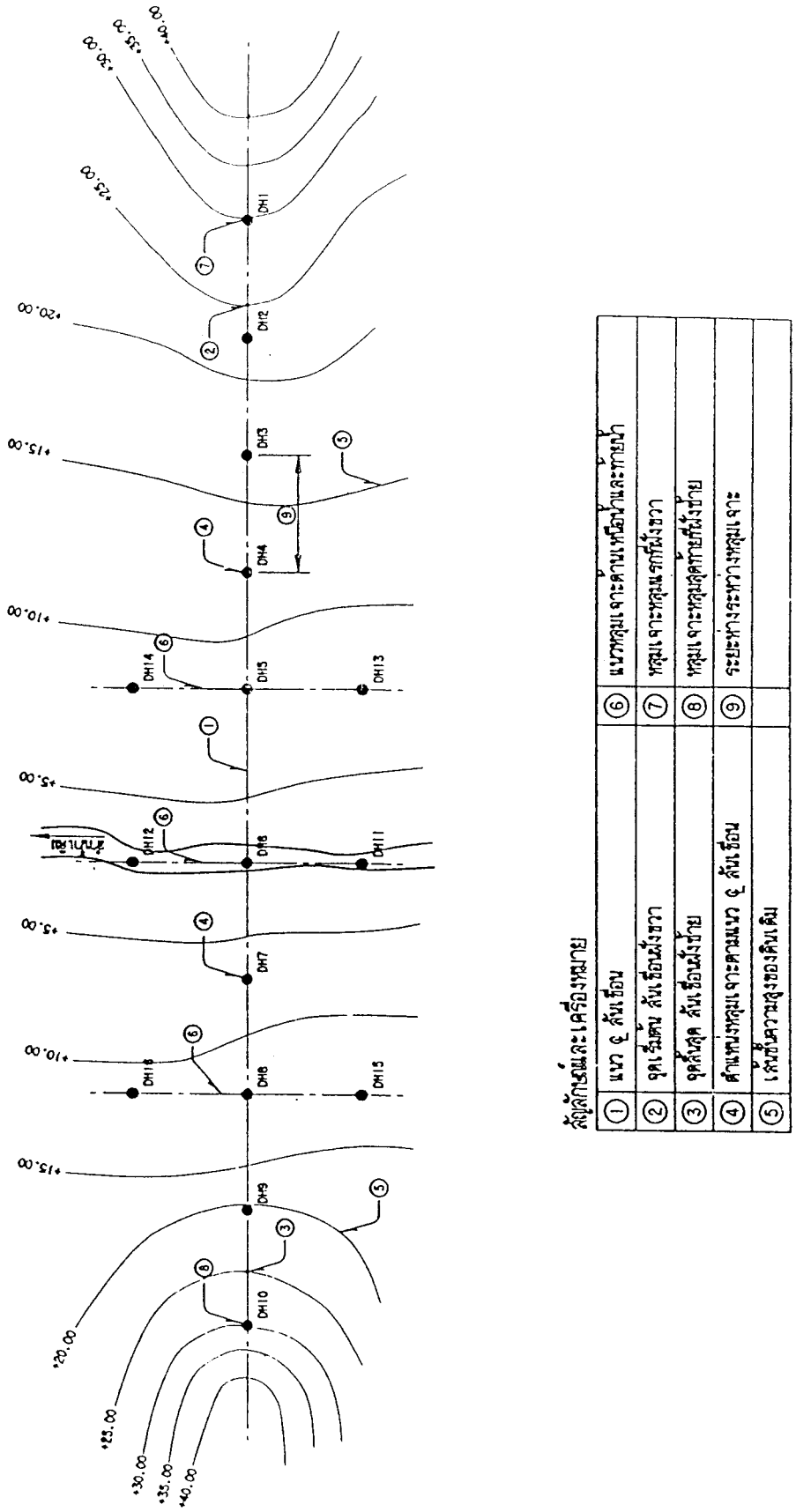
(2) ตำแหน่งหลุมเจาะตามแนวศูนย์กลางอาคารทางระบายน้ำล้น ควรกำหนดหลุมแรกไว้ที่บริเวณที่ตั้งส่วนของอาคารรับน้ำ 1 หลุม ที่จุดตัดกับแนวศูนย์กลางสันเขื่อน 1 หลุม ในบริเวณที่เป็น Chute อย่างน้อย 2 หลุม บริเวณที่ตั้ง Stilling Basin 1 หลุม และบริเวณคลองระบายน้ำจำนวน 2 หลุม เป็นอย่างน้อย



รูปที่ 8 – 1 ตัวอย่างแผนที่แสดงขอบเขตอ่างเก็บน้ำ



รูปที่ 8 – 2 ตัวอย่างแผนที่บริเวณหัวงานแสดงการวางแนวสันเขื่อนเผื่อเลือกหลายแนว



รูปที่ 8 – 3 แปลนแสดงตัวอย่างการกำหนดตำแหน่งหลุมเจาะตามแนวศูนย์กลางสันเขื่อนดิน

(3) ตำแหน่งหลุมเจาะตามแนวศูนย์กลางอาคารท่อส่งน้ำ ควรกำหนดหลุมเจาะไว้ที่บริเวณอาคารรับน้ำ (Intake Structure) 1 หลุม ที่จุดตัดกับแนวศูนย์กลางเขื่อน 1 หลุม บริเวณที่ตั้งอาคารควบคุมปริมาณน้ำ (Control House) 1 หลุม บริเวณที่ตั้ง Stilling Basin 1 หลุม และสำหรับอาคารทางระบายน้ำลงลำน้ำเดิม ควรกำหนดหลุมเจาะตามแนวคลองระบายน้ำไว้อีกอย่างน้อย 1 หลุม

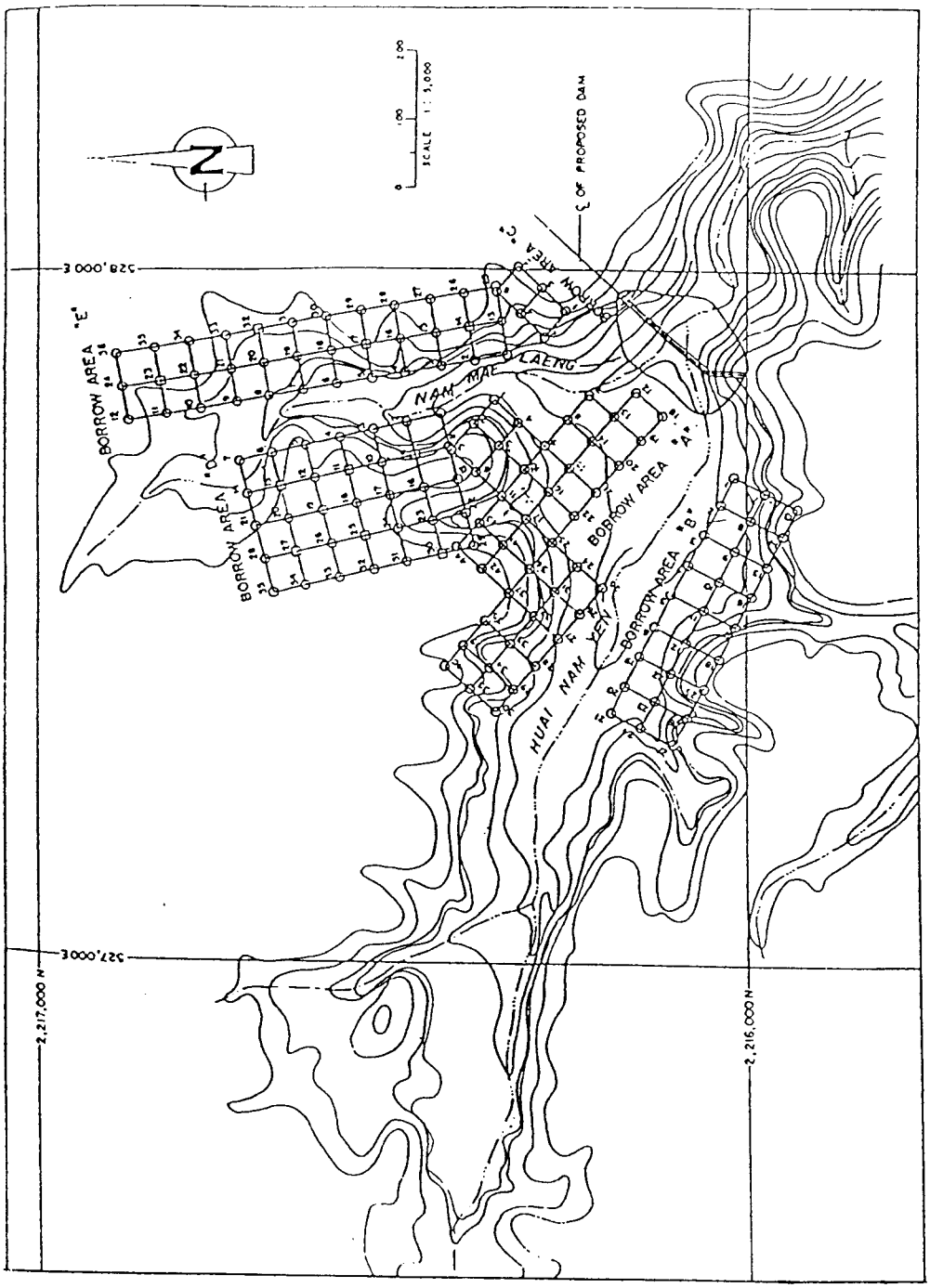
(4) ระยะห่างระหว่างหลุมเจาะ โดยทั่วไปกำหนดระหว่าง 50-100 เมตร ทั้งที่ขึ้นกับชนิดและตำแหน่งของอาคาร สภาพภูมิประเทศ ตลอดจนสภาพธรณีวิทยาฐานรากโดยประมาณ

(5) ความลึกหลุมเจาะ สำหรับตามแนวเขื่อน จะกำหนดตามความลึกน้ำ ณ จุดที่กำหนดตำแหน่งหลุมเจาะ โดยมีค่าความลึกไม่น้อยกว่า 1 เท่าของความลึกน้ำ สำหรับตามแนวอาคารประกอบควรกำหนดความลึกหลุมเจาะให้ต่ำกว่าระดับพื้นอาคารไม่มากกว่า 2.00 เมตร ดังนั้นก่อนที่จะกำหนดความลึกหลุมเจาะตามแนวศูนย์กลางอาคารประกอบได้ วิศวกรผู้ออกแบบจะต้องกำหนดระดับพื้นอาคารนั้นๆ โดยประมาณไว้ก่อน ด้วยการพิจารณาจากสภาพภูมิประเทศ ข้อมูลธรณีวิทยาเบื้องต้น และความต้องการทางชลศาสตร์

(6) การเรียกชื่อหลุมเจาะ ส่วนใหญ่จะกำหนดอักษรย่อเป็น DH แล้วตามด้วยหมายเลขของหลุมเจาะ เช่น DH5 หมายถึงหลุมเจาะหลุมที่ 5 เป็นต้น

แนวทางและข้อเสนอแนะตามที่กล่าวไว้เป็นเพียงคำแนะนำในเบื้องต้นโดยประมาณเท่านั้น วิศวกรผู้ออกแบบสามารถปรับเปลี่ยน เพิ่มเติม ให้เหมาะสมกับสภาพข้อมูลและความต้องการของแต่ละโครงการได้ตามที่เห็นสมควร วิศวกรผู้ออกแบบสามารถจัดหาความต้องการหลุมเจาะเพิ่มเติมด้วยการกำหนดตำแหน่งหลุมเจาะต่างๆ ลงในแผนที่มาตราส่วน 1:4,000 เป็นอย่างน้อย พร้อมทั้งความลึกของหลุมเจาะแต่ละหลุม และลักษณะอ่างเก็บน้ำโดยสรุป แล้วจัดส่งไปให้สำนักสำรวจด้านวิศวกรรมและธรณีวิทยา หรือ หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ดำเนินการต่อไป

8.4 ข้อมูลแหล่งบ่อยืมดินและวัสดุก่อสร้าง ข้อมูลในส่วนนี้จะแสดงรายละเอียดของปริมาณและชนิดของดิน ความลึกของหลุมเจาะด้วยสว่านคือ (Hand Auger) รวมทั้งตำแหน่งที่ตั้งของบ่อยืมดิน (Borrow Area) ที่จะนำไปใช้ในการก่อสร้างตัวเขื่อน หากไม่มีข้อมูลดังกล่าว หรือมีแต่ไม่เพียงพอ วิศวกรผู้ออกแบบจะต้องจัดหา ด้วยการจัดส่งข้อมูลความต้องการปริมาณดินก่อสร้างตัวเขื่อนทั้งหมด แผนที่อ่างเก็บน้ำ และระดับน้ำสูงสุด รวมทั้งขอให้สำรวจดินด้วยการขุดบ่อทดสอบ (Test Pit) ในบริเวณแนวศูนย์กลางเขื่อนไว้ด้วยอย่างน้อย 3 หลุม เพื่อนำดินไปทดสอบหาคุณสมบัติด้านวิศวกรรมไปยังหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ดำเนินการต่อไป ลักษณะโดยทั่วไปของการแสดงที่ตั้งบ่อยืมดิน ได้แสดงตัวอย่างไว้ในรูปที่ 8 – 4



รูปที่ 8 – 4 ตัวอย่างลักษณะโดยทั่วไปของการแสดงที่ตั้งบ่อยืมดิน

8.5 ข้อมูลผลการวิเคราะห์และทดสอบวัสดุก่อสร้าง ข้อมูลในส่วนนี้จะแสดงคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรม ทางกายภาพและทางเคมีของวัสดุประเภทดินถมตัวเขื่อนและวัสดุก่อสร้างชนิดอื่น เช่น หิน กรวด และทราย เป็นต้น ซึ่งวิศวกรผู้ออกแบบสามารถรวบรวมและพิจารณานำค่าคุณสมบัติที่ได้รับเช่นค่าหน่วยน้ำหนัก ค่าความซึมน้ำ ค่าความแข็งแรง ซึ่งได้แก่ ค่า γ , ϕ , C และค่า k ไปใช้คำนวณด้านความมั่นคงของตัวเขื่อนต่อไป ในบางโครงการวิศวกรผู้ออกแบบอาจจะต้องเลือกตัวอย่างดินที่ได้มีการพิจารณาในเบื้องต้นแล้วจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ที่มีปริมาณมากให้เหลือจำนวนน้อยลง โดยพิจารณาเท่าที่จำเป็นเพื่อนำไปทำการวิเคราะห์และทดสอบคุณสมบัติด้านวิศวกรรมเพิ่มเติม จึงจำเป็นต้องประสานกับผู้สำรวจอย่างใกล้ชิด เพื่อให้ได้รับข้อมูลที่สามารถเป็นตัวแทนของจำนวนทั้งหมดได้อย่างแท้จริง

การจัดการและการพิจารณาข้อมูลต่างๆ ตามที่กล่าวมาข้างต้นนั้น มีความสำคัญอย่างยิ่ง ทั้งนี้เนื่องจากจะทำให้วิศวกรผู้ออกแบบ สามารถคำนวณออกแบบและกำหนดรูปแบบ รวมทั้งชนิดของตัวเขื่อนให้มีความเหมาะสม แข็งแรง ทนทาน มีอายุการใช้งานนานและประหยัดได้ในที่สุด

9. องค์ประกอบโครงการอ่างเก็บน้ำ

อ่างเก็บน้ำถือได้ว่า เป็นองค์ประกอบหนึ่งของโครงการชลประทานที่อยู่ในส่วนของอาคารหัวงาน และเป็นส่วนที่จะจัดเตรียมแหล่งน้ำต้นทุนให้กับพื้นที่ชลประทานต่อไป ซึ่งสามารถเรียกรวมกันได้ว่าเป็นโครงการชลประทานประเภทอ่างเก็บน้ำ

อ่างเก็บน้ำโดยทั่วไปมีที่ตั้งอยู่บริเวณต้นน้ำที่อยู่ลึกเข้าไปในป่าเขา ที่มีน้ำไหลผ่านตลอดหรือมีน้ำไหลเป็นบางฤดูกาลก็ได้ การก่อสร้างอ่างเก็บน้ำมีวัตถุประสงค์หลักคือ ต้องการเก็บกักน้ำที่ไหลในลำน้ำหรือลำห้วยในช่วงที่มีฝนตกหรือช่วงฤดูฝนไว้ใช้ประโยชน์ในช่วงที่ฝนทิ้งช่วงหรือช่วงฤดูแล้งโดยการก่อสร้างอาคารขวางหรือปิดกั้นลำน้ำ ไม่ให้น้ำไหลไปด้านท้ายน้ำได้โดยอิสระเช่นเดิม การกระทำดังกล่าวจะมีผลทำให้น้ำที่ไหลเข้ามาที่ลำน้ำนั้นไม่สามารถไหลออกไปได้ ซึ่งจะทำให้มีปริมาณน้ำเพิ่มมากขึ้นและมีระดับน้ำสูงขึ้น ปริมาณน้ำดังกล่าวจะถูกกักเก็บไว้ตามจำนวนที่ต้องการจนทำให้สภาพดังกล่าวเรียกว่าเป็นอ่างเก็บน้ำ เมื่อมีน้ำจำนวนมากก็สามารถคิดนำไปใช้ประโยชน์ด้านต่างๆได้ต่อไป

ดังนั้น อ่างเก็บน้ำจะประกอบไปด้วยอาคารปิดกั้นลำน้ำซึ่งเรียกว่า เขื่อนเก็บกักน้ำ และอาคารประกอบอื่นๆ ตามที่จะได้อธิบายโดยสังเขปดังนี้

(1) เขื่อนเก็บกักน้ำ เป็นอาคารที่สร้างปิดกั้นลำน้ำหรือลำห้วยที่มีน้ำไหลผ่านเพื่อกั้นน้ำไว้ให้ได้ปริมาณตามที่ต้องการ เพื่อนำน้ำที่เก็บกักไว้ไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ซึ่งโดยส่วนใหญ่เขื่อนเก็บกักน้ำของกรมชลประทาน จะนำน้ำไปใช้เพื่อการเพาะปลูกเป็นหลัก อย่างไรก็ตามยังสามารถใช้น้ำในกิจการอื่นๆได้อีกด้วย

(2) อาคารทางระบายน้ำล้น เป็นอาคารที่สร้างขึ้นบริเวณใกล้กับหรือที่ตัวเขื่อนเก็บกักน้ำ เพื่อให้สามารถระบายน้ำส่วนเกินนอกเหนือจากที่ต้องการเก็บกักไว้ ให้ไหลล้นออกไปทางด้านท้ายน้ำเข้าสู่ลำน้ำเดิม โดยไม่ทำให้เกิดอันตรายหรือความเสียหายกับตัวเขื่อน ซึ่งจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า หากไม่มีอาคารชนิดนี้จะทำให้ไม่สามารถควบคุมปริมาณน้ำ และระดับน้ำได้ตามที่กำหนดไว้ ทั้งนี้เนื่องจากระดับน้ำและปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำจะเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่องไปเรื่อยๆ หากยังมีปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ตลอดเวลา และมากกว่าปริมาณน้ำที่ปล่อยออกจากอ่างเก็บน้ำ จะทำให้น้ำล้นขอบอ่างเก็บน้ำ หรือล้นข้ามสันเขื่อนและเกิดการกัดเซาะที่ตัวเขื่อน ซึ่งอาจจะเป็นอันตรายต่อความมั่นคงแข็งแรง จนถึงขั้นทำให้เกิดการวิบัติได้ในที่สุด หากปล่อยให้เหตุการณ์เช่นนั้นเกิดขึ้นจะทำให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินของราษฎรที่อยู่ด้านท้ายน้ำ โดยอาจจะทำให้ไม่สามารถพัฒนาแหล่งน้ำในรูปแบบนี้ได้อีกต่อไป ดังนั้นจึงเห็นว่า มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องกำหนดให้มีอาคารทางระบายน้ำล้นเป็นอาคารประกอบของตัวเขื่อนหรืออ่างเก็บน้ำ

(3) อาคารท่อส่งน้ำ เป็นอาคารประกอบตัวเขื่อนอีกชนิดหนึ่งที่จำเป็นต้องมี โดยอาคารชนิดนี้จะทำหน้าที่นำน้ำที่เก็บกักไว้ในอ่างเก็บน้ำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ เช่น ด้านการเพาะปลูกท้ายน้ำ โดยการจัดส่งน้ำเข้าคลองชลประทานที่ได้จัดเตรียมไว้ สำหรับด้านการอุปโภคบริโภค และการรักษาสภาพลำน้ำเดิม ก็จะระบายน้ำให้ไหลลงสู่ลำน้ำเดิม เป็นต้น

(4) ถนนบำรุงรักษาท้ายเขื่อน เป็นอาคารประกอบเขื่อนอีกชนิดหนึ่ง ที่กำหนดไว้เพื่อใช้เป็นเส้นทางเข้าไปตรวจสอบสภาพเขื่อน เก็บข้อมูล บำรุงรักษาและใช้งานอาคารประกอบเขื่อนต่างๆ ตามที่ต้องการ เพื่อดูแลอาคารเหล่านั้นให้อยู่ในสภาพดี พร้อมที่จะใช้งานได้ตลอดเวลา

(5) ถนนเข้าหัวงาน เป็นเส้นทางที่ใช้สัญจรเข้าสู่โครงการที่ตัวเขื่อนหรือบริเวณที่ตั้งอาคารที่ทำการต่างๆ ที่อยู่ใกล้ตัวเขื่อนรวมทั้งใช้เป็นเส้นทางติดต่อกับหน่วยงานภายนอกด้วยเช่นกัน

(6) ถนนทดแทนถนนเดิมที่ถูกน้ำท่วม เป็นเส้นทางที่กำหนดให้ราษฎรใช้สัญจรไปมาระหว่างหมู่บ้านเช่นเดิม เหมือนในช่วงที่ยังไม่มีอ่างเก็บน้ำ ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นถนนทดแทนถนนเดิมที่ถูกน้ำในอ่างเก็บน้ำท่วม และไม่สามารถใช้เป็นเส้นทางสัญจรได้อีกต่อไป

(7) ถนนขึ้นสันเขื่อน เป็นถนนที่ใช้เพื่อขึ้นไปตรวจสภาพเขื่อน ตลอดจนการบำรุงรักษาเขื่อนและอาคารประกอบ

(8) ทำนบดินปิดช่องเขาขาด (หรือช่องเขาต่ำ) เป็นทำนบดินปิดช่องเขาบริเวณที่มีระดับพื้นดินต่ำกว่าระดับน้ำสูงสุดเพื่อไม่ให้น้ำในอ่างเก็บน้ำไหลออกจากอ่างเก็บน้ำ

(9) อ่างเก็บน้ำ เป็นสภาพภูมิประเทศตามธรรมชาติที่เมื่อมีเขื่อนเก็บกักน้ำกั้นขวางทางน้ำเดิม จะทำให้น้ำเอ่อท่วมและถูกกักขังไว้จนได้ระดับและปริมาณตามที่ต้องการ โดยอ่างเก็บน้ำจะมีสภาพขอบอ่างเก็บน้ำ โดยรอบที่มีระดับพื้นดินสูงกว่าระดับน้ำสูงสุดในอ่างเก็บน้ำ เพื่อกักขังน้ำไว้ไม่ให้ไหลล้นออกไปภายนอกอ่างเก็บน้ำได้

10. การจัดทำแนวคิดการออกแบบ (Conceptual Design)

รายงานแนวความคิดการออกแบบ (Conceptual Design Report) เป็นเอกสารที่วิศวกรผู้ออกแบบควรจัดทำขึ้น เพื่อแสดงให้เห็นถึงขั้นตอน หรือ ขบวนการวิธีการพิจารณาและแนวคิดในการกำหนดองค์ประกอบของโครงการ รูปแบบและส่วนประกอบของอาคารต่างๆ โดยพิจารณาจากข้อมูลสำคัญด้านต่างๆที่จำเป็น เพื่อให้ผู้ที่เกี่ยวข้องได้พิจารณารายละเอียดในเบื้องต้น และให้ความเห็นชอบก่อนที่วิศวกรผู้ออกแบบจะดำเนินการคำนวณออกแบบและจัดทำแบบแปลนในขั้นรายละเอียดต่อไป

ดังนั้นในการจัดทำรายงานแนวความคิดการออกแบบเขื่อนและอาคารประกอบ จึงควรแสดงให้เห็นเกี่ยวกับแนวคิด และวิธีการพิจารณาของวิศวกรผู้ออกแบบว่า ได้กำหนดแนวศูนย์กลางเขื่อน และอาคารประกอบทุกประเภท ตลอดจนรูปแบบและส่วนประกอบของเขื่อนเก็บกักน้ำ อาคารทางระบายน้ำล้น อาคารท่อส่งน้ำ และอาคารอื่นๆ โดยมีวิธีการพิจารณาข้อมูลอย่างไรจึงได้กำหนดให้อาคารแต่ละประเภทมีลักษณะหรืออยู่ในตำแหน่งที่ตั้งตามที่ได้เสนอไว้ในแบบเบื้องต้น

ในขั้นตอนการจัดทำแนวความคิดการออกแบบนี้ สามารถแบ่งออกเป็นสองส่วนหลักๆ ได้แก่ การจัดทำรายงาน ซึ่งประกอบไปด้วย ความเป็นมาของโครงการ วัตถุประสงค์ของการจัดทำรายงาน ข้อมูลประกอบการพิจารณา ขั้นตอนการดำเนินงาน รายละเอียดและวิธีการพิจารณา และการคำนวณออกแบบในเบื้องต้น รวมทั้งรูปประกอบตามสมควร ทั้งนี้เพื่อผู้ตรวจพิจารณาและผู้สนใจสามารถทำความเข้าใจได้ อีกส่วนหนึ่งเป็นร่างแบบแปลนแสดงการวางตำแหน่ง และลักษณะอาคารหัวงานเขื่อนและอาคารประกอบต่างๆในเบื้องต้น ซึ่งทั้งสองส่วนที่กล่าวถึงจะขอแสดงรายละเอียดโดยสังเขปไว้ดังนี้

10.1 วัตถุประสงค์การจัดทำรายงานแนวความคิดการออกแบบเขื่อนและอาคารประกอบมีวัตถุประสงค์หลักๆ ดังต่อไปนี้

(1) เพื่อแสดงรายละเอียด วิธีการ และขั้นตอนการพิจารณากำหนดที่ตั้งแนวศูนย์กลางเขื่อน และแนวศูนย์กลางอาคารประกอบ

(2) เพื่อแสดงรายละเอียดแนวคิดและการพิจารณากำหนดรูปแบบ และองค์ประกอบของเขื่อนและอาคารประกอบ

(3) เพื่อแสดงรายละเอียดและวิธีการคัดเลือกแนวและรูปแบบอาคารหัวงานเขื่อนที่เหมาะสม

(4) เพื่อเป็นข้อมูลนำเสนอและแสดงให้ผู้เกี่ยวข้องพิจารณาประกอบการตัดสินใจก่อนการดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

(5) เพื่อเป็นเอกสารวิชาการของผู้จัดทำ

10.2 ข้อมูลประกอบการพิจารณาเอกสารข้อมูลด้านต่างๆที่จำเป็นต้องใช้ในการพิจารณาจัดทำแนวคิดการออกแบบอาคารหัวงานเขื่อนเก็บกักน้ำ ควรประกอบด้วย

(1) รายงานการศึกษาวางโครงการ หรือ รายงานการศึกษาความเหมาะสมของโครงการ

(2) รายงานการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมของโครงการ (ถ้ามี)

(3) รายงานการศึกษาด้านอุทกวิทยา

(4) ผลการสำรวจภูมิประเทศ ได้แก่ แผนที่แสดงบริเวณขอบเขตอ่างเก็บน้ำ (มาตราส่วน 1:10,000 หรือ 1:4,000) แผนที่แสดงบริเวณหัวงาน (มาตราส่วน 1:2,000 หรือ 1:1,000 หรือ 1:500) แผนที่แสดงรูปตัดตามยาวเขื่อน แผนที่แสดงรูปตัดตามยาวลำน้ำเดิม แผนที่แสดงรูปตัดขวางลำน้ำเดิมบริเวณที่ตั้งเขื่อน เป็นต้น

(5) เดินทางไปตรวจสภาพภูมิประเทศในสนาม

(6) รายงานผลการสำรวจปถพีกลศาสตร์ และธรณีวิทยาฐานราก (ถ้ามี)

ข้อมูลในข้อ (1) ถึงข้อ (5) เป็นข้อมูลสำคัญ และจำเป็นที่จะต้องใช้ประกอบในขั้นนี้ เพราะจะให้รายละเอียดต่างๆ ที่จะสามารถทำให้พิจารณาวางแนวและกำหนดรูปแบบ ตลอดจนองค์ประกอบอาคารหัวงานเขื่อนเก็บกักน้ำได้ครบถ้วน สำหรับข้อมูลในข้อ (5) หากมีก็จะเป็นการดี เพราะจะเป็นส่วนเสริมทำให้เกิดความมั่นใจและความชัดเจนขึ้นอีกมาก แต่ถ้าหากไม่มี ก็ไม่จำเป็นอย่างไร ซึ่งจะต้องจัดหาเพิ่มเติม เพื่อนำมาใช้ในขั้นออกแบบรายละเอียดต่อไป

10.3 ขั้นตอนการจัดทำรายงานเพื่อให้การจัดทำรายงานเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ และมีความเรียบร้อยชัดเจน มองเห็นภาพรวมได้อย่างละเอียด จึงขอนำเสนอลำดับขั้นตอนในการจัดทำรายงานไว้ดังนี้

(1) กำหนดแผนการและรายละเอียดการดำเนินงาน

(2) รวบรวมข้อมูลที่จำเป็นตามที่กล่าวไว้ในข้อ 10.2

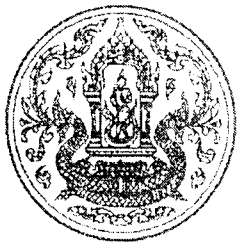
(3) กำหนดและคัดเลือกแนวศูนย์กลางเขื่อน และอาคารประกอบ โดยพิจารณาจากข้อมูลที่รวบรวมได้ในข้อ (2) พร้อมเขียนรายงานรายละเอียดการพิจารณา

(4) กำหนดและคัดเลือกรูปแบบ และองค์ประกอบอาคารที่เกี่ยวข้องให้ครบถ้วน พร้อมเขียนรายงานรายละเอียดการพิจารณา

(5) จัดทำรายการคำนวณประกอบในเบื้องต้น

(6) จัดทำร่างแบบแปลนเบื้องต้น แสดงตำแหน่งที่ตั้ง รูปแบบและองค์ประกอบอาคาร ตลอดจนลักษณะแสดงการขุดดินและการถมดินของทุกอาคารให้ครบถ้วน

(7) จัดทำรายงานแนวคิดการออกแบบเขื่อนเก็บกักน้ำ และอาคารประกอบ ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 10 – 1



กรมชลประทาน

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

รายงานแนวความคิดการออกแบบ

(Conceptual Design Report)

โครงการอ่างเก็บน้ำ (ชื่อโครงการ)

อ..... จ.....

จัดทำโดย

กลุ่มงานออกแบบเขื่อน (ชื่องาน) กลุ่มออกแบบเขื่อน

สำนักออกแบบวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม

(เดือน ปี)

รูปที่ 10 – 1 แสดงตัวอย่างหน้าปกรายงานแนวความคิดการออกแบบ

(8) นำเสนอรายงานตามข้อ (7) และร่างแบบแปลนเบื้องต้นตามข้อ (6) ให้ผู้ตรวจสอบพิจารณาแบบแปลน หรือผู้บังคับบัญชาพิจารณาความเหมาะสมและความถูกต้อง

(9) หากผลการพิจารณาต้องมีการปรับปรุงแก้ไข ก็ให้วิศวกรออกแบบผู้จัดทำรายงานดำเนินการปรับปรุงแก้ไขให้ถูกต้องต่อไป แต่หากไม่มีการแก้ไข ก็ให้ดำเนินการออกแบบรายละเอียดได้ต่อไป

10.4 วิธีการพิจารณาการจัดทำแนวความคิดการออกแบบเขื่อนเก็บกักน้ำและอาคารประกอบเป็นการจัดเตรียมข้อมูลด้านการออกแบบในเบื้องต้น เพื่อนำไปใช้กับการดำเนินงานในขั้นต่อไป วิธีการพิจารณาข้อมูลด้านต่างๆ เพื่อให้สามารถกำหนดแนวศูนย์กลางเขื่อนและอาคารประกอบรวมทั้งการกำหนดรูปแบบและส่วนประกอบของอาคารในเบื้องต้นนั้น ผู้สนใจสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากเอกสารอ้างอิงหมายเลข 3

11. หลักเกณฑ์ทั่วไปการออกแบบเขื่อนเก็บกักน้ำและอาคารประกอบ

หลักเกณฑ์ทั่วไปในการออกแบบ ที่จะได้กล่าวต่อไป เป็นการอธิบายเฉพาะเรื่องทั่วไปในส่วนของเขื่อนเก็บกักน้ำและอาคารประกอบเท่านั้น

การได้ศึกษาและทำความเข้าใจ ในเรื่องหลักเกณฑ์ทั่วไปในการออกแบบเขื่อนและอาคารประกอบ จะทำให้วิศวกรผู้ออกแบบมีความมั่นใจ ในการคำนวณออกแบบว่าตัวอาคารจะมีความมั่นคงปลอดภัยได้เป็นอย่างดี ตราบเท่าที่เป็นไปตามหรืออยู่ภายในเงื่อนไขต่างๆที่กำหนดไว้ หลักเกณฑ์ทั่วไปที่จะกล่าวถึงนี้ประกอบด้วย หลักเกณฑ์การออกแบบเขื่อนเก็บกักน้ำ หลักเกณฑ์การออกแบบอาคารทางระบายน้ำล้น หลักเกณฑ์การออกแบบอาคารท่อส่งน้ำและอาคารทางระบายน้ำลงลำน้ำเดิม หลักเกณฑ์การออกแบบถนนบำรุงรักษาเขื่อน หลักเกณฑ์การออกแบบถนนทดแทนน้ำท่วม เป็นต้น ซึ่งจะขออธิบายรายละเอียดโดยสังเขป ดังนี้

11.1 หลักเกณฑ์การออกแบบเขื่อนโดยทั่วไป ในการออกแบบเขื่อนจะพิจารณาถึงรูปร่างลักษณะของตัวเขื่อนที่ให้ความปลอดภัยในการใช้งานได้ทุกกรณี กล่าวคือ ให้ความปลอดภัยทั้งในระหว่างการก่อสร้าง หลังจากก่อสร้างแล้วเสร็จและระหว่างการใช้งาน ซึ่งเกณฑ์การออกแบบเขื่อนโดยทั่วไปจะพิจารณาในเงื่อนไขต่างๆ ดังต่อไปนี้

(1) การกำหนดความสูง ตัวเขื่อนจะต้องสูงพอ และปลอดภัยในการเก็บกักน้ำเมื่อมีปริมาณน้ำนองสูงสุดไหลลงอ่างเก็บน้ำ จะต้องไม่ให้น้ำไหลล้นข้ามสันเขื่อน ซึ่งจะต้องพิจารณาข้อมูลความเร็วลม ความสูงของคลื่น การกำหนดขนาดอาคารทางระบายน้ำล้นและขนาดอาคารท่อส่งน้ำเพื่อให้มีความสามารถพอที่จะระบายน้ำในปริมาณที่ต้องการ

(2) ลาดตัวเขื่อนด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำ จะต้องมั่นคงเพียงพอในทุกกรณีคือ ในระหว่างการก่อสร้าง (During Construction) ก่อสร้างแล้วเสร็จ (End of Construction) ระหว่างการเก็กกักน้ำเต็มที่ (Full of Reservoir) และระหว่างช่วงที่จะต้องลดระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ ลงอย่างรวดเร็ว

(Rapid Drawdown) นอกจากนั้นจะต้องออกแบบให้ลาดตัวเขื่อนเหมาะสมกับความสามารถในการรับน้ำหนัก (Bearing Capacity) ของฐานราก เพื่อความมั่นคงและปลอดภัย

(3) ฐานยันเขื่อน (Abutment) ทั้งสองฝั่ง รวมทั้งตัวเขื่อนทั้งหมดจะต้องออกแบบให้วางอยู่บนชั้นฐานรากที่แข็งแรง เพียงพอที่จะรับน้ำหนักของตัวเขื่อนและแรงอื่นๆได้

(4) การออกแบบควบคุมการไหลซึมของน้ำผ่านตัวเขื่อน ฐานราก และฐานยันเขื่อนทั้งสองฝั่งไปสู่ด้านท้ายน้ำ ซึ่งโดยปกติจะยอมให้ปริมาณน้ำไหลผ่านไปได้บ้าง แต่จะต้องซึมผ่านระบบระบายน้ำที่กำหนดไว้ภายในตัวเขื่อนที่สามารถรับปริมาณน้ำดังกล่าวได้ โดยไม่เป็นอันตรายต่อตัวเขื่อน

(5) ลาดเขื่อนด้านเหนือน้ำ จะต้องออกแบบให้สามารถป้องกันการกัดเซาะจากแรงกระทำของคลื่นในอ่างเก็บน้ำ และลาดเขื่อนด้านท้ายน้ำรวมทั้งสันเขื่อนจะต้องสามารถป้องกันการกัดเซาะเนื่องจากน้ำฝนได้

(6) สันเขื่อนต้องมีความกว้างเพียงพอต่อการปฏิบัติงานระหว่างการก่อสร้าง และบำรุงรักษาภายหลังการก่อสร้างแล้วเสร็จ รวมทั้งต้องทำให้มีเสถียรภาพมั่นคงเพียงพอ สอดคล้องกับลาดตัวเขื่อนด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำ

ความปลอดภัยของตัวเขื่อนจะประกอบด้วยการดูแลเอาใจใส่ขณะดำเนินการก่อสร้าง การตรวจสอบข้อมูล หากพบว่ามีการเบี่ยงเบนไปจากที่ใช้ออกแบบ จำเป็นต้องแก้ไขปรับปรุงแบบแปลนให้เหมาะสมกับข้อมูลที่เพิ่มขึ้นหรือเปลี่ยนแปลงในขณะก่อสร้าง

ในการดำเนินการออกแบบตัวเขื่อน ต้องยึดถือหลักประหยัดราคาค่าก่อสร้าง ซึ่งรวมทั้งค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา ภายหลังก่อสร้างแล้วเสร็จ นอกจากนั้นจะต้องมีความมั่นคงแข็งแรงปลอดภัยมีอายุการใช้งานนาน ก่อสร้างง่าย รวมทั้งแหล่งวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างจะต้องใกล้เคียงกับที่ตั้งหัวงานให้มากที่สุด และอาจพิจารณาใช้แหล่งวัสดุที่ขุดจากร่องแกนเขื่อน หรือขุดระเบิดจากบริเวณที่ ก่อสร้างอาคารท่อส่งน้ำและอาคารทางระบายน้ำล้นมาใช้ในการก่อสร้างตัวเขื่อนด้วย

11.2 หลักเกณฑ์การออกแบบอาคารท่อส่งน้ำโดยทั่วไป ในการออกแบบอาคารท่อส่งน้ำและหรือท่อระบายน้ำลงลำน้ำเดิม จะพิจารณารูปร่างลักษณะที่สามารถใช้งานได้ดี ตลอดจนให้ความปลอดภัยในการใช้งานได้ทุกกรณี ตลอดอายุของอาคาร พร้อมทั้งก่อสร้างง่าย ประหยัด และสอดคล้องกับสภาพภูมิประเทศ โดยทั่วไปจะพิจารณาจากเงื่อนไขต่างๆ ดังนี้

(1) พื้นอาคารควรวางอยู่บนชั้นดินเดิมหรือชั้นหินที่มีความแข็งแรงสามารถรับน้ำหนักอาคารได้โดยไม่เกิดการทรุดตัวที่แตกต่างกัน (Differential Settlement)

(2) แนวอาคารวางให้มีระยะสั้นและมีการขุดดินน้อย เพื่อให้เกิดการประหยัด

(3) สามารถส่งน้ำ และหรือระบายน้ำให้ได้ปริมาณตามระดับที่กำหนดไว้

(4) ถ้ามีความจำเป็นอาจจะพิจารณาให้สามารถใช้เป็นอาคารช่วยเสริมการผันน้ำระหว่างการก่อสร้างได้ด้วย

(5) แนวอาคารจะต้องวางให้สอดคล้องกับสภาพภูมิประเทศในบริเวณดังกล่าว

(6) คลองระบายน้ำลงลำน้ำเดิม จะต้องเชื่อมต่อกับลำน้ำเดิมให้สอดคล้องกลมกลืนกัน ไม่กีดขวางการไหลของน้ำ ซึ่งจะทำให้เกิดการกัดเซาะในบริเวณจุดตัดของคลองระบายน้ำ และลำน้ำเดิมได้

(7) ควรพิจารณาสรรหาวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างจากแหล่งที่ใกล้เคียงกับหัวงานให้มากที่สุด

11.3 หลักเกณฑ์การออกแบบอาคารทางระบายน้ำล้นโดยทั่วไป ในการออกแบบอาคารทางระบายน้ำล้น จะพิจารณาถึงรูปร่างลักษณะที่ใช้งานได้ดี ตลอดจนตำแหน่งที่ตั้งของอาคารที่ให้ความปลอดภัยในการใช้งานได้ทุกกรณี ตลอดอายุการใช้งาน ทั้งในระหว่างการก่อสร้างและภายหลังจากก่อสร้างแล้วเสร็จ พร้อมทั้งก่อสร้างง่าย ประหยัด และสอดคล้องกับสภาพภูมิประเทศ โดยทั่วไปจะพิจารณาในเงื่อนไขต่างๆ ดังนี้

(1) สามารถระบายน้ำได้ตามปริมาณและระดับที่กำหนดไว้

(2) กำหนดที่ตั้งอาคาร ให้เกี่ยวข้องกับตัวเขื่อนน้อยที่สุด (ในกรณีที่เป็นเขื่อนดินถมหรือหินถม) เพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบด้านการก่อสร้างที่จะมีต่อไป เว้นแต่มีความจำเป็นที่ต้องวางล้ำเข้าไปในตัวเขื่อนจะต้องพิจารณารายละเอียดต่างๆ เป็นกรณีพิเศษ

(3) แนวที่กำหนดจะพิจารณาให้มีระยะทาง การก่อสร้างตัวอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กสั้นที่สุด เพื่อให้มีราคาค่าก่อสร้างต่ำ

(4) อาคารทั้งหมดโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ส่วนที่เป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก จะกำหนดให้วางอยู่บนชั้นดินเดิมหรือชั้นหินที่มีความแข็งแรง สามารถรับน้ำหนักอาคารได้โดยไม่เกิดการทรุดตัว

(5) จุดที่ตั้งอาคารรับน้ำ จะพิจารณาชนิดของอาคารรับน้ำให้สอดคล้องกับสภาพภูมิประเทศในบริเวณดังกล่าว และส่วนของอาคารรับน้ำ ต้องมีน้ำหนักเพียงพอที่จะต้านทานการลอยตัวของอาคาร เนื่องจากแรงยกของน้ำ หรือต้องมีการยึดรั้งอาคารรับน้ำกับฐานรากไม่ให้เกิดการลอยตัวได้

(6) ความลึกของน้ำที่ไหลในรางเท (Chute) และแอ่งน้ำนิ่ง จะต้องไม่ให้ไหลล้นข้ามสันกำแพงกันดินด้านข้าง

(7) สภาวะการไหลของน้ำในรางเททุกช่วงตั้งแต่จุดควบคุม (Control Section) ลงไปจนถึงแอ่งน้ำนิ่ง กำหนดให้เป็นการไหลชนิด Supercritical Flow

(8) จะต้องพิจารณาป้องกันการกัดเซาะจากการไหลปั่นป่วนของกระแสน้ำที่บริเวณจุดเชื่อมต่อระหว่างแอ่งน้ำนิ่ง และคลองระบายน้ำ

(9) คลองระบายน้ำของอาคารทางระบายน้ำล้น จะต้องเชื่อมต่อกับลำน้ำเดิมให้มีความกลมกลืนกันไม่กีดขวางการไหลของน้ำ ซึ่งจะทำให้เกิดการกัดเซาะในบริเวณจุดตัดของคลองระบายน้ำและลำน้ำเดิมได้

(10) จะต้องพิจารณาให้ลาดดินขุดและดินถม ตลอดแนวอาคารทางระบายน้ำล้น มีความมั่นคงต่อการเลื่อนตัว และการวิบัติของลาดดินขุดและดินถม ตลอดอายุการใช้งาน โดยมีอัตราส่วนความปลอดภัยอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด

(11) จะต้องพิจารณาออกแบบให้อาคารมีความแข็งแรง ทนทน ประหยัดค่าก่อสร้าง ตลอดจนก่อสร้างได้ง่าย ถูกต้องตามหลักวิชาการ พร้อมทั้งกำหนดวัสดุที่ใช้ในงานก่อสร้างจากแหล่งที่ใกล้เคียงกับหัวงานให้มากที่สุด

การออกแบบให้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กล่าวไว้แล้วข้างต้น เป็นส่วนหนึ่งที่จะช่วยให้เกิดความมั่นคงปลอดภัย ตลอดอายุการใช้งานของอาคารทางระบายน้ำล้นและมีความประหยัด แต่ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับวิธีการก่อสร้างและวิธีการควบคุมงานระหว่างการก่อสร้างตลอดจนการใช้งานและการบำรุงรักษาด้วยเช่นกัน

11.4 หลักเกณฑ์การออกแบบถนน ในการออกแบบถนนโดยทั่วไป จะต้องพิจารณาออกแบบให้ถนนสามารถใช้งานได้ดี มีความคงทน แข็งแรง ตลอดจนให้ความปลอดภัยในการใช้งานได้ทุกกรณีตลอดอายุของอาคาร พร้อมทั้งก่อสร้างง่าย ประหยัด และสอดคล้องกับสภาพภูมิประเทศ ซึ่งเกณฑ์การออกแบบโดยทั่วไปจะพิจารณาจากเงื่อนไขต่างๆ ดังนี้

(1) แนวถนนที่เลือกควรให้มีระยะทางสั้นเพื่อประหยัดค่าก่อสร้าง แต่ทั้งนี้เส้นทางดังกล่าวต้องสามารถใช้การได้ดี

(2) ถนนจะต้องแข็งแรงพอที่จะสามารถรับน้ำหนักจากรถบรรทุกขนาด HS20-44 ได้

(3) ลาดด้านข้างถนนจะต้องมีเสถียรภาพดี ไม่เกิดการพังทลายเสียหายได้ง่าย

(4) ถนนที่มีแนวตัดลำห้วยหรือร่องระบายน้ำจะต้องออกแบบช่องระบายน้ำให้เพียงพอสำหรับการระบายน้ำ โดยไม่ทำให้ถนนเกิดความเสียหาย

(5) ในบริเวณที่มีการถมดินทำถนนสูงมาก เช่น บริเวณร่องน้ำ จะต้องพิจารณาป้องกันรถยนต์ตกถนนด้วยการวางเสาหลักขอบถนน (Guard Post) ไว้เป็นระยะๆ รวมทั้งที่โค้งอันตรายด้วย

(6) จะต้องออกแบบให้มีความยาวโค้งทางราบและโค้งทางดิ่งยาวเพียงพอ ที่จะไม่ทำให้เกิดอันตรายสำหรับผู้ขับขี่รถยนต์

(7) ความลาดถนนขณะขึ้นหรือลงเนินเขา จะต้องออกแบบให้มีความลาดพอเหมาะตามมาตรฐานที่กำหนดไว้

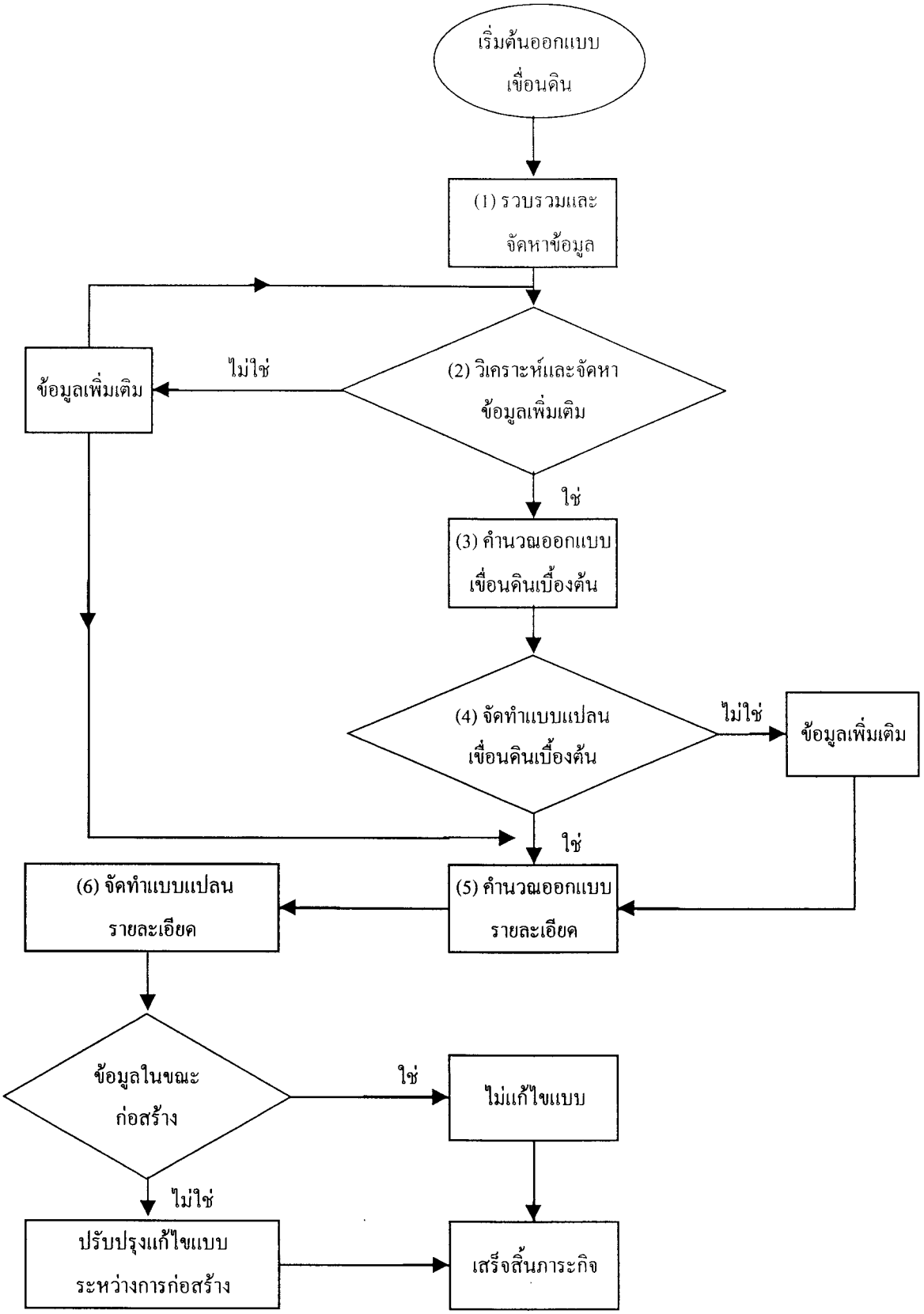
12. การออกแบบเขื่อนดิน (Earthfill Dam) โดยสรุป

เขื่อนเก็บกักน้ำในประเทศไทย ส่วนใหญ่ก่อสร้างจากดินถมบดอัดแน่นทั้งนี้เนื่องจากดินเป็นวัสดุที่มีราคาถูก หาได้ง่าย มีคุณสมบัติทึบน้ำ และก่อสร้างง่าย จึงนิยมนำมาทำเป็นวัสดุหลักในการก่อสร้างตัวเขื่อน ซึ่งเรียกว่า เขื่อนดินถมหรือเขื่อนดิน นอกจากมีดินเป็นวัสดุสำคัญแล้ว ยังมีวัสดุประเภท หิน กรวดและทราย เป็นวัสดุก่อสร้างรองอีกด้วย แม้ว่าดินจะมีคุณสมบัติทึบน้ำก็ตาม แต่โดยข้อเท็จจริงแล้ว จะมีน้ำไหลซึมผ่านตัวเขื่อนดินได้บ้าง โดยปริมาณน้ำที่ไหลซึมผ่านเขื่อนดิน จะถูกควบคุมให้มีปริมาณและความดันในการไหลน้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ รวมทั้งจะถูกกำหนดให้มีทิศทางไหลไปในส่วนประกอบของตัวเขื่อนที่เป็นระบบระบายน้ำภายในที่แน่นอน โดยไม่ทำให้เกิดอันตรายกับตัวเขื่อน นอกจากนั้นดินที่นำมาบดอัดเป็นตัวเขื่อน ยังมีคุณสมบัติในการทรุดตัวอีกด้วย ซึ่งอาจจะทำให้เกิดการแตกร้าวที่ตัวเขื่อนขึ้นได้ **ดังนั้นการออกแบบเขื่อนดิน จึงหมายถึงการจัดการดำเนินการคำนวณออกแบบ กำหนดรูปแบบเขื่อน รวมทั้งส่วนประกอบต่างๆของตัวเขื่อน ให้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง ซึ่งมีดินเป็นองค์ประกอบหลัก เพื่อให้ได้โครงสร้างที่แข็งแรง ทนทานต่อแรงกระทำต่างๆ ได้เป็นอย่างดี รวมทั้งให้มีความทึบน้ำ มีการก่อสร้างและบำรุงรักษาได้โดยง่าย มีความประหยัด มีอายุการใช้งานนาน มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย และมีความปลอดภัยในทุกๆด้าน และทุกสถานการณ์**

วิศวกรผู้ออกแบบเขื่อนดินจะต้องมีความรู้ ความเข้าใจ ในวิชาการสาขาต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเป็นอย่างดี เช่น กลศาสตร์ของดิน วิศวกรรมฐานราก ชลศาสตร์ สำรวจภูมิประเทศ อุทกวิทยาและสิ่งแวดล้อม เป็นต้น นอกจากนั้น จะต้องมีความรู้ความเข้าใจในเรื่อง พฤติกรรมของเขื่อนดิน รวมทั้งจะต้องมีความตระหนักในผลเสียที่จะตามมา หากเขื่อนดินที่ได้ออกแบบไว้เกิดการวิบัติขึ้น จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่วิศวกรผู้ออกแบบจะต้องมีความระมัดระวังและมีความละเอียดรอบคอบในการดำเนินการทุกขั้นตอน เพื่อให้ได้เขื่อนดินที่มีคุณสมบัติครบถ้วน ตามต้องการ

12.1 ขั้นตอนการออกแบบเขื่อนดิน การออกแบบเขื่อนดินเป็นกิจกรรมที่มีผู้ที่เกี่ยวข้องร่วมกันทำงานหลายฝ่าย จึงมีความจำเป็นที่จะต้องกำหนดให้มีขั้นตอนในการดำเนินงานอย่างรัดกุม ทั้งนี้การกำหนดขั้นตอนในการคำนวณออกแบบเขื่อนดินด้วยความเหมาะสมและชัดเจน จะช่วยให้ผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่ายสามารถดำเนินงานต่างๆให้บรรลุเป้าหมายได้ตามต้องการ อย่างเป็นระบบตามแผนงานที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งหากการดำเนินงานมีปัญหา จะทำให้สามารถแก้ไขได้ถูกต้อง ดังนั้นในหัวข้อนี้จะได้นำเสนอขั้นตอนการออกแบบเขื่อนดินโดยสังเขป เพื่อให้สามารถใช้เป็นแนวทางในการดำเนินการได้ต่อไป

การออกแบบเขื่อนดิน สามารถแบ่งเป็น 6 ขั้นตอนหลัก ดังแสดงไว้ในรูปที่ 12 – 1 ได้แก่ รวบรวมและจัดการข้อมูล วิเคราะห์และจัดหาข้อมูลเพิ่มเติม พิจารณาและกำหนดแนวศูนย์กลางสัน



รูปที่ 12 - 1 แสดงผังงานลำดับขั้นตอนการออกแบบเขื่อนดิน (นำมาจากแนวทาง และหลักเกณฑ์การออกแบบเขื่อนเก็บกักน้ำและอาคารประกอบ)

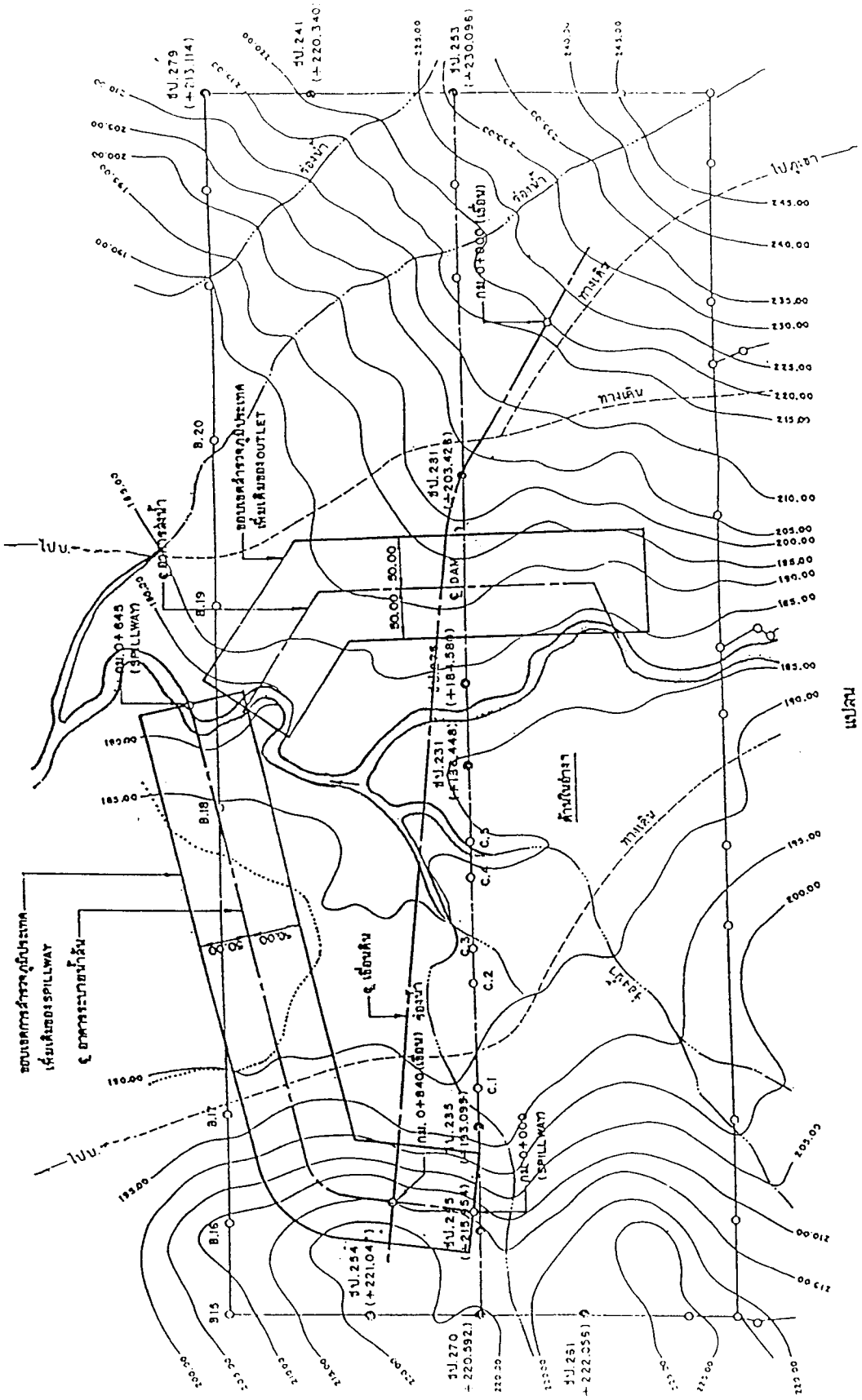
เขื่อน คำนวณออกแบบเบื้องต้น คำนวณออกแบบโดยละเอียดและจัดทำแบบแปลน ซึ่งจะขออธิบายรายละเอียดพอสังเขปดังนี้

(1) รวบรวมและจัดการข้อมูล ข้อมูลสำคัญที่จำเป็นสำหรับการพิจารณาออกแบบเขื่อนดินประกอบไปด้วยข้อมูลหลายอย่างตามที่กล่าวไว้แล้วข้างต้น ดังนั้นวิศวกรผู้ออกแบบ จึงจำเป็นต้องทำการรวบรวมข้อมูลด้านต่างๆที่มีอยู่ให้ครบถ้วนในขณะเริ่มต้นโครงการ เมื่อได้ข้อมูลมาแล้ว จะต้องทำการศึกษารายละเอียดต่างๆ ของข้อมูลแต่ละประเภทให้เกิดความเข้าใจอย่างถ่องแท้ จนสามารถนำข้อมูลเหล่านั้นไปใช้ประโยชน์ในการดำเนินการในขั้นตอนต่อไปได้เป็นอย่างดี หลังจากนั้นจึงทำการสรุปสถานภาพของข้อมูลแต่ละประเภท เพื่อดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

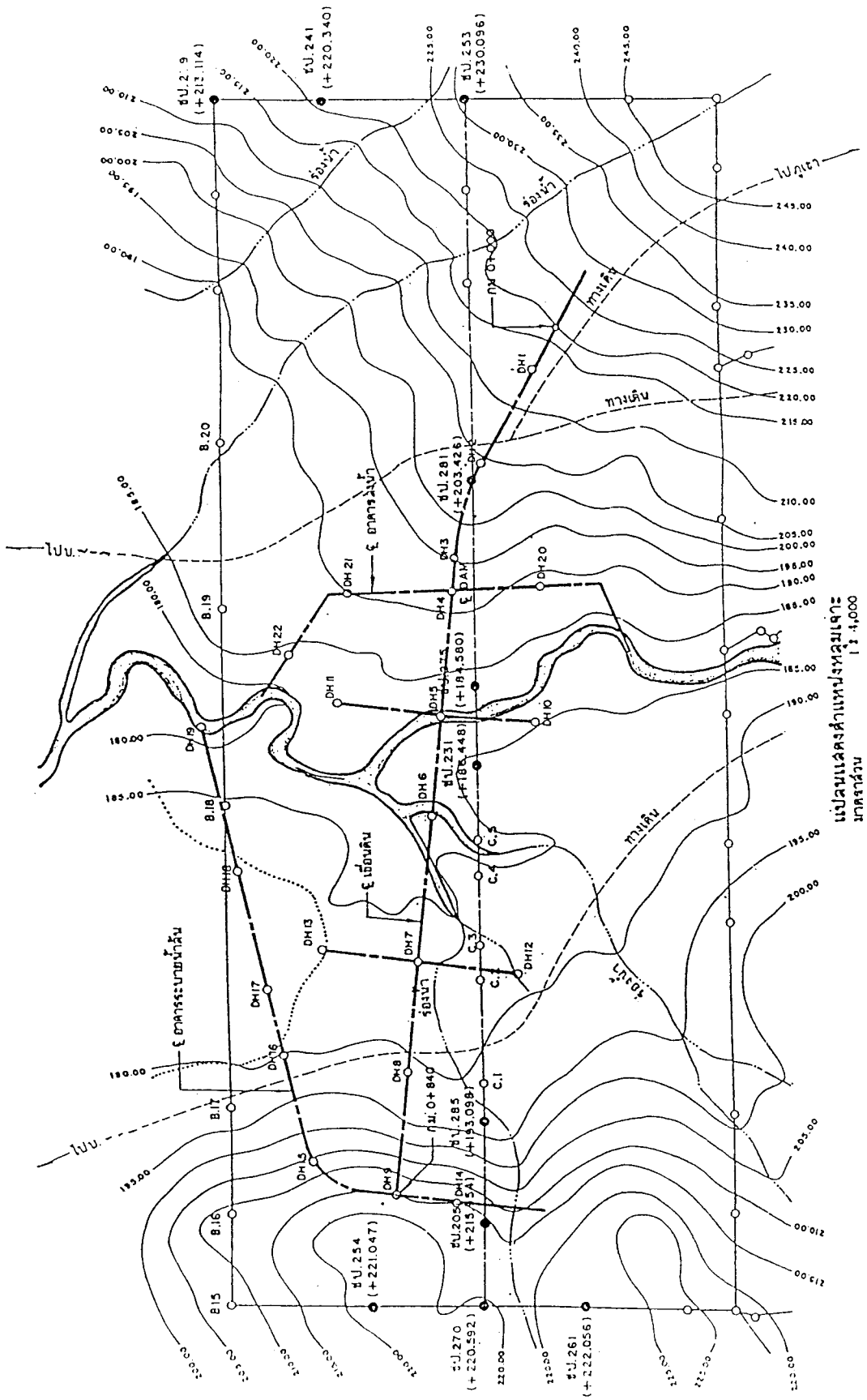
(2) วิเคราะห์และจัดหาข้อมูลเพิ่มเติม ในขั้นตอนนี้จะประกอบไปด้วย การพิจารณาความถูกต้องและความน่าเชื่อถือ ของข้อมูลทุกประเภท หากข้อมูลใดยังไม่ชัดเจนหรืออาจจะไม่สอดคล้องตรงกัน ควรพิจารณาความเป็นไปได้ และสอบถามจากผู้สำรวจและจัดทำข้อมูล เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น นอกจากนั้น ยังจะต้องตรวจสอบปริมาณของข้อมูลว่า เพียงพอหรือไม่ หากไม่มีข้อมูลหรือมีปริมาณไม่เพียงพอ ที่จะนำไปออกแบบในขั้นรายละเอียดต่อไปได้ จะต้องจัดหาเพิ่มเติมให้ครบถ้วน เช่น แผนที่บริเวณอาคารเจาะสำรวจธรณีวิทยาฐานรากตามแนวอาคาร และตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 12 – 2 รูปที่ 12 – 3 เป็นต้น

(3) พิจารณาและกำหนดแนวศูนย์กลางสันเขื่อน การดำเนินงานในขั้นตอนนี้จะประกอบไปด้วย การพิจารณาแนวศูนย์กลางสันเขื่อนตามที่ได้กำหนดไว้แต่เดิม จากรายงานการศึกษาการวางโครงการว่า แนวที่กำหนดไว้นั้นมีความเหมาะสมหรือไม่ สามารถจะกำหนดแนวเผื่อเลือกอื่นได้อีกหรือไม่ ซึ่งจะทำการศึกษาและพิจารณาจากแผนที่สำรวจภูมิประเทศบริเวณอาคารหัวงานมาตราส่วน 1:2,000 หรือ 1:1,000 หรือมาตราส่วนอื่นที่มี โดยทำการวางแนวสันเขื่อนที่คาดว่าจะเป็นไปได้ลงในแผนที่ดังกล่าวประมาณ 2-4 แนว ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 8 – 2 และรูปที่ 12 – 4 หลังจากนั้นจะทำการศึกษาในเบื้องต้นว่า แนวใดมีแนวโน้มที่จะทำให้ง่ายต่อการออกแบบ การก่อสร้างและการบำรุงรักษา ซึ่งควรจะมองไกลไปถึงการวางแนวอาคารประกอบเขื่อนร่วมด้วย มีราคาค่าก่อสร้างต่ำ ทำให้ตัวเขื่อนมีความมั่นคง แข็งแรง และมีเสถียรภาพสูง รวมทั้งทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด ด้วยการกำหนดรูปตัดเขื่อนในเบื้องต้นจากคุณสมบัติดินเดียวกัน แล้วทำการวิเคราะห์เสถียรภาพของตัวเขื่อน รวมทั้งคำนวณหาปริมาณดินถมตัวเขื่อนโดยประมาณในเบื้องต้นจากรูปตัดเขื่อนไม่น้อยกว่า 3 รูปตัด ในแต่ละแนวที่วางไว้ ต่อจากนั้นจึงทำการคัดเลือกแนวที่มีความเหมาะสมและกำหนดแนวดังกล่าวลงในแผนที่ให้ชัดเจน

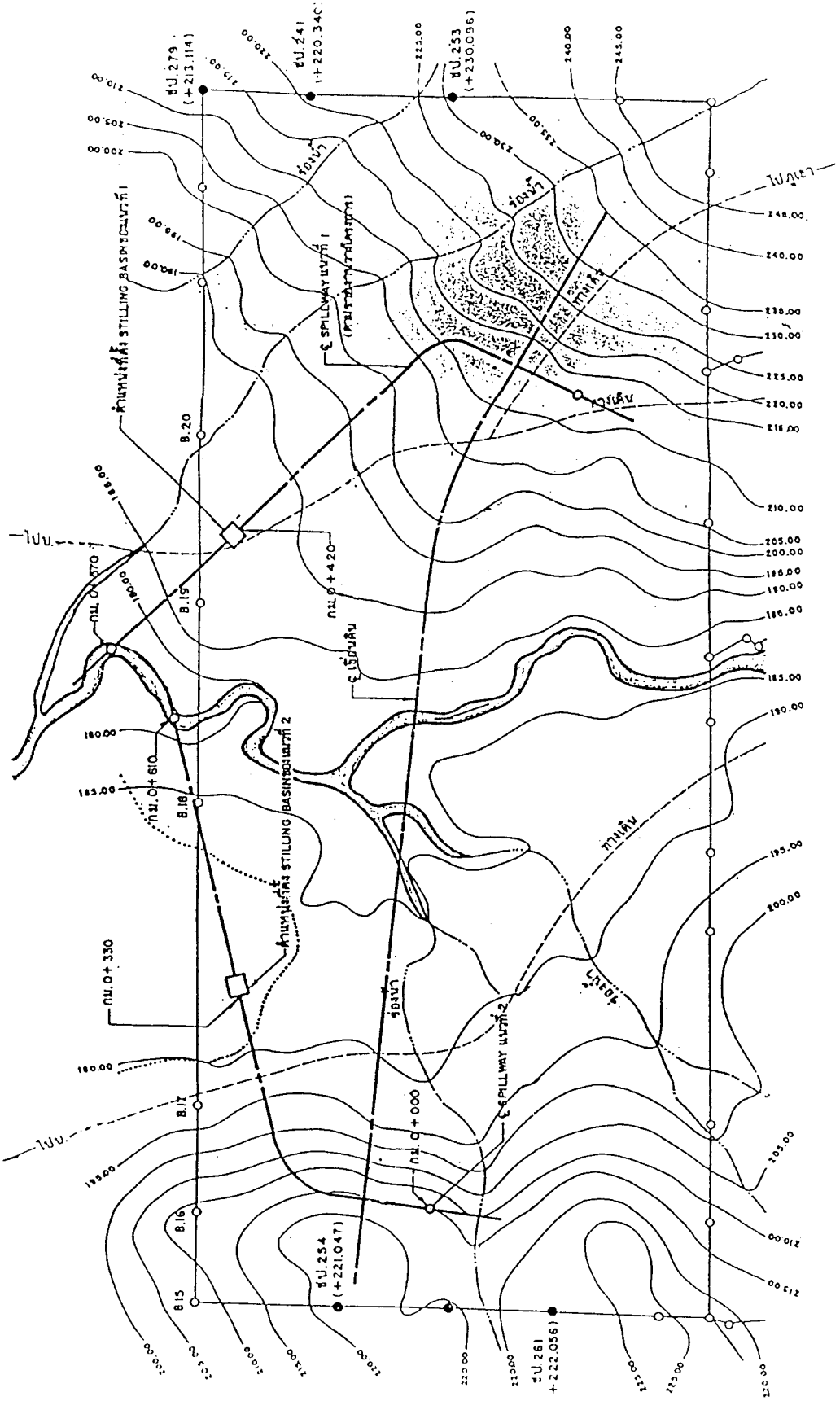
(4) คำนวณออกแบบเบื้องต้น จากข้อมูลที่สามารถรวบรวมได้ในขั้นตอนแรก หากมีข้อมูลรายงานวางโครงการ แผนที่สำรวจภูมิประเทศ และรายงานการศึกษาด้านอุทกวิทยา พร้อมทั้งได้มีการเดินทางไปสำรวจภูมิประะเทศในสนามบริเวณที่ตั้งตัวเขื่อนแล้วจะสามารถดำเนินการคำนวณ



รูปที่ 12 – 2 แสดงขอบเขตการสำรวจภูมิประเทศเพิ่มเติมบริเวณ Spillway และ Outlet



รูปที่ 12 – 3 แสดงตำแหน่งหลุมเจาะธรณีวิทยาฐานราก ตามแนวศูนย์กลางเขื่อนและอาคารประกอบ



รูปที่ 12 – 4 ตัวอย่างแสดงแนวทางเผื่อเลือกแนว Spillway 2 แนวทาง

ออกแบบตัวเขื่อนในเบื้องต้นได้โดยไม่ต้องรอให้มีข้อมูลต่างๆครบถ้วนทั้งปริมาณและชนิดของข้อมูล โดยในขั้นตอนนี้ประกอบด้วยรายละเอียดต่างๆ ได้แก่

1) กำหนดส่วนประกอบ รูปร่าง ชนิดและขนาดต่างๆ ของตัวเขื่อน เช่น ระดับสันเขื่อน หรือระยะพ้นน้ำ ความกว้างสันเขื่อน ลาดเขื่อนด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำ ความหนาหินทิ้งและกรวดทรายรองพื้นที่ลาดเขื่อนด้านเหนือน้ำ ระยะเผื่อการทรุดตัวต่ำสุด เป็นต้น

2) กำหนดรูปแบบเขื่อน โดยประมาณว่าจะเป็น Homogeneous หรือ Zoned Type Dam

3) วิเคราะห์ความมั่นคงและเสถียรภาพของตัวเขื่อนในเบื้องต้นด้วยการสมมุติค่าตัวแปร คุณสมบัติดิน และวัดสุก่อสร้างตัวเขื่อนจากโครงการใกล้เคียง

4) กำหนดรูปแบบขอบเขตจุดกลับรถบริเวณปลายเขื่อนทั้งสองฝั่ง

5) กำหนดรูปแบบระบบระบายน้ำภายในตัวเขื่อน

6) กำหนดลักษณะและขอบเขตการขุดลอกหน้าดินใต้ฐานเขื่อนและการขุดร่องแกนโดยประมาณ

7) กำหนดชนิด ปริมาณและตำแหน่งการติดตั้งเครื่องมือวัดพฤติกรรมเขื่อน

8) คำนวณ/วิเคราะห์ปริมาณน้ำไหลผ่านตัวเขื่อนและฐานราก

จะเห็นได้ว่าการคำนวณออกแบบในเบื้องต้น สามารถดำเนินการได้แม้ว่าจะยังไม่มีข้อมูลครบถ้วนก็ตาม การดำเนินการในขั้นนี้จะเป็นประโยชน์อย่างมากในเรื่องการทำความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะของโครงสร้างตลอดจนขอบเขตของงาน ซึ่งจะทำให้เกิดความรวดเร็วมากยิ่งขึ้นในขั้นตอนที่จะต้องดำเนินการต่อไป ทั้งนี้เนื่องจากในระหว่างการคำนวณออกแบบเบื้องต้น วิศวกรผู้ออกแบบจะต้องจัดทำแบบแปลนเขื่อนดินในเบื้องต้นไปด้วย ซึ่งจะทำให้เห็นข้อปัญหาและอุปสรรคต่างๆที่อาจจะเกิดขึ้นได้อย่างชัดเจน ผู้ออกแบบจึงมีเวลาในการศึกษา ค้นคว้า ทำความเข้าใจ รวมทั้งจัดหาข้อมูลในส่วนที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปพิจารณาแก้ไขข้อปัญหาที่มองเห็นได้อย่างละเอียด รอบคอบ และทันต่อเหตุการณ์

อย่างไรก็ตามการคำนวณออกแบบและการจัดทำแบบเบื้องต้น อาจจะต้องมีการปรับปรุงแก้ไขบ้างในขั้นการออกแบบรายละเอียด เมื่อได้รับข้อมูลครบถ้วนแล้ว ด้วยเหตุนี้วิศวกรผู้ออกแบบบางท่านจึงมักจะหลีกเลี่ยงไม่พยายามดำเนินการในขั้นตอนนี้ให้เกิดผลเป็นรูปธรรมอย่างชัดเจนนัก ทั้งนี้เนื่องจากเกรงว่าจะต้องทำงานหลายครั้ง จึงเต็มใจที่จะรอจนข้อมูลต่างๆครบถ้วนเสียก่อน แล้วค่อยเริ่มลงมือดำเนินการ ซึ่งการกระทำเช่นนั้นจะทำให้เสียเวลาในการดำเนินงานมาก และไม่มีผลงานในระหว่างรอข้อมูลให้ครบ ทำให้ขาดการเตรียมการที่ดี หากพบข้อปัญหาต่างๆในภายหลังจะทำให้ต้องเสียเวลาในการแก้ปัญหา หรือหาข้อมูลเพิ่มเติมอีกทั้งยังทำให้มีเวลาในการพิจารณาด้วยความละเอียดรอบคอบน้อยลง ซึ่งจะทำให้ได้อาคารที่อาจจะยังไม่เหมาะสมมากที่สุด ด้วยเหตุผลต่างๆดังกล่าว จึงเห็นว่า วิศวกรผู้ออกแบบ ควรพิจารณาดำเนินการคำนวณออกแบบ และจัดทำแบบในเบื้องต้นไปก่อนตามข้อมูลที่มีแล้วทำการปรับเปลี่ยนในภายหลัง หากข้อมูลครบถ้วนและไม่ตรงกับที่ได้ประเมินไว้แต่

แรก ซึ่งการกระทำเช่นนี้ แม้ว่าจะต้องเหนื่อยเพิ่มมากขึ้นอีกบ้างก็ตาม แต่ผลประโยชน์ที่ได้รับจะมากมายหลายเท่า

(5) คำนวณออกแบบโดยละเอียด เมื่อได้รับข้อมูลต่างๆครบถ้วนแล้ว ผู้ออกแบบจะต้องตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลอีกครั้ง หากแตกต่างไปจากที่ได้ประเมินไว้ในขั้นตอนการออกแบบเบื้องต้นมาก ให้ทำการปรับเปลี่ยนแก้ไขทั้งการคำนวณออกแบบ และการจัดทำแบบแปลนในเบื้องต้นให้สอดคล้องกับข้อมูลที่ได้รับครั้งหลังสุด ซึ่งโดยทั่วไปจะทำการปรับเปลี่ยนไม่มากนัก แต่หากไม่แตกต่างกันมาก พร้อมทั้งได้วิเคราะห์และตรวจสอบความมั่นคงของอาคารได้ผลอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมให้ก็ไม่จำเป็นต้องปรับเปลี่ยนรูปแบบและส่วนประกอบอาคารสามารถจัดทำแบบรายละเอียดให้สมบูรณ์ครบถ้วนต่อไปได้เลย

การปรับเปลี่ยนแก้ไข โดยทั่วไปในขั้นนี้ส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับเรื่องธรณีวิทยาฐานราก เช่น การปรับเปลี่ยนความลึกของร่องแกน และวิธีการปรับปรุงฐานราก ตลอดจนการขุดลอกหน้าดินบริเวณฐานเขื่อน เป็นต้น นอกจากนั้นหากคุณสมบัติของดินแตกต่างไปจากที่ประเมินไว้ในครั้งแรก ก็อาจจะต้องมีการปรับเปลี่ยนรูปร่างของตัวเขื่อนไปบ้าง เช่น อาจมีการออกแบบให้ลาดเขื่อนแบนราบ หรือ ลาดชันขึ้นบ้าง หรืออาจจะมีการกำหนดให้มีชานพัก (Berm) เพิ่มขึ้น เป็นต้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว อาจจะต้องทำการแก้ไขแบบแปลนบ้างบางส่วน แต่คงจะไม่มากนัก ดังนั้น จึงทำให้สามารถลดระยะเวลาในการดำเนินงานให้สั้นลงได้มากพอสมควร

(6) จัดทำแบบแปลน ตามที่กล่าวไว้บ้างแล้วข้างต้น ในขั้นตอนนี้จะมีการจัดทำแบบแปลนเขื่อนดิน ทั้งในขั้นตอนของการคำนวณออกแบบเบื้องต้น และการคำนวณออกแบบโดยละเอียด ซึ่งการจัดทำแบบในขั้นตอนแรกจะมีปริมาณพอสมควร โดยจะเป็นการจัดทำแบบแปลนขึ้นใหม่ทั้งหมดประกอบด้วย แบบแปลนทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลต่างๆ เช่น แผนที่บริเวณอ่างและเส้นทางเข้าโครงการ แบบแปลนเขื่อนและรูปตัดต่างๆในเบื้องต้น แบบรายละเอียด แบบรูปบางส่วนของตัวเขื่อนที่อาจจะเหมือนกับเขื่อนทั่วไป เช่น แบบถนนบนสันเขื่อน แบบรายละเอียด Toe Drain, Contact Drain การขุดลอกหน้าดิน และการขุดร่องแกน เป็นต้น สำหรับการจัดทำแบบแปลนในขั้นตอนที่สองจะมีทั้งการจัดทำแบบแปลนขึ้นใหม่บางส่วน เช่น แบบแปลนที่เกี่ยวกับข้อมูลที่ได้รับเพิ่มเติมใหม่ เป็นต้น และการแก้ไขปรับเปลี่ยนจากแบบแปลนเดิมที่ได้เคยจัดทำไว้ในขั้นตอนแรกให้สอดคล้องกับการคำนวณออกแบบ ตามข้อมูลใหม่ ซึ่งในส่วนนี้คงจะมีการเปลี่ยนแปลงเพียงบางส่วนเท่านั้น

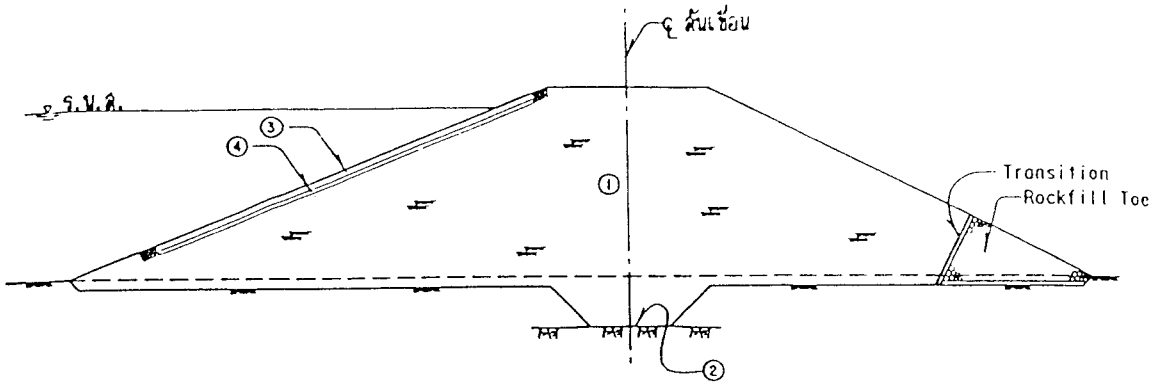
ขั้นตอนการออกแบบเขื่อนดินตามที่นำเสนอไว้เป็นเพียงแนวทางในการพิจารณาโดยสังเขปเท่านั้น ผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถปรับเปลี่ยนให้สอดคล้องเหมาะสมกับการดำเนินงานของแต่ละโครงการได้ตามที่เห็นสมควร ทั้งนี้เพื่อทำให้เกิดผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้

12.2 ลักษณะทางโครงสร้างและชนิดของเขื่อนดิน การแบ่งชนิดของเขื่อนดินถม โดยทั่วไป จะพิจารณาจากลักษณะโครงสร้างของตัวเขื่อน และชนิดของวัสดุที่นำมาใช้ก่อสร้างตัวเขื่อนที่เป็นแหล่งดินถมในบริเวณที่จะทำการก่อสร้างซึ่งสามารถแบ่งชนิดของเขื่อนดินถมออกได้เป็น 2 ประเภท คือ เขื่อนดินถมชนิดเนื้อเดียว (Homogeneous Dam) และเขื่อนดินถมชนิดแบ่งส่วน (Zoned Type Dam) การแบ่งชนิดของเขื่อนดินอย่างชัดเจน จะทำให้สามารถวิเคราะห์พฤติกรรมของตัวเขื่อนได้อย่างถูกต้อง และสามารถป้องกันหรือบรรเทาผลเสียหายที่จะเกิดตามมาได้ตั้งแต่เริ่มต้นการคำนวณออกแบบ อีกทั้งยังเป็นการใช้วัสดุก่อสร้างให้เหมาะสมกับวัสดุที่หาได้อีกด้วย ซึ่งจะทำให้มีราคาค่าก่อสร้างถูกลง ลักษณะโครงสร้างโดยทั่วไปของเขื่อนดินแต่ละชนิดมีรายละเอียดพอสังเขปดังนี้

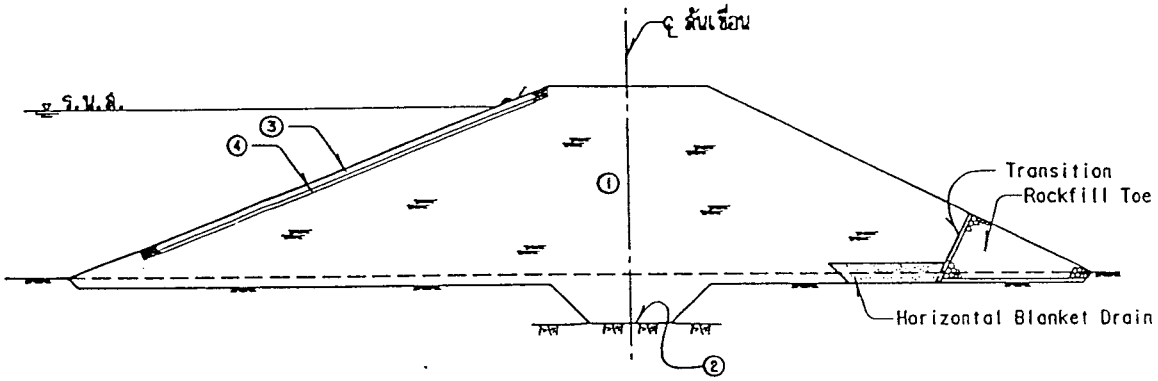
12.2.1 เขื่อนดินถมชนิดเนื้อเดียว เป็นเขื่อนที่ใช้ดินเหนียวทึบน้ำประเภทเดียวกันมาก่อสร้างเป็นตัวเขื่อน เช่น ดินประเภท GC , SC และ CL เป็นต้น เขื่อนดินชนิดนี้ส่วนใหญ่มักจะเป็นเขื่อนขนาดเล็กที่มีปริมาณดินถมไม่มากนัก และมีความสูงไม่เกิน 15.00 เมตร เนื่องจากการใช้ดินเหนียวทึบน้ำมาก่อสร้างเป็นตัวเขื่อนทั้งหมดจึงทำให้มีปัญหาในเรื่องของการระบายน้ำภายในตัวเขื่อนอยู่บ้าง กล่าวคือในช่วงขณะที่ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำลดต่ำลง อัตราการระบายน้ำออกจากตัวเขื่อนที่ค่อนข้างช้าจะเป็นเหตุทำให้ดินบริเวณลาดเขื่อนอิ่มตัวด้วยน้ำ ซึ่งอาจจะทำให้เกิดการเลื่อนไถลของลาดเขื่อนได้โดยง่าย อย่างไรก็ตามเนื่องจากเป็นเขื่อนที่มีความสูงไม่มากนัก จึงทำให้ลดความรุนแรงในเรื่องนี้ลงไปได้พอสมควร นอกจากนั้นหากมิได้พิจารณากำหนดระบบระบายน้ำที่ดีภายในตัวเขื่อนไว้ด้วยแล้ว ในขณะที่เกิดสภาวะน้ำเต็มอ่างเก็บน้ำ เป็นระยะเวลานาน จะทำให้ระดับน้ำที่ไหลซึมผ่านตัวเขื่อน (Top Flow Line) อยู่ในระดับสูง และเข้าใกล้ลาดเขื่อนด้านท้ายน้ำ ซึ่งจะเป็นผลทำให้ดินตัวเขื่อนในบริเวณดังกล่าวอิ่มตัวด้วยน้ำ และมีกำลังการรับแรงลดลง จนเป็นเหตุทำให้เกิดการวิบัติของลาดเขื่อน (Slope Failure) ด้านท้ายน้ำด้วยเช่นกัน ดังนั้นวิศวกรผู้ออกแบบ ควรจะต้องพิจารณาด้วยความละเอียดรอบคอบ เพื่อป้องกันมิให้เกิดปัญหาดังกล่าวขึ้นได้

รูปแบบแสดงลักษณะโครงสร้างโดยทั่วไปของเขื่อนดินชนิดนี้ได้แสดงไว้ในรูปที่ 12.2 – 1 ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ลักษณะ ตามการจัดเตรียมระบบระบายน้ำภายในตัวเขื่อน ได้แก่ เขื่อนดินชนิดเนื้อเดียวที่มี Rockfill Toe เป็นองค์ประกอบเพียงอย่างเดียว เขื่อนดินที่มี Rockfill Toe พร้อมด้วย Blanket Drain และเขื่อนดินที่มี Rockfill Toe, Blanket Drain และ Chimney Drain เป็นระบบระบายน้ำภายในตัวเขื่อน

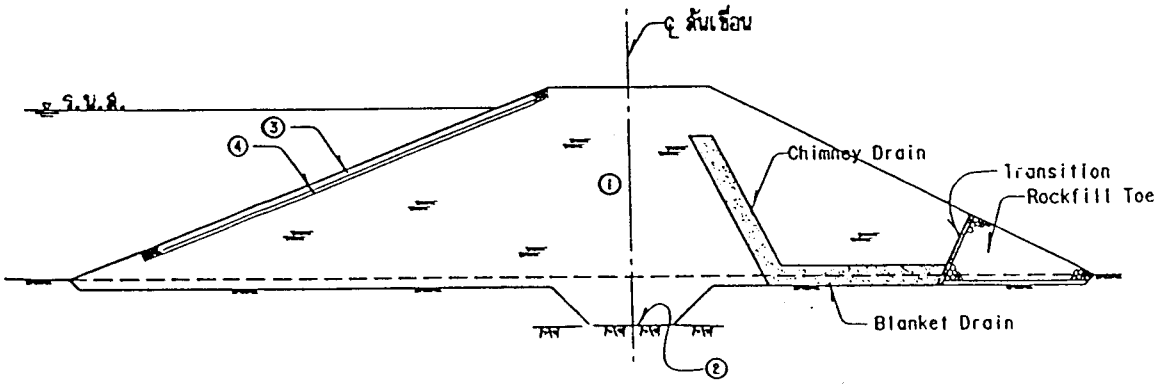
12.2.2 เขื่อนดินชนิดแบ่งส่วน เป็นเขื่อนที่ใช้ดินหลายประเภทมาก่อสร้างเป็นตัวเขื่อน โดยในส่วนของแกนเขื่อน (Core Zone) จะพิจารณาใช้ดินประเภททึบน้ำ (Impervious Soil) เช่น ดินประเภท GC, SC และ CL เป็นต้น และในส่วนของเปลือก (Shell Zone หรือ Random Zone) ที่ถัดออกมาจากส่วนแกนเขื่อน จะพิจารณาใช้ดินประเภทกึ่งทึบน้ำ (Semi - Impervious Soil) เช่น ดินประเภทที่มีกรวดหรือทรายปะปนอยู่เป็นวัสดุในการก่อสร้าง ทั้งนี้เนื่องจากวัสดุประเภทนี้มีคุณสมบัติ



ก. Homogeneous Dam พร้อมด้วย Rockfill Toe



ข. Homogeneous Dam พร้อมด้วย Horizontal Blanket Drain และ Rockfill Toe



ค. Homogeneous Dam พร้อมด้วย Chimney , Horizontal Blanket Drain และ Rockfill Toe

①	ดินถมตัวเขื่อน	③	หินทิ้ง (RIPRAP)
②	ร่องแกน	④	กรวดทรายรองพื้น (BEDDING)

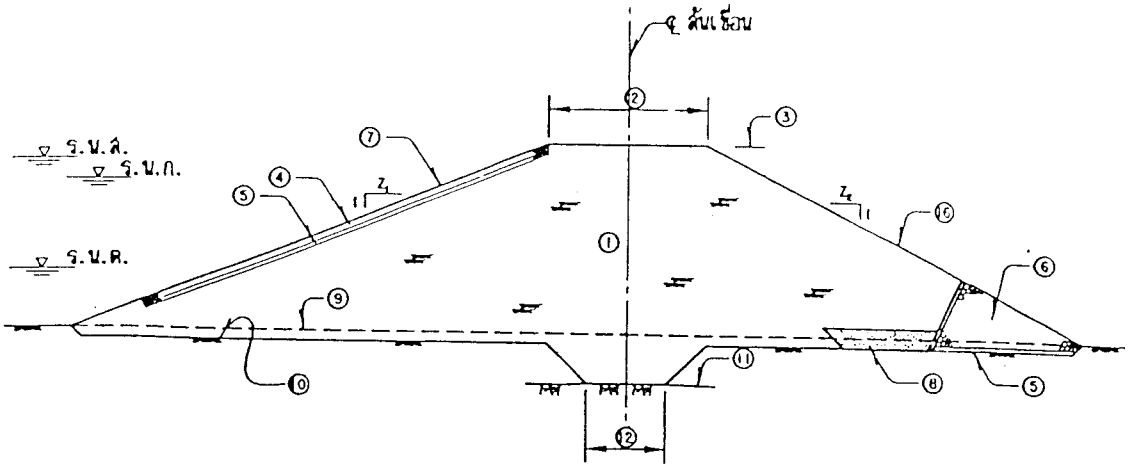
รูปที่ 12.2 – 1 รูปแบบเขื่อนดินประเภทเนื้อเดียวกัน จำนวน 3 รูปแบบ

ในการระบายน้ำได้เป็นอย่างดี ดังนั้นในขณะที่น้ำในอ่างเก็บน้ำลดระดับลงอย่างรวดเร็วจะทำให้น้ำที่ไหลซึมอยู่ในบริเวณส่วนเปลือกของตัวเขื่อนด้านเหนือน้ำ สามารถระบายลงสู่อ่างเก็บน้ำได้อย่างรวดเร็ว ทำให้แรงดันน้ำในตัวเขื่อน (Pore Water Pressure) ลดต่ำลง จนไม่ทำให้ลาดเขื่อนเกิดการเลื่อนไถลได้ง่ายนัก นอกจากนั้นดินประเภทนี้ยังมีค่ามุมของการทรงตัว (Angle of Repose) สูงกว่าดินเหนียวทึบน้ำที่ใช้ทำเป็นแกนเขื่อน จึงทำให้สามารถออกแบบลาดเขื่อน ให้มีความลาดชันได้มากกว่า รวมทั้งยังมีคุณสมบัติในเรื่องการทรุดตัวน้อยกว่าอีกด้วย ซึ่งล้วนเป็นข้อดีของการออกแบบก่อสร้างเขื่อนประเภทนี้ทั้งสิ้น

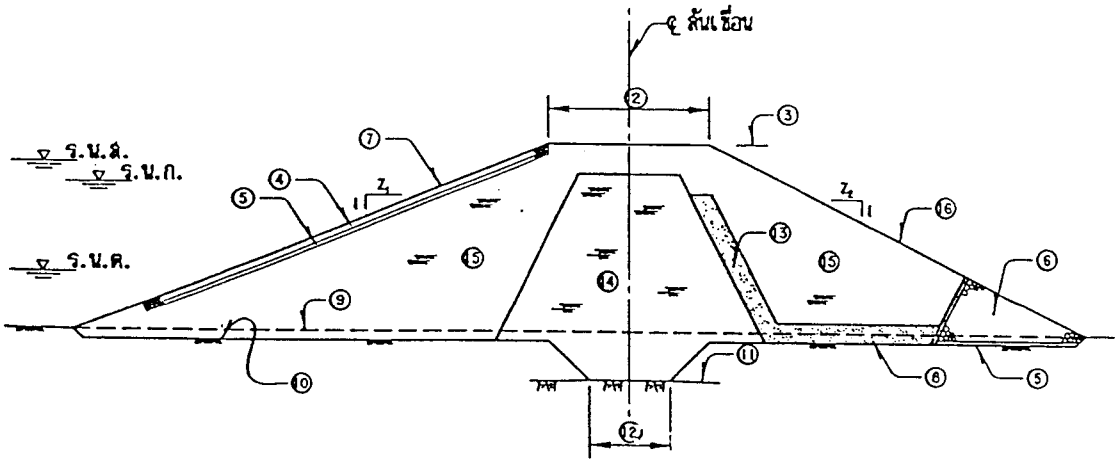
เขื่อนดินประเภทนี้ ส่วนใหญ่เป็นเขื่อนขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ที่ต้องใช้ดินถมตัวเขื่อนเป็นปริมาณมาก จึงเป็นการยากที่จะหาดินประเภทเดียวกันที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงได้ทั้งหมด รวมทั้งการที่วัสดุก่อสร้างตัวเขื่อนมีคุณสมบัติที่ดีบางประการ ตามที่กล่าวไว้แล้วข้างต้น จึงเป็นปัจจัยสำคัญอีกประการหนึ่งที่ทำให้สามารถคำนวณออกแบบตัวเขื่อนให้มีความสูงมากๆ ได้อย่างปลอดภัย ประหยัด และมีเสถียรภาพมากกว่าเขื่อนดินประเภทแรก อย่างไรก็ตาม วิศวกรผู้ออกแบบจะต้องพิจารณาข้อมูลเรื่องวัสดุก่อสร้างตัวเขื่อนทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ รวมทั้งแหล่งที่มาอย่างละเอียดรอบคอบ ด้วยความระมัดระวังอย่างยิ่ง ทั้งนี้เพื่อให้ได้โครงสร้างที่มีความแข็งแรง ทนทาน มีอายุการใช้งานนาน และมีราคาประหยัด เขื่อนดินถมชนิดแบ่งส่วน สามารถแบ่งตามลักษณะแกนกลางเขื่อนได้ดังนี้

(1) แกนกลางทึบน้ำหนา (Thick Central Core) เขื่อนดินแบ่งส่วนประเภทนี้จะออกแบบให้มีแกนกลางทึบน้ำค่อนข้างหนา ซึ่งโดยทั่วไปจะกำหนดให้มีความหนาระหว่าง 0.5 ถึง 1.5 เท่าของความลึกน้ำที่จุดลึกสุดของตัวเขื่อน ทั้งนี้เนื่องจากในบริเวณพื้นที่ก่อสร้างมีปริมาณดินทึบน้ำจำนวนมากเพียงพอที่จะนำมาใช้ก่อสร้างแกนเขื่อนให้หนาได้ การที่ออกแบบให้มีแกนเขื่อนหนาพอเหมาะ จะทำให้ลดปริมาณการไหลซึมของน้ำผ่านตัวเขื่อนและลด Exit Gradient ของน้ำที่ไหลซึมในแกนเขื่อนลงได้ ซึ่งจะทำให้ตัวเขื่อนมีความปลอดภัย และสามารถเก็บกักน้ำไว้ในอ่างเก็บน้ำได้มากขึ้น อย่างไรก็ตามสำหรับเขื่อนดินประเภทนี้ ที่มีความสูงมากๆ ควรระมัดระวังการออกแบบอย่าให้แกนเขื่อนมีความหนามากเกินไป ทั้งนี้เนื่องจากจะทำให้เกิดผลเสียในเรื่องของการระบายน้ำ ขณะเกิดการลดระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ ลงอย่างรวดเร็ว (Rapid Drawdown) ซึ่งจะทำให้เสถียรภาพโดยรวมของลาดเขื่อนลดลงต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ได้และอาจจะต้องทำให้ต้องเพิ่มขนาดของตัวเขื่อนให้กว้างขึ้น ซึ่งจะทำให้เขื่อนมีราคาค่าก่อสร้างสูงขึ้นได้โดยไม่จำเป็น ทั้งยังอาจจะเป็นสาเหตุทำให้เกิดการทรุดตัว และการแตกร้าวในตัวเขื่อนขึ้นได้มากยิ่งขึ้น รูปแบบโดยทั่วไปของเขื่อนดินชนิดแบ่งส่วนประเภทแกนกลางทึบน้ำหนา ได้แสดงไว้โดยสังเขปในรูปที่ 12.2 – 2 และรูปที่ 12.2 – 3

(2) แกนกลางทึบน้ำเอียง (Inclined Core) เขื่อนดินแบ่งส่วนประเภทนี้จะออกแบบให้แกนกลางทึบน้ำเอียงไปทางด้านเหนือน้ำหรือท้ายน้ำ ตามลักษณะของชั้นหินฐานรากหรือตามการออกแบบปรับปรุงฐานราก โดยความหนาส่วนที่ฐานของแกนกลางเอียงจะมีความหนาไม่มากนัก ซึ่ง



รูปที่ 12.2 – 2 แสดงลักษณะทางโครงสร้างของเขื่อนดินประเภทเนื้อเดียวกัน (Homogeneous Dam)



สัญลักษณ์และเครื่องหมาย

①	ดินถมตัวเขื่อน	⑨	ระดับดินเดิม
②	ความกว้างสันเขื่อน	⑩	ระดับขุดลอกหน้าดิน
③	ระดับสันเขื่อน (W/O CAMBER)	⑪	ระดับชั้นหิน
④	หินทิ้ง (RIPRAP)	⑫	ความกว้างร่องแกน
⑤	กรวดทรายรองพื้น (BEDDING)	⑬	CHIMNEY DRAIN
⑥	ROCKFILL TOE	⑭	ดินถมแกนกลาง (CORE ZONE)
⑦	ลาดเขื่อนด้านเหนือน้ำ	⑮	ดินถมเปลือกนอก (RANDOM ZONE)
⑧	BLANKET DRAIN	⑯	ลาดเขื่อนด้านท้ายน้ำ

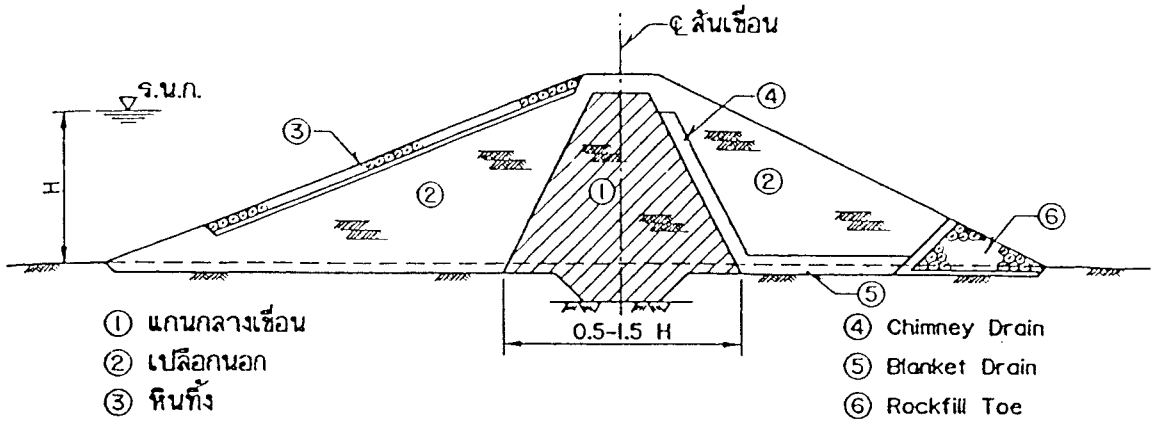
รูปที่ 12.2 – 3 แสดงลักษณะทางโครงสร้างของเขื่อนดินประเภทแบ่งส่วน (Zone Type Dam)

ส่วนใหญ่จะกำหนดให้มีความหนาระหว่าง 4.00 เมตร ถึงประมาณ 0.5 เท่าของความลึกน้ำที่จุดลึกสุดของตัวเขื่อน ลักษณะโดยทั่วไปได้แสดงไว้ในรูปที่ 12.2 – 4 วิศวกรผู้ออกแบบเขื่อนประเภทนี้ จะต้องพิจารณารายละเอียดต่างๆอย่างพิถีพิถันเป็นกรณีพิเศษ ทั้งนี้เนื่องจากมีรายงานการวิจัยบางฉบับสรุปว่า หากวัสดุที่นำมาก่อสร้างตัวเขื่อนในส่วนของแกนกลางเอียง และส่วนเปลือกนอกมีคุณสมบัติการยืดหดตัว (Young Modulus of Elasticity หรือ Poision 's Ratio) แตกต่างกันมากๆ จะเป็นผลทำให้เขื่อนเกิดการแตกร้าวได้ง่าย ทั้งนี้เนื่องจากความไม่สมดุลย์ของลักษณะโครงสร้างตัวเขื่อน อย่างไรก็ตามคงจะต้องพิจารณาจากปัจจัยอื่นๆ เช่น ลักษณะและชนิดของฐานราก รวมทั้งวิธีการก่อสร้างร่วมด้วย เป็นต้น

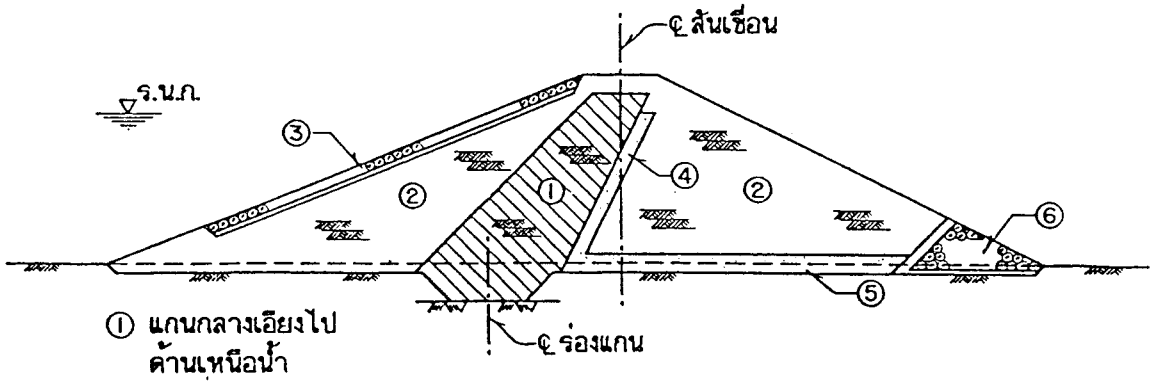
สำหรับข้อดีของเขื่อนชนิดนี้ที่เห็นได้อย่างชัดเจนคือ จะทำให้ร่องแกนเขื่อน (Cutoff Trench) มีตำแหน่งเยื้องไปด้านเหนือน้ำ ซึ่งหากจัดให้มีระบบระบายน้ำภายในตัวเขื่อนที่เหมาะสม จะทำให้ส่วนของตัวเขื่อนที่มีแรงดันน้ำมีพื้นที่ลดน้อยลง ซึ่งจะทำให้ตัวเขื่อนมีเสถียรภาพดีขึ้น นอกจากนั้นหากในบริเวณที่ตั้งเขื่อนที่มีสภาพภูมิประเทศที่เหมาะสม ในการกำหนดแนวสันเขื่อนไว้ที่ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่ง แต่สภาพธรณีวิทยาฐานรากที่เหมาะสมไม่ตรงกับแนวนี้ โดยอาจจะเยื้องไปทางด้านเหนือน้ำหรือท้ายน้ำ จากแนวสันเขื่อนที่กำหนดไว้ ดังนั้นในสภาพเช่นนี้จะมีความเหมาะสมในการออกแบบให้แกนกลางเขื่อนเอียง นอกจากนั้นในกรณีที่วิศวกรผู้ออกแบบได้พิจารณาออกแบบให้มีทำนบชั่วคราวปิดกั้นลำน้ำเดิม (Coffer Dam) เป็นส่วนหนึ่งของตัวเขื่อน เพื่อเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงสภาพธรณีวิทยาฐานรากให้เหมาะสมมากยิ่งขึ้น ซึ่งจำเป็นต้องทำให้พื้นที่ท้ายน้ำของทำนบชั่วคราวแห้งพอสมควร โดยไม่ให้มีน้ำซึมผ่านใต้ฐานทำนบชั่วคราวเข้ามาในบริเวณพื้นที่ก่อสร้างได้ด้วยการพิจารณาออกแบบปรับปรุงฐานรากทำนบชั่วคราวที่จะจัดทำเป็นส่วนหนึ่งของตัวเขื่อนด้วยการอัดฉีดน้ำปูน (Cement Grouting) ในกรณีเช่นนี้ก็มีความเหมาะสมที่จะพิจารณาออกแบบให้แกนกลางเขื่อนเอียงได้เช่นกัน

(3) แกนกลางบาง (Thin Central Core) การออกแบบเขื่อนดินแบ่งส่วนประเภทนี้ มักจะกระทำในกรณีที่ดินทึบน้ำที่จะนำมาใช้ก่อสร้างเป็นแกนเขื่อนหาได้ยากและมีปริมาณน้อยมาก โดยทั่วไปแกนกลางบางจะกำหนดให้มีความหนาต่ำสุดไม่น้อยกว่า 4.00 เมตร ทั้งนี้เพื่อให้เครื่องจักรเครื่องมือก่อสร้างสามารถบดอัดแน่นดินแกนกลางได้โดยสะดวก โดยมีความแน่นตามต้องการ นอกจากนั้นจึงออกแบบให้ใช้ดินกึ่งทึบน้ำหุ้มแกนกลางไว้ โดยมีความหนาไม่น้อยกว่า 0.5 เท่าของความลึกน้ำที่จุดลึกสุดและบดอัดดินกึ่งทึบน้ำให้มีความแน่นเช่นเดียวกับแกนกลางคือไม่น้อยกว่า 98% Standard Proctor Compaction Test โดยในส่วนของเปลือกนอกจะใช้ดินกึ่งทึบน้ำ บดอัดแน่นให้มีความแน่นน้อยกว่ารูปแบบทั่วไป ได้แสดงไว้ในรูปที่ 12.2 – 5

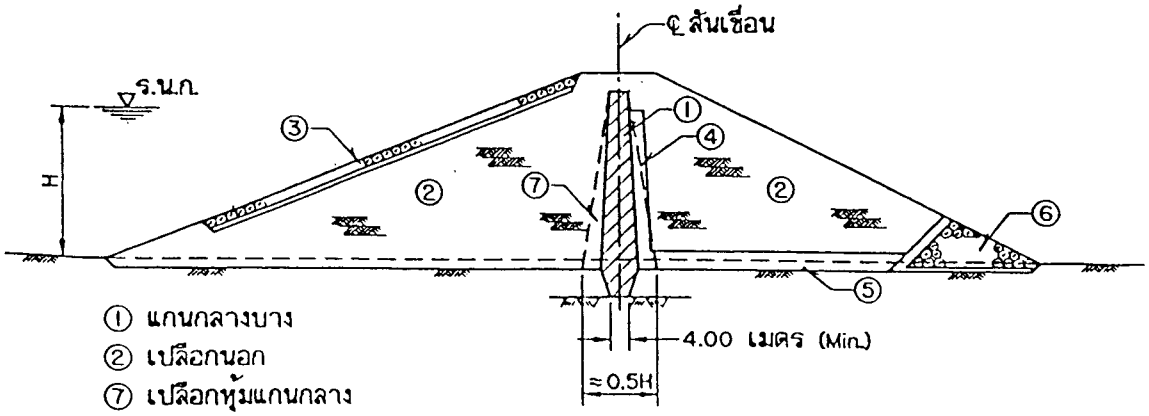
การออกแบบเขื่อนดินประเภทนี้ วิศวกรผู้ออกแบบจะต้องมีความพิถีพิถัน และความละเอียดรอบคอบเป็นกรณีพิเศษ ทั้งนี้เนื่องจากแกนกลางทึบน้ำค่อนข้างบาง หากเขื่อนเกิดการเคลื่อน



รูปที่ 12.2 – 4 เขื่อนดินชนิดแบ่งส่วนแบบแกนกลางหนา (Thick Central Core)



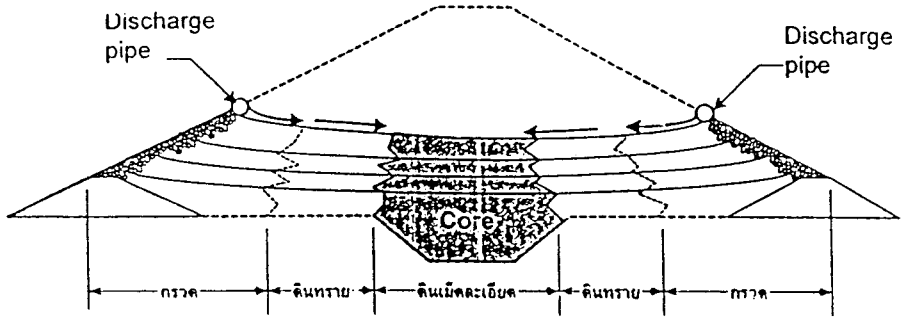
รูปที่ 12.2 – 5 เขื่อนดินชนิดแบ่งส่วนแบบแกนกลางเอียง (Inclined Core)



รูปที่ 12.2 – 6 เขื่อนดินชนิดแบ่งส่วนแบบแกนกลางบาง (Thin Central Core)

ตัวทั้งในระหว่างการก่อสร้างและการใช้งาน จะด้วยสาเหตุใดก็ตาม อาจจะทำให้เกิดรอยรั่วในตัวเขื่อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่แกนกลางทึบน้ำได้โดยง่าย ซึ่งอาจจะนำไปสู่การวิบัติของตัวเขื่อนได้ในที่สุด

(4) Hydraulic Fill Type เป็นเขื่อนดินชนิดแบ่งส่วนประเภทหนึ่ง ที่มีวิธีการก่อสร้างด้วยการนำดินและน้ำผสมผสานกัน แล้วสูบขึ้นมาถมตัวเขื่อนผ่านท่อ โดยกำหนดให้ปลายท่อพ่นดินรวมกับน้ำออกมาจากบริเวณขอบนอกของตัวเขื่อน จากนั้นวัสดุผสมดังกล่าวจะไหลเข้าหาแกนเขื่อน ดินเม็ดหยาบที่มีน้ำหนักมากกว่า จะตกตะกอนด้านนอกก่อน โดยที่ดินเม็ดละเอียดจะไหลไปที่บริเวณส่วนกลางที่เป็นตำแหน่งของแกนเขื่อน ดังแสดงในรูปที่ 12.2 – 6 เขื่อนดินประเภทนี้ไม่ค่อยแพร่หลายนักในการใช้งาน ทั้งนี้เนื่องจากการควบคุมคุณภาพกระทำได้ยาก



เขื่อนถมด้วยระบบสูบ

รูปที่ 12.2 – 6 เขื่อนชนิด Hydraulic Fill Type

12.2.3 ส่วนประกอบของเขื่อนดิน ส่วนประกอบของเขื่อนดิน หมายถึง ส่วนต่างๆที่ประกอบกันเป็นรูปร่างเขื่อนดิน ซึ่งส่วนประกอบแต่ละส่วนจะทำหน้าที่แตกต่างกันไป หรืออีกนัยหนึ่งเป็นการกำหนดรายละเอียดทางโครงสร้างของตัวเขื่อน เพื่อให้ตัวเขื่อนสามารถทำหน้าที่ต่างๆ ได้อย่างสมบูรณ์ครบถ้วนตามที่กำหนดไว้ โดยทั่วไปเขื่อนดินจะมีส่วนประกอบต่างๆ ได้แก่ สันเขื่อน ระยะพ้นน้ำ (Freeboard) ลาดเขื่อนด้านเหนือน้ำที่ป้องกันการกัดเซาะด้วยหินทิ้ง (Riprap) กรวดทรายรองพื้น (Bedding) ลาดเขื่อนด้านท้ายน้ำที่ป้องกันการกัดเซาะด้วยหินเรียงหรือการปลูกหญ้าบนหน้าดิน (Top Soil) แกนเขื่อน (Core Zone) ส่วนเปลือกนอก (Random Zone) ส่วนร่องแกน (Cutoff Trench) ส่วนที่เป็นชานพัก (Berm) เพื่อเพิ่มเสถียรภาพของตัวเขื่อนในกรณีที่เขื่อนมีความสูงค่อนข้างมาก หรือดินที่นำมา ก่อสร้างตัวเขื่อนมีคุณสมบัติทางวิศวกรรมไม่ดีนัก ส่วนของระบบระบายน้ำภาย

ในตัวเขื่อน ซึ่งได้แก่ Chimney Drain, Blanket Drain หรือ Horizontal Drain, Finger Drain, Rockfill Toe และ Toe Drain เป็นต้น นอกจากนั้นยังมีส่วนของระบบระบายน้ำผิวดินซึ่งได้แก่ Contact Drain และ Open Drain หรือ Gutter เป็นต้น ส่วนของบริเวณปลายเขื่อนทั้งสองฝั่งที่มักจะออกแบบให้เป็นที่กลับรถ ส่วนเผื่อการทรุดตัวของสันเขื่อนที่เรียกว่า Camber

ส่วนประกอบต่างๆของตัวเขื่อนตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้น และได้แสดงไว้ในรูปที่ 12.2 – 7 ถึงรูปที่ 12.2 – 9 นั้น

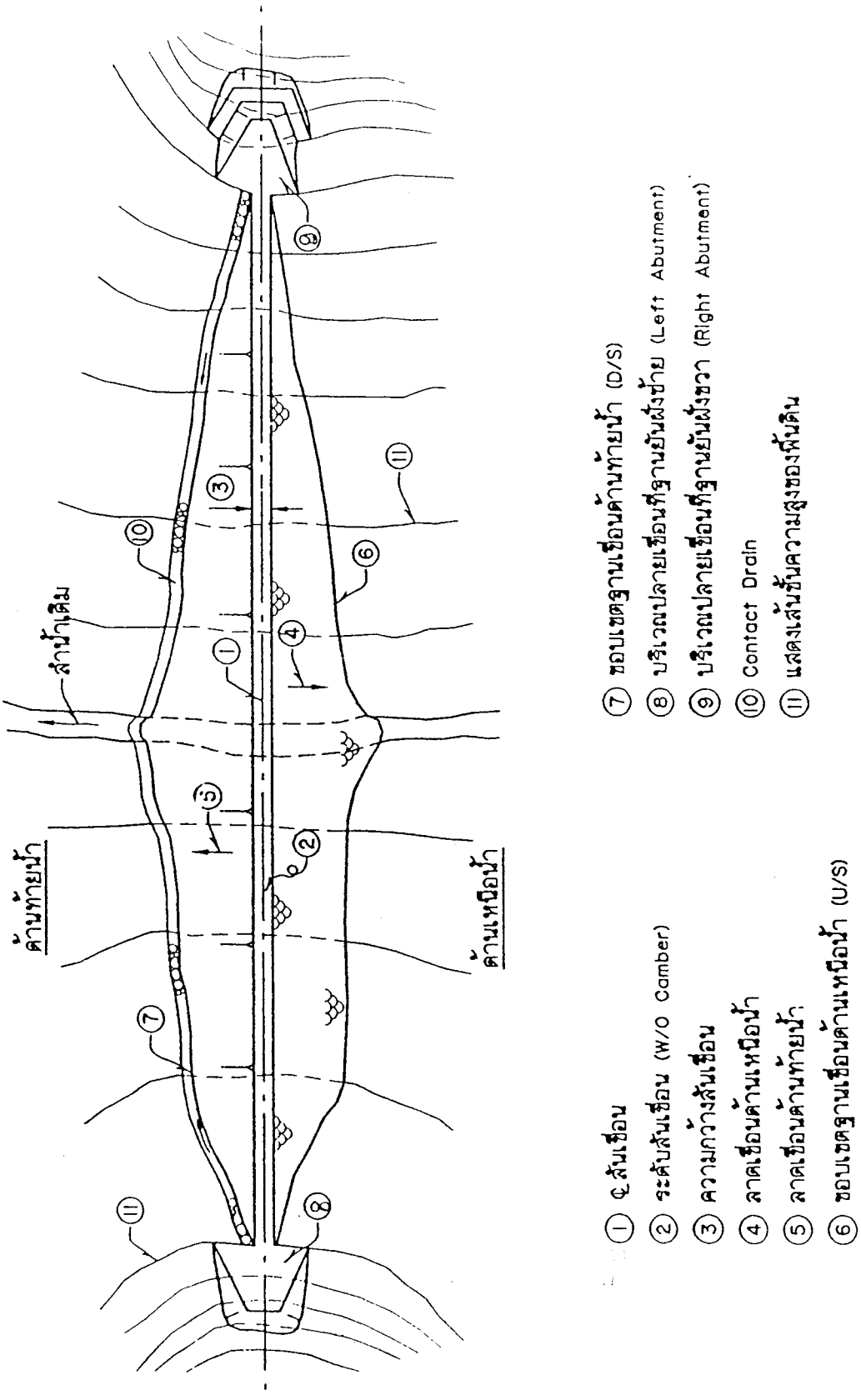
12.2.4 วัสดุก่อสร้างเขื่อนดิน เขื่อนดินมีโครงสร้างที่ประกอบด้วยวัสดุหลักหลายประเภท ได้แก่ ดินใช้สำหรับถมบดอัดเป็นตัวเขื่อน หินใช้ป้องกันการกัดเซาะของคลื่น กรวดทรายใช้เป็นวัสดุกรองป้องกันน้ำพัดพาเม็ดดิน โดยที่ดินเป็นวัสดุก่อสร้างที่สำคัญและมีปริมาณมากที่สุดในการก่อสร้างตัวเขื่อน ทั้งนี้เนื่องจากเป็นวัสดุที่มีความแข็งแรงทนทาน ทั้งในสภาพเปียกน้ำและแห้ง ภายใต้สภาวะการบดอัดแน่นที่เหมาะสม รวมทั้งมีราคาถูกและก่อสร้างง่าย พบได้ในบริเวณที่จะก่อสร้างตัวเขื่อน นอกจากนั้นยังมีคุณสมบัติทึบน้ำ ซึ่งทำให้น้ำจากอ่างเก็บน้ำมีปริมาณการไหลซึมผ่านตัวเขื่อนได้น้อย จึงสามารถเก็บกักน้ำไว้ได้นาน อย่างไรก็ตามดินก็มีคุณสมบัติด้อยบางประการด้วยเหมือนกัน กล่าวคือ เมื่ออยู่ภายใต้แรงดันน้ำ จะทำให้มีค่าความแข็งแรงลดลง และเมื่อแห้งหรือขาดน้ำจะทำให้เกิดการแตกร้าวขึ้นได้ ซึ่งเป็นผลเสียที่อาจจะนำไปสู่การวิบัติของตัวเขื่อนได้ รวมทั้งยังมีคุณสมบัติในการทรุดตัว เมื่อได้รับน้ำหนักอื่นกดทับ หรือจากน้ำหนักของตัวเอง ซึ่งหากไม่มีการพิจารณาในส่วนนี้ไว้ก็อาจจะทำให้ระดับสันเขื่อนทรุดต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และอาจจะทำให้เกิดภาวะน้ำล้นข้ามสันเขื่อน (Overtopping) หรือคลื่นจากน้ำในอ่างกระโจนข้ามสันเขื่อนได้ นอกจากนั้นดินที่ใช้ในการก่อสร้างเขื่อนในบางบริเวณ เช่น ในพื้นที่ภาคตะวันออก และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ รวมทั้งทางภาคตะวันตกบางพื้นที่มีคุณสมบัติกระจายตัวเมื่ออยู่ในน้ำ (Dispersive Soil) ซึ่งจะสร้างปัญหาให้กับการออกแบบและการก่อสร้างได้เช่นกัน

ดังนั้นวิศวกรผู้คำนวณออกแบบเขื่อนดิน ควรจะต้องทำการศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติของวัสดุก่อสร้างโดยเฉพาะอย่างยิ่งเกี่ยวกับเรื่องดิน ด้วยความละเอียด ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความเข้าใจพฤติกรรมของวัสดุ ภายใต้สภาพต่างๆได้อย่างชัดเจนถูกต้อง จนสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการคำนวณออกแบบได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตามเพื่อให้ผู้เกี่ยวข้องได้ทราบรายละเอียดบางประการ และนำไปใช้เป็นแนวทางในการดำเนินงานได้ต่อไป จึงขออธิบายพอเป็นสังเขป ดังนี้

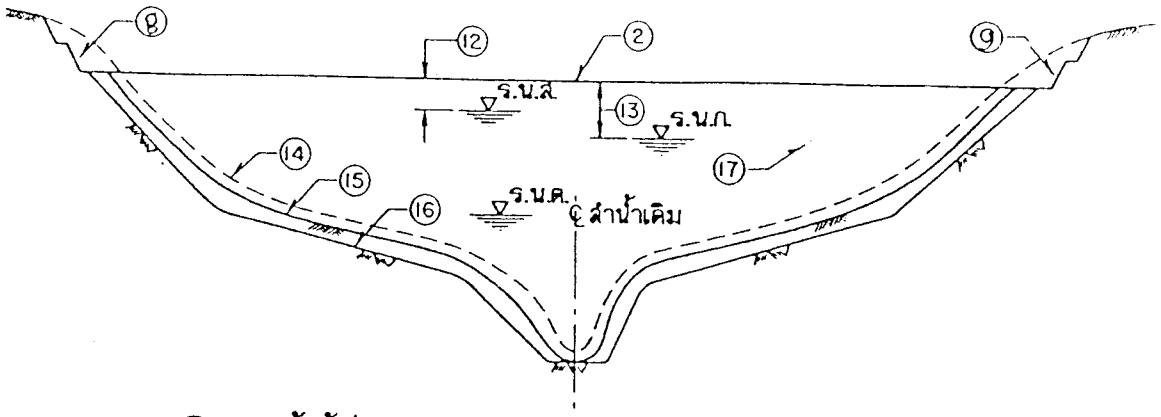
11.2.4.1 แหล่งดินก่อสร้างตัวเขื่อน (Borrow Area) แหล่งดินส่วนใหญ่ที่นำมาก่อสร้างตัวเขื่อน จะมีพื้นที่สำคัญ 3 แห่ง ได้แก่

(1) ในบริเวณอ่างเก็บน้ำ ตั้งแต่ระดับน้ำสูงสุดลงมา และมีระยะห่างจากฐานเขื่อนไม่น้อยกว่า 150.00 เมตร

(2) ดินขุดเปิดบ่อก่อสร้างบริเวณฐานเขื่อน ร่องแกน และตามแนวอาคารประกอบเขื่อน ซึ่งได้แก่ อาคารทางระบายน้ำล้นและอาคารท่อส่งน้ำ



รูปที่ 12.2 – 7 แปลนแสดงส่วนประกอบของเขื่อนดินถม



⑫ ระยะพ้นน้ำต่ำสุด (Minimum Freeboard)

⑬ ระยะพ้นน้ำสูงสุด (Maximum Freeboard)

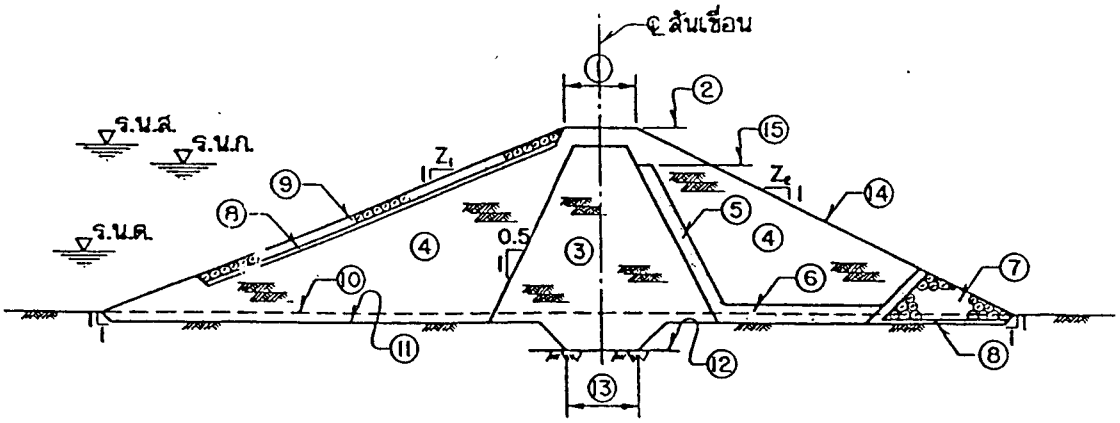
⑭ ระดับดินเดิมตามแนว℄ สันเขื่อนก่อนการก่อสร้างเขื่อน

⑮ ระดับชุดลอกหน้าดินโดยประมาณ

⑯ ระดับท้องร่องแกนโดยประมาณ

⑰ ดินถมตัวเขื่อน

รูปที่ 12.2 – 8 รูปตัดตามยาวตามแนวศูนย์กลางสันเขื่อน แสดงส่วนประกอบเขื่อนดินถม (จากรูปที่ 12.2 – 7)



①	ความกว้างสันเขื่อน	⑨	หินทิ้ง (Riprap)
②	ระดับสันเขื่อน (W/O Camber)	⑩	ระดับดินเดิม
③	ดินถมแกนกลาง (Core Zoned)	⑪	ระดับชุดลอกหน้าดิน
④	ดินถมเปลือกนอก (Random)	⑫	ระดับชั้นหิน
⑤	Chimney Drain	⑬	ความกว้างร่องแกน
⑥	Blanket Drain	⑭	ปลูกหญ้าบนดิน Topsoil
⑦	Rockfill Toe	Z_1	ลาดเขื่อนด้านเหนือน้ำ
⑧	กรวดทรายรองพื้น (Bedding)	Z_2	ลาดเขื่อนด้านท้ายน้ำ

รูปที่ 12.2 – 9 รูปตัดขวางตัวเขื่อน (จากรูปที่ 12.2 – 7)

(3) แหล่งยืมดินภายนอกอ่างเก็บน้ำในรัศมีห่างจากที่ตั้งตัวเขื่อนไม่มากกว่า 3 กิโลเมตร ซึ่งเป็นแหล่งที่จะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการจัดหา และควรพิจารณาตกแต่งให้มีสภาพภูมิทัศน์ที่งดงาม หลังจากที่ได้มีการพิจารณาขุดดินไปใช้งานแล้ว

วิศวกรผู้ออกแบบควรเดินทางไปตรวจพิจารณาในสนามด้วย เพื่อให้เกิดความมั่นใจและทราบข้อปัญหาต่างๆ ที่อาจจะมีขึ้น เพื่อนำไปพิจารณาเพิ่มเติมในขั้นออกแบบต่อไป

12.2.4.2 ปริมาณดินที่จะนำไปใช้ก่อสร้างตัวเขื่อน วิศวกรผู้ออกแบบเขื่อนสามารถประมาณได้จากรูปตัดตามขวางและรูปตัดตามยาวเขื่อนที่ได้จัดทำไว้ในเบื้องต้น แล้วแจ้งปริมาณที่ต้องการ พร้อมรายละเอียดของโครงการพร้อมแผนที่อ่างเก็บน้ำให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องดำเนินการจัดหาต่อไป

12.2.4.3 ชนิดของดินถมตัวเขื่อน ดินแบ่งออกเป็นกลุ่มได้หลายชนิด และมีคุณสมบัติทางภายภาพแตกต่างกันออกไป การแบ่งชนิดของดินมีหลายแบบ แต่ที่ใช้สำหรับงานด้านออกแบบเขื่อนจะใช้ระบบ Unified Soil Classification โดยมีรายละเอียดตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 12.2.4 – 1

ตารางที่ 12.2.4 - 1 แสดงชนิดของกลุ่มดินที่แบ่งตามระบบ Unified Soil Classification

ลำดับ	สัญลักษณ์ของกลุ่มดิน	ลักษณะรายละเอียดของกลุ่มดิน
1	GW	กรวดมีขนาดคละกันดี, กรวดผสมทรายมีเม็ดละเอียดปนบ้างหรือไม่มีเลย
2	GP	กรวดมีขนาดคละกันไม่ดี, กรวดผสมทรายมีเม็ดละเอียดปนบ้างหรือไม่มีเลย
3	GM	กรวดมีตะกอนทรายปน, กรวด-ทราย-ตะกอน ผสมกัน
4	GC	กรวดมีดินเหนียวปน, กรวด-ทราย-ดินเหนียว ผสมกัน
5	SW	ทรายมีขนาดคละกันดี, ทรายปนกรวด มีเม็ดละเอียดปนบ้างหรือไม่มีเลย
6	SP	ทรายมีขนาดคละกันไม่ดี, ทรายปนกรวด มีเม็ดละเอียดปนบ้างหรือไม่มีเลย
7	SM	ทรายมีตะกอนปน, ทราย-ตะกอน-ทราย ปนกัน
8	SC	ทรายมีดินเหนียว, ทราย-ดินเหนียว ผสมกัน
9	ML	ตะกอนทรายอนินทรีย์, ทรายละเอียดมาก, หินฝุ่น, ทรายละเอียดปน ตะกอนทราย หรือดินเหนียวมีความเหนียวเล็กน้อย
10	CL	ดินเหนียวอนินทรีย์ มีความเหนียวต่ำถึงปานกลาง, ดินเหนียวปนกรวด, ดินเหนียวปนทราย, ดินเหนียวปนตะกอนทราย, ดินเหนียวล้วน
11	OL	ตะกอนทรายอินทรีย์ และดินเหนียวปนตะกอนทรายอินทรีย์ มีความเหนียวต่ำ

ตารางที่ 12.2.4 – 1 (ต่อ) แสดงชนิดของกลุ่มดินที่แบ่งตามระบบ Unified Soil Classification

ลำดับ	สัญลักษณ์ของกลุ่มดิน	ลักษณะรายละเอียดของกลุ่มดิน
12	MH	ตะกอนทรายอนินทรีย์, ทรายละเอียดหรือตะกอนทรายปนไมก้า หรือดินเผา, ตะกอนทรายที่ยืดหยุ่น
13	CH	ดินเหนียวอนินทรีย์, ทรายละเอียดหรือตะกอนทรายปนไมก้า หรือดินเผา, ตะกอนทรายที่ยืดหยุ่น
14	OH	ดินเหนียวอินทรีย์ มีความเหนียวปานกลางถึงสูง, ตะกอนทรายอินทรีย์

12.2.4.4 การนำดินไปใช้งาน ดินในกลุ่มต่างๆ สามารถนำมาใช้ก่อสร้างได้ทั้งสิ้น แต่มีความเหมาะสมมากน้อยแตกต่างกันออกไป บางกลุ่มเหมาะสมที่จะนำไปในการก่อสร้างแกนกลางทึบน้ำ บางกลุ่มเหมาะสมในการนำไปก่อสร้างส่วนเปลือกของตัวเขื่อน บางชนิดจะต้องทำการปรับปรุงเสียก่อน จึงจะนำไปใช้งานได้ เช่น ดินที่มีคุณสมบัติกระจายตัว จำเป็นจะต้องผสมด้วยปูนขาวด้วยปริมาณที่เหมาะสม (2-5 เปอร์เซ็นต์โดยประมาณ) เป็นต้น การพิจารณานำดินในกลุ่มต่างๆไปใช้ก่อสร้างตัวเขื่อนตามความเหมาะสม ได้แสดงไว้ในตารางที่ 12.2.4 – 2

ตารางที่ 12.2.4 - 2 แสดงกลุ่มดินที่เหมาะสมสำหรับการก่อสร้างตัวเขื่อน

ลำดับ	ชนิดเขื่อน	ส่วนของตัวเขื่อน	ชนิดกลุ่มดินตามลำดับความเหมาะสม
1	เนื้อเดียวล้วน (Homogeneous)	-	GC , GM , SC , SM , CL , ML , CH , MH และ OH
2	ชนิดแบ่งส่วน (Zoned Type)	ส่วนแกนกลาง (Core)	GC , SC , CL , GM , SM , ML , CH , OL , MH และ OH
		ส่วนหุ้มแกนเขื่อนหรือส่วนเปลือก (Shell หรือ Random)	GW , GP , SW , SP

12.2.5.5 คุณสมบัติทางกายภาพของดิน ดินที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้ก่อสร้างตัวเขื่อน ควรมีคุณสมบัติทางกายภาพ โดยสังเขปดังต่อไปนี้

(1) มีค่าความซึมน้ำ (Coefficient of Permeability , K) ไม่มากกว่า 10^{-5} ซม./วินาที (สำหรับนำมาทำเป็นส่วนแกนกลางเขื่อน)

(2) มีน้ำหนักมากเมื่อบดอัดแน่น

(3) ไม่พองตัว เมื่อชุ่มน้ำ

(4) ไม่หดตัวมาก เมื่อแห้ง

(5) มีแรงยึดเกาะระหว่างเม็ดดิน (Cohesion) กันเป็นอย่างดี

(6) ต้านทานแรงเฉือน (Shear Strength) ได้ดี เมื่อบดอัดแน่นแล้ว

(7) บดอัดได้ง่าย โดยใช้พลังงานในการบดอัดต่ำ

(8) ยุบตัวน้อย เมื่อบดอัดแน่นแล้ว

(9) สำหรับดินที่จะนำไปก่อสร้างเป็นส่วนหุ้มแกนเขื่อนหรือส่วนเปลือก จะต้องมีคุณสมบัติตามที่กล่าวข้างต้น ตั้งแต่ ข้อ (2) ถึงข้อ (8) และต้องเป็นดินกึ่งทึบน้ำ หรือ ไม่ทึบน้ำที่ต้านทานการกัดเซาะได้ดี โดยมีค่าความซึมน้ำ (K) ไม่น้อยกว่า 10^{-3} - 10^{-4} ซม./วินาที

12.2.4.6 คุณสมบัติทางวิศวกรรมของดิน คุณสมบัติด้านนี้จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์ความมั่นคง และเสถียรภาพของลาดเขื่อน ซึ่งประกอบด้วย หน่วยน้ำหนัก (Unit Weight , γ) ค่ามุมทรงตัว (Angle of Repose , ϕ) แรงยึดเกาะระหว่างเม็ดดิน (Cohesion , C) รวมทั้งค่าอื่นๆ ได้แก่ ค่า Consistency, Consolidation เป็นต้น คุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของดินในกลุ่มต่างๆ โดยประมาณได้แสดงไว้ในตารางที่ 11.2.4 – 3 ซึ่ง USBR ได้รวบรวมและนำเสนอไว้ในหนังสือ Design of Small Dams วิศวกรผู้ออกแบบสามารถนำไปใช้คำนวณออกแบบในเบื้องต้นได้ หากในโครงการนั้นยังไม่มีการสำรวจไว้ อย่างไรก็ตามหากมีข้อมูลที่ได้สำรวจและทดสอบไว้ หรือหากได้รับข้อมูลเหล่านั้นเพิ่มเติมในภายหลัง จะต้องนำข้อมูลจริงของโครงการนั้นๆไปใช้ดำเนินการต่อไป

12.3 การคำนวณออกแบบเขื่อนดิน ตามที่ได้กล่าวในตอนต้นมาบ้างแล้วว่า เขื่อนดินที่มีความสูงตั้งแต่ 1.50 เมตรขึ้นไป เป็นอาคารวิศวกรรมควบคุมประเภทหนึ่ง ดังนั้น จะต้องมีการจัดการและคำนวณออกแบบให้เป็นไปตามหลักวิศวกรรมอย่างเคร่งครัด เพื่อกำหนดและตรวจสอบขนาดอาคารให้มีความมั่นคง แข็งแรง ปลอดภัยและประหยัด มีอายุการใช้งานนานตามที่ต้องการ

สำหรับเขื่อนดินจะมีการคำนวณออกแบบและกำหนดขนาดอาคารในเรื่องต่างๆ ประกอบด้วย **ขนาดความกว้างสันเขื่อน คำนวณขนาดคลื่นและระยะพ้นน้ำของสันเขื่อน (Freeboard) ขนาดหินทิ้งและกรวดทรายรองพื้น วิเคราะห์คำนวณความมีเสถียรภาพของลาดเขื่อน (Slope Stability Analysis) คำนวณการทรุดตัวของตัวเขื่อนและฐานราก คำนวณปริมาณน้ำซึมผ่านตัวเขื่อนและฐานราก คำนวณขนาดคละของวัสดุกรองน้ำ (Gradation of Filter Material) คำนวณขนาดของระบบระบายน้ำในตัวเขื่อน คำนวณแรงกดที่กระทำกับฐานราก** เป็นต้น ซึ่งขอไม่กล่าวรายละเอียดวิธีการคำนวณไว้ ณ ที่นี้

นอกจากการคำนวณตามที่กล่าวไว้ข้างต้นนั้น ยังจะต้องมีการพิจารณาในเรื่องต่างๆ ประกอบกันด้วย เช่น การพิจารณาออกแบบถนนบนสันเขื่อน พิจารณากำหนดรายละเอียดตามส่วนประกอบของเขื่อนดิน พิจารณาคัดเลือกชนิดดินถมตัวเขื่อน เป็นต้น ซึ่งในที่นี้จะไม่ขอกล่าวรายละเอียดต่างๆไว้ ผู้สนใจสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากเอกสารอ้างอิงหมายเลข 3

ตารางที่ 12.2.4 – 3 แสดงค่าเฉลี่ยคุณสมบัติของดินประเภทต่างๆ

ชนิดดิน	Proctor Compaction		Void Ratio	ค่าความซึมน้ำ	Compressibility		กำลังรับแรงเฉือน (Shear Strength)		
	γ_{dry} (max.) (ตัน/ม.^{3})	Optimum Water Content, %	e_{of}	k x 10^{-6} ซม./วินาที	ที่ 1.4 กก/ม.^{2} เป็นร้อยละ	ที่ 3.5 กก/ม.^{2} เป็นร้อยละ	C_o กก./ซม.^{2}	S_{cat} กก./ซม.^{2}	tan ϕ
GW	> 1.90	< 13.3	(.)	(0.26±0.013)x10^6	< 1.4	(.)	(.)	(.)	> 0.79
GP	> 1.76	< 12.4	(.)	(0.064±0.033)x10^6	< 0.8	(.)	(.)	(.)	> 0.74
GM	> 1.82	< 14.5	(.)	> 0.3	< 1.2	< 3.0	(.)	(.)	> 0.67
GC	> 1.84	< 14.7	(.)	> 0.3	< 1.2	< 2.4	(.)	(.)	> 0.60
SW	1.90±0.08	13.3±2.5	0.37±(.)	(.)	1.4±(.)	(.)	0.4±0.04	(.)	0.79±0.02
SP	1.76±0.03	12.4±1.0	0.50±0.03	> 15	0.08±0.3	(.)	0.23±0.06	(.)	0.74±0.02
SM	1.82±0.016	14.5±0.4	0.48±0.02	7.3±4.7	1.2±0.1	3.0±0.4	0.52±0.06	0.2±0.07	0.67±0.02
SM-SC	1.90±0.016	1.28±0.5	0.41±0.02	0.8±0.6	1.4±0.3	2.9±1.0	0.51±0.22	0.15±0.06	0.66±0.07
SC	1.84±0.016	14.7±0.4	0.48±0.01	0.3±0.2	1.2±0.2	2.4±0.5	0.76±0.15	0.11±0.06	0.60±0.07
ML	1.65±0.016	19.2±0.7	0.63±0.02	0.57±0.22	1.5±0.2	2.6±0.3	0.68±0.10	0.09±(.)	0.62±0.04
ML-CL	1.74±0.03	16.8±0.7	0.54±0.03	0.125±0.07	1.0±0.2	2.2±0.0	0.64±0.17	0.22±(.)	0.62±0.06
CL	1.73±0.016	17.3±0.3	0.56±0.01	0.08±0.03	1.4±0.2	2.6±0.4	0.88±0.10	0.13±0.02	0.54±0.04
OL	(.)	(.)	(.)	(.)	(.)	(.)	(.)	(.)	(.)
MH	1.31±0.06	36.3±3.2	1.15±0.02	0.16±0.10	2.0±1.2	3.8±0.8	0.74±0.30	0.20±0.09	0.47±0.05
CH	1.50±0.03	25.5±1.2	0.80±0.04	0.05±0.05	2.6±1.3	3.9±1.5	1.04±0.34	0.11±0.06	0.35±0.09
OH	(.)	(.)	(.)	(.)	(.)	(.)	(.)	(.)	(.)

หมายเหตุ :-

1. เครื่องหมาย ± หมายถึง มีค่าความเชื่อถือ 90% จากค่าเฉลี่ย
2. (.) หมายถึง ข้อมูลไม่เพียงพอ , > หมายถึงมากกว่า และ < หมายถึงน้อยกว่า
3. C_o ค่า Effective Stress สำหรับตัวอย่างดินบดอัดด้วยหน่วยน้ำหนักแห้ง (Dry Density) ตามวิธีของ Proctor
4. S_{cat} ค่า Effective Stress ของตัวอย่างดินบดอัดตามข้อ 3. และทำให้อิ่มตัวก่อนการทดสอบ
5. ตารางนี้คัดลอกและเปลี่ยนหน่วยมาจาก U.S.B.R. ในหนังสือ Design of Small Dams.

12.3.1 การกำหนดลาดเขื่อนในเบื้องต้น วิศวกรผู้ออกแบบเขื่อน สามารถกำหนดขนาดตัวเขื่อนทั้งด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำในขั้นการคำนวณออกแบบเบื้องต้นได้ โดยพิจารณาจากปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ชนิดของตัวเขื่อน วัตถุประสงค์ในการเก็บกักน้ำ เงื่อนไขของการเก็บน้ำ ชนิดของวัสดุก่อสร้างตัวเขื่อน ซึ่ง USBR ได้ให้ข้อเสนอแนะไว้ในหนังสือ Design of Small Dams ตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 12.3.1 – 1 และ 12.3.1 – 2 เมื่อได้รูปร่างของเขื่อนดินโดยประมาณแล้ว จึงนำไปทำการวิเคราะห์หาความมั่นคงและเสถียรภาพของลาดเขื่อน (Slope Stability Analysis) พร้อมทั้งการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (Deformation) ตลอดจนการเคลื่อนตัว (Movement) ของตัวเขื่อน โดยใช้คุณสมบัติจริงของดินที่ทำการทดสอบได้ของแต่ละโครงการ ต่อไป

ตารางที่ 12.3.1 – 1 ลาดเขื่อนดินเบื้องต้นสำหรับเขื่อนดินชนิดเนื้อเดียว (Homogeneous Earthfill Dams) ที่วางบนฐานรากที่มั่นคง

ลำดับ	ชนิดเขื่อน	วัตถุประสงค์	ลดน้ำในอ่างกระทันหัน	ชนิดดินถมตัวเขื่อน	ลาดเขื่อนแนะนำ	
					เหนือน้ำ	ท้ายน้ำ
1	Homogeneous หรือ Modified Homogeneous	เก็บกักน้ำ	-	GC, GM, SC, SM	1:2.5	1:2
				CL, ML	1:3	1:2.5
				CH, MH	1:3.5	1:2.5
2	Modified Homogeneous	เก็บกักน้ำ	✓	GC, GM, SC, SM	1:3	1:2
				CL, ML	1:3.5	1:2.5
				CH, MH	1:4	1:2.5

12.4 การจัดทำแบบแปลนเขื่อนดิน แบบแปลนเพื่อการก่อสร้าง เป็นเอกสารข้อมูลที่วิศวกรผู้ออกแบบจัดทำขึ้น เพื่อแสดงแบบรูปรายละเอียดต่างๆของอาคารแต่ละประเภท ด้วยความละเอียด ชัดเจน จนกระทั่งผู้ก่อสร้าง สามารถนำไปใช้เพื่อการก่อสร้างได้ ทั้งนี้เมื่อได้ศึกษารายละเอียดจากแบบแปลนดังกล่าวแล้ว ดังนั้นแบบแปลนเพื่อการก่อสร้างจึงเปรียบเสมือนเป็นภาษาที่ใช้ติดต่อสื่อสารกันระหว่างวิศวกรผู้ออกแบบ และวิศวกรหรือนายช่างผู้ก่อสร้างให้มีความเข้าใจถูกต้องตรงกันจนสามารถก่อสร้างอาคารต่างๆได้จริงตามที่ต้องการ

แบบแปลนดังกล่าว มีจำนวนแบบแปลนตั้งแต่หนึ่งแผ่นขึ้นไป โดยรายละเอียดในแต่ละแผ่นจะประกอบไปด้วย แบบรูปต่างๆที่แสดงในลักษณะรูปสองมิติเป็นส่วนใหญ่ หรือเกือบทั้งหมด เช่น รูปแปลน รูปตัดตามยาว รูปตัดตามขวาง รูปขยายและรายละเอียด รวมทั้งตารางแสดงรายละเอียดหมายเหตุประกอบแบบแปลน แบบประกอบและชื่อของแบบแปลน เป็นต้น นอกจากนั้นจะต้องกำหนดหมายเลขประจำแบบแปลนไว้ทุกแผ่น เพื่อให้สามารถอ้างอิงได้

ตารางที่ 12.3.1 – 2 ลาดเขื่อนดินเบื้องต้นสำหรับเขื่อนดินชนิดแบ่งส่วน (Zoned Type Dam) วางบนฐานรากที่มั่นคง

ลำดับ	ชนิดเขื่อน	วัตถุประสงค์	ลดน้ำในอ่างกระทันหัน	ชนิดดินถมตัวเขื่อน		ลาดเขื่อนแนะนำ	
				เปลือกนอก	แกนกลาง	เหนือน้ำ	ท้ายน้ำ
1	แกนเขื่อน กว้างน้อยสุด	หลายอย่าง	✓	Rockfill , GW, GP , SW หรือ SP	GC , GM , SC , SM , CL , ML , CH , MH	1:2	1:2
2	แกนเขื่อนกว้างมากสุด	เก็บกักน้ำ	-	Rockfill , GW , GP , SW หรือ SP	GC , GM	1:2	1:2
					SC , SM	1:2.25	1:2.25
					CL , ML	1:2.5	1:2.5
					CH , MH	1:3	1:3
3	แกนเขื่อนกว้างมากสุด	เก็บกักน้ำ	✓	Rockfill , GW , GP , SW หรือ SP	GC , GM	1:2.5	1:2
					SC , SM	1:2.5	1:2.25
					CL , ML	1:3	1:2.5
					CH , MH	1:3.5	1:3

หมายเหตุ (1) ลดน้ำในอ่างเก็บน้ำอย่างรวดเร็ว (Rapid Drawdown) หมายถึง การลดน้ำลงด้วยอัตราตั้งแต่ 0.15 เมตรต่อวันขึ้นไป

(2) การลดน้ำในอ่างเก็บน้ำอย่างรวดเร็ว จะไม่มีผลกระทบกับลาดเขื่อนด้านเหนือน้ำของเขื่อนชนิดแบ่งส่วนที่มีส่วนเปลือกนอกใหญ่และหนา

วิศวกรผู้ออกแบบจะต้องพิจารณาจัดทำแบบแปลนให้ถูกต้อง ชัดเจน ครบถ้วน สมบูรณ์เพียงพอที่จะให้ผู้เกี่ยวข้องเข้าใจและสามารถนำแบบแปลนดังกล่าวไปใช้งานในขั้นตอนต่างๆต่อไปได้ เช่น การนำเสนอโครงการ การประมาณราคาค่าก่อสร้าง และการก่อสร้างได้อย่างสมบูรณ์เพียงพอ มิเช่นนั้นอาจจะทำให้เกิดความเสียหายขึ้นได้ ซึ่งวิศวกรผู้ออกแบบจะต้องพิจารณาแก้ไขแบบแปลนที่ไม่ถูกต้องนั้น ให้มีความถูกต้องและเกิดความสมบูรณ์เพียงพอต่อไป

แบบแปลนที่จะจัดทำขึ้นนั้น ผู้จัดทำควรพิจารณาแบ่งกลุ่มออกเป็นกลุ่มใหญ่ ตามลักษณะชนิดประเภทของอาคารหรือข้อมูล ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 6 กลุ่ม กล่าวคือ แบบแปลนข้อมูลทั่วไป แบบแปลนเขื่อนเก็บกักน้ำ แบบแปลนอาคารทางระบายน้ำล้น แบบแปลนอาคารทางระบายน้ำลงลำน้ำเดิม แบบแปลนอาคารท่อส่งน้ำ แบบแปลนถนนต่างๆ และแบบมาตรฐาน ต่อจากนั้นควรพิจารณาแบ่งกลุ่มแบบแปลนแต่ละกลุ่มใหญ่ออกเป็นกลุ่มย่อย เช่น แบบแปลนแสดงลักษณะทั่วไป แบบแปลนแสดงรายละเอียด แบบแปลนแสดงการเสริมเหล็ก เป็นต้น

แบบแปลนเขื่อนเก็บกักน้ำ เป็นกลุ่มแบบแปลนที่แสดงลักษณะทั่วไปและรายละเอียดเฉพาะของเขื่อนเก็บกักน้ำ เช่น แปลน รูปตัดตามยาว รูปตัดขวางตัวเขื่อน รูปขยายแสดงรายละเอียดต่างๆ รูปแบบการปรับปรุงฐานราก รูปแบบระบบระบายน้ำภายในตัวเขื่อน รูปแบบเครื่องมือวัดพฤติกรรมเขื่อนและตำแหน่งที่ตั้ง พร้อมหมายเหตุและแบบประกอบ เป็นต้น

แบบแปลนที่ดี จะต้องแสดงรายละเอียดต่างๆ ครบถ้วน ชัดเจน กระชับ พร้อมที่จะนำไปใช้เพื่อการก่อสร้างได้โดยไม่มีข้อสงสัยแต่ประการใด นอกจากนั้นควรมีความสวยงามในการจัดวางรูป มีการใช้มาตราส่วนที่เหมาะสม มีการจัดนำเสนอความคิดของวิศวกรผู้ออกแบบในลักษณะต่อเนื่องกันไปเป็นเรื่องราวที่สามารถเข้าใจได้โดยง่าย ซึ่งการที่จะจัดทำให้ได้แบบแปลนที่ดีนั้น ผู้จัดทำจะต้องใช้ทั้งศาสตร์และศิลป์ร่วมกัน ขอนำเสนอแนวทางในการจัดทำแบบแปลนไว้โดยสังเขป ดังนี้

(1) กำหนดขนาดแบบแปลน (ควรใช้ขนาด A1)

(2) เตรียมเครื่องมืออุปกรณ์เขียนแบบให้เรียบร้อย สำหรับกรณีการเขียนด้วยมือ

(3) จัดทำกรอบแบบ และกรอบชื่อแบบให้เรียบร้อยตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งจะต้องใส่ชื่อโครงการให้ครบถ้วน เพื่อป้องกันความสับสนและสูญหาย

(4) กำหนดขอบเขตงานที่ต้องการเขียนลงในกระดาษเขียนแบบแผ่นนั้น เช่น ต้องการเขียนแบบตะแกรงดักขยะของอาคารท่อส่งน้ำ เป็นต้น

(5) พิจารณาว่าอาคารที่จัดทำแบบในครั้งนั้นมีแบบรูปที่ต้องการแสดงรายละเอียดจำนวนเท่าใด เช่น รูปแปลน รูปตัด และรูปขยายต่างๆ ให้ครบถ้วนโดยประมาณ

(6) จัดเตรียมพื้นที่ส่วนหนึ่งสำหรับเขียนหมายเหตุ และแบบประกอบไว้เหนือกรอบชื่อแบบ ซึ่งอยู่ทางมุมล่างด้านขวามือ

(7) กำหนดมาตราส่วนให้เหมาะสมกับแบบรูปต่างๆ ที่ต้องการแสดงตามที่กล่าวไว้ในข้อ (5)

(8) พิจารณาพื้นที่ส่วนที่เหลือจากข้อ (6) เพื่อจัดรูปแบบในข้อ (7) ให้ลงพอดีกับหน้ากระดาษที่เหลือ โดยแบบรูปแรกที่แสดง ควรเป็นรูปแปลนและแสดงไว้ที่มุมซ้ายด้านบน หลังจากนั้นจึงจัดแบบรูปอื่นลงในพื้นที่ที่เหลือให้ครบถ้วน โดยมีช่องไฟระหว่างรูปให้พอสวยงามตามสมควร และอย่าจัดรูปให้มีที่ว่างเหลือมากมายนัก หรือแน่นเต็มไปหมด ซึ่งจะทำให้รู้สึกอัดอัดได้

(9) หากแบบรูปทั้งหมดไม่สามารถจัดวางในกระดาษเขียนแบบแผ่นเดียวได้ ก็สามารถจัดแบบรูปที่เหลือลงไปไว้ในกระดาษเขียนแบบแผ่นที่สอง หรือแผ่นต่อไปได้ตามความต้องการ แต่จะต้องยึดถือหลักการที่กล่าวไว้ข้างต้น เพื่อมิให้มีที่ว่างหรือแน่นจนเกินไป

(10) ก่อนบรรจุแบบรูปต่างๆลงไปในกระดาษเขียนแบบร่าง ควรจัดทำร่างแบบรูปทั้งหมด สำหรับส่วนของอาคารที่กำลังพิจารณาลงในกระดาษ A4 หรือ A3 โดยประมาณให้เรียบร้อยก่อน เพื่อให้ผู้ตรวจพิจารณา ช่วยพิจารณาความถูกต้องในระดับหนึ่งก่อน ซึ่งการดำเนินการเช่นนี้ จะช่วยให้ลดขั้นตอนการแก้ไขแบบแปลนลงได้มาก และจะทำให้การจัดทำแบบแปลนเป็นไปด้วยความรวดเร็ว เรียบร้อยมากยิ่งขึ้น

(11) ผู้จัดทำแบบควรตรวจสอบความถูกต้อง เรียบร้อยครั้งสุดท้าย ก่อนจัดส่งไปให้ผู้ตรวจพิจารณาแบบแปลนดำเนินการในขั้นตอนต่อไป เพราะถือเป็นความรับผิดชอบโดยตรงของผู้จัดทำแบบแปลน ไม่ควรผลักภาระให้ผู้ตรวจพิจารณาแบบเพียงฝ่ายเดียว ซึ่งการพิจารณาตรวจสอบในขั้นนี้ สามารถกระทำได้โดยไม่มีความยุ่งยากแต่ประการใด โดยควรยึดหลักว่า แบบที่จัดทำแล้วเสร็จนี้มีรายละเอียดครบถ้วน สมบูรณ์เพียงพอ ที่จะนำไปใช้ในการก่อสร้างได้หรือไม่ และเป็นไปตามมาตรฐานการเขียนแบบของสำนักออกแบบวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม หรือไม่

(12) แบบแปลนที่มีความถูกต้อง สมบูรณ์เพียงพอที่จะนำไปใช้ในการก่อสร้างได้นั้น มีวิธีการตรวจพิจารณาโดยง่าย กล่าวคือ ทุกแบบรูปจะต้องแสดงมิติต่างๆให้ครบถ้วนตามความจำเป็น แสดงระดับและระยะทางกิโลเมตรของอาคารกำกับไว้ พร้อมทั้งชนิดวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างอย่างชัดเจน นอกจากนั้นแบบรูปทุกรูปที่แสดงไว้จะต้องมีความถูกต้องตรงกันทุกประการ ไม่มีส่วนใด หรือคำพูดใดที่แสดงความขัดแย้งกัน หรือคลุมเครือ ซึ่งจะต้องไม่ทำให้ผู้อ่านแบบใช้วิธีการคาดเดาแต่ประการใด

(13) ผู้จัดทำแบบ สามารถพิจารณาแบบรูปของอาคารต่างๆ ที่สนใจได้จากแบบแปลนที่จัดทำไว้แล้ว ทั้งนี้เพื่อเป็นตัวอย่าง และแนวทางตลอดรวมทั้งเป็นแนวคิด ในการจัดทำแบบให้สมบูรณ์ถูกต้องต่อไป การลอกเลียนแบบรูปต่างๆ จากแบบแปลนที่จัดทำไว้แล้ว สามารถกระทำได้ แต่ต้องมีความระมัดระวังเป็นพิเศษ เนื่องจากเป็นแบบเฉพาะของแต่ละโครงการย่อมมีเงื่อนไขประกอบหลายประการ และจะต้องพิจารณาด้วยความละเอียดรอบในการนำไปใช้งานที่แตกต่างกัน เมื่อตัดสินใจที่จะลอกเลียนแบบรูปดังกล่าวแล้ว ผู้จัดทำแบบจะต้องแสดงรายละเอียดข้อมูลต่างๆ เช่น ค่าระดับ และค่าระยะทางเป็นกิโลเมตร ให้ถูกต้องตรงกันกับโครงการที่กำลังดำเนินการ

(14) ควรจัดทำแบบรูปต่างๆ ที่กำหนดไว้ลงในแบบแปลนอย่างน้อยที่สุดวันละ 1 แบบรูป ทั้งนี้เพื่อให้สามารถดำเนินการจัดทำแบบแปลนแต่ละแผ่นให้แล้วเสร็จ จำนวน 1 แผ่นได้ภายใน 1 สัปดาห์เป็นอย่างน้อย

(15) จัดส่งแบบแปลนที่ดำเนินการแล้วเสร็จ แต่ละแผ่นไปพิมพ์เขียว (โอซาลิด) เพื่อจัดส่งให้ผู้พิจารณาตรวจแบบดำเนินการในขั้นตอนต่อไป ภายหลังจากที่ผู้ออกแบบ ได้พิจารณาตรวจสอบความถูกต้องในการจัดทำแบบแปลนด้วยตัวเองเรียบร้อยแล้ว

12.5 การตรวจพิจารณาแบบแปลน เมื่อได้จัดทำแบบแปลนเรียบร้อยตามที่ได้กล่าวไว้ในข้อ 12.4 แล้ว ขั้นตอนต่อไป จะเป็นขั้นตอนการตรวจพิจารณาแบบแปลน ให้มีความถูกต้อง ชัดเจน พร้อมที่จะนำไปใช้เพื่อการก่อสร้างได้ ซึ่งจะดำเนินการโดยหัวหน้าหน่วยงาน หรือวิศวกรอาวุโสที่มีความสามารถและประสบการณ์ในการออกแบบเขื่อนและอาคารประกอบมาแล้วเป็นอย่างดี รวมทั้งต้องได้รับใบประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมในระดับสามัญวิศวกรโยธาเป็นอย่างน้อย และได้รับการมอบหมายจากหัวหน้าหน่วยงาน ให้เป็นผู้พิจารณาตรวจสอบแบบแปลน โดยหลักการพิจารณาในครั้งนี้ คงไม่แตกต่างไปจากหลักการที่กล่าวไว้ในข้อ 12.4 (11) และ (12) แต่จะพิจารณาเพิ่มเติมในภาพรวมให้แบบแปลนทุกแผ่นมีความถูกต้องตรงกัน รวมทั้งจะทำการพิจารณาในรายละเอียดต่างๆ ที่เห็นว่า ยังแสดงไว้ไม่ชัดเจน ให้มีความละเอียดชัดเจนมากยิ่งขึ้น ซึ่งในขั้นตอนนี้ หากมีการจัดทำแบบแปลนมาไม่ดีพอ จะถูกพิจารณาให้มีการแก้ไขค่อนข้างมาก หรือให้จัดทำใหม่ก็ได้ ดังนั้นเพื่อมิให้เกิดเหตุการณ์ดังกล่าวมากนัก ผู้จัดทำแบบควรยึดหลักการในการจัดทำแบบแปลนตามที่กล่าวไว้ข้างต้นอย่างเคร่งครัด พร้อมทั้งขอคำปรึกษาหารือกับผู้ตรวจพิจารณาแบบอย่างใกล้ชิดและสม่ำเสมอ ซึ่งจะเป็นการแก้ไขปัญหานี้ได้เป็นอย่างดี

หากแบบแปลนมีข้อผิดพลาด ผู้ตรวจพิจารณาแบบจะส่งแบบแปลนกลับคืนไปให้ผู้จัดทำแบบดำเนินการแก้ไขให้ถูกต้องเรียบร้อย แต่หากแบบแปลนถูกต้องแล้ว ผู้ตรวจพิจารณาแบบแปลน จะจัดส่งแบบแปลนที่จัดทำด้วยมือ ไปทำการคัดลอกด้วยหมึกและบรรทัดอักษรสำเร็จรูป (Lettering) โดยเจ้าหน้าที่คัดลอกแบบต่อไป พร้อมตรวจพิจารณาความถูกต้องเรียบร้อยของการคัดลอก แต่หากเป็นแบบแปลนที่จัดทำโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ ผู้ตรวจพิจารณาแบบแปลนจะแจ้งให้ผู้จัดทำแบบจัดพิมพ์ออกมาทางเครื่องพล๊อตเตอร์ (Plotter) แล้วจัดส่งแบบแปลนไปลงนามผ่าน และอนุมัติแบบแปลนที่สมบูรณ์แล้วนั้นต่อไป

13. ถนนที่เกี่ยวข้องกับหัวงานเขื่อนเก็บกักน้ำ

การออกแบบโครงการอ่างเก็บน้ำจะมีถนนที่ใช้เป็นทางสัญจรและลำเลียงวัสดุก่อสร้างต่างๆ ทั้งช่วงก่อนการก่อสร้าง ระหว่างการก่อสร้างและภายหลังการก่อสร้างแล้วเสร็จที่เกี่ยวข้องกับหัวงานเขื่อนเก็บกักน้ำ 5 ลักษณะ ซึ่งที่วิศวกรผู้ออกแบบจะต้องดำเนินการ ได้แก่ ถนนบนสันเขื่อน ถนนบำรุงรักษาท้ายเขื่อน ถนนขึ้นสันเขื่อน ถนนเข้าโครงการ และถนนทดแทนถนนเดิมที่ถูกน้ำท่วม

วิศวกรผู้ออกแบบ ควรจะต้องพิจารณากำหนดแนวถนนร่วมกับเจ้าหน้าที่โครงการที่เกี่ยวข้อง แล้วทำการคำนวณออกแบบความกว้างถนนโค้งต่างๆทั้งแนวดิ่งและแนวราบ โครงสร้างถนนและผิวทาง ช่องเปิดบริเวณถนนตัดผ่านร่องน้ำ ซึ่งอาจจะเป็นท่อลอดถนนและหรือสะพานรถยนต์ก็ได้ โดยจะต้องพิจารณาด้วยความละเอียดรอบคอบ แล้วจัดทำแบบแปลนเพื่อให้หน่วยงานก่อสร้างนำไปใช้งานต่อไป ซึ่งจะไม่ขอกล่าวรายละเอียดไว้ในที่นี้ อย่างไรก็ตาม เรื่องที่ควรระมัดระวังและพิจารณาเป็นกรณีพิเศษคือ การขุดเปิดลาดเชิงเขาสำหรับถนนที่ตัดผ่านภูเขา วิศวกรผู้ออกแบบควรจะต้องตรวจสอบความมั่นคงของลาดก่อบ่อสร้างที่ขุดเปิดออกไป และหรือพิจารณาเลือกแนวเส้นทางอื่นที่เหมาะสมกว่า รวมทั้งควรหลีกเลี่ยงการอกแบบก่อสร้างถนนที่มีความสูงมากๆ ทั้งนี้เนื่องจากมีราคาแพงและมีปัญหาเรื่องเสถียรภาพของลาดถนน

14. เครื่องมือตรวจวัดพฤติกรรมเขื่อน

เนื่องจากเขื่อนดินโดยทั่วไป เมื่อได้รับแรงกระทำต่างๆทั้งในช่วงระหว่างการก่อสร้างก่อสร้างแล้วเสร็จและใช้งาน จะมีพฤติกรรมต่างๆ ได้แก่ การทรุดตัวของตัวเขื่อนและฐานราก การเคลื่อนตัว การซึมของน้ำผ่านตัวเขื่อนและฐานราก แรงดันน้ำคงค้างในตัวเขื่อน (Porewater Pressure Excess) เป็นต้น ดังนั้นเพื่อให้ทราบพฤติกรรมดังกล่าว ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างมากทั้งในเรื่องความปลอดภัย ความมั่นคงแข็งแรง การปรับปรุง การออกแบบและการก่อสร้าง รวมทั้งการวิจัยและพัฒนา จึงจำเป็นต้องติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดพฤติกรรมเขื่อน ซึ่งประกอบด้วย (1) Surface Settlement Point (2) Foundation Settlement Point (3) Piezometer (ปัจจุบันนิยมแบบ Electric Vibration Wire Type (4) Inclinometer (5) Reference Bench Mark (6) Observation Well และ (7) Seepage Flow Meter (แบบ V–notch Weir)

วิศวกรผู้ออกแบบ จะต้องพิจารณากำหนดตำแหน่งที่ตั้ง รูปแบบและชนิดของเครื่องมือ จำนวนที่จะติดตั้ง แล้วทำการออกแบบจัดทำแบบแปลนรายละเอียด เพื่อให้นำไปใช้ก่อสร้างได้ต่อไป

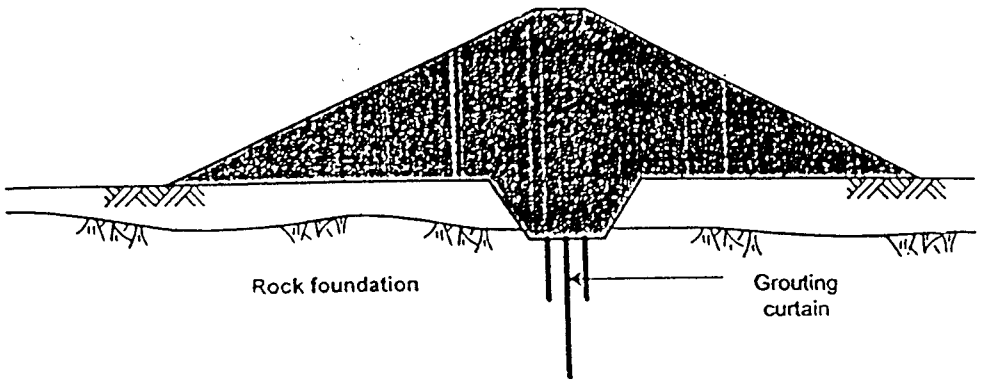
15. การออกแบบปรับปรุงฐานรากเขื่อน

ฐานรากเขื่อนหมายถึง บริเวณที่เป็นชั้นดินหรือชั้นหิน ตั้งแต่ระดับผิวดินเดิมหรือดินธรรมชาติในบริเวณฐานเขื่อนลงไปใต้ผิวดิน โดยจะทำหน้าที่รองรับตัวเขื่อน ดังนั้นฐานรากเขื่อนจะต้องมีคุณสมบัติสำคัญ 2 ประการ กล่าวคือจะต้องสามารถรองรับน้ำหนักบรรทุกของตัวเขื่อนได้เป็นอย่างดี โดยไม่เกิดการทรุดตัวเกินกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ อีกประการหนึ่งจะต้องมีความทึบน้ำเพียงพอไม่ให้น้ำไหลซึมผ่านชั้นฐานรากเขื่อนได้มากเกินกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้เช่นเดียวกัน คุณสมบัติของฐานรากเขื่อนจะเปลี่ยนแปลงไปตามชนิดลักษณะและคุณสมบัติของวัสดุที่ประกอบกันเป็นฐานราก ดังนั้นหากฐานรากเขื่อนแห่งใดมีคุณสมบัติไม่เหมาะสมหรือต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ วิศวกรผู้ออกแบบจะต้องพิจารณาร่วมกับนักธรณีวิทยาเพื่อกำหนดวิธีการปรับปรุงฐานรากเขื่อนให้มีคุณสมบัติครบถ้วนเป็นไปตามเกณฑ์ ทั้งนี้

เนื่องจากฐานรากเขื่อนเป็นส่วนสำคัญที่มีผลต่อการพิจารณาเลือกชนิดของอาคารออกแบบก่อสร้างตัวเขื่อนด้วยเช่นกัน ลักษณะโดยทั่วไปของฐานรากเขื่อน ในเบื้องต้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท ดังนี้

(1) ฐานรากเป็นชั้นหิน โดยทั่วไปฐานรากประเภทนี้จะมีความแข็งแรง สามารถรับน้ำหนักบรรทุกของตัวเขื่อนได้เป็นอย่างดี แม้ว่าจะเป็นชั้นหินผุ (Weathered Rock) หรือชั้นหินแข็ง (Fresh Rock) ก็ตาม อย่างไรก็ตาม หากพบว่าชั้นหินผุมีความสามารถในการรับน้ำหนักได้ต่ำไม่เพียงพอที่จะรับน้ำหนักบรรทุกของตัวเขื่อนได้ ก็จำเป็นที่จะต้องขุดลอกออกจนถึงชั้นหินแข็งที่มีความสามารถในการรับน้ำหนักได้ และหากพบว่า ชั้นหินฐานรากเป็นโพรง มีรอยแตกร้าวมาก และมีน้ำรั่วซึมสูง จะต้องทำการปรับปรุงฐานรากในชั้นหินให้มีความทึบน้ำ ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้วิธีการอัดฉีดน้ำปูนลงในชั้นหินที่มีความแตกร้าวและน้ำรั่วซึมได้ ฐานรากประเภทนี้ได้แสดงไว้ในรูปที่ 15 - 1

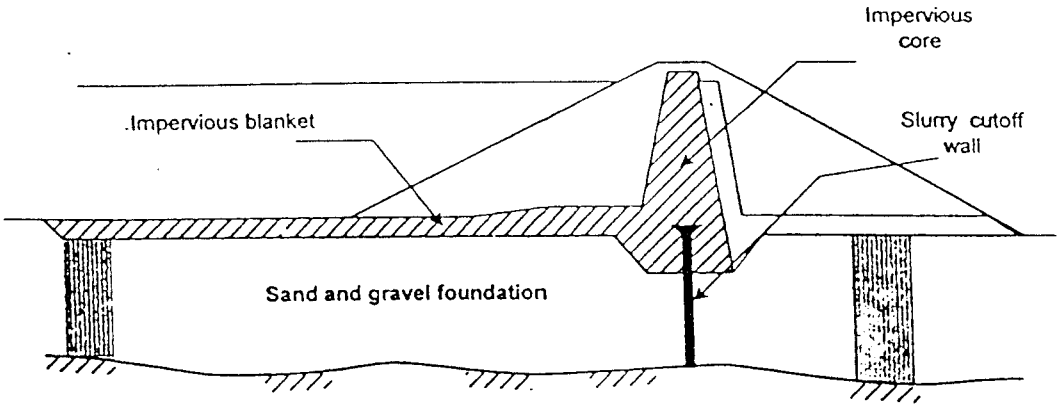
(2) ฐานรากเป็นชั้นดินไม่ทึบน้ำ ส่วนใหญ่วัสดุที่เป็นฐานรากจะประกอบด้วย กรวดทรายล้วนหรือ กรวดทรายผสมกับดินชนิดอื่น ซึ่งทำให้เกิดการรั่วซึมสูง จึงจำเป็นต้องออกแบบปรับปรุงฐานรากให้มีความทึบน้ำมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำซึมผ่านชั้นฐานราก หรือยอมให้น้ำซึมผ่าน



การปรับปรุงหินฐานราก

รูปที่ 15 – 1 เขื่อนดินที่มีฐานรากเป็นชั้นหิน

ชั้นฐานรากที่ปรับปรุงแล้วได้ในปริมาณที่กำหนดไว้ ซึ่งจะไม่ทำให้เขื่อนเกิดอันตรายได้ ฐานรากประเภทนี้ได้แสดงไว้ในรูปที่ 15 – 2



การป้องกันการซึมของน้ำผ่านฐานเขื่อน

รูปที่ 15 – 2 เขื่อนดินที่มีฐานรากเป็นชั้นดินไม่ทึบน้ำ

(3) ฐานรากเป็นชั้นดินทึบน้ำ วัสดุที่ประกอบกันเป็นฐานรากประเภทนี้ได้แก่ ดินเหนียวทึบน้ำ ดินอินทรีย์สาร ซึ่งส่วนใหญ่มีคุณสมบัติทึบน้ำเป็นอย่างดี แต่อาจจะมีปัญหาในเรื่องการรับน้ำหนักบรรทุกของตัวเขื่อนได้ไม่ดีนัก และมักจะมีปัญหาในเรื่องการทรุดตัวของดินฐานรากร่วมด้วย ดังนั้นจึงควรพิจารณาออกแบบก่อสร้างเพื่อป้องกันการวิบัติของฐานราก อันเนื่องมาจากการเลื่อนตัวของเขื่อน การทรุดตัวต่างกัน (Differential Settlement) ของตัวเขื่อนและฐานราก

(4) ฐานรากเป็นชั้นดินหลวม ส่วนใหญ่ฐานรากชนิดนี้จะเป็นชั้นทรายละเอียดหรือดินที่มี Low Consistency โดยลักษณะของเม็ดดินมีขนาดเท่ากันและมีความหนาแน่นต่ำ การออกแบบสำหรับฐานรากประเภทนี้จะต้องพิจารณาป้องกันความเสียหายอันเนื่องมาจากการเกิด Liquefaction ด้วยการทำให้ชั้นฐานรากมีความแน่นขึ้นจนสามารถรับน้ำหนักของตัวเขื่อนได้ตามที่ต้องการ

ลักษณะโดยทั่วไปของฐานรากทั้ง 4 ประเภทโดยสังเขป ตามที่กล่าวมาข้างต้นนั้น ส่วนใหญ่ในที่แห่งหนึ่งจะมีการผสมผสานกันระหว่างฐานรากประเภทหนึ่งกับอีกประเภทหนึ่ง หรือหลายประเภทรวมกัน ดังนั้น วิศวกรผู้ออกแบบจะต้องพิจารณาด้วยความละเอียดรอบคอบ พร้อมทั้งกำหนดวิธีการแก้ไขปัญหาหรือปรับปรุงฐานรากให้มีความทึบน้ำและสามารถรับน้ำหนักบรรทุกของตัวเขื่อนได้ รวมทั้งพิจารณาออกแบบตัวเขื่อนให้มีความเหมาะสมสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้รับ **รูปแบบการปรับปรุงฐานรากเขื่อนประกอบด้วย การขุดลอกหน้าดิน การขุดร่องแกนเขื่อน การปูดินทึบน้ำด้านเหนือน้ำ การทำกำแพงทึบน้ำแบบต่างๆ การใช้บ่อลดแรงดันน้ำ การทำให้ดินฐานรากแน่นด้วยวิธีต่างๆ และการอัดน้ำปูนในชั้นหิน เป็นต้น**

16 ปัญหา อุปสรรค และแนวทางแก้ไข

จากประสบการณ์ในการคำนวณออกแบบ การจัดทำแบบแปลน และการตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของแบบแปลนที่เป็นโครงการอ่างเก็บน้ำขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ทั้งที่ดำเนินการออกแบบเอง กำกับดูแลและเป็นกรรมการกำกับดูแลงานจ้างบริษัทที่ปรึกษาสำรวจและออกแบบหลายโครงการ ซึ่งทำให้พอจะทราบปัญหาในการออกแบบอาคารหัวงานเขื่อนเก็บกักน้ำอยู่บ้าง

เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้วจะเห็นได้ว่าปัญหาในการออกแบบอาคารหัวงานเขื่อนมักจะประกอบด้วย (1) ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลการออกแบบ (2) ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณออกแบบ และ (3) ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการจัดทำแบบแปลน โดยปัญหาแต่ละประเภทอาจจะแยกเป็นอิสระออกจากกันได้โดยสิ้นเชิง หรืออาจจะปะปนกันจนไม่สามารถแยกออกจากกันได้ ซึ่งจะขออธิบายโดยสรุปดังนี้

16.1 ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับข้อมูล ประกอบด้วย เรื่องการขาดข้อมูลที่สำคัญและจำเป็น ความไม่ถูกต้องตรงกันของข้อมูล ข้อมูลขาดความน่าเชื่อถือ ข้อมูลล้าสมัย การหาข้อมูลที่ต้องการไม่ได้ การต้องรอข้อมูลเป็นระยะเวลานาน ความไม่ชัดเจนของข้อมูลมาตรฐานข้อมูลในแต่ละหน่วยงานไม่เหมือนกัน การขอข้อมูลเพิ่มเติมกระทำไม่ได้ การวิเคราะห์ข้อมูลไม่ถูกต้อง การไม่ได้ประสานงานกับหน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้องกับการจัดทำข้อมูล ความเข้าใจไม่ตรงกันของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ส่วนราชการอื่นไม่สนับสนุนการดำเนินงานในพื้นที่โครงการ ขาดการประชาสัมพันธ์ในวัตถุประสงค์ของโครงการให้แก่ผู้ที่เกี่ยวข้องร่วมรับทราบ ตลอดจนขาดความรู้ความเข้าใจในการจัดการข้อมูล

16.2 ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณออกแบบ ประกอบด้วย วิศวกรผู้คำนวณออกแบบยังขาดความรู้ความสามารถและประสบการณ์ในการทำงาน นั่นคือการไม่ทราบหรือไม่เข้าใจขั้นตอนในการดำเนินงานออกแบบ ความไม่เข้าใจในวัตถุประสงค์ของการดำเนินงานโครงการ และไม่สามารถมองเห็นความสำคัญของแผนงาน การไม่ได้ติดตามความก้าวหน้าในการดำเนินงานอย่างต่อเนื่อง มีการคำนวณออกแบบในลักษณะที่ไม่ประหยัด การคำนวณออกแบบขนาดอาคารโดยไม่พิจารณาเผื่อความบกพร่องหรือปัจจัยที่คาดไม่ถึงหรือมีการเผื่อมากเกินความจำเป็น การออกแบบไม่สอดคล้องกับข้อมูลความต้องการของโครงการ การนำรูปแบบอาคารจากโครงการอื่นมาใช้งานโดยไม่ได้พิจารณาถึงความเหมาะสมและความถูกต้อง การจัดทำแบบแปลนโดยไม่ได้คำนวณออกแบบเป็นการเฉพาะของแต่ละโครงการ การคำนวณออกแบบไม่ถูกต้องตามมาตรฐาน การคำนวณออกแบบล่าช้ากว่าแผนงานที่กำหนด การจัดทำรายการคำนวณออกแบบไม่เรียบร้อยหรือไม่จัดทำรายการคำนวณ การคำนวณออกแบบโดยไม่ปฏิบัติตามพรบ.วิศวกร พ.ศ.2542 การไม่ศึกษาและนำเทคโนโลยีใหม่ที่เหมาะสมมาใช้กับโครงการในปัจจุบัน การคำนวณออกแบบโดยไม่ได้คำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและแหล่งวัสดุก่อสร้าง การจัดวางแนวศูนย์กลางอาคารไม่เหมาะสม การพิจารณากำหนดองค์ประกอบของโครงการไม่ครบถ้วน ตามวัตถุประสงค์ เป็นต้น

16.3 ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการจัดทำแบบแปลน ประกอบด้วย การจัดทำแบบแปลนไม่เป็นไปตามมาตรฐานของสำนักออกแบบฯ การเขียนแสดงแบบรูปรายละเอียดไม่ถูกต้องตรงกัน การเขียนหมายเหตุไม่ครอบคลุมและไม่มีความชัดเจนเพียงพอสำหรับงานก่อสร้าง การคัดลอกแบบรูปและรายละเอียดจากแบบมาตรฐานมาใช้งานแทนการอ้างอิง การเลือกใช้มาตราส่วนแสดงขนาดรูปไม่เหมาะสมกับหน้ากระดาษ การจัดวางแบบรูปไม่เหมาะสมกับหน้ากระดาษ การจัดทำแบบโดยไม่ประหยัดหน้ากระดาษ การเขียนแบบ ไม่ถูกต้องตามหลักวิชาวิศวกรรมและรายการคำนวณที่ได้จัดทำไว้ การเขียนแบบยังไม่ครอบคลุมและไม่ครบถ้วน การไม่จัดทำให้แบบแปลนเป็นหมวดหมู่เพื่อการค้นหาง่าย การเขียนแบบในลักษณะฟุ่มเฟือย การไม่ตรวจแบบแปลนในส่วนสำคัญหรือมีการตรวจแบบแปลนแต่ไม่ละเอียดรอบคอบ การจัดทำแบบแปลนล่าช้ากว่าแผนงาน การไม่เผื่อเวลาสำหรับการตรวจสอบแบบแปลน การคัดลอกแบบรูปจากโครงการอื่นมาใช้งานโดยไม่พิจารณาถึงความเหมาะสม ตลอดจนการไม่ได้ประสานงานกันระหว่างผู้ร่วมจัดทำแบบแปลน ด้านอื่นๆ เป็นต้น

ปัญหาที่กล่าวไว้ข้างต้นนั้นเป็นพียงปัญหาที่พบได้บ่อยๆโดยทั่วไป สำหรับปัญหาเฉพาะเรื่อง ซึ่งจะพบได้เป็นบางครั้งบางคราวนั้น ยังไม่ได้นำกล่าวไว้ในที่นี้ ผู้เขียนจะนำมาอธิบายในโอกาสต่อไป สำหรับสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาขึ้นนั้น อาจจะมาจากปัจจัยเดียวหรือหลายปัจจัยรวมกัน เช่น บุคลากรผู้ออกแบบจัดทำแบบแปลนและผู้ตรวจพิจารณาแบบแปลนไม่ได้จัดระบบการจัดการที่ดี ขาดการสื่อสารและประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง การขาดแคลนเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำงาน ขาดการฝึกอบรมด้านวิชาการอย่างต่อเนื่อง ขาดการรับทราบเทคโนโลยีและผลิตภัณฑ์ใหม่ทำให้การออกแบบไม่ทันสมัย ขาดจรรยาบรรณในการประกอบวิชาชีพวิศวกรรมและขาดความอดทนในการทำหน้าที่วิศวกรออกแบบ การขาดขวัญและกำลังใจในการทำงาน วิศวกรออกแบบเขื่อนมีความรับผิดชอบสูงมากเกินไปทำให้เกิดความเครียดในการทำงาน ตลอดจนการขาดความรับผิดชอบต่อภารกิจและหน้าที่ เป็นต้น

ในการดำเนินงานออกแบบรายละเอียดนั้น ผู้ที่เกี่ยวข้องทุกฝ่ายโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผู้ที่มีหน้าที่ในการคำนวณออกแบบและจัดทำแบบแปลน ตลอดจนผู้ตรวจแบบและรายการคำนวณ ควรพยายามสอบถามตัวเองอยู่เสมอว่า การกำหนดแบบรูปหรือแนวทางต่างๆ ออกไปแล้วนั้น จะมีปัญหาอะไรเกิดขึ้นตามมาบ้างหรือไม่ หรืออย่างน้อยที่สุดก็ควรสอบถามตัวเองอยู่เสมอว่า แบบแปลนที่จัดทำขึ้นนั้น ถึงแม้ว่าจะสามารถนำไปใช้ในการก่อสร้างได้ แต่อาจจะมีปัญหาอะไรเกิดขึ้นต่อเนื่องได้อีกหรือไม่ หากได้ดำเนินการตรวจสอบตามแนวทางดังกล่าวอยู่เป็นประจำแล้ว เชื่อว่าปัญหาต่างๆ จะลดลงได้มากหรืออาจหมดสิ้นไปในที่สุด

16.4 แนวทางการแก้ไข เมื่อได้กล่าวถึงปัญหาในการออกแบบเขื่อนและอาคารประกอบโดยรวม ตลอดจนผลเสียหายที่จะเกิดขึ้นไปแล้ว หากไม่มีการกล่าวถึงแนวทางการแก้ไขไว้บ้าง ก็คงจะทำให้ขาดความสมบูรณ์ไป ทั้งนี้เนื่องจากมีผู้กล่าวไว้ว่า ทุกปัญหาล้วนมีทางแก้ไข ดังนั้นจึงขออธิบายไว้บ้างพอสังเขปดังนี้

(1) รวบรวมข้อมูลให้ครบถ้วนพร้อมทั้งตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลด้านต่างๆด้วยความละเอียดรอบคอบจนทำให้เกิดความเข้าใจอย่างดี ให้ชัดเจนว่าข้อมูลด้านต่างๆ เหล่านั้นจะนำไปใช้ประโยชน์ด้านใดบ้าง และมีความถูกต้องน่าเชื่อถือมากน้อยแค่ไหน อย่างไร หากมีข้อสังเกตหรือข้อสงสัยในข้อมูล ควรจะต้องติดต่อประสานงานกับหน่วยงานที่เป็นผู้สำรวจและจัดทำข้อมูลเหล่านั้นเพื่อสอบถามให้เกิดความเข้าใจจนสามารถนำไปใช้พิจารณาประกอบการคำนวณออกแบบได้เป็นอย่างดีและถูกต้อง หากพบว่าข้อมูลไม่เพียงพอ จะต้องพิจารณาความต้องการข้อมูลแล้วขอให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องเป็นผู้สำรวจหรือจัดหาเพิ่มเติมให้ครบถ้วน ทั้งนี้วิศวกรผู้ออกแบบและผู้สำรวจด้านต่างๆควรเดินทางไปร่วมพิจารณาในสนามด้วยอย่างเป็นครั้งคราว

(2) ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับมวลชนและผลกระทบกับสิ่งแวดล้อมอย่างรุนแรง จะต้องพิจารณาหาแนวทางแก้ไขด้วยความละเอียดรอบคอบอย่างยิ่ง โดยให้ราษฎรและผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่ายมีส่วนร่วมตามสมควร ทั้งนี้จะต้องมีความจริงใจและจริงจังในการแก้ไขปัญหาอย่างเต็มที่

(3) รายงานแนวความคิดในการออกแบบเขื่อนเก็บกักน้ำ เป็นเอกสารที่วิศวกรผู้ออกแบบสมควรจัดทำในตอนเริ่มงานเพื่อสรุปแนวทางเลือกที่เหมาะสมในการลดผลกระทบและเพิ่มผลประโยชน์จากโครงการ ซึ่งจะทำให้ผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่ายมีความเข้าใจตรงกัน ทั้งนี้สมควรนำเสนอผู้บังคับบัญชาระดับสูงเพื่ออนุมัติในหลักการต่อไป

(4) กำหนดแผนงานและตัวบุคคลที่จะดำเนินงานให้ชัดเจน พร้อมทั้งประชุมปรึกษากันเป็นระยะๆ อย่างต่อเนื่องตามความจำเป็น ซึ่งจะทำให้ผู้ร่วมงานทุกคนมีความเข้าใจตรงกันในภาระกิจที่ต้องร่วมกันดำ เนินการ

(5) ติดตามและประเมินผลการปฏิบัติงานอย่างใกล้ชิดและต่อเนื่อง จนกว่างานจะแล้วเสร็จ ทั้งนี้ เพื่อให้ทราบความก้าวหน้าในการดำเนินงาน รวมทั้งให้ทราบข้อปัญหาและอุปสรรคต่างๆ เพื่อร่วมกันแก้ไขหรือปรับเปลี่ยนใช้แนวทางใหม่ที่เหมาะสมกว่า ซึ่งจะเป็นหลักประกันได้เป็นอย่างดีว่า งานที่ต้องการจะแล้วเสร็จตามที่กำหนดไว้โดยสมบูรณ์

(6) เพิ่มพูนความรู้ความสามารถ ตลอดจนความเข้าใจในเรื่องการคำนวณออกแบบเขื่อนเก็บกักน้ำด้วยการศึกษาเพิ่มเติมจากตำราวิชาการต่างๆที่เกี่ยวข้อง สอบถามหรือปรึกษาหารือกับผู้รู้ที่มีประสบการณ์ในการดำเนินงานด้านนี้มาเป็นระยะเวลานาน รวมทั้งหมั่นฝึกฝนคิดค้นประยุกต์ใช้วิธีการใหม่ๆ ในการคำนวณออกแบบ เพื่อให้มีความถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้นและให้งานแล้วเสร็จโดยเร็ว นอกจากนั้นควรที่จะเป็นคนช่างสังเกตในเรื่องต่างๆ ให้มากขึ้น ก็จะทำให้ปัญหาต่างๆ ลดน้อยลงได้

(7) หากมีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขแบบแปลนที่กำลังดำเนินการในเรื่องใดๆก็ตามที่เห็นว่าจะมีผลกระทบกับผู้ร่วมงาน หรือหน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้อง ควรจะต้องรีบแจ้งให้ผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่ายรับทราบหรือร่วมกันแก้ไขปัญหาต่อไปโดยทันที

(9) การจัดทำแบบแปลนให้ถูกต้องสมบูรณ์และใช้งานได้เป็นอย่างดีนั้น โดยจะต้องมีการตรวจสอบอย่างละเอียดถี่ถ้วนในเรื่องความถูกต้องตรงกันของแบบรูปต่างๆสิ่งที่มีความสำคัญในแบบรูปต่างๆประกอบด้วยชนิดของวัสดุ ระดับ ระยะต่างๆ รวมทั้งคำอธิบายเพิ่มเติมให้เกิดความเข้าใจอย่างชัดเจน ซึ่งจะต้องพิจารณาตรวจสอบให้ปรากฏในแบบรูปต่างๆอย่างครบถ้วนตรงกันทุกแห่ง และที่สำคัญจะต้องสอบถามตัวเองเสมอว่า แบบรูปที่แสดงไว้นั้น สามารถนำไปใช้ก่อสร้างได้จริงหรือไม่

(10) หากมีปัญหาและอุปสรรคใดๆก็ตามที่ทำให้ไม่สามารถดำเนินการคำนวณออกแบบและจัดทำแบบแปลนต่อไปได้แล้วควรจะต้องนำเรื่องเข้าปรึกษาหารือกับผู้เกี่ยวข้องในระดับสูงขึ้นไป ทั้งนี้เพื่อให้ร่วมกันแก้ไขปัญหาได้อย่างทันท่วงที ขอแนะนำให้ใช้การสื่อสารที่จะนำไปสู่การเข้าใจในการทำงานระหว่างกันให้มากที่สุดและอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะเป็นแนวทางหนึ่งในการแก้ไขปัญหาต่างๆได้เป็นอย่างดียิ่ง

(11) นำเสนอผลงานที่แล้วเสร็จบางส่วนให้ผู้ตรวจแบบแปลนพิจารณาเป็นระยะๆอย่างต่อเนื่องโดยไม่รอให้งานแล้วเสร็จทั้งหมดเสียก่อนจึงนำเสนอ จะช่วยแก้ไขปัญหาความบกพร่องด้านต่างๆได้เป็นอย่างดี การที่รอให้งานแล้วเสร็จทั้งหมดแล้วจึงนำผลงานไปเสนอซึ่งหากมีการแก้ไขจะทำให้ต้องเสียเวลามากและเกิดความท้อแท้ในการที่ต้องแก้ไขแบบแปลนเป็นจำนวนมากด้วย

(12) เมื่อได้รับแจ้งว่า แบบแปลนที่ได้จัดทำขึ้นนั้นยังมีข้อบกพร่องหรือความไม่เหมาะสมในด้านต่างๆแล้ว จะต้องเข้าพบผู้ตรวจแบบแปลนพิจารณาทันที เพื่อขอทราบคำอธิบายให้เกิดความเข้าในตรงกัน และหากจำเป็นต้องแก้ไขความบกพร่องที่เกิดขึ้น ควรจะได้รีบดำเนินการให้แล้วเสร็จโดยเร็ว

แนวทางการแก้ไขปัญหาที่กล่าวไว้ข้างต้นนั้น เป็นเพียงแนวทางโดยทั่วไปเท่านั้น ซึ่งเห็นว่า หากผู้ที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณออกแบบและจัดทำแบบแปลนเขื่อนเก็บกักน้ำและอาคารประกอบทุกท่าน นำไปใช้ปฏิบัติโดยสม่ำเสมอและจริงจังแล้วจะทำให้เกิดผลสำเร็จขึ้นได้อย่างแน่นอน ทั้งนี้เป็นแนวทางที่สอดคล้องกับการติดตาม ตรวจสอบ และประเมินผลการปฏิบัติงานมากพอสมควร อย่างไรก็ตามยังคงมีแนวทางอื่นที่อาจจะมีความเหมาะสมกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในขณะนั้นมากกว่าที่นำเสนอมาแล้วก็ได้ ซึ่งผู้ที่เกี่ยวข้องควรจะต้องคิดทบทวนนำมาใช้งานต่อไป

17. การออกแบบอาคารหัวงานเขื่อนลักษณะเชิงรุก

ในสภาพปัจจุบันมีการเร่งรัดงานการออกแบบเขื่อนเพิ่มมากขึ้น ทั้งๆที่ยังมีข้อมูลสำคัญไม่ครบถ้วนทั้งหมด หรืออาจจะมีข้อมูลบางอย่าง เช่น แผนที่ภูมิประเทศ รายงานวางโครงการ และรายงานอุทกวิทยา และที่หนักลงอีกนิดก็คือ มีข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศและรายงานเบื้องต้นเท่านั้น แต่เมื่อมีนโยบายเร่งด่วนให้ดำเนินการออกแบบหรือปรับปรุงโครงการอ่างเก็บน้ำ ก็จำเป็นต้องปฏิบัติตาม โดยผู้รับผิดชอบจะต้องคิดหาวิธีการต่างๆเท่าที่จะคิดหาได้ รวมกับประสบการณ์ที่ได้เคยปฏิบัติงานในเรื่องนั้นๆ หรือเรื่องอื่นๆมาช่วยทำให้เกิดการขับเคลื่อนโครงการให้ได้ ซึ่งเริ่มต้นจากการพิจารณาและ

วิเคราะห์ว่าข้อมูลที่มีอยู่ สามารถนำไปพิจารณาดำเนินการเรื่องใดได้ก่อนบ้าง ก็ต้องให้ผู้ปฏิบัติงานเร่งดำเนินการไปก่อน เช่น หากมีข้อมูลสำรวจภูมิประเทศบริเวณหัวงานและบริเวณอ่างเก็บน้ำ มีข้อมูลรายงานวางโครงการ และข้อมูลการศึกษาด้านอุทกวิทยา ได้พิจารณาว่าแผนที่แสดงขอบเขตน้ำท่วมในอ่างเก็บน้ำ สามารถทำได้ก็ให้ทำไปก่อน สามารถกำหนดแนวและรูปแบบอาคาร ตลอดจนคำนวณด้านชลศาสตร์เพื่อหาขนาดของอาคารได้แล้ว ก็ควรจัดทำแบบแปลนในส่วนนี้ไป ตามลำดับ

นอกจากนั้น หากพิจารณาด้วยความละเอียดรอบคอบรวมกับประสบการณ์ของวิศวกรอาวุโส ซึ่งได้แก่ หัวหน้ากลุ่มงานแล้ว ยังเห็นว่ารายละเอียดอาคารหลายส่วน สามารถจัดทำแบบแปลนไปก่อนได้แล้วเช่นกัน ซึ่งในภาพรวมจะทำให้งานโครงการเร่งด่วนนั้นๆ สามารถขับเคลื่อนไปได้มากถึง 70 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ในขณะที่กำลังดำเนินการภายใต้ข้อมูลที่มีอยู่อย่างจำกัดและไม่ครบถ้วนตามที่ยกตัวอย่างมานั้น ซึ่งข้อมูลสำคัญได้แก่ ผลการเจาะสำรวจธรณีวิทยาฐานรากตามแนวเขื่อนและอาคารประกอบ ผลการสำรวจด้านปฐพีกลศาสตร์เพื่อหาแหล่งดินและวัสดุก่อสร้าง รวมทั้งผลการทดสอบคุณสมบัติดิน โดยไม่เป็นทางการหรืออาจจะเป็นทางการก็ตาม ก็จะเริ่มทะยอยเข้ามาอย่างต่อเนื่อง ผู้ออกแบบก็จะสามารถนำข้อมูลสำคัญที่ยังขาดอยู่นั้นไปร่วมพิจารณาเพิ่มเติมประกอบการออกแบบได้เป็นอย่างดี

ตามที่กล่าวมาข้างต้นโดยสังเขปนั้น ผู้เขียนเห็นว่าเข้าข่ายเป็นลักษณะของการทำงานเชิงรุกรูปแบบหนึ่ง ซึ่งกล่าวโดยทั่วไปก็หมายถึง การทำให้เกิดการขับเคลื่อนของงานไปได้ก่อน โดยไม่ต้องรอให้มีปัจจัยหรือเงื่อนไขของการทำงานตามปกติให้ครบถ้วนเสียก่อน ซึ่งเห็นว่าเป็นเรื่องสำคัญที่ผู้เกี่ยวข้องทุกท่านจะต้องปรับเปลี่ยนทัศนคติและวัฒนธรรมการทำงานแบบเดิม ซึ่งจะเรียกว่าการทำงานเชิงรับ คิด วางแผนและนำไปปฏิบัติอย่างจริงจังให้เป็นการปฏิบัติงานเชิงรุก เพื่อให้เกิดการขับเคลื่อนของงานที่ต้องการจนเกิดผลสำเร็จเป็นรูปธรรมอย่างจริงจังและชัดเจน ซึ่งผู้เขียนจะขอกล่าวถึงแนวทางการทำงานเชิงรุกโดยสังเขปดังนี้

(1) จัดเตรียมแผนการปฏิบัติงาน การทำงานยุคใหม่ จะต้องมีการจัดทำแผนปฏิบัติงาน ซึ่งจะเป็นการกำหนดกิจกรรม พร้อมระยะเวลาที่แต่ละกิจกรรมจะได้ถูกจัดทำสำเร็จให้ลุล่วงไป เพื่อให้ทั้งผู้ปฏิบัติงานและผู้ที่เกี่ยวข้องได้รับทราบร่วมกันว่า งานโครงการนั้นๆจะสำเร็จลุล่วงลงได้เมื่อไร และหากยังไม่ถึงกำหนดก็จะสามารถตรวจสอบได้ว่าผู้ปฏิบัติงานกำลังทำงานอยู่ในขั้นตอนใด ช้าหรือเร็วกว่าแผนงาน มีปัญหาและอุปสรรคหรือไม่อย่างไร

แผนปฏิบัติงาน จะมีทั้งแผนระยะสั้น ซึ่งเป็นแผนรายปี และแผนระยะยาว ซึ่งเป็นแผนราย 3 ปี ถึง 5 ปี การจัดทำแผนรายปีนั้น ผู้รับผิดชอบ ควรจัดทำแต่เนิ่นๆ อย่างน้อยที่สุด 9 เดือน ก่อนหมดปีงบประมาณ หรือประมาณเดือน มกราคมของทุกปี สำหรับการจัดทำแผนงานระยะยาวนั้น แม้ว่าจะไม่มีข้อกำหนดไว้ว่าควรจะจัดทำเมื่อไร แต่ก็เห็นว่าผู้รับผิดชอบควรรวบรวมจัดทำไว้ในคราวเดียวกัน และทบทวนทุกปี เมื่อจัดทำแล้ว ควรจัดส่งให้ผู้เกี่ยวข้องรับทราบต่อไป นอกจากนั้นยังควรที่จะต้องจัดทำงบประมาณค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานออกแบบ นำเสนอผู้เกี่ยวข้องทราบ และรับไปดำเนินการจัดเตรียมงบประมาณต่อไป

(2) เตรียมความพร้อมของข้อมูล ผู้รับผิดชอบจะต้องรวบรวมและประสานงานติดต่อขอข้อมูลจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องมาตรวจพิจารณา หากจำเป็นก็ให้จัดเตรียมรายละเอียดขอข้อมูลที่ยังไม่ครบเพิ่มเติมให้ครบถ้วนเสียแต่เนิ่นๆ ทั้งนี้เนื่องจากผู้สำรวจข้อมูลจะต้องใช้เวลาดำเนินการค่อนข้างมาก ระหว่าง 6 – 9 เดือน เพื่อจะให้ได้ข้อมูลครบถ้วนเมื่อเริ่มปีงบประมาณที่ต้องดำเนินการ

(3) ติดตามประสานงานขอข้อมูล เมื่อได้ส่งคำขอข้อมูลไปแล้วหรือก่อนส่งคำขอให้สำรวจข้อมูลเพิ่มเติม ผู้รับผิดชอบควรติดตามประสานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและรับผิดชอบในการสำรวจหาข้อมูลเพิ่มเติม ว่าติดขัดหรือไม่อย่างไร และจะต้องดำเนินการให้ได้เมื่อไร การติดต่อประสานงาน ควรดำเนินการเป็นระยะๆ ทั้งนี้หากช่วงใดมีข้อมูลบ้างแล้ว ก็จะได้ขอมาใช้งานไปก่อน

(4) ติดตามและตรวจสอบการปฏิบัติงาน หัวหน้างานหรือผู้รับผิดชอบโครงการเมื่อได้มอบหมายงานให้ผู้ใดไปดำเนินการแล้ว จะต้องติดตามตรวจสอบผลการปฏิบัติงานของผู้ร่วมงานว่าได้ดำเนินการไปมากน้อยแค่ไหน ติดขัดข้อปัญหาและมีอุปสรรคอะไรบ้างหรือไม่ หากพบข้อปัญหาและอุปสรรคไม่ว่าจะเป็นด้านการจัดการหรือด้านเทคนิควิชาการก็ตาม จะต้องช่วยแก้ไข โดยการกำหนดแนวทางต่างๆที่เหมาะสม ให้ไปดำเนินการตามระยะเวลาที่กำหนดไว้ในแผนภูมิกระบวนงาน

(5) จัดให้มีการประชุมเพื่อสรุปความก้าวหน้า ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงานกับผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่าย ซึ่งเป็นการเร่งรัดและติดตามงานในอีกลักษณะหนึ่ง เมื่อได้ผลเป็นประการใดแล้ว ควรรายงานให้ผู้บังคับบัญชาทราบ และหรือให้พิจารณาด้วย

จะเห็นได้ว่า แนวทางการปฏิบัติงานเชิงรุกตามที่กล่าวไว้นั้น เป็นแนวทางง่ายๆ ผู้เกี่ยวข้องทุกท่านสามารถปฏิบัติได้ และเมื่อได้ร่วมกันปฏิบัติแล้ว ย่อมจะทำให้เกิดการขับเคลื่อนของงานจนได้ผลสำเร็จตามที่ทุกฝ่ายต้องการ

18. บทสรุป

การออกแบบเขื่อนเก็บกักน้ำและอาคารประกอบนั้นพระราชบัญญัติวิศวกร พ.ศ.2542 กำหนดให้ เป็นงานที่ต้องรับภาระและความรับผิดชอบในระดับสูง ทั้งนี้เนื่องจากเป็นลักษณะของอาคารที่มีอันตรายและหากเกิดการวิบัติเสียหายขึ้นแล้ว จะมีผลกระทบต่อชีวิตทรัพย์สินของราษฎรโดยทั่วไปที่อยู่ด้านท้ายเขื่อนเป็นอย่างมาก ดังนั้นวิศวกรผู้มีหน้าที่รับผิดชอบโดยตรงในการคำนวณออกแบบและจัดทำแบบแปลนอาคารประเภทนี้จะต้องมีความรู้พื้นฐานและประสบการณ์ด้านวิศวกรรมสาขาต่างๆ จะต้องมีความตระหนักในผลเสียหายและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นอย่างจริงจัง จะต้องเป็นผู้ที่หมั่นฝึกฝนตนเองให้มีความรู้ขั้นพื้นฐานและเทคโนโลยีสมัยใหม่รวมทั้งมีความสามารถเป็นอย่างดีในการดำเนินงานด้านต่างๆ ซึ่งมักจะเกี่ยวข้องกับวิชาการวิศวกรรมหลายด้าน จะต้องเป็นผู้ที่ทราบถึงปัญหาและอุปสรรคต่างๆที่อาจจะเกิดขึ้นในระหว่างการดำเนินงาน รวมทั้งจะต้องทราบและสามารถกำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหาได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม ทั้งนี้เพื่อให้งานต่างๆสำเร็จลุล่วงไปได้โดยสมบูรณ์ ทันเวลาตามแผนงานที่กำหนดไว้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

1. ข้อบังคับสภาวิศวกร ว่าด้วยมาตรฐานการประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม สาขาวิศวกรรมโยธา พ.ศ.2546 ลงวันที่ 9 กันยายน 2546 จำนวน 5 หน้า
2. พระราชบัญญัติวิศวกร พ.ศ.2542 ข้อบังคับสภาวิศวกร และระเบียบสภาวิศวกร ฉบับที่จัดพิมพ์โดยสภาวิศวกร จำนวน 200 หน้า
3. แนวทางและหลักเกณฑ์การออกแบบเขื่อนและอาคารประกอบ โดยคณะทำงานจัดทำแบบมาตรฐานเขื่อนเก็บกักน้ำและอาคาประกอบ กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ฉบับเดือนมิถุนายน 2545 จำนวน 404 หน้า
4. อภิธานศัพท์เทคนิคการชลประทานและการะบายน้ำ กรมชลประทาน ฉบับเดือน กันยายน 2534
5. กนกศักดิ์ ตัสมา และสุรสิทธิ์ อินทรประชา "ปัญหาและแนวทางแก้ไขสำหรับการดำเนินงานออกแบบเขื่อนเก็บกักน้ำและอาคารประกอบ" เอกสารเผยแพร่ ชุดที่ 1 กลุ่มออกแบบเขื่อน สำนักออกแบบวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม กันยายน 2546 จำนวน 13 หน้า
6. สุรสิทธิ์ อินทรประชา "กลวิธีการออกแบบโครงการอ่างเก็บน้ำให้สำเร็จโดยเร็ว" เอกสารเผยแพร่ ชุดที่ 3 กลุ่มออกแบบเขื่อน สำนักออกแบบวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม กันยายน 2546 จำนวน 20 หน้า
7. กนกศักดิ์ ตัสมา และสุรสิทธิ์ อินทรประชา "การออกแบบถนนทดแทนภายในอ่างเก็บน้ำช่วงที่ตัดผ่านร่องน้ำ ควรพิจารณาเป็นสะพานหรือท่อลอดถนน" เอกสารเผยแพร่ ชุดที่ 1 กลุ่มออกแบบเขื่อน สำนักออกแบบวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม ธันวาคม 2546 จำนวน 12 หน้า
8. บันทึกข้อความกลุ่มออกแบบเขื่อน ที่ส่ง 356/2547 ลงวันที่ 23 พฤศจิกายน 2547 เรื่อง การคิดค่าดำเนินการออกแบบรายละเอียดประเภทโครงการอ่างเก็บน้ำ จำนวน 2 หน้า
9. United State Department of the Interior Bureau of Reclamation (USBR) "Design of Small Dams" Second Edition 1973 , Revised Reprint 1974 จำนวน 816 หน้า