คู่มือ
งานเขื่อนดิน ขนาดเล็ก และฝาย

ปราโมทย์ ไม้กลัด

สมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชลประทาน

คู่มือ
งานเขื่อนดินขนาดเล็กและฝาย

207422 : Design of Small Dams and Control Structure
****
Irrigation Development Institute

คู่มือ

งานเขื่อนดินขนาดเล็กและฝาย

207422 : Design of Small Dams and Control Structure
****
Irrigation Development Institute

.... **ปราโมทย์ ไม้กลัด**
ชป.บ. เกียรตินิยม M.Eng. (California)

กองออกแบบ กรมชลประทาน

207422 : Design of Small Dams and Control Structure
****
Irrigation Development Institute

จัดพิมพ์และจำหน่าย
โดย
สมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชลประทาน
อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี

พิมพ์ครั้งที่ 1 : เมษายน 2524

สงวนลิขสิทธิ์

รายได้ทั้งหมดสมทบทุนมูลนิธิหม่อมหลวงชูชาติ กำภู

207422 : Design of Small Dams and Control Structure
****
Irrigation Development Institute

ที่ รล.๐๐๐๒/ ๒๘๘๖ สำนักราชเลขาธิการ

๑๒ มีนาคม ๒๕๒๔

เรื่อง การขอพระราชทานพระบรมราชานุญาตพิมพ์หนังสือ

เรียน นายปราโมทย์ ไม้กลัด

อ้างถึง หนังสือลงวันที่ ๒๖ กุมภาพันธ์ ๒๕๒๔

ตามหนังสือที่อ้างถึง ขอให้นำความกราบบังคมทูลพระกรุณา ขอพระราชทานพระบรมราชานุญาตจัดพิมพ์หนังสือ "คู่มืองานเขื่อนดินขนาดเล็ก และฝาย ตามพระราชดำริ" ซึ่งท่านได้เรียบเรียงทูลเกล้า ฯ ถวาย เมื่อวันที่ ๕ ธันวาคม ๒๕๒๒ และต่อมาปรากฏว่านายช่างและผู้ปฏิบัติงานในสนามจำนวนมาก จากหลายหน่วยราชการที่ทำงานพัฒนาแหล่งน้ำตลอดจนอาจารย์สถาบันต่าง ๆ ได้อ่านหนังสือดังกล่าวแล้ว ต้องการให้จัดพิมพ์ขึ้นเผยแพร่เพราะจะเป็นประโยชน์ในด้านใช้ประกอบการทำงานและการศึกษา ทั้งนี้โดยสมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชลประทานจะเป็นผู้ดำเนินการจัดพิมพ์ แล้วจำหน่ายเพื่อนำรายได้ทั้งหมดสมทบทุน "มูลนิธิหม่อมหลวงชูชาติ กำภู" ที่สมาคม ฯ กำลังจัดตั้งขึ้น เพื่อนำเงินดอกผลมาช่วยนักศึกษาวิศวกรรมชลประทานของสถาบันต่าง ๆ ที่เรียนดี แต่ขาดแคลนทุนทรัพย์ ความละเอียดแจ้งอยู่แล้ว นั้น

ได้นำความกราบบังคมทูลพระกรุณาทราบฝ่าละอองธุลีพระบาทแล้ว ไม่ทรงขัดข้องแต่ประการใด

(หม่อมหลวงทวีสันต์ ลดาวัลย์)
ราชเลขาธิการ

กองการในพระองค์
โทร. ๒๒๑๑๑๕๑-๕ ต่อ ๖๓

"แด่หม่อมหลวงชูชาติ กำภู"

ถ้อยแถลงของนายกสมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชลประทาน

....

ในการดำเนินงานของสมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชลประทาน ได้กำหนดให้มีการจัดตั้งมูลนิธิหม่อมหลวงชูชาติ กำภู ขึ้น เพื่อการศึกษาของนักศึกษาวิศวกรรมชลประทานที่เรียนดี แต่ขาดแคลนทุนทรัพย์ และเพื่อเป็นอนุสรณ์แห่งคุณความดีของหม่อมหลวงชูชาติ กำภู ที่มีต่อการศึกษาด้านวิศวกรรมชลประทานตลอดมาในสมัยที่ท่านมีชีวิตอยู่

ปัจจุบันสมาคมฯ ได้นำเงินของผู้มีจิตศรัทธาบริจาคไปซื้อพันธบัตรรัฐบาลจัดตั้งเป็นกองทุนหม่อมหลวงชูชาติ กำภู เรียบร้อยแล้ว และสมาคมฯ กำลังดำเนินการจัดตั้งเป็นมูลนิธิให้ถูกต้องตามกฎหมายต่อไป

เพื่อให้กองทุนหรือมูลนิธินี้มีเงินเพิ่มพูนมากยิ่งขึ้น สมาคมฯ จึงได้จัดพิมพ์หนังสือ "คู่มืองานเขื่อนดินขนาดเล็กและฝาย" ซึ่งเขียนโดยนายปราโมทย์ ไม้กลัด วิศวกรกองออกแบบ กรมชลประทาน ออกจำหน่ายเพื่อหาเงินเข้าสมทบกองทุนหม่อมหลวงชูชาติ กำภู

หนังสือเล่มนี้ เป็นคู่มือที่ได้เขียนขึ้นตามพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ซึ่งได้นำขึ้นทูลเกล้าฯ ถวาย เมื่อวันที่ 5 ธันวาคม พ.ศ. 2522 และได้รับพระบรมราชานุญาตให้พิมพ์เผยแพร่และจำหน่ายเพื่อการกุศลครั้งนี้ได้

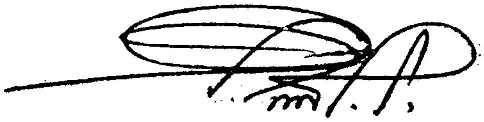
เนื้อหาภายในเล่ม เป็นการแนะนำขั้นตอนของการดำเนินงานต่าง ๆ พร้อมทั้งมีตัวอย่างประกอบการคำนวณและตารางข้อมูลต่าง ๆ อย่างละเอียด และง่ายต่อความเข้าใจของผู้อ่าน อาทิ การกำหนดความต้องการน้ำใช้งาน ควรดำเนินงานและมีวิธีการอย่างไร การเลือก

ทำเลที่สร้างเขื่อนดินและฝาย การออกแบบเขื่อนดินขนาดเล็กและฝายตลอดจนอาคารประกอบ แนะนำถึงเทคนิคและขั้นตอนของการก่อสร้าง วิธีการตรวจสอบสภาพตัวเขื่อนและอาคารต่าง ๆ ตลอดถึงวิธีการบำรุงรักษา เป็นต้น

จึงเหมาะอย่างยิ่ง สำหรับใช้เป็นคู่มือประกอบการทำงาน และเพื่อการศึกษาของนายช่าง ตลอดจนผู้ปฏิบัติงานในสนามและผู้สนใจทั่วไป

รายได้จากการจำหน่าย หลังจากหักค่าใช้จ่ายต่าง ๆ แล้วทุกบาททุกสตางค์สมาคมฯ จะนำเข้าสมทบกองทุนหม่อมหลวงชูชาติ กำภู เพื่อใช้เป็นเงินทุนหาดอกเบี้ยเพื่อการศึกษาของนักศึกษาวิศวกรรมชลประทานดังกล่าวต่อไป

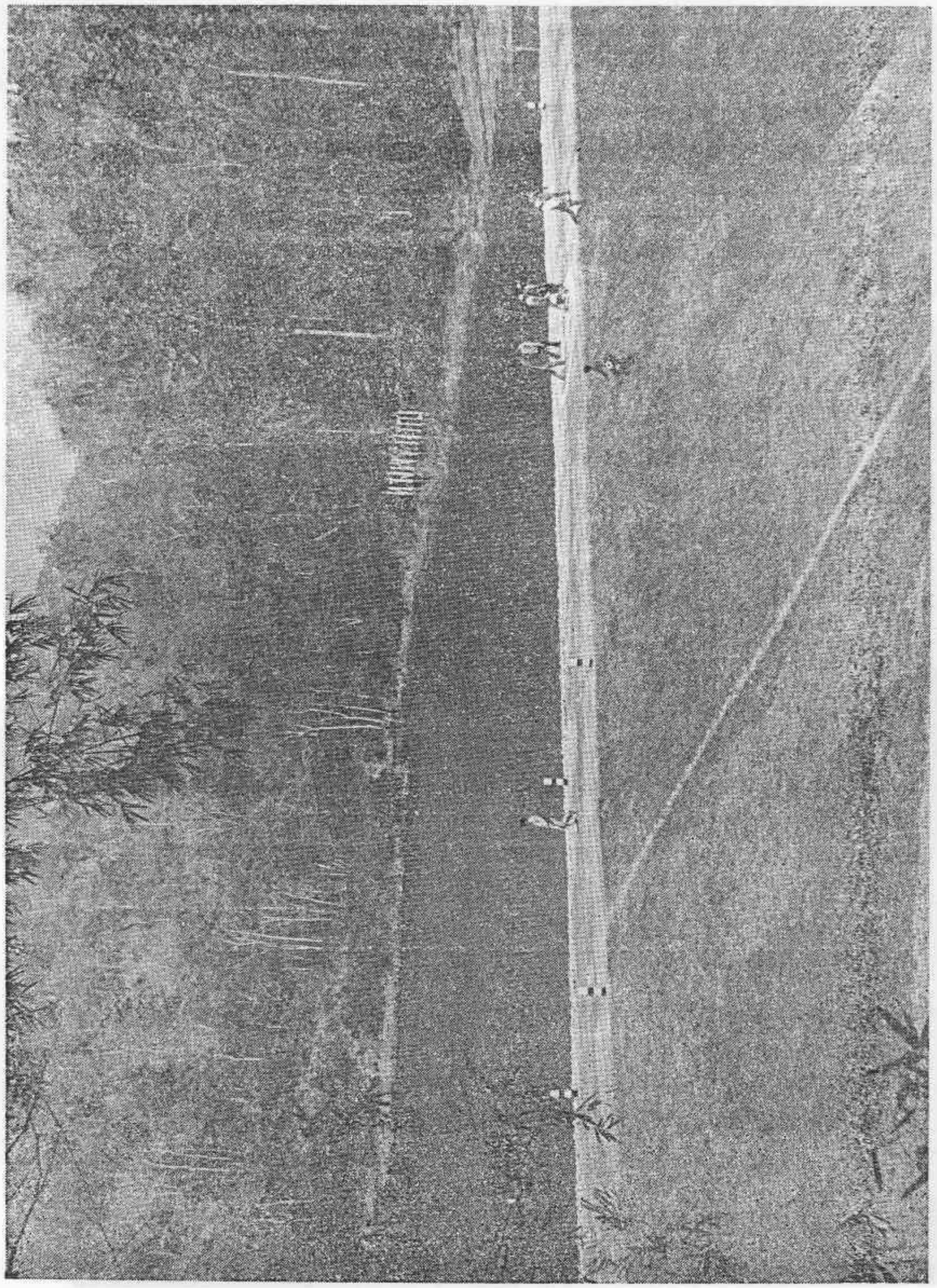
ด้วยกุศลผลบุญที่ท่านได้มีส่วนช่วยเหลือการศึกษาของนักศึกษาผู้จะเป็นกำลังสำคัญของชาติต่อไปในอนาคต ขอให้สิ่งศักดิ์สิทธิ์ทั้งหลายได้โปรดอำนวยพรให้ท่านเจริญด้วยจตุรพิธพรชัยทุกประการ



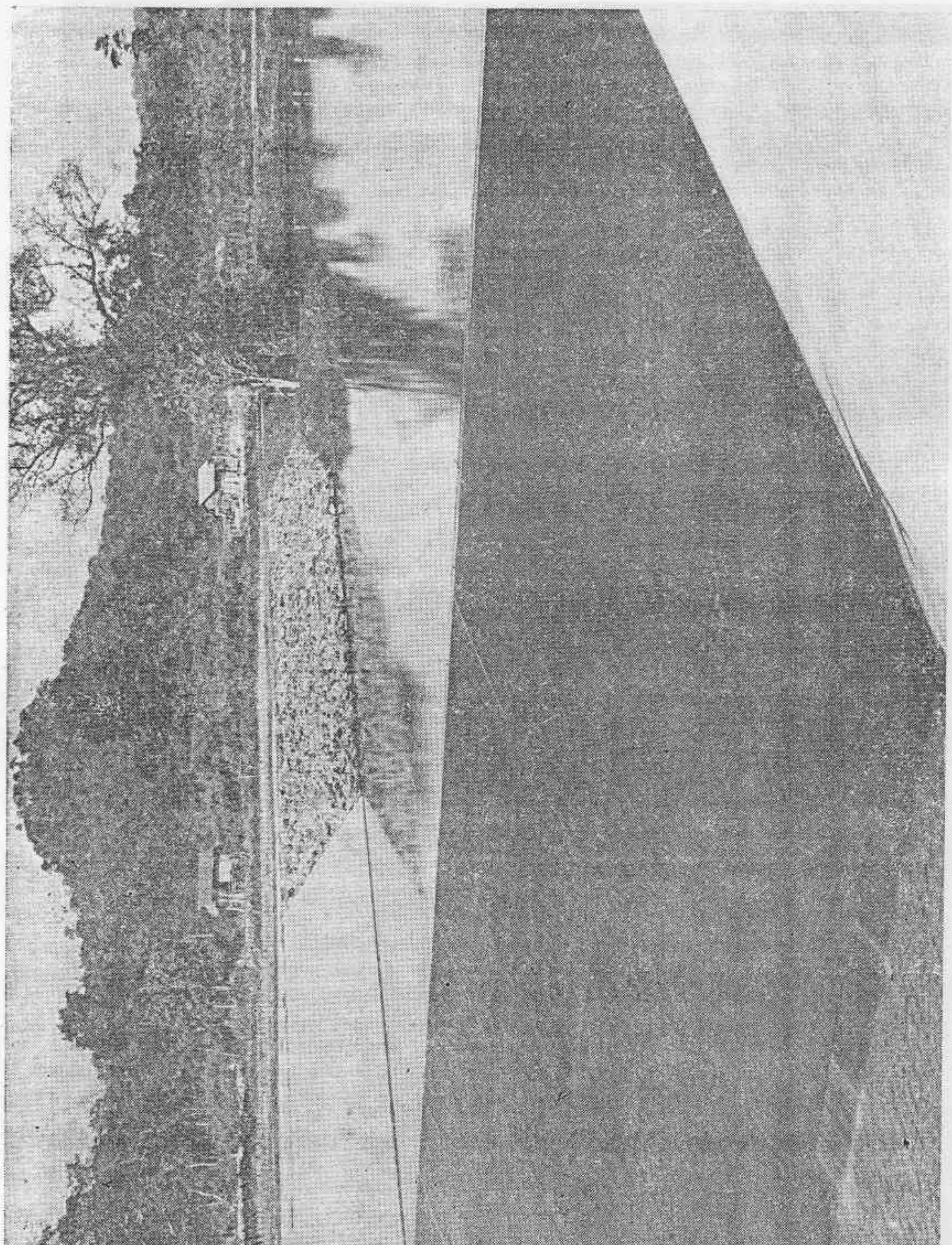
(นายจำรูญ จินดาสงวน)

นายกสมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชลประทาน

23 มีนาคม 2524



เขื่อนดินขนาดเล็ก



ฝายทดน้ำขนาดเล็ก

คำนำ

....

ในแผนของการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดเล็ก อันเป็นนโยบายเร่งด่วนของรัฐบาลนั้น มีงานก่อสร้างเขื่อนดินขนาดเล็กและฝายอยู่เป็นจำนวนปีละมาก ๆ ซึ่งก่อสร้างโดยหน่วยราชการต่าง ๆ ที่มีหน้าที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งที่ก่อสร้างโดยกลุ่มราษฎรที่มีทุนทรัพย์เอง เพื่อช่วยเหลือบรรเทาหรือแก้ไขความเดือดร้อนในเรื่องน้ำที่ราษฎรตามหมู่บ้านต่าง ๆ ประสบปัญหาอยู่ ให้ได้มีน้ำใช้สำหรับอุปโภคบริโภคภายในหมู่บ้านนั้น ๆ ได้ตลอดปี เฉพาะอย่างยิ่งในฤดูแล้ง และเพื่อการเพาะปลูก เท่าที่แหล่งน้ำธรรมชาติที่มีอยู่จะอำนวยให้ทำการพัฒนาได้

เพื่อเป็นการสนองพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ผู้เขียนจึงได้เขียนหนังสือ "คู่มืองานเขื่อนดินขนาดเล็กและฝาย" ขึ้น เพื่อแนะนำเรื่องราวด้านวิชาการของงานเขื่อนดินขนาดเล็กและฝายตลอดจนอาคารประกอบ โดยได้กล่าวถึงสาระที่น่ารู้และมีความสำคัญของงานแต่ละด้านที่ควรทราบ สำหรับใช้เป็นแนวทางประกอบการทำงานของผู้ที่มีหน้าที่ปฏิบัติงานในด้านนี้ ตลอดจนผู้ที่มีความสนใจงานในด้านช่าง

ส่วนเนื้อหาด้านวิชาการสำหรับงานคำนวณวิเคราะห์เขื่อนดินที่มีขนาดค่อนข้างสูงและอาคารต่าง ๆ ที่ต้องระบายน้ำในปริมาณมาก ๆ ตลอดจนวิธีการพิจารณางานด้านต่าง ๆ เช่น ทางด้านอุทกวิทยาและด้านธรณีวิทยาฐานราก ฯลฯ ให้มีความละเอียดลึกซึ้งมากขึ้นไปอีกนอกเหนือจากงานขนาดเล็กตามวัตถุประสงค์ของคู่มือนี้ สมควรอย่างยิ่งที่จะได้มีการพิจารณาศึกษาและคำนวณออกแบบ ตลอดจนควบคุมการก่อสร้างโดยวิศวกร หรือนายช่างผู้มี

ประสบการณ์ในแต่ละด้านโดยเฉพาะ ทั้งนี้เนื่องจากมีรายละเอียดด้านวิชาการมากเกินกว่าที่จะบรรยายไว้ในคู่มือเล่มนี้ได้ครบถ้วน

ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มืองานเขื่อนดินขนาดเล็กและฝาย ที่ท่านได้มีโอกาสเป็นเจ้าของนี้ คงจะให้ประโยชน์สำหรับท่านผู้ต้องมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการทำงานในด้านช่างและท่านที่สนใจได้ตามสมควร คู่มือเล่มนี้อาจจะยังมีข้อบกพร่องที่ต้องปรับปรุงแก้ไขใหม่อีก หากท่านผู้อ่านได้พบข้อผิดพลาดหรือข้อความตอนใดที่สมควรจะต้องแก้ไขเพิ่มเติม ขอได้โปรดให้ข้อแนะนำสำหรับประกอบการแก้ไขให้ดีขึ้นในโอกาสต่อไป ซึ่งจะเป็นพระคุณต่อผู้เขียนอย่างมากสำหรับความกรุณาของท่าน

ปราโมทย์ ไม้กลัด

กองออกแบบ กรมชลประทาน

กุมภาพันธ์ 2524

สารบาญ

หน้า

ถ้อยแถลงของนายกสมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชลประทาน

คำนำ

บทที่ 1 บทนำ 1

บทที่ 2 ความต้องการน้ำใช้งาน 4

2.1 จำนวนน้ำใช้สำหรับอุปโภคบริโภค 4

2.2 จำนวนน้ำใช้เพื่อการเพาะปลูก 5

บทที่ 3 การศึกษาและการวางโครงการ 10

3.1 แผนที่มาตราส่วน 1 : 50,000 12

3.2 พื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนหรือฝาย 12

3.3 การเลือกที่สร้างเขื่อนดิน 12

3.4 การเลือกที่สร้างฝาย 15

3.5 การสูญเสียน้ำจากอ่างเก็บน้ำ 16

3.6 การตกตะกอนในอ่างเก็บน้ำและด้านหน้าฝาย 19

3.7 ความจุของอ่างเก็บน้ำ 20

บทที่ 4 การสำรวจรายละเอียดภูมิประเทศ 22

หน้า

บทที่ 5	ฐานรากของเขื่อนดิน ฝาย และดินสำหรับก่อสร้างตัวเขื่อน	30
	5.1 ฐานรากเป็นหิน	30
	5.2 ฐานรากเป็นดินทราย	31
	5.3 ฐานรากเป็นดินเหนียว	31
	5.4 คุณสมบัติของดินสำหรับก่อสร้างตัวเขื่อน	32
บทที่ 6	อุทกวิทยา	36
	6.1 ฝนในประเทศไทย	36
	6.2 จำนวนน้ำที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำ	37
	6.3 ปริมาณน้ำนองสูงสุด	40
บทที่ 7	การออกแบบเขื่อนดินขนาดเล็กและอาคารประกอบ	47
	7.1 อ่างเก็บน้ำ	47
	7.2 ที่สร้างเขื่อนและอาคารประกอบ	48
	7.3 ฐานราก	50
	7.4 ขนาดและรูปร่างของเขื่อนดิน	58
	7.5 อาคารระบายน้ำล้น	62
	7.6 ท่อระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำ	69
บทที่ 8	การออกแบบฝายและอาคารประกอบ	77
	8.1 ที่สร้างฝายและอาคารประกอบ	77
	8.2 ฝายประเภทต่าง ๆ	78
	8.3 ฐานราก	80
	8.4 การออกแบบตัวฝาย	81
	8.5 การออกแบบอาคารประกอบ	114
บทที่ 9	การคำนวณปริมาตรและราคางาน	117
	9.1 การคำนวณปริมาตรดินถมอัดแน่นของตัวเขื่อน	117
	9.2 การคำนวณปริมาตรดินขุดร่องแกน	119
	9.3 การคำนวณปริมาตรคอนกรีต	120

หน้า

9.4 การคำนวณปริมาตรซีเมนต์ ทราย และหิน ที่ใช้ผสมคอนกรีต. . . . 120
9.5 การคำนวณปริมาตรหินก่อ 122
9.6 การคำนวณปริมาตรหินเรียงและหินทิ้ง 122
9.7 การประมาณราคา 123
บทที่ 10 การก่อสร้างเขื่อนดินและอาคารประกอบ 124
10.1 การวางแผนงานก่อสร้าง 124
10.2 การเตรียมงาน 125
10.3 การจัดผังบริเวณ 125
10.4 การทำงานฐานราก 126
10.5 การก่อสร้างตัวเขื่อน 127
10.6 การก่อสร้างอาคารระบายน้ำล้น 131
10.7 การก่อสร้างท่อระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำ 133
10.8 การซ่อมเขื่อนดินขนาดเล็ก 135
บทที่ 11 การก่อสร้างฝายและอาคารประกอบ 139
11.1 การทำงานฐานราก 139
11.2 การก่อสร้างฝาย 140
11.3 การก่อสร้างอาคารประกอบ 142
บทที่ 12 การตรวจสอบและการบำรุงรักษา 145
12.1 การตรวจสอบและการบำรุงรักษาเขื่อนดินและอาคารประกอบ 145
12.2 การตรวจสอบและการบำรุงรักษาฝายและอาคารประกอบ. 147
เอกสารอ้างอิง 148

บทนำ

.... บทที่ 1

การพัฒนาแหล่งน้ำถือเป็นหัวใจสำคัญประการหนึ่งของการพัฒนาประเทศที่รัฐบาลในทุกสมัยจะต้องเร่งดำเนินการ เพื่อให้ได้มาซึ่งน้ำที่จะนำไปใช้ประโยชน์สำหรับการเพาะปลูกตลอดจนสำหรับอุปโภคบริโภคและเพื่อประโยชน์ในด้านอื่น ๆ

โครงการพัฒนาแหล่งน้ำที่ทำการก่อสร้างในทุกภาคของประเทศนั้น ส่วนใหญ่จะเป็นโครงการขนาดกลางและขนาดใหญ่ ซึ่งต้องใช้เวลาในการก่อสร้างนาน อีกทั้งต้องใช้งบประมาณเป็นจำนวนมากในการก่อสร้างแต่ละโครงการ แต่ถึงจะมีโครงการทั้ง 2 ประเภทดังกล่าวเป็นจำนวนไม่น้อย ก็หาได้เพียงพอกับความต้องการน้ำเพื่อการเพาะปลูกของราษฎรไม่ เพราะยิ่งจำนวนประชากรเพิ่มมากขึ้นเพียงใด พื้นที่เพาะปลูกก็จำเป็นต้องขยายออกไปไกลในบริเวณพื้นที่ซึ่งเป็นที่ดอน เป็นการเพิ่มจำนวนพื้นที่เพาะปลูกที่ต้องขาดแคลนน้ำเมื่อฝนไม่ตกให้มากยิ่งขึ้นทุกปี เมื่อเป็นดังนี้ "น้ำ" จึงถือเป็นสิ่งจำเป็นที่สุดที่ราษฎรมีความต้องการมากเสมอมา

การที่จะช่วยเหลือและแก้ไขความเดือดร้อนที่ราษฎรทั้งประเทศประสบอยู่ให้ทั่วถึงกันวิธีการหนึ่ง จะได้แก่การเร่งขยายการก่อสร้างโครงการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดเล็ก ที่ใช้เวลาในการก่อสร้างไม่นานและเสียค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างอยู่ในวงเงินไม่มากนัก สร้างกระจายในทุกท้องถิ่นทั่วทุกภาคที่แหล่งน้ำจะอำนวยให้อย่างเร่งด่วนที่สุด ดังที่หน่วยราชการต่าง ๆ กำลังดำเนินการอยู่ในปัจจุบัน

โครงการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดเล็กส่วนใหญ่เป็นงานก่อสร้างเขื่อนดินขนาดเล็กสำหรับเก็บกักน้ำ และฝายเพื่อทดน้ำ แล้วส่งไปใช้สำหรับการเพาะปลูกและอุปโภคบริโภค เพราะงานดังกล่าวสามารถก่อสร้างกระจายไปในท้องถิ่นที่ห่างไกลและทุรกันดารได้เกือบทุกท้องที่ เพื่อช่วยเหลือและบรรเทาความเดือดร้อนของราษฎรที่ขาดแคลนน้ำใช้สำหรับการเพาะปลูกและเป็นน้ำกินน้ำใช้ในฤดูแล้ง ซึ่งมีอยู่จำนวนมากในชนบทที่ห่างไกล ถึงแม้ว่าหน่วยราชการซึ่งมีหน้าที่ก่อสร้างงานดังกล่าวจะได้เร่งรัดการก่อสร้าง ขึ้นตามที่ราษฎรร้องขอ หรือปรับปรุงซ่อมแซมของเดิมที่ราษฎรได้ก่อสร้างไว้ให้คงทนถาวร ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยก่อสร้างกระจายไปทั่วทุกภาคในทุกท้องถิ่นเป็นจำนวนปีละหลายร้อยแห่งทุก ๆ ปี ก็ยังไม่เพียงพอกับความต้องการของราษฎรที่ได้รับความเดือดร้อนอีกจำนวนมาก ทำให้หน่วยราชการอื่น ๆ อาทิ จังหวัด อำเภอ และหน่วยพัฒนาระดับท้องถิ่น รวมทั้งสหกรณ์และกลุ่มเกษตรกรอีกจำนวนมาก จึงต่างช่วยกันก่อสร้างเขื่อนดินขนาดเล็กเพื่อเก็บกักน้ำไว้ใช้ในหมู่บ้าน หรือจัดสร้างฝายเพื่อทดน้ำแล้วผันส่งไปสู่ไร่นาเป็นจำนวนไม่น้อยในแต่ละภาค ดังที่ปรากฏให้เห็นอยู่ทั่วไปในปัจจุบัน

ด้วยเหตุนี้ จึงเห็นสมควรจัดทำคู่มืองานเขื่อนดินขนาดเล็กและฝายเพื่อใช้เป็นแนวทางประกอบการทำงาน และแนะนำวิธีการด้านนี้ให้ช่างและผู้ปฏิบัติงานทั่วไปได้ทราบ เพราะการทำงานเขื่อนดินขนาดเล็กและฝาย ซึ่งเป็นอาคารที่จะต้องกักกั้นน้ำให้ได้ผลดีนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่ควรต้องมีการศึกษาและพิจารณาให้รอบคอบพอประมาณเสียก่อนว่า ควรจะสร้างที่บริเวณใดจึงจะเหมาะสม เมื่อก่อสร้างขึ้นแล้วจะได้น้ำตามจำนวนที่ต้องการหรือไม่ และจะเกิดประโยชน์กับพื้นที่เพาะปลูกเป็นเนื้อที่มากน้อยเพียงไร เป็นต้น

ในด้านที่เกี่ยวกับความมั่นคงแข็งแรงของเขื่อนดิน อาคารต่าง ๆ และฝาย ก็จะต้องมีการคำนวณออกแบบหาขนาดและสัดส่วนให้พอเหมาะพอดีสำหรับการกักกั้นน้ำให้สูงได้ตามที่กำหนด หรือระบายน้ำที่ไม่ต้องการผ่านอาคารออกไปได้ทัน โดยที่ตัวเขื่อน อาคารต่าง ๆ และฝาย เหล่านั้นไม่เกิดอันตราย และมีความคงทนถาวรอยู่ได้ตลอดไป นอกจากนี้ขนาดและสัดส่วนของอาคารดังกล่าวก็ต้องกำหนดให้มีขนาดไม่ใหญ่โตจนเทอะทะเกินความจำเป็น เพราะจะทำให้ต้องเสียเงินค่าก่อสร้างเพิ่มมากขึ้นไปอีก

ส่วนด้านการก่อสร้าง สมควรดำเนินการอย่างไร จึงจะก่อสร้างเขื่อนดินและฝายได้คงทนแข็งแรงและกักกั้นน้ำได้ตามวัตถุประสงค์ ก็เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่ช่างและผู้ก่อสร้างควรจะ

ทราบถึงวิธีการให้ถ่องแท้ เพราะถ้าเขื่อนดินขนาดเล็กและฝายทำการก่อสร้างไว้ไม่ถูกต้อง ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากการละเลยหรือขาดความรู้และประสพการณ์ก็ตาม เขื่อนและฝายเหล่านั้นมักจะไม่สามารถต้านทานแรงดันของน้ำได้ อาจทำให้ใช้งานต่อไปไม่ได้หรือต้องพังทะลายไปในที่สุด

คู่มืองานเขื่อนดินขนาดเล็กและฝายที่ได้เขียนขึ้นนี้ จึงมีจุดประสงค์สำคัญในการให้ข้อแนะนำต่าง ๆ เท่าที่จำเป็นสำหรับการก่อสร้างเขื่อนดินขนาดเล็กที่เก็บกักน้ำลึกไม่มากนัก ตลอดจนงานฝาย ทั้งด้านการพิจารณาโครงการ การสำรวจรายละเอียดภูมิประเทศ และการจัดหาข้อมูลสำหรับประกอบการออกแบบและการก่อสร้าง ตลอดถึงวิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาเขื่อนและอาคารให้มีสภาพดีจนสามารถใช้งานได้นานที่สุดตามต้องการ

รายละเอียดในคู่มือเล่มนี้ ได้กล่าวถึงเฉพาะเนื้อหาสาระที่มีความสำคัญในแต่ละด้านซึ่งช่างและผู้สนใจทั่วไปอ่านแล้วพอจะเข้าใจ และใช้เป็นแนวทางในการทำงานได้ ถ้าหากว่าเนื้อหาบางตอนมีความยุ่งยากต่อการนำไปใช้งานแล้ว ก็ได้รวบรวมไว้เป็นตาราง กร๊าฟ หรือสรุปให้ง่ายขึ้น เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งานต่อไป

อย่างไรก็ตาม อาจจะมีงานก่อสร้างในภูมิประเทศบางแห่งซึ่งต้องพิจารณาอย่างละเอียดเพิ่มเติมนอกเหนือจากที่ได้กล่าวไว้ในคู่มือ หรือคู่มือได้กล่าวไว้เป็นหลักกว้าง ๆ ทั่วไป จนไม่สามารถจะพิจารณาหรือตัดสินใจได้ถูกต้อง ขอแนะนำให้ขอคำปรึกษาจากวิศวกรของหน่วยราชการที่ทำงานเกี่ยวกับเขื่อนดินและฝายเพิ่มเติมเฉพาะกรณีเป็นแห่ง ๆ ไป

ความต้องการน้ำใช้งาน

บทที่ 2 ....

การก่อสร้างเขื่อนเก็บกักน้ำและฝายโดยทั่วไปมีจุดประสงค์เพื่อการเพาะปลูกและอุปโภคบริโภคเป็นสำคัญ สำหรับประชาชนซึ่งเคยได้รับความเดือดร้อนจะได้มีน้ำใช้ทำการเพาะปลูกเมื่อฝนตกน้อยหรือเมื่อฝนไม่ตกเลยเป็นระยะเวลานาน และยังจะได้อาศัยเป็นน้ำกินน้ำใช้ในฤดูแล้งได้ตลอดไปอีกด้วย

ก่อนที่จะเริ่มงานออกแบบและก่อสร้างเขื่อนเก็บกักน้ำหรือฝาย ควรจะได้มีการศึกษาถึงความต้องการน้ำเพื่อการเพาะปลูกและอุปโภคบริโภคสำหรับประชากรและสัตว์เลี้ยงเสียก่อน ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดความจุของอ่างเก็บน้ำให้มีขนาดเหมาะสม หรือถ้าหากเป็นงานก่อสร้างฝายก็จะได้ทราบว่าน้ำที่จะไหลมาตามลำน้ำธรรมชาติในแต่ละเดือนนั้น มีจำนวนเพียงพอกับความต้องการหรือไม่

2.1 จำนวนน้ำใช้สำหรับอุปโภคบริโภค น้ำที่ใช้สำหรับอุปโภคบริโภค หมายถึงน้ำกินน้ำใช้ของประชากรและสัตว์เลี้ยงต่าง ๆ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้.—

1. อัตราการใช้น้ำของประชากร โดยส่วนใหญ่มักจะไม่เท่ากัน และมักขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำที่จะมีให้ใช้ได้ในแต่ละท้องถิ่นเป็นหลัก บางท้องถิ่นที่ขาดแคลนแหล่งน้ำ ประชาชนจะใช้น้ำอย่างประหยัดและใช้น้ำตามความจำเป็น โดยเฉลี่ยประมาณวันละ 30 ลิตรต่อคน ในท้องถิ่นซึ่งสามารถจัดหาน้ำมาใช้ได้สะดวกพอประมาณ อาจต้องการใช้น้ำเพิ่มมากขึ้นไปอีกถึงวันละ 60 ลิตรต่อคน สำหรับท้องถิ่นซึ่งมีน้ำอุดมสมบูรณ์และสามารถใช้ได้อย่างไม่ขาดแคลนนั้น ส่วนใหญ่จะใช้น้ำเฉลี่ยคนละประมาณ 200 ลิตรต่อวัน

2. อัตราการใช้น้ำของสัตว์เลี้ยงประเภทต่าง ๆ มีความต้องการน้ำมากน้อยตามเกณฑ์ดังนี้.–

– วัวและควายตัวละประมาณ 50 ลิตรต่อวัน
– หมูตัวละประมาณ 20 ลิตรต่อวัน
– ไก่ตัวละประมาณ 0.15 ลิตรต่อวัน

ถ้าหากหมู่บ้านแห่งหนึ่ง มีประชากรรวม 1,600 คน ทำการเลี้ยงหมูจำนวน 1,000 ตัว เลี้ยงวัวและควายรวม 800 ตัว และเลี้ยงไก่อีก 10,000 ตัว ในช่วงฤดูแล้ง ซึ่งมีระยะเวลานานถึง 6 เดือน หมู่บ้านนี้จะต้องการน้ำสำหรับประชากรใช้อุปโภคบริโภคอย่างน้อยที่สุด 8,640 ลูกบาศก์เมตร ถึง 57,600 ลูกบาศก์เมตร และสำหรับสัตว์เลี้ยงอีกประมาณ 11,070 ลูกบาศก์เมตร

2.2 จำนวนน้ำใช้เพื่อการเพาะปลูก ปริมาณน้ำที่พืชต้องการหมายถึงจำนวนน้ำที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งน้ำที่พืชต้องการทั้งหมดนี้อาจจะได้จากน้ำฝน หรือได้จากฝนรวมกับน้ำชลประทานเพียงบางส่วน หรือใช้แต่น้ำชลประทานแต่อย่างเดียวก็ได้ และน้ำชลประทานดังกล่าวอาจจะได้มาจากอ่างเก็บน้ำหรือจากการทดแล้วส่งไปยังพื้นที่เพาะปลูกด้วยฝายนั่นเอง

ปริมาณน้ำที่พืชต้องการจะเป็นน้ำใช้ในการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกรวมกับน้ำที่สูญเสียเนื่องจากการรั่วซึมลงไปในดิน และน้ำที่ไหลออกจากแปลงเพาะปลูกไปตามผิวดิน ซึ่งสำหรับการปลูกข้าวจำนวนน้ำที่ต้องการจะรวมถึงน้ำที่ปล่อยไปท่วมพื้นนาครั้งแรกเพื่อการเตรียมดินด้วย

พืชแต่ละชนิดจะมีความต้องการน้ำในจำนวนต่างกัน พืชที่ต้องการน้ำมากได้แก่ ข้าวและอ้อย ฯลฯ สำหรับพืชที่ต้องการน้ำปริมาณปานกลางได้แก่ พืชไร่ พืชผักต่าง ๆ รวมทั้งธัญญพืชทั่วไปและต้นไม้ผลหลายชนิด ฯลฯ ส่วนพืชที่ต้องการน้ำน้อยมีข้าวฟ่างและพืชผักบางชนิดเป็นต้น

ปริมาณน้ำชลประทานที่ต้องการหมายถึงจำนวนน้ำที่จัดหาเพื่อส่งให้พื้นที่เพาะปลูกเป็นการเพิ่มเติมปริมาณน้ำฝนที่พื้นที่เพาะปลูกสามารถนำไปใช้ได้ เพื่อให้การเจริญเติบโตของพืชดำเนินต่อไปได้ตามปกติ เช่น ในฤดูฝนทำการปลูกข้าวด้วยการขังน้ำฝนอยู่ในแปลงนา แต่เมื่อฝนไม่ตกเป็นเวลานานจนพื้นนาแห้ง จึงจะส่งน้ำจากแหล่งน้ำชลประทานเข้าไปเพิ่มเติม

ความต้องการน้ำชลประทาน นอกจากจะผันแปรไปตามชนิดของพืชแล้ว ยังขึ้นอยู่กับชนิดของดิน สภาพลมฟ้าอากาศ และวิธีการเพาะปลูก ซึ่งทำให้น้ำชลประทานที่ต้องการในแต่ละเดือน และของพืชแต่ละประเภทที่ปลูกมีจำนวนไม่แน่นอน

2.2.1. ความต้องการน้ำในนาข้าว ต้นข้าวในระยะแรกปลูกจะต้องการน้ำจำนวนไม่มากนัก แล้วจึงค่อย ๆ เพิ่มมากขึ้น จนต้องการมากที่สุดในระยะที่ต้นข้าวออกรวง จนถึงระยะที่เมล็ดข้าวเริ่มแก่จึงเริ่มระบายน้ำออก ความต้องการน้ำในนาข้าวของช่วงเวลาต่าง ๆ จะผันแปรไปตามพันธุ์ข้าว ระยะการเจริญเติบโต ความแน่นของต้นข้าวที่ปลูก ฤดูปลูก วิธีการปลูก เนื้อดิน ระดับของแปลงนา สภาพลมฟ้าอากาศ สภาพพื้นดิน และระดับน้ำในดิน เป็นต้น โดยเฉลี่ยแล้วการปลูกข้าวในประเทศไทยจะต้องการน้ำในระยะตกกล้าลึกเฉลี่ย 40 มิลลิเมตร ต่อพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมด (พื้นที่ตกกล้าต้องการน้ำเตรียมแปลงและเพาะกล้ารวมประมาณ 600 มิลลิเมตร ซึ่งกล้าในแปลงเพาะ 1 ไร่ สามารถปักดำได้ประมาณ 15 ไร่) น้ำสำหรับเตรียมแปลงลึก 200 มิลลิเมตร และน้ำที่ใช้ขังในนาตั้งแต่ระยะปักดำถึงระยะเก็บเกี่ยวลึกประมาณ 1,000 มิลลิเมตร หรือต้องการน้ำเฉลี่ยวันละ 8 มิลลิเมตร ซึ่งตลอดอายุของการปลูกข้าวจะต้องการน้ำในพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมดรวมทั้งสิ้น 1,240 มิลลิเมตร

ตัวอย่าง สมมติว่ามีพื้นที่ทำนาอยู่ 300 ไร่ ตลอดระยะการทำนามีฝนตกรวมเฉลี่ย 1,100 มิลลิเมตร และประมาณได้ว่า จำนวนน้ำฝนที่สามารถจะใช้เป็นประโยชน์ต่อการเพาะปลูกมีประมาณ 60 เปอร์เซนต์ของฝนตกในช่วงนี้ทั้งหมด

1. อยากทราบว่าจะต้องใช้น้ำชลประทานเพิ่มจำนวนทั้งหมดเท่าไร จึงจะทำให้ข้าวได้รับน้ำเพียงพอตามที่ต้องการ

2. ถ้าหากเกิดฝนทิ้งช่วงนานหนึ่งเดือน น้ำฝนในแปลงนาที่ขังไว้ใช้ได้นานเพียง 10 วัน สมมติว่าขณะนั้นอ่างเก็บน้ำมีน้ำเต็มที่ระดับน้ำเก็บกัก และไม่มีน้ำไหลลงอ่างขณะที่ฝนหยุด อยากทราบว่าอ่างเก็บน้ำควรจะมีขนาดความจุเท่าไร จึงเก็บน้ำได้เพียงพอแก่การช่วยเหลือการทำนาในระยะวิกฤติดังกล่าวนี้ได้

วิธีคำนวณ

1. จำนวนน้ำใช้ในการตกกล้า $= 300 \times 1{,}600 \times \frac{40}{1{,}000}$

$= 19{,}200$ ลูกบาศก์เมตร

จำนวนน้ำใช้ในการเตรียมแปลง $= 300 \times 1{,}600 \times \frac{200}{1{,}000}$

$= 96{,}000$ ลูกบาศก์เมตร

จำนวนน้ำใช้ตั้งแต่ปักดำถึงระยะเก็บเกี่ยว

$= 300 \times 1{,}600 \times \frac{1{,}000}{1{,}000}$

$= 480{,}000$ ลูกบาศก์เมตร

จำนวนน้ำที่ข้าวต้องการที่แปลงนารวมทั้งสิ้น

$= 480{,}000 + 96{,}000 + 19{,}200$

$= 595{,}200$ ลูกบาศก์เมตร

จำนวนน้ำฝนที่สามารถใช้เป็นประโยชน์ได้

$= 300 \times 1{,}600 \times \frac{1{,}100}{1{,}000} \times 0.6$

$= 316{,}800$ ลูกบาศก์เมตร

จะต้องใช้น้ำชลประทานเพิ่ม $= 595{,}200 - 316{,}800$

$= 278{,}400$ ลูกบาศก์เมตร

2. ถ้าหากว่าฝนไม่ตกนานหนึ่งเดือน น้ำฝนในแปลงนามีใช้ต่อไปได้อีก 10 วัน ซึ่งจะต้องส่งน้ำชลประทานช่วยเหลือนาน 20 วัน

ต้องการน้ำชลประทานที่แปลงนาจำนวน

$= 300 \times 1{,}600 \times \frac{8}{1{,}000} \times 20$

$= 76{,}800$ ลูกบาศก์เมตร

เผื่อการสูญเสียน้ำขณะส่งน้ำชลประทานและที่แปลงเพาะปลูก

$= 40\,\%$

จำนวนน้ำในอ่างเก็บน้ำจะถูกใช้ในช่วง 20 วัน

$= 76{,}800 + \frac{40}{100} \times 76{,}800$

$= 107{,}520$ ลูกบาศก์เมตร

ขนาดความจุของอ่างเก็บน้ำจะต้องเก็บน้ำได้อย่างน้อย

= 107,520 + จำนวนน้ำที่ระเหยและรั่วซึมไปจากอ่าง ในช่วงเวลา 20 วัน + ปริมาตรอ่างที่จัดไว้สำหรับการตกตะกอน ลูกบาศก์เมตร

2.2.2. **ความต้องการน้ำสำหรับพืชไร่ พืชผัก และต้นไม้ผล** พืชทุกชนิดต้องการน้ำเพียงจำนวนหนึ่ง เพื่อการเจริญเติบโตและให้ได้ผลผลิตสูง การขาดแคลนน้ำจะทำให้พืชเติบโตได้ไม่เต็มที่ ต้นจะเตี้ยแคระแกรน หรือแขนงและกิ่งก้านอาจตายได้ ในระยะที่พืชออกดอกติดผล และเกิดเมล็ดแล้ว การขาดแคลนน้ำจะทำให้ขนาดของผลหรือเมล็ดเล็กลง จนทำให้ปริมาณการเก็บเกี่ยวลดลงตามไปด้วย

พืชไร่ พืชผักและต้นไม้ผลแต่ละชนิดจะมีความต้องการน้ำมากน้อยแตกต่างกันไป เช่น ปอแก้วต้องการน้ำจำนวนประมาณสองเท่าของถั่วเหลือง และอ้อยต้องการน้ำมากกว่าปอแก้วเป็นต้น นอกจากนี้ในแต่ละช่วงของการเจริญเติบโต พืชต่าง ๆ ก็ต้องการน้ำในอัตราไม่เท่ากันเช่นกัน กล่าวคือ ในระยะแรกปลูกจะต้องการน้ำน้อย แล้วเพิ่มความต้องการมากขึ้น ๆ เมื่อพืชมีการเจริญเติบโตทางลำต้น ใบ และกิ่งก้าน และจะต้องการน้ำมากที่สุดในระยะออกดอกไปจนถึงระยะผลเริ่มแก่ จนกระทั่งผลเริ่มแก่เต็มที่จึงต้องการน้ำจำนวนน้อยมาก

ตารางที่ 2.1 ความต้องการน้ำของพืชชนิดต่าง ๆ ที่ปลูกในประเทศไทยโดยประมาณ

ชนิดของพืช	ปริมาณน้ำที่ต้องการสูงสุดต่อวัน มิลลิเมตร	ปริมาณน้ำที่ต้องการตลอดอายุของพืช มิลลิเมตร
ข้าวโพด	5 – 7	350 – 400
ถั่วลิสง	2 – 5	400 – 500
งา	4 – 5	450 – 525
ถั่วเหลือง	2 – 4	300 – 350
ถั่วเขียว	2 – 4	370 – 400
ปอกระเจา	6 – 8	600 – 700
ปอแก้ว	2 – 4	300 – 450
ฝ้าย	6 – 9	500 – 900
อ้อย	6 – 9	1,600 – 1,870
พืชปุ๋ยสด	–	300 – 600
พืชผัก	4 – 5	400 – 500
ส้ม	3 – 4	750 – 980 (ปีละ)

ปริมาณน้ำชลประทานที่ต้องการขึ้นอยู่กับความแตกต่างระหว่างจำนวนน้ำที่พืชต้องการและปริมาณน้ำฝนที่ซึมเข้าไปเก็บในดินที่จะนำไปใช้ได้ ดังนั้นจำนวนน้ำชลประทานที่ต้องการแต่ละครั้งที่ส่งให้แปลงเพาะปลูกจึงขึ้นอยู่กับสภาพของพืช ลักษณะดิน สภาพพื้นที่ และสภาพลมฟ้าอากาศ เป็นต้น

เมื่อต้องการทราบจำนวนน้ำชลประทานที่ต้องการสำหรับพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่จำนวนหนึ่ง จะสามารถคำนวณได้เช่นเดียวกับการคำนวณหาจำนวนน้ำชลประทานที่ต้องการสำหรับปลูกข้าว โดยหักฝนทั้งหมดที่พืชสามารถใช้ได้ระหว่างฤดูกาลเพาะปลูกนั้นออกเสียก่อนเช่นกัน

การศึกษาและการวางโครงการ

บทที่ 3

ก่อนการเริ่มงานออกแบบเขื่อนดินและอาคารประกอบ หรือฝายและอาคารประกอบ ควรจะได้ทำการศึกษาแล้ววางโครงการงานที่จะก่อสร้างเสียก่อน ซึ่งมีการกำหนดรูปงานให้เหมาะสมกับภูมิประเทศ การเลือกลักษณะและขนาดของอาคารที่จำเป็น การประมาณประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการก่อสร้างโครงการ การประมาณราคาค่าก่อสร้างตลอดจนค่าดำเนินการและค่าบำรุงรักษาอาคารที่คาดว่าจะต้องใช้จ่ายต่อไปทุกปี การศึกษาและการวางโครงการจะทำให้ทราบว่าการก่อสร้างเขื่อนดินหรือฝายแต่ละแห่งนั้นมีความเหมาะสมทางด้านวิศวกรรมหรือไม่ จะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างประมาณเท่าไร และได้รับประโยชน์มากหรือน้อยเพียงใด แล้วจึงตัดสินใจได้ว่าสมควรที่จะเริ่มงานออกแบบและทำการก่อสร้างต่อไปหรือไม่

โดยทั่วไปแล้วการศึกษาและการวางโครงการควรดำเนินการตามลำดับดังนี้.-

ก. ศึกษาลักษณะทั่วไปของภูมิประเทศและลำน้ำบริเวณที่จะสร้างเขื่อนดินหรือฝายอย่างคร่าว ๆ จากแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 ซึ่งจะทำให้ทราบที่ตั้งโดยประมาณ ขนาดของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนหรือฝาย สภาพภูมิประเทศทั่วไปและปริมาณน้ำที่มีตามธรรมชาติ แล้วจึงตัดสินใจว่าสมควรจะเลือกสร้างเขื่อนดินหรือฝายในลักษณะใด จึงจะมีความเหมาะสมและใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์

ข. หลังจากเลือกที่ตั้งจากแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 ได้โดยประมาณแล้ว ควรไปดูสภาพภูมิประเทศจริง เพื่อกำหนดแนวเขื่อนดินหรือฝายที่แน่นอนในสนามก่อนที่จะทำการสำรวจรายละเอียดภูมิประเทศต่อไป

ค. เมื่อเลือกที่ตั้งเขื่อนดินหรือที่ตั้งฝายได้แน่นอนแล้ว (การเลือกที่ตั้งเขื่อนดิน ดูหัวข้อ 3.3 และการเลือกที่ตั้งฝาย ดูหัวข้อ 3.4) ควรจะประมาณจำนวนน้ำที่ต้องการใช้งานซึ่งได้แก่น้ำสำหรับการเพาะปลูกและสำหรับอุปโภคบริโภค รวมตลอดทั้งปีและเป็นรายเดือน เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดขนาดอ่างเก็บน้ำในกรณีที่จะสร้างเขื่อนดิน และสำหรับงานฝายก็จะได้เปรียบเทียบกับจำนวนน้ำที่จะไหลมาในเดือนต่าง ๆ ว่ามีเพียงพอใช้งานหรือไม่

ง. คำนวณด้านอุทกวิทยา ซึ่งมีปริมาณน้ำรวมเฉลี่ยทั้งปีที่จะไหลลงมายังเขื่อนดินหรือฝาย และปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่จะใช้ออกแบบอาคารระบายน้ำล้นของงานเขื่อนดิน หรือออกแบบหาขนาดของฝาย

ข้อมูลด้านอุทกวิทยามีความสำคัญต่อการกำหนดขนาดความสูงของเขื่อนดิน การหาขนาดอาคารระบายน้ำล้นที่เขื่อน และการคำนวณหาขนาดความยาวของฝาย ซึ่งการคำนวณด้านอุทกวิทยาจะได้กล่าวต่อไปในบทที่ 6

จ. ศึกษาและตรวจสอบสภาพฐานรากบริเวณที่จะสร้างเขื่อนดินหรือฝายว่ามีลักษณะเป็นอย่างไร จะสามารถรับน้ำหนักได้หรือไม่ และในกรณีที่เป็นที่ตั้งของเขื่อนดินจะต้องตรวจสอบถึงลักษณะดินด้วยว่า น้ำจะรั่วซึมลอดใต้เขื่อนได้สะดวกหรือไม่ หรือถ้าชั้นบนเป็นทรายแล้วจะมีชั้นดินเหนียวอยู่ลึกมากหรือน้อยเพียงไร จะสามารถทำร่องแกนของเขื่อนลงไปจนถึงดินเหนียวได้หรือไม่

ฉ. ทำการคำนวณและออกแบบเบื้องต้น จากผลการสำรวจรายละเอียดภูมิประเทศ จากข้อมูลด้านอุทกวิทยาและลักษณะของฐานรากที่มี การคำนวณและออกแบบในขั้นนี้มีจุดประสงค์เพื่อกำหนดลักษณะและขนาดของเขื่อนดินหรือฝายพร้อมอาคารประกอบที่จะก่อสร้างสำหรับใช้ในการประมาณราคาค่าก่อสร้าง และเมื่อพิจารณากันแล้วว่าเหมาะสมที่จะดำเนินการก่อสร้างได้ จึงจะทำการออกแบบให้ละเอียดต่อไป

ช. คำนวณราคางานและประมาณประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วเห็นว่าประโยชน์ที่จะได้รับคุ้มกับราคาลงทุน จึงจะทำการคำนวณออกแบบโดยละเอียดและก่อสร้างต่อไป

การศึกษาและการวางโครงการดังที่ได้กล่าวมานี้ เป็นหลักการที่ใช้ปฏิบัติอยู่ทั่วไป การที่จะดำเนินการให้ละเอียดและครบถ้วนเพียงไรนั้นอาจจะพิจารณาให้มีความเหมาะสมกับงานแต่ละงานด้วย

3.1 แผนที่มาตราส่วน 1 : 50,000 หมายถึงแผนที่ที่แสดงรายละเอียดภูมิประเทศและระดับความสูงต่ำของผิวดินซึ่งมีมาตราส่วน 1 : 50,000 ของกรมแผนที่ทหาร แผนที่ดังกล่าวนี้นอกจากจะใช้ในราชการทหารแล้ว สำหรับงานด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับรายละเอียดภูมิประเทศเช่นงานพัฒนาแหล่งน้ำก็สามารถใช้เพื่อพิจารณาวางโครงการ คำนวณด้านอุทกวิทยา เลือกที่ตั้งเขื่อนหรือฝายโดยประมาณ และการพิจารณาอื่น ๆ ได้ด้วย

3.2 พื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนหรือฝาย เป็นพื้นที่ลุ่มน้ำเหนือแนวที่ตั้งเขื่อนหรือฝาย ซึ่งมีอาณาเขตล้อมบรรจบกันเป็นวงปิดด้วยแนวสันปันน้ำ หรือแนวสันเนินสูงสุด ภายในพื้นที่นี้หากมีฝนตกจนเกิดน้ำไหลนองแล้ว น้ำทั้งหมดจะไหลลงมายังที่ตั้งเขื่อนหรือฝายนั้น

พื้นที่รับน้ำฝนจะมีขนาดใหญ่หรือเล็กวัดได้จากแผนที่ 1 : 50,000 และจะต้องขึ้นอยู่กับขนาดของลุ่มน้ำที่เขื่อนหรือฝายนั้นตั้งอยู่ พื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนหรือฝายนี้เปรียบเสมือนกับหลังคาบ้านที่รองรับน้ำฝนลงมาใส่ถังเก็บน้ำหรือตุ่ม

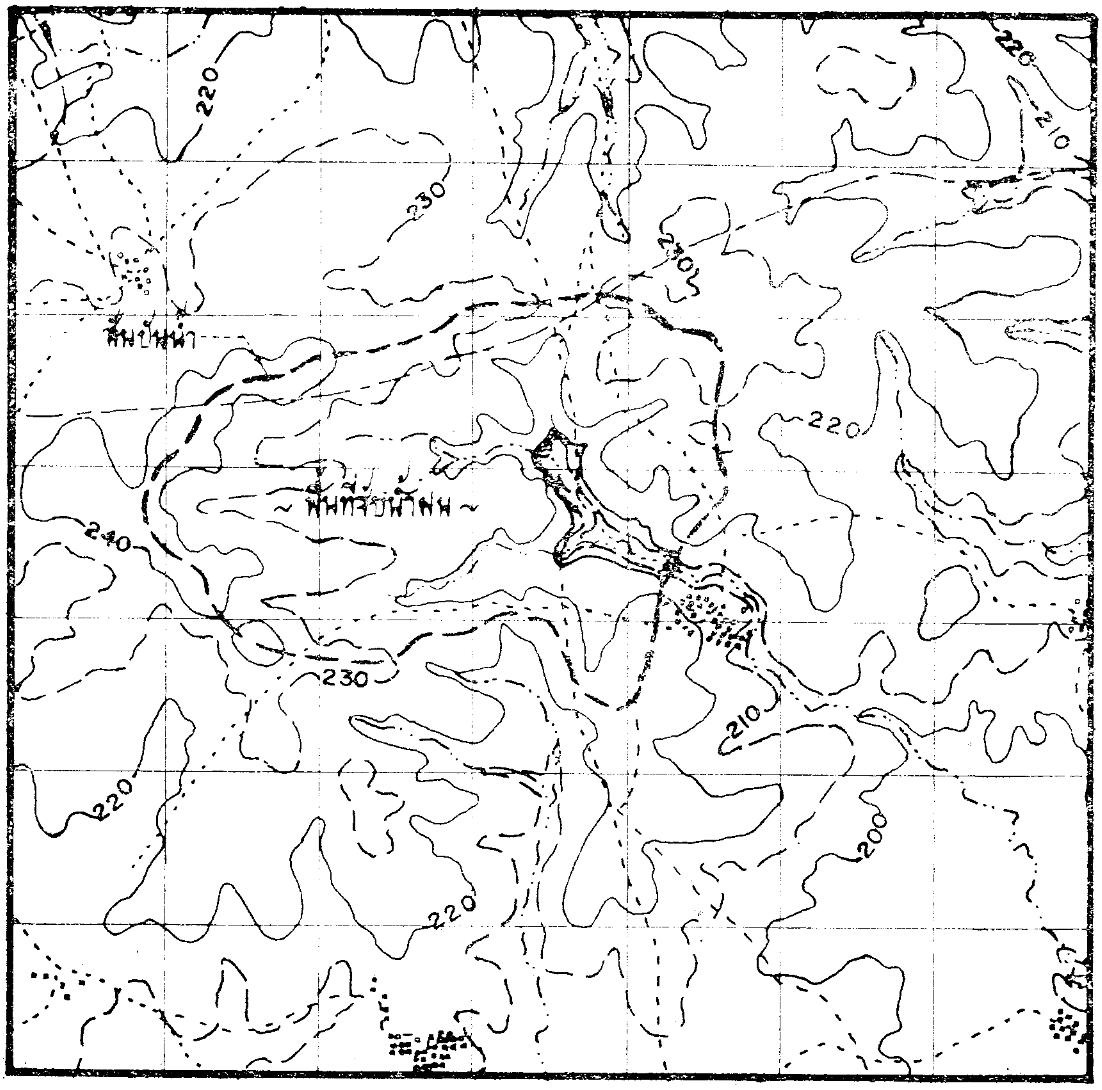
ขนาดและลักษณะของพื้นที่รับน้ำฝนดังกล่าว มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำรวมทั้งปีตลอดจนอัตราน้ำหลากสูงสุดที่เขื่อนหรือฝายจะได้รับ เขื่อนหรือฝายที่มีพื้นที่รับน้ำฝนขนาดใหญ่จะมีปริมาณน้ำไหลลงมายังเขื่อนหรือฝายรวมทั้งปีมาก ส่วนพื้นที่รับน้ำฝนที่มีลักษณะภูมิประเทศลาดชันตอนช่วงฝนตกหนักก็จะเกิดน้ำหลากลงมายังเขื่อนหรือฝายอย่างรวดเร็ว และมีปริมาณน้ำมากกว่าที่เกิดจากพื้นที่ขนาดใกล้เคียงกัน แต่ลักษณะภูมิประเทศค่อนข้างราบ

ขนาดและลักษณะของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนหรือฝาย เป็นข้อมูลสำคัญอันดับแรกที่จะต้องทราบก่อน แล้วจึงจะทำการคำนวณด้านอุทกวิทยาต่อไปได้ ซึ่งจะกล่าวในบทที่ 6

3.3 การเลือกที่สร้างเขื่อนดิน การเลือกที่สร้างเขื่อนดิน ควรมีหลักการที่สำคัญในการพิจารณา ดังนี้.-

1. ควรสร้างเขื่อนดินในบริเวณที่เขื่อนจะมีความยาวน้อยที่สุด ทั้งนี้เพื่อลดปริมาณดินถมตัวเขื่อนและค่าก่อสร้าง

2. ที่สร้างของเขื่อนดินขนาดเล็ก หากไม่จำเป็นแล้วไม่ควรสร้างบนฐานรากที่เป็นหิน เพราะจะต้องทำการตรวจสอบฐานรากนั้นให้ละเอียดเสียก่อนว่า หินมีรอยแตกอยู่มากน้อยเพียงไร อาจต้องมีการระเบิดหินหรืออัดฉีดน้ำปูนเข้าไปอุดรอยแตกร้าวของหินจนตลอดแนวเขื่อนเพิ่มขึ้นอีก ซึ่งจะทำให้ราคาค่าก่อสร้างเพิ่มมากขึ้นไปด้วย



รูปที่ 3.1 แผนที่มาตราส่วน 1:50,000 แสดงพื้นที่รับน้ำฝนด้านเหนือเขื่อน

3. ไม่ควรสร้างเขื่อนดินบนฐานรากที่มีน้ำพุ ตาน้ำ หรือบริเวณที่ดินของลาดเนินสองฝั่งเคยเลื่อนทลายลง เพราะแสดงว่าฐานรากที่จะสร้างเขื่อน และเหนือเขื่อนขึ้นไปนั้นมีชั้นทราย หรือกรวดที่น้ำรั่วซึมได้สะดวก ซึ่งอาจจะมีความหนามากและทับถมกันอยู่ไม่ค่อยแน่น

หากจำเป็นควรทำการตรวจสอบฐานราก และออกแบบปรับปรุงฐานรากเป็นพิเศษ

4. ควรสร้างเขื่อนให้อยู่ในตำแหน่งสูงที่สามารถจะนำน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำไปใช้ในพื้นที่ที่ต้องการได้ โดยวิธีปล่อยให้ไหลไปตามคูคลองด้วยแรงดึงดูดของโลก สำหรับการสูบน้ำขึ้นไปใช้จะเสียค่าใช้จ่ายแพง

5. ทำเลที่สร้างเขื่อนจะต้องมีดินที่มีคุณสมบัติใช้ทำการก่อสร้างตัวเขื่อนได้ในปริมาณที่มากเพียงพอและอยู่ในบริเวณใกล้เคียง

6. ควรพิจารณาด้วยว่าตำแหน่งที่จะสร้างเขื่อนนั้นมีถนนอยู่ข้างเคียงหรือไม่ หากไม่มีและจำเป็นต้องสร้างถนนไปยังที่ตั้งเขื่อนแล้ว ควรพิจารณาเสียก่อนว่าจะต้องเสียค่าใช้จ่ายมากน้อยเพียงไร เมื่อเทียบกับค่าก่อสร้างเขื่อน

7. การกำหนดที่สร้างเขื่อน ควรพิจารณารวมไปถึงตำแหน่งที่ตั้งอาคารระบายน้ำล้นด้วยว่าสภาพภูมิประเทศและลักษณะดินมีความเหมาะสมต่อการก่อสร้างอาคารระบายน้ำล้นตามขนาดที่ต้องการได้อย่างประหยัดหรือไม่ ที่ตั้งเขื่อนบางแห่งอาจจะมีภูมิประเทศและดินฐานรากที่ทำให้การก่อสร้างอาคารระบายน้ำล้นมีราคาแพงมากเกินไปก็ได้ จึงควรพิจารณาให้รอบคอบ

8. ทำเลที่สร้างเขื่อนจะต้องมีพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนที่มีขนาดใหญ่มากพอที่จะมีน้ำไหลลงมาให้เก็บกักได้เพียงพอกับความต้องการใช้งาน หรือสามารถเก็บกักไว้เต็มอ่างเก็บน้ำได้เกือบทุกปี

9. เขื่อนดินที่มีขนาดเล็กเก็บกักน้ำได้จำนวนไม่มากนัก ไม่ควรสร้างในลุ่มน้ำที่มีพื้นที่รับน้ำฝนขนาดใหญ่เกินไป เพราะนอกจากจะต้องสร้างอาคารระบายน้ำล้นที่มีขนาดใหญ่เพื่อระบายน้ำจำนวนมากให้ได้ด้วยราคาก่อสร้างที่แพงแล้ว พื้นที่รับน้ำฝนขนาดใหญ่จะมีตะกอนถูกน้ำพัดพามาสะสมในอ่างเก็บน้ำมากด้วยเช่นกัน หากไม่ศึกษาเรื่องนี้ให้ละเอียดดีเสียก่อน อ่างเก็บน้ำที่มีความจุน้อยก็อาจจะถูกตะกอนตกทับถมจนเต็มภายในระยะเวลาไม่กี่ปีก็ได้

10. เนื่องจากจำนวนน้ำที่เก็บกักไว้เหนือเขื่อนดินขนาดเล็กมีจำกัด ควรพิจารณาไปถึงผิวดินหรือหินที่พื้นอ่างเก็บน้ำด้วยว่ามีลักษณะเช่นไร จะมีน้ำรั่วสูญหายไปจากอ่างเก็บน้ำในจำนวนมากหรือน้อยเพียงไร สำหรับพื้นอ่างเก็บน้ำที่เป็นทรายหรือเป็นหินที่มีรูโพรง ควรจะมีการพิจารณาและตรวจสอบเป็นพิเศษ อาจจะเลื่อนที่ตั้งเขื่อนหรือดาดพื้นอ่างเก็บน้ำ อย่างใดอย่างหนึ่งแล้วแต่ความเหมาะสม พื้นอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กที่ดีที่สุดควรจะมีชั้นดินธรรมชาติผิวบนเป็นดินเนื้อละเอียดโดยตลอด

11. เนื่องจากต้นไม้ต่าง ๆ ในอ่างเก็บน้ำ จะต้องตัดออกให้หมดเพื่อป้องกันน้ำเน่า ดังนั้นการสร้างเขื่อนในทำเลที่เป็นป่าทึบ อาจจะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการโค่นล้มและชักลากไม้ออกจากบริเวณอ่างเก็บน้ำแพงเกินไปก็ได้ การเลือกที่ตั้งเขื่อนจึงควรพิจารณาถึงเรื่องนี้ด้วย

การเลือกที่ตั้งเขื่อนดินขนาดเล็กตามแนวที่ได้กล่าวมานี้ ได้ยึดตามหลักวิชาการที่จะสามารถก่อสร้างตัวเขื่อนได้อย่างมั่นคงแข็งแรง ใช้ประโยชน์ได้คุ้มค่าและประหยัดค่าก่อสร้างด้วย

3.4 การเลือกที่สร้างฝาย โดยทั่วไปจะสามารถสร้างฝายปิดกั้นลำน้ำธรรมชาติทุกแห่งได้ตามที่ต้องการ แต่การสร้างฝายจะให้ประโยชน์ต่อการเพาะปลูกได้อย่างเต็มที่สำหรับลำน้ำที่มีน้ำไหลมามากเพียงพอและสม่ำเสมอในฤดูกาลเพาะปลูก โดยฝายจะช่วยทดน้ำให้มีระดับสูงจนสามารถผันและส่งเข้าคลองส่งน้ำหรือพื้นที่เพาะปลูกได้ หากลำน้ำสายใดมีปริมาณน้ำไหลในอัตราที่ไม่แน่นอน กล่าวคือมีน้ำไหลมาเฉพาะในเวลาที่ฝนตก และสภาพภูมิประเทศทั่ว ๆ ไปแบนราบไม่สามารถสร้างเป็นเขื่อนดินเก็บกักน้ำได้ ก็อาจสร้างเป็นงานฝายขึ้นแทน เพราะถึงแม้ว่าฝายดังกล่าวจะเกิดประโยชน์ต่อการเพาะปลูกได้เพียงช่วงเวลาที่มีน้ำไหลมาก็ตาม แต่น้ำที่เก็บกักไว้ในลำน้ำทางด้านเหนือฝายจะใช้สำหรับอุปโภคบริโภคได้ในฤดูแล้ง ซึ่งพอช่วยบรรเทาความเดือดร้อนเนื่องจากการขาดแคลนน้ำได้ระยะหนึ่ง

การเลือกทำเลสำหรับสร้างฝาย ควรพิจารณาเลือกให้เหมาะสมตามหลักเกณฑ์ดังนี้.-

1. ที่สร้างฝาย ควรจะอยู่ในตำแหน่งที่สามารถทดแล้วผันส่งเข้าคลองส่งน้ำที่ขุดออกจากแหล่งน้ำด้านหน้าฝายไปยังพื้นที่เพาะปลูกซึ่งอยู่ทางด้านท้ายฝายสองฝั่งลำน้ำได้ทั่วถึงตามที่ต้องการ

2. บริเวณที่จะสร้างฝายควรมีตลิ่งของลำน้ำทางด้านเหนือฝายขึ้นไปสูงมากพอที่จะไม่ทำให้น้ำไหลข้ามสันฝายในฤดูน้ำหลากเอ่อท้นสูงจนท่วมพื้นที่สองฝั่งลำน้ำจนเกิดความเสียหาย

3. ฝายที่คาดว่าจะใช้เวลาก่อสร้างได้เสร็จภายในช่วงฤดูแล้งเดียวควรสร้างในบริเวณที่ลำน้ำมีแนวตรง เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำที่ล้นข้ามสันฝายพุ่งเข้าไปกัดเซาะตลิ่งด้านใดด้านหนึ่งที่บริเวณท้ายฝาย

4. ฝายที่มีขนาดใหญ่จนไม่สามารถก่อสร้างให้เสร็จภายในฤดูแล้งเดียว การก่อสร้างฝายในลำน้ำธรรมชาติตามข้อ 3 จะต้องมีน้ำหลากในฤดูฝนทำให้เป็นอุปสรรคต่อการก่อสร้าง จึงนิยมก่อสร้างฝายในบ่อก่อสร้างตรงบริเวณที่ลำน้ำมีแนวโค้ง แล้วขุดทางน้ำใหม่ลัดจากลำน้ำด้านเหนือฝายไปบรรจบกับลำน้ำทางด้านท้ายฝาย ให้มีแนวตรงกลมกลืนกับลำน้ำธรรมชาติ ซึ่งจะเป็นทางน้ำใหม่สำหรับให้น้ำไหลผ่าน ส่วนบริเวณคุ้งลำน้ำจะปิดกั้นด้วยการสร้างคันดินไม่ให้น้ำไหลไปได้เช่นเคย

5. ที่ท้องลำน้ำและตลิ่งทั้งสองฝั่งตรงบริเวณที่จะสร้างฝายนั้น จะต้องเป็นฐานรากดีไม่มีการทรุดตัว หรือเป็นดินทราย หินก้อน และหินโพรง เพราะจะเป็นเหตุให้เกิดน้ำลอดใต้ตัวฝายได้สะดวกจนเกิดอันตราย หรือมิฉะนั้นก็ต้องทำการออกแบบป้องกันเพิ่มเติม ซึ่งอาจทำให้ฝายมีราคาค่าก่อสร้างแพงมากขึ้นไปอีก

ฐานรากของฝายที่ดีที่สุดจะต้องเป็นหินพืดซึ่งไม่มีรอยแตกร้าวหรือเป็นดินดานแข็งทึบที่น้ำซึมผ่านได้ยาก อย่างใดอย่างหนึ่ง

3.5 การสูญเสียน้ำจากอ่างเก็บน้ำ เมื่อก่อสร้างเขื่อนเสร็จจนสามารถเก็บกักน้ำได้แล้วนั้น จะยังมีน้ำจำนวนหนึ่งซึ่งต้องสูญหายไปจากอ่างเก็บน้ำโดยไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ดังนี้.-

3.5.1 การระเหย โดยปกติแล้วจะมีน้ำจำนวนมากระเหยไปจากผิวน้ำในอ่างเก็บน้ำซึ่งยากที่จะควบคุมหรือป้องกันได้ ในระหว่างฤดูฝนเมื่อมีน้ำไหลลงสู่อ่างมากกว่าจำนวนที่ระบายออกไปใช้งานรวมกับน้ำที่ระเหยแล้ว จึงจะเหลือน้ำให้เก็บกักได้ ครั้นเมื่อฝนไม่ตกหรือในฤดูแล้งไม่มีน้ำลงมาเพิ่มเติม น้ำที่ระเหยไปจะทำให้น้ำที่เก็บกักไว้ลดปริมาณลงทั้ง ๆ ที่ไม่ได้ส่งออกไปใช้งาน ซึ่งมักเป็นปัญหาที่สำคัญมากสำหรับอ่างเก็บน้ำที่มีความจุน้อย

ดังนั้นในการศึกษาและวางโครงการที่จะสร้างเขื่อน จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องคำนวณหาจำนวนน้ำที่คาดว่าจะระเหยไปจากอ่างเก็บน้ำในแต่ละเดือน เพื่อใช้ประกอบการกำหนดความจุของอ่างเก็บน้ำและความสูงของเขื่อนให้พอเหมาะ โดยรวมถึงน้ำที่จะสูญหายไปเพราะการระเหยนั้นเผื่อไว้ด้วย

อัตราการระเหยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความชื้นในบรรยากาศ และความแรงของลมพัด ซึ่งจะมีจำนวนมากน้อยไม่เท่ากันในแต่ละเดือนและแต่ละท้องถิ่น การระเหยจะเกิดขึ้นมากในตอนกลางวันที่มีแสงแดดจัด อากาศแห้งแล้งและลมพัดแรง ดังนั้นจำนวนน้ำที่ระเหยต่อวันและต่อเดือนจึงเกิดมากในฤดูร้อนแล้วลดจำนวนลงตอนฤดูหนาวและฤดูฝน

ข้อมูลเกี่ยวกับอัตราการระเหยที่จะนำมาใช้สำหรับการคำนวณ จะทราบได้จากสถิติของกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งได้ทำการวัดอยู่ทุกเดือนทั่วประเทศ เมื่อนำค่าของแต่ละเดือนมาเฉลี่ยกันหลาย ๆ ปี ก็จะได้อัตราการระเหยของเดือนต่าง ๆ ที่นำไปใช้งานได้

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างอัตราการระเหยเฉลี่ยประจำเดือนที่จังหวัดสกลนคร

เดือน	อัตราการระเหยเฉลี่ยที่วัดได้ มม.	อัตราการระเหยเฉลี่ยที่จะใช้งาน มม.
มกราคม	139.4	140
กุมภาพันธ์	140.0	140
มีนาคม	178.3	180
เมษายน	156.0	160
พฤษภาคม	123.6	120
มิถุนายน	104.0	100
กรกฎาคม	115.4	120
สิงหาคม	104.3	100
กันยายน	99.3	100
ตุลาคม	140.5	140
พฤศจิกายน	143.4	140
ธันวาคม	138.7	140

จากสถิติของกรมอุตุนิยมวิทยา
สถิติตั้งแต่ พ.ศ. 2500 – พ.ศ. 2513

3.5.2 การรั่วซึม น้ำที่สูญหายจากอ่างเก็บน้ำไปโดยการรั่วซึม ไม่สามารถคำนวณหาปริมาณที่แน่นอนได้ ทั้งนี้ เพราะโดยทั่วไปแล้วพื้นที่รอบ ๆ อ่างเก็บน้ำจะมีดินชั้นบนที่น้ำสามารถซึมเข้าไปอย่างสะดวก แล้วจึงถูกกักกั้นไว้ด้วยชั้นดินทึบน้ำหรือดินดานและหินที่อยู่ด้านล่าง ทำให้น้ำไม่สามารถรั่วไหลออกไปสู่ที่ต่ำได้ แต่จะถูกเก็บสะสมไว้ในช่องว่างของดินนั้น น้ำในดินจึงมีระดับสูงตามระดับน้ำในอ่าง แล้วไหลออกจากดินเมื่อระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำลดลง เป็นการเพิ่มปริมาตรของน้ำในอ่างให้มากขึ้นแทนที่จะรั่วซึมหายไป ยิ่งกว่านั้นถ้าหากว่าใต้ผิวดินบริเวณขอบอ่างเก็บน้ำประกอบด้วยหินแตกและรูโพรง หินพรุนที่เกิดจากลาวาของภูเขาไฟ หินศิลาแลง หรือหินปูนที่ถูกน้ำละลายออกง่าย น้ำอาจรั่วหายออกไปได้จำนวนมาก หรือเก็บน้ำไว้ไม่ได้เลย อ่างเก็บน้ำที่สร้างแล้วเก็บน้ำไม่ได้เพราะน้ำรั่วหายไปหมด มีอยู่หลายแห่ง น้ำที่ได้รั่วออกไปนั้นนอกจากจะเป็นการสูญเสียน้ำจนเหลือไม่พอใช้แล้ว ยังอาจจะไปทำความเสียหายให้กับพื้นที่บริเวณที่น้ำไหลออกด้านล่าง โดยมีน้ำขังแฉะทำลายต้นไม้เสียหาย ถ้าน้ำรั่วออกไปตามรอยแตกของหินมีบริเวณไม่กว้างนัก อาจทำการอุดรอยแตกได้โดยการอัดฉีดน้ำปูนให้ทึบแน่นก็จะป้องกันได้

น้ำที่รั่วซึมออกจากอ่างเก็บน้ำจะมีจำนวนมากหรือน้อยนั้น ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของดินและหินที่บริเวณพื้นและขอบอ่างว่าจะมีช่องว่างพรุนที่จะทำให้น้ำไหลผ่านได้สะดวกหรือไม่ และระดับน้ำใต้ดินบริเวณขอบอ่างอยู่ต่ำกว่าผิวน้ำที่เก็บกักเพียงไร เพราะแรงดันของน้ำอันเกิดจากผลต่างระหว่างผิวน้ำทั้งสองนั้นจะทำให้น้ำจากอ่างซึมออกไปได้

เขื่อนที่สร้างปิดกั้นลำห้วยแคบ ๆ เมื่อเก็บน้ำสูงเต็มที่แล้วจะยังมีระดับต่ำอยู่ในระหว่างบริเวณที่เนินสูง โดยมากจะมีระดับน้ำในดินขอบ ๆ อ่างตามธรรมชาติสูงกว่าหรือใกล้เคียงกับระดับน้ำในอ่าง จะไม่มีปัญหาเกี่ยวกับการรั่วซึม แต่ก็มีอ่างเก็บน้ำอยู่ระหว่างเนินเล็กเตี้ย ๆ เช่น อ่างเก็บน้ำขนาดเล็กหลายแห่ง มักจะมีระดับน้ำในดินที่ขอบอ่างต่ำกว่าผิวน้ำในอ่างเสมอ จึงเป็นเหตุให้มีน้ำซึมหายไปจากอ่างได้ง่าย ซึ่งปริมาณรั่วซึมจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของดินและผลต่างระหว่างผิวน้ำในอ่างกับระดับน้ำใต้ดินบริเวณขอบอ่างนั้น

น้ำที่ซึมออกจากอ่างเก็บน้ำส่วนใหญ่จะไหลไปลงลำน้ำด้านท้ายเขื่อน แต่ก็อาจมีบางแห่งซึ่งมีสภาพภูมิประเทศและชั้นดินโปร่งที่จะทำให้น้ำซึมออกไปยังลุ่มน้ำข้างเคียงได้ น้ำที่ซึมออกจากอ่างไปแล้วส่วนใหญ่จะไม่สามารถนำกลับมาใช้ให้เป็นประโยชน์แก่พื้นที่เพาะปลูกท้าย

เขื่อนได้ นอกจากจะปล่อยให้ไหลไปตามลำน้ำ เพื่อให้ประชาชนที่อาศัยอยู่ทางด้านท้ายน้ำไกลออกไปได้ใช้อุปโภคบริโภคเท่านั้น เพราะฉะนั้นในการเลือกทำเลของการสร้างเขื่อน เฉพาะอย่างยิ่งเขื่อนดินขนาดเล็กซึ่งเก็บกักน้ำได้น้อย เมื่อก่อสร้างในบริเวณท้องที่ที่เป็นดินทราย หรือเชิงเขาที่อาจมีถ้ำและรูโพรง ควรจะต้องพิจารณาถึงการรั่วซึมของน้ำที่เก็บกักด้วย เพื่อให้แน่ใจว่าน้ำในอ่างจะไม่มีการรั่วซึมออกไปจนเหลือไม่พอที่จะใช้งานตามเป้าหมายที่กำหนดไว้

3.6 การตกตะกอนในอ่างเก็บน้ำและด้านหน้าฝาย เนื่องจากในการสร้างเขื่อนดินและฝายนั้นจะต้องสร้างกั้นขวางทางน้ำธรรมชาติซึ่งมีตะกอนรวมมากับน้ำ จะเป็นเหตุให้ตะกอนตกทับถมด้านหน้าเขื่อนและฝายมากขึ้น ๆ ทุกปี

ตะกอนที่ไหลมากับน้ำเกิดจากการกัดเซาะผิวดินของน้ำฝน น้ำที่ไหลบนผิวดินและลมแล้วถูกน้ำพัดพาไป ซึ่งบางส่วนจะตกค้างตามทางผ่านและบางส่วนไหลไปตามกระแสน้ำจนถึงบริเวณอ่างเก็บน้ำและร่องน้ำด้านหน้าฝาย จำนวนตะกอนดังกล่าวจะตกทับถมในแต่ละปีมากน้อยเท่าไรนั้นขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่รับน้ำฝน ความลาดชันของลุ่มน้ำ ลักษณะผิวดินและสภาพของพืชซึ่งปกคลุมทั่วเขตพื้นที่รับน้ำฝน ปริมาณตะกอนที่ตกในอ่างเก็บน้ำด้านหน้าเขื่อนนั้นเป็นสาเหตุทำให้ความจุของอ่างที่จะเก็บกักน้ำลดน้อยลง ยิ่งถ้าได้สร้างอ่างเก็บน้ำที่มีความจุน้อยไว้ในลุ่มน้ำค่อนข้างใหญ่ อาจจะถูกตะกอนตกเต็มภายในเวลาไม่กี่ปีก็ได้ ส่วนฝายซึ่งมักจะสร้างในลุ่มน้ำค่อนข้างใหญ่และมีปริมาตรสำหรับเก็บตะกอนเพียงในลำน้ำเท่านั้น จึงพบว่าที่ด้านหน้าฝายมีตะกอนตกอยู่มากแทบทุกแห่ง ถึงแม้ว่าจะจัดสร้างประตูระบายทรายไว้ก็เพียงระบายตะกอนเฉพาะด้านหน้าอาคารหรือบริเวณใกล้เคียงออกไปได้เท่านั้น จึงต้องมีการขุดลอกลำน้ำหน้าฝายอยู่เสมอ ๆ

การกำหนดปริมาตรอ่างเก็บน้ำจึงนิยมจัดปริมาตรก้นอ่างจำนวนหนึ่งสำหรับตะกอนทั้งหมดซึ่งคาดว่าจะตกทับถมในช่วงอายุของการใช้งาน เช่น 30 ปี เป็นต้น รวมกับปริมาตรของอ่างที่ต้องการเก็บกักน้ำ

เนื่องด้วยอัตราการตกตะกอนมีความเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่าง ๆ หลายประการ จึงไม่สามารถคำนวณออกมาอย่างถูกต้องได้ การประมาณจำนวนตะกอนที่คาดว่าจะเกิดขึ้นมักใช้วิธีนำเอาการตรวจวัดตะกอนของลุ่มน้ำต่าง ๆ ทั่วประเทศมาเป็นข้อมูล สำหรับใช้กับลุ่มน้ำที่มีลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่รับน้ำฝนใกล้เคียงกันและอยู่ในภูมิภาคเดียวกัน เช่นกรมชลประทานได้ทำการตรวจวัดในลุ่มน้ำต่าง ๆ ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่าตะกอนที่ลอย

อยู่กับน้ำได้นานจะมีปริมาณค่อนข้างต่ำ ส่วนมากเป็นตะกอนที่มีขนาดใหญ่ และเฉลี่ยได้ว่าอัตราการกัดเซาะผิวดินที่ทำให้ดินเป็นตะกอนไหลลงอ่างทั้งลุ่มน้ำมีประมาณ 150 – 200 ลูกบาศก์เมตรต่อปีต่อพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนหรือฝาย 1 ตารางกิโลเมตร เมื่อกำหนดอายุการใช้งานของอ่าง-เก็บน้ำตามที่ต้องการได้แล้ว ก็สามารถที่จะประมาณตะกอนที่คาดว่าจะตกจมในอ่างทั้งหมดได้

3.7 ความจุของอ่างเก็บน้ำ ความจุของอ่างเก็บน้ำหมายถึงจำนวนน้ำที่เขื่อนเก็บกัก-น้ำจะเก็บกักไว้ให้มีปริมาตรตามจำนวนที่ต้องการ เพื่อใช้ในการเพาะปลูกและอุปโภคบริโภคได้ตลอดทั้งปี โดยทั่วไปการกำหนดขนาดความจุของอ่างเก็บน้ำจะต้องคิดรวมถึงน้ำที่จะสูญเสียไปเนื่องจากการระเหยและการรั่วซึมด้วย โดยมีวิธีดำเนินการตามลำดับดังนี้.–

1. ประมาณปริมาตรของตะกอนที่คาดว่าจะตกทับถมในอ่างเก็บน้ำตลอดอายุของโครงการที่กำหนดไว้ เช่นกำหนดอายุของเขื่อนดินว่าต้องการจะใช้งานให้ได้นาน 30 ปี เป็นอย่างน้อย และมีพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนอยู่ประมาณ 2 ตารางกิโลเมตร เพราะฉะนั้นปริมาตรของก้นอ่างสำหรับการตกตะกอนควรจะจัดไว้ประมาณ 12,000 ลูกบาศก์เมตรเป็นอย่างน้อย (คิดปริมาตรการตกตะกอนเท่ากับ 200 ลูกบาศก์เมตรต่อพื้นที่รับน้ำฝนหนึ่งตารางกิโลเมตรต่อปีตามข้อ 3.6)

2. กำหนดปริมาณน้ำใช้ในการปลูกพืช (ข้าวหรือพืชไร่) ของพื้นที่จะส่งน้ำให้ทั้งหมดทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง ตลอดจนน้ำใช้สำหรับอุปโภคบริโภคของประชาชนในหมู่บ้าน ดังราย-ละเอียดตามข้อ 2.1 และ ข้อ 2.2

3. คำนวณปริมาณน้ำที่คาดว่าจะระเหยไปจากอ่างเก็บน้ำแต่ละเดือนและรวมทั้งปี

4. ประมาณปริมาณน้ำที่คาดว่าจะรั่วซึมออกไปจากอ่างเก็บน้ำ และโดยส่วนใหญ่มักจะไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับการรั่วซึมที่ถูกต้อง จึงควรประมาณปริมาณน้ำที่คาดว่าจะรั่วซึมเป็นความลึกของผิวน้ำในอ่างเฉลี่ยในอัตรา 1–2 มิลลิเมตรต่อวัน

5. สำหรับอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก ซึ่งมักจะเก็บกักน้ำไว้น้อยกว่าจำนวนน้ำไหลลงอ่างรวมทั้งปีมาก ดังนั้นตั้งแต่เดือนพฤษภาคมเมื่อเริ่มมีน้ำไหลลงอ่างแล้วน้ำในอ่างจะมีระดับสูงขึ้นตลอดเวลาจนกระทั่งล้นออกทางอาคารระบายน้ำล้น จนถึงเดือนตุลาคมจึงมีน้ำไหลลงอ่างน้อยหรือเกือบไม่มีเลย หลังจากนั้นระดับน้ำในอ่างจึงจะเริ่มลดลงเนื่องจากต้องระบายออกไปใช้ รวมทั้งน้ำได้ระเหย และรั่วซึมออกไปด้วย พอย่างเข้าฤดูฝนต่อไปจึงเริ่มการเก็บกักน้ำเพิ่มขึ้นมาใหม่

จำนวนน้ำที่ระเหยและรั่วซึมไปจากอ่างเก็บน้ำลักษณะนี้ ควรจะคำนวณเพิ่มกับจำนวนน้ำที่ต้องการใช้งานทั้งหมด เฉพาะตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน ซึ่งการกำหนดขนาดความจุของอ่างเก็บน้ำก็ควรจะพิจารณาเฉพาะจำนวนน้ำที่จะเก็บกักไว้ให้พอใช้งานในช่วงฤดูแล้งเป็นหลักเท่านั้น

6. หากการคำนวณปริมาณน้ำไหลลงอ่างเก็บน้ำทั้งปีโดยเฉลี่ย ซึ่งจะกล่าวต่อไปในข้อ 6.2 แสดงว่าแต่ละเดือนในฤดูฝนจะมีน้ำเหลือหลังจากนำออกไปใช้งานรวมกับน้ำที่ระเหยและรั่วซึมหายไปมีจำนวนไม่มากนัก และคาดว่าอ่างเก็บน้ำไม่มีโอกาสเก็บกักได้เต็มทุกปี ควรจะคำนวณปริมาณน้ำที่ระเหยและรั่วซึมรวมตลอดทั้งปี ประกอบการพิจารณากำหนดขนาดความจุของอ่างเก็บน้ำที่ต้องการ

7. จำนวนน้ำที่ระเหยต่อวันหรือต่อเดือนจะวัดเป็นความลึกของผิวน้ำในอ่างที่สูญหายไป ดังนั้นการคำนวณเป็นปริมาตรจะต้องอาศัยโค้งแสดงความจุของอ่างเก็บน้ำ สำหรับคำนวณหาปริมาตร (รูปที่ 7.1) ให้สอดคล้องกับผิวน้ำที่คาดว่าจะมีระดับต่างกันของเดือนต่าง ๆ ด้วย

8. ผลรวมของปริมาตรอ่างสำหรับการตกตะกอน ปริมาตรน้ำที่ต้องการใช้งานและปริมาตรน้ำที่จะสูญหายไปจากอ่างเก็บน้ำ จะเป็นขนาดความจุของอ่างเก็บน้ำที่ต้องการโดยประมาณ

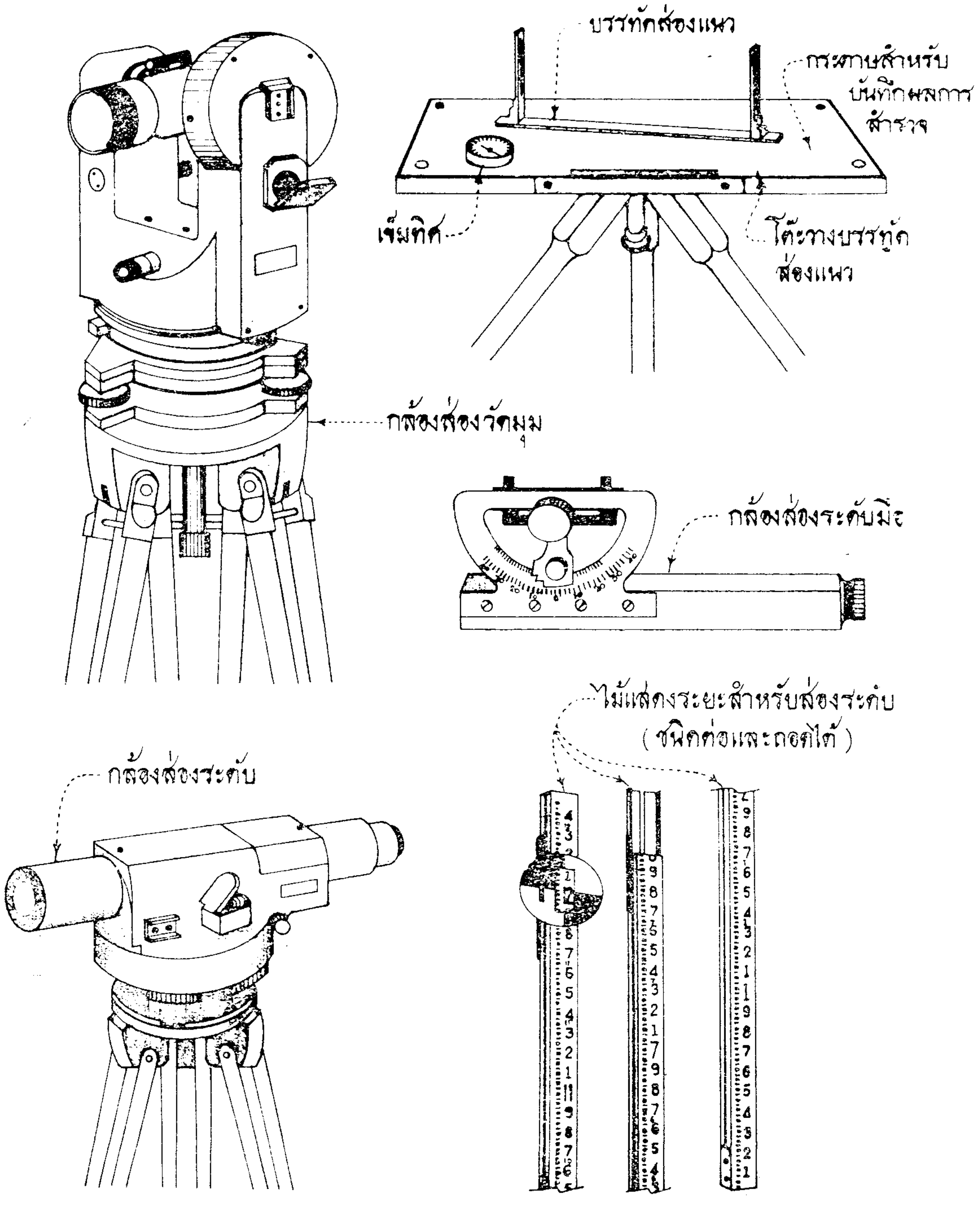
การสำรวจ
รายละเอียดภูมิประเทศ

บทที่ 4 ....

เมื่อได้วางโครงการ และเลือกที่สร้างเขื่อนเก็บกักน้ำหรือฝายได้เรียบร้อย จนพร้อมที่จะเริ่มงานออกแบบ และทำการก่อสร้างต่อไปได้แล้ว ขั้นต่อไปก็ควรจะต้องทำการสำรวจรายละเอียดภูมิประเทศบริเวณที่จะสร้างเขื่อน ฝาย ตลอดจนพื้นที่อ่างเก็บน้ำและที่ตั้งอาคารต่าง ๆ เสียก่อน สำหรับใช้ประกอบการออกแบบและประมาณราคางาน รายละเอียดภูมิประเทศที่สำคัญได้แก่ ระดับแสดงความสูงต่ำของพื้นดินตามแนวที่สร้างเขื่อน อ่างเก็บน้ำ และบริเวณที่จะสร้างฝาย ซึ่งควรจะทำการสำรวจแล้วเขียนแผนที่แสดงด้วยเส้นชั้นพื้นดินที่มีระดับเท่ากัน ตั้งแต่ท้องน้ำไปจนถึงระดับสันเขื่อน หรือพ้นตลิ่งบริเวณที่จะสร้างฝายไปพอประมาณให้ครบถ้วนตามที่ต้องการ และในแผนที่ดังกล่าวควรจะแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับแนว และรูปร่างของทางน้ำในบริเวณที่จะสร้างเขื่อนหรือฝายนั้นให้ชัดเจนอีกด้วย วิธีการสำรวจและการจัดทำแผนที่จะสามารถดำเนินการได้ดังนี้.-

1. เครื่องมือสำรวจที่จำเป็นได้แก่ โซ่หรือเทปสำหรับวัดระยะทาง กล้องส่องระดับหรือกล้องส่องระดับมือ ไม้แสดงระยะสำหรับใช้ส่องระดับ กล้องวัดมุม หรือบรรทัดส่องแนวและเข็มทิศ

สำหรับการสำรวจงานเขื่อนดินและฝายขนาดเล็ก อาจไม่จำเป็นต้องใช้กล้องส่องระดับและกล้องวัดมุม ซึ่งเป็นเครื่องมือที่มีราคาแพง แต่จะใช้กล้องส่องระดับมือ บรรทัดส่องแนวและเข็มทิศแทนก็สามารถสำรวจรายละเอียดได้ถูกต้องพอใช้ในการออกแบบได้



รูปที่ 4.1 เครื่องมือสำรวจ

2. เมื่อทราบแนวศูนย์กลางเขื่อนดิน และระดับสันเขื่อนโดยประมาณแล้ว ให้กำหนดขนาดพื้นที่บริเวณก่อสร้างตัวเขื่อนที่จะทำการสำรวจ โดยมีขอบเขตห่างจากศูนย์กลางเขื่อนไปทางด้านเหนือน้ำและด้านท้ายน้ำข้างละไม่น้อยกว่า 150 เมตร และสำรวจระดับสูงขึ้นไปเหนือระดับสันเขื่อนบนเนินทั้งสองฝั่งประมาณ 2 เมตร

3. ก่อนจะเริ่มการสำรวจ ให้เลือกที่ตั้งหมุดหลักฐานสองแห่ง ให้อยู่ห่างจากปลายเขื่อนแต่ละฝั่งออกไปจนไม่กีดขวางการทำงานก่อสร้างตัวเขื่อน และควรอยู่ใกล้กับต้นไม้ใหญ่เพื่อการสังเกตเห็นได้ง่าย

4. กำหนดระดับของหมุดหลักฐานหมุดหนึ่ง เป็นระดับสมมติ เช่น + 100.000 เมตร (ร.ส.ม.) แล้วส่องระดับไปหาค่าระดับที่หมุดหลักฐานอีกฝั่งหนึ่ง พร้อมทั้งเขียนค่าระดับของยอดหมุดหลักฐานทั้งสองที่ต้นไม้ใหญ่ให้ชัดเจน หลังจากนั้นจึงวัดระยะห่างระหว่างสองหมุด ส่องแนวระหว่างหมุดหลักฐานทั้งสองว่า จะมีแนวทำมุมกับแนวเหนือ – ใต้เท่าไร จากการส่องกล้องหรือบรรทัดส่องแนวและเข็มทิศ แล้วพล๊อตแนวและตำแหน่งลงบนกระดาษไขที่ใช้สำหรับเขียนแบบ หรือกระดาษกร๊าฟที่จะใช้บันทึกรายละเอียดผลการสำรวจ

5. วางแนวศูนย์กลางเขื่อน พร้อมทั้งหามุมระหว่างแนวศูนย์กลางเขื่อนกับแนวเหนือ – ใต้จากการส่องกล้องหรือบรรทัดส่องแนวและเข็มทิศเช่นกัน

6. เริ่มการสำรวจระดับพื้นดินธรรมชาติตามแนวศูนย์กลางของเขื่อนดิน และแนวด้านเหนือน้ำและด้านท้ายน้ำที่ขนานกับศูนย์กลางเขื่อนอีกรวม 4–6 แนว ตามความเหมาะสม

การส่องระดับเพื่อหาระดับความสูงต่ำของพื้นดินตามแนวต่าง ๆ ดังกล่าวนั้น ควรส่องระดับแต่ละจุดให้มีระยะห่างกันประมาณ 20 เมตร ตั้งแต่จุดเหนือระดับสันเขื่อนฝั่งหนึ่งไปยังอีกฝั่งหนึ่ง การส่องระดับจะเริ่มต้นจากหมุดหลักฐานหมุดหนึ่งไปตามแนวและตำแหน่งต่าง ๆ จนถึงหมุดหลักฐานอีกด้านหนึ่งเป็นครั้งสุดท้าย หลังจากนั้นจะสามารถคำนวณค่าระดับของพื้นดินที่ตำแหน่งต่าง ๆ ได้โดยเทียบกับค่าระดับของหมุดหลักฐานที่กำหนดขึ้น เมื่อคำนวณค่าระดับต่อเนื่องไปจนได้ค่าระดับที่ส่องไปบรรจบที่หมุดหลักฐานอีกฝั่งหนึ่งแล้ว ค่าระดับของหมุดหลักฐานที่ส่องไปเข้าวงรอบจะต้องมีค่าใกล้เคียงกับค่าระดับของหมุดนี้ ซึ่งส่องระดับหาค่าไว้เรียบร้อยแล้วจึงจะแสดงว่าการสำรวจระดับพื้นดินทั่วบริเวณนั้นมีความถูกต้อง

7. การสำรวจพื้นที่อ่างเก็บน้ำ จะเริ่มจากบริเวณที่สร้างเขื่อนขึ้นไปจนถึงพื้นดินที่มีระดับสูงปลายอ่างเก็บน้ำ โดยเริ่มด้วยการวางเส้นฐานจากหมุดหลักฐานหมุดหนึ่งไปตามขอบอ่างเก็บน้ำจนบรรจบกับหมุดหลักฐานอีกแห่งหนึ่ง แนวเส้นฐานดังกล่าวจะประกอบด้วยเส้นตรงที่มีความยาวมากน้อยต่างกัน หักเบนไปตามทิศทางที่เหมาะสม แล้ววัดระยะเส้นฐาน วัดมุมเส้นฐานต่าง ๆ ที่ทำกับแนวเหนือ–ใต้ และส่องระดับตามแนวเส้นฐาน เพื่อสร้างหมุดหลักฐานย่อยพร้อมด้วยค่าระดับเป็นระยะ ๆ ไปตามความเหมาะสม จากแนวเส้นฐานให้วางแนวเส้นซอยขวางหุบเนินไปยังอีกฝั่งหนึ่งให้มีระยะห่างระหว่างเส้นซอยพอสมควร เช่น ประมาณ 100 เมตร เส้นซอยต่าง ๆ ดังกล่าวไม่จำเป็นจะต้องขนานกับแนวศูนย์กลางเขื่อน แต่ต้องทราบมุมกับทิศเหนือเพื่อจะได้พล๊อตทำแผนที่ได้ถูกต้อง หลังจากนั้นให้ส่องระดับพื้นดินตามแนวเส้นซอยต่าง ๆ โดยมีระยะห่างกันประมาณ 20 เมตร โดยเริ่มจากพื้นดินที่มีความสูงประมาณระดับสันเขื่อนบนฝั่งหนึ่งไปยังอีกฝั่งหนึ่งจนครบเส้นซอยสุดท้ายที่อยู่ปลายอ่างเก็บน้ำ

เมื่อได้สำรวจและส่องระดับตามแนวเส้นซอยต่าง ๆ เสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้พล๊อตระดับของตำแหน่งที่ส่องระดับต่าง ๆ ลงในกระดาษที่จะใช้เขียนแผนที่ โดยใช้มาตราส่วนที่เหมาะสม เพื่อเตรียมลากเส้นแสดงชั้นพื้นดินที่มีระดับความสูงเท่ากันในบริเวณอ่างเก็บน้ำต่อไป

8. การสำรวจบริเวณที่สร้างฝาย จะเริ่มด้วยการสร้างหมุดหลักฐานสองหมุด ไว้ที่สองฝากลำน้ำ พร้อมทั้งกำหนดค่าระดับสมมติที่หมุดหนึ่ง หาค่าระดับ แนว และระยะของอีกหมุดหนึ่ง เพื่อใช้ในการสำรวจต่อไปเช่นกัน

การสำรวจรายละเอียดบริเวณที่สร้างฝายที่สำคัญ ได้แก่การสำรวจแนวและความกว้างของลำน้ำ และระดับความสูงต่ำของพื้นดินจากตลิ่งทั้งสองฝั่งลงไปจนถึงท้องลำน้ำ ทั้งในบริเวณที่สร้างฝายและบริเวณใกล้เคียง

9. วางแนวศูนย์กลางฝาย วัดหามุมที่แนวศูนย์กลางฝายทำกับแนวเหนือ–ใต้ ซึ่งได้จากการส่องกล้องหรือบรรทัดส่องแนวและเข็มทิศ แล้ววางแนว สำรวจรูปตัดขวางของลำน้ำที่ด้านเหนือและด้านท้ายฝายอีกข้างละ 2 – 3 แนว โดยมีระยะห่างระหว่างแนวตามความเหมาะสม

10. สำรวจระดับตามแนวศูนย์กลางฝายและตามแนวรูปตัดขวางของลำน้ำดังกล่าวข้างต้น โดยเริ่มจากตลิ่งทั้งสองฝั่งซึ่งห่างจากลำน้ำประมาณ 200 เมตร ไปจนถึงท้องน้ำ การส่องระดับควรมีระยะห่างกันประมาณ 20 เมตร และลดระยะให้ใกล้กันมากขึ้นที่บริเวณตลิ่ง

เมื่อได้ทำการสำรวจและส่องระดับพื้นดินเสร็จแล้ว ให้นำข้อมูลระดับและระยะระหว่างจุดส่องระดับที่ได้บันทึกไว้ของแนวต่าง ๆ มาพล๊อตลงในกระดาษที่จะเขียนแผนที่ โดยใช้มาตราส่วนที่เหมาะสม เพื่อเตรียมลากเส้นแสดงชั้นพื้นดินที่มีระดับความสูงเท่ากันตามที่ต้องการต่อไป

11. แผนที่แสดงระดับความสูงต่ำของพื้นดิน เป็นแผนที่ที่แสดงด้วยเส้นของพื้นดินที่มีค่าระดับเท่ากัน ซึ่งจะมีเส้นระดับเท่ากันอยู่เป็นจำนวนมากเพียงไรตามสภาพความสูงชันของภูมิประเทศ เส้นที่มีระดับความสูง + 100.000 เมตร (ร.ท.ก.) จะแสดงว่าทุก ๆ แห่งที่อยู่บนเส้นนี้ พื้นดินจะมีค่าระดับเท่ากันคือ อยู่สูงกว่าระดับน้ำทะเลปานกลางเท่ากับ 100.000 เมตร ส่วนตามเส้นที่มีระดับความสูง + 101.000 เมตร (ร.ท.ก.) จะแสดงว่าพื้นดินทุกแห่งในภูมิประเทศที่อยู่ตามเส้นนี้มีระดับสูงกว่าระดับน้ำทะเลปานกลางเท่ากับ 101.000 เมตร หรือสูงกว่าตำแหน่งต่าง ๆ ที่อยู่ตามเส้นระดับ + 100.000 เมตร (ร.ท.ก.) หนึ่งเมตร ส่วนตำแหน่งในภูมิประเทศที่อยู่ระหว่างเส้นระดับสองเส้นนี้จะมีค่าระดับมากกว่า + 100.000 เมตร (ร.ท.ก.) แต่น้อยกว่าระดับ + 101.000 เมตร (ร.ท.ก.) และจะมีค่าระดับประมาณเท่าใด ให้พิจารณาว่าตำแหน่งนั้นอยู่ใกล้หรือห่างกับเส้นระดับอะไรเป็นหลัก

เส้นที่แสดงระดับพื้นดินเท่ากันแต่ต่างระดับกันนั้นจะไม่ตัดกัน ในแผนที่อาจจะเห็นบรรจบกันเป็นวงรอบในกรณีที่บริเวณตรงกลางเป็นลูกเนินหรือหนองน้ำ

ในการสำรวจงานขนาดเล็ก โดยทั่วไปอาจไม่สามารถหาหมุดหลักฐานที่ทราบค่าระดับที่เทียบกับระดับน้ำทะเลปานกลาง เพื่อจัดทำแผนที่แสดงรายละเอียดภูมิประเทศให้เทียบกับระดับน้ำทะเลปานกลางได้ จึงกำหนดค่าระดับของหมุดหลักฐานที่จะใช้ในการสำรวจต่อไปเป็นค่าระดับสมมติ

12. เส้นแสดงระดับพื้นดินที่เท่ากัน มีลักษณะต่าง ๆ ที่ควรทราบ เพื่อประกอบการเขียนและการอ่านแผนที่ดังนี้.-

ก. เส้นแสดงระดับพื้นดินที่เท่ากัน เป็นเส้นที่แสดงระดับตามแนวราบ

ข. ระยะตามแนวราบระหว่างเส้นแสดงระดับพื้นดินที่มีระดับเท่ากันสองเส้นซึ่งมีระยะห่างกันมาก จะแสดงว่าความลาดเทของภูมิประเทศบริเวณนั้นมีความแบนราบมากกว่าภูมิประเทศที่มีระยะห่างตามแนวราบระหว่างเส้นแสดงระดับพื้นดินเท่ากันสองเส้นที่สั้นกว่า

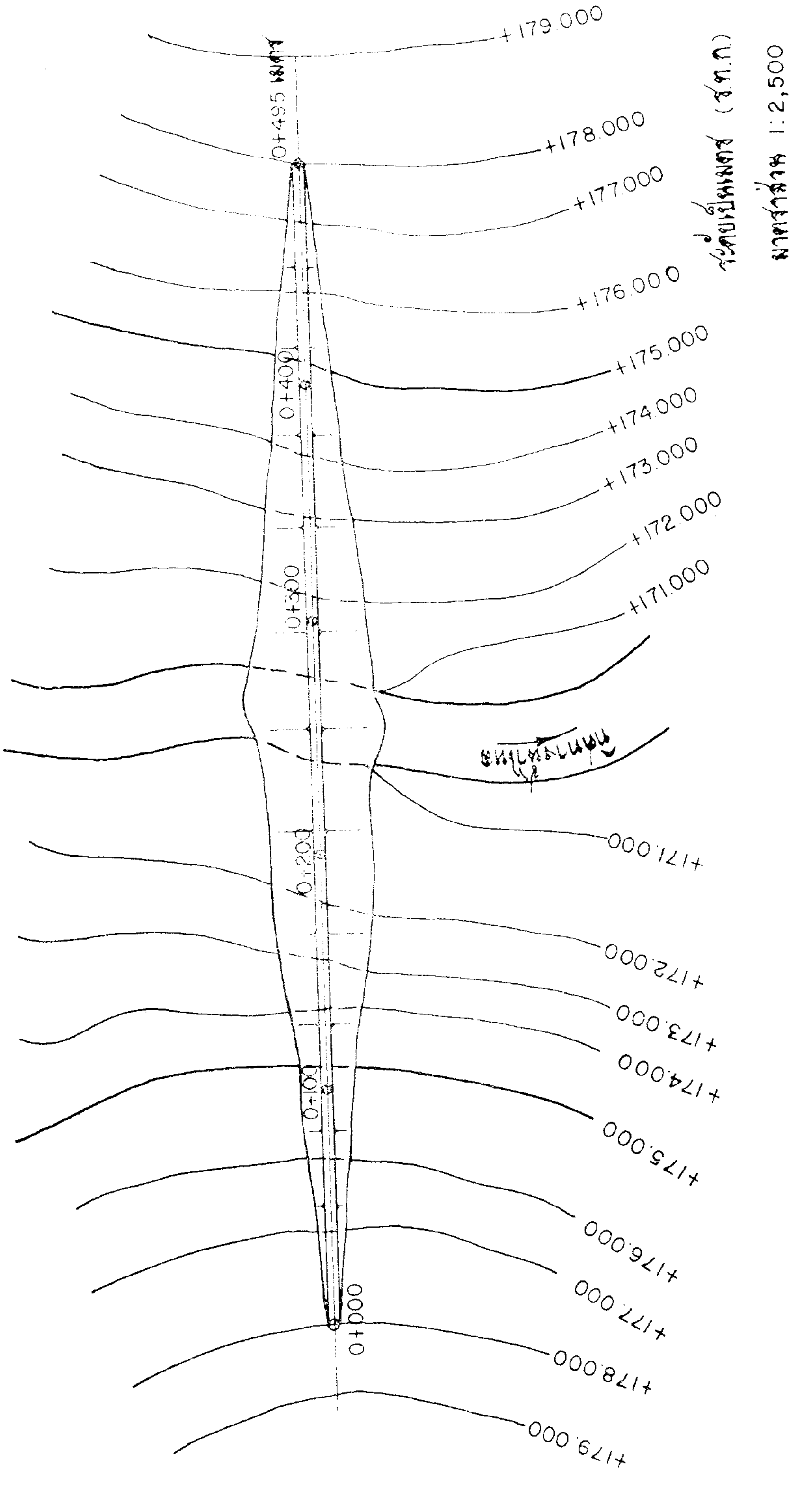
ค. ถ้าความลาดเทของภูมิประเทศเป็นลาดที่เป็นแนวสม่ำเสมอลงไปตลอด ระยะห่างระหว่างเส้นแสดงระดับพื้นดินเท่ากันต่าง ๆ ในแผนที่จะค่อนข้างเท่ากัน

และถ้าลาดของผิวดินเป็นพื้นเอียงเท่ากันตรงไปไกล เส้นที่แสดงระดับพื้นดินเท่ากันทั้งหลายดังกล่าวจะปรากฏเป็นเส้นตรงและขนานกันไป

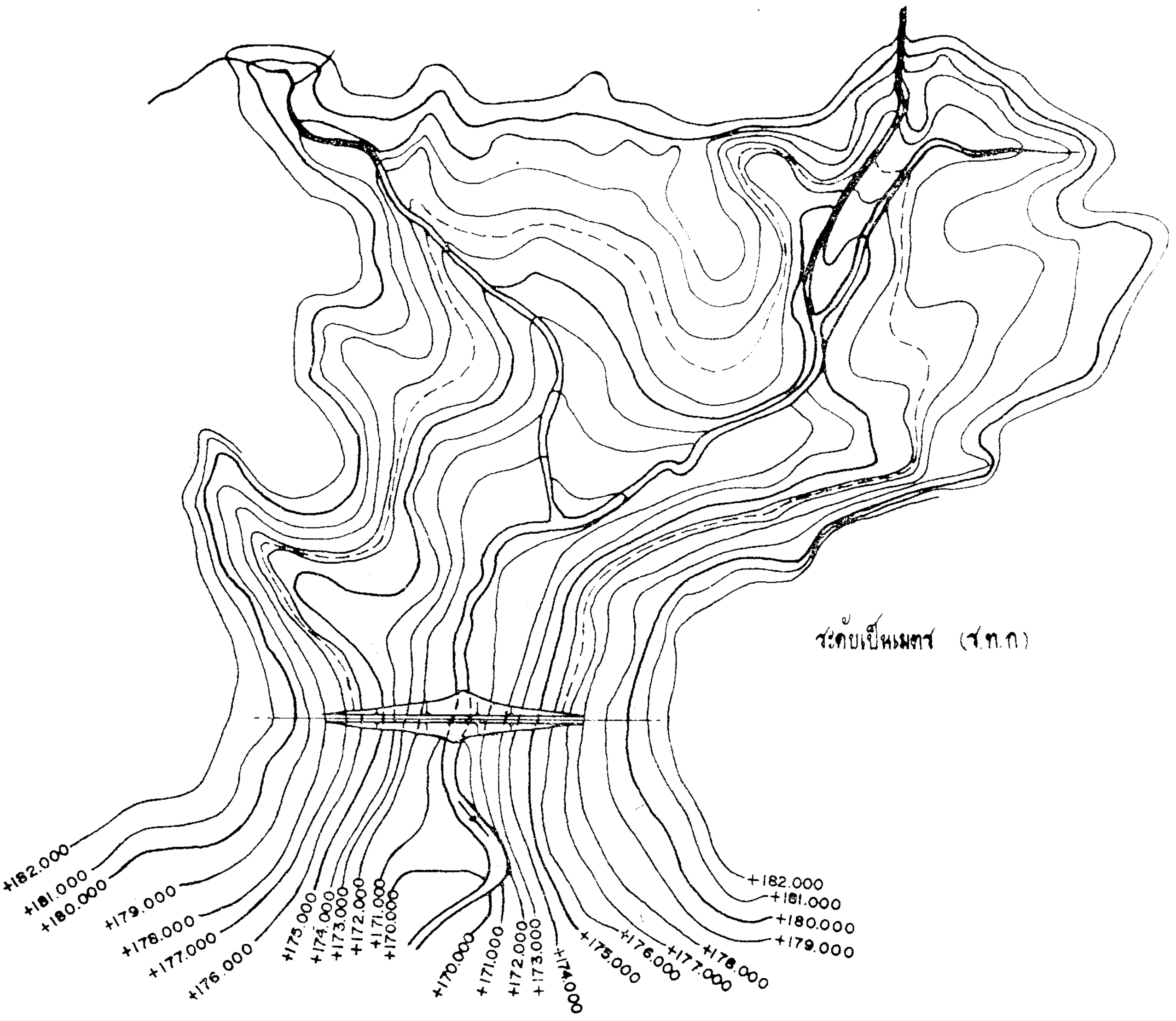
ง. เส้นแสดงพื้นดินที่มีระดับเท่ากันทุกเส้นจะวนบรรจบบีดเป็นวงรอบ ซึ่งอาจจะปรากฏอยู่ภายในแผนที่ที่จัดทำนั้น หรือบรรจบกันภายนอกแผนที่

จ เส้นแสดงพื้นดินที่มีระดับเท่ากันแต่ละเส้นโดยทั่วไปจะไม่ตัดกัน ยกเว้นบริเวณหน้าผาที่เป็นแนวตั้งตรง เส้นต่าง ๆ จะทับให้เห็นเป็นแนวเดียวกัน หรือในบริเวณที่เป็นหน้าผายื่นออกมาจึงจะเป็นเส้นตัดกัน

ตัวอย่างแผนที่แสดงรายละเอียดของบริเวณที่สร้างเขื่อนและอ่างเก็บน้ำ แสดงในรูปที่ 4.2 และรูปที่ 4.3 ตามลำดับ



รูปที่ 4.2 แผนที่แสดงรายละเอียดภูมิประเทศบริเวณที่สร้างเขื่อน



รูปที่ 4.3 แผนที่บริเวณอ่างเก็บน้ำ

ฐานรากของเขื่อนดิน ฝาย
และดินสำหรับก่อสร้างตัวเขื่อน

บทที่ 5 ....

การศึกษาและตรวจสอบสภาพฐานรากของเขื่อนดินและฝายให้ละเอียดก่อนเริ่มงานออกแบบจะทำให้ทราบว่า เขื่อนดินและฝายนั้นตั้งอยู่บนดินลักษณะใด น้ำเมื่อรั่วซึมลอดใต้อาคารผ่านช่องว่างในดินไปแล้วจะเกิดอันตรายแก่ตัวเขื่อนและฝายหรือไม่ ฐานรากดังกล่าวมีความแข็งแรงพอที่จะรับน้ำหนักของตัวเขื่อนหรือฝายได้ โดยไม่เกิดการทรุดตัวและพังทลายลงหรือไม่ และพื้นอ่างเก็บน้ำถ้าเห็นเป็นทรายโดยทั่วไปก็อาจจะต้องตรวจสอบเพิ่มเติมอีกว่าจะมีชั้นดินดานหรือดินทึบน้ำรองรับอยู่ด้านล่างหรือไม่เช่นกัน ทั้งนี้ เพื่อให้แน่ใจว่าน้ำจะไม่รั่วหายออกจากอ่างเก็บน้ำมากเกินไป

ส่วนดินที่ใช้สำหรับก่อสร้างตัวเขื่อนก็จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำการสำรวจหาแหล่งดินแล้ววิเคราะห์คุณสมบัติของดินที่จะนำมาถมตัวเขื่อน อีกทั้งคำนวณหาว่าจะมีปริมาณเพียงพอหรือไม่ด้วย นอกจากนี้การตรวจสอบดินบริเวณที่ก่อสร้างอาคารระบายน้ำล้น จะทำให้สามารถออกแบบอาคารได้อย่างเหมาะสมและมีราคาถูก ส่วนดินที่จะขุดจากบ่อก่อสร้างและทางระบายน้ำ ถ้าพบว่ามีคุณสมบัติดีก็จะนำมาใช้ถมตัวเขื่อน ซึ่งนับได้ว่าเป็นการช่วยลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างลงได้

5.1 ฐานรากเป็นหิน ฐานรากที่ประกอบด้วยหินและดินดานแข็งส่วนใหญ่จะไม่มีปัญหาเกี่ยวกับการทรุดตัวของเขื่อนดินและอาคาร แต่มักจะเกิดน้ำรั่วผ่านช่องและรอยแตกของหินออกไปทางด้านท้ายเขื่อนเมื่อน้ำด้านหน้าเขื่อนเก็บกักไว้ในระดับสูง น้ำที่รั่วผ่านรอยแตกดังกล่าวนอกจากจะทำให้จำนวนน้ำในอ่างลดลงตลอดเวลาแล้ว ความแรงของกระแสน้ำสูงอาจจะกัดเซาะจนทำให้รอยแตกกลายเป็นรูโพรงใหญ่ขึ้น หรืออาจชะพาดินของตัวเขื่อนบริเวณฐานจนเกิดรูโพรงที่ส่วนล่างของเขื่อน แล้วทำให้เขื่อนพังในที่สุด

การก่อสร้างเขื่อนดินทุกขนาดบนฐานรากที่เป็นหิน ควรจะต้องมีการเจาะหินลึกลงไปขนาดเท่ากับ 2/3 ของความลึกของน้ำที่จะเก็บกักโดยประมาณเป็นระยะ ๆ ตลอดแนวเขื่อน แล้วทำการอัดน้ำด้วยแรงดันเท่ากับความลึกของน้ำที่จะเก็บกักด้านหน้าเขื่อน เพื่อตรวจสอบอัตราการรั่วของน้ำไปตามรอยแตกหินนั้นว่ามีจำนวนมากน้อยเพียงไร เมื่อพบว่าหินมีรอยแตกมากจะสามารถแก้ไขได้โดยการเจาะหินแล้วอัดฉีดน้ำปูนเข้าไปให้อุดรอยแตกหินตลอดแนวเขื่อนนั้น ซึ่งจะได้กล่าวถึงรายละเอียดในบทที่ 7

5.2 **ฐานรากเป็นดินทราย** ฐานรากประเภทนี้ โดยทั่วไปจะเกิดจากการทับถมของทรายขนาดต่าง ๆ บนชั้นดินดาน หรือดินเหนียวทึบน้ำ เช่นท้องลำน้ำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือชั้นทรายจะมีความหนามากหรือน้อยแตกต่างกันไปในแต่ละท้องที่ และบางแห่งอาจจะมีชั้นกรวดทรายสลับกับชั้นดินทึบน้ำเป็นชั้น ๆ ตลอดลงไปจนถึงชั้นหินก็ได้

ปัญหาสำคัญของเขื่อนเก็บน้ำและฝายที่สร้างอยู่บนฐานรากที่เป็นทรายนี้ได้แก่น้ำที่ไหลลอดใต้เขื่อนและฝาย ทำให้สูญเสียน้ำ ซึ่งอาจเกิดขึ้นในจำนวนที่น้อยกว่าน้ำที่รั่วออกไปตามรูโพรงของหินและไม่ลดจำนวนน้ำเก็บกักในอ่างเก็บน้ำมากเท่าไรนัก แต่สำหรับน้ำด้านหน้าฝายซึ่งต้องการจะเก็บกักไว้ใช้ในช่วงฤดูแล้งนั้นและมีอยู่จำนวนน้อยในลำน้ำอาจจะรั่วเสียหายไปมากภายในเวลาอันรวดเร็ว อีกประการหนึ่ง ขณะที่น้ำไหลลอดผ่านชั้นทรายนั้น จะเกิดแรงชนิดหนึ่งตามแนวและทิศทางที่น้ำไหล แล้วพัดพาดินธรรมชาติบริเวณท้ายเขื่อนที่น้ำรั่วออกมาหลุดลอยไปจนเกิดรูโพรง ซึ่งจะเกิดอันตรายแก่เขื่อน

ดังนั้น จึงควรหลีกเลี่ยงการก่อสร้างเขื่อนดินขนาดเล็กในบริเวณที่ฐานรากเป็นทรายหนา เนื่องจากไม่ประหยัดเพราะต้องออกแบบเพิ่มเพื่อป้องกันให้เกิดความปลอดภัย โดยจะเสียค่าก่อสร้างเพิ่มมากขึ้นไปอีก

5.3 **ฐานรากเป็นดินเหนียว** ฐานรากประเภทนี้มักจะประกอบด้วยดินตะกอนทรายละเอียดปนอยู่กับดินเหนียว ซึ่งจะเป็นดินที่มีความทึบน้ำ และไม่มีปัญหาเกี่ยวกับน้ำไหลลอดฐานเขื่อน ดินลักษณะนี้จะพบอยู่ในบริเวณที่ลุ่ม หรือที่ราบซึ่งมีน้ำขังและหรือระดับน้ำใต้ดินอยู่ใกล้ผิวดิน ดินที่ทับถมกันส่วนใหญ่จะไม่แน่น หรืออาจยุบตัวลงได้ง่ายเมื่อถูกน้ำหนักเขื่อนกดทับดังนั้นในการออกแบบจึงจะต้องพิจารณาให้รอบคอบเกี่ยวกับความมั่นคงของตัวเขื่อนที่สร้าง โดยเฉพาะในขณะที่มีการเก็บกักน้ำสูง ในขณะที่ฐานรากอยู่ในสภาวะอิ่มตัวไปด้วยน้ำตลอดเวลานั้น

วิธีการปรับปรุงฐานรากประเภทที่ยุบตัวได้ง่ายเช่นนี้ จะต้องทำการตรวจสอบชนิดของดิน ตำแหน่งของระดับน้ำใต้ดิน และความแน่นของดินในสภาพธรรมชาติให้ทราบแน่ชัดเสียก่อนที่จะทำการออกแบบต่อไป

5.4 คุณสมบัติของดินสำหรับก่อสร้างตัวเขื่อน ดินที่ใช้สำหรับก่อสร้างตัวเขื่อนโดยส่วนใหญ่จะนำมาจากแหล่งดินใกล้ที่ตั้งเขื่อน ซึ่งควรจะได้มีการตรวจสอบชนิดและคุณสมบัติเสียก่อนที่จะนำไปใช้งานเสมอ

ดินที่มีคุณสมบัติเหมาะสมสามารถใช้ก่อสร้างเขื่อนได้ดีนั้น ควรจะเป็นดินที่ประกอบด้วยส่วนผสมของดินเหนียว ตะกอนทรายละเอียดและทรายกับกรวดในสัดส่วนที่ทำการบดอัดจนแน่นแล้วน้ำในอ่างจะรั่วซึมผ่านได้น้อยที่สุด และขณะที่เก็บกักน้ำหรือน้ำในอ่างลดลงอย่างรวดเร็วซึ่งดินจะอิ่มตัวไปด้วยน้ำนั้น ลาดเขื่อนจะต้องมีความมั่นคงแข็งแรง โดยไม่เลื่อนทลายลง รวมทั้งจะต้องเป็นดินที่สามารถทำการก่อสร้างหรือบดอัดแน่นได้ง่าย และตัวเขื่อนเมื่อสร้างเสร็จแล้วจะเกิดการทรุดตัวลงน้อยที่สุดหรือไม่ทรุดเลยอีกด้วย

ดินที่มีคุณสมบัติดังกล่าวจะมีลักษณะดังนี้.-

1. ดินที่บดอัดแน่นแล้วน้ำรั่วซึมผ่านได้ยาก จะมีอนุภาคของดินละเอียด (ผ่านตะแกรงเบอร์ 200) ผสมอยู่ไม่น้อยกว่า 20 เปอร์เซนต์ของน้ำหนักดิน นอกนั้นจะเป็นทรายและตะกอนทรายละเอียดหรือมีกรวดบ้างเล็กน้อย

2. ดินลาดเขื่อนที่อิ่มตัวไปด้วยน้ำ และไม่เลื่อนทะลายลงได้ง่ายนั้น จะต้องมีทรายและกรวดขนาดต่าง ๆ ผสมอยู่เป็นจำนวนมากพอที่จะทำให้มีความฝืดที่เกิดจากการเสียดสีของอนุภาคทรายและกรวดซึ่งสัมผัสอัดแน่นกันเหล่านั้นมากพอสำหรับต้านทานแรงเฉือนที่เกิดจากน้ำหนักของดินตัวเขื่อนและน้ำที่กดทับอยู่ได้

3. ดินซึ่งมีคุณสมบัติในการก่อสร้างหรือบดอัดแน่นได้ง่าย จะต้องไม่จับตัวกันเป็นก้อนแข็งเมื่อแห้ง ซึ่งแสดงถึงว่าเป็นดินที่มีความเหนียวสูงทำให้ดินเกาะติดเครื่องจักรเครื่องมือขณะทำการบดอัด และถ้าดินนั้นแห้งเกินไป จะต้องให้น้ำเพิ่มก่อนการบดอัดแน่นก็ทำได้ยากด้วย

4. ตัวเขื่อนที่จะทรุดตัวลงได้น้อยหลังจากทำการก่อสร้างเสร็จแล้วนั้น จะต้องใช้ดินที่มีดินเหนียว ตะกอนทรายละเอียด ทรายและกรวดผสมกันพอดี โดยที่ไม่มีดินเหนียวมากเกินไปหรือมีสารอินทรีย์ปนอยู่

การก่อสร้างเขื่อนดินที่มีขนาดค่อนข้างสูงและมีความสำคัญ มักจะต้องนำตัวอย่างดินจากแหล่งดินมาวิเคราะห์หาคุณสมบัติของดินให้ละเอียดก่อนเสมอ แต่สำหรับงานเขื่อนดินขนาดเล็กอาจจะใช้วิธีการสังเกตและสัมผัสด้วยมือในการเลือกหาดินมาถมเขื่อนได้โดยวิธีการดังนี้.-

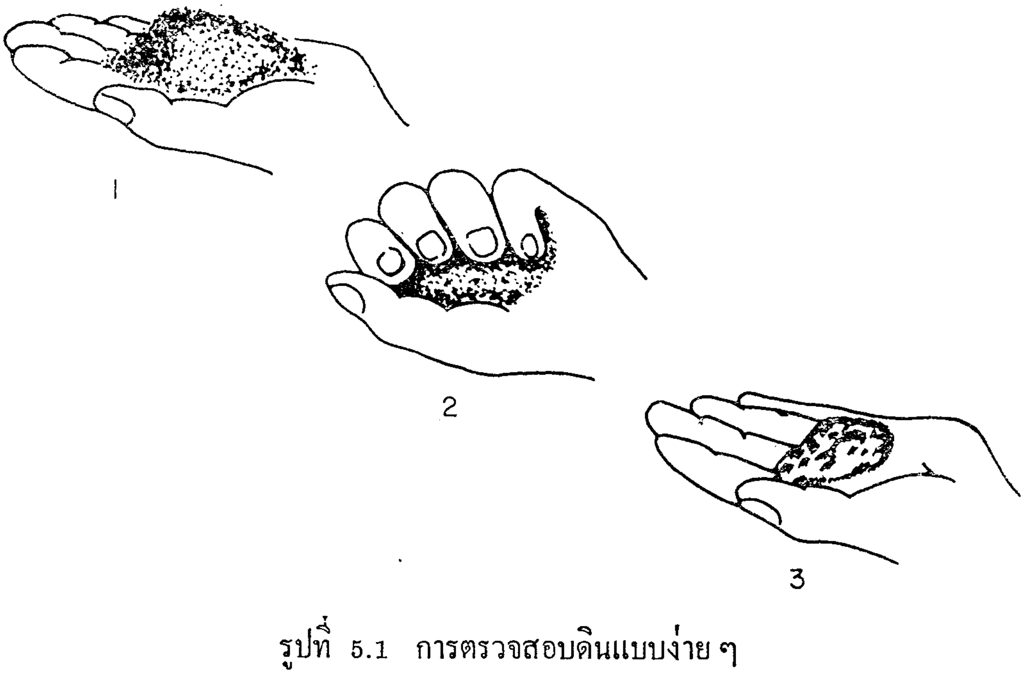
1. นำดินมาผสมน้ำให้นุ่ม แล้วใช้นิ้วถูผิวดิน ถ้าดินมีดินเหนียวผสมอยู่ จะเห็นความมันวาวของดินเหนียวที่ผิวเด่นชัด และมีความเหนียวติดมือ ถ้าปล่อยให้แห้งแล้วบี้ให้ละเอียด

หากมีทรายขนาดต่าง ๆ ผสมอยู่จะปรากฏเม็ดทรายให้เห็นและจะมีลักษณะสากมือ แสดงว่าตัวอย่างดินนั้นมีดินเหนียวปนทรายขนาดต่าง ๆ มีคุณสมบัติดีพอที่จะใช้งานต่อไปได้ แต่ก็ควรตรวจสอบตามวิธีในข้อ 2. ต่อไปอีก

2. จากการตรวจสอบในข้อ 1. แสดงว่า เป็นดินเหนียวปนทราย ขั้นต่อไปควรจะตรวจดูว่าดินนั้นจะมีดินเหนียวจำนวนมากหรือน้อยเกินไป โดยนำดินก้อนเล็ก ๆ มาผสมน้ำให้เปียกพอที่จะคลึงให้เป็นเส้นกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1/8 นิ้วด้วยฝ่ามือทั้งสอง พับเส้นดินนี้แล้วคลึงซ้ำจนได้ความยาวเท่าเดิม ทำซ้ำกันให้ความชื้นในดินลดลงจนดินมีความแข็งขึ้นแล้วแตกออก ถ้าดินมีความเหนียวมากก้อนดินที่แตกออกนี้จะแข็งมากเช่นกัน ซึ่งแสดงว่าดินมีส่วนผสมของดินเหนียวจำนวนมากเกินไป อาจจะไม่เหมาะสมในการนำไปใช้ถมตัวเขื่อน ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

ถ้าหากว่าดินที่คลึงเป็นเส้นขาดหลุดออกจากกันก่อนที่ดินจะแข็งนั้น แสดงว่าดินมีความเหนียวต่ำหรือไม่มีเลย อาจจะนำไปใช้ถมบริเวณส่วนนอกของตัวเขื่อนได้โดยถมดินที่มีดิน-เหนียวมากอยู่ตรงกลาง

3. การตรวจสอบดินอย่างง่าย ๆ อีกแบบหนึ่ง ทำได้โดยการนำดินมาพรมน้ำให้ชุ่มแล้วบีบดินนั้นให้แน่น เมื่อปล่อยดินออกแล้ว ถ้าปรากฏว่าดินยังคงเกาะตัวกันเป็นก้อนอย่างเหนียวแน่น จะแสดงว่าดินมีดินเหนียวผสมอยู่มากพอ



รูปที่ 5.1 การตรวจสอบดินแบบง่าย ๆ

ตารางที่ 5.1 คุณสมบัติสำคัญของดินชนิดต่าง ๆ ในการสร้างเขื่อนดิน

ชนิดของดิน	สัญญลักษณ์ของดินทางด้านวิศวกรรม	คุณสมบัติสำคัญในการก่อสร้างตัวเขื่อน				ความเหมาะสมในการใช้งาน				
						ตัวเขื่อน			ฐานรากของเขื่อน	
		การรั่วซึมเมื่อบดอัดแน่นแล้ว	การต้านทานแรงเฉือนของดินบดอัดแน่น และอิ่มตัวด้วยน้ำ	การยุบตัวเมื่อบดอัดแน่นแล้วและดินอิ่มตัวด้วยน้ำ	การก่อสร้างและบดอัดแน่นได้ง่าย	ทั้งเขื่อน	แกนเขื่อน	หุ้มแกนเขื่อน	การรั่วซึมมีความสำคัญ	การรั่วซึมไม่มีความสำคัญ
กรวดมีขนาดเล็กใหญ่คละกัน กรวดผสมกับทราย โดยมีตะกอนละเอียดเล็กน้อยหรือไม่มีเลย	*GW*	รั่วซึม	ดีมาก	ไม่ยุบตัว	ดีมาก	–	–	1	–	1
กรวดมีขนาดสม่ำเสมอ กรวดผสมทราย โดยมีตะกอนละเอียดเล็กน้อยหรือไม่มีเลย	*GP*	รั่วซึมมาก	ดี	ไม่ยุบตัว	ดี	–	–	2	–	3
กรวดผสมตะกอนทรายละเอียด กรวดมีขนาดไม่คละกันผสมทรายและตะกอนทรายละเอียด	*GM*	รั่วซึมน้อยถึงทึบน้ำ	ดี	ไม่ยุบตัว	ดี	2	4	–	2	4
กรวดผสมดินเหนียว กรวดมีขนาดไม่คละกันผสมทรายและดินเหนียว	*GC*	ทึบน้ำ	ดีถึงพอใช้	น้อยมาก	ดี	1	1	–	1	6
ทรายมีขนาดเล็กใหญ่คละกัน ทรายผสมกรวด โดยมีตะกอนละเอียดเล็กน้อยหรือไม่มีเลย	*SW*	รั่วซึม	ดีมาก	ไม่ยุบตัว	ดีมาก	–	–	3 ถ้ามีกรวด	–	2
ทรายมีขนาดสม่ำเสมอ ทรายผสมกรวด โดยมีตะกอนละเอียดเล็กน้อยหรือไม่มีเลย	*SP*	รั่วซึม	ดี	น้อยมาก	พอใช้	–	–	4 ถ้ามีกรวด	–	5
ทรายผสมตะกอนทรายละเอียด ทรายมีขนาดไม่คละกันผสมตะกอนทรายละเอียด	*SM*	รั่วซึมน้อยถึงทึบน้ำ	ดี	น้อย	พอใช้	4	5	–	4	7

ชนิดของดิน	สัญญลักษณ์ของดินทางด้านวิศวกรรม	คุณสมบัติสำคัญในการก่อสร้างตัวเขื่อน				ความเหมาะสมในการใช้งาน				
						ถมตัวเขื่อน			ฐานรากของเขื่อน	
		การรั่วซึมเมื่อบดอัดแน่นแล้ว	การต้านทานแรงเฉือนของดินบดอัดแน่น และอิ่มตัวด้วยน้ำ	การยุบตัวเมื่อบดอัดแน่นแล้วและดินอิ่มตัวด้วยน้ำ	การก่อสร้างและบดอัดแน่นได้ง่าย	ทั้งเขื่อน	แกนเขื่อน	หุ้มแกนเขื่อน	การรั่วซึมมีความสำคัญ	การรั่วซึมไม่มีความสำคัญ
ทรายผสมดินเหนียว ทรายมีขนาดไม่คละกันผสมดินเหนียว	*SC*	ทึบน้ำ	ดีถึงพอใช้	น้อย	ดี	3	2	–	3	8
ตะกอนทรายละเอียดที่ไม่มีอินทรีย์วัตถุปนทรายละเอียด หินฝุ่น ตะกอนทรายละเอียดหรือทรายละเอียดผสมดินเหนียว โดยมีความเหนียวน้อย	*ML*	รั่วซึมน้อยถึงทึบน้ำ	พอใช้	ปานกลาง	พอใช้	6	6	–	6	9
ดินเหนียวที่มีความเหนียวน้อยถึงปานกลาง ดินเหนียวผสมกรวด ดินเหนียวปนทรายหรือดินเหนียวปนตะกอนทรายละเอียด ไม่มีอินทรีย์วัตถุ	*CL*	ทึบน้ำ	พอใช้	ปานกลาง	ดีถึงพอใช้	5	3	–	5	10
ตะกอนทรายละเอียดปนอินทรีย์วัตถุ หรือตะกอนทรายละเอียดปนดินเหนียว มีความเหนียวน้อย	*OL*	รั่วซึมน้อยถึงทึบน้ำ	เลว	ปานกลาง	พอใช้	8	8	–	7	11
ตะกอนทรายละเอียด ตะกอนทรายละเอียดหรือดินทรายละเอียดผสมไมก้า โดยไม่มีอินทรีย์วัตถุ	*MH*	รั่วซึมน้อยถึงทึบน้ำ	พอใช้ถึงเลว	มาก	เลว	9	9	–	8	12
ดินเหนียวล้วน ไม่มีอินทรีย์วัตถุ มีความเหนียวมาก	*CH*	ทึบน้ำ	เลว	มาก	เลว	7	7	–	9	13
ดินเหนียวปนอินทรีย์วัตถุ มีความเหนียวปานกลางถึงมาก	*OH*	ทึบน้ำ	เลว	มาก	เลว	10	10	–	10	14

หมายเหตุ เบอร์ 1 หมายถึงดีที่สุด

อุทกวิทยา

บทที่ 6

การคำนวณด้านอุทกวิทยาสำหรับงานเขื่อนดินและฝาย มีความสำคัญอย่างยิ่งที่จะต้องดำเนินการก่อนการออกแบบ เพื่อให้ทราบปริมาณน้ำรวมทั้งปีที่จะไหลลงมายังเขื่อนดินจากลุ่มน้ำในเขตพื้นที่รับน้ำฝนเหนือที่ตั้งเขื่อน และปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่จะเกิดขึ้น สำหรับใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบหาขนาดอาคารระบายน้ำล้นของเขื่อนดิน และในกรณีอาคารที่ก่อสร้างเป็นฝายปิดกั้นลำน้ำจะได้กำหนดขนาดความยาวของสันฝาย ให้สามารถระบายน้ำจำนวนมากที่สุดให้ผ่านไปได้ โดยไม่เกิดความเสียหายแก่ตัวอาคารหรือเกิดน้ำท่วมท้นตลิ่งด้านหน้าฝายมากเกินไป

6.1 ฝนในประเทศไทย ฝนที่ตกในประเทศไทยส่วนใหญ่เกิดจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และจากพายุจรที่พัดมาจากทางทิศตะวันออกของประเทศ ซึ่งได้แก่ พายุไต้ฝุ่น พายุโซนร้อน และพายุดีเปรสชั่น เป็นต้น

ฝนที่เกิดจากลมมรสุมจะตกปกคลุมเกือบทั่วประเทศ โดยเริ่มตกตั้งแต่เดือนพฤษภาคม แล้วเพิ่มจำนวนมากขึ้นจนถึงเดือนตุลาคมจึงจะเริ่มน้อยลงและหมดไป

ส่วนฝนที่เกิดจากพายุจรมักจะเริ่มตกที่บริเวณภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ราวเดือนมิถุนายน และจะตกหนักทั่วทั้งภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคกลางในราวเดือนกันยายน จนถึงเดือนตุลาคมจึงมีปริมาณน้อยลงและหมดไปพร้อมกับฝนที่เกิดจากลมมรสุม แต่ที่ภาคใต้จะยังคงมีฝนเพิ่มมากขึ้น เพราะแนวของพายุที่พัดผ่านถอยร่นลงไปทางใต้ตามลำดับ จนกระทั่งถึงเดือนมกราคม ฝนที่ตกทางภาคใต้จึงจะเริ่มน้อยลง

เนื่องจากฝนตกเป็นปรากฏการณ์ตามธรรมชาติ ดังนั้นเวลาที่ฝนตก จำนวนฝนที่ตกแต่ละครั้ง ตลอดจนสภาพการตกแผ่ปกคลุมพื้นที่จึงไม่ค่อยมีความแน่นอนนัก บางปีอาจจะเริ่มฤดูฝนช้ากว่าปกติหรือมีปริมาณฝนตกรวมทั้งปีน้อย จนเป็นเหตุให้การเพาะปลูกต้องได้รับความเสียหาย และประชาชนตลอดจนสัตว์เลี้ยงต้องขาดแคลนน้ำสำหรับอุปโภคบริโภค หรือบางปีอาจจะเริ่มฤดูฝนเร็ว โดยมีช่วงเวลาที่ฝนไม่ตกขั้นอยู่นาน แล้วหลังจากนั้นจึงมีฝนตกหนักติดต่อกัน เมื่อเป็นเช่นนี้ก็จะทำให้การเพาะปลูกได้รับความเสียหายเพราะการขาดแคลนน้ำตอนฝนทิ้งช่วง และได้รับภัยเนื่องจากน้ำท่วมพื้นที่เพาะปลูกตามมาอีกครั้งหนึ่ง ดังนั้นในฤดูกาลเพาะปลูก จำนวนน้ำฝนและเวลาของฝนตกจึงมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่อการประกอบอาชีพของเกษตรกรในท้องถิ่นต่างๆ โดยเฉพาะในท้องที่ซึ่งไม่มีการชลประทานช่วยเหลือ

ตารางที่ 6.1 จำนวนฝนเฉลี่ยของภาคต่าง ๆ

ภาค	จำนวนฝนเฉลี่ย – มิลลิเมตร		
	ทั้งปี	ฤดูฝน 6 เดือน (พ.ค. – ต.ค.)	ต้นฤดูกาลเพาะปลูก (เม.ย. – มิ.ย.)
เหนือตอนบน	1,173	1,066	357
เหนือตอนล่าง	1,189	1,063	364
ตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน	1,519	1,375	548
ตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง	1,353	1,212	445
กลาง	1,251	1,091	356
ตะวันตก	1,178	1,117	306
ตะวันออกของอ่าวไทย	2,063	1,807	624
ใต้ฝั่งตะวันตก	2,803	2,265	853
ใต้ฝั่งตะวันออก	1,821	975	339

6.2 **จำนวนน้ำที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำ** การคำนวณหาจำนวนน้ำรวมทั้งปีที่ไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำจะทำให้ทราบว่า ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำเหนือเขื่อนที่สร้างนั้น จะมีน้ำท่าไหลลงมาให้เก็บกัก

ไว้ได้ปีละจำนวนเท่าใด จะได้ไม่ออกแบบอ่างเก็บน้ำให้มีขนาดใหญ่มากจนเกินความจำเป็น หรือสามารถกำหนดพื้นที่ที่จะส่งน้ำไปช่วยเหลือให้มีขนาดพอเหมาะกับจำนวนน้ำที่มีอยู่ทั้งหมดได้

โดยธรรมชาติแล้วฝนที่ตกในเขตพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนแต่ละครั้ง จะมีน้ำบางส่วนระเหยกลับไปสู่บรรยากาศตามเดิม และอีกส่วนหนึ่งจะขังอยู่ตามแอ่งน้ำหรือที่ลุ่มบนผิวดิน หรือไหลซึมลงไปสะสมอยู่ในช่องว่างในดิน แล้วรากพืชที่ดูดน้ำในดินจะคายน้ำออกทางใบ นอกจากนี้น้ำที่ไหลซึมลงไปในดินอาจจะไหลซึมลึกลงไปขังสะสมอยู่ในดินให้เป็นแหล่งน้ำใต้ดิน โดยไม่ไหลกลับลงสู่ลำน้ำไปสู่เขื่อน ดังนั้นฝนที่ตกเป็นจำนวนมากจนเหลือน้ำจากการสูญเสียดังกล่าวข้างต้นแล้ว จึงจะไหลไปตามผิวดินลงสู่ลำน้ำแล้วไหลไปยังเขื่อนที่กักกั้น ถูกเก็บกักไว้ในอ่างเก็บน้ำตามที่ต้องการ

จำนวนน้ำที่ไหลไปยังอ่างเก็บน้ำรวมของแต่ละปี จะขึ้นอยู่กับจำนวนน้ำฝนที่ตกในบริเวณพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อน ขนาดและสภาพภูมิประเทศของพื้นที่รับน้ำฝน และจำนวนน้ำที่ต้องสูญเสียทั้งหมดเมื่อฝนตกแต่ละครั้งรวมกันทั้งปี เป็นสำคัญ

การคำนวณจำนวนน้ำที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำรวมทั้งปีสำหรับงานเขื่อนเก็บกักน้ำขนาดเล็กส่วนใหญ่จะไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับการวัดปริมาณน้ำท่าในลำน้ำให้ทำการคำนวณได้เหมือนกับงานก่อ-สร้างเขื่อนเก็บกักน้ำที่มีขนาดใหญ่ จึงควรใช้วิธีการประเมินจำนวนน้ำจากจำนวนฝนที่ตกในเขตลุ่มน้ำเหนือเขื่อนทั้งหมด แล้วหักจำนวนน้ำที่คาดว่าจะสูญเสียไป ซึ่งมีวิธีการดังนี้.-

1. วัดหาขนาดของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือที่ตั้งเขื่อนจากแผนที่มาตราส่วน 1:50,000

2. หาปริมาณฝนตกทั้งปีโดยเฉลี่ยในบริเวณลุ่มน้ำเหนือเขื่อนจากแผนที่แสดงปริมาณฝนเฉลี่ยทั้งปี ซึ่งแผนที่ดังกล่าวนี้ได้จัดทำขึ้นมาจากสถิติน้ำฝนที่วัดได้จากสถานีวัดน้ำฝนต่าง ๆ ที่ได้มีการวัดปริมาณฝนตกแต่ละครั้งในท้องที่ต่าง ๆ เป็นเวลาหลายสิบปี แล้วนำฝนมาเฉลี่ยให้เป็นปริมาณฝนรวมทั้งปี ดังแสดงไว้ในรูปที่ 6.1

3. เนื่องจากปริมาณน้ำที่จะสูญเสียทั้งหมดในเขตพื้นที่รับน้ำฝนนั้น ไม่สามารถวัดหรือคำนวณได้ง่ายนัก สำหรับงานขนาดเล็กจึงนิยมประเมินจำนวนน้ำที่จะไหลลงอ่างเก็บน้ำทั้งปีเป็นเปอร์เซนต์ของจำนวนน้ำที่เกิดจากฝนทั้งปีนั้นโดยตรง ตามเกณฑ์โดยประมาณดังนี้.-

ตารางที่ 6.2 จำนวนน้ำที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของจำนวนน้ำฝนที่ตกทั่วพื้นที่รับน้ำฝนต่อปี โดยประมาณ

พื้นที่รับน้ำฝน ตารางกิโลเมตร	จำนวนน้ำที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำคิดเป็นเปอร์เซนต์ของจำนวนน้ำฝนที่ตกทั่วพื้นที่ต่อปีโดยประมาณ		
	A	B	C
น้อยกว่า 1.0	40%	30% – 35%	20% – 25%
1.0 – 5.0	35% – 40%	25% – 30%	20% – 25%
5.0 – 10.0	30% – 35%	20% – 25%	15% – 25%
มากกว่า 10.0	30%	20%	10% – 20%

A = พื้นที่รับน้ำฝนที่มีความลาดชันมากและมีสภาพเป็นต้นน้ำลำธาร

B = พื้นที่รับน้ำฝนที่มีความลาดชันปานกลางถึงมาก และสภาพป่าค่อนข้างสมบูรณ์

C = พื้นที่รับน้ำฝนค่อนข้างราบ สภาพป่าและต้นไม้ปกคลุมมีน้อย และผิวดินโดยเฉลี่ยเป็นดินที่น้ำรั่วซึมได้ปานกลาง

ตัวอย่าง สมมติว่าพื้นที่รับน้ำฝนของอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กแห่งหนึ่ง มีขนาดประมาณ 2.3 ตารางกิโลเมตร สภาพพื้นที่มีความลาดเทปานกลาง มีต้นไม้ปกคลุมน้อยมาก และในบริเวณนั้นจะมีปริมาณฝนตกทั้งปีโดยเฉลี่ย (จากรูปที่ 6.1) ประมาณ 1,300 มิลลิเมตร อยากทราบว่าน้ำที่จะไหลลงอ่างเก็บน้ำทั้งปีโดยเฉลี่ย มีประมาณเท่าใด

วิธีคำนวณ

จากตารางที่ 6.2 จำนวนน้ำที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำทั้งปีจะมีประมาณ 22 เปอร์เซ็นต์ (ประมาณจากตารางที่ 6.2 ช่อง C) ของจำนวนน้ำจากฝนที่ตกทั้งปี

∴ จำนวนน้ำที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำทั้งปีโดยประมาณ

$$= \frac{22}{100} \times 2.3 \times 1{,}000{,}000 \times \frac{1{,}300}{1{,}000}$$

$$= 657{,}800 \text{ ลูกบาศก์เมตร}$$

6.3 **ปริมาณน้ำนองสูงสุด** หมายถึงน้ำจำนวนมากที่สุดที่จะไหลมาในลำน้ำ ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อมีฝนตกหนักเป็นเวลานานติดต่อกันทั่วทั้งพื้นที่รับน้ำฝน ในการออกแบบงานเขื่อนเก็บกักน้ำและฝายมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องสร้างอาคารให้สามารถระบายน้ำที่กำลังไหลลงมายังเขื่อนและฝายนั้นได้หมด โดยไม่ทำให้น้ำในอ่างเก็บน้ำมีระดับสูงขึ้นถึงสันเขื่อน หรือเกิดน้ำท้นสูงท่วมตลิ่งด้านหน้าฝาย ซึ่งอาจทำให้ตัวฝายและอาคารประกอบได้รับอันตราย

โดยธรรมชาติแล้ว น้ำที่ไหลมามากที่สุดในลำน้ำของแต่ละปีจะมีจำนวนไม่เท่ากัน โดยขึ้นอยู่กับปริมาณฝนตกมากที่สุดของแต่ละครั้งในแต่ละปีเป็นสำคัญ ดังนั้น เพื่อความปลอดภัยของตัวเขื่อน และฝายดังกล่าว จึงนิยมที่จะออกแบบขนาดอาคารระบายน้ำล้นของเขื่อนเก็บกักน้ำและขนาดของฝาย ให้สามารถระบายน้ำจำนวนที่จะเกิดขึ้นมากที่สุดในรอบ 25 ปี 50 ปี หรือ 100 ปี ตามความเหมาะสมให้ผ่านไปได้เสมอ การเลือกจำนวนรอบปีเพื่อประเมินปริมาณน้ำนองสูงที่สุดที่จะเกิดขึ้นในปีหนึ่งปีใดภายในรอบปีนั้น โดยทั่วไปจะพิจารณาถึงความสำคัญของเขื่อนเก็บกักน้ำและฝายหรือความเสียหายอันจะเกิดจากอุทกภัยและชีวิตของประชาชนที่อยู่ทางด้านท้ายน้ำในกรณีที่เขื่อนและฝายต้องพังลงเพราะการกำหนดรอบปีของการเกิดน้ำนองสูงสุดไว้ต่ำ เปรียบเทียบกับราคางานของอาคารระบายน้ำล้นที่มีขนาดใหญ่ของเขื่อนเก็บกักน้ำและฝายที่มีขนาดความยาวเพิ่มมากขึ้นเพราะการกำหนดจำนวนรอบปีในการเกิดน้ำนองสูงสุดมากขึ้นไปอีก เป็นหลักประกอบในการพิจารณา แล้วจึงทำการออกแบบขนาดอาคารระบายน้ำล้นหรือคำนวณหาขนาดความยาวของฝาย ให้เหมาะสมกับจำนวนน้ำที่คาดว่าจะเกิดขึ้นมากที่สุดสำหรับจำนวนรอบปีที่ตัดสินใจเลือกไว้นั้น

สำหรับงานเขื่อนดินที่เก็บกักน้ำไว้สูงไม่มากนักและฝาย โดยทั่วไปจะประเมินปริมาณน้ำนองที่คาดว่าจะเกิดขึ้นมากที่สุดในรอบ 25 ปีเป็นอย่างสูง วิธีการคำนวณหาปริมาณน้ำนองสูงสุดสำหรับใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบต่อไปควรจะดำเนินการตามลำดับดังนี้.-

1. วัดขนาดของพื้นที่รับน้ำฝนเหนือที่ตั้งเขื่อนและฝายจากแผนที่มาตราส่วน 1:50,000

2. เลือกปริมาณน้ำที่คาดว่าจะไหลมาตามลำน้ำมากที่สุด สำหรับพื้นที่รับน้ำฝนหนึ่งตารางกิโลเมตร ในท้องที่และลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่รับน้ำฝนต่าง ๆ กัน จากรูปที่ 6.2 ถึง รูปที่ 6.5

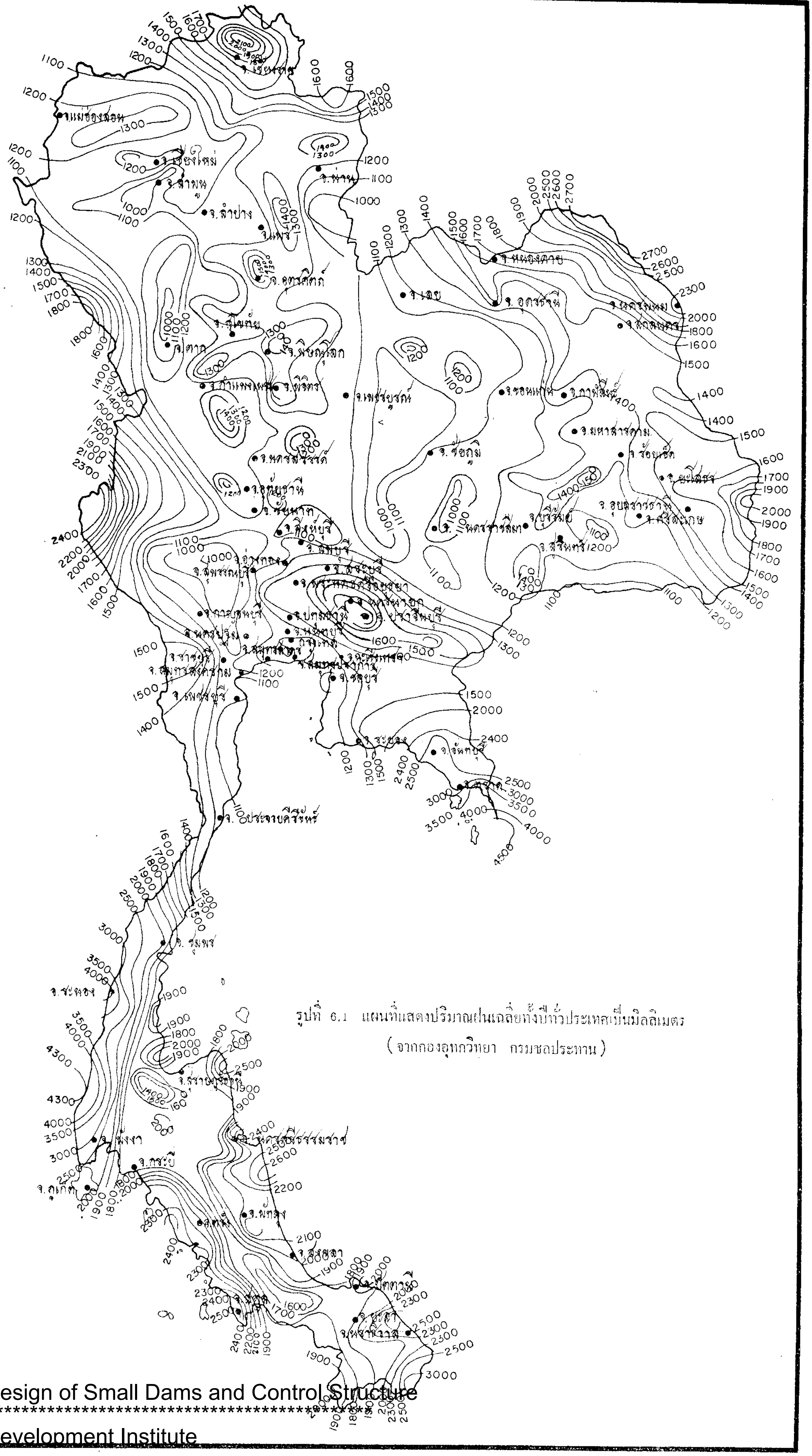
3. ปริมาณน้ำที่คาดว่าจะไหลมาตามลำน้ำจำนวนมากที่สุดของรอบ 25 ปี ที่จะใช้ประกอบการออกแบบ จะเท่ากับผลคูณของขนาดพื้นที่รับน้ำฝนกับปริมาณน้ำที่คาดว่าจะไหลมามากที่สุดของพื้นที่รับน้ำฝนขนาดหนึ่งตารางกิโลเมตรที่หาได้ตามข้อ 2. นั้น

4. ในขณะที่น้ำในอ่างเก็บน้ำไหลผ่านอาคารระบายน้ำล้น จะมีน้ำจำนวนหนึ่งถูกเก็บกักไว้ในอ่างสูงกว่าระดับสันอาคารระบายน้ำล้น ซึ่งเป็นการชลอน้ำจำนวนหนึ่งไว้โดยไม่ระบายออกไปทันที จึงทำให้น้ำที่ไหลผ่านอาคารระบายน้ำล้นมีจำนวนน้อยกว่าน้ำที่กำลังไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำ

สำหรับการออกแบบขนาดอาคารระบายน้ำล้นของอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก ซึ่งส่วนใหญ่จะเก็บกักน้ำไว้ในอ่างน้อยกว่าจำนวนน้ำที่เกิดขึ้นทั้งปี จึงควรออกแบบให้ระบายน้ำนองสูงสุดเท่ากับจำนวนที่ไหลลงอ่างเลย โดยไม่คำนึงถึงปริมาตรส่วนที่ถูกชลอเก็บไว้ในอ่างเก็บน้ำนั้น เนื่องจากมีจำนวนไม่มากนัก และเพื่อเพิ่มความปลอดภัยของเขื่อนให้มากขึ้นอีกด้วย การคำนวณหาปริมาณน้ำนองสูงสุดผ่านอาคารระบายน้ำล้น สำหรับอ่างเก็บน้ำที่มีปริมาตรพักน้ำที่ท้นเหนือระดับน้ำเก็บกักมาก จะไม่แสดงในคู่มือนี้และขอแนะนำให้เป็นการศึกษาเฉพาะกรณีไป

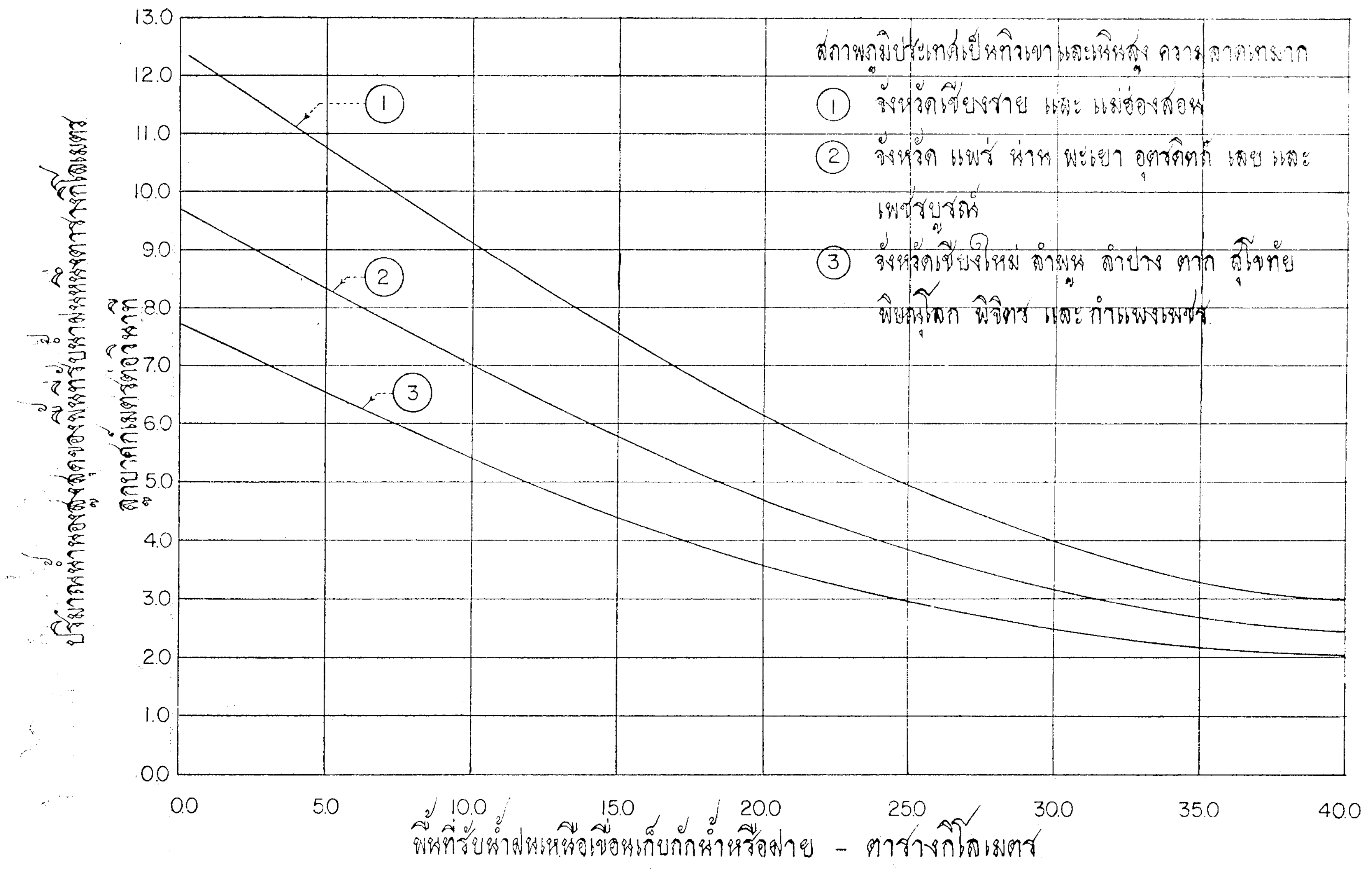
สมมติว่าอ่างเก็บน้ำตามตัวอย่างในข้อ 6.2 ต้องการเก็บน้ำเพียงหนึ่งหรือสองแสนลูก-บาศก์เมตร สร้างในเขตจังหวัดบุรีรัมย์ซึ่งสภาพพื้นที่รับน้ำฝนไม่มีความลาดเทชันมากนัก ควรจะออกแบบอาคารระบายน้ำล้นให้ระบายน้ำสูงสุดประมาณ 6.7 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (2.9×2.3) เมื่อระดับน้ำในอ่างท้นสูงเหนือระดับน้ำเก็บกักขึ้นไปตามความเหมาะสม โดยให้มีความสัมพันธ์กับความยาวของอาคารระบายน้ำล้นที่จะคำนวณได้ด้วย

การประเมินค่าปริมาณน้ำที่คาดว่าจะไหลมามากที่สุดของพื้นที่รับน้ำฝนขนาดหนึ่ง-ตารางกิโลเมตร จากรูปที่ 6.2 ถึงรูปที่ 6.5 นั้น ให้พิจารณาถึงสภาพความลาดเทของภูมิประเทศจริงเปรียบเทียบกับสภาพภูมิประเทศที่ระบุไว้ในรูปต่าง ๆ ด้วย แล้วประเมินค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงไปจากกราฟได้ตามความเหมาะสม ดังเช่นตัวอย่างข้างต้นได้เลือกใช้ค่าปริมาณน้ำที่คาดว่าจะไหลมามากที่สุดจากพื้นที่รับน้ำฝนหนึ่งตารางกิโลเมตรเท่ากับ 2.9 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

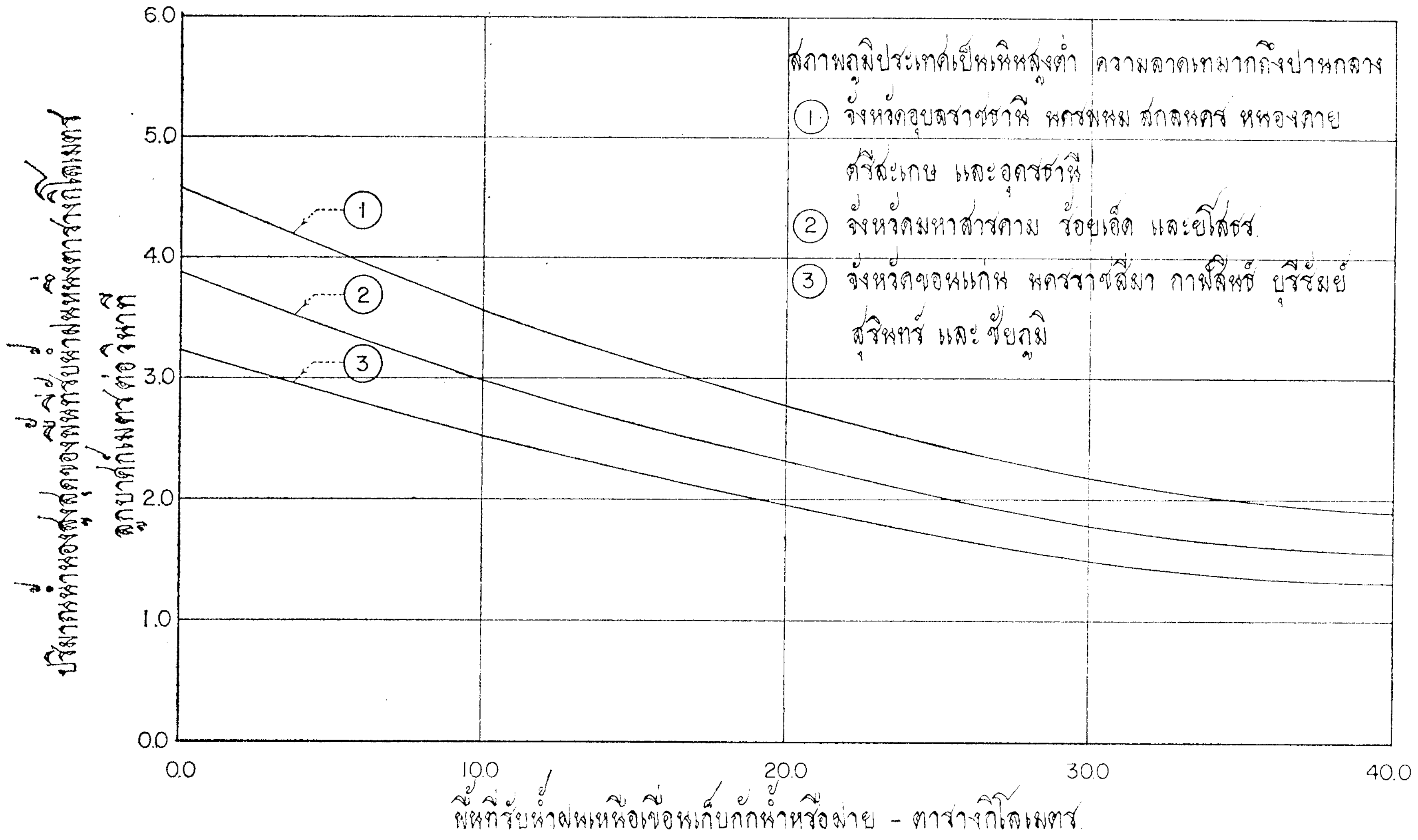


รูปที่ 6.1 แผนที่แสดงปริมาณฝนเฉลี่ยทั้งปีทั่วประเทศเป็นมิลลิเมตร

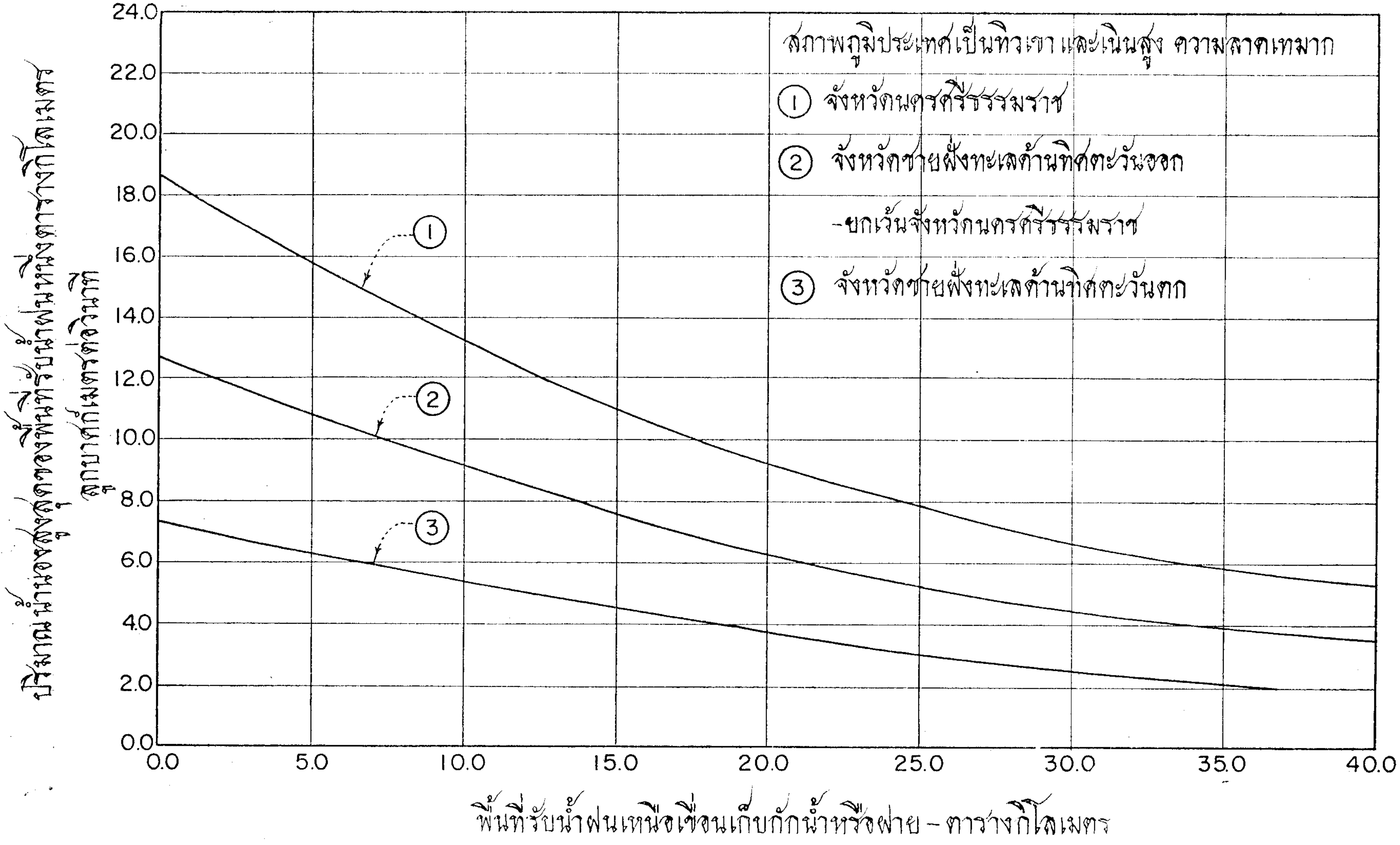
(จากกองอุทกวิทยา กรมชลประทาน)



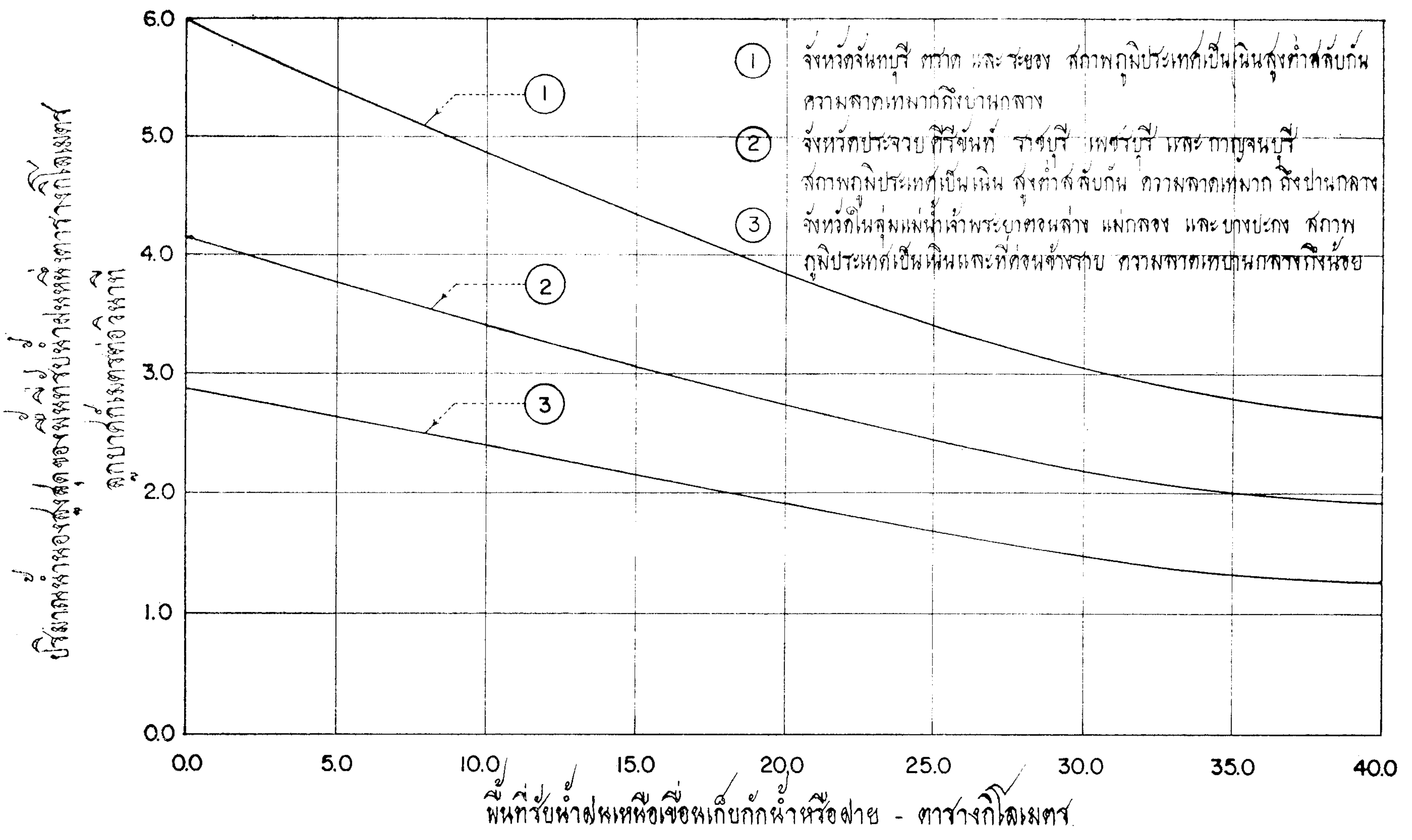
รูปที่ 6.2 ปริมาณน้ำนองสูงสุดของพื้นที่รับน้ำฝนหนึ่งตารางกิโลเมตรในภาคเหนือ



รูปที่ 6.3 ปริมาณน้ำนองสูงสุดของพื้นที่รับน้ำฝนหนึ่งตารางกิโลเมตรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ



รูปที่ 6.4 ปริมาณน้ำนองสูงสุดของพื้นที่รับน้ำฝนหนึ่งตารางกิโลเมตรในภาคใต้



รูปที่ 6.5 ปริมาณน้ำนองสูงสุดของพื้นที่รับน้ำฝนหนึ่งตารางกิโลเมตรในภาคตะวันตก ภาคกลาง และ ภาคตะวันออก

การออกแบบ
เขื่อนดินขนาดเล็กและอาคารประกอบ

.... บทที่ 7

หลังจากที่ได้มีการสำรวจรายละเอียดภูมิประเทศบริเวณที่จะก่อสร้างเขื่อน และอาคารประกอบแล้ว ก็จะต้องทำการศึกษาสภาพฐานรากและดินที่จะนำไปใช้ก่อสร้างตัวเขื่อนตลอดจนการคำนวณด้านอุทกวิทยาให้เสร็จเรียบร้อย จึงจะเริ่มการออกแบบเขื่อนและอาคารประกอบให้ละเอียด สำหรับใช้ในการคำนวณราคางานและประกอบการก่อสร้าง

หลักเกณฑ์ของการออกแบบโดยทั่วไป จะต้องคำนึงถึงความแข็งแรงของตัวเขื่อนและอาคารให้คงทนอยู่ได้นานปี สามารถเก็บกักน้ำและระบายน้ำที่จะไหลลงอ่างเก็บน้ำจำนวนมากออกไปโดยไม่ให้ล้นข้ามสันเขื่อน และจะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างน้อยที่สุดด้วย ดังนั้นงานออกแบบเขื่อนดินและอาคารต่าง ๆ ดังกล่าวนี้ จึงต้องมีการดำเนินงานอย่างละเอียดรอบคอบพอสมควร ให้ใช้งานได้ตามความมุ่งหมายและมีความประหยัดเป็นสำคัญ

7.1 อ่างเก็บน้ำ เมื่อทราบขนาดความจุของอ่างเก็บน้ำที่ต้องการ ซึ่งหมายถึงจำนวนน้ำทั้งหมดที่เขื่อนควรจะเก็บกักไว้ให้มีปริมาณเพียงพอใช้งาน โดยเผื่อการสูญเสียต่าง ๆ ดังที่ได้กล่าวไว้ในข้อ 3.7 แล้ว ขั้นต่อไปจึงจะคำนวณหาปริมาตรของอ่างเก็บน้ำจากแผนที่แสดงรายละเอียดภูมิประเทศ

จำนวนน้ำในอ่างเก็บน้ำจะมีความสัมพันธ์กับความลึกของน้ำที่เก็บกัก ซึ่งการคำนวณหาปริมาตรของอ่างเก็บน้ำที่ความลึกต่าง ๆ และการกำหนดระดับน้ำเก็บกักที่ต้องการจะมีรายละเอียดดังนี้.-

1. ขีดแนวศูนย์กลางเขื่อนที่ต้องการจะสร้างลงในแผนที่แสดงรายละเอียดบริเวณอ่างเก็บน้ำ

2. วัดหรือประมาณขนาดของพื้นที่ภายในวงเส้นแสดงระดับความสูงของดินทุกระดับที่ปรากฏในแผนที่บริเวณอ่างเก็บน้ำเหนือแนวที่ตั้งเขื่อน โดยเริ่มจากเส้นแสดงระดับความสูงใกล้กับระดับท้องน้ำขึ้นไป และพื้นที่ที่วัดได้เป็นตารางเมตร

3. คำนวณปริมาตรระหว่างเส้นแสดงระดับความสูงที่ต่างกันทุกหนึ่งเมตร ซึ่งจะเท่ากับค่าเฉลี่ยของพื้นที่ภายในเส้นแสดงระดับความสูงของดินทั้งสองนั้น และปริมาตรที่คำนวณได้เป็นลูกบาศก์เมตร ตัวอย่างเช่น พื้นที่ภายในของเส้นระดับความสูงที่ 175.000 เมตร วัดได้ 400,000 ตารางเมตร และพื้นที่ภายในของเส้นระดับความสูงที่ 176.000 เมตร วัดได้ 600,000 ตารางเมตร ปริมาตรระหว่างเส้นระดับความสูงทั้งสองนี้จะเท่ากับ 500,000 ลูกบาศก์เมตร

นั่นคือ $= (400{,}000 + 600{,}000) \times \frac{1}{2} \times 1$

4. ทำการคำนวณตามข้อ 3. จากระดับท้องน้ำขึ้นไปจนถึงระดับความสูงพอประมาณหรือตามที่ต้องการ

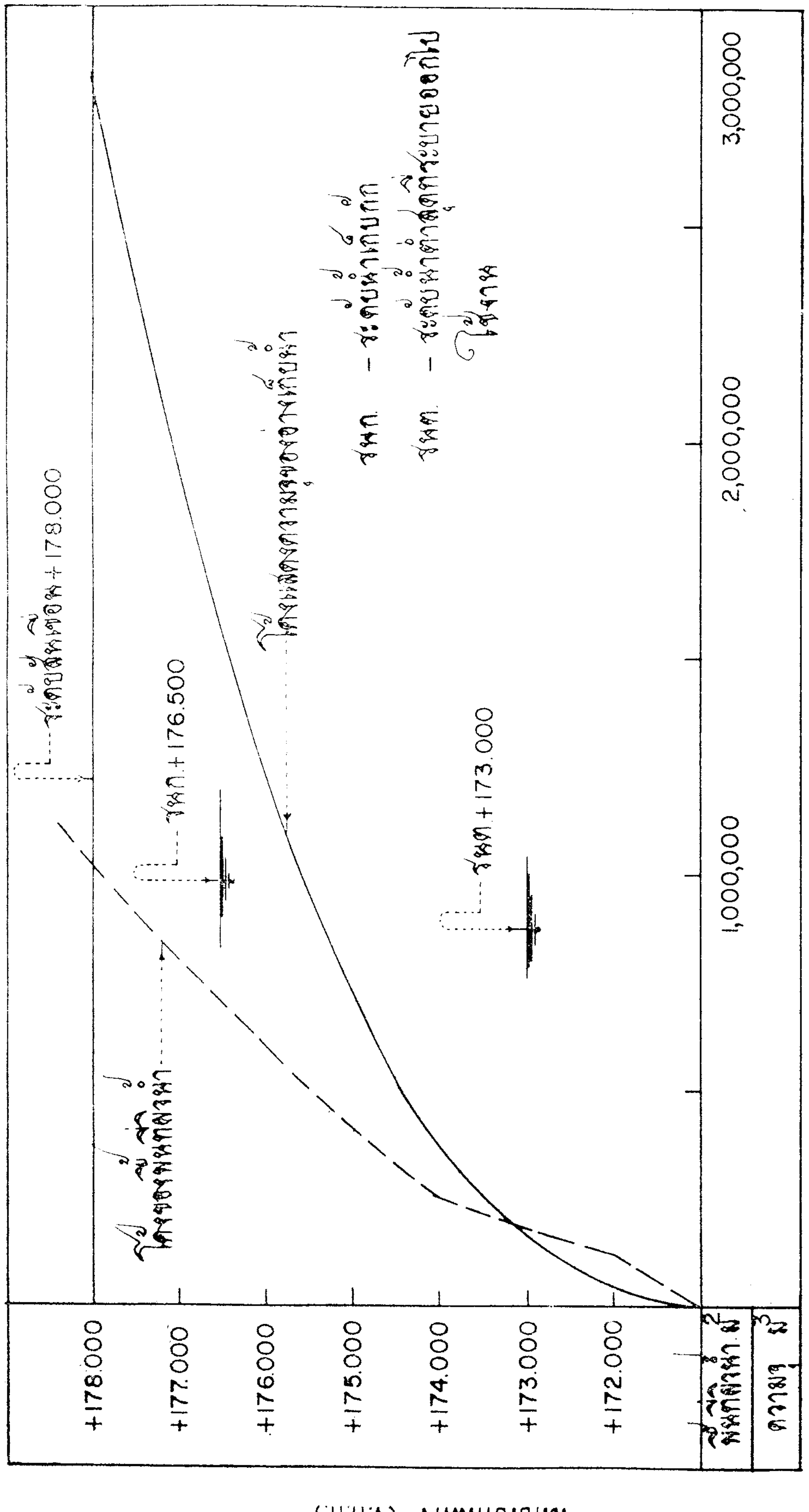
5. ปริมาตรของอ่างเก็บน้ำ ตั้งแต่ท้องลำน้ำถึงเส้นแสดงระดับความสูงของดินระดับต่าง ๆ จะเท่ากับผลรวมสะสมของปริมาตรระหว่างเส้นแสดงระดับความสูงที่ต่างกันหนึ่งเมตร จากระดับท้องน้ำจนถึงเส้นแสดงระดับความสูงนั้น

6. พล๊อตเส้นโค้งความจุของอ่างเก็บน้ำ ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูงต่าง ๆ กับปริมาตรของอ่างเก็บน้ำที่คำนวณได้จากข้อ 5. แสดงในรูปที่ 7.1

7. เมื่อทราบจำนวนน้ำที่ต้องการเก็บกักแล้ว ลากเส้นตรงขึ้นไปตัดเส้นโค้งความจุของอ่างเก็บน้ำ ซึ่งจะทราบได้ทันทีว่าควรเก็บน้ำไว้ที่ระดับความสูงเท่าใด จึงจะเก็บกักน้ำได้ตามปริมาณที่ต้องการ

7.2 ที่สร้างเขื่อนและอาคารประกอบ หลังจากที่ได้เลือกบริเวณที่สร้างเขื่อนพร้อมกับจัดทำแผนที่รายละเอียดภูมิประเทศสำหรับใช้ในการออกแบบเรียบร้อยแล้ว ควรกำหนดที่สร้างเขื่อนและอาคารประกอบโดยวิธีต่อไปนี้.-

1. กำหนดแนวศูนย์กลางเขื่อนที่ต้องการ ให้เหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศลงในแผนที่



รูปที่ 7.1 โค้งแสดงพื้นที่ผิวน้ำและความจุของอ่างเก็บน้ำ

2. แนวศูนย์กลางเขื่อนควรจะเป็นแนวที่สั้นที่สุดระหว่างเนินปลายเขื่อนทั้งสองฝั่ง ซึ่งอาจจะเป็นแนวตรงหรือโค้งก็ได้ แต่ควรให้เหมาะสมกับระดับความสูงของดินที่บริเวณฐานเขื่อน

3. กำหนดที่ตั้งอาคารระบายน้ำล้นที่บริเวณปลายเขื่อนด้านใดด้านหนึ่ง หรือที่บริเวณใดก็ได้ แต่ควรให้มีความเหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศ ขนาด และลักษณะของอาคารนั้น

4. กำหนดที่ตั้งอาคารท่อระบายน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำ ซึ่งควรจะสร้างอยู่บนฐานรากที่แน่นและมั่นคงแข็งแรง โดยมีระดับธรณีปากทางน้ำเข้าเหนือระดับที่ต้องการให้ตกตะกอน ท่อระบายน้ำนี้อาจจะสร้างไว้เพียงแห่งเดียวหรือทั้งสองฝั่ง โดยขึ้นอยู่กับพื้นที่เพาะปลูกที่ต้องการน้ำด้านท้ายเขื่อนจะมีอยู่อย่างไร

7.3 **ฐานราก** ฐานรากของเขื่อนดินที่กำลังจะกล่าวถึงในที่นี้ จะรวมทั้งบริเวณที่เป็นท้องลำน้ำ ตลิ่งสองฝั่งลำน้ำและลาดเนินขึ้นไปจนถึงปลายเขื่อนสองข้างนั้น ฐานรากของเขื่อนดินมีความสำคัญมาก ซึ่งจะต้องมีความมั่นคงแข็งแรงในการรองรับตัวเขื่อนให้อยู่ได้ตลอดไป ต้องไม่เกิดน้ำรั่วซึมลอดใต้เขื่อนจนทำให้ตัวเขื่อนได้รับอันตรายและสูญเสียน้ำไปจากอ่างเก็บน้ำจำนวนมาก ดังนั้นการออกแบบเกี่ยวกับฐานรากจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องดำเนินการอย่างรอบคอบให้เหมาะสมกับชนิดของดิน หรือลักษณะของฐานรากประเภทต่าง ๆ ดังที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 5 นั้น เป็นแห่ง ๆ ไป

ดินฐานรากมักจะมีกำเนิดมาต่างกัน แต่โดยส่วนใหญ่แล้วจะเกิดจากการทับถมของตะกอนที่ถูกน้ำพัดพามาเป็นชั้น ๆ และมีโครงสร้างเปลี่ยนแปลงไปตามชนิดของวัสดุที่ตกตะกอนนั้น ฐานรากบางแห่งอาจจะประกอบด้วยชั้นดินเหนียว ตะกอนทรายละเอียด ทรายและกรวดสลับซับซ้อนด้วยความหนาที่ไม่แน่นอนตลอดทั้งแนวเขื่อน การเจาะสำรวจด้วยหลุมเจาะเล็ก ๆ เป็นระยะ ๆ ตามแนวเขื่อน จะสามารถทราบถึงคุณสมบัติของดินฐานรากได้อย่างละเอียด ซึ่งหมายถึงว่าการออกแบบก็จะดำเนินไปได้อย่างถูกต้อง และเหมาะสมกับสภาพดินที่เป็นอยู่ตามธรรมชาตินั้นด้วย

งานที่เกี่ยวกับฐานรากเขื่อนจึงมีรูปแบบและวิธีการมากน้อยต่างกันไปตามความจำเป็นและให้สอดคล้องกับประเภทของฐานรากในแต่ละท้องที่เป็นสำคัญ เช่น ถ้าหากดินฐานรากมีความทึบน้ำดี และทับถมไว้แน่นตลอดแนวเขื่อนแล้ว งานฐานรากก็เพียงแต่ถากลอกหน้าดินที่มีรากไม้

ตอไม้ และอินทรีย์วัตถุออกไปจนหมดเท่านั้น แล้วทำการถมดินบดอัดแน่นที่เป็นตัวเขื่อนได้ทันที หรือบางแห่งที่มีดินปนทรายทับถมกันแน่นบนชั้นดินเหนียวซึ่งอยู่ลึกลงไปไม่มากนัก ก็มักจะนิยมสร้างร่องแกนจากตัวเขื่อนลงไปจนถึงชั้นดินทึบน้ำด้านล่าง นอกจากนี้เขื่อนบางแห่งอาจจะต้องทำงานที่ฐานรากหลายอย่างผสมกัน เช่นบริเวณลำน้ำเป็นชั้นทรายหนามากและที่ลาดเนินมีดินทึบน้ำอยู่ไม่ลึกนัก การออกแบบฐานรากของเขื่อนแห่งนั้นจึงต้องพิจารณาจัดทำร่วมกันหลายลักษณะให้เหมาะสม

7.3.1 **ฐานรากเป็นหิน** การออกแบบฐานรากที่เป็นหินโดยทั่วไป จะต้องป้องกันไม่ให้น้ำรั่วซึมออกตามรอยแตกของหิน ด้วยการอัดฉีดน้ำปูนซีเมนต์ด้วยความดันเท่ากับความสูงของน้ำที่จะเก็บกัก ให้เข้าไปแทรกในช่องว่างจนเต็มแน่นตลอดแนวเขื่อน เพื่อให้เป็นม่านทึบที่จะสกัดกั้นน้ำไม่ให้ไหลผ่านออกไป สำหรับเขื่อนดินขนาดความสูงไม่มากการอัดฉีดน้ำปูนจะนิยมวิธีเจาะหลุมขนาดเล็กให้ห่างกันเป็นระยะ ๆ ลึกประมาณ $\frac{2}{3}$ ของความลึกของน้ำที่จะเก็บกัก สำหรับอัดฉีดน้ำปูนเพียงแถวเดียวตลอดแนวศูนย์กลางเขื่อน แล้วใช้น้ำผสมผงปูนซีเมนต์ละเอียดด้วยอัตราส่วนของผงซีเมนต์ต่อน้ำประมาณ 1 : 5 โดยน้ำหนักในครั้งแรก ถ้าหากสามารถอัดฉีดเข้าไปได้จำนวนมากโดยหลุมนั้นยังไม่อุดตัน ก็จะเพิ่มส่วนผสมให้เข้มข้นมากขึ้นทีละน้อยเป็นลำดับจนได้อัตราส่วน 1 : 1 แล้วอัดฉีดน้ำปูนในอัตราส่วนนี้เข้าไปจนกว่าจะอุดตัน หลังจากอัดฉีดลงในหลุมที่เจาะห่างกันระยะแรก เช่นประมาณ 6 เมตรแล้ว จะต้องทำการเจาะหลุมระหว่างกลางเพื่ออัดฉีดน้ำปูนลงไปอีก จนแน่ใจว่าหินฐานรากนั้นจะเป็นม่านทึบน้ำได้ตามที่ต้องการ หรือถ้าหากรอยแตกหินมีขนาดใหญ่มาก ก็อาจจะพิจารณาผสมทรายกับดินเหนียวเข้าไปด้วยตามความเหมาะสม

นอกจากฐานรากที่เป็นหินล้วน ๆ ดังกล่าวข้างต้นแล้ว บางแห่งอาจจะเป็นหินก้อนขนาดต่าง ๆ จมอยู่ในดินทรายหรือดินเหนียว ซึ่งการปรับปรุงฐานรากอาจจะไม่ต้องการงานอัดฉีดน้ำปูน เพียงแต่ขุดเซาะดินทรายระหว่างก้อนหินออกจนถึงชั้นดินทึบน้ำ แล้วตกแต่งหินก้อนที่โผล่พ้นดินทึบน้ำให้มีลาดที่จะสามารถถมดินอัดแน่นลงไปในร่องรอบหินได้อย่างสะดวกและประณีตที่สุดเท่านั้น

7.3.2 ฐานรากเป็นดินทราย เขื่อนเก็บกักน้ำเมื่อสร้างบนฐานรากที่เป็นดินทรายมักจะเกิดปัญหาสำคัญ 2 ประการคือ จำนวนน้ำที่รั่วซึมไปจากอ่างเก็บน้ำอาจทำให้มีน้ำเหลืออยู่ไม่พอใช้งาน และการไหลของน้ำผ่านชั้นทรายอาจจะเกิดการกัดเซาะเม็ดดินบริเวณที่น้ำไหลออกทางด้านท้ายเขื่อนหลุดลอยไป แล้วทำให้เกิดรูโพรงจนเป็นอันตรายแก่ตัวเขื่อน

ก. จำนวนน้ำที่รั่วซึมผ่านฐานราก การปรับปรุงฐานรากเพื่อป้องกันการรั่วซึมนั้นสมควรจะดำเนินการด้วยวิธีใดหรือไม่ ควรจะได้มีการพิจารณาถึงวัตถุประสงค์ของการก่อสร้างเขื่อน จำนวนน้ำที่ไหลลงมาให้เก็บกักไว้ซึ่งจะมีอยู่มากน้อยเพียงไร และความต้องการน้ำใช้งานเสียก่อน ซึ่งโดยทั่วไปแล้วน้ำที่รั่วหายไปจากอ่างเก็บน้ำทั้งหมดนั้น จะทำให้สูญเสียประโยชน์ไปบ้าง และถ้าหากได้มีการเปรียบเทียบค่าก่อสร้างในการปรับปรุงฐานรากกับประโยชน์ที่คาดว่าจะลดลง เนื่องจากน้ำในอ่างรั่วหายไปอีกด้วยแล้ว ก็จะทำให้เลือกวิธีการออกแบบได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมยิ่งขึ้น

จำนวนน้ำที่รั่วซึมผ่านฐานราก จะสามารถประมาณได้จากการคำนวณโดยใช้สูตรของดาร์ซี (Darcy formula)

$$Q = kiA \quad \text{..} \quad (1)$$

เมื่อ Q = จำนวนน้ำไหลผ่านดินต่อหน่วยเวลา, ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที หรือลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที

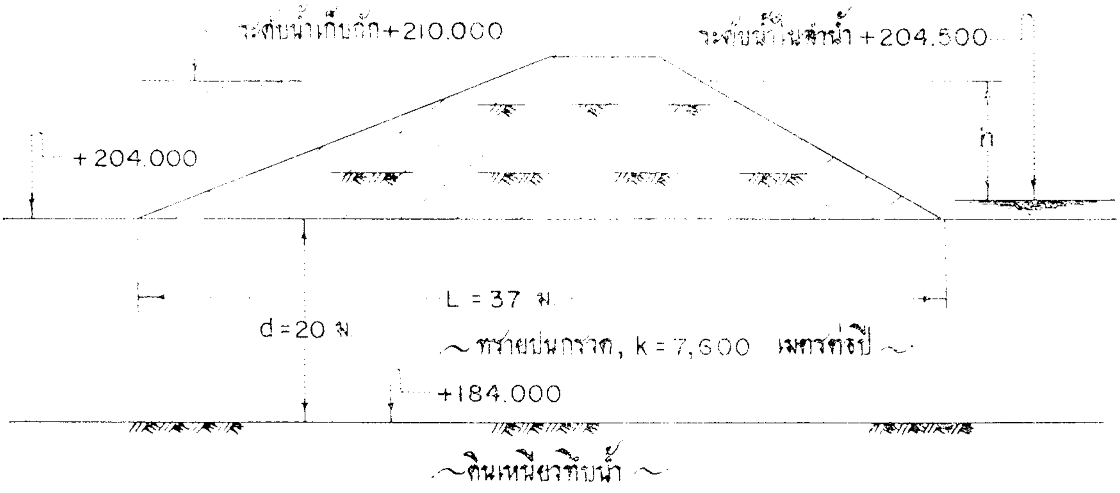
k = สัมประสิทธิ์ของดิน ในการยอมให้น้ำผ่านได้มากหรือง่ายเพียงไร เท่ากับจำนวนน้ำไหลต่อหน่วยเวลาผ่านพื้นที่หน้าตัดดิน 1 หน่วย (1 ตารางเมตร หรือ 1 ตารางฟุต) เมื่อลาดชลศาสตร์ (i) เท่ากับหนึ่ง

ค่าของ “k” จะเปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะดิน ซึ่งจะมีค่ามากหรือน้อยแปรผันเป็นสัดส่วนกับขนาดและส่วนผสมของเม็ดดินขนาดต่าง ๆ จำนวนตะกอนละเอียดและดินเหนียว ตลอดจนความแน่นของดินนั้น, เมตรต่อวินาที หรือฟุตต่อวินาที

i = ลาดชลศาสตร์ $(= h/L)$, ไม่มีหน่วย

$$= \frac{\text{ความสูงของผิวน้ำที่เก็บกักได้ทางด้านเหนือเขื่อนเหนือระดับน้ำด้านท้ายเขื่อน}}{\text{ระยะทางตามแนวน้ำไหลจากขอบฐานเขื่อนด้านเหนือน้ำไปถึงด้านท้ายน้ำ}}$$

A = พื้นที่หน้าตัดที่ตั้งฉากกับแนวทางไหลผ่านของน้ำ, ตารางเมตรหรือตารางฟุต



รูปที่ 7.2 การคำนวณจำนวนน้ำที่จะรั่วซึมผ่านฐากรากของเขื่อนดินโดยสูตรของดาร์ซี

จากรูปที่ 7.2 จะสามารถคำนวณหาจำนวนน้ำรั่วซึมลอดใต้เขื่อนดินได้โดยประมาณดังนี้.–

$$k = 7{,}600 \text{ เมตรต่อปี}$$

$$= \frac{7{,}600}{60 \times 60 \times 24 \times 365}$$

$$= 0.00024 \text{ เมตรต่อวินาที}$$

$$h = \text{ระดับ} +210.000 - \text{ระดับ} +204.500$$

$$= 5.5 \text{ เมตร}$$

$$i = \frac{h}{L}$$

$$= \frac{5.5}{37}$$

$$= 0.149$$

ความลึกของฐานรากส่วนที่เป็นทรายปนกรวด

$$d = \text{ระดับ} +204.000 - \text{ระดับ} +184.000$$

$$= 20 \text{ เมตร}$$

สำหรับความยาวของเขื่อนหนึ่งเมตร $A = 20 \times 1 = 20$ ตารางเมตร ดังนั้น Q ที่ผ่านฐานรากต่อเขื่อนยาวหนึ่งเมตร $= 0.00024 \times 0.149 \times 20 = 0.00072$ ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

ถ้าหากเขื่อนยาว 300 เมตร Q ที่ไหลผ่านฐานรากทั้งหมด = 0.215 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที หรือประมาณ 772 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

[๑]ตารางที่ 7.1 ค่า "k" เฉลี่ยของดินชนิดต่าง ๆ

สัญญลักษณ์ของดิน	k เมตรต่อปี	
GW	8,200 ± 4,000	
GP	19,500 ± 10,400	
GM	> 0.09	
GC	> 0.09	
SW	–	๒
SP	> 4.57	
SM	2.29 ± 1.46	
SM–SC	0.24 ± 0.18	
SC	0.09 ± 0.06	
ML	0.18 ± 0.07	
ML–CL	0.04 ± 0.02	
CL	0.02 ± 0.01	
OL	–	๒
MH	0.05 ± 0.03	
CH	0.02 ± 0.02	
OH	–	๒

๑. จาก "Design of Small Dams"

๒. ไม่มีข้อมูลเพียงพอ

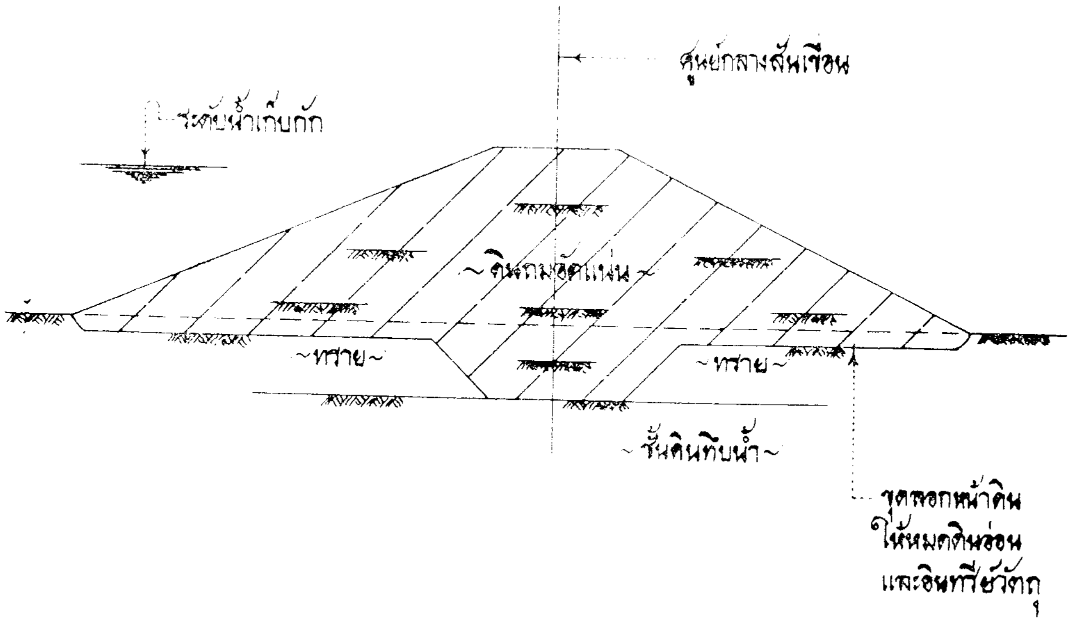
การคำนวณหาจำนวนน้ำที่รั่วซึมลอดใต้เขื่อนดังกล่าวข้างต้นนี้ จะได้ผลใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากเท่าใดนั้น ย่อมขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์ "k" ของดินที่เลือกใช้ในการคำนวณเป็นสำคัญ ซึ่งค่า "k" เฉลี่ยของดินชนิดต่าง ๆ ได้รวบรวมไว้ในตารางที่ 7.1 และผลของการคำนวณก็ควรจะใช้ประกอบเป็นแนวทางการพิจารณาว่า น้ำจะรั่วหายลอดใต้เขื่อนไปได้อยู่ในเกณฑ์มากหรือน้อยโดยประมาณเท่านั้น

ข. การกัดเซาะดินบริเวณท้ายเขื่อนเนื่องจากน้ำไหลผ่านฐานราก ปรากฏการณ์เช่นนี้อาจเกิดขึ้นได้ในเมื่อมีน้ำไหลผ่านฐานรากประเภททรายและกรวด ซึ่งบริเวณพื้นดินธรรมชาติท้ายเขื่อนที่น้ำไหลออก เม็ดทรายและตะกอนต่าง ๆ จะถูกพัดพาให้หลุดลอยตามน้ำ จนกลายเป็นหลุมใหญ่และลึกมากขึ้นทุกที เป็นเหตุให้น้ำไหลออกมาคล้าย ๆ กับน้ำที่ไหลในท่อและทำให้เขื่อนพังลงได้ในที่สุด

การกัดเซาะที่เกิดขึ้นลักษณะนี้ เนื่องมาจากขณะที่น้ำไหลผ่านฐานรากที่โปร่งพรุนเช่นทรายนั้น จะเกิดแรงประเภทหนึ่งผลักดันให้น้ำไหลไประหว่างช่องว่างเล็ก ๆ ในดิน โดยมีแรงที่เกิดจากความฝืดระหว่างน้ำกับผนังเม็ดดินเล็ก ๆ คอยต้านทานไว้ แรงชนิดนี้เป็นแรงที่เกิดขึ้นและกระทำกับเม็ดดินตามทิศทางที่น้ำไหล ซึ่งจะมีค่าของแรงมากหรือน้อยสัมพันธ์อยู่กับแรงต้านทานที่เกิดจากการเสียดสีของน้ำที่ไหลผ่านช่องว่างเล็ก ๆ ในดินนั้น เช่นเดียวกับน้ำที่ไหลในท่อจะเกิดแรงจากการเสียดสีระหว่างน้ำกับผนังท่อที่จะต้านทานการไหลไว้ แต่น้ำก็ไหลผ่านไปในท่อได้เนื่องจากมีแรงผลักดันตามแนวน้ำไหลที่เกิดขึ้นภายในท่อนั่นเอง ครั้นเมื่อน้ำไหลออกจากผิวดินที่บริเวณท้ายเขื่อนในแนวดิ่งแรงผลักดันจะพยายามยกเม็ดดินขึ้นไปด้วย โดยไม่มีแรงอื่นต้านไว้นอกจากน้ำหนักของเม็ดดินและแรงยึดเกาะกันระหว่างเม็ดดินเท่านั้น หากเม็ดดินไม่มีน้ำหนักพอและเกาะยึดกันได้ไม่เหนียวแน่น ก็จะถูกแรงดังกล่าวนี้พัดให้หลุดตามน้ำไป เหมือนกับตะกอนทรายที่หลุดตามน้ำของน้ำพุหรือบ่อทรายเดือดที่เกิดขึ้นตามธรรมชาตินั่นเอง เมื่อเม็ดดินถูกพัดพาออกไปมากขึ้น ๆ จนกลายเป็นหลุมใหญ่และลึกเข้าไปใต้เขื่อนแล้ว เขื่อนแห่งนั้นก็จะพังทลายลง

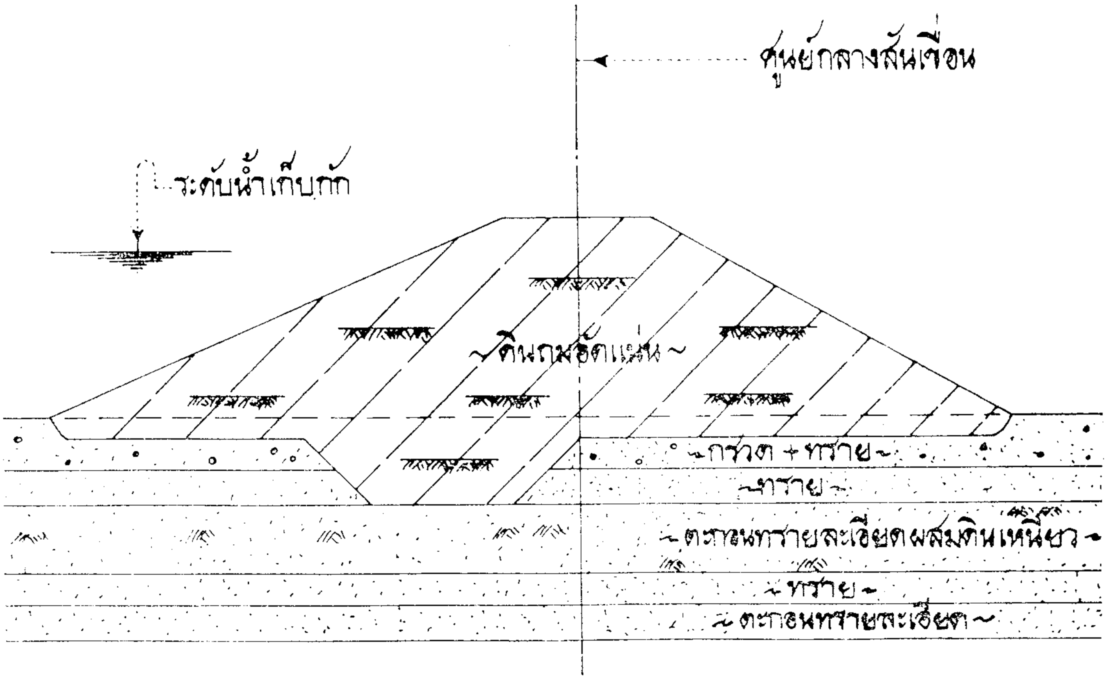
ค. วิธีการแก้ไขและปรับปรุงฐานรากที่เป็นทราย การแก้ไขและปรับปรุงฐานรากของเขื่อนดินที่เป็นทรายเพื่อป้องกันการรั่วซึมมีอยู่หลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีควรมีการพิจารณาว่าจะสามารถป้องกันได้ผลมากน้อยอย่างไร และจะเสียค่าใช้จ่ายเท่าไร ให้เหมาะสมกับสภาพฐานรากของเขื่อนแต่ละแห่ง ดังต่อไปนี้.-

1) การสร้างร่องแกนเขื่อนถึงชั้นดินทึบน้ำ การป้องกันน้ำรั่วซึมผ่านชั้นดินทรายที่ได้ผลมากที่สุดนั้น ควรจะสร้างร่องแกนที่ถมด้วยดินทึบน้ำเช่นเดียวกับตัวเขื่อนให้หยั่งลึกลงไปจนถึงชั้นดินทึบน้ำด้านล่าง สำหรับกรณีที่ชั้นดินทึบน้ำดังกล่าวอยู่ไม่ลึกจากผิวดินมากเกินไปจนต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง โดยปกติแล้วงานเขื่อนดินที่มีความสูงไม่มากเช่นนี้ การก่อสร้างร่องแกนไม่ควรจะลึกเกินกว่า 3 - 4 เมตร จึงจะมีความเหมาะสมและประหยัด



รูปที่ 7.3 ร่องแกนเขื่อนถึงชั้นดินทึบน้ำ เมื่อฐานรากของเขื่อนเป็นทรายที่มีความหนาไม่มากนัก

2) การสร้างร่องแกนเขื่อนลึกลงไประดับหนึ่ง ในกรณีที่ฐานรากประเภทน้ำรั่วซึมได้ง่ายมีความหนามากจนไม่สามารถทำการก่อสร้างตามวิธีในข้อ 1) ได้ เพราะไม่ประหยัดและมีความยุ่งยากต่อการก่อสร้าง อาจจะสร้างร่องแกนเขื่อนให้ลึกลงไปถึงชั้นดินที่มีความทึบน้ำมากกว่าดินที่ทับอยู่ด้านบนและมีแทรกเป็นชั้นอยู่ในฐานรากที่เป็นทราย การสร้างร่องแกนลักษณะนี้จะสามารถป้องกันการรั่วซึมของน้ำได้เป็นอย่างดี ถ้าหากว่าชั้นดินที่มีความทึบน้ำมากกว่าชั้นทรายที่ทับอยู่ด้านบนนั้น มีความหนาเหมาะสมที่จะป้องกันแรงและจำนวนน้ำรั่วซึมในชั้นทรายที่อยู่ด้านล่างได้



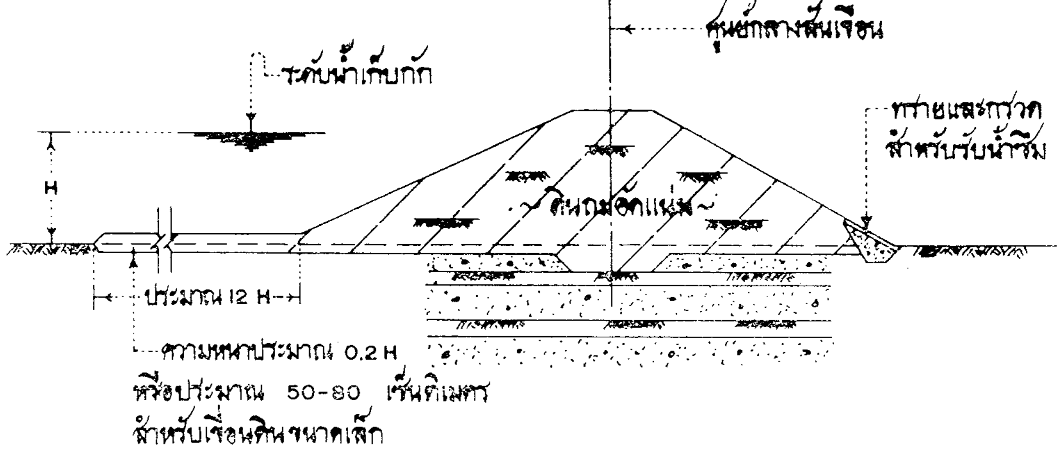
รูปที่ 7.4 ร่องแกนถึงชั้นดินที่มีความทึบน้ำมากกว่าดินที่ทับอยู่ด้านบน

3) การสร้างแผ่นชั้นดินทึบน้ำต่อจากตัวเขื่อนเข้าไปในอ่างเก็บน้ำ แผ่นชั้นดินดังกล่าวจะเพิ่มระยะทางเดินของน้ำที่ไหลผ่านชั้นดินทรายใต้เขื่อนให้มีความยาวมากขึ้น แผ่นชั้นดินทึบน้ำจะก่อสร้างด้วยการบดทับให้แน่นเป็นผืนเชื่อมกับดินทึบน้ำของตัวเขื่อนยื่นเข้าไปในอ่างเก็บน้ำ จนมีความยาวพอที่จะลดจำนวนน้ำรั่วซึมให้น้อยลงตามที่ต้องการ (การคำนวณในข้อ ก.)

การปรับปรุงฐานรากด้วยวิธีเช่นนี้ จะเลือกใช้ในโอกาสที่ไม่สามารถสร้างร่องแกนเขื่อนให้ลึกลงไปถึงชั้นดินทึบน้ำด้านล่างได้เพราะมีความลึกมาก หรืออาจจะสร้างร่วมกับร่องแกนที่ขุดลงไปได้ระดับหนึ่งนั้นด้วย

ความหนาของแผ่นชั้นดินทึบน้ำสำหรับเขื่อนดินที่มีความสูงไม่มากควรจะมีความหนาประมาณ 50–80 เซ็นติเมตร และสร้างด้วยดินที่น้ำรั่วซึมผ่านได้ยากเช่นเดียวกับดินถมตัวเขื่อน โดยจะต้องบดให้แน่นที่สุดด้วยเช่นกัน

ในการลดแรงซึ่งเกิดขึ้นตามแนวน้ำไหล เพื่อไม่ให้เกิดการกัดเซาะเม็ดดินบริเวณท้ายเขื่อนขณะที่น้ำไหลออกดังได้กล่าวไว้ในข้อ ข. นั้น อาจจะไม่ได้ผลแน่นอนนัก ทั้งนี้เพราะฐานรากที่น้ำรั่วซึมได้ง่ายมักจะประกอบด้วยดินที่มีการรั่วซึมได้ง่ายมากน้อยต่างกันทับถมสลับกันไป จะทำให้ทรายและกรวดชั้นล่าง ๆ ใต้ชั้นดินที่น้ำรั่วซึมได้ยาก มีแรงดันน้ำเพราะการเก็บกักน้ำไว้ในอ่าง ซึ่งน้ำจะพยายามไหลซึมขึ้นในแนวดิ่งที่บริเวณท้ายเขื่อนจนเกิดเป็นน้ำพุแล้วพัดพาเม็ดดินหลุดออกไป ดังนั้นจึงควรพิจารณาออกแบบระบบการลดแรงดันน้ำที่อาจซึมออกทางด้านท้ายเขื่อนเพิ่มเติมอีก ด้วยการสร้างแผ่นหรือแท่งทรายปนกรวด เพื่อดักน้ำที่ไหลซึมออกมาและป้องกันดินฐานเขื่อนให้คงอยู่ในสภาพเดิมโดยไม่เคลื่อนที่หายไปอีกด้วย



รูปที่ 7.5 แผ่นชั้นดินทึบน้ำ ต่อจากตัวเขื่อนเข้าไปในอ่างเก็บน้ำ

7.4 **ขนาดและรูปร่างของเขื่อนดิน** ก่อนที่จะเริ่มงานออกแบบ ขนาด ลักษณะและรูปร่างของเขื่อนดิน ควรจะมีการศึกษาข้อมูลบางอย่างที่เกี่ยวข้องให้ละเอียดถี่ถ้วนเสียก่อน ซึ่งได้แก่

1. ดินที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการถมตัวเขื่อนนั้นส่วนใหญ่เป็นดินลักษณะใด และจะมีปริมาณมากเพียงพอหรือไม่

2. ให้ศึกษาดินฐานรากว่ามีความแน่นมากพอที่จะรับน้ำหนักของตัวเขื่อน โดยมีการยุบตัวน้อยที่สุดหรือไม่ และน้ำที่เก็บกักไว้จะซึมผ่านไปได้ยากหรือง่ายเพียงใด เพื่อจะได้ทำการออกแบบฐานรากและตัวเขื่อนได้อย่างถูกต้อง

3. การก่อสร้างตัวเขื่อนจะใช้เครื่องจักรหรือทำการก่อสร้างด้วยแรงคน เพราะขนาดของเขื่อนบางส่วนจะต้องกำหนดให้เหมาะสมกับเครื่องมือที่จะใช้ในการก่อสร้างด้วย

4. ค่าใช้จ่ายในการขุด ขน และบดทับแน่นดินด้วยเครื่องจักรหรือแรงคน

5. สภาพดินฟ้าอากาศของท้องถิ่นจะมีช่วงฤดูแล้งและฤดูฝนนานกี่เดือน เพื่อจะได้ทราบจำนวนวันที่จะสามารถทำงานได้เต็มที่

โดยหลักการทั่วไป ขนาด ลักษณะ และรูปร่างของเขื่อนดินขนาดเล็ก ควรจะต้องออกแบบให้มีความมั่นคงแข็งแรงเช่นเดียวกับเขื่อนขนาดกลางและขนาดใหญ่ ซึ่งควรจะยึดตามหลักเกณฑ์และรายละเอียดดังนี้.-

1. น้ำในอ่างเก็บน้ำจะต้องไม่มีโอกาสเอ่อท้นสูงจนล้นข้ามสันเขื่อนได้ จึงต้องออกแบบอาคารระบายน้ำล้นให้มีขนาดสามารถระบายน้ำที่คาดว่าจะไหลลงอ่างเก็บน้ำมากที่สุดได้ และระดับน้ำในอ่างจะไม่สูงเกินไปกว่าระดับที่กำหนดไว้ด้วย

2. ระดับสันเขื่อนดินขนาดเล็ก ควรจะสูงเหนือระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำที่คาดว่าจะเอ่อท้นสูงในขณะที่มีน้ำจำนวนมากไหลผ่านอาคารระบายน้ำล้นไม่น้อยกว่าหนึ่งเมตร เพื่อป้องกันการสาดซัดของคลื่นที่บริเวณสันเขื่อน หรืออาจจะกำหนดได้ตามเกณฑ์ดังนี้

ความยาวของผิวน้ำจากที่ตั้งเขื่อนขึ้นไป กิโลเมตร	ระดับสันเขื่อนเหนือระดับน้ำสูงสุด เมตร
1.00	1.00
1.50	1.20
4.00	1.50
8.00	1.80

สมมติว่าระดับน้ำเก็บกักเท่ากับ + 176.500 เมตร (ร.ท.ก.) เมื่อมีน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้นมากที่สุด ระดับน้ำในอ่างจะขึ้นสูงถึงระดับ + 177.000 เมตร (ร.ท.ก.) มีความยาวของผิวน้ำจากที่ตั้งเขื่อนขึ้นไปประมาณ 1.00 กิโลเมตร ระดับสันเขื่อนควรมีระดับ + 178.000 เมตร (ร.ท.ก.) จึงจะเหมาะสม

3. นอกเหนือจากระดับสันเขื่อนดินที่ได้กำหนดตามข้อ 2 แล้ว ควรจะเพิ่มขนาดความสูงของตัวเขื่อนไว้เผื่อการทรุดตัวของฐานรากและตัวเขื่อนอีกประมาณ 1 เปอร์เซนต์ของความสูงเขื่อนเป็นอย่างน้อย

4. ความกว้างของสันเขื่อนดินขนาดเล็กที่ก่อสร้างด้วยเครื่องจักร ควรจะมีความสะดวกในการทำงานที่บริเวณสันเขื่อน ซึ่งไม่ควรจะน้อยกว่า 4.00 เมตร และไม่มากเกินกว่า 6.00 เมตร

ส่วนเขื่อนดินขนาดเล็กที่ทำการก่อสร้างด้วยแรงคน และไม่ต้องการใช้สันเขื่อนเป็นทางรถข้าม จะลดขนาดความกว้างให้เหลือเพียง 2.50 เมตรก็ได้ เพื่อลดปริมาณดินถมตัวเขื่อน

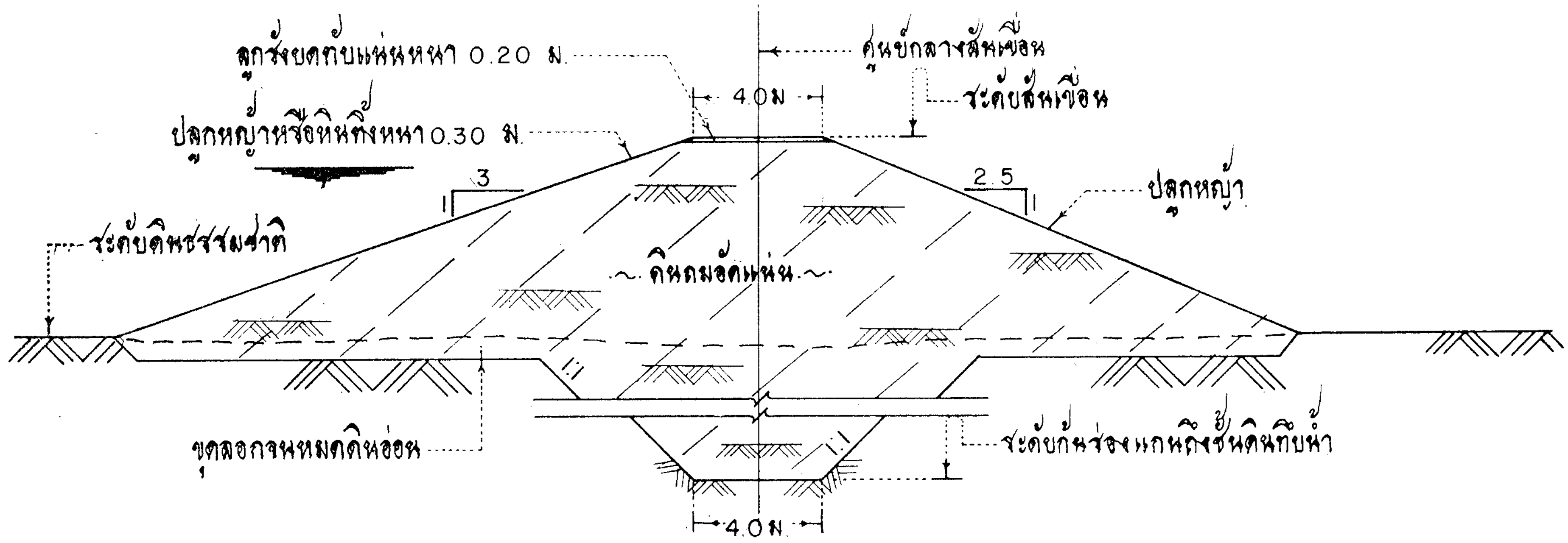
5. ลาดเขื่อนด้านเหนือน้ำและด้านท้ายน้ำโดยทั่วไป จะต้องกำหนดให้มีความลาดเทที่พอเหมาะที่ลาดของเขื่อนจะมีความมั่นคงแข็งแรงอยู่ได้ตลอดเวลา โดยไม่มีการเลื่อนทลายลงทั้งในระหว่างการก่อสร้าง ในขณะที่มีการเก็บกักน้ำไว้สูงเต็มที่ และในเวลาที่น้ำในอ่างเก็บน้ำลดระดับลงไปอย่างรวดเร็ว

ลาดด้านเหนือน้ำของเขื่อนดินขนาดเล็กที่จะมีความมั่นคงแข็งแรงมากที่สุดนั้น ควรจะมีความลาดเทในอัตราส่วน ตั้ง : ราบ เท่ากับ 1 : 3 และตั้ง : ราบ เท่ากับ 1 : 2.5 สำหรับลาดเขื่อนด้านท้ายน้ำ

6. ในกรณีที่ไม่สามารถสร้างเขื่อนด้วยดินที่มีความทึบน้ำดีได้ตลอดทั้งตัวเขื่อน ให้จัดแบ่งการถมดินตัวเขื่อนออกเป็น 3 โซน โดยกำหนดให้ถมดินที่มีคุณสมบัติให้น้ำซึมผ่านได้ยาก (ดินประเภท GC, SC และ CL เป็นต้น) ไว้ในโซนกลาง ส่วนอีก 2 โซนทางด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำ อนุโลมให้ใช้ดินประเภทที่น้ำซึมผ่านได้ปานกลาง (ดินประเภท SM และ ML) ซึ่งมักจะหาได้ง่ายใกล้กับบริเวณก่อสร้าง

โซนกลางที่จะถมด้วยดินที่น้ำซึมผ่านได้ยากนั้น ควรจะกำหนดให้มีขนาดความกว้างที่สันเขื่อนเท่ากับความกว้างของสันเขื่อนเลย แล้วจัดให้มีลาดทั้งสองด้านลงมาจนถึงฐานเขื่อนในอัตราส่วนตั้ง : ราบ เท่ากับ 1 : 1 เป็นอย่างน้อย

7. ร่องแกนเขื่อนที่จะก่อสร้างให้ลึกลงไปจนถึงชั้นดินทึบน้ำด้านล่างนั้น ควรกำหนดให้ก้นของร่องแกนมีขนาดความกว้างไม่น้อยกว่า 4.00 เมตร สำหรับงานที่จะก่อสร้างด้วยเครื่องจักร และให้ลดขนาดความกว้างเหลือเพียง 2.50 เมตร สำหรับงานที่จะก่อสร้างด้วยแรงคน



รูปที่ 7.6 รูปตัดมาตรฐานของเขื่อนดินขนาดเล็ก

ศูนย์กลางความกว้างของก้นร่องแกน ให้กำหนดอยู่ในแนวเดียวกับศูนย์กลางของสันเขื่อนหรือเลื่อนเข้าไปทางด้านเหนือน้ำเล็กน้อย

ส่วนลาดของร่องแกนที่จะขุดลงไปในดินฐานราก ควรจัดให้มีลาดขึ้นไปถึงฐานเขื่อนมีอัตราส่วน ตั้ง : ราบ ไม่ชันกว่า 1 : 1

8. การป้องกันลาดเขื่อนด้านอ่างเก็บน้ำไม่ให้ถูกคลื่นกัดเซาะจนเสียหาย อาจจะเลือกใช้วิธีใดวิธีหนึ่งที่เหมาะสมดังนี้.-

การป้องกันลาดเขื่อนที่จะเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด ได้แก่การปลูกหญ้าโดยตลอดลาดเขื่อนให้ขึ้นงอกงามเต็มที่ก่อนที่จะมีการเก็บกักน้ำ และถึงแม้ว่าหลังจากที่น้ำในอ่างมีระดับสูงแล้วท่วมหญ้าที่ปลูกไว้ตาย แต่รากของหญ้าที่ยึดเกาะดินไว้แน่นแล้วจะช่วยยึดดินไว้ได้บ้าง ซึ่งพอระดับน้ำในอ่างลดหญ้าก็อาจจะงอกขึ้นมาใหม่ตามเดิม และบริเวณใดที่ถูกน้ำกัดเซาะไปบ้างก็สามารถซ่อมแซม แล้วปลูกหญ้าเพิ่มเติมให้มีสภาพดีตามเดิมต่อไปได้

อีกวิธีหนึ่ง ได้แก่การปูทับลาดเขื่อนที่ตกแต่งจนเรียบร้อยแล้วด้วยหินขนาดต่าง ๆ ที่เคล้าคละกัน โดยมีหินขนาดใหญ่ที่สุดไม่เกินกว่า 20 เซ็นติเมตร ให้มีความหนาประมาณ 30 เซ็นติเมตร บนชั้นทรายและกรวด (หรือหินย่อย) หนาประมาณ 15 เซ็นติเมตรที่รองพื้นอยู่ด้านล่าง การปูลาดเขื่อนด้วยหินเพื่อป้องกันการกัดเซาะนี้ถึงแม้ว่าจะเสียค่าใช้จ่ายแพงกว่าการปลูกหญ้ามาก แต่ก็สามารถป้องกันรักษาลาดของเขื่อนให้มีความมั่นคงแข็งแรงและปลอดภัยจากการถูกคลื่นกัดเซาะได้ผลดีมาก จึงเหมาะที่จะเลือกใช้กับเขื่อนที่มีความสำคัญ และเมื่อตัวเขื่อนมีแนวขวางทางลมที่จะพัดเข้าหาตัวเขื่อนและเกิดคลื่นขนาดใหญ่กระแทกกับลาดเขื่อนอยู่ตลอดเวลา

9. การป้องกันลาดเขื่อนด้านท้ายน้ำไม่ให้ถูกน้ำฝนกัดเซาะควรมีการปลูกหญ้าให้ตลอดแนวลาดเขื่อน

7.5 อาคารระบายน้ำล้น อาคารระบายน้ำล้นเป็นอาคารสำคัญที่จะต้องสร้างคู่กับเขื่อนเก็บกักน้ำทุกแห่งเสมอ สำหรับทำหน้าที่ระบายน้ำที่ไหลลงมามากจนอ่างเก็บน้ำรับไว้ไม่ได้ทิ้งไปยังลำน้ำเดิมด้านท้ายเขื่อน เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำในอ่างมีระดับสูงจนล้นข้ามสันเขื่อน

อาคารระบายน้ำล้นของเขื่อนเก็บกักน้ำแต่ละแห่งจะมีขนาดใหญ่หรือเล็กสัมพันธ์กับปริมาณน้ำนองสูงสุดที่จะเกิดจากพื้นที่รับน้ำฝนเหนือเขื่อนแต่ละแห่ง ซึ่งจะต้องออกแบบให้

สามารถระบายน้ำจำนวนดังกล่าวออกไปให้ทันกับน้ำที่ไหลลงมาในขณะที่น้ำเต็มอ่างเก็บน้ำ โดยระดับน้ำในอ่างไม่ทันสูงมากเกินกว่าระดับที่กำหนดไว้เสมอไป

อาคารระบายน้ำล้นโดยทั่วไป จะออกแบบให้มีรูปร่างและลักษณะแตกต่างกัน ให้เหมาะกับสภาพภูมิประเทศ อัตราปริมาณน้ำสูงสุดที่ต้องการระบายออก ลักษณะของฐานรากตลอดจนวัสดุที่จะใช้ในการก่อสร้างและค่าก่อสร้าง สำหรับงานเขื่อนดินที่เก็บกักน้ำจากพื้นที่รับน้ำฝนไม่มาก ต้องการก่อสร้างให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดแต่ยังคงใช้งานได้ดีและมีความคงทนถาวร อีกทั้งต้องสามารถทำการก่อสร้างได้ง่ายโดยช่างทั่ว ๆ ไปของท้องถิ่นแล้ว จะนิยมออกแบบลักษณะของอาคารให้เป็นแบบที่ธรรมดาที่สุด ถ้าไม่จำเป็นแล้วควรหลีกเลี่ยงไม่ใช้คอนกรีตเสริมเหล็ก ที่ต้องตั้งแบบไม้และนั่งร้านสำหรับการหล่อคอนกรีตให้มากที่สุด ในคู่มือนี้จะขอแนะนำอาคารบางประเภทที่สามารถก่อสร้างได้ง่าย พร้อมด้วยรายละเอียดในการคำนวณเป็นมาตรฐานประกอบการเลือกขนาดและสัดส่วนของอาคารที่จะนำไปใช้งานดังนี้.–

7.5.1 อาคารระบายน้ำล้นแบบทางระบายน้ำ อาคารลักษณะนี้จะก่อสร้างไว้ที่ปลายเขื่อนด้านใดด้านหนึ่งที่มีภูมิประเทศเหมาะสม ด้วยการขุดให้เป็นร่องระบายน้ำที่มีก้นร่องลาดเทไปยังลำน้ำด้านท้ายเขื่อน ทางระบายน้ำล้นประเภทนี้เป็นแบบที่สามารถก่อสร้างได้ง่ายที่สุด ซึ่งดินที่ขุดออกจากทางระบายน้ำก็จะนำไปใช้ถมตัวเขื่อนบางส่วนได้ ในการพิจารณาออกแบบที่สำคัญ ควรจะต้องพิจารณาด้านต่าง ๆ ให้รอบคอบก่อนที่จะตัดสินใจด้วย เป็นต้นว่า ร่องระบายน้ำที่จะขุดออกไปนี้ควรจะมีความลาดเทไม่ชันมากนัก ท้องทางระบายน้ำควรจะเป็นดินหรือหินที่ทนการกัดเซาะของกระแสน้ำได้ดีจึงจะมีความคงทนถาวร ส่วนปลายสุดของทางระบายน้ำส่วนใหญ่มักจะมีระดับสูงกว่าร่องน้ำธรรมชาติที่จะรับน้ำต่อไป ก็ควรจะมีระดับไม่สูงกว่าท้องลำน้ำมากเกินไป และบริเวณนี้ควรเป็นดินแข็งหรือหินที่สามารถทนต่อการถูกกัดเซาะเมื่อน้ำไหลตกลงไปได้ดีพอควรด้วย มิฉะนั้นจะถูกกัดเซาะจนกลายเป็นร่องลึกย้อนเข้าไปหาตัวเขื่อนได้ง่าย

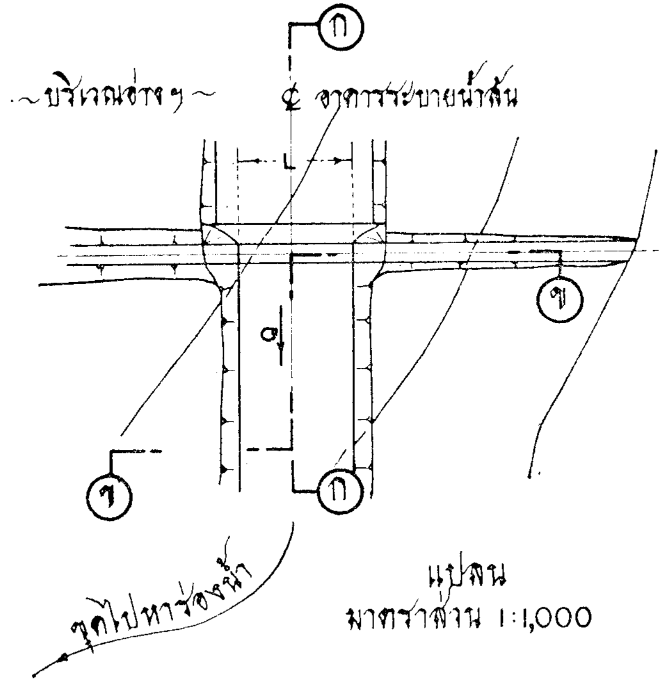
ทางระบายน้ำแบบนี้ควรจะสร้างสำหรับระบายน้ำที่มีจำนวนไม่มากนัก หรือในรอบปีหนึ่ง ๆ จะมีน้ำล้นอยู่น้อยครั้ง ๆ ละไม่นาน หรือน้ำไม่ล้นเลย ดังนั้นอาคารระบายน้ำล้นแบบทางระบายน้ำนี้จึงมีความเหมาะสมกับอ่างเก็บน้ำที่มีขนาดเล็ก และขนาดความจุของอ่างเก็บน้ำสามารถเก็บกักน้ำได้มากกว่าน้ำที่ไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำทั้งปี หรือที่ด้านท้ายเขื่อนมีการใช้น้ำจำนวนมากตลอดเวลาแล้วเหลือน้ำธรรมชาติให้เก็บกักได้จำนวนน้อย จนน้ำในอ่างเกือบจะไม่มีโอกาสถึงระดับน้ำเก็บกักทุกปี เป็นต้น

ส่วนทางระบายน้ำที่จะระบายน้ำล้นออกเป็นเวลานาน แต่พื้นของร่องระบายเป็นดิน ควรจะพิจารณาทิ้งหินขนาดใหญ่ตลอดทางน้ำ เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำกัดเซาะ ก็จะสามารถใช้งานได้คงทนไปนาน แบบและขนาดของทางระบายน้ำล้นสำหรับปริมาณน้ำนองสูงสุดจำนวนต่าง ๆ แสดงในรูปที่ 7.7 และ 7.8

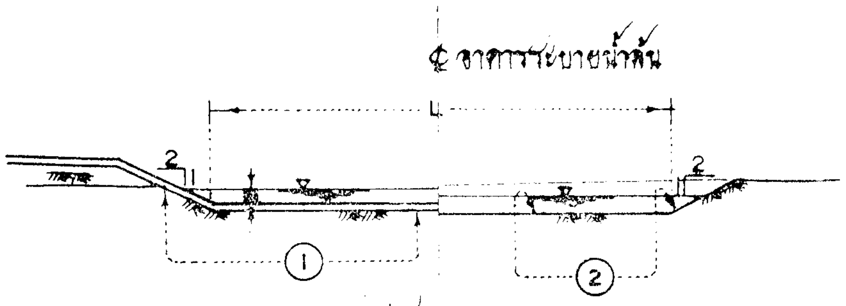
7.5.2. **อาคารระบายน้ำล้นแบบรางเท** อาคารระบายน้ำล้นแบบรางเทจะนิยมก่อสร้างไว้ที่ปลายเขื่อนด้านใดด้านหนึ่งที่ภูมิประเทศมีความเหมาะสมเช่นกัน ลักษณะของอาคารจะประกอบด้วยช่องสำหรับน้ำล้นคล้ายฝาย แล้วมีรางเทสร้างเชื่อมต่อลงไปหาพื้นอาคารที่ด้านล่าง ซึ่งพื้นอาคารด้านล่างจะต้องออกแบบให้มีความยาวพอเหมาะที่จะลดแรงกระแทกของน้ำ ที่ไหลลงมาอย่างรวดเร็วตามรางเทให้หมดไป และต่อจากพื้นด้านล่างจะขุดร่องน้ำออกไปจนถึงลำน้ำ

อาคารระบายน้ำล้นแบบรางเทจะระบายน้ำให้ผ่านอาคารด้วยความเร็วสูง จึงจำเป็นต้องสร้างพื้นรางเทและส่วนอื่นของอาคารที่น้ำไหลผ่านด้วยหินก่อหรือคอนกรีตล้วนเป็นอย่างน้อย เพื่อป้องกันกระแสน้ำกัดเซาะ ในการออกแบบก็จะต้องดำเนินการให้ถูกต้อง ซึ่งได้แก่การกำหนดขนาดความยาวของช่องฝายให้สามารถระบายน้ำจำนวนสูงสุดผ่านไปได้ กำหนดความกว้างของรางเท และความยาวของพื้นอาคารตอนล่างท้ายรางเท ตลอดจนการกำหนดความหนาของหินก่อหรือคอนกรีตให้มีความมั่นคง แข็งแรง โดยเฉพาะพื้นอาคารตอนล่างที่ต่อจากรางเทจะต้องมีน้ำหนักมากพอที่จะต้านทานแรงดันของน้ำที่จะเกิดขึ้นใต้พื้นอาคาร หรือจัดระบบระบายน้ำเพื่อลดแรงดันน้ำใต้พื้นอาคารไว้ให้เหมาะสม และต่อจากท้ายอาคารที่เป็นคลองขุดสำหรับระบายน้ำลงสู่ลำน้ำธรรมชาตินั้น ก็ควรมีการป้องกันน้ำกัดเซาะตลิ่ง และท้องน้ำด้วยการทิ้งหินให้มีความหนาไม่น้อยกว่า 50 เซ็นติเมตร และยาวออกไป 5 ถึง 10 เมตร ด้วย

อาคารระบายน้ำแบบรางเทจะสามารถก่อสร้างได้ง่ายเช่นกัน ถึงแม้จะเป็นอาคารที่มีราคาแพงกว่าแบบทางระบายน้ำเนื่องจากต้องก่อสร้างด้วยหินก่อหรือคอนกรีตล้วนมีความหนาเฉลี่ย 20–30 เซ็นติเมตร แต่ก็สามารถออกแบบให้ระบายน้ำได้จำนวนมากโดยไม่มีการกัดเซาะ และสามารถลดแรงของน้ำให้หมดไปได้ ก่อนที่จะไหลออกไปยังลำน้ำท้ายเขื่อนอย่างช้า ๆ ทำให้ไม่เกิดการกัดเซาะเหมือนแบบทางระบายน้ำดังที่ได้กล่าวมาแล้ว จึงเหมาะที่จะใช้กับอ่างเก็บน้ำที่มีน้ำล้นครั้งละจำนวนมากและล้นอยู่เป็นประจำในฤดูฝน แบบและขนาดของอาคารระบายน้ำล้นแบบรางเทสำหรับปริมาณน้ำนองสูงสุดจำนวนต่าง ๆ แสดงในรูปที่ 7.9 และ 7.10

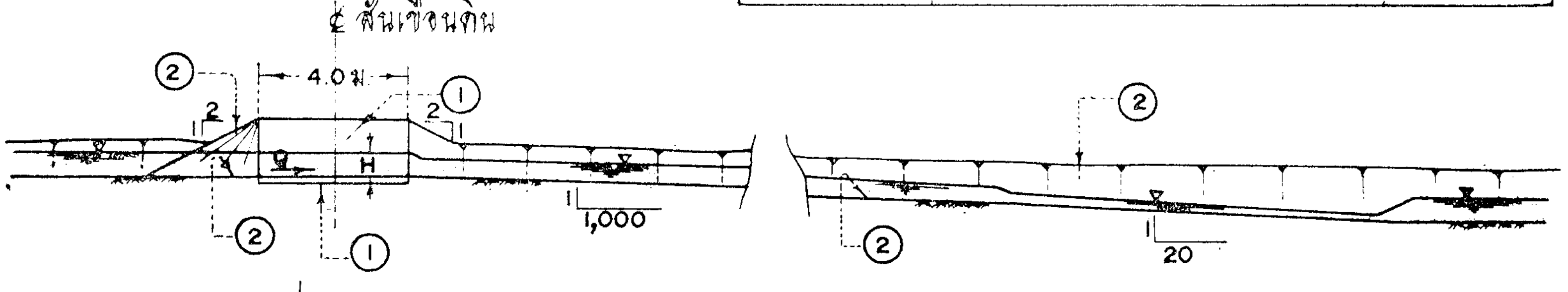


แปลน
มาตราส่วน 1:1,000



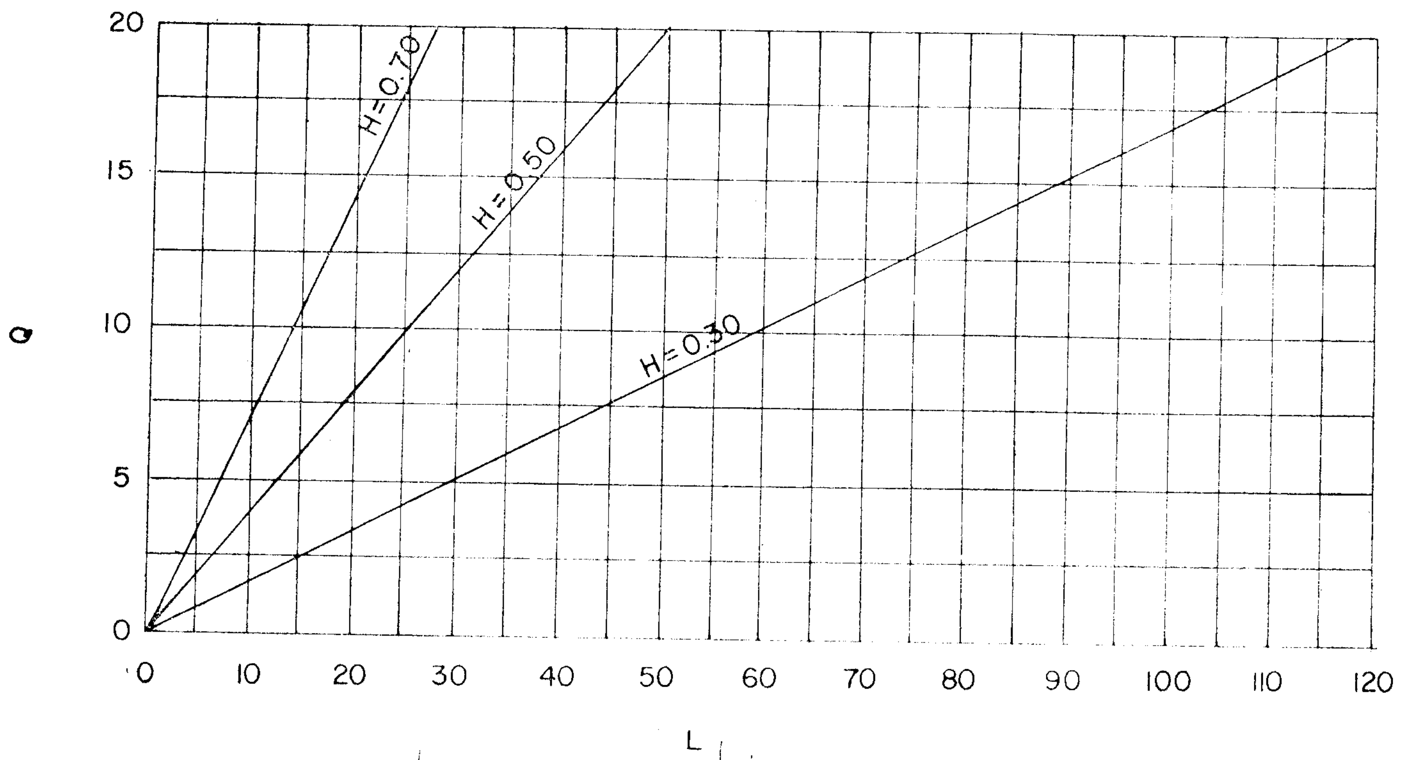
รูปตัด ข-ข
มาตราส่วน 1:250

สัญลักษณ์	รายละเอียด
①	ดินลูกรังบดทับแน่นหนา 0.30 ม. (คุณสมบัติเช่นเดียวกับดินลูกรังบนสันเขื่อน)
②	ปลูกหญ้าบนดินผิวหน้าหนา 0.15 ม.
Q	ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านอาคารระบายน้ำล้น
H	ความลึกของน้ำเหนือสันทางระบายน้ำ
L	ความยาวของสันอาคารระบายน้ำ



รูปตัด ก-ก
มาตราส่วน 1:200

รูปที่ 7.7 แบบมาตรฐานอาคารระบายน้ำล้นแบบทางระบายน้ำ

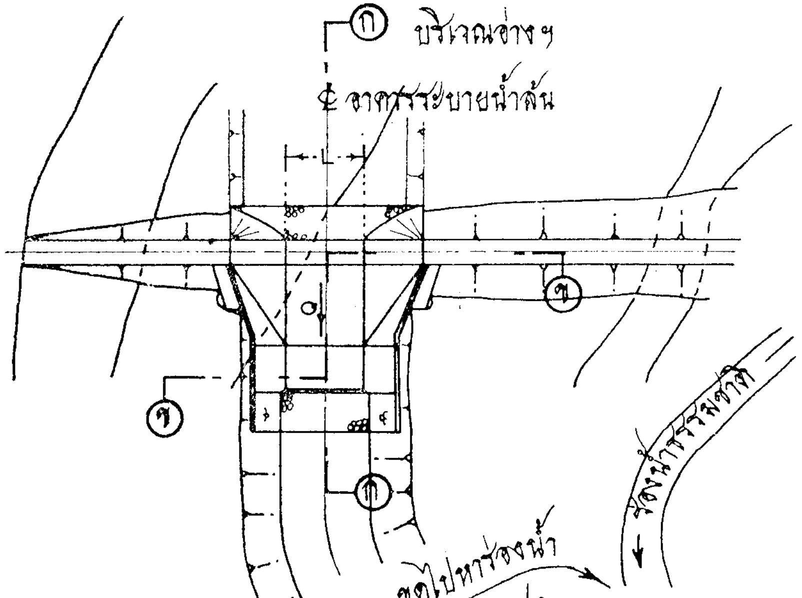


Q = ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านอาคารระบายน้ำล้น - ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

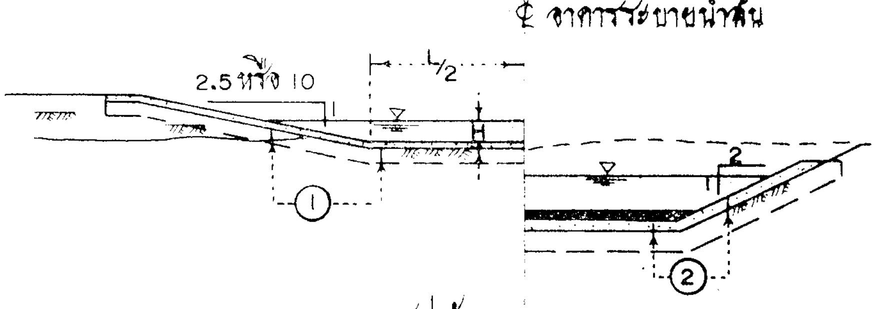
H = ความลึกของน้ำที่ระดับน้ำสูงสุดในอ่างฯ เหนือสันทางระบายน้ำ - เมตร

L = ความกว้างของทางระบายน้ำ - เมตร

รูปที่ 7.8 ความสัมพันธ์ระหว่าง Q, H และ L ของอาคารระบายน้ำล้นแบบทางระบายน้ำ

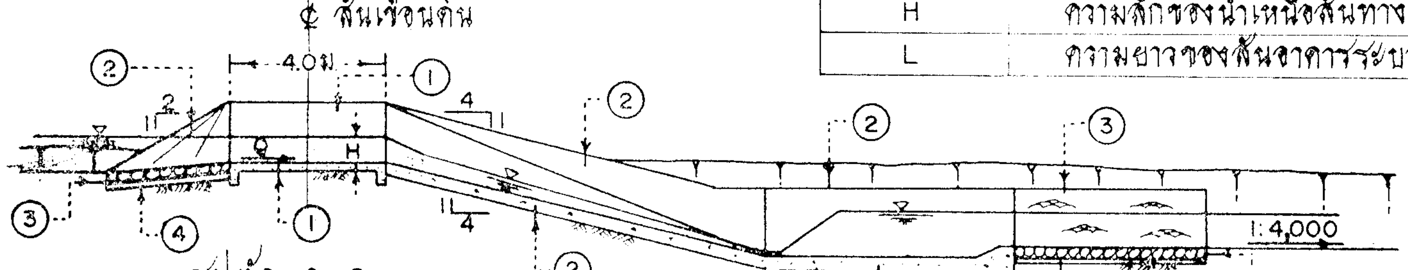


แปลน
มาตราส่วน 1:1,000



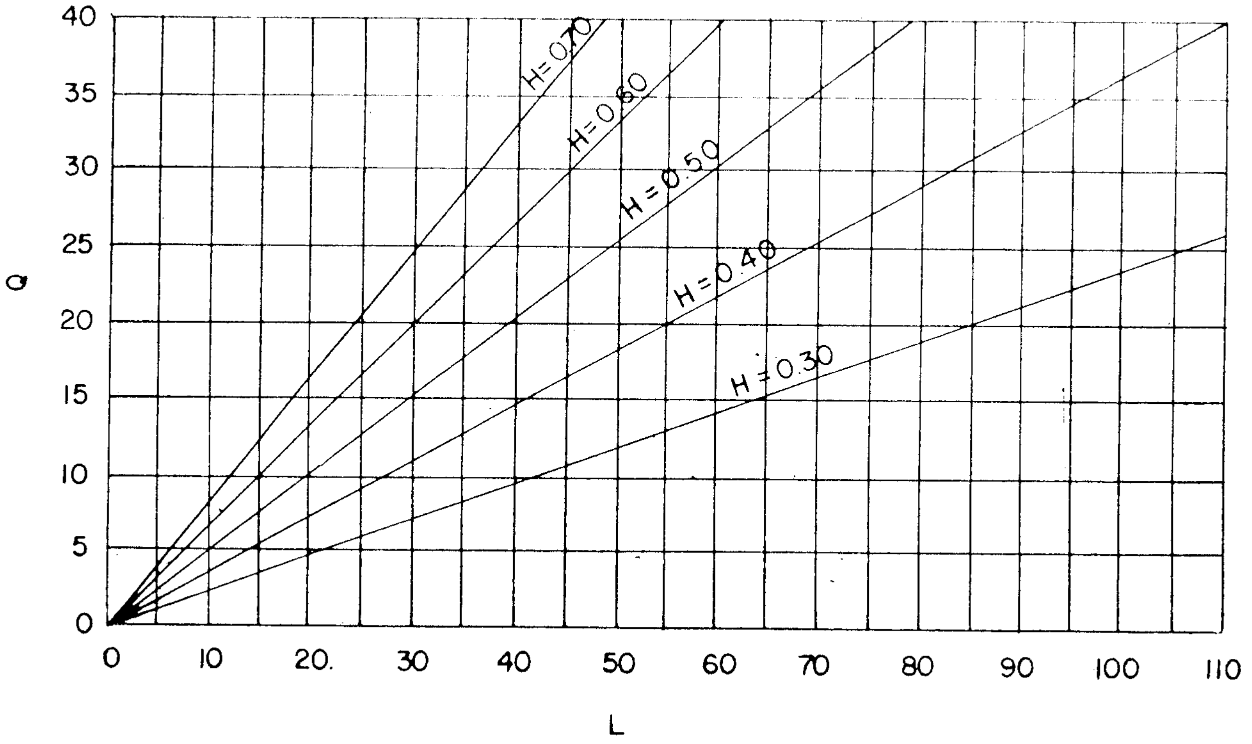
รูปตัด ข-ข
มาตราส่วน 1:250

สัญญลักษณ์	รายละเอียด
①	คอนกรีตเสริมเหล็กหนา 0.15 ม. (เหล็กเสริม φ9 มม. @ 0.20 ม.)
②	คอนกรีตล้วนหนา 0.30 ม.
③	หินเรียงหรือหินทิ้งหนา 0.30 ม.
④	กรวดทรายรองพื้นหนา 0.15 ม.
Q	ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านอาคารระบายน้ำล้น
H	ความลึกของน้ำเหนือสันทางระบายน้ำล้น
L	ความยาวของสันอาคารระบายน้ำ



รูปตัด ก-ก
มาตราส่วน 1:200

รูปที่ 7.9 แบบมาตรฐานอาคารระบายน้ำล้นแบบรางเท

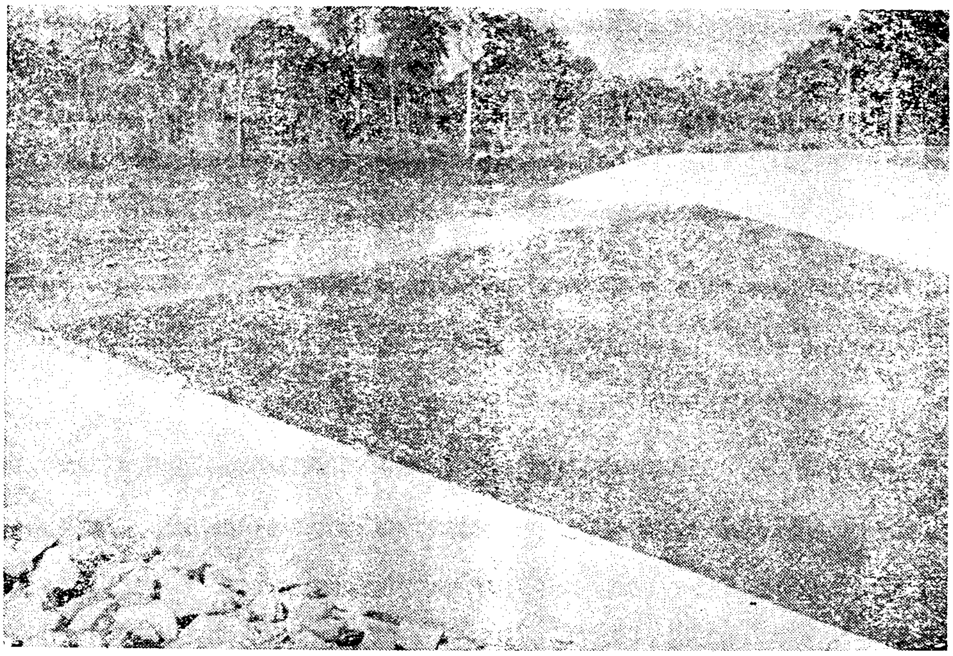


Q = ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านอาคารระบายน้ำล้น – ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

H = ความลึกของน้ำที่ระดับน้ำสูงสุดในอ่างฯ เหนือสันทางระบายน้ำ – เมตร

L = ความยาวของสันอาคารระบายน้ำล้น – เมตร.

รูปที่ 7.10 ความสัมพันธ์ระหว่าง Q, H และ L ของอาคารระบายน้ำล้นแบบรางเท



รูปที่ 7.11 อาคารระบายน้ำล้นแบบรางเท

7.6 ท่อระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำ จะสร้างผ่านตัวเขื่อนในแนวต่ำ เพื่อทำหน้าที่ระบายและควบคุมน้ำที่จะส่งออกจากอ่างไปเข้าคูส่งน้ำ ให้พื้นที่เพาะปลูกทางด้านท้ายเขื่อนหรือใช้สำหรับอุปโภคบริโภค อาคารท่อระบายน้ำอาจจะสร้างไว้เพียงแห่งเดียวหรือทั้งสองฝั่งลำน้ำ โดยขึ้นอยู่กับพื้นที่เพาะปลูกที่ต้องการน้ำด้านท้ายเขื่อนจะมีอยู่อย่างไร

ท่อระบายน้ำของงานอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กโดยทั่วไป จะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่มากนักเพราะมีน้ำส่งให้พื้นที่เพาะปลูกได้จำนวนน้อย จึงไม่จำเป็นต้องสร้างท่อขนาดใหญ่ที่ระบายน้ำออกได้มากจนเกินความจำเป็น การพิจารณาออกแบบควรจะมีรายละเอียดดังนี้.–

1. ท่อระบายน้ำขนาดเล็กมากควรมีเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 5 เซ็นติเมตร ซึ่งอาจใช้ท่อเหล็กที่ฉาบผิวนอกด้วยวัสดุป้องกันสนิม วางอยู่บนฐานรากที่เป็นดินและมีคอนกรีตรองและหุ้มขึ้นมาถึงแนวกึ่งกลางท่อ แล้วจึงถมดินทึบน้ำให้ติดแน่นรอบผิวท่อไปตลอดความกว้างของเขื่อน ปลายท่อที่ยื่นพ้นลาดเขื่อนเข้าไปในอ่างเก็บน้ำให้ติดตั้งตะแกรงหุ้มปิดปลายท่อ เพื่อป้องกันไม่ให้เศษไม้และหญ้าเข้าไปในท่อ ส่วนปลายท่อด้านท้ายเขื่อนให้ติดตั้งประตูบังคับน้ำแบบที่ใช้กับท่อประปา สำหรับควบคุมและปิดน้ำไว้ตามแบบมาตรฐานในรูปที่ 7.12

2. ท่อระบายน้ำที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 10 เซ็นติเมตร ควรใช้ท่อเหล็กที่ฉาบผิวนอกด้วยวัสดุป้องกันสนิมดังกล่าวแล้ว หรือท่อแอสเบสตอสที่รับแรงดันน้ำสูงสุดได้ 15 กิโลกรัมต่อตารางเซ็นติเมตร ซึ่งมีขายอยู่ทั่วไปในท้องตลาด โดยมีรายละเอียดดังได้กล่าวมาแล้วในข้อ 1

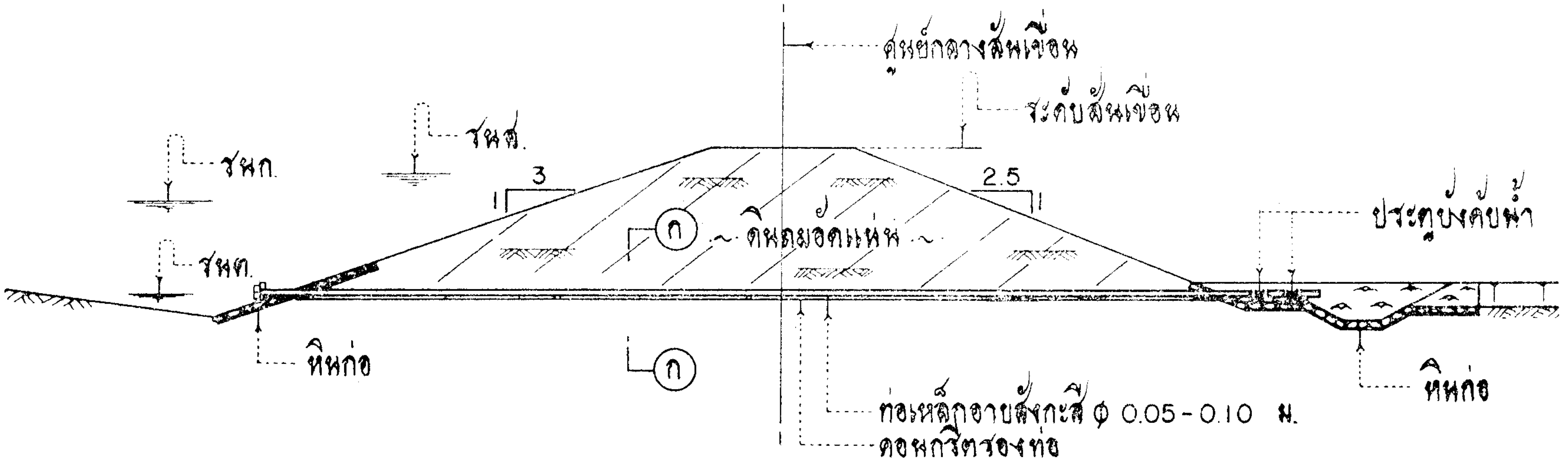
3. ท่อระบายน้ำขนาดใหญ่ของงานอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก ควรมีเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 30 เซ็นติเมตร ซึ่งสามารถส่งน้ำให้เพาะปลูกข้าวได้พื้นที่ไม่น้อยกว่า 800 ไร่ เมื่อระดับน้ำในอ่างสูงกว่าระดับปลายท่อปล่อยน้ำท้ายเขื่อนประมาณ 3.00 เมตร

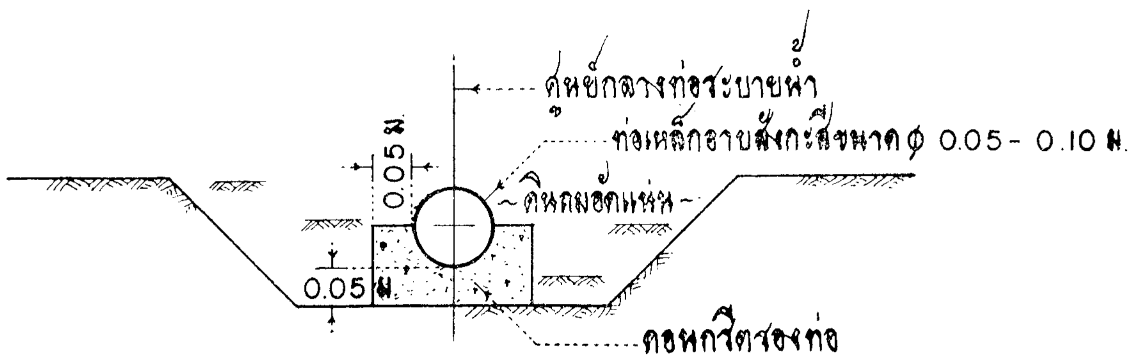
ส่วนท่อระบายน้ำที่มีขนาดใหญ่ขึ้นไปอีกจะต้องมีการออกแบบเป็นพิเศษ และการก่อสร้างก็มีความยุ่งยากเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งควรให้วิศวกรดำเนินการเป็นราย ๆ ไป

4. ท่อระบายน้ำที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 เซ็นติเมตร ถึง 30 เซ็นติเมตร ขอแนะนำให้ใช้ท่อแอสเบสตอสชนิดบางที่มีขายอยู่ทั่วไปในท้องตลาด วางเป็นท่อด้านในแล้วหุ้มด้วยคอนกรีตเสริมเหล็กรอบท่อ มีความหนาประมาณ 15 เซ็นติเมตร เพื่อให้พื้นท่อระบายน้ำแนบสนิทแน่นกับดินฐานราก และสร้างผิวท่อด้านนอกให้มีแนวตั้งตรง เพราะสะดวกแก่การอัดดินข้างท่อให้แน่นดีที่สุดได้ตลอดความกว้างเขื่อน

ส่วนปลายท่อที่ยื่นเข้าไปในอ่างเก็บน้ำ ก็ควรติดตั้งตะแกรงหุ้มปากทางเข้าไว้เช่นกัน และด้านทางออกที่จะติดตั้งประตูบังคับน้ำให้ติดตั้งอยู่กับท่อเหล็ก ซึ่งปลายข้างหนึ่งวางชิดกับท่อแอสเบสตอส แล้วหุ้มด้วยคอนกรีตเสริมเหล็กยาวประมาณ 1 เมตร เพื่อป้องกันน้ำรั่วออก รายละเอียดและแบบอาคารท่อระบายน้ำที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 – 30 เซ็นติเมตร แสดงในรูปที่ 7.13

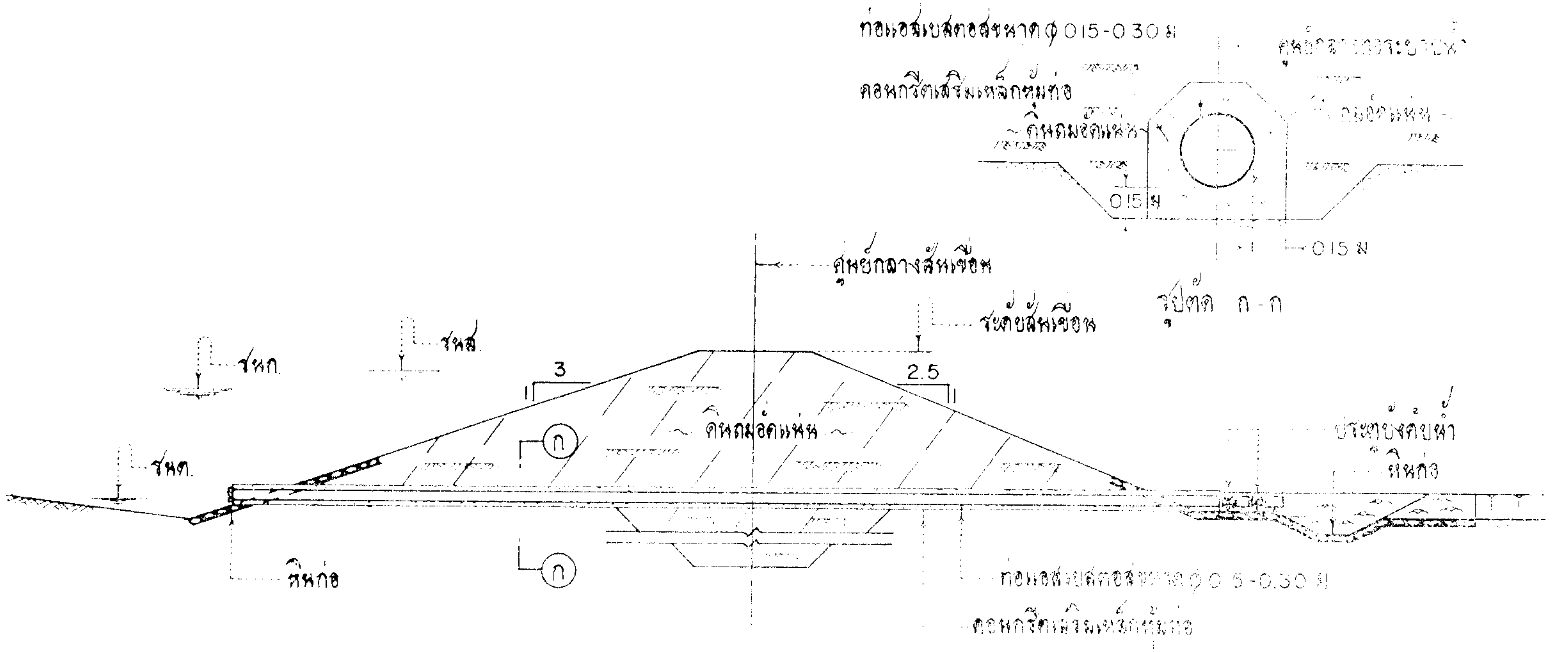
5. ปริมาณน้ำที่สามารถไหลผ่านท่อขนาดต่าง ๆ ได้รวบรวมไว้สำหรับประกอบการใช้งาน แสดงในรูปที่ 7.14 ถึงรูปที่ 7.16



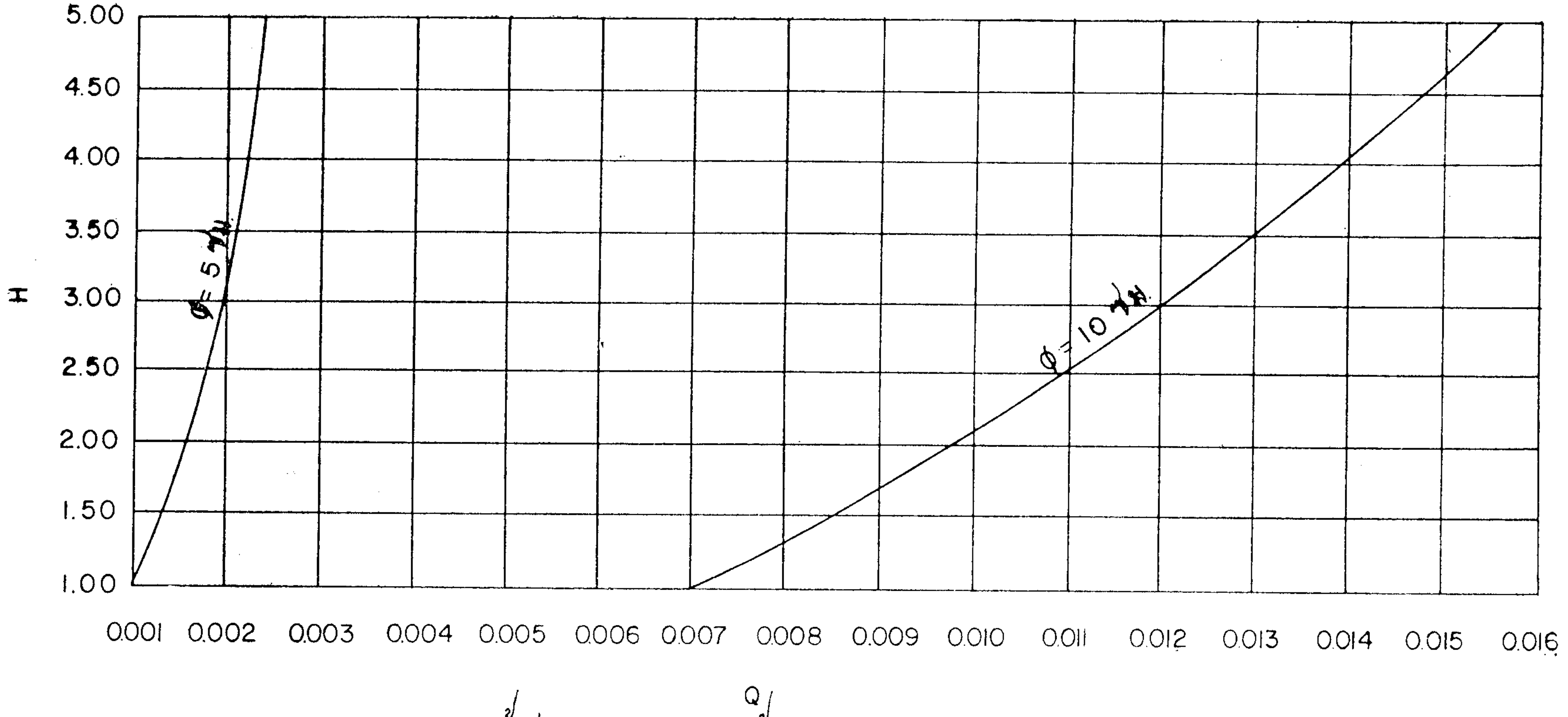


รูปตัด ก - ก
มาตราส่วน 1:10

รูปที่ 7.12 แบบมาตรฐานท่อระบายน้ำขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 – 10 เซ็นติเมตร



รูปที่ 7.13 แบบมาตรฐานของท่อระบายน้ำขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 – 30 เซ็นติเมตร

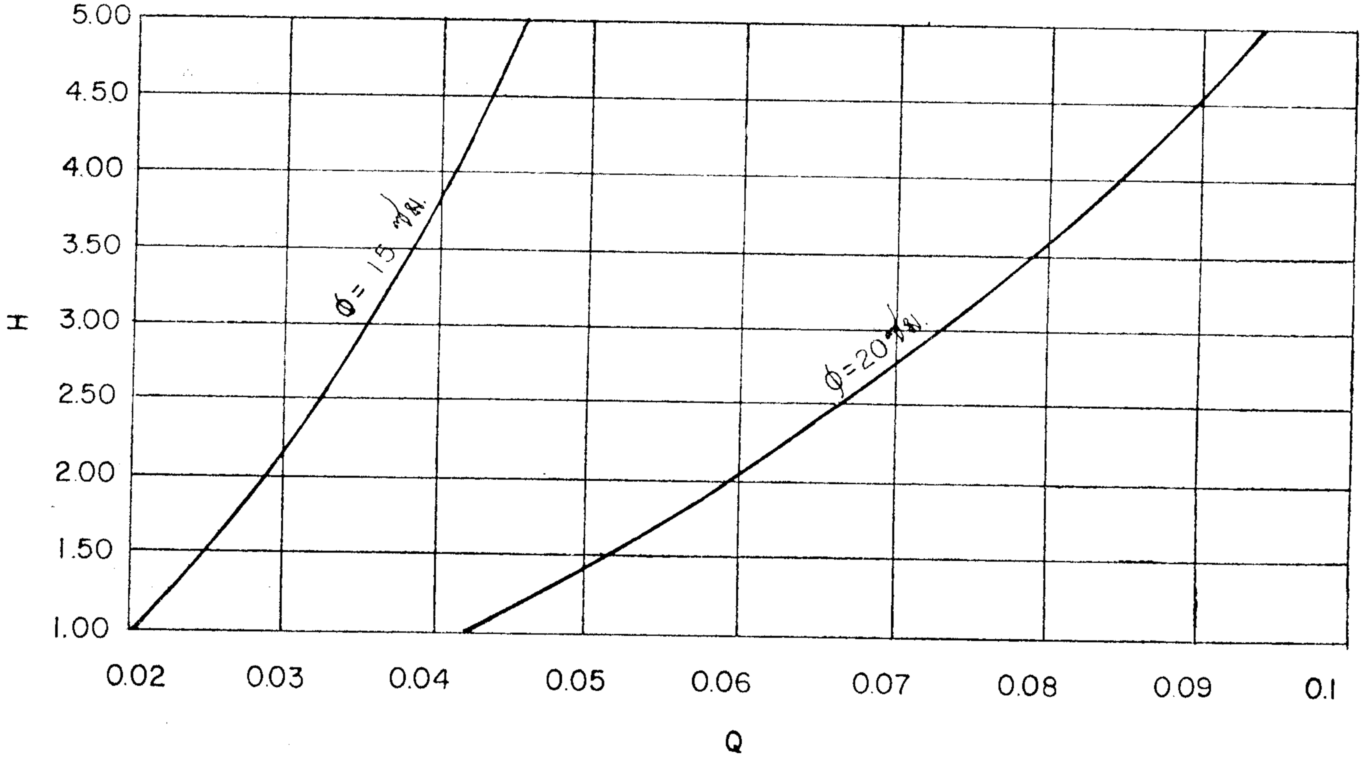


Q = ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านท่อระบายน้ำ - ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

H = ระดับต่างของน้ำเหนือเขื่อนและปลายท่อ - เมตร

φ = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อระบายน้ำ - เซ็นติเมตร

รูปที่ 7.14 ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านท่อระบายน้ำขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 และ 10 เซ็นติเมตร
(คำนวณจาก ความยาวท่อ 45 เมตร)

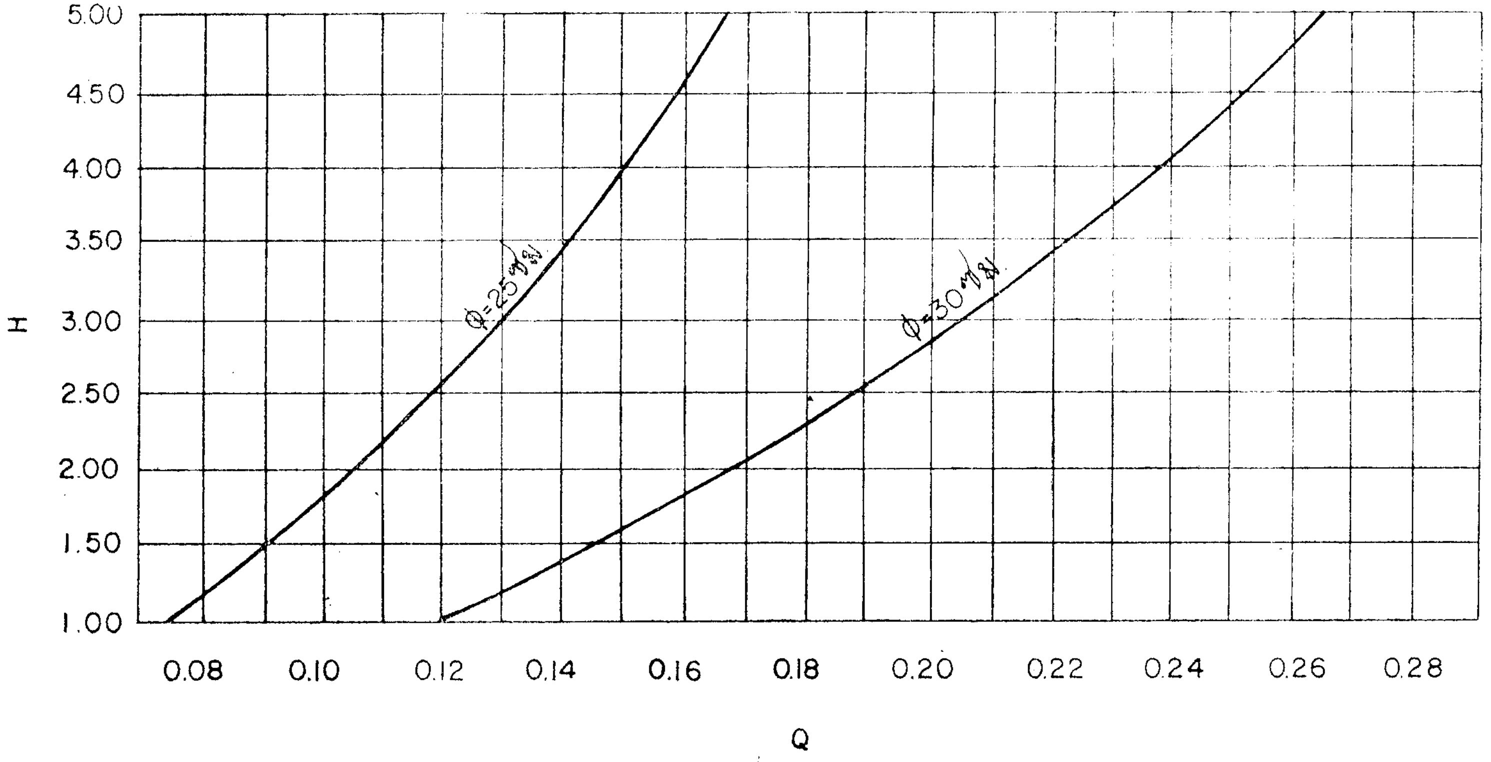


Q = ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านท่อระบายน้ำ - ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

H = ระดับต่างของน้ำเหนือเขื่อนและปลายท่อ - เมตร

φ = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อระบายน้ำ - เซ็นติเมตร

รูปที่ 7.15 ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านท่อระบายน้ำขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 และ 20 เซ็นติเมตร (คำนวณจาก ความยาวท่อ 45 เมตร)

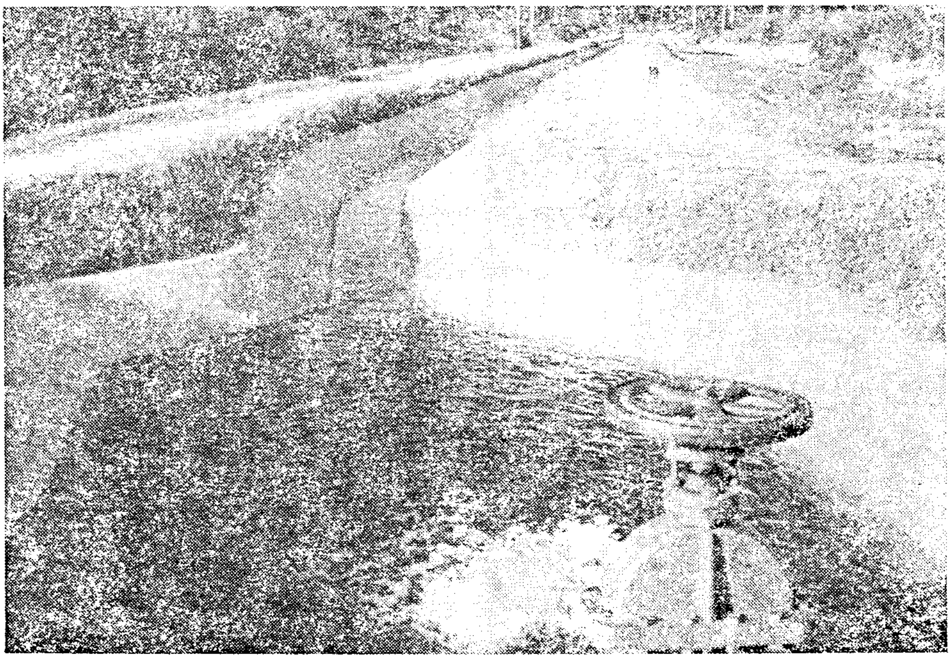


Q = ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านท่อระบายน้ำ - ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

H = ระดับต่างของน้ำเหนือเขื่อนและปลายท่อ - เมตร

φ = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อระบายน้ำ - เซ็นติเมตร

รูปที่ 7.16 ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านท่อระบายน้ำขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 และ 30 เซ็นติเมตร
(คำนวณจาก ความยาวท่อ 45 เมตร)



รูปที่ 7.17 ท่อระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำ

การออกแบบ
ฝายและอาคารประกอบ

บทที่ 8

หลังจากที่ได้มีการสำรวจรายละเอียดภูมิประเทศ บริเวณที่จะก่อสร้างฝายและอาคารประกอบแล้ว ก็ให้ทำการศึกษาสภาพฐานรากว่าตัวฝายจะตั้งอยู่บนฐานรากลักษณะใด ตลอดจนการคำนวณด้านอุทกวิทยา ซึ่งมีการประเมินจำนวนน้ำนองสูงสุด และสภาพลำน้ำเมื่อเวลาน้ำนองนั้นจะมีระดับต่ำกว่าตลิ่งมากน้อยเพียงใดหรือจะไหลบ่าท่วมไปตามสองฟากลำน้ำนั้น

การสร้างฝายจะมีจุดประสงค์เพื่อใช้เป็นอาคารสำหรับทดน้ำในลำน้ำที่ไหลมาปริมาณต่าง ๆ กันให้มีระดับสูง จนสามารถส่งน้ำเข้าคลองส่งน้ำที่ขุดออกสองฝั่งลำน้ำด้านหน้าฝาย ลัด-เลาะไปตามสภาพภูมิประเทศให้กับพื้นที่เพาะปลูกที่อยู่ทางด้านท้ายฝาย การออกแบบโดยทั่วไปจะต้องคำนึงถึงความแข็งแรงของตัวอาคารให้มีความคงทนสามารถใช้งานอยู่ได้นานปี หรือหากจะทำการก่อสร้างฝายด้วยวัสดุที่ไม่ค่อยมีความมั่นคงถาวรเท่าใดนัก ก็ให้พยายามออกแบบหรือกำหนดวิธีการก่อสร้างให้สามารถใช้งานได้นานที่สุดเท่าที่จะนานได้ โดยเสียค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างน้อยที่สุด ด้วยเหตุนี้การออกแบบฝายจึงต้องมีการดำเนินงานอย่างละเอียดรอบคอบ ให้เกิดประโยชน์ในการใช้งานได้มากที่สุดและมีความประหยัดเป็นหลักเสมอ

8.1 ที่สร้างฝายและอาคารประกอบ หลังจากที่ได้เลือกบริเวณที่สร้างฝายพร้อมกับจัดทำแผนที่รายละเอียดภูมิประเทศสำหรับใช้ในการออกแบบเรียบร้อยแล้ว ควรจะกำหนดที่สร้างฝายและอาคารประกอบโดยวิธีต่อไปนี้.-

1. กำหนดแนวศูนย์กลางฝายที่ต้องการให้เหมาะสมกับสภาพลำน้ำ และสภาพภูมิประเทศลงในแผนที่

2. ฝายที่มีขนาดความยาวไม่มากและสามารถก่อสร้างได้เสร็จภายในฤดูแล้งเดียวจะนิยมสร้างในลำน้ำโดยตรง ควรเลือกบริเวณที่ลำน้ำมีแนวตรง โดยมีระยะที่เป็นแนวตรงจากศูนย์กลางฝายขึ้นไปทางด้านเหนือน้ำและด้านท้ายน้ำไม่น้อยกว่า 50 เมตร

3. ฝายที่มีขนาดใหญ่ไม่สามารถก่อสร้างได้เสร็จภายในฤดูแล้งเดียว จะนิยมก่อสร้างฝายในบ่อก่อสร้างตรงบริเวณที่ลำน้ำมีแนวโค้ง โดยมีรายละเอียดดังที่ได้กล่าวไว้ในข้อ 3.4 แล้ว ส่วนทางน้ำใหม่ที่จะขุดจากฝายขึ้นไปยังลำน้ำด้านเหนือและด้านท้ายฝาย ก็ควรจะมีระยะความยาวไม่น้อยกว่า 50 เมตร ตามลำดับเช่นกัน

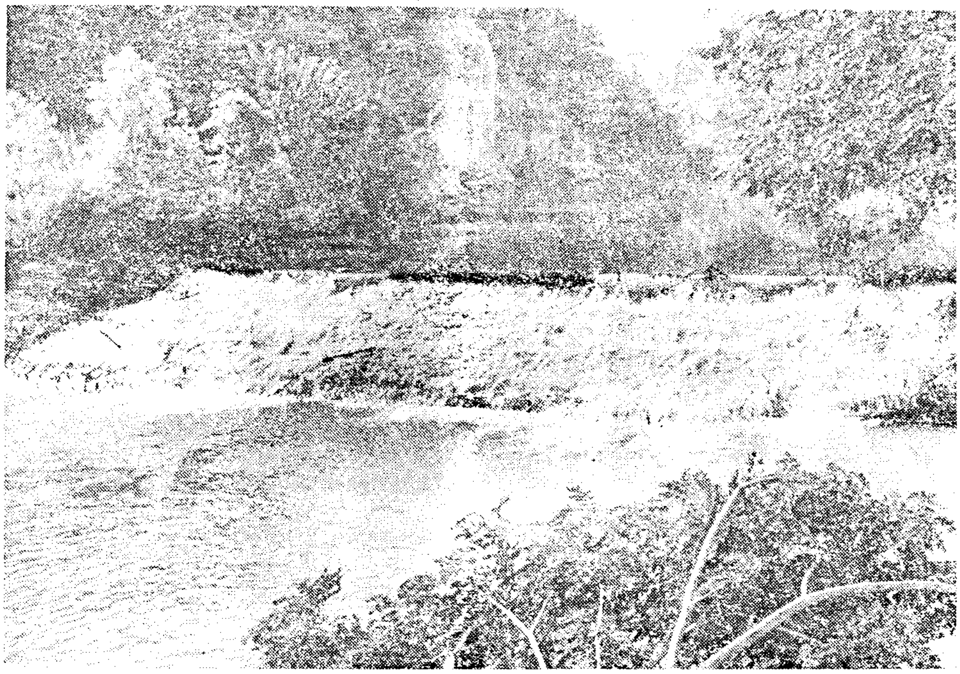
4. กำหนดที่ตั้งอาคารท่อระบายน้ำปากคลองส่งน้ำ ที่จะขุดออกจากตลิ่งสองฝั่งลำน้ำด้านหน้าฝาย ให้มีระยะห่างจากศูนย์กลางฝายขึ้นไปทางด้านเหนือน้ำตามความเหมาะสม เช่น 20 เมตร เป็นต้น

5. ในกรณีที่ลำน้ำมีตะกอนทรายถูกพัดพาตามน้ำมามาก ฝายที่สร้างอยู่จะกักกั้นตะกอนให้ตกจมอยู่หน้าฝายตลอดเวลา และเมื่อตะกอนตกทับถมสูงจนถึงธรณีท่อระบายปากคลองส่งน้ำแล้ว จะถูกกระแสน้ำพัดพาเข้าไปตกทับถมในคลองส่งน้ำจนเกิดการตื้นเขินได้ จึงนิยมก่อสร้างอาคารประตูระบายทรายไว้ที่ปลายฝายบริเวณตลิ่งของลำน้ำ สำหรับระบายทรายที่บริเวณหน้าท่อระบายปากคลองส่งน้ำทิ้งไปให้หมด

8.2 ฝายประเภทต่าง ๆ ในประเทศไทยมีการก่อสร้างฝายปิดกั้นลำน้ำธรรมชาติเป็นจำนวนมาก เพื่อทดและผันน้ำส่งเข้าไปสู่นาหรือพื้นที่เพาะปลูก และเพื่อประโยชน์ในด้านอุปโภค-บริโภค ทั้งที่ราษฎรร่วมมือสร้างกันขึ้นใช้เอง และก่อสร้างโดยหน่วยราชการต่าง ๆ

ฝายที่สร้างขึ้นในแต่ละท้องที่ อาจจะมีความมั่นคงแข็งแรงและมีอายุของการใช้งานได้นานมากน้อยต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง รวมทั้งความถูกต้องของการออกแบบและก่อสร้างเป็นสำคัญ ตัวอย่างเช่น ฝายที่ราษฎรช่วยกันสร้างในภาคเหนือ บางแห่งอาจจะมีอายุของการใช้งานได้ไม่มากนัก เพราะใช้วัสดุซึ่งมีราคาถูกและหาได้ง่ายในท้องถิ่นเป็นส่วนใหญ่ ได้แก่ กิ่งไม้ ใบไม้ ไม้ไผ่ เสาไม้ ทรายและกรวดเป็นต้น วิธีการก่อสร้างของราษฎรที่ทำกัน

โดยทั่วไป คือ จะต้องตอกเสาไม้ให้ห่างกันเป็นระยะ ๆ ขวางลำน้ำ ให้ได้หลายแถวตามต้องการ และนำไม้เคร่ามาตอกติดกับเสาและกรุด้วยไม้ไผ่ติดกับเคร่า พร้อมกับอัดกิ่งไม้ ใบไม้ ทรายและกรวดลงไปในคอกให้เต็ม เมื่อใช้งานไปชั่วระยะหนึ่ง ใบไม้และกิ่งไม้จะเน่าเปื่อย ทำให้ฝายชำรุดเสียหาย ซึ่งต้องคอยเปลี่ยนกิ่งไม้ ใบไม้ในคอกเสียใหม่เป็นประจำทุกปี ฝายประเภทนี้เรียกว่า "ฝายเฉพาะฤดูกาล"



รูปที่ 8.1 ฝายราษฎรแบบฝายชั่วคราว

เมื่อต้องการสร้างฝายเฉพาะฤดูกาลให้ใช้งานได้นานขึ้น ก็จะต้องสร้างให้ประณีตยิ่งขึ้นไปอีก โดยนำกิ่งไม้และใบไม้มามัดรวมกันเป็นพ่อน ทิ้งอัดลงไปในคอกเป็นชั้น ๆ แต่ละชั้นอัดด้วยทรายและกรวดแทรกลงไปในช่องว่างให้แน่น ถ้าหมั่นคอยดูแลซ่อมแซมวัสดุที่ชำรุดเสีย-หาย และที่หลุดลอยตามน้ำให้อยู่ในสภาพดีอยู่เสมอแล้ว ฝายประเภทนี้ก็จะมีอายุของการใช้งานได้นานหลายปี เรียกว่า "ฝายชั่วคราว"

ในการสร้างฝายให้มีอายุของการใช้งานได้นานขึ้นไปอีก ก็อาจใช้วัสดุก่อสร้างอันประกอบด้วย เสาไม้ขนาดใหญ่ ทราย กรวด และหินขนาดต่าง ๆ มีฝายลักษณะหนึ่งที่แต่ก่อนนิยมสร้างกัน คือ จะวางเสาไม้ต่อกันยาวตามลำน้ำ ให้เป็นแถว ๆ ตลอดความกว้างของลำน้ำ

แล้วสลับกับวางเสาไม้ตามขวางลำน้ำ ทำให้เป็นคอกสูงลึกลดหลั่นกันเป็นรูปฝายตามที่ต้องการ หลังจากนั้นจึงทิ้งหินขนาดต่าง ๆ พร้อมทั้งทรายและกรวดลงไปในคอกให้เต็ม หิน กรวด และทรายจะต้านทานน้ำที่ไหลผ่านตัวฝายและที่ไหลข้ามสันฝายได้เป็นอย่างดี ทำให้ฝายแบบนี้มีความแข็งแรงและมั่นคงถาวรมากยิ่งขึ้นจนสามารถใช้งานได้นาน ฝายชนิดนี้คือ "ฝายคอกหมู" เป็นฝายประเภทกึ่งถาวร

เมื่อต้องการสร้างฝายให้มั่นคงแข็งแรงและใช้งานได้ตลอดไปที่เรียกว่า "ฝายถาวร" นั้น ก็จะต้องใช้วัสดุที่มีความคงทนถาวรเป็นหลัก ได้แก่ดินถมอัดแน่น ทราย หิน ซีเมนต์ คอนกรีตล้วน หรือคอนกรีตเสริมเหล็ก เป็นต้น โดยจะต้องคำนวณออกแบบ กำหนดสัดส่วนของฝายให้เหมาะสมกับภูมิประเทศ ให้เหมาะสมกับปริมาณน้ำที่จะมีมามากที่สุดในลำน้ำให้ไหลข้ามฝายไปได้อย่างปลอดภัย และจะต้องทำการก่อสร้างให้ถูกวิธีและประณีตด้วย

8.3 ฐานราก ฝายที่ก่อสร้างปิดกั้นลำน้ำธรรมชาติ โดยทั่วไปจะสร้างอยู่บนฐานรากที่มีลักษณะแตกต่างกันเช่นเดียวกับเขื่อนดิน ซึ่งฝายบางแห่งอาจสร้างอยู่บนท้องน้ำที่เป็นหิน บนดินดานที่มีความทึบน้ำ และบางแห่งอาจจะสร้างอยู่บนชั้นทรายหรือตะกอนทรายละเอียดที่มีความแน่นดี แต่น้ำสามารถรั่วลอดใต้ฝายผ่านไปได้โดยง่ายเป็นต้น ดังนั้นการออกแบบเกี่ยวกับฐานรากจึงต้องพิจารณาดำเนินการให้เหมาะสม โดยคำนึงถึงความปลอดภัยของตัวอาคารในขณะที่ต้องกักกั้นน้ำสูงถึงระดับสันฝายนั้นเป็นสำคัญ

8.3.1 ฐานรากที่เป็นหิน ฝายเป็นจำนวนมากทำการก่อสร้างบนฐานรากที่เป็นหิน ซึ่งน้ำอาจไหลผ่านรอยแตกของหินออกไปทางด้านท้ายน้ำได้เสมอ และถึงแม้ว่าจะสร้างฝายด้วยคอนกรีตหรือหินก่อซึ่งน้ำที่รั่วไหลออกไปนั้นไม่กัดเซาะตัวฝายให้เกิดอันตรายก็ตาม แต่น้ำที่ไหลผ่านใต้ฝายจะสร้างแรงดันที่บริเวณใต้ฝายเพิ่มขึ้นนอกเหนือจากแรงดันของน้ำด้านหน้าช่วยดันฝายให้ล้มลงได้ ซึ่งจะต้องทำการคำนวณหาขนาดของตัวฝายให้มีสัดส่วนที่จะมีน้ำหนักมากพอ สำหรับต้านทานแรงดังกล่าวนั้นให้ได้

การลดแรงดันน้ำใต้ตัวฝายคอนกรีตสามารถทำได้โดยการออกแบบเพิ่มพื้นฝายต่อจากตัวฝายให้ยาวออกไปทางด้านเหนือน้ำ ซึ่งจะสามารถลดแรงดันใต้ฝายให้น้อยลงได้บ้าง หรืออาจจะก่อสร้างระบบท่อรับน้ำซึมที่ประกอบด้วยท่อเจาะรูพรุนแล้วหุ้มด้วยกรวดและทราย สำหรับดักน้ำที่ไหลลอดออกมา ระบบท่อรับน้ำซึมควรจะสร้างไว้ที่ใต้พื้นฝายด้านท้ายน้ำตามความเหมาะสม ซึ่งจะสามารถลดแรงดันใต้พื้นฝายบริเวณนี้ให้เหลือเท่ากับความลึกของน้ำทางด้านท้ายฝายนั้น

8.3.2. ฐานรากที่เป็นดินเหนียวทึบน้ำ ฝายที่สร้างอยู่บนฐานรากที่เป็นดินดานหรือดินเหนียวทึบน้ำ ซึ่งมีความแน่นของดินเพียงพอที่จะสามารถรองรับน้ำหนักของตัวฝายได้โดยไม่เกิดการทรุดตัวแล้ว จะไม่มีปัญหาเรื่องการไหลซึมของน้ำผ่านฐานรากแต่อย่างใด ฐานรากลักษณะนี้จึงเหมาะที่จะเป็นฐานรากของฝายมากที่สุด

8.3.3. ฐานรากที่เป็นทรายและตะกอนทรายละเอียด ฐานรากของฝายที่เป็นทรายและตะกอนทรายละเอียดมักจะพบกันอยู่ทั่วไป ซึ่งดินฐานรากประเภทนี้จะเกิดมาจากการทับถมของทราย และตะกอนทรายขนาดต่าง ๆ ในลำน้ำบนชั้นดินดาน หรือดินเหนียวทึบน้ำ โดยดินทรายและตะกอนทรายละเอียดที่ทับถมกันอยู่ตามธรรมชาตินี้ ส่วนใหญ่จะมีความแน่นมากพอที่จะรองรับน้ำหนักของตัวฝายไว้ได้ โดยไม่เกิดการทรุดตัว แต่ก็จะมีปัญหาสำคัญเกี่ยวกับการรั่วซึมของน้ำลอดใต้ฝายไปได้มาก สำหรับน้ำด้านหน้าฝายซึ่งต้องการจะเก็บกักไว้ใช้ในฤดูแล้งและมีอยู่จำนวนน้อยในลำน้ำ อาจจะรั่วสูญหายหมดไปภายในเวลาอันรวดเร็ว และอีกประการหนึ่งขณะที่น้ำไหลลอดผ่านชั้นทรายไปนั้น นอกจากจะสร้างแรงดันใต้ฝายเพิ่มขึ้นนอกเหนือจากแรงดันน้ำด้านหน้าฝายช่วยดันฝายให้ล้มลงดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ยังจะเกิดแรงตามแนวและทิศทางที่น้ำไหลพัดพาดินบริเวณท้ายฝายที่น้ำรั่วออกมาให้หลุดลอยไปจนเกิดรูโพรง แล้วพื้นฝายและตัวฝายอาจได้รับอันตรายได้ เช่นเดียวกับฐานรากของเขื่อนเก็บกักน้ำที่ได้กล่าวในข้อ 7.3.2 (ข) นั้น

การคำนวณหาจำนวนน้ำที่รั่วซึมลอดใต้ฝาย เพื่อใช้ประกอบเป็นแนวทางในการพิจารณาว่าน้ำจะรั่วหายไปได้มากหรือน้อยเพียงใดโดยประมาณนั้น จะสามารถประมาณได้จากการคำนวณโดยใช้สูตรของ ดาร์ซี (Darcy formula) เหมือนกับการคำนวณหาจำนวนน้ำที่รั่วซึมผ่านฐานรากของเขื่อนดิน ซึ่งได้กล่าวไว้แล้วในข้อ 7.3.2 (ก)

ส่วนการคำนวณหาแรงดันใต้ฝายซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการออกแบบตัวฝาย จะได้กล่าวถึงในข้อ 8.4.3

8.4 การออกแบบตัวฝาย การออกแบบฝายที่จะกล่าวถึงในที่นี้เป็นการออกแบบฝายประเภทถาวร ซึ่งตัวฝายจะมีลักษณะอาคารที่น้ำไม่สามารถไหลผ่านทะลุออกไปได้เหมือนกับฝายที่สร้างด้วยหินทิ้งเป็นคอกหมู หรือฝายชั่วคราวที่สร้างด้วยกิ่งไม้และใบไม้มัดเป็นพ่อนทิ้งอัดลงไปในคอกดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

ในการก่อสร้างฝายให้มีความถาวรที่จะสามารถใช้งานได้คงทนเป็นเวลานานนั้น ตัวฝายที่ทำหน้าที่กักกั้นน้ำจะต้องสร้างด้วยวัสดุที่มีความมั่นคงแข็งแรง และมีวิธีการก่อสร้างที่ประณีตจนน้ำไม่สามารถไหลผ่านตัวฝายและฐานรากไปได้จนเกิดอันตราย และต้องสามารถระบายน้ำสูงสุดที่จะเกิดขึ้นในลำน้ำให้ไหลล้นข้ามไปโดยไม่เกิดความเสียหายแก่ส่วนใดส่วนหนึ่งของฝายด้วย

การออกแบบตัวฝายที่สำคัญ จึงต้องกำหนดให้มีขนาดความยาวมากพอที่จะระบายน้ำให้ล้นข้ามไปได้ โดยระดับน้ำไม่ทันสูงกว่าขอบตลิ่งด้านเหนือน้ำมากแล้วทำให้น้ำไหลอ้อมมากัดเซาะปีกฝายทั้งสองข้าง หรือทำให้เกิดน้ำท่วมพื้นที่เพาะปลูกทางด้านเหนือจนได้รับความเสียหาย นอกจากนี้การออกแบบตัวฝายก็จะต้องกำหนดให้มีขนาดรูปร่างและน้ำหนักที่จะต้านทานแรงดันของน้ำที่กระทำกับตัวฝายได้ในทุกกรณี อีกทั้งการออกแบบเกี่ยวกับฐานรากซึ่งมีขนาดความยาวและความหนาของพื้นฝาย จะต้องมีความพอเหมาะพอดีกับลักษณะดินฐานราก จนฝายสามารถระบายน้ำให้ไหลผ่านไปได้อย่างปลอดภัย โดยไม่มีการกัดเซาะพัดพาดินบริเวณท้ายฝาย หรือเกิดแรงดันใต้พื้นและตัวฝายจนเกิดอันตรายได้ ดังรายละเอียดที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้.-

8.4.1. ฝายถาวรแบบต่าง ๆ จะสร้างด้วยวัสดุที่มีความคงทนถาวรจำพวกเสาไม้ขนาดใหญ่ หินทิ้ง หินก่อ คอนกรีตหรือคอนกรีตเสริมเหล็กเป็นหลัก อายุของฝายส่วนใหญ่จะมีความคงทนอยู่ได้นานและใช้งานได้คุ้มกับค่าลงทุนที่ใช้ไปในการก่อสร้างเสมอ

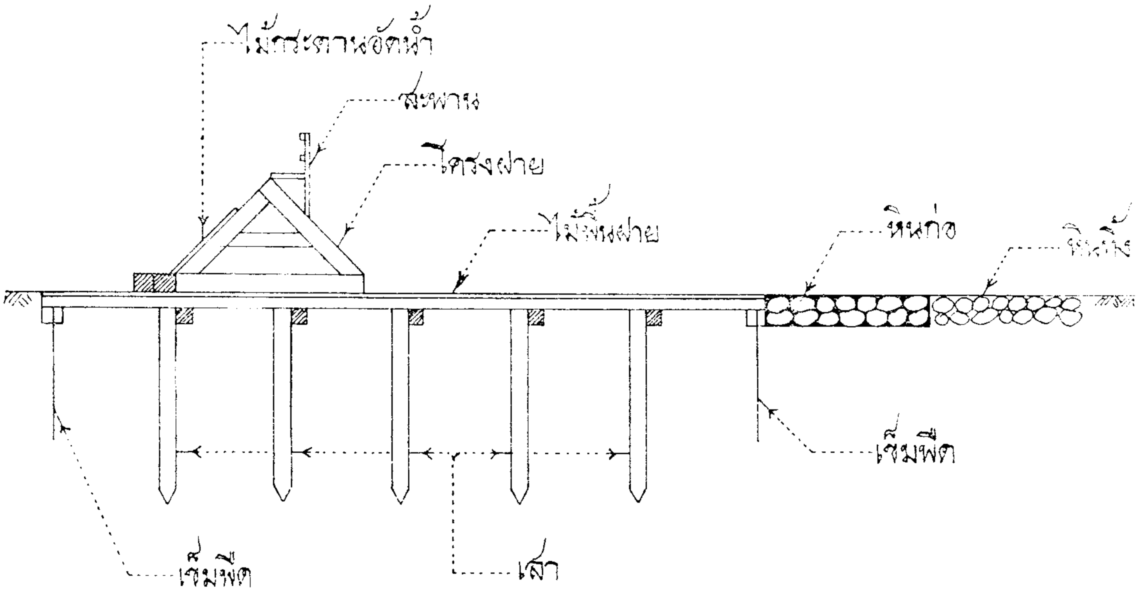
ฝายถาวรที่สำคัญมีอยู่ 4 แบบ ได้แก่

ก. ฝายโครงสร้างไม้ เป็นฝายที่สร้างด้วยไม้เป็นหลัก ด้วยการตอกเสาให้จมลงไปในท้องลำน้ำที่ได้ตกแต่งดินให้เรียบแล้ว โดยเสาที่ตอกลงไปจะมีหลายแนวเป็นระยะ ๆ ตลอดลำน้ำ แล้วติดเคร่าที่หัวเสาสำหรับปูไม้กระดานเป็นพื้นฝาย ซึ่งไม้พื้นฝายนี้ควรจะใช้ขนาดความหนาไม่น้อยกว่า 2 นิ้ว เข้าลิ้นรางให้สนิทจนน้ำไม่สามารถซึมทะลุได้ ส่วนที่ปลายพื้นฝายทั้งด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำ จะตอกเข็มพืดขวางลำน้ำและเลยไปในตลิ่งทั้งสองฝั่งตามความเหมาะสม เพื่อเพิ่มทางเดินของน้ำใต้พื้นฝายให้มีความยาวพอที่น้ำจะไหลลอดใต้ฝายออกไปโดยไม่มีอันตรายทางบริเวณท้ายฝาย

สำหรับตัวฝายจะสร้างโครงฝายด้วยไม้เป็นรูปสามเหลี่ยมให้ติดแน่นอยู่กับพื้นฝาย โดยให้เอนลาดไปทางด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำประมาณ 45° พร้อมกับปิดกั้นแผ่นไม้กระดานเข้าลิ้นกับโครงฝายด้านเหนือน้ำตลอดลำน้ำให้มีความสูงตามที่ต้องการจะทดอัดน้ำนั้น ต่อจากพื้นฝายไป

ทางด้านท้ายน้ำให้ปูหินก่อแล้วต่อด้วยหินทิ้ง สำหรับป้องกันการกัดเซาะของกระแสน้ำที่ไหลตกลงมาจากฝายออกไปอีก ส่วนความยาวของพื้นฝายและเข็มพืดควรจะมีขนาดเท่าใดนั้นสามารถคำนวณได้ ซึ่งจะได้กล่าวถึงในข้อ 8.4.3

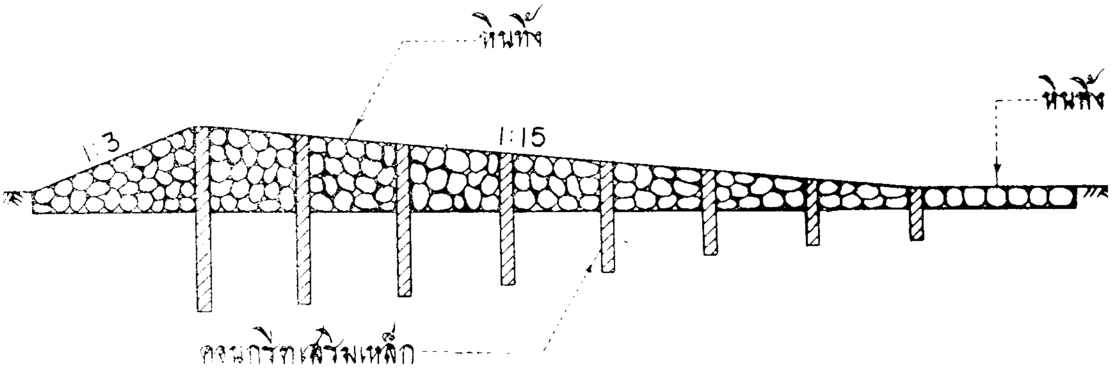
ฝายที่สร้างด้วยไม้ส่วนใหญ่จะเป็นฝายขนาดเล็กแต่ก็ไม่นิยมก่อสร้างกัน เนื่องจากหาไม้ขนาดใหญ่จำนวนมากไม่ได้หรือมีราคาแพง ทำให้การก่อสร้างฝายประเภทนี้มีราคาแพงกว่าการใช้วัสดุอื่นมาก



รูปที่ 8.2 ฝายโครงสร้างไม้

ข. ฝายหินทิ้ง เป็นฝายที่สร้างด้วยวิธีการทิ้งหินขนาดใหญ่ และกรวดหรือหินขนาดเล็กลงในคอกคอนกรีตซึ่งสร้างปิดกั้นลำน้ำให้มีขนาดสูงลดหลั่นกันตามลำดับไปทางด้านเหนือน้ำและด้านท้ายน้ำเป็นรูปคล้ายสามเหลี่ยม โดยที่ลาดฝายด้านเหนือน้ำควรมีขนาดประมาณ 1:3 และและลาดด้านท้ายน้ำประมาณ 1:15 และต่อจากปลายลาดฝายด้านท้ายน้ำควรมีหินทิ้งต่อไปอีกให้ยาวพอสมควร เพื่อป้องกันการกัดเซาะท้องน้ำ สำหรับฐานรากที่เป็นหินโดยตลอด ไม่จำเป็นต้องสร้างคอกคอนกรีตที่บริเวณลำน้ำ แต่ที่ตลิ่งของสองฝั่ง ถ้าเป็นดินทับถมอยู่บนชั้นหินต้องพิจารณาสร้างคอกคอนกรีตบนชั้นหินให้ลึกเข้าไปในตลิ่งตามความเหมาะสม เพื่อป้องกันน้ำไหลกัดเซาะดินที่บริเวณปลายฝายนั้น

ฝายลักษณะนี้เมื่อใช้งานไปในปีแรกๆ มักจะทรุดตัว จึงต้องคอยทิ้งหินเพิ่มให้เต็ม และเมื่อใช้ไปนาน ๆ ตะกอนทรายจะเข้าไปอุดในช่องว่างทำให้ตัวฝายทึบน้ำดียิ่งขึ้น ฝายประเภทนี้มีการก่อสร้างกันน้อยมากเช่นกัน เพราะไม่สามารถจัดหาหินขนาดต่าง ๆ จำนวนมากได้

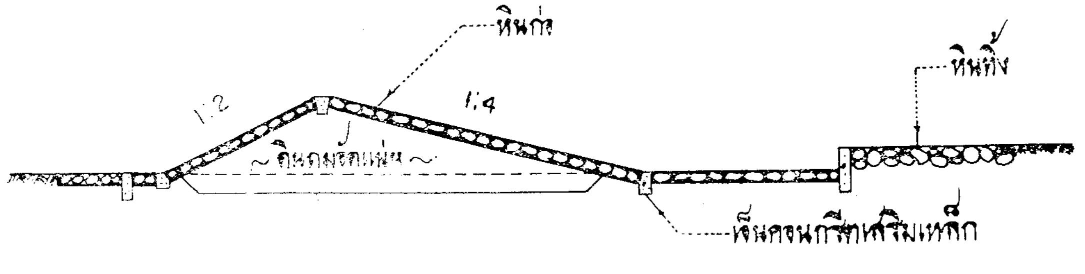


รูปที่ 8.3 ฝายหินทิ้ง

ค. ฝายหินก่อบนดินถมอัดแน่น ฝายลักษณะนี้ได้ออกแบบดัดแปลงมาจากฝายหินทิ้งที่ได้กล่าวในข้อ ข. ซึ่งเมื่อขุดแต่งดินท้องน้ำและลาดตลิ่งสองฝั่งจนเรียบร้อยดีแล้วจะถมดินเหนียวบดทับแน่นขึ้นมาเป็นตัวฝาย โดยมีลาดด้านเหนือน้ำเท่ากับ 1:2 และลาดด้านท้ายน้ำเท่ากับ 1:4 เป็นอย่างน้อย

หลังจากนั้นจึงปูปิดทับด้วยหินก่อซึ่งสร้างด้วยหินขนาดใหญ่ ที่อุดช่องระหว่างหินด้วยคอนกรีตล้วนให้มีความหนาประมาณ 30 – 40 เซ็นติเมตรตลอดตัวฝาย แล้วต่อเลยไปยังพื้นฝายด้านเหนือน้ำและพื้นฝายด้านท้ายน้ำ ตลอดจนที่ลาดตลิ่งจากปลายพื้นฝายด้านเหนือน้ำไปถึงปลายพื้นฝายด้านท้ายน้ำอีกด้วย

ฝายลักษณะนี้ไม่ควรจะสร้างให้สูงจากท้องน้ำมากเกินกว่า 2 เมตร ซึ่งนิยมก่อสร้างกันทั่วไปเพราะมีราคาไม่สูงเกินไปนัก

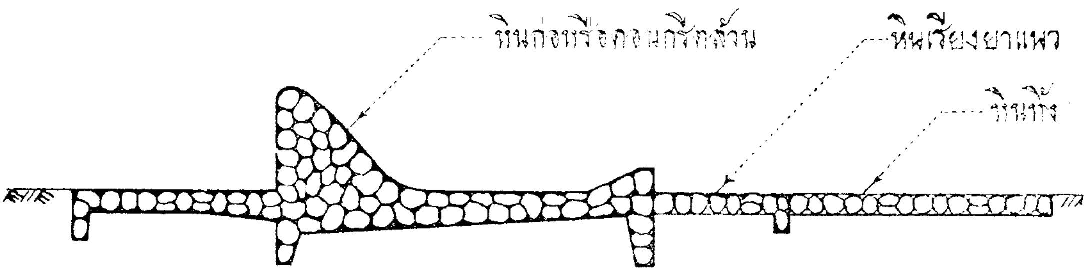


รูปที่ 8.4 ฝายหินก่อบนดินถมอัดแน่น

ง. ฝายคอนกรีต ฝายที่นิยมก่อสร้างกันอยู่ทั่วไปได้แก่ฝายที่สร้างด้วยหินก่อหรือคอนกรีตล้วนฝายลักษณะนี้มักจะมีราคาค่อนข้างแพง จึงต้องมีการคำนวณออกแบบเพื่อกำหนดขนาดและรูปร่างฝายให้มีความเหมาะสมเท่าที่จำเป็นเท่านั้น อีกทั้งในการก่อสร้างก็จะต้องจัดทำอย่างประณีต เพื่อให้สิ้นเปลืองวัสดุน้อยและมีความมั่นคงแข็งแรงมากที่สุดอีกด้วย

ตัวฝายที่สร้างอยู่บนท้องน้ำเป็นหินหรือดินที่แข็งที่น้ำไม่กัดเซาะ หรือไหลลอดใต้ฝายไปได้นั้น ไม่จำเป็นจะต้องสร้างพื้นฝายหรือมีการป้องกันท้องลำน้ำแต่อย่างใด แต่ถ้าท้องน้ำเป็นดินหรือทรายทั่วๆ ไปแล้ว จะต้องออกแบบให้มีพื้นฝายทั้งด้านท้ายน้ำ ด้านเหนือน้ำ และที่ลาดตลิ่งทั้งสองฝั่งด้วย โดยพื้นฝายด้านท้ายน้ำจะต้องมีความยาวที่สามารถป้องกันการกัดเซาะจากน้ำที่ไหลตกลงมาจากสันฝายได้ และต่อจากตัวฝายขึ้นไปทางด้านเหนือน้ำก็จะต้องออกแบบให้มีพื้นฝายยาวขึ้นไประยะหนึ่ง แล้วหักฝั่งลงในท้องลำน้ำโดยตลอดขึ้นไปยังลาดตลิ่งทั้งสองฝั่ง เพื่อเพิ่มระยะทางเดินของน้ำใต้ฝายให้มากขึ้นตามความเหมาะสม

ส่วนรูปร่างของตัวฝายโดยทั่วไปจะออกแบบให้มีลักษณะคล้ายสี่เหลี่ยมคางหมู (รูปตัด) โดยมีด้านตั้งอยู่ทางเหนือน้ำ และด้านท้ายน้ำจะค่อยลาดลงไปหาพื้นฝาย ส่วนสัดของฝายจะต้องมีความหนาให้มีน้ำหนักพอที่จะต้านแรงดันของน้ำได้ และนอกจากนี้ที่บริเวณสันฝาย และลาดฝายด้านท้ายน้ำส่วนใหญ่จะแต่งให้มีลักษณะมนและโค้งกลมกลืนกัน เพื่อให้น้ำไหลเรียบและลดแรงกระแทกบนพื้นฝายอีกด้วย



รูปที่ 8.5 ฝายคอนกรีต

8.4.2. ความยาวของสันฝาย ฝายที่ก่อสร้างปิดกั้นลำน้ำโดยทั่วไปจะต้องมีการกำหนดความยาวของสันฝายให้มีขนาดที่สามารถระบายน้ำที่จะไหลนองมามากที่สุดในรอบปีต่าง ๆ ให้ไหลข้ามฝายไปได้ และระดับน้ำด้านหน้าฝายก็จะต้องไม่ทำให้เกิดน้ำท่วมพื้นที่ด้านเหนือน้ำมากเกินควร หรือเกิดน้ำไหลบ่าท่วมตลิ่งเข้ามากัดเซาะปีกฝายสองฝั่งลำน้ำจนทำให้เกิดอันตรายอีกด้วย

ดังนั้น การคำนวณหาขนาดความยาวของสันฝายให้พอเหมาะกับปริมาณน้ำสูงสุดที่จะระบายจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง โดยจะต้องทราบปริมาณน้ำนองมากที่สุดของลำน้ำ (ข้อ 6.3) และระดับน้ำสูงสุดในลำน้ำเสียก่อน แล้วจึงทำการคำนวณได้จากสูตร ดังนี้.-

$$Q = CLH^{3/2} \qquad (2)$$

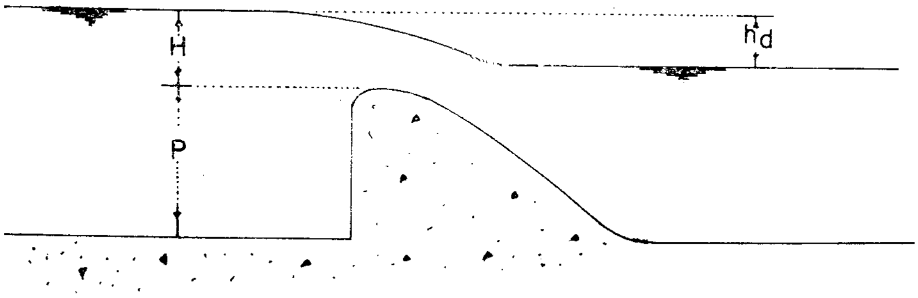
เมื่อ

Q = ปริมาณน้ำไหลข้ามสันฝาย ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

C = สัมประสิทธิ์ในการระบายน้ำข้ามสันฝาย ซึ่งจะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามความสูงของฝาย รูปร่างของสันฝายและลาดของตัวฝายตลอดจนระดับน้ำด้านท้ายฝายนั้นจะสูงกว่าระดับสันฝายเพียงไรหรือไม่ ดูตารางที่ 8.1 และ 8.2

L = ความยาวของสันฝาย เมตร

H = ความลึกของน้ำนิ่งด้านหน้าฝายเหนือสันฝาย (ใช้ค่าความลึกนี้ในการคำนวณ ซึ่ง "L" จะมากกว่าความเป็นจริงเพียงเล็กน้อย) เมตร



รูปที่ 8.6 แสดงการไหลของน้ำข้ามสันฝาย สำหรับการคำนวณ โดยสูตร $Q = CLH^{3/2}$

ตารางที่ 8.1 *สัมประสิทธิ์ "C" สำหรับการไหลของน้ำข้ามฝายที่มีสันฝายแบนและกว้าง

ความกว้างของสันฝาย	ความลึกของน้ำด้านหน้าฝายเหนือสันฝาย (H)	C
15 ซ.ม.	30 ซ.ม. ขึ้นไป	1.82
30 ซ.ม.	30 ซ.ม. – 50 ซ.ม.	1.65
	60 ซ.ม. ขึ้นไป	1.82
45 ซ.ม.	30 ซ.ม. – 40 ซ.ม.	1.57
	50 ซ.ม. – 60 ซ.ม.	1.65
	70 ซ.ม. ขึ้นไป	1.82
60 ซ.ม.	30 ซ.ม. – 40 ซ.ม.	1.49
	50 ซ.ม. – 60 ซ.ม.	1.57
	70 ซ.ม. – 80 ซ.ม.	1.65
	90 ซ.ม. ขึ้นไป	1.82
100 ซ.ม.	30 ซ.ม. – 40 ซ.ม.	1.46
	50 ซ.ม. – 60 ซ.ม.	1.49
	70 ซ.ม. – 80 ซ.ม.	1.57
	90 ซ.ม. – 100 ซ.ม.	1.68
	110 ซ.ม. ขึ้นไป	1.82

*สำหรับการไหลของน้ำข้ามฝายเมื่อระดับน้ำด้านท้ายน้ำต่ำกว่าสันฝาย

ตารางที่ 8.2 *สัมประสิทธิ์ "C" สำหรับการไหลของน้ำข้ามฝายที่มีสันฝายมน และตัวฝายด้านเหนือน้ำมีแนวตรง

อัตราส่วนระหว่างความสูงของฝายต่อความลึกของน้ำด้านหน้าฝายเหนือสันฝาย (P/H)	C
0	1.74
0.1	1.88
0.2	1.96
0.3	2.03
0.4	2.07
0.5	2.10
1.0	2.14
1.5	2.15
2.0	2.16
2.5	2.17
3.0	2.18

*สำหรับการไหลของน้ำข้ามฝายเมื่อระดับน้ำด้านท้ายน้ำต่ำกว่าสันฝาย

ตารางที่ 8.3 *สัมประสิทธิ์สำหรับคูณค่า "C" ในตารางที่ 8.1 และตาราง 8.2
ในกรณีที่ระดับน้ำท้ายฝายสูงกว่าสันฝาย

อัตราส่วนระหว่างความลึกของน้ำด้านเหนือและท้ายฝายที่ต่างกันต่อความลึกของน้ำด้านหน้าฝายเหนือสันฝาย (h_d /H)	สัมประสิทธิ์สำหรับคูณค่า "C"
0.05	0.46
0.10	0.65
0.15	0.78
0.20	0.86
0.30	0.93
0.40	0.96
0.50	0.97
0.60	0.98
0.70	0.99

*สัมประสิทธิ์สำหรับคูณค่า "C" ในตารางที่ 8.1 และตารางที่ 8.2 นี้ จะใช้ในการคำนวณตามสูตร (2) ในกรณีที่ระดับน้ำด้านท้ายฝายสูงกว่าสันฝาย

ตารางที่ 8.4 ค่าของ $H^{3/2}$ (H เป็นเมตร)

H เมตร	$H^{3/2}$
0.1	0.032
0.2	0.089
0.3	0.164
0.4	0.253
0.5	0.354
0.6	0.465
0.7	0.586
0.8	0.716
0.9	0.854
1.0	1.000
1.1	1.154
1.2	1.315
1.3	1.482
1.4	1.657
1.5	1.837
1.6	2.024
1.7	2.217
1.8	2.415
1.9	2.619
2.0	2.828
2.5	3.953
3.0	5.196

ตัวอย่าง ต้องการจะสร้างฝายปิดกั้นลำน้ำธรรมชาติแห่งหนึ่งมีความสูง 3.0 เมตร โดยจะสร้างด้วยหินก่อให้มีตัวฝายด้านเหนือน้ำเป็นแนวตรง และสันฝายมีลักษณะโค้งมนลงมายังพื้นฝายด้านท้ายน้ำ ในฤดูน้ำจะมีน้ำหลากลงมายังที่ตั้งฝายสูงสุดประมาณ 20 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที และมีความลึกสูงสุดในลำน้ำด้านท้ายฝายประมาณ 3.5 เมตร

ถ้าต้องการให้ระดับน้ำด้านหน้าฝายในขณะที่มีน้ำไหลข้ามฝายมากที่สุด สูงกว่าสันฝายไม่เกิน 1.0 เมตร อยากทราบว่าควรจะกำหนดให้สันฝายมีความยาวเท่าไรจึงจะเหมาะสม

วิธีคำนวณ

อัตราส่วนระหว่างความสูงของฝายต่อความลึกของน้ำด้านหน้าฝายเหนือสันฝาย $(\frac{P}{H})$

$$= \frac{3.0}{1.0}$$

$$= 3.0$$

จากตารางที่ 8.2 ได้ค่า $C = 2.18$

อัตราส่วนระหว่างความลึกของน้ำด้านเหนือและท้ายฝายที่ต่างกัน ต่อความลึกของน้ำด้านหน้าฝายเหนือสันฝาย $(\frac{h_d}{H})$

$$= \frac{(3.0 + 1.0) - 3.5}{1.0}$$

$$= 0.50$$

∴ สัมประสิทธิ์สำหรับคูณค่า "C" จากตารางที่ 8.3 = 0.97

จากสูตร $Q = CLH^{3/2}$ จะสามารถคำนวณหาความยาวของสันฝายได้

$$\therefore \quad 20 = 0.97 \times 2.18 \times L\ (1.0)^{3/2}$$

จากตารางที่ 8.4 $(1.0)^{3/2} = 1.0$

$$\therefore \quad L = \frac{20}{0.97 \times 2.18 \times 1}$$

$$= 9.46 \text{ เมตร}$$

∴ ควรสร้างฝายให้มีสันฝายยาว 10.0 เมตร **ตอบ**

ตารางที่ 8.5 ปริมาณน้ำไหลข้ามสันฝายเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที สำหรับการไหลของน้ำข้ามฝายที่มีสันฝายแบนและกว้าง 100 เซ็นติเมตร เมื่อระดับน้ำท้ายฝายต่ำกว่าสันฝาย

จากสูตร $Q = CLH^{3/2}$

ความลึกของน้ำเหนือสันฝาย (H) เมตร	ความยาวของสันฝาย (L) เมตร						
	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00
0.30	0.24	0.36	0.48	0.60	0.72	0.84	0.96
0.40	0.37	0.55	0.74	0.92	1.11	1.29	1.48
0.50	0.53	0.79	1.05	1.32	1.58	1.84	2.11
0.60	0.69	1.04	1.39	1.73	2.08	2.42	2.77
0.70	0.92	1.38	1.84	2.30	2.76	3.22	3.68
0.80	1.12	1.69	2.25	2.81	3.37	3.93	4.49
0.90	1.44	2.15	2.87	3.59	4.30	5.02	5.74
1.00	1.68	2.52	3.36	4.20	5.04	5.88	6.72
1.10	2.10	3.15	4.20	5.25	6.30	7.35	8.40
1.20	2.39	3.59	4.79	5.98	7.18	8.37	9.57
1.30	2.70	4.05	5.40	6.74	8.09	9.44	10.79
1.40	3.02	4.52	6.03	7.54	9.05	10.55	12.06
1.50	3.34	5.02	6.69	8.36	10.03	11.70	13.37

ตารางที่ 8.5 ปริมาณน้ำไหลข้ามสันฝายเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที สำหรับการไหลของน้ำข้ามฝายที่มีสันฝายแบนและกว้าง 100 เซ็นติเมตร เมื่อระดับน้ำท้ายฝายต่ำกว่าสันฝาย (ต่อ)

จากสูตร $Q = CLH^{3/2}$

ความลึกของน้ำเหนือสันฝาย (H) เมตร	ความยาวของสันฝาย (L) เมตร							
	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00
0.30	1.08	1.20	1.32	1.44	1.56	1.68	1.80	1.92
0.40	1.66	1.85	2.03	2.22	2.40	2.59	2.77	2.96
0.50	2.37	2.63	2.90	3.16	3.42	3.69	3.95	4.21
0.60	3.12	3.46	3.81	4.16	4.50	4.85	5.19	5.54
0.70	4.14	4.60	5.06	5.52	5.98	6.44	6.90	7.36
0.80	5.06	5.62	6.18	6.74	7.30	7.86	8.43	8.99
0.90	6.46	7.17	7.89	8.61	9.32	10.04	10.76	11.48
1.00	7.56	8.40	9.24	10.08	10.92	11.76	12.60	13.44
1.10	9.45	10.50	11.55	12.60	13.65	14.70	15.75	16.80
1.20	10.77	11.96	13.16	14.36	15.55	16.75	17.94	19.14
1.30	12.14	13.49	14.84	16.19	17.54	18.88	20.23	21.58
1.40	13.57	15.07	16.58	19.09	19.60	21.10	22.61	24.12
1.50	15.05	16.72	18.39	20.06	21.73	23.41	25.08	26.75

ตารางที่ 8.5 ปริมาณน้ำไหลข้ามสันฝายเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที สำหรับการไหลของน้ำข้ามฝายที่มีสันฝายแบนและกว้าง 100 เซ็นติเมตร เมื่อระดับน้ำท้ายฝายต่ำกว่าสันฝาย (ต่อ)

จากสูตร $Q = CLH^{3/2}$

ความลึกของน้ำเหนือสันฝาย (H) เมตร	ความยาวของสันฝาย (L) เมตร							
	8.50	9.00	9.50	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00
0.30	2.04	2.16	2.28	2.40	2.64	2.88	3.12	3.36
0.40	3.14	3.32	3.51	3.69	4.06	4.43	4.80	5.17
0.50	4.48	4.74	5.01	5.27	5.80	6.32	6.85	7.38
0.60	5.89	6.23	6.58	6.93	7.62	8.31	9.00	9.70
0.70	7.82	8.28	8.74	9.20	10.12	11.03	11.95	12.87
0.80	9.55	10.11	10.67	11.23	12.36	13.48	14.60	15.73
0.90	12.19	12.91	13.63	14.34	15.78	17.21	18.65	20.08
1.00	14.28	15.12	15.96	16.80	18.48	20.16	21.84	23.52
1.10	17.85	18.90	19.95	21.00	23.10	25.20	27.30	29.40
1.20	20.34	21.53	22.73	23.93	26.32	28.71	31.10	33.50
1.30	22.93	24.28	25.63	26.98	29.68	32.37	35.07	37.77
1.40	25.63	27.13	28.64	30.15	33.16	36.18	39.19	42.21
1.50	28.42	30.09	31.76	33.44	36.78	40.12	43.47	46.81

ตารางที่ 8.5 ปริมาณน้ำไหลข้ามสันฝายเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที สำหรับการไหลของน้ำข้ามฝายที่มีสันฝายแบนและกว้าง 100 เซ็นติเมตร เมื่อระดับน้ำท้ายฝายต่ำกว่าสันฝาย (ต่อ)

จากสูตร $Q = CLH^{3/2}$

ความลึกของน้ำเหนือสันฝาย (H) เมตร	ความยาวของสันฝาย (L) เมตร							
	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00
0.30	3.60	3.84	4.08	4.32	4.56	4.80	5.04	5.28
0.40	5.54	5.91	6.28	6.65	7.02	7.39	7.76	8.13
0.50	7.90	8.43	8.96	9.48	10.01	10.54	11.06	11.59
0.60	10.39	11.08	11.77	12.47	13.16	13.85	14.54	15.24
0.70	13.79	14.71	15.63	16.55	17.47	18.39	19.31	20.23
0.80	16.85	17.97	19.10	20.22	21.35	22.47	23.59	24.72
0.90	21.52	22.95	24.39	25.82	27.25	28.69	30.12	31.56
1.00	25.20	26.88	28.56	30.24	31.92	33.60	35.28	36.96
1.10	31.50	33.60	35.70	37.80	39.90	41.99	44.09	46.19
1.20	35.89	38.28	40.67	43.07	45.46	47.85	50.24	52.64
1.30	40.47	43.16	45.86	48.56	51.26	53.95	56.65	59.35
1.40	45.22	48.24	51.25	54.27	57.28	60.30	63.31	66.33
1.50	50.16	53.50	56.84	60.19	63.53	66.87	70.22	73.56

ตารางที่ 8.5 ปริมาณน้ำไหลข้ามสันฝายเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที สำหรับการไหลของน้ำข้ามฝายที่มีสันฝายแบนและกว้าง 100 เซ็นติเมตร เมื่อระดับน้ำท้ายฝายต่ำกว่าสันฝาย (ต่อ)

จากสูตร $Q = CLH^{3/2}$

ความลึกของน้ำเหนือสันฝาย (H) เมตร	ความยาวของสันฝาย (L) เมตร							
	23.00	24.00	25.00	26.00	27.00	28.00	29.00	30.00
0.30	5.52	5.76	6.00	6.24	6.48	6.72	6.96	7.20
0.40	8.50	8.87	9.24	9.60	9.97	10.34	10.71	11.08
0.50	12.12	12.64	13.17	13.70	14.22	14.75	15.28	15.80
0.60	15.93	16.62	17.31	18.01	18.70	19.39	20.08	20.78
0.70	21.15	22.07	22.99	23.91	24.83	25.75	26.67	27.59
0.80	25.84	26.96	28.09	29.21	30.33	31.46	32.58	33.70
0.90	32.99	34.43	35.86	37.30	38.73	40.16	41.60	43.03
1.00	38.64	40.32	42.00	43.68	45.36	47.04	48.72	50.40
1.10	48.29	50.39	52.49	54.59	56.69	58.79	60.89	62.99
1.20	55.03	57.42	59.81	62.21	64.60	66.99	69.38	71.78
1.30	62.05	64.74	67.44	70.14	72.84	75.54	78.23	80.93
1.40	69.34	72.36	75.37	78.39	81.40	84.42	87.43	90.45
1.50	76.90	80.25	83.59	86.98	90.28	93.62	96.96	100.31

ตารางที่ 8.5 ปริมาณน้ำไหลข้ามสันฝายเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที สำหรับการไหลของน้ำข้ามฝายที่มีสันฝายแบนและกว้าง 100 เซ็นติเมตร เมื่อระดับน้ำท้ายฝายต่ำกว่าสันฝาย (ต่อ)

จากสูตร $Q = CLH^{3/2}$

ความลึกของน้ำเหนือสันฝาย (H) เมตร	ความยาวของสันฝาย (L) เมตร							
	31.00	32.00	33.00	34.00	35.00	36.00	37.00	38.00
0.30	7.44	7.68	7.92	8.16	8.40	8.64	8.88	9.12
0.40	11.45	11.82	12.19	12.56	12.93	13.30	13.67	14.04
0.50	16.33	16.86	17.38	17.91	18.44	18.97	19.49	20.02
0.60	21.47	22.16	22.85	23.55	24.24	24.93	25.62	26.32
0.70	28.50	29.42	30.34	31.26	32.18	33.10	34.02	34.94
0.80	34.83	35.95	37.07	38.20	39.32	40.44	41.57	42.69
0.90	44.47	45.90	47.34	48.77	50.20	51.64	53.07	54.51
1.00	52.08	53.76	55.44	57.12	58.80	60.48	62.16	63.84
1.10	65.09	67.19	69.29	71.39	73.49	75.59	77.69	79.79
1.20	74.17	76.56	78.95	81.35	83.74	86.13	88.52	90.92
1.30	83.63	86.33	89.02	91.72	94.42	97.12	99.81	102.51
1.40	93.46	96.48	99.49	102.50	105.52	108.53	111.55	114.56
1.50	103.65	107.00	110.34	113.68	117.03	120.37	123.71	127.06

ตารางที่ 8.6 ปริมาณน้ำไหลข้ามสันฝายเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที สำหรับการไหลของน้ำข้ามฝายที่มีสันฝายมน และตัวฝายด้านเหนือน้ำมีแนวตรง เมื่อระดับน้ำท้ายฝายต่ำกว่าสันฝาย

จากสูตร $Q = CLH^{3/2}$; $P/H = 0$, $C = 1.74$

ความลึกของน้ำเหนือสันฝาย (H) เมตร	ความยาวของสันฝาย (L) เมตร										
	1.00	2.00	3.00	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00	35.00	40.00
0.30	0.29	0.57	0.86	1.43	2.86	4.29	5.72	7.15	8.58	10.01	11.44
0.40	0.44	0.88	1.32	2.20	4.40	6.60	8.80	11.01	13.21	15.41	17.61
0.50	0.62	1.23	1.85	3.08	6.15	9.23	12.30	15.38	18.46	21.53	24.61
0.60	0.81	1.62	2.43	4.04	8.09	12.13	16.17	20.22	24.26	28.30	32.35
0.70	1.02	2.04	3.06	5.10	10.19	15.29	20.38	25.48	30.57	35.67	40.76
0.80	1.25	2.49	3.74	6.23	12.45	18.68	24.90	31.13	37.35	43.58	49.80
0.90	1.49	2.97	4.46	7.43	14.86	22.29	29.71	37.14	44.57	52.00	59.43
1.00	1.74	3.48	5.22	8.70	17.40	26.10	34.80	43.50	52.20	60.90	69.60
1.10	2.01	4.02	6.02	10.04	20.07	30.11	40.15	50.19	60.22	70.26	80.30
1.20	2.29	4.58	6.86	11.44	22.87	34.31	45.75	57.18	68.62	80.06	91.49
1.30	2.58	5.16	7.74	12.90	25.79	38.69	51.58	64.48	77.37	90.27	103.16
1.40	2.88	5.77	8.65	14.41	28.82	43.24	57.65	72.06	86.47	100.88	115.29
1.50	3.20	6.39	9.59	15.98	31.97	47.95	63.93	79.92	95.90	111.88	127.86

ตารางที่ 8.7 ปริมาณน้ำไหลข้ามสันฝายเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที สำหรับการไหลของน้ำข้ามฝายที่มีสันฝายมน และตัวฝายด้านเหนือน้ำมีแนวตรง เมื่อระดับน้ำท้ายฝายต่ำกว่าสันฝาย

จากสูตร $Q = CLH^{3/2}$; $P/H = 0.1$, $C = 1.88$

ความลึกของน้ำเหนือสันฝาย (H) เมตร	ความยาวของสันฝาย (L) เมตร										
	1.00	2.00	3.00	5.00	10.00	15 00	20.00	25.00	30.00	35.00	40.00
0.30	0.31	0.62	0.93	1.55	3.09	4.63	6.18	7.72	9.27	10.81	12.36
0.40	0.48	0.95	1.43	2.38	4.76	7.13	9.51	11.89	14.27	16.65	19.02
0.50	0.67	1.33	1.99	3.32	6.65	9.97	13 29	16.62	19.94	23.27	26.59
0.60	0.87	1.75	2.62	4.37	8.74	13.11	17.48	21.84	26.21	30.58	34.95
0.70	1.10	2.20	3.30	5.51	11.01	16.52	22.02	27.53	33.03	38.54	44.04
0.80	1.35	2.69	4.04	6.73	13.45	20.18	26.90	33.63	40.36	47.08	53.81
0.90	1.61	3.21	4.82	8.03	16.05	24.08	32.10	40.13	48.16	56.18	64.21
1.00	1.88	3.76	5.64	9.40	18.80	28.20	37.60	47.00	56.40	65.80	75.20
1.10	2.17	4.34	6.51	10.85	21.69	32.53	43.38	54.22	65.07	75.91	86.76
1.20	2.47	4.94	7.41	12.36	24.71	37.07	49.43	61.78	74.14	86.50	98.85
1.30	2.79	5.57	8.36	13.93	27.87	41.80	55.73	69.67	83.60	97.53	111.46
1.40	3.11	6.23	9.34	15.57	31.14	46.71	62.28	77.86	93.43	109.00	124.57
1.50	3.45	6.91	10.36	17.27	34.54	51.81	69.08	86.35	103.61	120.88	138.15

ตารางที่ 8.8 ปริมาณน้ำไหลข้ามสันฝายเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที สำหรับการไหลของน้ำข้ามฝายที่มีสันฝายมน และตัวฝายด้านเหนือน้ำมีแนวตรง เมื่อระดับน้ำท้ายฝายต่ำกว่าสันฝาย

จากสูตร $Q = CLH^{3/2}$; $P/H = 0.2$, $C = 1.96$

ความลึกของน้ำเหนือสันฝาย (H) เมตร	ความยาวของสันฝาย (L) เมตร										
	1.00	2.00	3.00	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00	35.00	40.00
0.30	0.32	0.64	0.97	1.61	3.22	4.83	6.44	8.05	9.66	11.27	12.88
0.40	0.50	0.99	1.49	2.48	4.96	7.44	9.92	12.40	14.88	17.35	19.83
0.50	0.69	1.39	2.08	3.47	6.93	10.40	13.86	17.33	20.79	24.26	27.72
0.60	0.91	1.82	2.73	4.56	9.11	13.66	18.22	22.77	27.33	31.88	36.44
0.70	1.15	2.30	3.44	5.74	11.48	17.22	22.96	28.70	34.44	40.18	45.92
0.80	1.40	2.81	4.21	7.01	14.03	21.04	28.05	35.06	42.08	49.09	56.10
0.90	1.67	3.35	5.02	8.37	16.74	25.10	33.47	41.84	50.21	58.57	66.94
1.00	1.96	3.92	5.88	9.80	19.60	29.40	39.20	49.00	58.80	68.60	78.40
1.10	2.26	4.52	6.78	11.31	22.61	33.92	45.22	56.53	67.84	79.14	90.45
1.20	2.58	5.15	7.73	12.88	25.77	38.65	51.53	64.41	77.30	90.18	103.06
1.30	2.91	5.81	8.72	14.53	29.05	43.58	58.10	72.63	87.16	101.68	116.21
1.40	3.25	6.49	9.74	16.23	32.47	48.70	64.93	81.17	97.40	113.64	129.87
1.50	3.60	7.20	10.80	18.00	36.01	54.01	72.02	90.02	108.02	126.03	144.03

ตารางที่ 8.9 ปริมาณน้ำไหลข้ามสันฝายเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที สำหรับการไหลของน้ำข้ามฝายที่มีสันฝายมน และตัวฝายด้านเหนือน้ำมีแนวตรง เมื่อระดับน้ำท้ายฝายต่ำกว่าสันฝาย

จากสูตร $Q = CLH^{3/2}$; $P/H = 0.3$, $C = 2.03$

ความลึกของน้ำเหนือสันฝาย (H) เมตร	ความยาวของสันฝาย (L) เมตร										
	1.00	2.00	3.00	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00	35.00	40.00
0.30	0.33	0.67	1.00	1.67	3.34	5.00	6.67	8.34	10.01	11.68	13.34
0.40	0.51	1.03	1.54	2.57	5.14	7.70	10.27	12.84	15.41	17.98	20.54
0.50	0.72	1.44	2.15	3.59	7.18	10.77	14.35	17.94	21.53	25.12	28.71
0.60	0.94	1.89	2.83	4.72	9.44	14.15	18.87	23.59	28.31	33.02	37.74
0.70	1.19	2.38	3.57	5.95	11.89	17.63	23.78	29.72	35.67	41.61	47.56
0.80	1.45	2.91	4.36	7.26	14.53	21.79	29.05	[illegible]	43.58	50.84	58.10
0.90	1.73	3.47	5.20	8.67	17.33	26.00	34.66	43.33	52.00	60.66	[illegible]
1.00	2.03	4.06	6.09	10.15	20.30	30.45	40.60	50.75	60.90	71.05	81.20
1.10	2.34	4.68	7.03	11.71	23.42	35.13	46.84	58.55	70.26	81.97	93.68
1.20	2.67	5.34	8.01	13.34	26.69	40.03	53.37	66.71	80.06	93.40	106.74
1.30	3.01	6.02	9.03	15.05	30.09	45.13	60.18	75.22	90.27	105.31	120.36
1.40	3.36	6.73	10.09	16.81	33.63	50.44	67.25	84.07	100.88	117.70	134.51
1.50	3.73	7.46	11.19	18.65	37.29	55.94	74.59	93.23	111.88	130.53	149.17

ตารางที่ 8.10 ปริมาณน้ำไหลข้ามสันฝายเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที สำหรับการไหลของน้ำข้ามฝายที่มีสันฝายมน และตัวฝายด้านเหนือน้ำมีแนวตรง เมื่อระดับน้ำท้ายฝายต่ำกว่าสันฝาย

จากสูตร $Q = CLH^{3/2}$; $P/H = 0.4$, $C = 2.07$

ความลึกของน้ำเหนือสันฝาย (H) เมตร	ความยาวของสันฝาย (L) เมตร										
	1.00	2.00	3.00	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00	35.00	40.00
0.30	0.34	0.68	1.02	1.70	3.40	5.10	6.80	8.50	10.20	11.90	13.60
0.40	0.52	1.05	1.57	2.62	5.24	7.86	10.47	13.09	15.71	18.33	20.95
0.50	0.73	1.46	2.20	3.66	7.32	10.98	14.64	18.30	21.96	25.62	29.28
0.60	0.96	1.92	2.89	4.81	9.62	14.43	19.24	24.05	28.86	33.67	38.48
0.70	1.21	2.43	3.64	6.06	12.12	18.19	24.25	30.31	36.37	42.43	48.49
0.80	1.48	2.96	4.44	7.41	14.81	22.22	29.62	37.03	44.44	51.84	59.25
0.90	1.77	3.54	5.30	8.84	17.67	26.51	35.35	44.19	53.02	61.86	70.70
1.00	2.07	4.14	6.21	10.35	20.70	31.05	41.40	51.75	62.10	72.45	82.80
1.10	2.39	4.78	7.16	11.94	23.88	35.82	47.76	59.70	71.64	83.58	95.53
1.20	2.72	5.44	8.16	13.61	27.21	40.82	54.42	68.03	81.63	95.24	108.84
1.30	3.07	6.14	9.21	15.34	30.68	46.02	61.36	76.71	92.05	107.39	122.73
1.40	3.43	6.86	10.29	17.15	34.29	51.44	68.58	85.73	102.87	120.02	137.16
1.50	3.80	7.61	11.41	19.01	38.03	57.04	76.06	95.07	114.09	133.10	152.11

ตารางที่ 8.11 ปริมาณน้ำไหลข้ามสันฝายเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที สำหรับการไหลของน้ำข้ามฝายที่มีสันฝายมนและตัวฝายด้านเหนือน้ำมีแนวตรง เมื่อระดับน้ำท้ายฝายต่ำกว่าสันฝาย

จากสูตร $Q = CLH^{3/2}$; $P/H = 0.5$, $C = 2.10$

ความลึกของน้ำเหนือสันฝาย (H) เมตร	ความยาวของสันฝาย (L) เมตร										
	1.00	2.00	3.00	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00	35.00	40.00
0.30	0.35	0.69	1.04	1.73	3.45	5.18	6.90	8.63	10.35	12.08	13.80
0.40	0.53	1.06	1.59	2.66	5.31	7.97	10.63	13.28	15.94	18.60	21.25
0.50	0.74	1.49	2.23	3.71	7.43	11.14	14.85	18.56	22.28	25.99	29.70
0.60	0.98	1.95	2.93	4.88	9.76	14.64	19.52	24.40	29.28	34.16	39.04
0.70	1.23	2.46	3.69	6.15	12.30	18.45	24.60	30.75	36.90	43.05	49.20
0.80	1.50	3.01	4.51	7.51	15.03	22.54	30.05	37.57	45.08	52.59	60.11
0.90	1.79	3.59	5.38	8.97	17.93	26.90	35.86	44.83	53.79	62.76	71.72
1.00	2.10	4.20	6.30	10.50	21.00	31.50	42.00	52.50	63.00	73.50	84.00
1.10	2.42	4.85	7.27	12.11	24.23	36.34	48.46	60.57	72.68	84.80	96.91
1.20	2.76	5.52	8.28	13.80	27.61	41.41	55.21	69.01	82.82	96.62	110.42
1.30	3.11	6.23	9.34	15.56	31.13	46.69	62.25	77.82	93.38	108.95	124.51
1.40	3.48	6.96	10.44	17.39	34.79	52.18	69.57	86.97	104.36	121.76	139.15
1.50	3.86	7.72	11.57	19.29	38.58	57.87	77.16	96.45	115.74	135.03	154.32

ตารางที่ 8.12 ปริมาณน้ำไหลข้ามสันฝายเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที สำหรับการไหลของน้ำข้ามฝายที่มีสันฝายมน และตัวฝายด้านเหนือน้ำมีแนวตรง เมื่อระดับน้ำท้ายฝายต่ำกว่าสันฝาย

จากสูตร $Q = CLH^{3/2}$; $P/H = 1.0$, $C = 2.14$

ความลึกของน้ำเหนือสันฝาย (H) เมตร	ความยาวของสันฝาย (L) เมตร										
	1.00	2.00	3.00	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00	35.00	40.00
0.30	0.35	0.70	1.06	1.76	3.52	5.27	7.03	8.79	10.55	12.31	14.07
0.40	0.54	1.08	1.62	2.71	5.41	8.12	10.83	13.54	16.24	18.95	21.66
0.50	0.76	1.51	2.27	3.78	7.57	11.35	15.13	18.92	22.70	26.48	30.26
0.60	1.00	1.99	2.98	4.97	9.95	14.92	19.89	24.87	29.84	34.81	39.78
0.70	1.25	2.51	3.76	6.27	12.53	18.80	25.07	31.33	37.60	43.87	50.13
0.80	1.53	3.06	4.59	7.66	15.31	22.97	30.63	38.28	45.94	53.60	61.25
0.90	1.83	3.65	5.48	9.14	18.27	27.41	36.54	45.66	54.82	63.95	73.09
1.00	2.14	4.28	6.42	10.70	21.40	32.10	42.80	53.50	64.20	74.90	85.60
1.10	2.47	4.94	7.41	12.35	24.69	37.03	49.38	61.72	74.07	86.41	98.76
1.20	2.81	5.63	8.44	14.07	28.13	42.20	56.26	70.33	84.39	98.46	112.52
1.30	3.17	6.34	9.52	15.86	31.72	47.58	63.44	79.30	95.16	111.02	126.88
1.40	3.55	7.09	10.64	17.73	35.45	53.17	70.90	88.62	106.35	124.07	141.80
1.50	3.93	7.86	11.79	19.66	39.31	58.97	78.63	98.29	117.94	137.60	157.26

ตารางที่ 8.13 ปริมาณน้ำไหลข้ามสันฝายเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที สำหรับการไหลของน้ำข้ามฝายที่มีสันฝายมน และตัวฝายด้านเหนือน้ำมีแนวตรง เมื่อระดับน้ำท้ายฝายต่ำกว่าสันฝาย

จากสูตร $Q = CLH^{3/2}$; $P/H = 1.5$ $C = 2.15$

ความลึกของน้ำเหนือสันฝาย (H) เมตร	ความยาวของสันฝาย (L) เมตร										
	1.00	2.00	3.00	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00	35.00	40.00
0.30	0.35	0.71	1.06	1.77	3.53	5.30	7.07	8.83	10.60	12.37	14.13
0.40	0.54	1.09	1.63	2.72	5.44	8.16	10.88	13.60	16.32	19.04	21.76
0.50	0.76	1.52	2.28	3.80	7.60	11.40	15.20	19.00	22.80	26.60	30.41
0.60	1.00	2.00	3.00	5.00	9.99	14.99	19.98	24.98	29.98	34.97	39.97
0.70	1.26	2.52	3.78	6.30	12.59	18.89	25.18	31.48	37.78	44.07	50.37
0.80	1.54	3.08	4.62	7.69	15.38	23.08	30.77	38.46	46.15	53.84	61.54
0.90	1.84	3.67	5.51	9.18	18.36	27.54	36.71	45.89	55.07	64.25	73.43
1.00	2.15	4.30	6.45	10.75	21.50	32.25	43.00	53.75	64.50	75.25	86.00
1.10	2.48	4.96	7.44	12.40	24.80	37.21	49.61	62.01	74.41	86.82	99.22
1.20	2.83	5.65	8.48	14.13	28.26	42.39	56.53	70.66	84.79	98.92	113.05
1.30	3.19	6.37	9.56	15.93	31.87	47.80	63.74	79.67	95.60	111.54	127.47
1.40	3.56	7.12	10.69	17.81	35.62	53.42	71.23	89.04	106.85	124.65	142.46
1.50	3.95	7.90	11.85	19.75	39.50	59.25	79.00	98.75	118.49	138.24	157.99

ตารางที่ 8.14 ปริมาณน้ำไหลข้ามสันฝายเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที สำหรับการไหลของน้ำข้ามฝายที่มีสันฝายมน และตัวฝายด้านเหนือน้ำมีแนวตรง เมื่อระดับน้ำท้ายฝายต่ำกว่าสันฝาย

จากสูตร $Q = CLH^{3/2}$; $P/H = 2.0$, $C = 2.16$

ความลึกของน้ำเหนือสันฝาย (H) เมตร	ความยาวของสันฝาย (L) เมตร										
	1.00	2.00	3.00	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00	35.00	40.00
0.30	0.36	0.71	1.07	1.78	3.55	5.32	7.10	8.87	10.65	12.42	14.20
0.40	0.55	1.09	1.64	2.73	5.46	8.20	10.93	13.66	16.39	19.13	21.86
0.50	0.76	1.53	2.29	3.82	7.64	11.46	15.27	19.09	22.91	26.73	30.55
0.60	1.00	2.01	3.01	5.02	10.04	15.06	20.08	25.10	30.12	35.14	40.16
0.70	1.27	2.53	3.80	6.33	12.65	18.98	25.30	31.63	37.95	44.28	50.60
0.80	1.55	3.09	4.64	7.73	15.46	23.18	30.91	38.64	46.37	54.10	61.82
0.90	1.84	3.69	5.53	9.22	18.44	27.66	36.88	46.11	55.33	64.55	73.77
1.00	2.16	4.32	6.48	10.80	21.60	32.40	43.20	54.00	64.80	75.60	86.40
1.10	2.49	4.98	7.48	12.46	24.92	37.38	49.84	62.30	74.76	87.22	99.68
1.20	2.84	5.68	8.52	14.20	28.39	42.59	56.79	70.99	85.18	99.38	113.58
1.30	3.20	6.40	9.61	16.01	32.02	48.02	64.03	80.04	96.05	112.06	128.06
1.40	3.58	7.16	10.73	17.89	35.78	53.67	71.56	89.45	107.34	125.23	143.12
1.50	3.97	7.94	11.91	19.84	39.68	59.52	79.36	99.21	119.05	138.89	158.73

ตารางที่ 8.15 ปริมาณน้ำไหลข้ามสันฝายเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที สำหรับการไหลของน้ำข้ามฝายที่มีสันฝายมน และตัวฝายด้านเหนือน้ำมีแนวตรง เมื่อระดับน้ำท้ายฝายต่ำกว่าสันฝาย

จากสูตร $Q = CLH^{3/2}$; $P/H = 2.5$, $C = 2.17$

ความลึกของน้ำเหนือสันฝาย (H) เมตร	ความยาวของสันฝาย (L) เมตร										
	1.00	2.00	3.00	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00	35.00	40.00
0.30	0.36	0.71	1.07	1.78	3.57	5.35	7.13	8.92	10.70	12.48	14.26
0.40	0.55	1.10	1.65	2.75	5.49	8.24	10.98	13.73	16.47	19.22	21.96
0.50	0.77	1.53	2.30	3.84	7.67	11.51	15.34	19.18	23.02	26.85	30.69
0.60	1.01	2.02	3.03	5.04	10.09	15.13	20.17	25.21	30.26	35.30	40.34
0.70	1.27	2.54	3.81	6.36	12.71	19.06	25.42	31.77	38.13	44.48	50.84
0.80	1.55	3.11	4.66	7.76	15.53	23.29	31.05	38.82	46.58	54.35	62.11
0.90	1.85	3.71	5.56	9.26	18.53	27.79	37.06	46.32	55.58	64.85	74.11
1.00	2.17	4.34	6.51	10.85	21.70	32.55	43.40	54.25	65.10	75.95	86.80
1.10	2.50	5.01	7.51	12.52	25.04	37.55	50.07	62.59	75.11	87.62	100.14
1.20	2.85	5.17	8.56	14.26	28.53	42.79	57.05	71.31	85.58	99.84	114.10
1.30	3.22	6.43	9.65	16.08	32.16	48.25	64.33	80.41	96.49	112.58	128.66
1.40	3.60	7.19	10.78	17.97	35.95	53.92	71.89	89.87	107.84	125.81	143.78
1.50	3.99	7.97	11.96	19.93	39.87	59.80	79.73	99.66	119.60	139.53	159.46

ตารางที่ 8.16 ปริมาณน้ำไหลข้ามสันฝายเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที สำหรับการไหลของน้ำข้ามฝายที่มีสันฝายมน และตัวฝายด้านเหนือน้ำมีแนวตรง เมื่อระดับน้ำท้ายฝายต่ำกว่าสันฝาย

จากสูตร $Q = CLH^{3/2}$; $P/H = 3.0$, $C = 2.18$

ความลึกของน้ำเหนือสันฝาย (H) เมตร	ความยาวของสันฝาย (L) เมตร										
	1.00	2.00	3.00	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00	35.00	40.00
0.30	0.36	0.72	1.08	1.79	3.58	5.37	7.16	8.96	10.75	12.54	14.33
0.40	0.55	1.10	1.66	2.76	5.52	8.27	11.03	13.79	16.55	19.30	22.06
0.50	0.77	1.54	2.31	3.85	7.71	11.56	15.41	19.27	23.12	26.98	30.83
0.60	1.01	2.03	3.04	5.07	10.13	15.20	20.26	25.33	30.40	35.46	40.53
0.70	1.28	2.55	3.83	6.38	12.77	19.15	25.53	31.92	38.30	44.69	51.07
0.80	1.56	3.12	4.68	7.80	15.60	23.40	31.20	39.00	46.80	54.60	62.40
0.90	1.86	3.72	5.58	9.31	18.61	27.92	37.23	46.53	55.84	65.15	74.45
1.00	2.18	4.36	6.54	10.90	21.80	32.70	43.60	54.50	65.40	76.30	87.20
1.10	2.52	5.03	7.55	12.58	25.15	37.73	50.30	62.88	75.45	88.03	100.60
1.20	2.87	5.73	8.60	14.33	28.66	42.99	57.31	71.64	85.97	100.30	114.63
1.30	3.23	6.46	9.69	16.16	32.31	48.47	64.63	80.78	96.94	113.10	129.25
1.40	3.61	7.22	10.83	18.06	36.11	54.17	72.22	90.28	108.34	126.39	144.45
1.50	4.01	8.01	12.02	20.02	40.05	60.07	80.10	100.12	120.15	140.17	160.20

8.4.3. **แรงดันของน้ำใต้ฝายและการรั่วซึม** การก่อสร้างเข็มพืดและพื้นฝายด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำตลอดจนระบบท่อรับน้ำซึมใต้พื้นฝาย จะสามารถควบคุมจำนวนน้ำไม่ให้ไหลลอดใต้ฝายจนฝายได้รับอันตราย และลดแรงดันของน้ำใต้ฝายให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัย เพื่อตัวฝายจะได้มีความมั่นคงแข็งแรงอยู่เสมอ

การออกแบบที่จะสามารถป้องกันไว้อย่างได้ผลดีนั้น ควรต้องพิจารณาถึงความสูงของฝายร่วมกับสัมประสิทธิ์ของดินฐานรากในการยอมให้น้ำผ่านได้ยากง่ายเพียงไร ตลอดจนความยาวของพื้นฝายด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำ ความยาวของเข็มพืดที่ได้ตอกลึกลงไปในดินฐานราก และสภาพการทำงานของระบบท่อรับน้ำซึมที่ก่อสร้างไว้จะดีมากน้อยอย่างไร ประกอบกันเสมอ

จำนวนน้ำที่จะซึมออกไปทางด้านท้ายฝายนั้นสามารถคำนวณได้จากสูตรของดาร์ซี ซึ่งได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 7 นอกจากนี้ยังมีวิธีการคำนวณออกแบบเกี่ยวกับงานฐานรากเพื่อป้องกันดินบริเวณท้ายพื้นฝายไม่ให้ถูกกัดเซาะ เนื่องจากน้ำซึมลอดใต้และการคำนวณหาแรงดันของน้ำใต้ฝายอีกด้วย โดยใช้ทฤษฎี Weighted-Creep ของ Lane สำหรับการคำนวณและตรวจสอบให้เหมาะสมกับลักษณะของดินฐานราก ซึ่ง Lane ได้กล่าวไว้ดังนี้.-

1. ระยะ Weighted-Creep ของน้ำซึมลอดใต้พื้นฝายและตัวฝาย จะเท่ากับผลรวมของระยะทางเดินของน้ำที่สัมผัสกับผิวอาคารในแนวดิ่ง กับหนึ่งในสามของระยะทางเดินของน้ำที่ไหลซึมสัมผัสกับผิวอาคารในแนวราบทั้งหมด

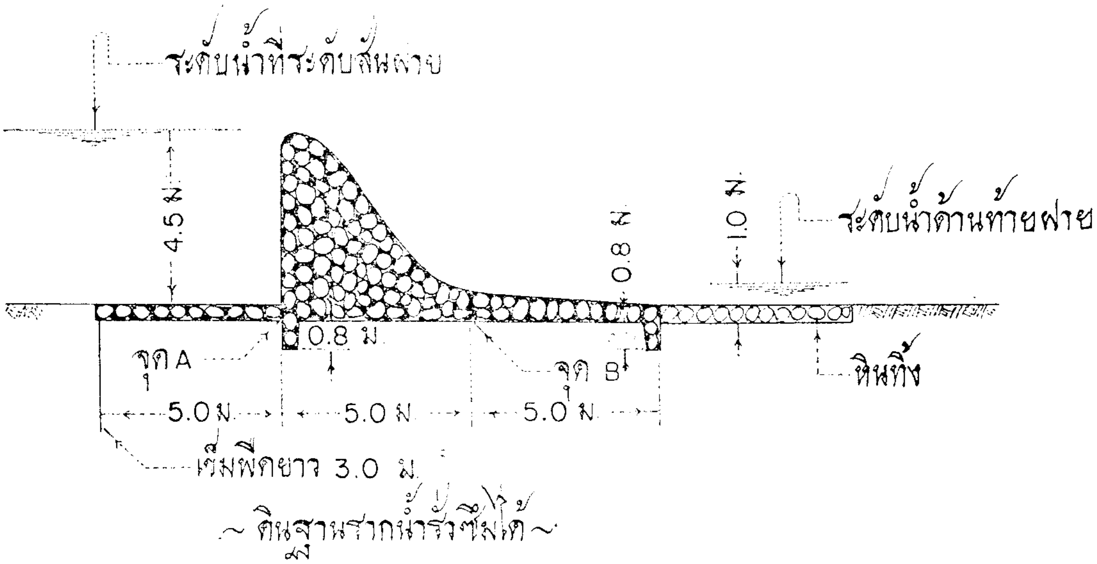
2. อัตราส่วนระหว่างระยะ Weighted-Creep ที่คำนวนได้จากข้อ 1. กับผลต่างระหว่างระดับน้ำด้านเหนือและท้ายฝาย จะต้องมีค่าของอัตราส่วนไม่น้อยไปกว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับดินลักษณะต่าง ๆ ที่กำหนดให้ข้างล่างนี้ แล้วดินท้ายพื้นฝายด้านท้ายน้ำจึงจะมีความปลอดภัยจากการถูกน้ำที่ไหลซึมออกมานั้นกัดเซาะ

ลักษณะดิน	อัตราส่วน
ทรายละเอียดมากหรือตะกอนทรายละเอียด	8.5
ทรายละเอียด	7.0
ทรายหยาบและละเอียดปานกลาง	6.0
ทรายหยาบ	5.0

ลักษณะดิน	อัตราส่วน
กรวดละเอียด	4.0
กรวดหยาบและละเอียดปานกลาง	3.5
กรวดหยาบ	3.0
ดินเหนียวที่มีความแน่นน้อย	3.0
ดินเหนียวที่มีความแน่นปานกลาง	2.0
ดินเหนียวที่มีความแน่นดี	1.8
ดินเหนียวที่มีความแน่นดีมากหรือดินดานแข็งมาก	1.6

3. ในการคำนวณตามข้อ 2. จะต้องไม่คิดถึงระบบท่อรับน้ำซึม เพราะจะติดตั้งไว้เพื่อให้เกิดความปลอดภัยแก่ตัวอาคารยิ่งขึ้นเท่านั้น

ตัวอย่าง



รูปที่ 8.7 รูปแสดงการคำนวณหาความเหมาะสมของฝายที่สร้างบนดินฐานรากตามทฤษฎีของ Lane

วิธีคำนวณ จากรูปที่ 8.7

ระยะ Weighted-Creep $= 3.0 + 3.0 + 0.8 \times 4 + \frac{1}{3}(5.0 + 5.0 + 5.0)$

$= 14.2$ เมตร

ผิวน้ำหน้าฝายปกติสูงกว่าผิวน้ำด้านท้ายฝาย $= 4.5 - 1.0$

$= 3.5$ เมตร

อัตราส่วนของ Weighted-Creep $= \frac{14.2}{3.5}$

$= 4.0$

จากการคำนวณจะแสดงว่าฝายพร้อมกับพื้นฝายและเข็มพืดที่มีความยาวตามรูปที่ 8.7 นั้น จะไม่มีความปลอดภัยเมื่อสร้างอยู่บนฐานรากที่เป็นทรายลักษณะต่าง ๆ แต่จะสามารถสร้างอยู่บนฐานรากที่เป็นกรวดและดินเหนียวได้ โดยน้ำที่รั่วซึมลอดใต้พื้นฝายไปนั้นจะไม่กัดเซาะดินที่บริเวณท้ายพื้นฝายแต่อย่างใด

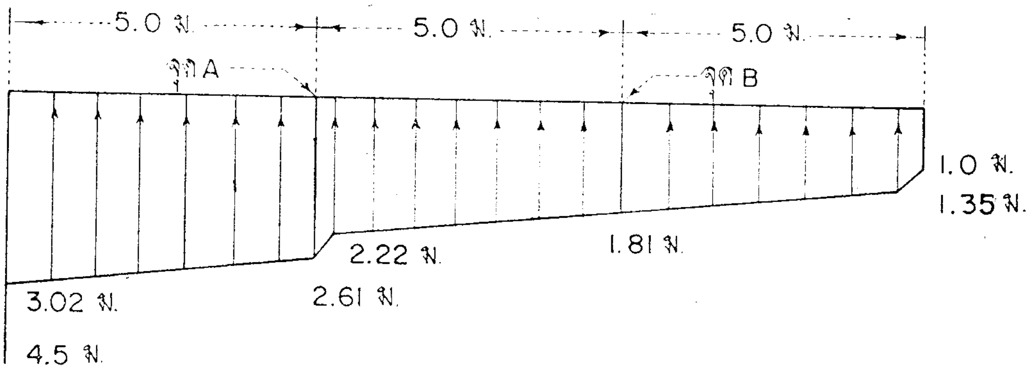
ส่วนแรงดันของน้ำใต้ฝายจะสามารถคำนวณได้ต่อไปดังนี้.-

แรงดันใต้พื้นฝายที่จุด A เป็นความสูงของน้ำ $= 4.5 - (3.0 + 3.0 + \frac{5.0}{3}) \times \frac{3.5}{14.2}$

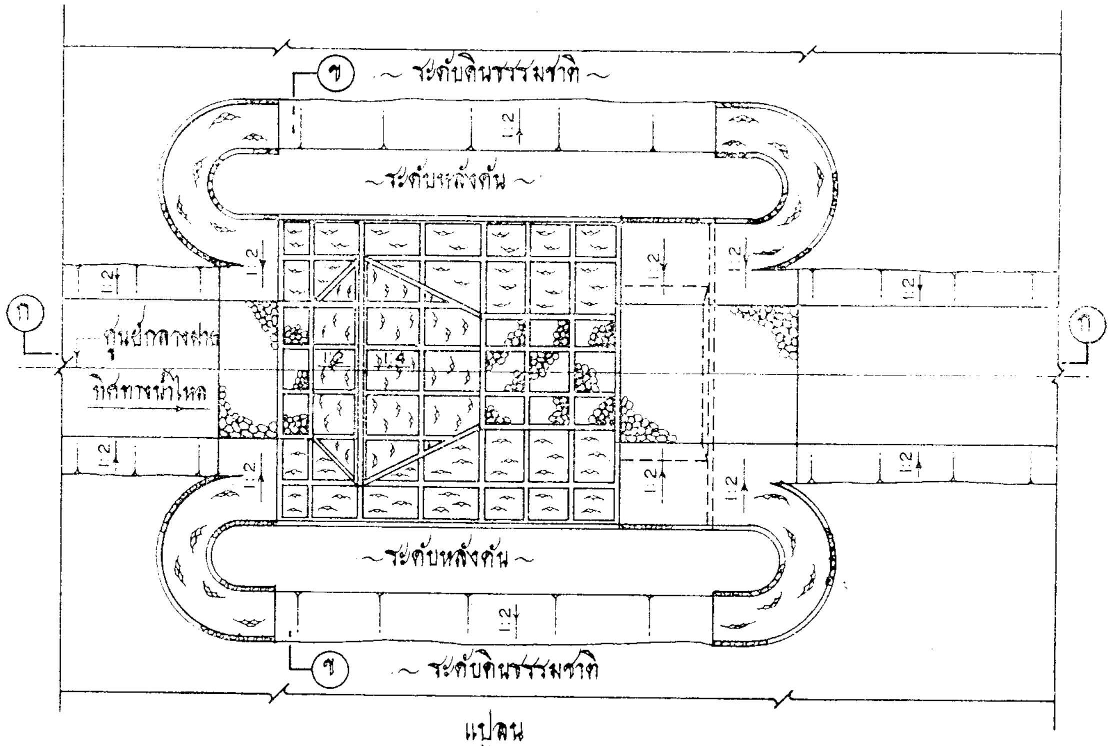
$= 2.61$ เมตร

แรงดันใต้พื้นฝายที่จุด B เป็นความสูงของน้ำ $= 4.5 - (3.0 + 3.0 + \frac{5.0 + 5.0}{3} + 0.8 + 0.8)\frac{3.5}{14.2} = 1.81$ เมตร

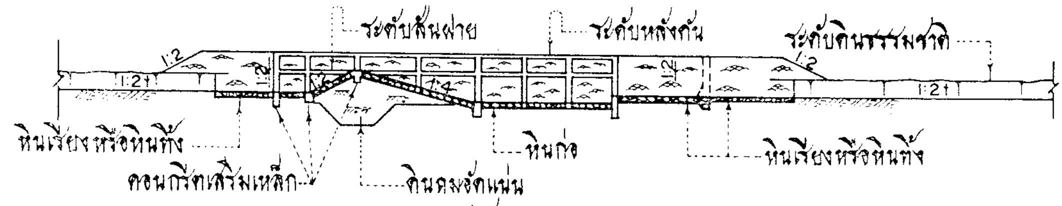
แรงดันใต้พื้นฝายเป็นความสูงของน้ำ จะแสดงได้ดังนี้.–



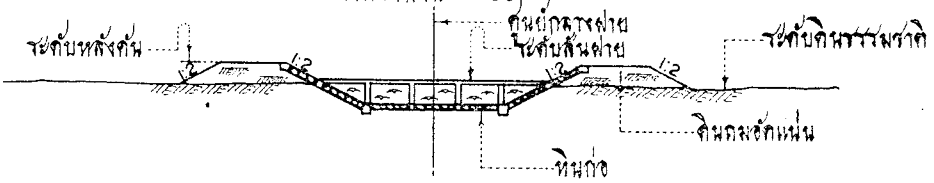
รูปที่ 8.8 แรงดันของน้ำใต้พื้นฝายที่ตำแหน่งต่าง ๆ เป็นความสูงของน้ำจากการคำนวณตามรูปที่ 8.7



แปลน
มาตราส่วน 1:500

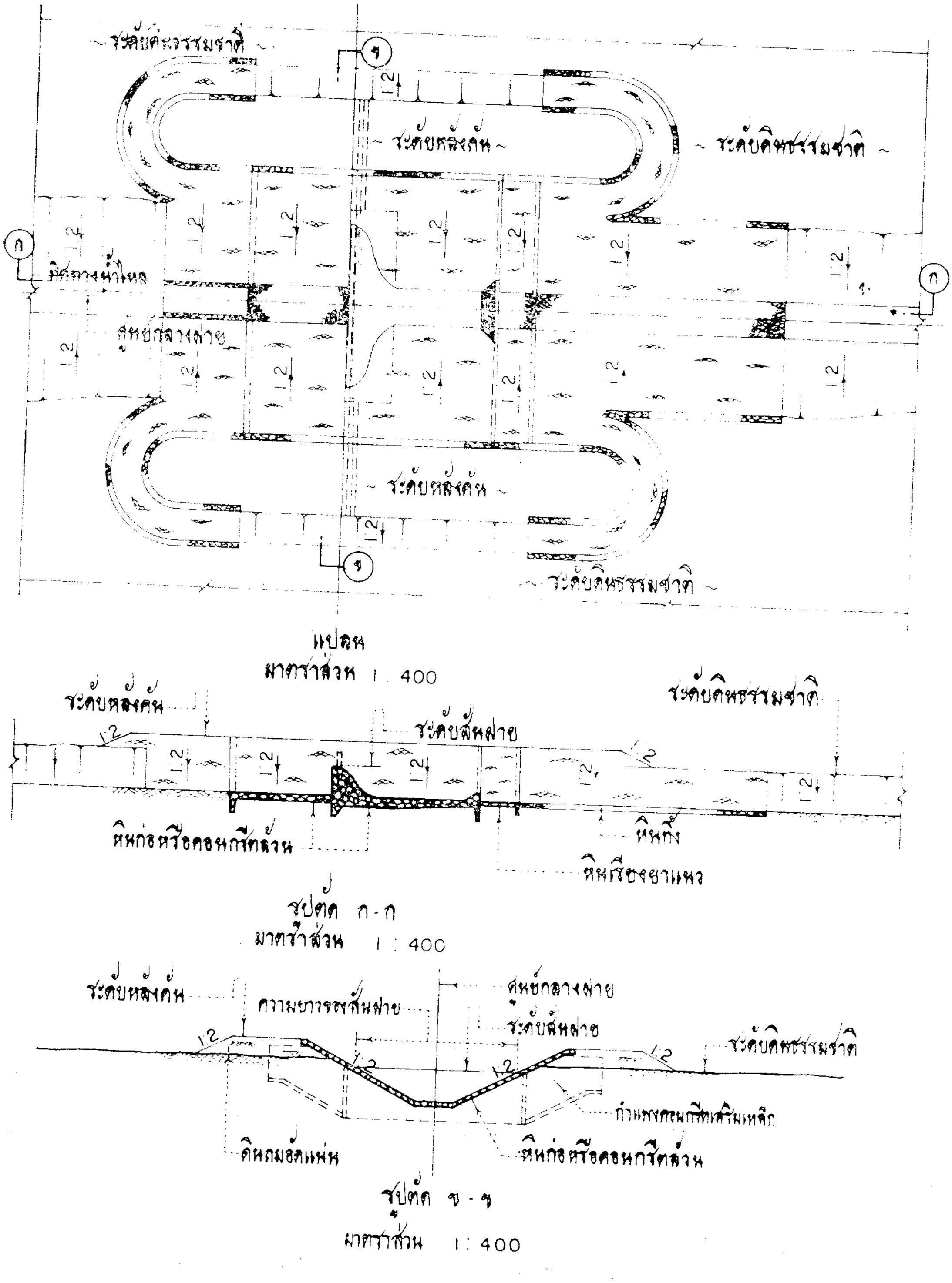


รูปตัด ก - ก
มาตราส่วน 1:500



รูปตัด ข - ข
มาตราส่วน 1:500

รูปที่ 8.9 แบบมาตรฐานฝายหินก่อบนดินถมอัดแน่น



รูปที่ 8.10 แบบมาตรฐานของฝายคอนกรีต

8.4.4. ขนาดและรูปร่างของฝาย หลังจากที่ได้ศึกษาสภาพดินฐานราก ได้ประเมินปริมาณน้ำสูงสุดที่จะไหลข้ามสันฝาย พร้อมกับการคำนวณหาความยาวสันฝายที่เหมาะสม ตลอดจนได้คำนวณหาความยาวของพื้นด้านหน้าและด้านท้ายฝายและเข็มพืดที่ต้องการสำหรับป้องกันการรั่วซึมของน้ำผ่านใต้ฝายโดยไม่ให้ตัวฝายได้รับอันตรายเรียบร้อยแล้ว ขั้นต่อไปจะต้องกำหนดรายละเอียด ขนาดและรูปร่างของตัวฝายตลอดถึงส่วนประกอบต่าง ๆ เป็นต้นว่า ตัวฝายจะต้องมีขนาดและรูปร่างที่จะมีน้ำหนักมากเพียงพอในการต้านแรงดันของน้ำไม่ให้ล้ม และการกำหนดสันฝายให้มีลาดหรือโค้งมนตามที่ต้องการ เพื่อให้น้ำที่ข้ามสันฝายไหลเรียบลงไปสู่พื้นฝายด้านท้ายน้ำ ส่วนพื้นและลาดตลิ่งทั้งสองฝั่งทั้งที่ด้านหน้าและด้านท้ายฝาย ก็จะต้องคำนวณเหาขนาดความหนาของหินก่อหรือคอนกรีต ให้มีน้ำหนักพอที่จะต้านแรงดันของน้ำข้างใต้พื้นได้ อีกทั้งปีกฝายทั้งสองฝั่งก็จะต้องมีการป้องกันไม่ให้น้ำไหลซึมอ้อมเข้าไปในตลิ่งแล้ววกออกทางด้านท้ายฝาย ด้วยการปูหินก่อที่ลาดตลิ่งทั้งสองฝั่งขึ้นไปจนพ้นระดับน้ำนองสูงสุด ให้มีระยะตั้งแต่ปลายพื้นฝายด้านเหนือน้ำไปจนถึงปลายพื้นฝายด้านท้ายน้ำ และสำหรับฝายคอนกรีตมักจะสร้างกำแพงคอนกรีตเสริมเหล็กต่อจากปลายฝายทั้งสองฝั่ง ฝังให้ลึกเข้าไปในตลิ่งด้วยความยาวพอสมควรอีกด้วย และนอกจากนี้ที่ตลิ่งทั้งสองฝั่งยังนิยมที่จะถมดินอัดแน่นเป็นคัน ให้มีระดับหลังคันสูงกว่าระดับน้ำนองสูงสุดประมาณ 1 เมตร โดยมีความยาวขนานกับลำน้ำตั้งแต่ปลายพื้นฝายด้านเหนือน้ำไปจนถึงด้านท้ายน้ำ พร้อมกับปูหินใหญ่ที่ลาดหัวและปลายคันดิน สำหรับป้องกันปีกฝายในกรณีที่เกิดน้ำนองสูงสุดมาตามลำน้ำมากจนล้นตลิ่ง จะได้ไหลอ้อมคันดินดังกล่าวนี้ไปยังด้านท้ายน้ำ โดยไม่กัดเซาะปีกฝายให้ได้รับอันตราย

8.5 การออกแบบอาคารประกอบ อาคารที่จะก่อสร้างนอกเหนือจากฝายที่สำคัญได้แก่ประตูระบายทรายและท่อปากคลองส่งน้ำ ซึ่งจะมีรายละเอียดในการพิจารณาและการออกแบบดังนี้.-

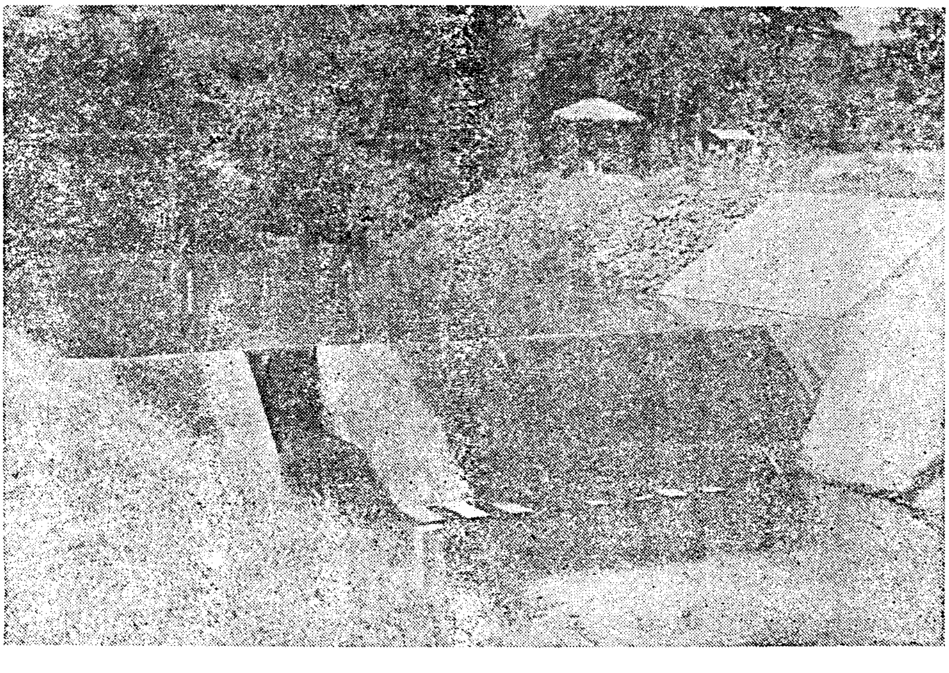
8.5.1. ประตูระบายทราย เป็นอาคารที่ก่อสร้างติดอยู่กับตัวฝายในบริเวณใกล้กับตลิ่งทั้งสองฝั่ง ซึ่งจะมีลักษณะเป็นช่องระบายน้ำ โดยสร้างลงไปให้ต่ำกว่าธรณีท่อปากคลองส่งน้ำสำหรับระบายตะกอนทรายที่บริเวณหน้าท่อปากคลองส่งน้ำและบริเวณข้างเคียงที่ตกอยู่ด้านหน้าฝายทิ้งไปทางด้านท้ายน้ำ นอกจากนี้ในฤดูน้ำนองซึ่งจะมีน้ำไหลมามากก็จะช่วยระบายน้ำได้อีกด้วยนอกเหนือจากน้ำที่ไหลข้ามสันฝายไปเป็นประจำตามปกติ

สำหรับงานก่อสร้างฝายในพื้นที่ลุ่มน้ำด้านเหนือฝายซึ่งมีขนาดไม่ใหญ่โตนัก ต้องการจะสร้างประตูระบายทรายแบบง่าย ๆ และมีราคาถูก แต่ให้สามารถระบายทรายบริเวณหน้าท่อ

ปากคลองส่งน้ำไม่ให้ตกจมถึงระดับธรณีท่อได้ ขอแนะนำให้เจาะตัวฝายเป็นช่องกว้างประมาณ 80 เซ็นติเมตร และลึกลงไปจนต่ำกว่าธรณีท่อปากคลองส่งน้ำประมาณ 50 เซ็นติเมตร หรือไม่เกิน 1.50 เมตร แล้วจัดทำร่องสำหรับใส่แผ่นไม้ ซึ่งจะใส่ซ้อนกันขึ้นมาถึงสันฝายสำหรับปิดกั้นน้ำ และจะดึงขึ้นทีละแผ่นจนหมดเมื่อต้องการให้น้ำพัดพาตะกอนทรายออกไป

การสร้างประตูระบายทรายดังกล่าวกับฝายหินก่อบนดินถมอัดแน่น จะต้องสร้างเป็นรางคอนกรีตเสริมเหล็กไว้ที่ตัวฝาย ซึ่งจะประกอบด้วยพื้นรางและกำแพงสูงขึ้นไปจนถึงสันฝายแล้วลาดให้กลมกลืนไปกับลาดฝายทั้งด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำ โดยพื้นและกำแพงควรจะมีขนาดความหนาประมาณ 20 เซ็นติเมตร พร้อมทั้งมีเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร วางให้มีระยะห่างกัน 20 เซ็นติเมตร เป็นตะแกรงไว้ทั้งสองผิวในคอนกรีต

ส่วนฝายที่สร้างด้วยหินก่อหรือคอนกรีตทั้งหมด จะสามารถเจาะช่องระบายขนาดดังกล่าวผ่านไปตลอดตัวฝายได้เลย โดยไม่จำเป็นต้องเสริมเหล็ก หรือเสริมไว้เพียงเล็กน้อยเพื่อป้องกันคอนกรีตแตกเท่านั้น



รูปที่ 8.11 ประตูระบายทรายอยู่ที่ตัวฝาย

8.5.2. ท่อปากคลองส่งน้ำ สำหรับทำหน้าที่บังคับและควบคุมน้ำที่จะส่งเข้าคลองส่งน้ำ ที่จะขุดออกจากด้านหน้าฝายส่งไปให้พื้นที่เพาะปลูกตามจำนวนที่ต้องการ

ท่อปากคลองส่งน้ำอาจจะสร้างไว้ทั้งสองฝั่งลำน้ำ โดยกำหนดที่ตั้งของอาคารให้อยู่ไม่ไกลจากฝายมากเกินไปนัก ลักษณะของอาคารท่อปากคลองส่งน้ำโดยส่วนใหญ่จะประกอบด้วยท่อวางอยู่ใต้คันดินโดยให้มีระดับหลังท่อต่ำกว่าระดับสันฝายประมาณ 50 เซ็นติเมตรเป็นอย่างน้อย ท่อดังกล่าวควรมีขนาดเล็กหรือใหญ่เพียงไร จะขึ้นอยู่กับจำนวนน้ำที่ต้องการจะส่งเข้าคลองส่งน้ำ ซึ่งสำหรับโครงการที่มีพื้นที่ส่งน้ำไม่มากนัก เช่น จำนวน 1,000 ไร่ ท่อที่ใช้ควรจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 80 เซ็นติเมตร เป็นอย่างมาก

ที่บริเวณปากทางน้ำเข้าท่อ จะนิยมสร้างเป็นรางเปิดคอนกรีตเสริมเหล็กเชื่อมกับกำแพงที่รัดรอบปากท่อไปจนถึงตลิ่งลำน้ำ พร้อมกับติดตั้งบานประตูสำหรับควบคุมปริมาณน้ำ ให้ได้ตามจำนวนมากน้อยที่ต้องการ ซึ่งอาจจะเป็นบานประตูเหล็กพร้อมด้วยเครื่องกว้าน หรือจัดร่องไว้ที่กำแพงให้ชิดกับปากท่อสำหรับใส่บานไม้ก็ได้

ส่วนบริเวณหลังท่อ จะถมดินที่บดอัดแน่นขึ้นมาจนได้ระดับหลังคันสูงกว่าระดับน้ำนองสูงสุด โดยสร้างจนไปบรรจบกับคันดินที่ป้องกันปีกฝายด้วย

การคำนวณปริมาตรและราคางาน

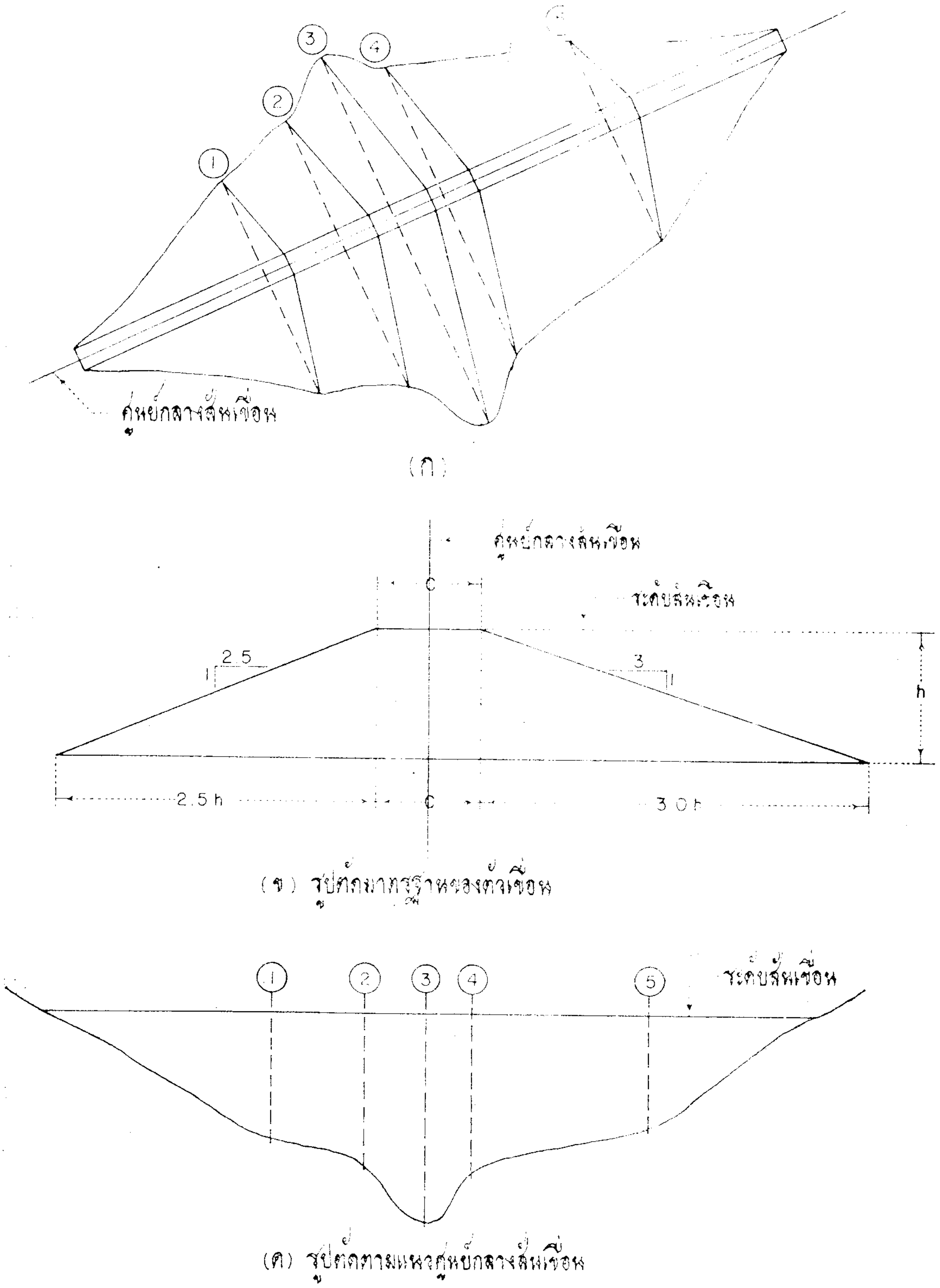
.... บทที่ 9

ก่อนที่จะเริ่มการก่อสร้างเขื่อนดิน ฝาย และอาคารต่าง ๆ ตามที่ได้ออกแบบไว้ ควรจะทำการคำนวณหาปริมาณวัสดุแต่ละชนิดที่จะใช้ในการก่อสร้าง แล้วประมาณราคาค่าก่อสร้างของงานแต่ละประเภท รวมทั้งราคาค่าก่อสร้างทั้งหมดเสียก่อน หลังจากนั้นจึงจะพิจารณาให้ละเอียดอีกครั้งว่าค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างทั้งหมดนั้น จะมีความเหมาะสมเพียงไรหรือไม่เมื่อเปรียบเทียบกับประโยชน์ต่าง ๆ ที่คาดว่าจะได้รับ และเมื่อเห็นสมควรให้ดำเนินการก่อสร้างได้แล้ว ก็จะได้ใช้ประกอบการวางแผนการจัดหาวัสดุให้ได้มาทันเวลาที่ต้องการใช้งาน และประกอบการวางแผนงานก่อสร้างงานต่าง ๆ ให้เหมาะสม

9.1 **การคำนวณปริมาตรดินถมอัดแน่นของตัวเขื่อน** ปริมาตรดินถมอัดแน่นของตัวเขื่อนจะสามารถคำนวณได้จากแบบ ซึ่งจะแสดงระดับดินบริเวณฐานเขื่อนตลอดแนว ตลอดจนขนาดและรูปร่างของตัวเขื่อนไว้ โดยมีวิธีการคำนวณดังนี้.-

1. จากรูปที่ 9.1 ซึ่งได้แบ่งรูปตัดขวางของตัวเขื่อนให้ได้ระยะห่างที่ความลาดเทของผิวดินฐานราก หลังจากได้ขุดลอกหน้าดินออกแล้ว จะเป็นแนวตรงมากที่สุด คือรูปตัดที่ 1,2,3,4 และ 5

2. คำนวณหาขนาดพื้นที่สี่เหลี่ยมคางหมูของรูปตัดเขื่อนที่รูปตัดที่ 1,2,3,4 และ 5 ตามลำดับ ซึ่งตามรูป 9.1 (ข) ที่แสดงเป็นรูปร่างมาตรฐาน จะเท่ากับ $\frac{(2C + 5.5h)\ h}{2}$ โดย h จะเท่ากับความสูงของตัวเขื่อนของแต่ละรูปตัดดังกล่าว และ C คือความกว้างของสันเขื่อน



รูปที่ 9.1 รูปแสดงการแบ่งรูปตัดขวางของตัวเขื่อนสำหรับการคำนวณปริมาตรดินถมอัดแน่น

3. ปริมาตรดินถมอัดแน่นระหว่างรูปตัดแต่ละคู่ จะเท่ากับค่าพื้นที่เฉลี่ยของรูปตัดทั้งสองคูณด้วยระยะห่างระหว่างรูปตัดทั้งสองนั้น

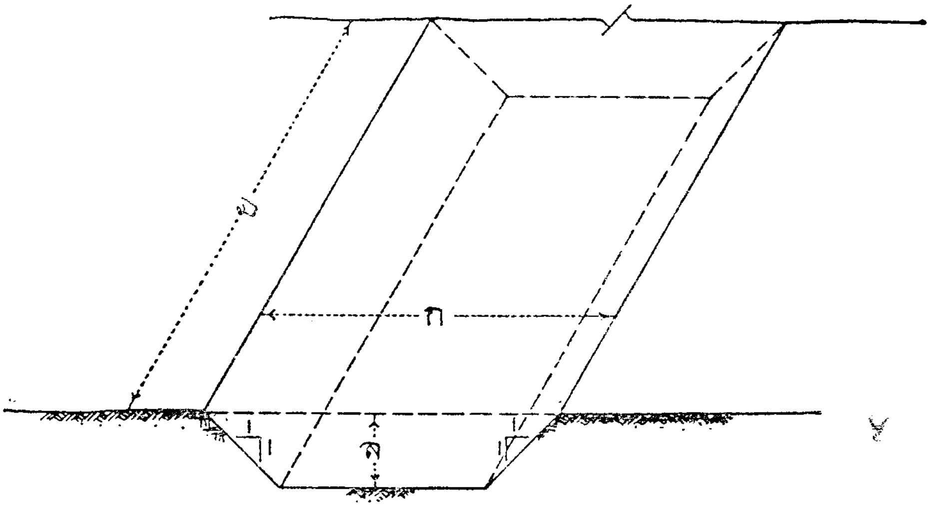
นั่นคือ ปริมาตรระหว่างรูปตัดที่ 1 และรูปตัดที่ 2 จะเท่ากับ

$$\frac{(\text{พื้นที่ของรูปตัดที่ 1} + \text{พื้นที่ของรูปตัดที่ 2})}{2} \times \text{ระยะห่างระหว่างรูปตัดทั้งสอง}$$

4. ปริมาตรดินถมอัดแน่นระหว่างปลายเขื่อนแต่ละฝั่งจนถึงรูปตัดรูปแรก ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 9.1 ดังกล่าวนั้น จะเท่ากับ $\frac{\text{พื้นที่ของรูปตัดที่ 1}}{2} \times$ ระยะห่างระหว่างรูปตัดที่ 1 ถึงปลายเขื่อน และ $\frac{\text{พื้นที่ของรูปตัดที่ 5}}{2} \times$ ระยะห่างระหว่างรูปตัดที่ 5 ถึงปลายเขื่อน ตามลำดับ

5. ปริมาตรดินถมอัดแน่นของตัวเขื่อนตามรูปที่ 9.1 ทั้งหมด จะเท่ากับปริมาตรที่จะคำนวณได้ระหว่างรูปตัดแต่ละคู่ตามข้อ 3 และข้อ 4 รวมกันตลอดความยาวของเขื่อน

9.2 การคำนวณปริมาตรดินขุดร่องแกน คำนวณได้ดังนี้.-



ปริมาตรดินขุด = ล × ย × (ก − ล)

ตัวอย่างเช่น ระยะ "ย" เท่ากับ 100 เมตร ความกว้าง "ก" เท่ากับ 50 เมตร และความลึก "ล" เท่ากับ 4 เมตร

ปริมาตรดินขุด $= 4 \times 100 \times (50 - 4)$

$= 18{,}400$ ลูกบาศก์เมตร

อนึ่งดินถมอัดแน่นของร่องแกนเขื่อน จะเท่ากับปริมาตรดินขุดจำนวนนี้ด้วย

9.3 การคำนวณปริมาตรคอนกรีต ปริมาตรคอนกรีตทั้งหมดของอาคารจะสามารถคำนวณได้จากแบบ ซึ่งกำหนดความยาว ความกว้าง ความสูง และความหนาของคอนกรีตไว้ โดยให้คำนวณปริมาตรของอาคารแต่ละส่วน เช่นพื้นราบ พื้นลาด และกำแพง ฯลฯ ได้จากสูตรการคำนวณหาปริมาตรต่าง ๆ แล้วจึงคำนวณหาปริมาตรรวมของคอนกรีตทั้งหมด สูตรต่าง ๆ ได้แก่

1. ปริมาตรของแท่งทรงสี่เหลี่ยมจตุรัส (ลูกบาศก์)

   $=$ (ความยาวของด้าน)^3 หรือ $=$ ความยาวของด้านคูณกัน 3 ครั้ง

2. ปริมาตรของแท่งทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า

   $=$ กว้าง $\times$ ยาว $\times$ สูง (หรือหนา)

3. ปริมาตรของแท่งปริซึมทรงสามเหลี่ยม

   $=$ 1/2 กว้าง $\times$ สูง $\times$ ยาว (หรือหนา)

4. ปริมาตรของแท่งรูปปีรมิด

   $=$ 1/3 $\times$ พื้นที่ฐาน $\times$ สูง (หรือหนา)

   (พื้นที่ฐานอาจจะเป็นพื้นที่ของสี่เหลี่ยมจตุรัส ผืนผ้า หรือสามเหลี่ยม)

5. ปริมาตรของแท่งทรงกระบอกกลม

   $=$ 22/7 $\times$ (รัศมีของวงกลม)^2 $\times$ สูง

9.4 การคำนวณปริมาตรซีเมนต์ ทรายและหินที่ใช้ผสมคอนกรีต ปริมาตรของซีเมนต์ ทราย และหินย่อยที่ใช้ผสมคอนกรีต โดยทั่วไปจะมีอัตราส่วนผสมมากน้อยต่างกันไปตามคุณภาพของคอนกรีตที่จะใช้สำหรับงานต่าง ๆ เช่น คอนกรีตเสริมเหล็กทั่ว ๆ ไป มักจะใช้อัตราส่วนผสมซีเมนต์ : ทราย : หินย่อย เท่ากับ 1 : 2 : 4 (คืออัตราส่วนผสม มีซีเมนต์ 1 ส่วน ทราย 2 ส่วน และหินย่อย 4 ส่วน โดยปริมาตร) ส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กที่ไม่ต้องรับแรงมากอาจจะใช้อัตราส่วนผสม ซีเมนต์ : ทราย : หินย่อย เท่ากับ 1 : 2½ : 4 และคอนกรีตล้วน ซึ่งไม่เสริมเหล็กมักจะใช้อัตราส่วนผสม ซีเมนต์ : ทราย : หินย่อย เท่ากับ 1 : 3 : 5 หรือ 1 : 3 : 6 เป็นต้น

สมมติว่าต้องการจะคำนวณหาปริมาตรของซีเมนต์ ทราย และหินย่อย ที่จะใช้สำหรับผสมคอนกรีตล้วน จำนวน 10 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งกำหนดให้ใช้อัตราส่วนผสม ซีเมนต์ : ทราย : หินย่อย เท่ากับ 1 : 3 : 5 จะสามารถคำนวณได้โดยการคำนวณหาปริมาตรซีเมนต์ ทราย และหินย่อยที่จะใช้สำหรับผสมคอนกรีต จำนวน 1 ลูกบาศก์เมตร ตามอัตราส่วนผสมที่กำหนดนั้นก่อน แล้วจึงจะคำนวณหาปริมาตรวัสดุที่ต้องการทั้งหมดต่อไปได้ ซึ่งการคำนวณปริมาณวัสดุสำหรับทำงานคอนกรีตในสนามของกรมชลประทาน จะเผื่อการสูญเสียต่าง ๆ เพิ่มไปด้วย การคำนวณหาปริมาตรวัสดุแต่ละชนิดที่ควรจะสั่งซื้อมาใช้งานโดยประมาณ จะสามารถดำเนินการได้ดังต่อไปนี้.-

1. การผสมคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตรจะต้องการหินย่อยจำนวน 1.15 ลูกบาศก์เมตร (โดยเผื่อการสูญเสียเกี่ยวกับการตวงวัด การขนส่งและการสูญเสียในขณะทำงานจำนวนหนึ่ง) ดังนั้น คอนกรีตจำนวน 10 ลูกบาศก์เมตร จะต้องใช้หินย่อยรวมทั้งสิ้น 11.5 ลูกบาศก์เมตร

2. ทรายที่จะใช้ผสมคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร ตามอัตราส่วนผสม 1 : 3 : 5 ดังกล่าวนั้น จะต้องการทรายเท่ากับ 0.7 ลูกบาศก์เมตร (เท่ากับ $3/5 \times 1.15$ ลูกบาศก์เมตร โดยเผื่อการสูญเสียในเกณฑ์เดียวกับการสูญเสียของหินย่อย) ดังนั้น คอนกรีตจำนวน 10 ลูกบาศก์เมตร จะต้องใช้ทรายรวมทั้งสิ้น 7 ลูกบาศก์เมตร

3. ส่วนซีเมนต์ที่จะใช้ผสมคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร ตามอัตราส่วนผสม 1 : 3 : 5 จะเท่ากับ 0.2 ลูกบาศก์เมตร (เท่ากับ $1/5 \times 1.00$ ลูกบาศก์เมตร โดยเผื่อการสูญเสียจำนวนเล็กน้อยเช่นกัน) หรือเท่ากับ 280 กิโลกรัม หรือ 5.6 ถุง (ซีเมนต์ 1 ลูกบาศก์เมตร หนักประมาณ 1,400 กิโลกรัม และซีเมนต์หนักถุงละ 50 กิโลกรัม) ดังนั้น คอนกรีตจำนวน 10 ลูกบาศก์เมตร จึงต้องใช้ซีเมนต์รวมทั้งสิ้น 56 ถุงโดยประมาณ

วิธีการคำนวณหาปริมาตรของซีเมนต์ ทราย และหินย่อย ดังกล่าวข้างต้นนั้น เพื่อหาปริมาณวัสดุที่จะมีจำนวนเพียงพอสำหรับการทำงานคอนกรีตในสนามได้ โดยปริมาตรของวัสดุต่าง ๆ จะเผื่อมากกว่าปริมาตรเนื้อแท้ของวัสดุที่ต้องการในการผสมคอนกรีต ซึ่งการคำนวณหาปริมาตรเนื้อแท้ของซีเมนต์ ทราย และหินย่อย สามารถหาอ่านได้จากหนังสือเกี่ยวกับงานคอนกรีตทั่วไป จึงจะไม่ขอกล่าวไว้ในคู่มือนี้

9.5 การคำนวณปริมาตรหินก่อ หินก่อที่ก่อสร้างจะใช้วัสดุซึ่งประกอบด้วยหินขนาดใหญ่ หินย่อย ทราย และซีเมนต์ ซึ่งการทำงานหินก่อจะก่อเรียงเป็นชั้นจนได้ขนาดและความหนาที่ต้องการ คล้ายกับการก่ออิฐ แต่หินก่อจะต้องเทอัดปูนก่อ (ซีเมนต์ผสมทรายและน้ำ) บรรจุลงไปในช่องว่างของหินใหญ่ ซึ่งมีหินย่อยแซมอยู่บ้างเล็กน้อยจนเต็มช่องว่างทุกแห่งโดยตลอด และหินก่อดังกล่าวจะต้องมีความทึบที่น้ำจะซึมผ่านไม่ได้ เช่นเดียวกับคอนกรีตด้วย

ปริมาตรของหินก่อที่ต้องการใช้งานทั้งหมดจะสามารถคำนวณได้จากงานแต่ละส่วนของอาคาร แล้วคำนวณรวมเป็นปริมาตรทั้งหมด เช่นเดียวกับการคำนวณปริมาตรของคอนกรีตดังที่ได้กล่าวมาแล้วในข้อ 9.3 นั้น

สำหรับปริมาตรของซีเมนต์ ทราย หินย่อย และหินขนาดใหญ่ ที่จะใช้ทำหินก่อจำนวน 1 ลูกบาศก์เมตร โดยทั่วไปของการทำงานในสนามจะใช้ซีเมนต์ 4 ถุง ทราย 0.25 ลูกบาศก์เมตร หินย่อย 0.3 ลูกบาศก์เมตร และหินใหญ่ประมาณ 1.15 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งเมื่อทราบจำนวนหินก่อทั้งหมด ก็จะสามารถคำนวณ หาปริมาตรของวัสดุแต่ละชนิดที่ต้องการใช้งานทั้งหมดได้ เช่นกัน

9.6 การคำนวณปริมาตรหินเรียงและหินทิ้ง มีรายละเอียดดังนี้.-

1. หินเรียงหมายถึงหินขนาดใหญ่ ที่นำมาเรียงกันเป็นชั้นให้เป็นระเบียบจนได้ความหนาที่ต้องการ โดยในช่องว่างระหว่างหินใหญ่นั้นจะอัดแซมด้วยหินย่อยหรือกรวดขนาดต่าง ๆ และทรายให้เต็มช่องว่างด้วย

สำหรับหินเรียงจำนวน 1 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งได้เผื่อการสูญเสียในขณะทำงานไว้แล้ว โดยทั่วไปของการทำงานในสนามจะต้องใช้หินขนาดใหญ่ประมาณ 1.15 ลูกบาศก์เมตร ทราย 0.3 ลูกบาศก์เมตร และหินย่อยหรือกรวดอีก 0.5 ลูกบาศก์เมตร ดังนั้น เมื่อทราบจำนวนหินเรียงทั้งหมด ก็สามารถที่จะคำนวณหาปริมาตรวัสดุที่จะใช้แต่ละชนิดทั้งหมดได้

2. หินทิ้งหมายถึงหินที่ได้นำมาปูเรียงด้วยแรงคน หรือทิ้งจากรถขนหินในบริเวณที่ต้องการให้ได้ความหนาที่กำหนด โดยไม่ต้องแซมหินย่อยหรือมีการตกแต่งมากแต่อย่างใด หินที่ใช้ควรจะเป็นหินใหญ่ที่มีขนาดคละกัน โดยมีขนาดใหญ่ที่สุดไม่เกิน 2/3 ของความหนาที่ต้องการจะปู ส่วนจำนวนหินทั้งหมดที่จะต้องจัดหามาใช้งาน ก็สามารถคำนวณได้จากแบบเช่นกัน โดยให้เผื่อการสูญเสียในขณะทำงานไว้บ้างเล็กน้อย

9.7 การประมาณราคา ราคาค่าก่อสร้างงานต่าง ๆ จะประกอบด้วยค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานก่อสร้าง ค่าวัสดุก่อสร้าง และค่าอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่จะต้องจัดหามาใช้งาน

การประมาณค่าก่อสร้างเขื่อนดิน ฝาย และอาคารต่าง ๆ ให้ถูกต้องและใกล้เคียงกับค่าใช้จ่ายจริงนั้น จะต้องอาศัยประสพการณ์ และต้องทราบหรือเข้าใจถึงองค์ประกอบต่าง ๆ ที่จะเกี่ยวข้องกับการก่อสร้างอย่างละเอียด เช่น การก่อสร้างควรจะดำเนินงานด้วยขั้นตอนอย่างไร ผู้ก่อสร้างจะสามารถควบคุมการก่อสร้างให้เป็นไปตามแผนงานที่กำหนดไว้ได้ใกล้เคียงมากน้อยเพียงไร เครื่องจักรเครื่องมือที่จะใช้ในการทำงาน ฤดูกาลขณะที่ทำการก่อสร้าง จะเป็นอุปสรรคต่อการก่อสร้างมากน้อยอย่างไร อีกทั้งอัตราค่าแรงในท้องถิ่น ค่าใช้จ่ายของช่างและผู้ควบคุมงานตลอดจนราคาวัสดุที่จะจัดซื้อในท้องถิ่นและร้านค้า รวมทั้งค่าขนส่งที่จะนำมายังที่บริเวณก่อสร้าง และอัตราหรือความสามารถในการทำงานของผู้ปฏิบัติงานแต่ละคน รวมทั้งของเครื่องจักรเครื่องมือที่จะทำงานได้ต่อวันด้วย เป็นต้น

ในการก่อสร้างงานดินของตัวเขื่อนและฝาย จะต้องประมาณราคางานขุดถากดินอ่อนบริเวณฐานเขื่อนและฝาย ค่าขุดดินร่องแกน ค่าถมดินบดทับแน่นของตัวเขื่อนหรือฝายทั้งหมด ตลอดจนงานดินลูกรังบดทับแน่นบนสันเขื่อน และงานปลูกหญ้าที่ลาดเขื่อนและลาดต่าง ๆ เพื่อป้องกันน้ำกัดเซาะ ซึ่งงานดังกล่าวส่วนใหญ่จะเป็นค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน อันได้แก่ค่าอะไหล่เครื่องจักร ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าน้ำมันหล่อลื่น ค่าให้ความชื้นในการบดอัดดิน ค่าเสื่อมราคาของเครื่องจักร และค่าแรงในการดำเนินงานตลอดจนค่ากำไรและภาษีในกรณีที่เป็นงานจ้างเหมาเป็นต้น ส่วนการทำงานหินก่อ งานคอนกรีต และงานหินเรียงหรือหินทิ้งนั้น ส่วนใหญ่จะเป็นค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อวัสดุก่อสร้าง และเป็นค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานอีกประมาณ 20-30 เปอร์เซนต์ของราคางานทั้งหมด

ในทางปฏิบัติงาน ผู้ประมาณราคางานจะต้องประเมินอัตราค่าก่อสร้างต่อหน่วยในช่วงเวลาที่จะทำการก่อสร้างให้เหมาะสมกับสภาพของท้องถิ่นต่าง ๆ ซึ่งจะรวมทั้งค่าวัสดุ และค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานทั้งหมด ดังรายละเอียดที่ได้กล่าวมาแล้ว เช่นค่าดินถมอัดแน่นด้วยเครื่องจักรมีอัตราต่อลูกบาศก์เมตรเท่ากับ 30 บาท ค่าขุดดินร่องแกนด้วยเครื่องจักรลูกบาศก์เมตรละ 10 บาท และค่าทำงานหินก่อลูกบาศก์เมตรละ 900 บาท เป็นต้น ซึ่งเมื่อได้คำนวณปริมาตรงานต่าง ๆ ไว้เรียบร้อยแล้ว ก็จะทราบค่าก่อสร้างของงานแต่ละประเภทนั้นได้ และรวมไปถึงราคาก่อสร้างทั้งโครงการในที่สุด

การก่อสร้าง
เขื่อนดินและอาคารประกอบ

บทที่ 10 ....

การก่อสร้างเขื่อนดินขนาดเล็กจะมีวิธีการดำเนินงานเหมือนกับการก่อสร้างเขื่อนดินขนาดใหญ่ เพียงแต่ว่าขั้นตอนของการก่อสร้างและการควบคุมงานอาจจะไม่มีความยุ่งยากเท่าไรนัก การก่อสร้างโดยทั่วไปจะดำเนินการได้ 2 วิธี คือ

ก. การก่อสร้างเอง หมายถึงการก่อสร้างตัวเขื่อนดินและอาคารประกอบด้วยเครื่องจักรเครื่องมือที่มีอยู่ หรือจัดหามาเพิ่มเติมบ้าง โดยเจ้าของงานจะเป็นผู้ดำเนินการจัดหาวัสดุ จ้างคนงานและควบคุมงานเอง จนกระทั่งงานต่าง ๆ แล้วเสร็จตามที่ต้องการ

ข. การก่อสร้างด้วยการจ้างเหมา โดยทำการก่อสร้างตัวเขื่อนดินและอาคารประกอบด้วยการจ้างเหมาให้ผู้อื่นดำเนินการให้ทั้งหมด จ้างเหมาเฉพาะบางส่วน จ้างเหมาเฉพาะแรงงาน หรือทำการจ้างเหมาเฉพาะการขนส่งเท่านั้น อย่างใดอย่างหนึ่ง เป็นต้น การก่อสร้างด้วยวิธีการจ้างเหมานี้จะต้องจัดทำเอกสาร แสดงรายละเอียดของปริมาณงาน ที่ผู้รับจ้างจะต้องทำ และรายละเอียดของวิธีการก่อสร้าง เพื่อให้ผู้รับเหมาสามารถดำเนินการตามได้อย่างถูกต้อง และสำหรับเจ้าของงานจะได้ใช้ประกอบการควบคุมงานอีกด้วย

10.1 **การวางแผนงานก่อสร้าง** หมายถึงการกำหนดลำดับและระยะเวลาของการก่อสร้างงานต่าง ๆ ซึ่งมีงานตัวเขื่อนดินและงานอาคารที่เขื่อน เพื่อให้ทราบว่าการก่อสร้างงานต่าง ๆ มีขั้นตอนในการดำเนินการอย่างไร และงานแต่ละอย่างของเขื่อนพร้อมด้วยอาคารประกอบ จะสามารถทำการก่อสร้างได้เสร็จภายในเวลานานเท่าไร

รายละเอียดของแผนงานก่อสร้างจะต้องกำหนดขึ้นให้สอดคล้องกับสภาพภูมิประเทศ ฤดูกาล ปริมาณของงานแต่ละชนิด จำนวนเครื่องจักรเครื่องมือ และกำหนดความต้องการให้งานเขื่อนและอาคารประกอบทั้งหมดนั้นแล้วเสร็จ

10.2 การเตรียมงาน ก่อนที่จะเริ่มงานก่อสร้างตัวเขื่อนและอาคารประกอบ ควรจะได้มีการพิจารณาวางแผนงานก่อสร้างให้เหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศและสภาพแวดล้อมดังที่ได้กล่าวมาแล้ว นอกจากนี้ยังจะต้องมีการเตรียมงานให้พร้อมก่อนที่จะเริ่มการก่อสร้างงานสำคัญต่อไปอีกด้วย

สำหรับงานที่จะดำเนินการก่อสร้างเอง จะต้องทำการตรวจสอบสภาพภูมิประเทศทั่วไปและสถานที่ก่อสร้าง คำนวณปริมาณงานแต่ละชนิด คำนวณปริมาณวัสดุที่ต้องการจะใช้แต่ละชนิด วางแผนการใช้และการจัดหาเครื่องจักรเครื่องมือมาให้เพียงพอแก่การใช้งาน พร้อมทั้งจัดหาช่างและคนงานให้ได้ตามจำนวนที่ต้องการ และกำหนดวิธีการควบคุมงานต่าง ๆ ไว้ให้พร้อม

ส่วนงานที่จะให้ก่อสร้างด้วยการจ้างเหมา ผู้เป็นเจ้าของงานจะต้องเตรียมงานต่าง ๆ ก่อนดำเนินการว่าจ้างผู้รับเหมา เป็นต้นว่า เตรียมร่างสัญญาการจ้างเหมาให้ละเอียดและรัดกุม เตรียมแบบแปลนและเอกสารกำหนดรายการรายละเอียดของวิธีการปฏิบัติงาน หรือวิธีการก่อสร้างงานต่าง ๆ ไว้ให้พร้อม กำหนดรายละเอียดวัสดุก่อสร้างและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่จะใช้ในการก่อสร้างนั้น ๆ ตลอดจนการจัดหาบุคคลหรือช่างที่มีความสามารถ สำหรับควบคุมงานให้เป็นไปตามกำหนดรายการรายละเอียด แบบ และสัญญา การเตรียมงานสำหรับงานจ้างเหมาอาจจะมีความยุ่งยากและใช้เวลามากกว่าการเตรียมงานเพื่อการก่อสร้างเอง แต่การดำเนินงานในขั้นต่อไปนั้นจะเป็นหน้าที่ของผู้รับจ้างทั้งหมด เจ้าของงานเพียงแต่ควบคุมการก่อสร้างให้เป็นไปตามแบบ ตามรายการรายละเอียดที่กำหนดไว้ และให้ครบถ้วนตามสัญญาที่ระบุไว้เท่านั้น

10.3 การจัดผังบริเวณ หมายถึงการจัดวางผังที่ทำการ โรงพัสดุ โรงเก็บวัสดุก่อสร้าง โรงช่างไม้ โรงดัดเหล็ก และบ้านพัก ฯลฯ ให้มีความสะดวกในการทำงาน สามารถควบคุมดูแลได้อย่างทั่วถึงและมีความปลอดภัยระหว่างการปฏิบัติงาน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้.–

1. ควรปลูกที่ทำการและบ้านพักให้ห่างจากบริเวณที่ทำการก่อสร้างพอสมควร

2. สถานที่กองวัสดุก่อสร้างไม่ควรจะอยู่ห่างจากบริเวณที่ทำงานก่อสร้างมากนัก และควรจัดแยกกองวัสดุเป็นกลุ่ม ๆ เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งาน

3. ที่ทำการควรสร้างให้อยู่ในตำแหน่งที่จะสามารถควบคุมดูแลการทำงานทุกชนิดได้ตลอดเวลา

4. บ้านพักควรปลูกให้เป็นหมวดหมู่ เป็นแถวแนวที่ดูเรียบร้อยและถูกสุขลักษณะ ใกล้แหล่งน้ำ ไม่บังลมซึ่งกันและกัน และควรจะปลูกเว้นให้ห่างเพื่อการป้องกันอัคคีภัยด้วย

5. บริเวณที่ทำงานก่อสร้าง บริเวณที่ทำการ และโรงเรือน ควรกำหนดเขตให้ชัดเจน โดยอาจจะสร้างรั้วกั้นโดยรอบพร้อมกับจัดยามไว้ดูแลตามความเหมาะสม ซึ่งหากไม่จำเป็นแล้วก็ไม่ควรอนุญาตให้บุคคลภายนอกที่ไม่เกี่ยวข้องเข้ามาอาศัยอยู่

10.4 การทำงานฐานราก งานฐานราก จะต้องดำเนินการเป็นอันดับแรกก่อนการก่อสร้างตัวเขื่อนดินและอาคารต่าง ๆ ซึ่งจะมีรายละเอียดดังนี้.-

1. ให้สร้างหมุดหลักฐานสำหรับแนวศูนย์กลางเขื่อนและอาคาร และหมุดหลักฐานระดับก่อน หมุดดังกล่าวควรหล่อด้วยคอนกรีตแล้วฝังลงดินให้มั่นคงแข็งแรงในบริเวณที่จะไม่ถูกรบกวนขณะมีการทำงาน

2. ปักหมุดไม้เล็ก ๆ เพื่อกำหนดเขตแสดงความกว้างของฐานเขื่อน และหมุดแสดงความกว้างของกันร่อนแกนเป็นระยะ ๆ ตลอดแนวเขื่อน

3. ทำการถากเปิดหน้าดินบริเวณฐานที่จะรองรับตัวเขื่อนให้หมดดินอ่อน ตอไม้ และรากไม้ ด้วยแทรคเตอร์และรถตัดหน้าดิน แล้วขนย้ายดินที่ถากออกแล้วและตอไม้รากไม้ไปรวมกองทางด้านท้ายน้ำนอกเขตตัวเขื่อน เพื่อรอการนำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นต่อไป

สำหรับเขื่อนดินที่มีขนาดความสูงไม่มากนัก ผิวดินฐานรากที่ถากออกจะหนาประมาณ 30 – 50 เซ็นติเมตร

4. ในการขุดร่องแกนของเขื่อน ควรจะขุดให้ได้ขนาดความกว้างและความลึกตามที่กำหนดในแบบ ซึ่งโดยส่วนใหญ่กันร่องแกนที่ก่อสร้างด้วยเครื่องจักร จะกว้างประมาณ 4 เมตรเป็นอย่างน้อย และกว้างไม่น้อยกว่า 2 เมตรสำหรับการขุดด้วยแรงคน ส่วนความลึกของร่องแกนจะให้หยั่งลงไปถึงชั้นดินทึบหรือดินดานที่มีอยู่ด้านล่างเสมอ แล้วจะได้ถมดินประเภทเดียวกับตัวเขื่อนลงไปจนเต็มสำหรับป้องกันไม่ให้น้ำไหลผ่านใต้เขื่อนได้ง่าย ดังนั้นร่องแกนของตัวเขื่อนที่จะขุดลงไปถึงระดับใดนั้น ควรจะต้องพิจารณาถึงลักษณะดินที่กันร่องแกนนั้นประกอบด้วยเสมอ

5. ควรตัดดินลาดด้านข้างของร่องแกนให้เอียงประมาณ ตั้ง : ราบ เท่ากับ 1 : 1 ทั้งนี้เพื่อให้ดินบริเวณข้างร่องแกนทรงตัวอยู่ได้โดยไม่เลื่อนทลายลง และเพื่อให้ดินที่ถมกลับลงไปในร่องแกนนั้นสามารถบดทับได้แน่นแนบกับลาดร่องแกนดี

6. กรณีที่ระดับน้ำใต้ดินอยู่ใกล้ผิวดิน หรือการขุดร่องแกนที่บริเวณลำน้ำ น้ำในดินมักจะไหลออกมา ทำให้ขุดดินออกไปได้ลำบากยิ่ง หรือลาดของร่องแกนอาจจะพังทลายลงได้ จึงจำเป็นต้องหาทางลดระดับน้ำใต้ดินทั่วบริเวณนั้นให้ต่ำลงเสียก่อน เช่น ควรสร้างบ่อดักน้ำที่ด้านเหนือและด้านท้ายน้ำของร่องแกนและบริเวณอื่นอีกตามความจำเป็น บ่อดังกล่าวจะมีระดับก้นบ่ออยู่ต่ำกว่าพื้นร่องแกนที่จะขุดถึงแล้วสูบน้ำออกจากบ่อเพื่อรักษาระดับน้ำให้ต่ำอยู่ตลอดเวลา ซึ่งน้ำใต้ดินในบริเวณข้างเคียงจะลดระดับลงและสามารถขุดดินออกจากร่องแกนต่อไปได้จนถึงระดับที่ต้องการ

งานฐานรากจัดว่าเป็นงานที่มีความสำคัญมากของการก่อสร้างเขื่อนดิน โดยเฉพาะเขื่อนที่ต้องขุดร่องแกนให้ลึกลงไปถึงชั้นดินทึบน้ำผ่านดินปนทรายหรือดินทรายชั้นบน ซึ่งถ้าหากทำการขุดดินทรายออกไม่ถึงชั้นทึบน้ำ แล้วถมดินแบบเดียวกับตัวเขื่อนลงไป อาจไม่สามารถกักกั้นน้ำที่จะลอดผ่านใต้เขื่อนได้ หรือเมื่อได้เก็บกักน้ำไว้ที่ระดับสูงเมื่อใด น้ำอาจจะไหลลอดผ่านใต้เขื่อนออกไปได้มาก จะเกิดอันตรายอย่างยิ่งแก่ตัวเขื่อนดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

10.5 **การก่อสร้างตัวเขื่อน** งานก่อสร้างตัวเขื่อน จะเริ่มด้วยการเลือกดินที่มีคุณสมบัติเหมาะสมตามที่ต้องการ มีความชื้นในจำนวนที่ทำการบดอัดได้แน่นที่สุด โดยนำมาเกลี่ยแล้วบดทับด้วยลูกกลิ้งตีนแกะให้มีความแน่นตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ หรือหากจะก่อสร้างด้วยแรงคน ก็ควรเกลี่ยดินให้เป็นชั้นบาง ๆ แล้วกระทุ้งด้วยตุ้มกระทุ้งที่หนักพอสมควรจนแน่นทั่วกัน แล้วจึงค่อยปูดินชั้นใหม่ต่อไป การถมดินตัวเขื่อน จะเริ่มตั้งแต่ร่องแกนเขื่อนขึ้นไปจนถึงระดับสันเขื่อน ให้ได้รูปร่างและขนาดตามที่แบบกำหนดไว้ โดยจะมีรายละเอียดในการก่อสร้างดังนี้.-

1. ก่อนที่จะเริ่มงานถมดินตัวเขื่อน ควรจะได้กำหนดบริเวณที่จะขุดดินมาใช้งาน ซึ่งไม่ควรอยู่ใกล้ตัวเขื่อนน้อยกว่า 150 เมตร และไม่ไกลมากจนต้องเสียค่าใช้จ่ายในการขนส่งแพงเกินไป บริเวณที่จะนำดินมาใช้จะต้องมีการถากเปิดหน้าดินที่มีคุณสมบัติไม่เหมาะสมและวัชพืชออกจนหมดเสียก่อนด้วย

2. ดินทั้งหมดที่ขุดออกจากบ่อก่อสร้างของอาคารและทางระบายน้ำของอาคารระบายน้ำล้น หากเป็นดินที่มีคุณภาพดีพอประมาณควรจะนำมาใช้ถมตัวเขื่อนให้หมด ซึ่งจะประหยัดค่าก่อสร้างได้บ้าง โดยดินดังกล่าวนี้ควรนำมาถมตัวเขื่อนที่บริเวณท้ายเขื่อนด้านนอก

3. การก่อสร้างเขื่อนดินที่มีขนาดเล็ก ซึ่งใช้ดินจำนวนไม่มากนัก จะนิยมเลือกดินที่มีคุณสมบัติทึบน้ำดี ถมตลอดทั้งตัวเขื่อน ซึ่งดินทึบน้ำจะเป็นดินที่มีดินเหนียวผสมอยู่ด้วย 25 – 50 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก สำหรับเขื่อนบางแห่งที่ไม่สามารถหาดินทึบน้ำดังกล่าวได้มากพอ ก็จะถมดินทึบน้ำซึ่งมีคุณสมบัติดีไว้ตรงกลาง แล้วถมดินปนทรายที่มีดินเหนียวผสมอยู่น้อยทางด้านนอกสองด้านตามความเหมาะสม โดยให้เป็นไปตามแบบที่กำหนดไว้

4. ต้องมีการตรวจสอบคุณสมบัติของดินที่จะนำมาใช้ถมตัวเขื่อนตลอดเวลาเพื่อให้แน่ใจว่าดินทั้งหมดของตัวเขื่อนนั้นมีคุณสมบัติถูกต้องดี ผู้ควบคุมงานจะต้องตรวจสอบดินทั้งที่แหล่งขุดและที่ตัวเขื่อนว่าเป็นดินชนิดเดียวกันเสมอ คุณสมบัติของดินที่จะเลือกใช้สร้างตัวเขื่อนดูบทที่ 5. ที่ได้กล่าวมาแล้ว

5. การถมดินในร่องแกนควรทำอย่างระมัดระวัง โดยการถมเป็นชั้น ๆ ตลอดแนวความยาวของร่องแกน โดยเกลี่ยให้มีความหนาประมาณชั้นละ 20 – 25 เซ็นติเมตรเป็นอย่างมากสำหรับการบดอัดแน่นด้วยเครื่องจักรกล และหนาประมาณชั้นละ 5-8 เซ็นติเมตรสำหรับการกระทุ้งให้แน่นด้วยแรงคน การบดทับหรือกระทุ้งนั้นจะต้องควบคุมให้ได้ความแน่นของดินมากที่สุด มิฉะนั้นอาจจะเกิดการทรุดตัวได้ในภายหลัง เฉพาะอย่างยิ่งบริเวณผิวดินเดิมของร่องแกนที่สัมผัสกับดินตัวเขื่อน

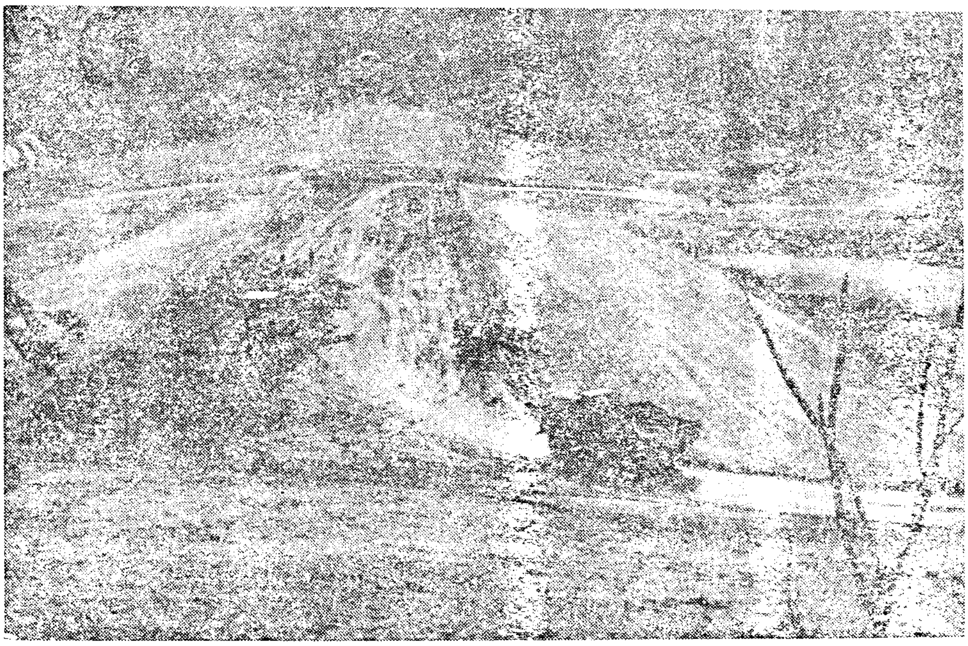
6. เมื่อได้ถมดินในร่องแกนสูงขึ้นมาพอที่จะถมดินตัวเขื่อนได้แล้ว ให้ทำการถมดินตัวเขื่อนติดต่อกันไปเลย หรือถ้าหากเป็นเขื่อนที่จะแบ่งถมดินที่ไม่ค่อยทึบน้ำบ้าง ก็จะต้องถมดินที่น้ำรั่วซึมได้ยากต่อเนื่องไปกับดินที่ถมในร่องแกนนั้น ส่วนด้านเหนือน้ำและด้านท้ายน้ำจึงจะใช้ดินที่น้ำรั่วซึมได้ถมไป

ความหนาของดินซึ่งถมแต่ละชั้นที่บริเวณตัวเขื่อน และการบดทับแน่นจะมีลักษณะเช่นเดียวกับการถมและการบดทับแน่นดินในร่องแกนของเขื่อน

7. ขณะที่ทำการถมดินตัวเขื่อนให้สูงขึ้นไปนั้น จะต้องมีการปักหมุดไม้เล็ก ๆ เพื่อแสดงขอบเขตการถมดินตัวเขื่อนของแต่ละชั้นไว้ตลอด ซึ่งจะทำให้การถมดินแต่ละชั้นขึ้นไปมี

ความลาดเทถูกต้องทั้งลาดด้านเหนือน้ำและด้านท้ายน้ำ โดยทั่วไปจะบีกหมุดให้ถมดินเกินจากขอบของเขื่อนไปประมาณ 50 เซ็นติเมตร เพื่อให้ได้ดินบดทับแน่นตลอดไปถึงลาดเขื่อน และเหลือดินที่ต้องถากแต่งลาดจำนวนไม่มากนัก

8. ขณะที่นำดินมาเกลี่ยเพื่อทำการบดทับ จะต้องพิจารณาถึงจำนวนน้ำในดินที่พอเหมาะที่จะบดดินให้แน่นดีได้หรือไม่ ความชื้นในดินที่พอเหมาะควรมีอยู่ประมาณ 10 – 15 เปอร์เซนต์ โดยน้ำหนัก ซึ่งหากมีน้อยหรือมากกว่านี้จะทำให้การบดทับดินไม่แน่นเท่าที่ควร



รูปที่ 10.1 งานถมดินตัวเขื่อน

ดินที่ขุดมาจากแหล่งดินมักจะมีความชื้นอยู่พอสมควรแล้ว หากดินแห้งก็จะต้องเพิ่มน้ำก่อนทำการบดทับหรือกระทุ้งแน่นด้วยรถน้ำ หรือใช้คนหาบมาตามความเหมาะสม ผู้ควบคุมงานจะต้องควบคุมดูแลเรื่องน้ำที่มีอยู่ในดินขณะทำการบดทับแน่น เหมือนกับการควบคุมเรื่องการบดทับและการเลือกวัสดุถมตัวเขื่อนด้วย

ความชื้นในดินที่จะสามารถบดอัดแน่นด้วยเครื่องจักรกลหรือกระทุ้งบดอัดให้แน่นดีนั้นจะทำการตรวจสอบได้โดยวิธีง่าย ๆ ด้วยการนำดินมาปั้นให้เป็นก้อน หากดินยังคงเกาะกันเป็นก้อนได้โดยไม่ร่วนแตกออก มีความนุ่มมือดี และไม่มีน้ำออกมาจากดินเมื่อถูกบีบแล้ว จะแสดงว่าดินดังกล่าวมีความชื้นหรือน้ำในดินพอเหมาะ สามารถทำการบดอัดหรือกระทุ้งให้แน่นได้ดีที่สุด

อนึ่งถ้าดินที่จะบดอัดเปียกมากเกินไป ก็ควรตากดินให้ความชื้นลดลง หรือทำการผสมดินเปียกกับดินที่มีความชื้นน้อยจนเข้ากันดีและได้ความชื้นของดินที่พอเหมาะเสียก่อนจึงทำการบดอัดแน่นต่อไป

9. การถมดินบดอัดแน่นด้วยเครื่องจักรกล ส่วนใหญ่จะใช้ลูกกลิ้งตีนแกะ หรือรถบดล้อยาง ลากด้วยรถแทรกเตอร์ บดทับดินเป็นชั้น ๆ จนแน่น

– ลูกกลิ้งตีนแกะ มีลักษณะเป็นทรงกระบอกสร้างด้วยเหล็กที่ปิดปลายไว้ทั้งสองด้าน ลูกกลิ้งสำหรับทำงานเขื่อนดินส่วนใหญ่จะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 1.5 เมตร และยาวประมาณ 1.5 เมตร ในการทำงานเขื่อนจะนิยมใช้ลูกกลิ้งประกอบติดกัน 2 ลูก ให้มีเพลาที่สามารถหมุนและเคลื่อนที่ไปได้อย่างอิสระ โดยจัดระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งไว้ประมาณ 30 เซ็นติเมตร ตามผิวรอบนอกของลูกกลิ้งจะติดปุ่มเหล็กเรียกว่าตีนแกะโดยการเชื่อมอยู่ตลอดพื้นที่ผิว ตีนแกะดังกล่าวมักจะจัดเรียงให้เป็นแถว โดยแต่ละแถวให้มีปุ่มตีนแกะอยู่เยื้องสลับกันไปโดยตลอด เพื่อให้ดินได้รับการบดอัดแน่นสม่ำเสมอกันไปตามแนวที่ลากลูกกลิ้ง ปุ่มตีนแกะทำด้วยแผ่นเหล็กหนาเป็นรูปคล้ายกรวยโดยมีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัส ยาวประมาณ 23 เซ็นติเมตร และมีระยะห่างระหว่างปุ่มเท่ากับความยาว ซึ่งพื้นที่หน้าตัดที่ระยะห่างจากผิวลูกกลิ้งออกมา 15 เซ็นติเมตร เท่ากับ 64 ตารางเซ็นติเมตร และที่ระยะห่างจากผิวลูกกลิ้ง 20 เซ็นติเมตร เท่ากับ 45 ตารางเซ็นติเมตร โดยประมาณ

ในการใช้งานจะต้องบรรจุทรายหรือน้ำไว้ในลูกกลิ้งให้มีน้ำหนักประมาณ 6,000 กิโลกรัม ต่อความยาวของลูกกลิ้งหนึ่งเมตร ส่วนรถแทรกเตอร์ที่ใช้ลากก็จะต้องมีกำลังมากพอที่จะลากลูกกลิ้งที่มีน้ำหนักดังกล่าวไปได้โดยสะดวกด้วย

– รถบดล้อยาง ประกอบด้วยล้อยางจำนวน 4 ล้อเป็นอย่างน้อย โดยมีระยะห่างระหว่างขอบล้อยาง ประมาณครึ่งหนึ่งของความกว้างของผิวล้อยางนั้น รถบดล้อยางที่นิยมใช้ทำงานบดอัดแน่นดินตัวเขื่อน ส่วนใหญ่จะบรรทุกทรายหรือหินจนมีน้ำหนักไม่น้อยกว่า 12 ตัน

10. การบดอัดแน่นดินตัวเขื่อนด้วยเครื่องจักรกลเพื่อให้ได้ความแน่นของดินตามที่ต้องการนั้น จะต้องทำการบดอัดด้วยการลากลูกกลิ้งตีนแกะหรือรถบดล้อยางซ้ำแนวเดิม โดยให้เหลื่อมกันเล็กน้อยไป – มาจำนวนหลายเที่ยว เพื่อให้ทุกส่วนของดินแต่ละชั้นได้รับการบดอัดเท่ากัน

สำหรับงานเขื่อนดินขนาดเล็กโดยทั่วไปที่ใช้ลูกกลิ้งตีนแกะหรือรถบดล้อยาง ซึ่งมีน้ำหนักตามที่ได้กำหนดในข้อ 9 แล้ว ควรทำการบดอัดซ้ำแนวกันรวมประมาณ 8 เที่ยวจึงจะเทดินชั้นต่อไปได้

11. ถ้าผิวหน้าดินที่ได้บดอัดแล้วแห้งเกินไป ก่อนที่จะเทดินชั้นต่อไปควรทำผิวหน้าดินให้ขรุขระด้วยเครื่องกรุยดินที่ติดกับรถแทรกเตอร์แล้วพรมน้ำให้เปียกพอเหมาะ เพื่อให้ดินที่บดอัดชั้นต่อไปติดเป็นเนื้อเดียวกันกับดินชั้นล่าง ถ้าดินผิวหน้าที่ได้บดอัดแล้วเปียกมากเกินไป ก่อนที่จะเทดินชั้นต่อไปก็ควรขูดดินส่วนที่เปียกออก หรือตากดินให้ความชื้นลดลงเสียก่อนด้วย ส่วนดินที่ขูดออกไปนั้นเมื่อความชื้นลดลงได้พอเหมาะแล้ว สามารถนำมาใช้บดอัดใหม่ได้

12. สำหรับการกระทุ้งให้แน่นด้วยแรงคน แท่งน้ำหนักสำหรับใช้กระทุ้งดินควรจัดเตรียมไว้ให้พร้อม ซึ่งประกอบด้วยท่อนไม้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 15 เซ็นติเมตร ตัดให้เรียบ มีความยาวประมาณ 30 – 40 เซ็นติเมตร แล้วยึดด้วยไม้ที่ด้านข้างทั้งสองด้าน สำหรับจับยกขึ้นได้อย่างสะดวก

การกระทุ้งดินถมให้แน่นโดยทั่วกัน ควรจะจัดคนกระทุ้งเป็นแถวหน้ากระดานเรียงสองให้เต็มความกว้างของตัวเขื่อน ทำการกระทุ้งให้ทั่วตลอดความกว้างเป็นแนวไปตามความยาวของตัวเขื่อนนั้น

13. ควรจัดคนงานประมาณ 2 – 3 คน ประจำที่เขื่อน เพื่อคอยเก็บเศษวัสดุที่ไม่ต้องการทิ้งไป เช่น กอหญ้าและรากไม้ เป็นต้น และหลังจากถมดินตัวเขื่อนเสร็จเรียบร้อยแล้ว ควรแต่งลาดทั้งสองด้านให้เรียบร้อย แล้วจึงปลูกหญ้าเพื่อป้องกันน้ำฝนไม่ให้กัดเซาะดินจนเป็นรูโพรง

งานถมดินอัดแน่นที่เขื่อนซึ่งมีรายละเอียดที่ได้กล่าวมาข้างต้นนั้น จะใช้เป็นแนวทางสำหรับการทำงานเขื่อนดินขนาดเล็กได้พอสมควร ผู้ก่อสร้างซึ่งไม่เคยทำงานประเภทนี้มาก่อน แต่ถ้าทำการสร้างเขื่อนด้วยความระมัดระวัง และมีความละเอียดรอบคอบอยู่ตลอดเวลาแล้ว ก็จะสามารถก่อสร้างเขื่อนขนาดเล็กดังกล่าวให้มีความมั่นคงแข็งแรงดีได้เช่นกัน

10.6 การก่อสร้างอาคารระบายน้ำล้น การก่อสร้างอาคารระบายน้ำล้นจะกล่าวเฉพาะอาคารที่ได้แนะนำในคู่มือนี้ การก่อสร้างอาคารระบายน้ำล้นแบบทางระบายน้ำ และแบบรางเท ควรจะดำเนินการดังต่อไปนี้.-

1. ปักหมุดแสดงแนวและเขตความกว้างทางน้ำ หรือบ่อก่อสร้างที่จะขุดดินออกให้ได้ระดับ พร้อมไปกับการเริ่มงานก่อสร้างตัวเขื่อน

2. ขุดดินทางระบายน้ำ หรือบ่อก่อสร้างของอาคารระบายน้ำล้นชนิดรางเทให้ลึกถึงระดับที่ต้องการ โดยให้มีลาดด้านข้างและแนวตามที่กำหนด

ดินที่ขุดออกนั้น ควรตักหน้าดินที่เป็นทรายทิ้งไป แล้วนำดินที่มีคุณภาพดีไปถมตัวเขื่อนที่บริเวณท้ายเขื่อนด้านนอกให้หมด

3. สำหรับอาคารระบายน้ำล้นแบบทางระบายน้ำ ควรแต่งพื้นทางระบายน้ำให้เรียบและมีลาดตามที่กำหนด ซึ่งอาจใช้กล้องส่องระดับมือช่วยตรวจสอบให้ถูกต้องด้วย หลังจากนั้นจึงนำหญ้าเป็นแผ่นมาปลูกให้เต็มพื้นที่ที่ลาดด้านข้างและพื้นทางระบาย แล้วหมั่นรดน้ำให้หญ้าขึ้นจนงอกงาม ซึ่งจะช่วยป้องกันการกัดเซาะทางระบายน้ำได้ดีพอสมควร

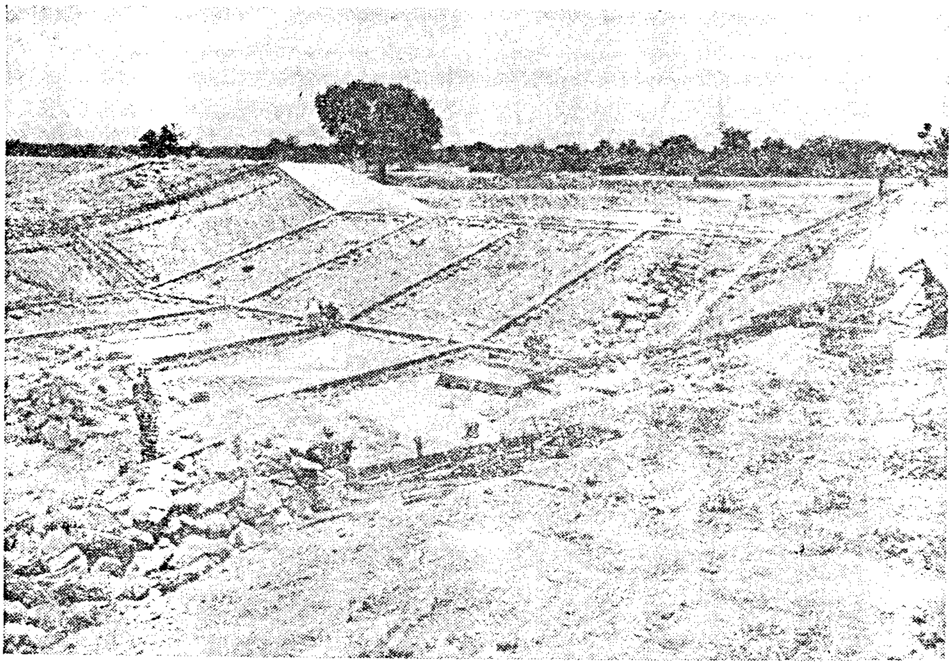
4. สำหรับอาคารระบายน้ำแบบรางเท เมื่อได้ขุดดินบริเวณร่องฝาย บ่อรางเทและพื้นท้ายรางเทจนได้ระดับ และมีลาดด้านข้างตามที่กำหนดแล้ว ขั้นต่อไปควรตกแต่งผิวดินให้เรียบก่อนที่จะเริ่มงานหินก่อหรือคอนกรีตล้วนต่อไป

5. การทำงานหินก่อ ควรเริ่มจากพื้นส่วนล่างที่ต่อจากปลายรางเทให้เสร็จ แล้วจึงปูหินก่อตามลาดของรางเทขึ้นไปหาช่องฝายและลาดตลิ่งทั้งสองฝั่ง ต่อจากนั้นจึงปูหินก่อบนพื้นฝายและลาดด้านข้างเหนือช่องฝายเป็นอันดับสุดท้าย

6. การทำงานหินก่อ ควรดำเนินการด้วยความประณีตที่สุด ให้ได้หินก่อที่มีความทึบแน่นดีเช่นเดียวกับคอนกรีต เพราะไม่ต้องการให้น้ำใต้พื้นรางเทตอนล่างและพื้นส่วนล่างที่ต่อท้ายรางเทซึมผ่านออกมาได้

7. บางกรณีอาจใช้คอนกรีตแทนหินก่อก็ได้ แต่จะต้องบ่มคอนกรีตด้วยการขังหรือฉีดน้ำไว้หลาย ๆ วัน เพื่อไม่ให้คอนกรีตร้าวในขณะกำลังแข็งตัว

8. ท้ายอาคารระบายน้ำล้นแบบรางเทจะต้องขุดทางระบายน้ำที่มีความลึกมากไปจนบรรจบกับลำน้ำธรรมชาติ ควรขุดไปให้ได้ขนาด และเลือกดินที่มีคุณภาพดีไปถมตัวเขื่อนด้วยเช่นกัน หลังจากนั้นจึงทิ้งหินที่ท้องน้ำและลาดตลิ่งสองฝั่งสำหรับป้องกันการกัดเซาะ



รูปที่ 10.2 งานก่อสร้างทางระบายน้ำล้นแบบรางเท

10.7 การก่อสร้างท่อระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำ อาคารท่อระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำตามรูปแบบที่กล่าวในคู่มือ ควรดำเนินการดังนี้.–

1. งานก่อสร้างท่อระบายน้ำ ควรจะก่อสร้างให้เสร็จก่อนการถมดินตัวเขื่อนในบริเวณนั้น เพื่อไม่ให้งานถมดินตัวเขื่อนต้องหยุดรอ

2. ท่อระบายน้ำส่วนใหญ่ จะวางอยู่ต่ำกว่าผิวดินธรรมชาติเล็กน้อย หรือวางอยู่บนฐานรากของเขื่อนที่ได้ขุดถากจนถึงดินแข็งตามที่ต้องการแล้ว

3. ปักหมุดตามแนวศูนย์กลางอาคารให้เรียบร้อย แล้วเริ่มขุดร่อง และแต่งพื้นที่จะวางท่อให้เรียบ

4. ท่อระบายน้ำที่มีขนาดเล็กตามแบบในรูปที่ 7.12 จะเทคอนกรีตจากพื้นหุ้มขึ้นมาถึงแนวศูนย์กลางท่อ โดยวางท่อบนแท่นคอนกรีตเล็ก ๆ ให้ได้แนวและระดับตามที่ต้องการก่อน แล้วจึงเทคอนกรีตที่พื้นให้เทรกเข้าไปใต้ท่อ และสูงขึ้นมาถึงแนวศูนย์กลาง

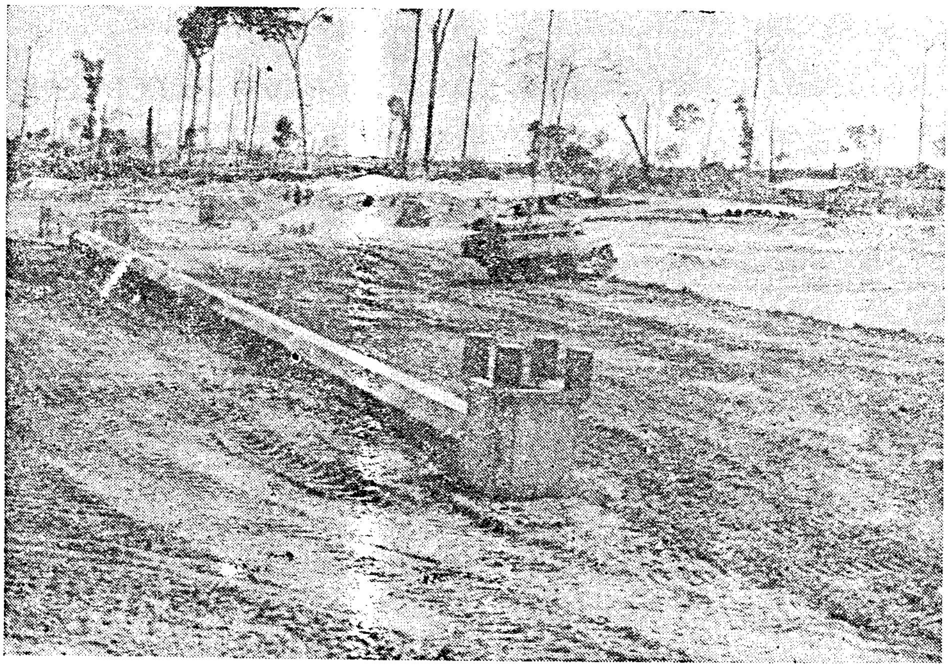
5. เมื่อคอนกรีตแข็งตัวดีแล้ว จึงถมดินรอบท่อให้แน่นที่สุด ตลอดความกว้างเขื่อนที่ท่อผ่าน

6. ส่วนการก่อสร้างท่อระบายน้ำ ที่มีขนาด 15 – 30 เซ็นติเมตร ตามแบบในรูปที่ 7.13 นั้น หลังจากขุดร่องจนได้ระดับและตกแต่งพื้นจนราบเรียบดีแล้ว ให้วางท่อแอสเบสตอสเป็นแบบในบนแท่นคอนกรีตเล็กๆ ให้ได้แนวและระดับตามที่ต้องการ แล้วจึงผูกเหล็กเสริมพร้อมกับตั้งแบบด้านนอกเพื่อเตรียมเทคอนกรีตต่อไป

7. ท่อระบายน้ำที่มีคอนกรีตหุ้มนั้น คอนกรีตส่วนล่างใต้ท่อจะแนบติดแน่นกับฐานไปตลอดความกว้างของเขื่อน ทำให้น้ำไม่ไหลแทรกไปตามรอยสัมผัส ส่วนดินถมข้างท่อก็สามารถกระทุ้งอัดแน่นได้สะดวกจนแนบสนิทกับผิวคอนกรีตไปตลอดเช่นกัน

8. หลังจากได้ก่อสร้างตัวท่อจนเสร็จเรียบร้อยดีแล้ว จึงติดตั้งตะแกรงหุ้มปลายท่อที่ยื่นเข้าไปในอ่างเก็บน้ำ และติดตั้งประตูบังคับน้ำที่ปลายท่อด้านท้ายเขื่อนให้เรียบร้อย

9. ต่อจากปลายท่อด้านท้ายเขื่อน ควรสร้างบ่อพักน้ำก่อนที่จะปล่อยให้ไหลเข้าไปยังคูน้ำทันที โดยมีขนาดก้นบ่อประมาณ 1 เมตร × 1 เมตร เป็นอย่างน้อย และมีลาดข้างบ่อประมาณ 1:1 ส่วนระดับก้นบ่อนั้นก็ควรจะต่ำกว่าระดับก้นคูส่งน้ำไม่น้อยกว่า 50 เซ็นติเมตร เมื่อได้ขุดบ่อและแต่งผิวกินเรียบร้อยแล้วให้ปูหินก่อหรือดาดคอนกรีตไว้เพื่อป้องกันน้ำกัดเซาะ แล้วจึงขุดคูส่งน้ำออกไปตามแนวและขนาดที่ต้องการ



รูปที่ 10.3 งานก่อสร้างท่อระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำ

10.8 การซ่อมเขื่อนดินขนาดเล็ก งานเขื่อนดินขนาดเล็กจำนวนมากเป็นงานซ่อมแซมตัวเขื่อนหรืออาคารที่ตัวเขื่อนซึ่งชำรุดเสียหาย เนื่องจากได้ทำการก่อสร้างไว้โดยไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ เขื่อนดินขนาดเล็กที่ได้ก่อสร้างแล้วชำรุดเสียหาย อาจจะเกิดเนื่องมาจากสาเหตุต่างๆ กัน ดังต่อไปนี้.-

1. ดินที่ได้ใช้ก่อสร้างตัวเขื่อนเป็นดินปนทราย

2. ได้ทำการก่อสร้างตัวเขื่อนไว้บนชั้นทราย บนดินปนทราย หรือก่อนการถมดินตัวเขื่อนไม่ได้ขุดลอกดินอ่อนที่ท้องลำน้ำ ตลอดจนไม่ได้ขุดรากไม้และอินทรีย์วัตถุออกให้หมดเสียก่อน

3. การถมดินตัวเขื่อนโดยไม่ได้ทำการบดอัดดินให้มีความแน่นตามสมควร

4. ดินที่ใช้ก่อสร้างเขื่อนอาจเป็นดินแห้ง หรือเป็นดินที่มีความชื้นน้อยมากเกินไป แม้ว่าจะทำการบดอัดดินให้ดีมากเพียงไร ดินที่ถูกบดอัดนั้นก็จะไม่มีความแน่นตามที่ต้องการได้

5. ตัวเขื่อนอาจจะมีรูปร่างและขนาดเล็กเกินไป ซึ่งรวมทั้งลาดของเขื่อนด้านใดด้านหนึ่งหรือทั้งสองด้านอาจจะมีความชันมาก จนตัวเขื่อนทรงตัวอยู่ไม่ได้ในขณะทำการเก็บกักน้ำด้วย

6. อาจไม่ได้ก่อสร้างอาคารระบายน้ำล้นไว้ หรือได้ก่อสร้างอาคารที่มีขนาดเล็กจนไม่สามารถระบายน้ำจำนวนมากในฤดูฝนทิ้งไปได้ทัน ซึ่งจะเป็นผลทำให้น้ำไหลล้นข้ามสันเขื่อนจนเขื่อนได้รับความเสียหาย

7. ในกรณีที่ได้ก่อสร้างอาคารระบายน้ำล้นเป็นแบบร่องระบายน้ำ น้ำที่ไหลผ่านทางระบายน้ำอาจจะกัดเซาะดินให้เป็นร่องลึกลงไปมาก จนไม่สามารถเก็บกักน้ำไว้ได้

จากสาเหตุต่างๆ ดังกล่าวข้างต้นนั้น จะทำให้เขื่อนดินชำรุดเสียหายได้ ซึ่งจะต้องทำการซ่อมแซมใหม่ โดยก่อนที่จะเริ่มงานซ่อมแซมก็สมควรที่จะต้องค้นหาสาเหตุซึ่งทำให้ตัวเขื่อนดินได้รับความเสียหายเสียก่อน หลังจากนั้นจึงจะกำหนดรูปงานซ่อมแซมได้อย่างถูกต้อง แล้วจึงทำการซ่อมเขื่อนดินให้ทำการเก็บกักน้ำตามที่ต้องการต่อไป

วิธีการซ่อมเขื่อนดินและการควบคุมงาน ควรจะดำเนินการตามหลักเกณฑ์ดังนี้.-

1. การปราบบริเวณที่บริเวณด้านหน้าและด้านท้ายของเขื่อนดินเดิมซึ่งยังคงเหลืออยู่ ในกรณีที่จะซ่อมตัวเขื่อนให้มีขนาดใหญ่ขึ้น จะต้องทำการปราบบริเวณโดยการถางป่า ขุดรากไม้ และตอไม้ออกให้หมดไปจากพื้นที่ เฉพาะบริเวณที่จำเป็นต้องใช้ในการก่อสร้างตัวเขื่อนเพิ่มเติมเท่านั้น แล้วขนย้ายนำไปรวมกองทางด้านท้ายน้ำนอกเขตตัวเขื่อน เพื่อรอการนำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นต่อไป

2. ขนาดและรูปร่างของตัวเขื่อนที่ทำการซ่อมแซมแล้ว ควรจะมีขนาดความกว้างของสันเขื่อนไม่น้อยกว่า 2 เมตร สำหรับการทำงานด้วยแรงคน และมีความกว้างไม่น้อยกว่า 4 เมตร ในกรณีที่ทำงานด้วยเครื่องจักรกล ส่วนลาดของเขื่อนด้านที่เก็บกักน้ำควรมีความลาด ตั้ง : ราบ เท่ากับ 1:3 และลาดเขื่อนด้านท้ายน้ำควรมีความลาด ตั้ง : ราบ เท่ากับ 1:2.5 ทั้งส่วนที่เป็นตัวเขื่อนใหม่ และส่วนที่เป็นตัวเขื่อนเดิมซึ่งได้ทำการซ่อมเสริมเรียบร้อยแล้ว

3. การทำงานฐานรากของเขื่อนดินที่จะทำการก่อสร้างเพิ่มเติม ควรทำการขุดลอกหน้าดินภายหลังจากที่ถางวัชพืช และขุดรากไม้ตลอดทั่วบริเวณที่จะทำการก่อสร้างตัวเขื่อนดินเพิ่มเติมตามข้อ 1 แล้วจะต้องทำการขุดลอกหน้าดินธรรมชาติ ซึ่งรวมถึงการขุดรากไม้ เศษขยะ เศษหิน ดินผิวหน้า และสิ่งที่ไม่พึงประสงค์อื่น ๆ ตลอดจนอินทรีย์วัตถุและดินอ่อนออกให้หมด ทั้งนี้ให้ดำเนินการเฉพาะบริเวณที่จำเป็นต้องใช้ในการก่อสร้างตัวเขื่อนเพิ่มเติมเท่านั้น แล้วขนย้ายนำไปรวมกองทางด้านท้ายน้ำนอกเขตตัวเขื่อน เพื่อรอการนำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นเหมือนกับข้อ 1 เช่นนำไปใช้เป็นหน้าดินสำหรับการเพาะปลูก เป็นต้น

การขุดลอกหน้าดินจะต้องทำการขุดให้ลึกลงไปจนถึงดินแน่นเสมอ และห้ามไม่ให้นำดินที่ได้ขุดลอกออกนี้ไปใช้ถมตัวเขื่อนเป็นอันขาด

ส่วนการขุดดินที่เป็นร่องแกนเขื่อนที่สร้างเพิ่มเติม หากฐานรากของเขื่อนดินเป็นดินทรายหรือดินปนทราย ควรจะขุดร่องแกนให้ลึกลงไปจนถึงชั้นดินเหนียวหรือชั้นดินที่มีคุณสมบัติทึบน้ำ โดยให้มีความกว้างของก้นร่องแกนไม่น้อยกว่า 2 เมตรสำหรับการก่อสร้างด้วยแรงคน และกว้าง 4 เมตรสำหรับการก่อสร้างด้วยเครื่องจักรกล แล้วแต่งให้เป็นลาดขึ้นมาประมาณ 1:1 เหมือนกับการก่อสร้างเขื่อนใหม่ทั่วไป

4. การขุดถากตัวเขื่อนดินเดิมส่วนที่พอจะใช้งานต่อไปได้ ควรถากแต่งผิวให้เรียบและเป็นลาดเอียง เพื่อให้การถมดินใหม่ได้สัมผัสแน่นกับดินของเขื่อนเดิม

5. ดินที่จะนำมาใช้ถมตัวเขื่อนใหม่เพิ่มเติม โดยถมพอกกับเขื่อนเดิมที่มีอยู่ หรือใช้ถมตัวเขื่อนใหม่ในบริเวณที่ชำรุดเสียหายทั้งหมดนั้น จะต้องเลือกใช้ดินที่มีดินเหนียวผสมอยู่ เพื่อให้น้ำในอ่างเก็บน้ำรั่วซึมผ่านได้น้อยที่สุด โดยคุณสมบัติของดินที่เหมาะสมและวิธีการคัดเลือกตรวจสอบดินทั้งการสังเกตและการสัมผัสด้วยมือ ให้ดูรายละเอียดในบทที่ 5

6. ในการถมดินสำหรับงานซ่อมเขื่อนดิน ได้แก่งานถมดินตัวเขื่อนส่วนที่ขาดและส่วนที่ต้องการถมเพิ่มเติม เพื่อให้ได้เขื่อนดินที่มีรูปร่างและขนาดตามที่ต้องการ ควรจะได้ทำการก่อสร้างและควบคุมงานให้ดำเนินไปตามหลักเกณฑ์ดังนี้.-

- ลาดของเขื่อนดินเดิมที่ขุดถากและตกแต่งจนมีความลาดและเรียบแล้ว ก่อนที่จะทำการถมดินส่วนใหม่ทับลงไป ให้ราดน้ำที่ดินของเขื่อนเดิมจนชุ่มเสียก่อน

- การถมดินในร่องแกน ควรทำด้วยความระมัดระวัง โดยการถมขึ้นมาเป็นชั้น ๆ ตลอดแนวความยาวของร่องแกน สำหรับการกระทุ้งให้แน่นด้วยแรงคน การเกลี่ยดิน การรดน้ำดินให้มีความชื้นที่พอเหมาะและเครื่องมือสำหรับการกระทุ้ง ตลอดจนวิธีการบดอัดแน่นด้วยแรงคนและด้วยเครื่องจักรกล ให้ดูรายละเอียดในเรื่องการก่อสร้างตัวเขื่อนในหัวข้อ 10.5 ที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น

- เมื่อได้ถมดินในร่องแกนจนสูงขึ้นมาพอที่จะถมดินตัวเขื่อนได้แล้ว ให้ทำการถมดินตัวเขื่อนติดต่อกันไปเลย ความหนาของดินซึ่งถมแต่ละชั้นและการบดอัดกระทุ้งแน่นด้วยแรงคนหรือด้วยเครื่องจักร ให้ปฏิบัติเช่นเดียวกับการทำงานที่ร่องแกน และมีรายละเอียดในหัวข้อ 10.5

- ในขณะที่ทำการถมดินตัวเขื่อนให้สูงขึ้นไป จะต้องมีการปักไม้เล็ก ๆ ให้เป็นแนวเพื่อแสดงขอบเขตการที่จะถมดินของแต่ละระดับไว้ ซึ่งจะทำให้การถมดินขึ้นไปมีความลาดเทถูกต้อง ทั้งลาดด้านเหนือน้ำและด้านท้ายน้ำ โดยทั่วไปจะปักไม้แสดงเขตให้ถมดินเกินจากขอบเขตตัวเขื่อนไปประมาณ 50 เซ็นติเมตร เพื่อให้ได้ดินบดอัดแน่นตลอดไปถึงลาดเขื่อน และเหลือดินที่ต้องถากแต่งลาดเขื่อนจำนวนไม่มากนัก เช่นเดียวกับการก่อสร้างเขื่อนใหม่ทั่วไป

7. ในขณะทำการถมดินเพื่อทำตัวเขื่อน ควรจัดคนไว้คอยเก็บเศษวัสดุที่ไม่ต้องการทิ้งไป เช่น กอหญ้า และรากไม้ เป็นต้น และหลังจากถมดินตัวเขื่อนเสร็จเรียบร้อยแล้ว ควรแต่งลาดทั้งสองด้านให้เรียบร้อย แล้วจึงปลูกหญ้าเพื่อป้องกันน้ำฝนไม่ให้กัดเซาะดินจนเป็นรูโพรง

ในกรณีที่เขื่อนดินได้รับความเสียหายเพราะไม่สร้างอาคารระบายน้ำล้น หรือสร้างไว้แต่มีขนาดเล็กจนไม่สามารถระบายน้ำได้ทัน ควรจะพิจารณาก่อสร้างอาคารระบายน้ำเพิ่มเติมหรือปรับปรุงใหม่ให้ดีขึ้น

อาคารระบายน้ำดังกล่าวอาจจะก่อสร้างโดยการขุดให้เป็นร่องระบายน้ำที่มีก้นร่องลาดเทไปยังลำน้ำด้านท้ายเขื่อน โดยมีความกว้างที่คาดว่าจะสามารถระบายน้ำออกไปได้ทัน หรืออาจจะสร้างเป็นอาคารระบายน้ำล้นแบบรางเท ในทำเลที่ปลายเขื่อนด้านหนึ่งด้านใดตามความเหมาะสม ดังรูปแบบของอาคารระบายน้ำที่ได้กล่าวในบทที่ 7 ข้อ 7.5 นั้น

สำหรับกรณีที่ทางระบายน้ำเดิมได้ถูกน้ำกัดเซาะจนเป็นร่องลึกมาก ควรสร้างเขื่อนดินปิดกั้นร่องระบายน้ำนั้น แล้วทำการก่อสร้างอาคารระบายน้ำขึ้นใหม่ ในตำแหน่งที่เหมาะสมแทน

การก่อสร้าง
ฝายและอาคารประกอบ

.... บทที่ 11

การก่อสร้างฝายและอาคารประกอบจะมีวิธีการดำเนินงานก่อนการเริ่มงานก่อสร้างตัวฝายและอาคารต่าง ๆ เหมือนกับการดำเนินงานก่อนการก่อสร้างเขื่อนดินและอาคารประกอบ

การก่อสร้างฝายโดยทั่วไปจะสามารถดำเนินการได้ 2 วิธี ได้แก่การก่อสร้างเองและการก่อสร้างด้วยการจ้างเหมา เช่นเดียวกับการก่อสร้างเขื่อนดินและอาคารประกอบ ซึ่งการวางแผนงานก่อสร้าง การเตรียมงาน การจัดผังบริเวณ เพื่อให้มีความสะดวกในการทำงานของงานก่อสร้างฝายและอาคารประกอบ ก็ควรจะได้ดำเนินการให้เรียบร้อยก่อนเริ่มงานก่อสร้างฐานรากและอาคารต่าง ๆ ด้วย โดยมีรายละเอียดต่าง ๆ เหมือนกับการวางแผนงานก่อสร้าง การเตรียมงานและการจัดผังบริเวณของงานก่อสร้างเขื่อนดินและอาคารประกอบ ซึ่งได้กล่าวไว้ในบทที่ 10 นั้น

11.1 การทำงานฐานราก การทำงานฐานรากก่อนเริ่มการก่อสร้างตัวฝาย ควรจะดำเนินการดังนี้.-

1. ให้สร้างหมุดหลักฐานของแนวสันฝายไว้ทั้งสองฟากลำน้ำตามแนวที่กำหนดไว้พร้อมด้วยหมุดหลักฐานของระดับในบริเวณที่จะไม่ถูกรบกวนขณะมีการทำงาน ซึ่งรายละเอียดหมุดหลักฐานได้กล่าวแล้วในข้อ 10.4

2. ปักหมุดไม้เล็ก ๆ เพื่อกำหนดเขตแสดงบริเวณที่จะเป็นตัวฝาย พื้นฝายด้านเหนือน้ำและด้านท้ายน้ำ ตลอดจนขอบเขตที่จะขุดฝังคอนกรีตหรือหินก่อลงในดินฐานรากที่ท้องน้ำและลาดตลิ่ง ให้ถูกต้องตามที่แบบกำหนด

3. ขุดลอกหน้าดินท้องน้ำบริเวณที่จะรองรับส่วนต่าง ๆ ของอาคาร จนหมดดินอ่อนและถึงดินแข็ง ตลอดจนร่องสำหรับฝังคอนกรีตหรือหินก่อที่ปลายพื้นฝายด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำด้วย

4. ในขณะที่ทำการขุดดินบริเวณท้องน้ำให้ลึกลงไปนั้น บางแห่งอาจจะมีน้ำซึมออกมายังบ่อก่อสร้าง จึงควรสร้างคันดินเตี้ย ๆ ปิดกั้นลำน้ำที่ด้านเหนือและท้ายบ่อก่อสร้าง พร้อมกับสร้างบ่อดักและรวมน้ำ ให้มีระดับก้นบ่ออยู่ต่ำกว่าพื้นท้องน้ำในขณะที่กำลังทำงานนั้น แล้วใช้เครื่องสูบน้ำออกจากบ่อเป็นครั้งคราว เพื่อให้พื้นท้องน้ำอยู่ในสภาพแห้งหมาด ๆ ตลอดเวลาที่ทำการขุดลอกอยู่ ไม่ควรขุดดินในขณะที่มีน้ำขัง เพราะจะทำลายดินฐานรากให้เละลึกลงไปเรื่อย ๆ

5. ที่ลาดตลิ่งบริเวณตัวฝายและลาดด้านข้างตรงพื้นฝายด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำทั้ง-สองฝั่ง จะต้องถากดินเพื่อตกแต่งให้มีลาดตามที่แบบกำหนดก่อนที่จะปูหินก่อหรือเทคอนกรีต

งานฐานรากของฝาย นับว่าเป็นงานที่มีความสำคัญมากเช่นเดียวกับงานฐานรากของเขื่อนดิน ซึ่งจะต้องขุดถากดินอ่อนออกให้หมดจนถึงดินแข็งเสมอ ก่อนที่จะเริ่มงานก่อสร้างตัวฝายและส่วนอื่น ๆ ต่อไป

11.2 การก่อสร้างฝาย วิธีการก่อสร้างฝายในคู่มือนี้ จะกล่าวถึงเฉพาะการก่อสร้างฝายประเภทถาวร ที่เป็นฝายหินก่อบนดินถมอัดแน่นกับฝายคอนกรีต เพราะเป็นฝายที่นิยมก่อสร้างกันอยู่ทั่วไปมากกว่าฝายลักษณะอื่น โดยมีรายละเอียดดังนี้.-

1. การสร้างตัวฝายหินก่อบนดินถมอัดแน่น จะเริ่มด้วยการถมดินบดอัดแน่นให้เป็นตัวฝายเสียก่อน แล้วจึงปูปิดทับด้วยหินก่อ การถมดินปิดกั้นลำน้ำมักจะมีบริเวณสำหรับทำงานคับแคบจนต้องก่อสร้างด้วยแรงคนเป็นส่วนใหญ่ ด้วยการเลือกดินที่มีคุณสมบัติเหมาะสมซึ่งไม่มีดินเหนียวผสมอยู่มากเกินไป และมีความชื้นในจำนวนที่ทำการกระทุ้งอัดแน่นได้ดีที่สุด โดยนำ

มาเกลี่ยให้เป็นชั้นบาง ๆ แล้วกระทุ้งด้วยตุ้มกระทุ้งไม้ที่หนักพอสมควรจนแน่นทั่วกัน หรือถ้ามีเครื่องกระทุ้งดินแบบกระโดดหรือรถบดขนาดเล็กก็จะทำให้งานถมดินเป็นไปโดยสะดวกรวดเร็ว และมีความแน่นแน่นอนกว่าการกระทุ้งอัดแน่นด้วยแรงคน การถมดินตัวฝายจะเริ่มตั้งแต่ฐานรากขึ้นไปจนถึงระดับที่ต้องการ ให้มีขนาดใหญ่กว่าขนาดที่กำหนดไว้ในแบบเล็กน้อย แล้วจึงจะตัดลาดและตกแต่งให้มีสัดส่วนตามความต้องการในภายหลัง

2. การทำงานหินก่อควรจะเริ่มจากพื้นฝายตอนล่าง ทั้งที่ด้านหน้าและด้านท้ายฝายให้เรียบร้อยก่อน แล้วจึงจะปูขึ้นไปตามลาดตัวฝายและลาดตลิ่ง

3. การทำงานหินก่อ ควรจะดำเนินการด้วยความประณีตที่สุด ให้ได้หินก่อที่มีความทึบแน่นดีเช่นเดียวกับคอนกรีต เพราะไม่ต้องการให้น้ำใต้พื้นฝายและหลังลาดต่าง ๆ ซึมผ่านออกมาได้

4. การก่อสร้างฝายหินก่อหรือคอนกรีตล้วนจะเริ่มด้วยการทำงานหินก่อหรือคอนกรีตที่พื้นฝายตอนล่าง ทั้งที่ด้านหน้าและด้านท้ายฝายให้เรียบร้อยก่อน แล้วจึงปูหินก่อหรือเทคอนกรีตล้วนขึ้นไปตามลาดตลิ่ง โดยเว้นในบริเวณที่เป็นตัวฝายไว้

5. ที่ใต้ตัวฝายด้านหน้า ซึ่งส่วนใหญ่จะสร้างร่องแกนคอนกรีตให้ลึกลงไปในพื้นฐานราก และที่ลาดตลิ่งทั้งสองฝั่งก็จะสร้างกำแพงคอนกรีตเสริมเหล็กฝังเข้าไปในตลิ่งนั้น ควรจะทำการก่อสร้างงานดังกล่าวนี้ให้เสร็จก่อน แล้วจึงจะเริ่มงานหินก่อหรือคอนกรีตของตัวฝายต่อไป

6. ในขณะที่ทำงานหินก่อหรือเทคอนกรีตของตัวฝายได้สูงขึ้นตามลำดับนั้น จะต้องคอยแต่งลาดหรือโค้งด้านท้ายของตัวฝายให้เรียบขึ้นมาพร้อม ๆ กันไปด้วย

7. สำหรับสันฝายที่มีลักษณะโค้งมนแล้วลาดลงมานั้น จะต้องตกแต่งผิวให้เรียบสม่ำเสมอและมีแนวสันฝายที่ได้ระดับราบไปตลอดความยาวของฝาย

8. การก่อสร้างคันดินบดอัดแน่นสองฝั่งลำน้ำให้มีระดับหลังคันสูงพ้นระดับน้ำนองสูงสุด ซึ่งจะต้องดำเนินการทั้งงานฝายหินก่อบนดินถมอัดแน่นและฝายคอนกรีตตามที่ระบุไว้ในแบบนั้น ให้เลือกดินที่มีคุณสมบัติเหมาะสมมาถมแล้วบดอัดให้แน่นเช่นเดียวกับการถมดินบดอัดแน่นของเขื่อนดิน จนเมื่อเสร็จเรียบร้อยแล้วจึงจะปูหินก่อหรือหินขนาดใหญ่ปิดทับลาดต่อไปตามความเหมาะสม

9. ที่ลำน้ำต่อจากพื้นฝายด้านท้ายน้ำ ถ้าตื้นเขินจนน้ำไหลไม่สะดวก จะต้องขุดลอกลำน้ำให้ไกลออกไป แล้วทิ้งหินเพื่อป้องกันน้ำไหลกัดเซาะพื้นและลาดตลิ่งออกไประยะหนึ่ง และมีความหนามากพอที่จะป้องกันการกัดเซาะได้ ส่วนท้องน้ำและตลิ่งต่อจากพื้นฝายด้านเหนือน้ำก็ควรจะมีหินทิ้งเพื่อป้องกันกระแสน้ำที่ไหลเร็วก่อนจะไหลข้ามสันฝาย ไม่ให้ตลิ่งถูกกัดเซาะด้วยเช่นกัน

รูปที่ 11.1 งานก่อสร้างฝายคอนกรีต

11.3 **การก่อสร้างอาคารประกอบ** ได้แก่การก่อสร้างประตูระบายทรายและท่อปากคลองส่งน้ำ ซึ่งควรจะดำเนินการได้ดังนี้.–

1. การก่อสร้างประตูระบายทรายดังกล่าว ควรจะเพิ่มความระมัดระวังเป็นพิเศษเมื่อจะก่อสร้างที่ฝายหินก่อบนดินถมอัดแน่น โดยจะต้องควบคุมการถมดินอัดแน่นตัวฝายในบริเวณที่จะวางรางคอนกรีตเสริมเหล็ก ให้ได้ดินถมอัดแน่นที่จะเกิดการทรุดตัวน้อยที่สุดหรือไม่ให้เกิดขึ้นเลย

เมื่อถมดินตัวฝายจนได้ระดับที่จะก่อสร้างรางร่องระบายทรายแล้ว ให้แต่งผิวดินอัดแน่นนั้นให้เรียบ ก่อนที่จะวางเหล็กเสริมและเทคอนกรีตพื้นร่องระบายต่อไป ส่วนกำแพงสองด้านให้ทำการติดตั้งเหล็กเสริม แล้วตั้งแบบให้เสร็จก่อนที่จะเทคอนกรีตให้ได้ความสูงเท่ากับสันฝาย และมีลาดลงตามลาดของฝายที่กำหนดไว้นั้น

หลังจากที่คอนกรีตแข็งตัวดีแล้วจึงจะถมดินตัวฝาย โดยบดอัดให้แน่นติดกับผิวกำแพงต่อไป

2. การก่อสร้างประตูระบายทรายที่ฝายซึ่งสร้างด้วยหินก่อหรือคอนกรีตล้วน ๆ จะเป็นร่องระบายทรายที่ตัดผ่านตัวฝายไปโดยตรงนั้น จะเริ่มหลังจากที่ได้ทำงานหินก่อหรือเทคอนกรีตของตัวฝายขึ้นมาจนถึงพื้นร่องระบายแล้ว โดยทำการตกแต่งผิวพื้นร่องระบายให้เรียบแล้วจึงตั้งแบบไม้กั้นให้มีความกว้างตามขนาดของร่องระบายที่ต้องการ และจัดช่องที่จะเว้นไว้ใส่ไม้เพื่อกักกั้นน้ำด้วย ก่อนที่จะทำงานหินก่อหรือเทคอนกรีตตัวฝายขึ้นไปจนถึงสันฝาย

3. การก่อสร้างท่อปากคลองส่งน้ำ จะเริ่มด้วยการขุดดินให้เป็นบ่อก่อสร้างในตำแหน่งที่ต้องการสำหรับวางท่อ โดยให้มีขนาดความกว้างของบ่อพอที่จะทำการวางท่อและถมดินอัดแน่นข้างท่อได้สะดวก แล้วจึงจะทำงานก่อสร้างตัวอาคารต่อไปดังนี้.-

ก. ท่อที่ใช้ก่อสร้างส่วนใหญ่ ควรจะเป็นท่อที่หล่อสำเร็จรูปยาวท่อนละ 1 เมตร ชนิดมีรางลิ้นที่ปลายท่อ ซึ่งควรหาซื้อมาจากแหล่งผลิตที่ได้มาตรฐาน แล้วนำมาวางชิดกันให้ได้ระดับและแนวและให้ผิวท่อด้านล่างสูงกว่าพื้นบ่อก่อสร้างประมาณ 5 เซ็นติเมตร โดยมีแท่นคอนกรีตเล็ก ๆ หนุนไว้ใต้ท่อทุกท่อนตามความเหมาะสม

ข. หลังจากวางท่อจนได้แนวและระดับดีแล้ว ให้เทคอนกรีตแทรกเข้าไปใต้ท่อจนมีความกว้างและสูงขึ้นมาพอประมาณ เพื่อที่จะได้ปิดทับรอยต่อของท่อที่บริเวณผิวล่างจนทึบแน่นและให้ตัวท่อสัมผัสกับพื้นดินของก้นบ่อก่อสร้างได้สนิทแน่น จนสามารถป้องกันน้ำไม่ให้ไหลลอดใต้อาคารได้

ค. ส่วนรอยต่อของท่อที่เหลือให้ปิดทับด้วยปูนซีเมนต์ผสมทรายให้มีความหนา และความยาวตามแนวท่อตามความเหมาะสม

ง. เมื่อได้ก่อสร้างตัวท่อเสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงจะก่อสร้างรางน้ำคอนกรีตเสริมเหล็กจากด้านหน้าท่อไปจนถึงตลิ่งลำน้ำต่อไป ด้วยการแต่งพื้นดินหน้าท่อให้เรียบ หลังจากนั้นจึงวางเหล็กเสริม ตั้งแบบ แล้วเทคอนกรีตให้ได้ขนาดและรูปร่างตามที่ต้องการ

จ. ถมดินอัดแน่นรอบท่อในบ่อก่อสร้างและข้างกำแพงหน้าท่อให้แน่นจนถึงระดับหลังคัน แล้วจึงแต่งลาดต่าง ๆ ให้เรียบร้อย

ฉ. ต่อจากปลายท่อที่จะปล่อยน้ำเข้าคลองส่งน้ำ ควรสร้างบ่อให้มีความกว้างของก้นบ่อมากกว่าเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อเล็กน้อย โดยขุดตรงออกไปประยะหนึ่งแล้วเบนแนวขอบบ่อเข้าหาคลองส่งน้ำ หลังจากนั้นจึงเรียงหินขนาดใหญ่ที่พื้นและลาดข้างบ่อ เพื่อป้องกันน้ำที่ไหลพุ่งออกมาจากท่อกัดเซาะ

การตรวจสอบและการบำรุงรักษา

.... บทที่ 12

หลังจากที่ได้ก่อสร้างเขื่อนดินหรือฝายเสร็จจนใช้งานได้แล้ว ควรจะมีการตรวจสอบสภาพและซ่อมแซมส่วนที่อาจชำรุดเสียหายอยู่เป็นประจำ เพื่อที่จะป้องกันและรักษาเขื่อนหรือฝายและอาคารต่าง ๆ ให้มีสภาพมั่นคงแข็งแรงดีอยู่ตลอดไป นอกจากนี้การตรวจสอบสภาพเขื่อนหรือฝายอย่างสม่ำเสมอนั้น เมื่อตัวเขื่อนหรือฝายบริเวณใดเริ่มชำรุดบ้างเล็กน้อยก็จะทราบได้ทันทีและจัดการซ่อมแซมได้ทันเวลา ก่อนที่เขื่อนและฝายจะได้รับอันตราย

12.1 การตรวจสอบและการบำรุงรักษาเขื่อนดิน และอาคารประกอบ ควรจะดำเนินการดังนี้.-

1. ทำการตรวจสภาพและมีการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ เฉพาะอย่างยิ่งในระยะที่เริ่มทำการเก็บกักน้ำไว้สูงเต็มที่ และในช่วงเวลาที่มีฝนตกชุก

2. ควรจะมีการตรวจสภาพและทำการซ่อมใหญ่จนทั่วตลอดทั้งเขื่อนและอาคารในบริเวณที่มีการชำรุดเสียหายให้มีสภาพดีเช่นเดิม อย่างน้อยปีละหนึ่งครั้ง

3. ขณะที่ทำการเก็บกักน้ำไว้จนสูงเต็มที่นั้น ให้หมั่นตรวจสอบสภาพดินธรรมชาติบริเวณท้ายเขื่อนอยู่เสมอว่าจะมีน้ำรั่วซึมลอดใต้เขื่อนผ่านดินฐานรากจนพัดพาดินและตะกอน-ทราย ให้หลุดลอยไปในลักษณะคล้ายกับน้ำพุบ้างหรือไม่ ถ้าหากพบที่บริเวณใดแล้วก็ให้รีบทำการป้องกันเสียทันที โดยการปูทับด้วยทรายหยาบผสมหินเกล็ดหนาประมาณ 30 เซ็นติเมตรให้ทั่วบริเวณนั้น แล้วจึงทับชั้นทรายด้วยหินย่อยและหินใหญ่ที่มีขนาดต่าง ๆ กันอีกหนาประมาณ 30 เซ็นติเมตร ซึ่งจะสามารถป้องกันดินและตะกอนทรายไม่ให้ถูกน้ำชะพาหลุดออกไปได้ ส่วนน้ำจะซึมออกมาตามปกติ แต่ไม่เป็นอันตรายต่อตัวเขื่อนแต่อย่างใด

4. ที่ลาดเขื่อนด้านท้ายน้ำบริเวณตอนล่างจนถึงพื้นดินธรรมชาติอาจจะเปียกแฉะหรือมีสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำที่ซึมผ่านเขื่อน หากปล่อยทิ้งไว้นานลาดเขื่อนบริเวณนั้นอาจจะเลื่อนทลายลงแล้วลุกลามสูงขึ้นไป เมื่อได้ตรวจสอบพบแล้วควรรีบทำการแก้ไขโดยด่วน โดยการปูทับลาดเขื่อนบริเวณที่มีน้ำซึมไปจนถึงพื้นดินธรรมชาติด้วยทรายหยาบผสมหินเกล็ด ให้มีความหนาประมาณ 20 เซ็นติเมตร แล้วปูทับด้วยหินย่อยและหินใหญ่ที่มีขนาดต่าง ๆ อีก หนาประมาณ 30 เซ็นติเมตร จึงจะสามารถป้องกันดินที่ลาดเขื่อนไม่ให้มีน้ำเปียกแฉะอีกต่อไปได้

5. ให้หมั่นตรวจสอบสภาพลาดเขื่อนด้านเหนือน้ำที่ระดับผิวน้ำ เพราะอาจจะถูกคลื่นกัดเซาะจนเว้าแหว่ง ควรใช้หินที่มีขนาดเล็กใหญ่คละกันปูทับบริเวณที่เว้าแหว่งนั้นให้เต็ม หรือให้มีความหนาประมาณ 30 เซ็นติเมตร

6. ให้หมั่นรดน้ำหญ้าที่ปลูกไว้ตามลาดเขื่อนเพื่อป้องกันน้ำฝนกัดเซาะ ให้ต้นหญ้ามีการเจริญงอกงามดี ถ้าหากพบว่าบริเวณใดไม่มีหญ้าหรือหญ้าตายก็ควรปลูกซ่อมเสียแล้วรดน้ำให้โตเต็มที่ ก่อนที่จะย่างเข้าฤดูฝน

7. ถ้าตรวจพบว่าดินตามลาดเขื่อนได้ถูกน้ำกัดเซาะเป็นร่อง ควรจะถมดินกลบร่องให้เต็มแล้วปลูกหญ้า ไม่ควรปล่อยทิ้งไว้ เพราะร่องต่าง ๆ เหล่านั้นจะขยายมีขนาดใหญ่มากขึ้นอย่างรวดเร็วในฤดูฝน แล้วจะทำให้การซ่อมแซมต่อไปมีความยากลำบาก หรือต้องเสียค่าใช้จ่ายแพงขึ้นอีกโดยไม่จำเป็น

8. บนสันเขื่อนควรจะมีการปูปิดทับด้วยดินลูกรังบดอัดแน่นให้มีความหนาประมาณ 20 เซ็นติเมตรตลอดแนวเขื่อน เพื่อป้องกันสันเขื่อนไม่ให้แตก ซึ่งน้ำฝนจะไหลลงไปขังหรือกัดเซาะให้เป็นรูโพรง และในกรณีที่ใช้สันเขื่อนเป็นทางสำหรับรถวิ่งก็ควรจะหมั่นดูแลแล้วคอยเพิ่มดินลูกรังไม่ให้สันเขื่อนเกิดหลุมหรือเป็นแอ่งให้น้ำฝนขังอยู่ได้

9. ควรตรวจสอบสภาพของร่องน้ำท้ายอาคารระบายน้ำล้นทุกปี เพราะอาจจะถูกน้ำไหลกัดเซาะเข้ามาจนเป็นอันตรายต่อพื้นอาคาร การซ่อมแซมจะนิยมทิ้งหินขนาดใหญ่ป้องกันไว้จนทั่วบริเวณที่ถูกน้ำกัดเซาะตามความเหมาะสม

10. คอนกรีตของอาคารส่วนที่เป็นร่องน้ำบางแห่งอาจจะถูกกระแสน้ำกัดเซาะจนชำรุดเสียหาย จึงต้องหมั่นซ่อมให้มีสภาพมั่นคงแข็งแรงดีอยู่เสมอ

12.2 การตรวจสอบและการบำรุงรักษาฝายและอาคารประกอบ ควรจะดำเนินการดังนี้.-

1. ทำการตรวจสภาพและมีการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ เฉพาะอย่างยิ่งหลังจากที่น้ำจำนวนมากได้ไหลข้ามฝายแล้วทุกครั้ง ถ้าพบว่าฝายและตลิ่งที่บริเวณใกล้กับฝายส่วนใดชำรุดก็ควรจะรีบซ่อมแซมเสียทันที

2. ควรจะมีการตรวจสอบและทำการซ่อมใหญ่จนทั่วตลอดทั้งฝายและอาคาร ในบริเวณที่มีการชำรุดเสียหายให้มีสภาพดีเหมือนเดิม ปีละหนึ่งครั้งเป็นอย่างน้อยเช่นกัน

3. ให้หมั่นตรวจสอบสภาพหินก่อที่พื้นฝายและที่ลาดด้านข้างทางบริเวณท้ายฝายว่าจะมีน้ำซึมออกมาจากรูเล็ก ๆ บ้างหรือไม่ ถ้ามีให้ซ่อมหินก่อบริเวณนั้นเสียใหม่

4. ในกรณีที่ปลายฝายทั้งสองข้างมีเกาะสำหรับป้องกันปีกฝายไม่ให้ได้รับอันตรายในขณะที่น้ำไหลมาตามลำน้ำมีระดับสูงกว่าตลิ่ง จะต้องหมั่นตรวจสอบและบำรุงรักษาคันดินและหินที่ปูป้องกันลาดคันดินนั้น ให้อยู่ในสภาพที่เรียบร้อยดีตลอดเวลาด้วย

5. ให้หมั่นตรวจสภาพลำน้ำทางด้านท้ายฝาย ตลอดจนหินที่ลาดตลิ่งและท้องน้ำซึ่งใช้สำหรับป้องกันไม่ให้กระแสน้ำกัดเซาะ โดยเฉพาะในช่วงฤดูฝนที่มีน้ำไหลข้ามฝายจำนวนมาก ถ้าพบว่าหินที่ได้ก่อสร้างไว้แล้วมีความหนาไม่เพียงพอหรือถูกน้ำพัดพาไป จะต้องจัดหามาทิ้งเพิ่มให้มีความหนามากขึ้น มิฉะนั้นการกัดเซาะอาจจะลุกลามเข้าไปถึงพื้นและลาดท้ายฝายที่เป็นส่วนหนึ่งของอาคารจนพังลงได้

6. ฝายที่สร้างไว้ทุกแห่งมักจะมีปัญหาเกี่ยวกับตะกอนทรายที่จะตกจมอยู่ทางด้านหน้าฝาย ถึงแม้ว่าจะได้มีการก่อสร้างประตูระบายทรายไว้แล้วก็ตาม อาจจะระบายทรายผ่านออกไปไม่ได้หมดจนเหลือตกทับถมและมีปริมาณมากขึ้น ๆ ควรจะได้มีการขุดลอกตะกอนด้านหน้าฝายออกบ้างในช่วงฤดูแล้งที่น้ำด้านหน้าฝายมีระดับต่ำ เป็นครั้งคราวไปตามความเหมาะสม

เอกสารอ้างอิง

กรมชลประทาน (2517) แผนการช่วยเหลือราษฎรประสบภาวะฝนแล้งในภาคตะวันออกเฉียง-เหนือ พิมพ์ที่กรมชลประทาน

งานวิศวกรรม กองก่อสร้างโครงการใหญ่ (2522) รายละเอียดอัตราราคางานก่อสร้าง แผนงานก่อสร้างโครงการใหญ่ พิมพ์ที่กรมชลประทาน

ปราโมทย์ ไม้กลัด (2520) เขื่อนเพื่อการชลประทาน ในหนังสือ "เรื่องน่ารู้สำหรับประชาชน" เล่มที่ 3 โดยชมรมนักเรียนทุนมูลนิธิอานันทมหิดล พิมพ์ที่บริษัท โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพาณิช จำกัด

ปีเตอร์ คุง เกษตรชลประทาน เอกสารประกอบการสอนนิสิตคณะวิศวกรรมชลประทาน (คณะวิศวกรรมศาสตร์ ปัจจุบัน) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ชั้นปีที่ 4 และชั้นปีที่ 5 กองชลประทานหลวง กรมชลประทาน (โดย คุณชูจิตร ฤทธิโรจน์ นักเกษตรโท) รวบรวมแปลและจัดพิมพ์เป็นเล่มฉบับภาษาไทย เมื่อ 22 เมษายน 2512 พิมพ์ที่กรมชลประทาน

อรุณ อินทรปาลิต คำบรรยายวิชาหลักการชลประทาน สำหรับนิสิตคณะวิศวกรรมชลประทาน (คณะวิศวกรรมศาสตร์ ปัจจุบัน) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Houk, I.E. (1956) Irrigation Engineering, Vol. II, John Wiley & Sons, New York

Hudson, N.W. (1975) Field Engineering for Agricultural Development, Clarendon Press, Oxford

King, H.W. and E.F. Brater (1963) Handbook of Hydraulics, 5th ed., McGraw-Hill Co., New York

Schwab, G.O., K.K. Barnes, R.K. Frevert and T.W. Edminster (1971) Elementary Soil and Water Engineering, 2nd ed., John Wiley & Sons, New York

Tominaga, Y., Sunyu Consultants Inc. (Unpublished), (1979) Hydrologic Study Report of Small-Scale Irrigation Projects, Royal Irrigation Department, Thailand

U.S. Bureau of Reclamation (1965) Design of Small Dams, U.S. Government Printing Office, Washington D.C.

U.S. Bureau of Reclamation (1963) Earth Manual, U.S. Government Printing Office, Washington D.C.