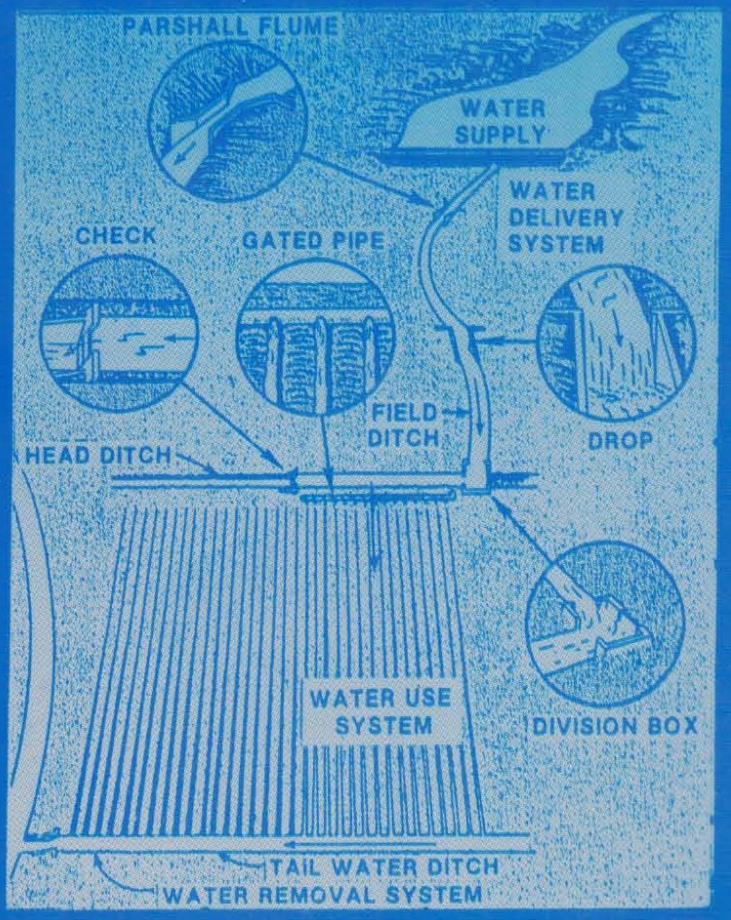
การออกแบบ
การชลประทานบนผิวดิน
Design of Surface Irrigation
เล่ม 2



รศ.ดร. วราวุธ วุฒิวณิชย์

ผศ.ดร. พงศธร โสภาพันธุ์

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

2536

คำนำ

หนังสือการออกแบบการชลประทานบนผิวดินเล่มนี้เขียนขึ้นเพื่อใช้ประกอบการสอนวิชา 207425 การออกแบบการชลประทานบนผิวดิน (Design of Surface Irrigation) ซึ่งเป็นวิชาบังคับตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมชลประทาน

หนังสือชุดนี้มี 2 เล่ม เล่ม 1 กล่าวถึงการออกแบบระบบชลประทานบนผิวดินแบบต่าง ๆ ได้แก่ แบบร่องคู แบบท่วมเป็นผืน และแบบท่วมเป็นอ่าง รวมถึงการประเมินผลการให้น้ำทางผิวดินโดยละเอียด นอกจากนี้ยังได้กล่าวถึงการออกแบบปรับพื้นที่เพื่อการชลประทานแบบผิวดิน ตลอดจนลักษณะที่สำคัญและเกณฑ์การออกแบบระบบชลประทานในไร่นา

เล่ม 2 กล่าวถึงการหาขนาดระบบส่งน้ำและระบบระบายน้ำในไร่นา การออกแบบจัดรูปที่ดินแบบต่าง ๆ เทคนิคการออกแบบระบบชลประทานบนพื้นที่ราบและพื้นที่ลาดเท และยังรวมถึงการออกแบบระบบท่อส่งน้ำเพื่อการชลประทาน

เนื้อหาในหนังสือทั้ง 2 เล่มนี้เขียนขึ้นจากประสพการณ์การสอนวิชานี้เป็นเวลานานกว่า 5 ปีติดต่อกัน โดยได้ดัดแปลงเนื้อหาบางส่วนมาจากเอกสารประกอบการสอนวิชาการออกแบบระบบชลประทานบนแปลงเพาะปลูก (Design of On-Farm Irrigation Systems) ซึ่งผู้เขียนได้เขียนขึ้นเพื่อใช้ประกอบการสอนวิชาดังกล่าวในช่วงปีการศึกษา พ.ศ. 2523-2525

ผู้เขียนต้องขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ ดร.วิบูลย์ บุญยอโรกุล อาจารย์ผู้ถ่ายทอดความรู้เกี่ยวกับการชลประทานบนผิวให้ผู้เขียน ต้องขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ปฏิภาณ อมาตยกุล และอาจารย์มงคล โชติศศิธร ซึ่งเคยสอนวิชานี้มาก่อนผู้เขียนและได้มอบเอกสารประกอบการสอนให้ผู้เขียนใช้เป็นแนวทางในการเขียนหนังสือทั้ง 2 เล่มนี้จนสำเร็จสมบูรณ์

(ดร.วราวุธ วุฒิวณิชย์)
รองศาสตราจารย์

(ดร.พงศธร โสภาพันธุ์)
ผู้ช่วยศาสตราจารย์

15 เมษายน 2536

สารบาญ

	หน้า
คำนำ	(i)
สารบาญ	
บทที่ 1 การให้น้ำทางผิวดิน	1-1
1.1 คำนำ	1-1
1.2 วิธีการให้น้ำทางผิวดิน	1-1
1.3 การออกแบบการให้น้ำทางผิวดิน	1-3
1.4 ชลศาสตร์ของการไหลของน้ำบนผิวดิน	1-7
1.5 ประสิทธิผลของการชลประทานบนผิวดิน	1-15
1.6 เอกสารอ้างอิง	1-24
บทที่ 2 การออกแบบระบบการชลประทานแบบร่องคู	2-1
2.1 คำนำ	2-1
2.2 รูปร่างและขนาดของร่องคู	2-1
2.3 ระยะห่างระหว่างร่องคู	2-3
2.4 ความยาวของร่องคู	2-5
2.5 ความลาดเทของร่องคู	2-9
2.6 พืชที่ควรให้น้ำโดยร่องคู	2-9
2.7 วิธีการให้น้ำแก่ร่องคู	2-11
2.8 Alternate Furrow Irrigation	2-13
2.9 ข้อผิดพลาดที่พบเห็นเสมอ ๆ ในการให้น้ำแบบร่องคู	2-13
2.10 ประสิทธิภาพในการให้น้ำแบบร่องคู	2-15
2.11 วิธีการทดลองและประเมินผลการให้น้ำทางร่องคู	2-15
2.12 ตัวอย่างการประเมินผลการให้น้ำทางร่องคู	2-23
2.13 เอกสารอ้างอิง	2-31

สารบาญ

		หน้า
บทที่ 3	การออกแบบระบบการชลประทานแบบท่วมเป็นผืนยาว	3-1
	3.1 คำนำ	3-1
	3.2 ขนาดและรูปร่างแปลง	3-2
	3.3 ความลาดเทของ Border	3-8
	3.4 การให้น้ำกับแปลง Border	3-9
	3.5 ข้อผิดพลาดที่พบเห็นเสมอ ๆ ในการให้น้ำแบบ Border	3-9
	3.6 ประสิทธิภาพในการให้น้ำแบบ Border	3-12
	3.7 การทดลองและประเมินผลการให้น้ำแบบท่วมเป็นผืนยาว	3-13
	3.8 ตัวอย่างการประเมินผลการให้น้ำแบบท่วมเป็นผืนยาว	3-15
	3.9 เอกสารอ้างอิง	3-32
บทที่ 4	การออกแบบระบบชลประทานแบบท่วมเป็นอ่าง	4-1
	4.1 คำนำ	4-1
	4.2 ขนาดแปลง Basin	4-1
	4.3 รูปร่างแปลงเบื้องต้น	4-5
	4.4 พืชที่ปลูก	4-7
	4.5 คันดิน	4-7
	4.6 การให้น้ำแก่แปลงเบื้องต้น	4-9
	4.7 การระบายน้ำออกจากแปลงเบื้องต้น	4-10
	4.8 ข้อผิดพลาดที่พบเห็นเสมอ ๆ ในการให้น้ำแบบท่วมเป็นอ่าง	4-12
	4.9 ประสิทธิภาพการให้น้ำแบบท่วมเป็นอ่าง	4-14
	4.10 การประเมินผลการให้น้ำแบบท่วมเป็นอ่าง	4-14
	4.11 เอกสารอ้างอิง	4-25

สารบาญ

		หน้า
บทที่ 5	การปรับพื้นที่	5-1
5.1	คำนำ	5-1
5.2	สิ่งที่จะต้องพิจารณาในการปรับพื้นที่	5-2
5.3	การแบ่งลักษณะผิวดินสำหรับการชลประทานผิวดิน	5-3
5.4	การเตรียมการปรับพื้นที่	5-3
5.5	การออกแบบการปรับพื้นที่	5-9
5.6	วิธีการปรับเป็นระนาบ	5-9
5.7	การคำนวณปริมาณงานดิน	5-17
5.8	การเตรียมการปรับพื้นที่ในสนาม	5-25
5.9	เอกสารอ้างอิง	5-25
บทที่ 6	ลักษณะระบบชลประทานในแปลงนา	6-1
6.1	ความต้องการน้ำชลประทานและสัมประสิทธิ์การระบายน้ำ	6-1
6.2	รูปแบบของการพัฒนาระบบชลประทานในแปลงนา	6-1
6.3	วิธีการจัดสรรน้ำชลประทานในระดับคูส่งน้ำ	6-1
6.4	ตัวอย่างการคำนวณการส่งน้ำแบบหมุนเวียนในคูน้ำ	6-2
6.5	ความจุและการออกแบบทางชลศาสตร์ของคูส่งน้ำและคูระบายน้ำ	6-6
6.6	อาคารต่าง ๆ	6-7
6.7	เอกสารอ้างอิง	6-19
บทที่ 7	การหาขนาดระบบส่งน้ำในแปลงเพาะปลูก	7-1
7.1	คำนำ	7-1
7.2	แนวความคิดเบื้องต้นในการหาขนาดระบบส่งน้ำในแปลงเพาะปลูก	7-1
7.3	วิธีการหาขนาดระบบส่งน้ำสำหรับการปลูกข้าว	7-2
7.4	วิธีการหาขนาดระบบส่งน้ำสำหรับการปลูกพืชไร่	7-20
7.5	เอกสารอ้างอิง	7-24

สารบาญ

		หน้า
บทที่ 8	การหาขนาดระบบระบายน้ำในแปลงเพาะปลูก	8-1
	8.1 คำนำ	8-1
	8.2 ความเสียหายเนื่องจากน้ำท่วม	8-1
	8.3 การเลือกฝนในการออกแบบระบบระบายน้ำในแปลงนา	8-2
	8.4 ตัวอย่างการหาขนาดระบบระบายน้ำ	8-10
	8.5 เอกสารอ้างอิง	8-12
บทที่ 9	การออกแบบระบบชลประทานในแปลงเพาะปลูก	9-1
	9.1 คำนำ	9-1
	9.2 ลักษณะของระบบชลประทานในแปลงเพาะปลูก	9-1
	9.3 ขั้นตอนการดำเนินการจัดรูปที่ดิน	9-3
	9.4 ข้อมูลที่ต้องใช้ในการออกแบบ	9-5
	9.5 เกณฑ์การออกแบบและขั้นตอนในการดำเนินการ	9-7
บทที่ 10	เทคนิคการออกแบบระบบชลประทานพื้นที่ราบและพื้นที่ลาดเท	10-1
	10.1 คำนำ	10-1
	10.2 ข้อมูลสำคัญ	10-1
	10.3 การระบายน้ำ	10-2
	10.4 ประโยชน์ที่จะได้จากการให้น้ำ	10-5
	10.5 ปริมาณน้ำที่ต้องการ	10-6
	10.6 แหล่งน้ำที่เหมาะสม	10-7
	10.7 ประมาณน้ำที่ใช้ประโยชน์ได้	10-8
	10.8 การกำหนดประเภทของระบบชลประทาน	10-9
	10.9 การเลือกวิธีการให้น้ำสำหรับพื้นที่ราบและพื้นที่ลาดชัน	10-9
	10.10 เทคนิคการออกแบบ	10-16
	10.11 การกระจายน้ำแบบ Plot to Plot System	10-17
	10.12 ประเภทของคูน้ำตามการใช้งาน	10-18
	10.13 การจัดการไร่-นา ในต่างประเทศ	10-19

สารบาญ

			หน้า
บทที่ 11	การออกแบบระบบท่อส่งน้ำเพื่อการชลประทาน		
	11.1	คำนำ	11-1
	11.2	ชนิดของระบบท่อส่งน้ำเพื่อการชลประทาน	11-1
	11.3	ส่วนประกอบของระบบส่งน้ำเพื่อการชลประทาน	11-6
	11.4	การออกแบบ	11-37
	11.5	เอกสารอ้างอิง	11-46

บทที่ 7

การหาขนาดระบบส่งน้ำในแปลงเพาะปลูก

7.1 คำนำ

การออกแบบระบบส่งน้ำในแปลงเพาะปลูกเท่าที่ทำมาในสมัยก่อนเป็นเพียงเพื่อการชลประทานเสริมสำหรับการปลูกข้าวในฤดูฝนเท่านั้นเอง แต่ในโครงการชลประทานปัจจุบันได้นำเอาวิทยาการสมัยใหม่ในอันที่จะพัฒนาทั้งทางด้านการเกษตรและชลประทานเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรให้ทันกับความต้องการของประเทศและของโลก อาทิเช่น การจัดรูปที่ดิน การใช้เมล็ดพันธุ์ใหม่ ๆ ซึ่งไม่ขึ้นกับสภาพอากาศและให้ผลผลิตสูง การใช้ปุ๋ยและยาปราบศัตรูพืช การปลูกพืชหลายครั้งต่อปี การใช้เครื่องจักรเครื่องมือเข้าช่วยในการเกษตร ตลอดจนการจัดการเรื่องน้ำในระดับแปลงนา ซึ่งสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้มีผลทำให้แนวความคิดในการออกแบบระบบส่งน้ำและระบบระบายน้ำเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ในอันที่จะควบคุมน้ำในระดับแปลงเพาะปลูกให้พอเหมาะกับความต้องการในการเกษตรตลอดเวลา

7.2 แนวความคิดเบื้องต้นในการหาขนาดระบบส่งน้ำในแปลงเพาะปลูก

ถึงแม้ว่าจะเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปว่าการปลูกพืชไร่ให้ผลตอบแทนสูงกว่าข้าว แต่ในปัจจุบันเกษตรกรส่วนใหญ่ยังคงปลูกข้าวเป็นหลัก เนื่องจากความคุ้นเคยและปัญหาเรื่องตลาด ดังนั้นการออกแบบขนาดของระบบส่งน้ำจึงยังคงยึดเอาข้าวเป็นหลัก ความต้องการน้ำสูงสุดของข้าวเกิดในช่วงเตรียมดิน ซึ่งความต้องการน้ำในช่วงนี้ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ (1) น้ำเพื่อทำให้ดินอิ่มตัวสะดวกต่อการไถ (2) น้ำที่ขังไว้ในแปลงนาเพื่อควบคุมวัชพืช (3) น้ำที่สูญเสียเนื่องจากการระเหยและการรั่วซึมในแปลงนาที่มีน้ำขัง ปริมาณน้ำทั้ง 3 ส่วนนี้อาจจะมีค่าตั้งแต่ประมาณ 180 ถึงกว่า 600 มม. และช่วงเวลาในการเตรียมแปลงอาจจะแปรผันไปได้ตั้งแต่ 2 อาทิตย์ถึงเกือบ 2 เดือน ขึ้นอยู่กับชนิดดิน ขนาดของพื้นที่และสมรรถนะในการเตรียมดินของเกษตรกร ยิ่งระยะเวลายิ่งยาวนานออกไปการสูญเสียน้ำจะเพิ่มขึ้นและทำให้ต้องใช้น้ำในการเตรียมแปลงมากขึ้น แต่ในแง่ของการออกแบบขนาดระบบถ้าระยะในการเตรียมแปลงสั้นจะทำให้ขนาดของระบบต้องใหญ่ขึ้น เพราะจะต้องส่งน้ำปริมาณมากในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ ในการออกแบบโดยทั่ว ๆ ไปจะไม่นำฝนมารวมพิจารณาเพราะถือว่าการตกของฝนเป็นสิ่งที่ไม่แน่นอนยากจะเชื่อถือได้ และถ้าระบบชลประทานนั้นต้องทำการส่งน้ำเพื่อการ

ปลูกข้าวทั้งในฤดูฝนและในฤดูแล้ง จะต้องศึกษาปริมาณน้ำที่ใช้ในการเตรียมแปลงในฤดูฝนและฤดูแล้งเปรียบเทียบกันด้วย เพื่อจะได้แน่ใจว่าขนาดของระบบที่ออกแบบนั้นสามารถส่งน้ำให้พืชได้ในช่วงที่พืชต้องการน้ำสูงสุด

7.3 วิธีการหาขนาดระบบส่งน้ำสำหรับการปลูกข้าว

ปัจจุบันได้มีผู้เสนอแนะสูตรที่ใช้ในการคำนวณหาขนาดของระบบส่งน้ำในแปลงนา โดยคิดจากความต้องการน้ำสูงสุดในช่วงเตรียมแปลงกันอย่างมากมาย ซึ่งพอที่จะแยกวิธีการคำนวณออกได้เป็น 2 พวก พวกแรกมีแนวความคิดว่าการเตรียมแปลงมีอัตราคงที่ ซึ่งความต้องการน้ำเพื่อการเตรียมแปลงจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จากเริ่มจนมีค่ามากที่สุด ในวันสุดท้ายของการเตรียมแปลง พวกที่สองมีแนวความคิดว่าอัตราการเตรียมแปลงไม่คงที่ โดยให้อัตราการเตรียมแปลงมากในตอนแรกและค่อย ๆ ลดลงในลักษณะที่จะทำให้ความต้องการน้ำเพื่อการเตรียมแปลงมีอัตราสม่ำเสมอตลอดช่วงเวลาในการเตรียมแปลง แนวความคิดพวกแรกจะทำให้ขนาดของระบบส่งน้ำใหญ่กว่าพวกที่สอง แต่คำนึงถึงความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติเกี่ยวกับแรงงานและเครื่องจักรเครื่องมือที่ใช้ในการเตรียมแปลงในสภาพปัจจุบันมากกว่า

7.3.1 วิธีการออกแบบตามแนวความคิดว่าอัตราการเตรียมแปลงคงที่

วิธีการออกแบบขนาดของระบบที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้เป็นวิธีที่ใช้กันโดยทั่ว ๆ ไปในไต้หวันและญี่ปุ่น

1. สูตรที่ใช้ในไต้หวัน

ในปี 1967 หน่วยงานอนุรักษ์น้ำในท้องถิ่น (Provincial Water Conservancy Bureau) ของสาธารณะรัฐจีนได้เสนอแนะสูตรสำหรับคำนวณขนาดคูน้ำและเครื่องสูบน้ำที่ใหญ่ที่สุด โดยมีสมมติฐานว่าอัตราการเตรียมดินมีค่าคงที่ตลอดช่วงเวลาเตรียมดิน ไม่คิดฝนที่ตกในช่วงเวลาสั้น ๆ และทำการส่งน้ำให้แปลงปักดำตั้งแต่วันแรกที่เริ่มเตรียมดินจนสิ้นสุดการเตรียมดิน สูตรดังกล่าวคือ

$$Q_{max} = \left[\frac{A.Ds}{N} + ADt \right] \frac{1}{1-L} \quad \text{..... (7.1(a))}$$

หรือ

$$Q_{max} = \left[\frac{A.Ds}{N.T.} + \frac{A.Dt}{T} \right] \frac{1}{1-L} \quad \text{..... (7.1(b))}$$

เมื่อ Q_{max} = ขนาดใหญ่ที่สุดของคลองหรือคูน้ำหรือเครื่องสูบน้ำ มีหน่วยเป็น ลบ.เมตร/วัน สำหรับสมการ 7.1(a) และ ลบ.เมตร/วินาที สำหรับสมการที่ 7.1(b)

A = พื้นที่ที่จะต้องส่งน้ำ มีหน่วยเป็นตารางเมตร

Dt = ความต้องการน้ำในแปลงปักดำ (Maintenance Water) มีหน่วยเป็น เมตร/วัน

Ds = ปริมาณน้ำที่ทำให้ดินอิ่มตัว (Saturation Water Requirement, Dss) รวมกับปริมาณน้ำที่จะขังไว้ในแปลงนาก่อนการปักดำ (Standing Water Requirement, Dst) มีหน่วยเป็นเมตร

$= Dss + Dst$

$= \frac{(n - Pv)D}{100} + Dst$

N = ระยะเวลาที่ใช้ในการเตรียมพื้นที่ A เสร็จ มีหน่วยเป็นวัน

L = การสูญเสียขณะทำการส่งน้ำ เป็นทศนิยม

T = จำนวนวินาทีในหนึ่งวันซึ่งเท่ากับ 86400

แนวความคิดตามสมการที่ 7.1 สามารถอธิบายให้เข้าใจได้กระจ่างยิ่งขึ้นโดยรูปที่ 7.1 ซึ่งจะเห็นได้ว่าความต้องการน้ำจะมากที่สุดในวันสุดท้ายของการเตรียมแปลง

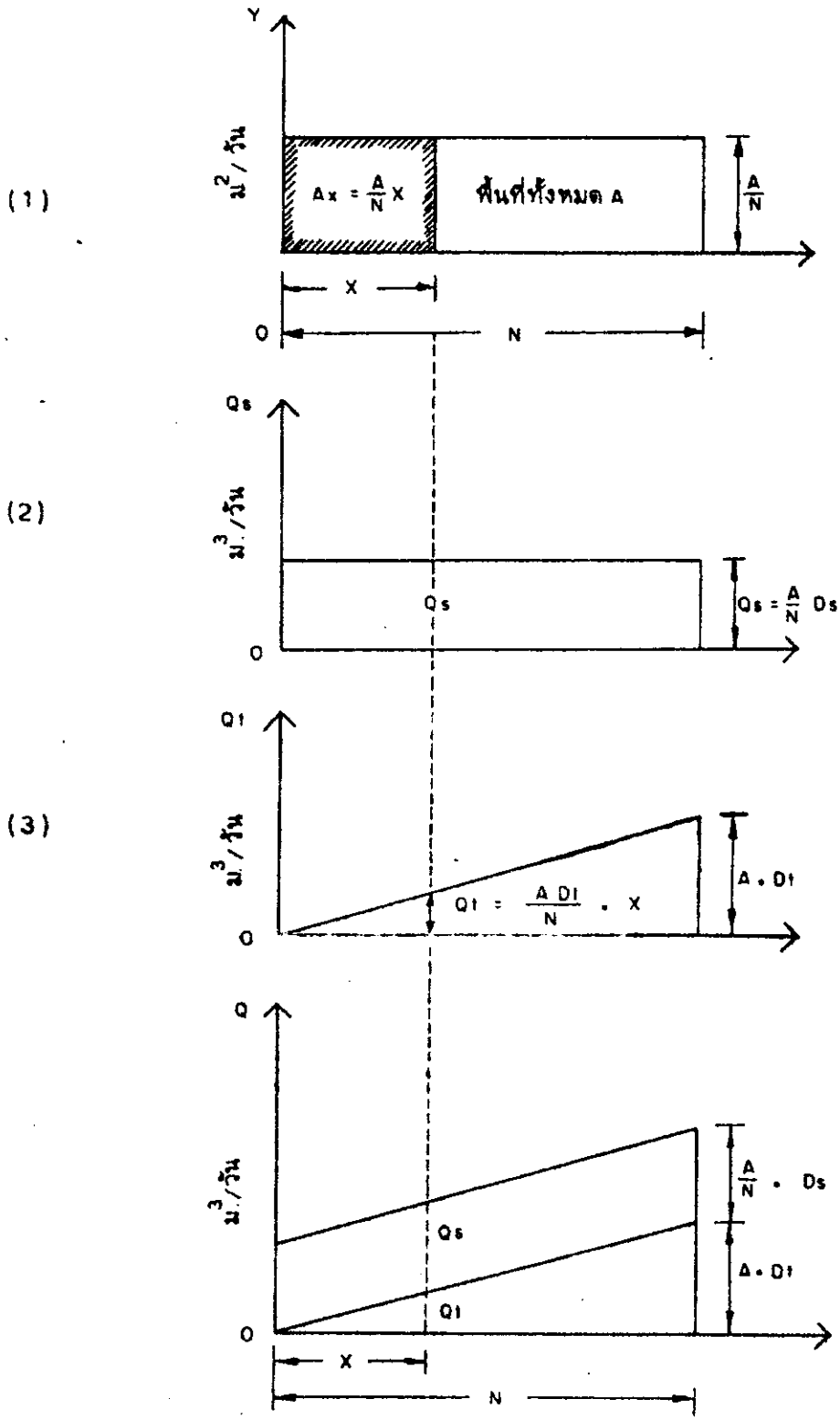
สำหรับการส่งน้ำแบบหมุนเวียน (Rotational Irrigation) สมการที่ 7.1 จะสามารถเขียนได้ใหม่เป็น

$$Q_{max} = \frac{A}{T}\left(\frac{Ds}{Ps} + \frac{dr}{Pr}\right)\frac{1}{1-L} \quad \text{.....} \quad (7.2)$$

เมื่อ Q_{max} = ขนาดใหญ่ที่สุดของคูน้ำหรือคลอง มีหน่วยเป็น ลบ.เมตร/วินาที

dr = ปริมาณน้ำที่ให้กับพื้นที่ปักดำในการให้น้ำแต่ละครั้งแบบหมุนเวียน เป็นเมตร

Pr = ช่วงระยะเวลาระหว่างการให้น้ำแต่ละครั้ง (Irrigation Interval) เป็นวัน



รูปที่ 7.1 ไดอะแกรมความต้องการน้ำในการเตรียมแปลงตามสมการที่ 7.1

Ps = ระยะเวลาที่ส่งน้ำเพื่อทำให้ดินทั่วทั้งพื้นที่อิ่มตัว เป็นวัน

ค่า Q_{max}, A, T, Ds และ L มีความหมายเหมือนเดิม

2. สูตรที่ใช้ในญี่ปุ่น

สูตรที่ใช้คำนวณหาขนาดคูน้ำหรือคลองในการชลประทานในญี่ปุ่นมีสมมติฐานโดยทั่ว ๆ ไปเหมือนกับสูตรที่ใช้ในไต้หวัน จะต่างกันเพียงแต่สมมติว่าน้ำที่ส่งให้แปลงปักดำจะเริ่มส่งตั้งแต่วันที่สอง (ไม่ใช้วันที่ 1) จนสิ้นสุดการเตรียมดิน ซึ่งสูตรดังกล่าวคือ

$$Q_{max} = \frac{A}{N} [Ds + (N - 1) Dt] \frac{1}{1-L} \quad \text{..... (7.3)}$$

เมื่อ Q_{max}, A, N, Ds, Dt และ L มีความหมายเหมือนสมการที่ 7.1

ข้อเสียของสูตรต่าง ๆ ตามแนวความคิดที่ว่าอัตราการเตรียมดินมีค่าคงที่คือ ความต้องการน้ำเพื่อการชลประทานในช่วงเตรียมดินจะมากที่สุดในวันสุดท้าย ซึ่งจะทำให้ขนาดคูหรือคลองใหญ่โตเกินความจำเป็น และน้ำจะมีโอกาสส่งเต็มคูหรือคลองเฉพาะในวันสุดท้ายของการเตรียมดินเท่านั้น ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองและทำให้เกิดความยุ่งยากในการส่งน้ำ

7.3.2 วิธีการออกแบบตามแนวความคิดว่าอัตราการส่งน้ำคงที่

เพื่อให้อัตราการส่งน้ำคงที่ตลอดช่วงเวลาในการเตรียมแปลง อัตราการเตรียมแปลงจะต้องมากในตอนเริ่มต้นและค่อย ๆ ลดลงเรื่อย ๆ ตามแนวความคิดนี้ Li-Jen Wen (1970) ได้เสนอแนะแนวทางการหาขนาดของระบบส่งน้ำดังแสดงในรูปที่ 7.2

ถ้าสมมติว่าอัตราการเตรียมดินแปรผันไปตามเวลา จะเขียนความสัมพันธ์ได้ว่า

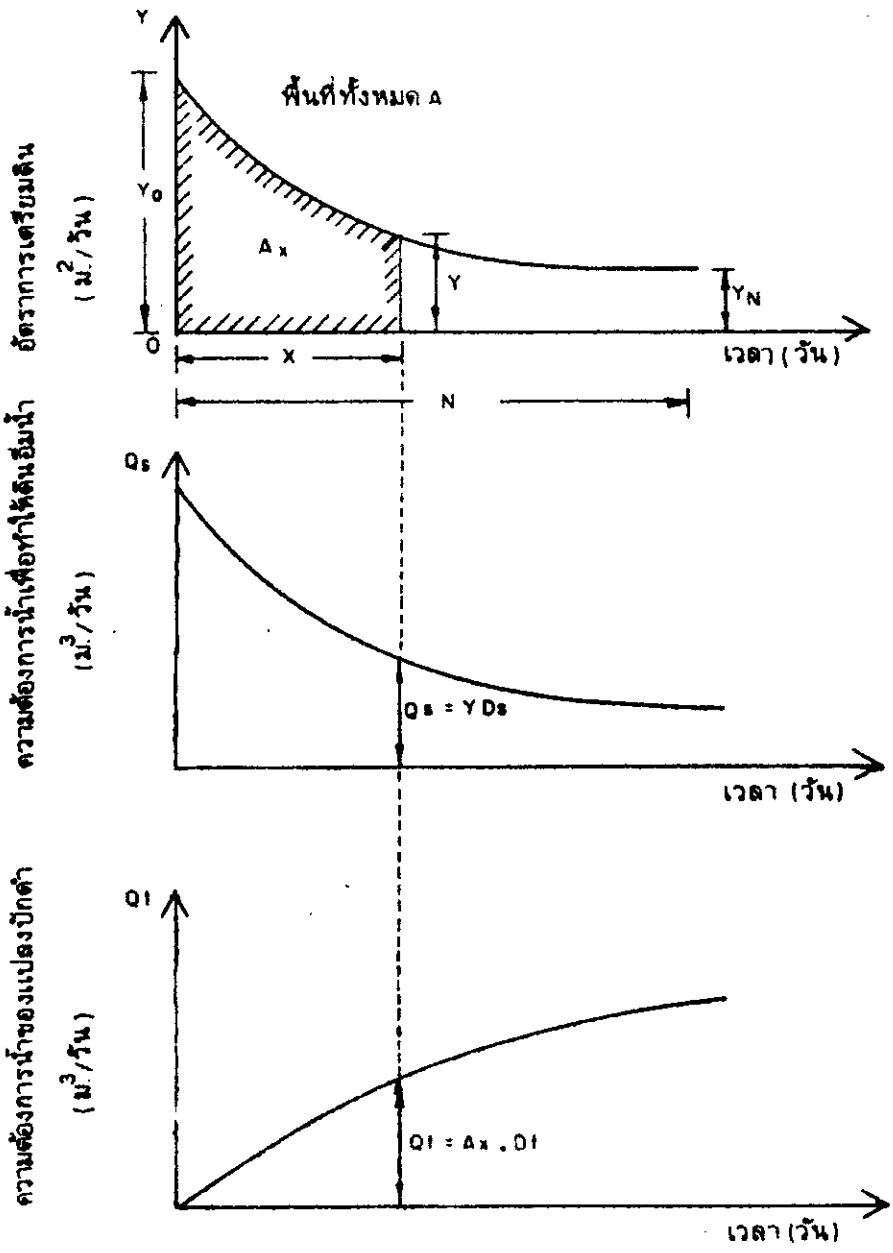
$$Y = f(X)$$

ที่เวลา $X = 0, \quad Y = Yo$

$X = N, \quad Y = Yn$

เมื่อเวลาผ่านไปเท่ากับ x

$$A_x = \int_0^x Y \, dx$$



รูปที่ 7.2 แนวความคิดในการส่งน้ำเพื่อเตรียมดินของ Wen

กำหนดให้ Dt = ความต้องการน้ำของแปลงปักดำ (แปลงที่เตรียมดินเสร็จเรียบร้อยแล้ว) มีหน่วยเป็น เมตร/วัน

Ds = ความต้องการน้ำเพื่อทำให้ดินอิ่มตัวรวมน้ำที่จะขังในแปลงนาก่อนปักดำ มีหน่วยเป็นเมตร

ที่วันที่ x ความต้องการน้ำชลประทานทั้งหมด (Q)

$$Q = Qs + Qt$$

$$= Y\,Ds + Dt \int_{o}^{x} Y\,d\,x$$

ถ้า Q มีค่าคงที่ และ x เป็นค่าใด ๆ

$$\frac{dQ}{dX} = Ds\frac{dY}{dX} + Dt\frac{d}{dX}\int_{o}^{x} Y\,d\,x$$

$$O = Ds\frac{dY}{dX} + Dt\,Y$$

$$\frac{dY}{Y} = -\frac{Dt}{Ds}dX$$

$$\ln Y = -\frac{Dt}{Ds}X + C$$

$$Y = e^{C}\,e^{-\frac{Dt}{Ds}X}$$

ถ้า [illegible] = 0, Y = Yo

$$\therefore \quad Yo = e^{C}$$

$$\therefore \quad Y = Yo\,e^{-\frac{Dt}{Ds}X} \qquad \text{.....} \quad (7.4)$$

เนื่องจาก

$$A = \int_{0}^{N} Y\,d\,X$$

$$= \int_{0}^{N} Yo\,e^{-\frac{Dt}{Ds}X}\,dX$$

$$= Yo\left(-\frac{Ds}{Dt}\right)\left[e^{-\frac{Dt}{Ds}X}\right]_0^N$$

$$= \frac{Yo\left[e^{-\frac{Dt}{Ds}N} - 1\right]}{-\frac{Dt}{Ds}}$$

$$\therefore \quad Yo = \frac{A.Dt}{Ds\left(1 - e^{-\frac{Dt}{Ds}N}\right)} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (7.5)$$

แทนค่า Yo ลงในสมการที่ 7.4

$$Y = \frac{A.Dt}{Ds\left(1 - e^{-\frac{Dt}{Ds}N}\right)} e^{-\frac{Dt}{Ds}X} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots (7.6)$$

ถ้า $X = N$, $Y = Y_N$

$$\therefore \quad Y_N = \frac{A.Dt}{Ds\left(1 - e^{-\frac{Dt}{Ds}N}\right)} e^{-\frac{Dt}{Ds}N} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (7.7)$$

$$Q_N = Y_N\, Ds + A.Dt$$

$$= \frac{A.Dt}{Ds\left(1 - e^{-\frac{Dt}{Ds}N}\right)} e^{-\frac{Dt}{Ds}N} Ds + A.Dt$$

$$Q_N = \frac{A.Dt}{\left(1 - e^{-\frac{Dt}{Ds}N}\right)}$$

ตามที่พิสูจน์มาถือว่า Q มีค่าคงที่ตลอดช่วงการเตรียมแปลง และถ้าพิจารณาการสูญเสียน้ำในระบบส่งน้ำ จะสามารถเขียนสมการใหม่ได้ว่า

$$Q = \frac{A.Dt}{\left(1 - e^{-\frac{Dt}{Ds}N}\right)}\left[\frac{1}{1-L}\right] \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (7.8)$$

เมื่อ Q = ขนาดของคูหรือคลอง ($ม.^3$/วัน)

A = พื้นที่ทั้งหมดที่จะเตรียมแปลง ($ม.^2$)

Dt = ความต้องการน้ำในแปลงปักดำ (ม./วัน)

Ds = ความต้องการน้ำเพื่อทำให้ดินอิ่มตัว รวมทั้งที่ขังในแปลงนา (ม.)

N = ระยะเวลาในการเตรียมแปลงทั่วทั้งพื้นที่ A (วัน)

L = การสูญเสียน้ำในระบบ (ทศนิยม)

ข้อเสียที่สำคัญของสูตรที่กล่าวถึงมาแล้ว รวมทั้งสูตรของ Wen คือสมมติว่าการให้น้ำเพื่อทำให้ดินอิ่มน้ำและมีน้ำขังท่วมในแปลงนาตอนแรก (Ds) จะให้ภายในวันเดียว ซึ่งในทางปฏิบัติโดยทั่ว ๆ ไปปริมาณน้ำส่วนนี้จะค่อย ๆ ทะยอยให้ซึ่งอาจกินเวลาหลายวัน จากแนวความคิดอันนี้ T.T. Cheng (1971) ได้เสนอแนะสูตรซึ่งสามารถใช้ได้ในกรณีที่การส่งน้ำเพื่อทำให้ดินอิ่มตัวกินเวลามากกว่า 1 วัน

$$Q = A\left[\frac{Dt}{1 - K^N}\right]\frac{1}{1-L} \qquad \text{.....} \quad (7.9)$$

เมื่อ $K = \dfrac{\frac{Ds}{r} - \frac{Dt}{2}}{\frac{Ds}{r} + \frac{Dt}{2}}$

และ r = จำนวนวันที่ส่งน้ำเพื่อทำให้ดินอิ่มตัวและขังท่วมในแปลง

Q, A, Dt, Ds, N และ L มีความหมายเหมือนในสมการที่ 7.8

ทั้งวิธีของ Wen และ Cheng พิจารณาว่าน้ำที่ส่งให้แปลงปักดำจะต้องส่งทุกวัน ซึ่งทำให้การให้น้ำและส่งน้ำทำได้ยากและไม่มีประสิทธิภาพ ศาสตราจารย์ J.K. Wang แห่งมหาวิทยาลัยฮาวายจึงได้เสนอสูตรซึ่งใช้ได้กับการส่งน้ำแบบหมุนเวียน ซึ่งแบ่งออกได้เป็นสองกรณีคือ

กรณีที่ 1 แบ่ง Ds ส่งสองครั้ง

$$Ds = Dss + Dst = Ds1 + Ds2 \qquad \text{.....} \quad (7.10)$$

$$Q = \left[\frac{A.Dt}{1 - (1 - \frac{Dt.Pr}{Ds1})^n}\right] \frac{1}{1-L} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (7.11)$$

$$\frac{Ds2}{Ds1} = \left[1 - \frac{Dt.Pr}{Ds1}\right]^n \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (7.12)$$

เมื่อ Ds1 = ปริมาณน้ำที่ส่งไปทำให้ดินอิ่มตัวครั้งที่ 1 (ม.)

Ds2 = ปริมาณน้ำที่ส่งไปทำให้ดินอิ่มตัวครั้งที่ 2 (ม.)

Pr = ช่วงระยะห่างระหว่างการให้น้ำแต่ละครั้ง (วัน)

n = จำนวนครั้งที่ให้น้ำชลประทานในช่วงการเตรียมแปลง

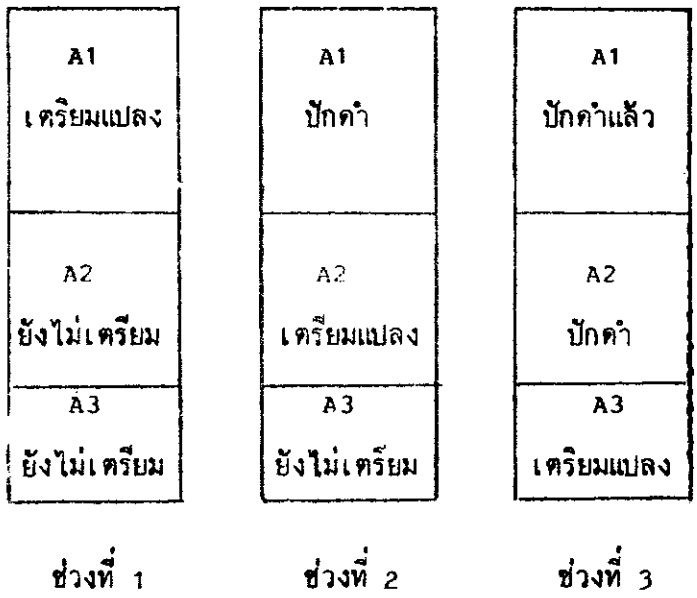
$= \frac{N}{Pr}$

Q, A, Dt, Ds, N และ L มีความหมายเหมือนเดิม

กรณีที่ 2 ส่ง Ds ในครั้งเดียว

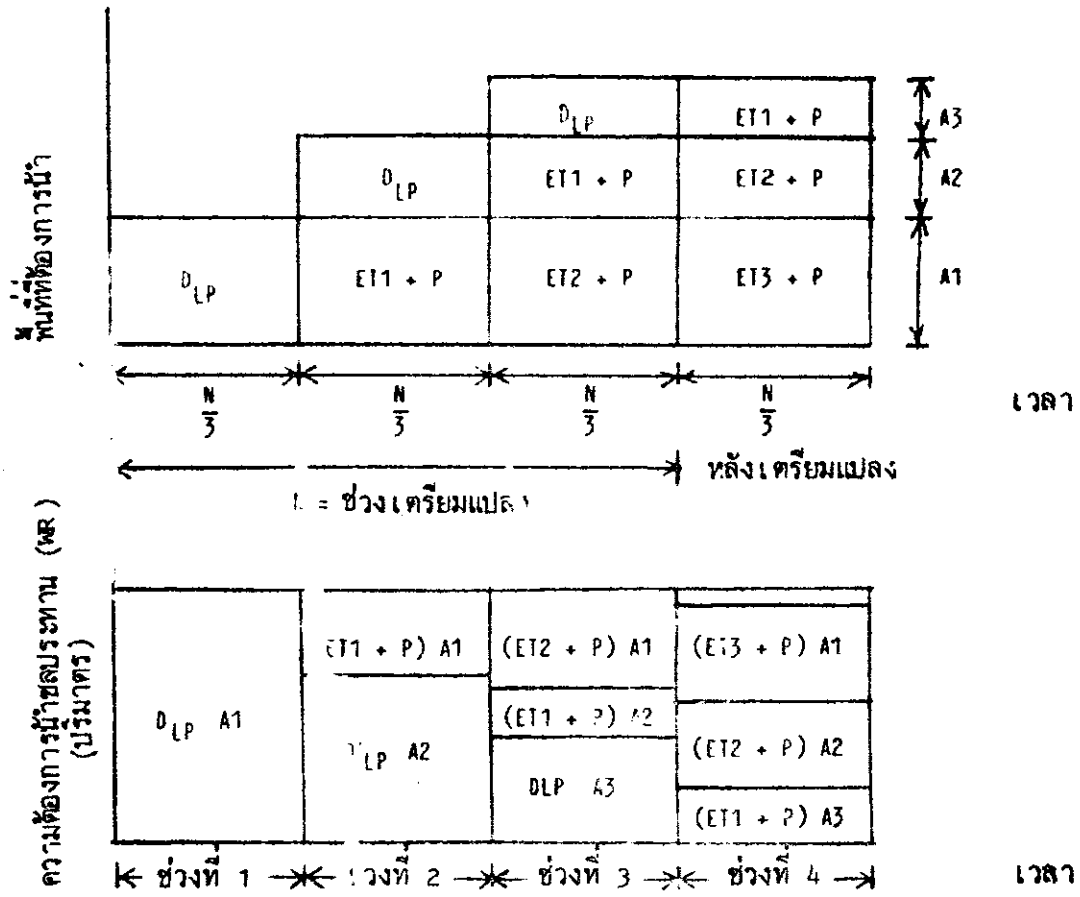
$$Q = \left[\frac{A.Dt}{1 - (1 - \frac{Dt.Pr}{Ds})^n}\right] \frac{1}{1-L} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (7.13)$$

รองศาสตราจารย์ฉลอง เกิดพิทักษ์ และชัยวัฒน์ ชยันการนาวี (พ.ศ. 2523) ได้ศึกษาการใช้น้ำเพื่อการปลูกข้าวในโครงการชลประทานสามชุก จ.สุพรรณบุรี พบว่าในการเตรียมแปลงเกษตรกรต้องแบ่งการใช้น้ำ กล่าวคือเกษตรกรที่อยู่ต้นน้ำหรือต้นคลองจะเตรียมแปลงก่อน เมื่อเตรียมแปลงเสร็จแล้วจะมีน้ำเหลือให้เกษตรกรที่อยู่ท้ายน้ำหรือปลายคลอง จากความจริงอันนี้ รศ.ฉลองฯ และชัยวัฒน์ฯ จึงได้เสนอแนวความคิดในการหาขนาดคลองส่งน้ำโดยแบ่งพื้นที่เตรียมแปลงในแต่ละช่วงเวลาดังรูปที่ 7.3



รูปที่ 7.3 แนวความคิดในการแบ่งพื้นที่เตรียมแปลงเป็นช่วง ๆ

ตามรูปที่ 7.3 พื้นที่จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ A1, A2 และ A3 (โดย A1 มากกว่า A2 และ A2 มากกว่า A3) และระยะเวลาที่ใช้ในการเตรียมแปลงจะแบ่งออกเป็น 3 ช่วง แต่ละช่วงมีระยะเวลาเท่ากัน ในช่วงแรกการเตรียมแปลงจะทำเฉพาะในพื้นที่ A1 ในช่วงที่สองจะทำการเตรียมแปลงในพื้นที่ A3 ขณะเดียวกันก็ทำการปักดำในพื้นที่ A2 และในช่วงที่สามจะเตรียมแปลงในพื้นที่ A3 พร้อมทั้งทำการปักดำในพื้นที่ A2 โดยการพิจารณาว่าความต้องการน้ำในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ ของการเตรียมแปลงเท่ากันจะสามารถเขียนไดอะแกรมแสดงความต้องการน้ำได้ดังรูปที่ 7.4



D_{LP} = ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเตรียมแปลง (ม.)

P = ปริมาณน้ำที่รั่วซึมจากแปลงนา (ม.)

ET1 = $K_{C_1} \cdot ET_P$ (ม.)

ET2 = $K_{C_2} \cdot ET_P$ (ม.)

ET3 = $K_{C_3} \cdot ET_P$ (ม.)

A1, A2, A3 คือพื้นที่ (ไร่)

K_{C_1} = ส.ป.ส. การใช้น้ำของพืชที่เวลา $\frac{N}{6}$ จากเริ่มปักดำ

K_{C_2} = ส.ป.ส. การใช้น้ำของพืชที่เวลา $\frac{N}{3} + \frac{N}{6}$

K_{C_3} = ส.ป.ส. การใช้น้ำของพืชที่เวลา $\frac{N}{3} + \frac{N}{3} + \frac{N}{6}$

N = ระยะเวลาในการเตรียมแปลง (วัน)

<u>รูปที่</u> 7.4 ความต้องการน้ำชลประทานสำหรับกิจกรรมต่าง ๆ ในแต่ละช่วงเวลาของการเตรียมแปลง

จากรูปที่ 7.4 จะสามารถเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$WR1 = A_1 D_{LP} \quad \text{..... (7.14)}$$

$$WR2 = A_2 D_{LP} + A_1(ET_1 + P) \quad \text{..... (7.15)}$$

$$WR3 = A_3 D_{LP} + A_2(ET_1 + P) + A_1(ET_2 + P) \quad \text{..... (7.16)}$$

$$WR4 = A_3 (ET_1 + P) + A_2(ET_2 + P) + A_1(ET_3 + P) \quad \text{(7.17)}$$

และ $$A = A_1 + A_2 + A_3 \quad \text{..... (7.18)}$$

เมื่อ WR1, WR2, WR3 และ WR4 คือความต้องการน้ำชลประทานสุทธิในช่วงที่ 1, 2, 3 และ 4

จากสมมติฐานที่วางไว้จะได้ว่า

$$WR1 = WR2 = WR3 \geq WR4$$

ถ้า $WR1 = WR2$

$$A_1 D_{LP} = A_2 D_{LP} + A_1(ET_1 + P)$$

$$A_1 = \frac{A_2 D_{LP}}{(D_{LP} - ET_1 - P)} \quad \text{..... (7.19)}$$

ถ้า $WR3 = WR2$

$$A_3 D_{LP} + A_2(ET_1 + P) + A_1(ET_2 + P) = A_2 D_{LP} + A_1(ET_1 + P)$$

$$A_3 = \frac{A_2(D_{LP} - ET_1 - P)}{D_{LP}} + \frac{A_1(ET_1 - ET_2)}{D_{LP}}$$

$$= \frac{A_2(D_{LP} - ET_1 - P)}{D_{LP}} + \frac{A_2(ET_1 - ET_2)}{(D_{LP} - ET_1 - P)}$$

$$= \frac{A_2[(D_{LP} - ET_1 - P)^2 + D_{LP}(ET_1 - ET_2)]}{D_{LP}(D_{LP} - ET_1 - P)} \quad \text{... (7.20)}$$

แทนค่า A_1 และ A_3 ในสมการที่ 7.18

$$A = \frac{A_2 D_{LP}}{(D_{LP} - ET_1 - P)} + A_2 + \frac{A_2[(D_{LP} - ET_1 - P)^2 + D_{LP}(ET_1 - ET_2)]}{D_{LP}(D_{LP} - ET_1 - P)}$$

$$A = \frac{A_2[(D_{LP})^2 + D_{LP}(D_{LP} - ET_1 - P) + (D_{LP} - ET_1 - P)^2 + D_{LP}(ET_1 - ET_2)]}{D_{LP}(D_{LP} - ET_1 - P)}$$

$$A = \frac{A\ D_{LP}(D_{LP} - ET_1 - P)}{[(D_{LP})^2 + D_{LP}(D_{LP} - ET_1 - P) + (D_{LP} - ET_1 - P)^2 + D_{LP}(ET_1 - ET_2)]}$$

แทนค่า A_2 ลงในสมการ 7.19

$$A_1 = \frac{A\ (D_{LP})^2}{[(D_{LP})^2 + D_{LP}(D_{LP} - ET_1 - P) + (D_{LP} - ET_1 - P)^2 + D_{LP}(ET_1 - ET_2)]}$$

แทนค่า A_2 ลงในสมการ 7.20

$$A_3 = \frac{A[(D_{LP} - ET_1 - P)^2 + D_{LP}(ET_1 - ET_2)]}{[(D_{LP})^2 + D_{LP}(D_{LP} - ET_1 - P) + (D_{LP} - ET_1 - P)^2 + D_{LP}(ET_1 - ET_2)]}$$

$$\therefore \quad A_1 : A_2 : A_3 = (D_{LP})^2 : [D_{LP}(D_{LP} - ET_1 - P)] : [(D_{LP} - ET_1 - P)^2 + D_{LP}(ET_1 - ET_2)]$$

เมื่อรู้ค่าสัดส่วนของพื้นที่ที่จะต้องเตรียมแปลงในแต่ละช่วงเวลาจะสามารถหาขนาดของคลองส่งน้ำได้จากสูตรดังต่อไปนี้ .-

$$Q = \frac{1600\ WR1}{24 \times 3600 \times \frac{N}{3} \times Ei}$$

$$Q = \frac{WR1}{54 \times \frac{N}{3} \times Ei} \qquad \text{..... (7.21)}$$

หรือ $$Q = \frac{WR2}{54 \times \frac{N}{3} Ei} = \frac{WR3}{54\ \frac{N}{3} Ei}$$

เมื่อ Q = ขนาดของคลองหรือคูส่งน้ำ ($ม.^3$/วินาที)

Ei = ประสิทธิภาพของการชลประทาน (ทศนิยม)

WR1, WR2, WR3 และ N มีความหมายเหมือนที่ให้ไว้แล้ว

จากการศึกษาข้อมูลการเตรียมแปลงในคลองซอยสายหนึ่งของโครงการสามชุก รศ.ฉลอง ฯ และชัยวัฒน์ ฯ ได้แนะนำว่าเวลาในการเตรียมแปลงแต่ละช่วงควรจะเท่ากับ 2 สัปดาห์ รวมเวลาในการเตรียมแปลงทั้งหมด (3 ช่วง) เท่ากับ 6 สัปดาห์ (42 วัน)

อย่างไรก็ตาม ระยะเวลาในการเตรียมแปลงของโครงการชลประทานอื่น ๆ ไม่จำเป็นต้องเท่ากับ 42 วันเสมอไป และช่วงเวลาในการเตรียมแปลงอาจไม่ใช่ 3 ช่วง ดังในรูปที่ 7.4 แต่ไม่ว่า N จะเท่ากับกี่วัน และไม่ว่าจะแบ่งช่วงเวลาเตรียมแปลงออกเป็นกี่ช่วง ก็สามารถหาสูตรในการคำนวณขนาดคลองได้ตามแนวความคิดที่กล่าวมาแล้ว

ข้อดีของวิธีการของ รศ.ฉลอง ฯ และชัยวัฒน์ ฯ คือ การแบ่งระยะเวลาเตรียมแปลงและปักดำออกเป็นช่วง ๆ ซึ่งสามารถจะนำไปใช้ปฏิบัติจริง ๆ ในสนามต่างกับของ WEN ซึ่งอัตราการเตรียมแปลงลดลงอย่างต่อเนื่อง และในแต่ละวันจะทำการเตรียมดินและปักดำไปพร้อมกันซึ่งไม่ตรงกับความเป็นจริงในทางปฏิบัติมาก นอกจากนั้นแนวความคิดของ รศ.ฉลอง ฯ และชัยวัฒน์ ฯ ยังได้พิจารณาค่าการใช้น้ำของพืชจริงในแต่ละช่วง ทำให้ค่าที่ได้ใกล้เคียงความจริงกว่าวิธีของคนอื่น ๆ ซึ่งคิดว่า D_t มีค่าคงที่ตลอดช่วงการเตรียมแปลง

ตัวอย่างที่ 7.1 ให้คำนวณหาขนาดคูน้ำจากข้อมูลดังต่อไปนี้ โดยใช้สูตรต่าง ๆ ที่กล่าวมาทั้งหมด

พื้นที่ส่งน้ำ	=	1,000	ไร่
N	=	42	วัน
ET เฉลี่ยตลอดช่วงเตรียมแปลง	=	5	มม./วัน
P	=	3	มม./วัน
Pr (Irrigation Interval)	=	7	วัน
Dse (น้ำที่ทำให้ดินอิ่มตัว)	=	300	มม.
Dst (น้ำที่ขังในแปลงนา)	=	50	มม.
L	=	0.4	

วิธีทำ

(1) สูตรที่ใช้ในไต้หวัน (สมการ 7.1(b))

$$Q_{max} = \left[\frac{A.Ds}{N.T} + \frac{A.Dt}{T}\right] \frac{1}{1-L}$$

$Ds = Dss + Dst = 300 + 50 = 350$ มม.

$= 0.35$ ม.

$Dt = ET + P = 8$ มม./วัน

$= 0.008$ ม./วัน

$A = 1600 \times 1000$

$$Q_{max} = \left[\frac{1600 \times 1000 \times 0.35}{42 \times 86400} + \frac{1600 \times 1000 \times 0.008}{86400}\right] \frac{1}{1-0.4}$$

$= 0.504$ ม.^{3}/วินาที

(2) สูตรที่ใช้ในญี่ปุ่น (สมการที่ 7.3)

$$Q_{max} = \frac{A}{N} [Ds + (N - 1) D_t] \frac{1}{1-L}$$

$$= \frac{1600 \times 1000}{42 \times 86400} [0.35 + (42-1) \times 0.008] \left[\frac{1}{1-0.4}\right]$$

$= 43027.2$ ม.^{3}/วัน

$= 0.498$ ม.^{3}/วินาที

(3) สูตรของ WEN (สมการที่ 7.8)

$$Q = \frac{A\ Dt}{\left[1 - e^{-\frac{Dt}{Ds} N}\right]} \frac{1}{1-L}$$

$$= \frac{1600 \times 1000 \times 0.008}{\left[1 - e^{-\frac{0.008}{0.35} \times 42}\right]} \left[\frac{1}{1-0.4}\right]$$

$= 35469.9$ ม.^{3}/วัน $= 0.400$ ม.^{3}/วินาที

(4) สูตรของ Cheng (สมการที่ 7.9)

$$Q = A\left[\frac{Dt}{1 - K^{N}}\right]^{\frac{1}{1-1}}$$

$$K = \frac{\frac{Ds}{r} - \frac{Dt}{2}}{\frac{Ds}{r} \quad \frac{Dt}{2}}$$

ถ้าสมมติว่า r = 1 วัน

$$K = \frac{\frac{0.35}{1} - \frac{0.008}{2}}{\frac{0.35}{1} + \frac{0.008}{2}} = \frac{0.35 - 0.004}{0.35 + 0.004} = \frac{0.346}{0.354}$$

$$= 0.977$$

$$Q = 1600 \times 1000\left[\frac{0.008}{1 - (0.977)^{42}}\right]^{\frac{1}{1-0.4}}$$

$$= 34569.01 \text{ ม.}^3/\text{วัน} = 0.400 \text{ ม.}^3/\text{วินาที}$$

ถ้าสมมติว่า r = 2 วัน

$$K = \frac{\frac{0.35}{2} - \frac{0.008}{2}}{\frac{0.35}{2} + \frac{0.008}{2}} = \frac{0.175 - 0.004}{0.175 + 0.004} = 0.955$$

$$Q = 1600 \times 1000\left[\frac{0.008}{1 - (0.955)^{42}}\right]\left[\frac{1}{1 - 0.4}\right]$$

$$= 24996.8 \text{ ม.}^3/\text{วัน} = 0.289 \text{ ม.}^3/\text{วินาที}$$

(5) สูตรของ Wang

กรณีที่ 1 (สมการที่ 7.11)

$$Q = \left[\frac{A.Dt}{1 - (1 - \frac{Dt.Pr}{Ds1})^{n}}\right]^{\frac{1}{1-L}}$$

Pr = 7 วัน

$$n = \frac{N}{Pr} = \frac{42}{7} = 6$$

จากสมการที่ 7.12

$$\frac{Ds2}{Ds1} = 1 - \frac{Pt.Pr}{Ds1}^{n}$$

$$Ds = 0.35 = Ds1 + Ds2$$

$$\therefore \quad Ds2 = 0.35 - Ds1$$

$$\frac{0.35 - Ds1}{Ds1} = \left[1 - \frac{0.008 \times 7}{Ds1}\right]^{6}$$

<u>โดยการทดลองเดาค่า Ds1</u> จะได้ว่า

$$Ds1 = 0.278 \text{ ม.}$$

$$Ds2 = 0.072 \text{ ม.}$$

$$\therefore \quad Q = \left[\frac{1600 \times 1000 \times 0.008}{1 - (1 - \frac{0.008 \times 7}{0.278})^{6}}\right] \frac{1}{1 - 0.4}$$

$$= 28802.7 \text{ ม.}^3\text{/วัน} = 0.333 \text{ ม.}^3\text{/วินาที}$$

<u>กรณีที่ 2</u> (สมการที่ 7.13)

$$Q = \left[\frac{A.Dt}{1 - (1 - \frac{Dt.Pr}{Ds})^{n}}\right] \frac{1}{1 - L}$$

$$= \left[\frac{1600 \times 1000 \times 0.008}{1 - (1 - \frac{0.008 \times 7}{0.35})^{6}}\right] \frac{1}{1 - 0.4}$$

$$= 32886.2 \text{ ม.}^3\text{/วัน} = 0.381 \text{ ม.}^3\text{/วินาที}$$

(6) <u>แนวความคิดของ รศ.ฉลองฯ และชัยวัฒน์ฯ</u>

ให้แบ่งเวลาการเตรียมแปลง 42 วัน ออกเป็น 3 ช่วง ๆ ละ 14 วัน

จากสมการที่ 4.12

$$D_{LP} = Dss + Dst + E + P$$

สมมติให้ $ET1 = ET2 = ET3$ = ET เฉลี่ย (= 5 มม./วัน)

$= 5 \times 14$

$= 70$ มม. $= 0.07$ ม.

$P = 3$ มม./วัน

$= 3 \times 14$

$= 42$ มม. $= 0.042$ ม.

$\therefore D_{LP} = 0.35 + 0.07 + 0.042$

$= 0.462$

$(D_{LP})^2 = 0.213$

$D_{LP}(D_{LP} - ET_1 - P) = 0.462\ (0.462 - 0.070 - 0.042)$

$= 0.162$ ม.

$(D_{LP} - ET_1 - P)^2 + D_{LP}(ET_1 - ET_2) = (0.462 - 0.070 - 0.042)^2 - 0$

$= 0.123$

$\therefore A_1 : A_2 : A_3 = 42.8 : 32.5 : 24.7$

$A = 1000$ ไร่

$\therefore A_1 = 428$ ไร่

$A_2 = 325$ ไร่

$A_3 = 247$ ไร่

จากสมการที่ 7.21

$$Q = \frac{WR1}{54 \times \frac{N}{3} \times Ei}$$

$$= \frac{428 \times 0.462}{54 \times \frac{42}{3} \times (1 - 0.4)}$$

$= 0.436$ ม.^{3}/วินาที

เมื่อเปรียบเทียบวิธีการคำนวณขนาดคูหรือคลองทั้ง 6 แบบ จะเห็นได้ว่าวิธีการของ Cheng ถ้าใช้เวลาส่งน้ำ 2 วัน เพื่อทำให้ดินอิ่มตัวและท่วมขังในแปลงนาตามที่ต้องการ จะได้ขนาดของคลองส่งน้ำเล็กที่สุด คือ Q = 0.289 ม.^{3}/วินาที ส่วนวิธีของ Wang ถ้าพิจารณาว่าแยกส่งน้ำส่วนนั้น (Ds) 2 ครั้ง จะได้ขนาดคลองหรือคูโตกว่าของ Cheng เล็กน้อย คือ = 0.333 ม.^{3}/วินาที ส่วนวิธีการอื่น ๆ ตามแนวความคิดว่าอัตราการส่งน้ำคงที่จะได้ขนาดของคลองหรือคูส่งน้ำใกล้เคียงกัน สำหรับวิธีการตามแนวความคิดว่าอัตราการเตรียมดินคงที่ จะได้ขนาดคลองหรือคูส่งน้ำใหญ่กว่าวิธีการตามแนวความคิดว่าอัตราการส่งน้ำคงที่มาก

อย่างไรก็ตาม วิธีการของ รศ.ฉลองฯ และชัยวัฒน์ฯ ได้พิจารณาถึงความเป็นไปได้ในการเตรียมแปลงและความสะดวกในการส่งน้ำมากกว่าแบบอื่น ๆ ทั้งหมด

7.4 วิธีการหาขนาดระบบส่งน้ำสำหรับการปลูกพืชไร่

ถึงแม้ว่าในโครงการชลประทานในปัจจุบันข้าวจะยังคงเป็นพืชหลัก แต่โดยทั่วๆ ไปแล้วการปลูกพืชไร่ให้ผลตอบแทนที่สูงกว่ามาก ดังนั้นการพัฒนาทางด้านเกษตรชลประทานสมัยใหม่จึงเน้นให้พืชในช่วงฤดูแล้ง อย่างไรก็ตาม ถ้ามีการปลูกข้าวและพืชไร่สลับกัน การออกแบบจะยึดเอาข้าวเป็นหลัก เพราะข้าวใช้น้ำมากกว่าพืชไร่ สำหรับการออกแบบขนาดระบบการชลประทานสำหรับพืชไร่ที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้จะเป็นลักษณะของโครงการชลประทานขนาดเล็ก หรือการจัดระบบชลประทานภายในแปลงเพาะปลูกพืชไร่ขนาดใหญ่เท่านั้น

การให้น้ำพืชไร่มีหลักการต่างออกไปจากข้าวหลายประการ กล่าวคือ พืชไร่ต้องการน้ำเพียงแค่เขตรากจะอุ้มเอาไว้ได้ ไม่ต้องการให้น้ำท่วมขังในแปลงเหมือนข้าว ฉะนั้นการให้น้ำกับพืชไร่จะให้เป็นครั้งคราวด้วยปริมาณที่เหมาะสมที่เขตรากพืชจะสามารถอุ้มเอาไว้ได้ และการให้แต่ละครั้งจะต้องให้ด้วยเวลาที่เหมาะสมเพื่อจะได้มีเวลาว่างไปทำงานอื่น ๆ เช่น พรวนดิน ดายหญ้า ฉีดยาฆ่าแมลง และให้ปุ๋ย เพราะระหว่างการให้น้ำกับพืชไร่จะต้องควบคุมดูแลตลอดเวลา

การออกแบบขนาดระบบส่งน้ำสำหรับพืชไร่จะพิจารณาจากความต้องการน้ำสูงสุดของพืชไร่ และเวลาที่ต้องการว่างเพื่อทำงานอย่างอื่นในไร่นา ความต้องการน้ำสูงสุดของพืชไร่จะเกิดในช่วงที่พืชเจริญเติบโตเต็มที่ ไม่ใช่ช่วงเตรียมแปลง เพราะการเตรียมแปลงพืชไร่ต้องการน้ำเพียงแค่ทำให้ดินมีความชุ่มชื้นพอเหมาะกับการงอกของเมล็ดเท่านั้นซึ่งไม่มากนัก เมื่อรู้

ความต้องการน้ำสูงสุดและระยะเวลาให้น้ำ จะหาขนาดของระบบส่งน้ำได้จากสูตร

$$Q_{max} = \frac{d_p P_r A}{2.25 E_i . T} \quad \text{..... (7.22)}$$

เมื่อ Q_{max} = ขนาดใหญ่ที่สุดของคลองหรือคูน้ำหรือเครื่องสูบน้ำ (ลิตร/วินาที)

d_p = ขนาดความต้องการน้ำชลประทานสูงสุด (มม./วินาที)

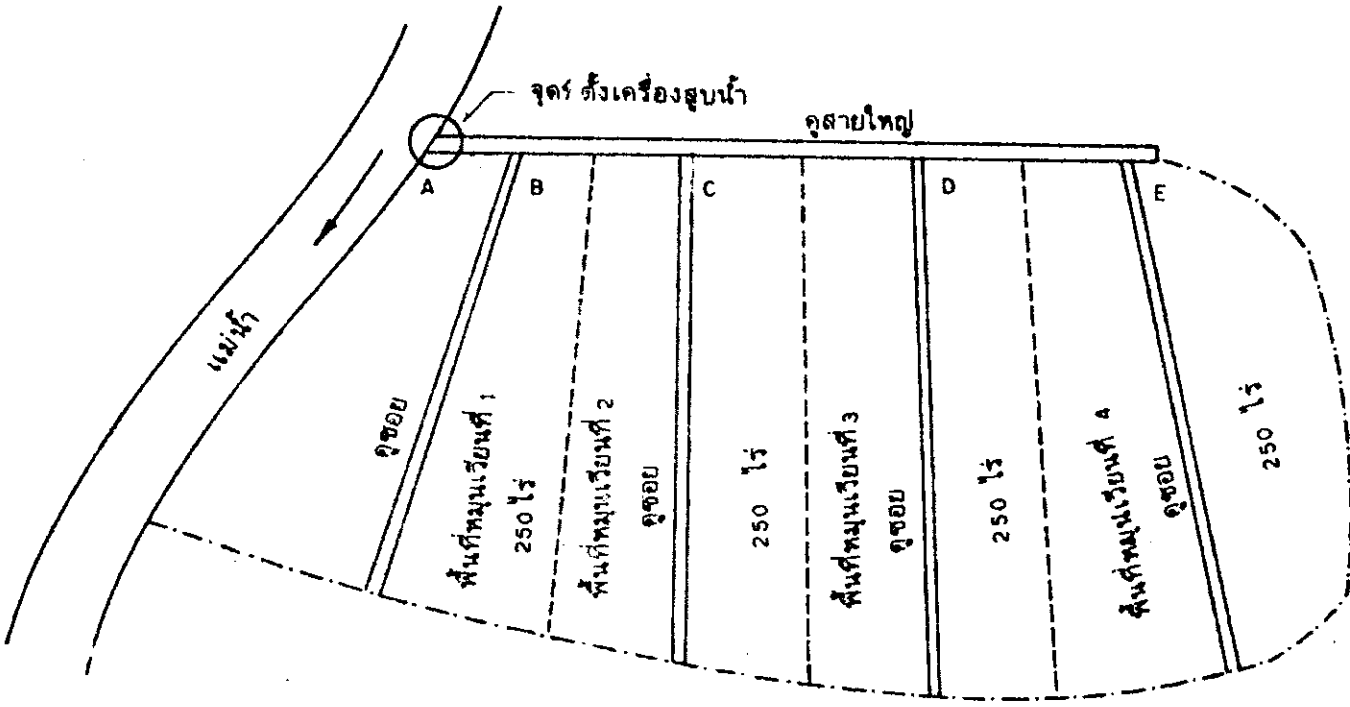
P_r = จำนวนวันระหว่างการให้น้ำแต่ละครั้ง

A = พื้นที่ที่จะต้องส่งน้ำให้ (ไร่)

E_i = ประสิทธิภาพในการชลประทาน (ทศนิยม)

T = จำนวนชั่วโมงในการให้น้ำทั่วทั้งพื้นที่

ตัวอย่างที่ 7.2 ให้ออกแบบขนาดของระบบส่งน้ำสำหรับพื้นที่ 1000 ไร่ ซึ่งได้รับน้ำจากแม่น้ำสายหนึ่งโดยการสูบน้ำส่งเข้าคูส่งน้ำสายใหญ่ และแจกจ่ายเข้าสู่คูซอย 4 สาย แต่ละสายคุมเนื้อที่ 250 ไร่ ดังรูปที่ 7.5 พิจารณาว่าคูส่งน้ำสายใหญ่ส่งน้ำแบบตลอดเวลา และคูซอยส่งน้ำเป็นแบบหมุนเวียน โดยมีข้อมูลประกอบการพิจารณาดังต่อไปนี้



รูปที่ 7.5 แนวคูส่งน้ำสายใหญ่และคูซอยในพื้นที่ปลูกพืชไร่ 1000 ไร่

ดินเป็นดินร่วนปนทราย ซึ่งมีความสามารถอุ้มน้ำไว้ให้พืชใช้ได้ 1.2 มม./ซม.

พืชที่ปลูกคือข้าวโพด ซึ่งมีอัตราการให้น้ำสูงสุด 8 มม./วัน

ระยะเขตราก 80 ซม. จากผิวดิน

จุดวิกฤต (Critical Point) ของข้าวโพด = 30 % ของความชื้นที่พืชดูดเอาไปใช้ได้

ประสิทธิภาพในการให้น้ำ (Ea) = 75 %

ประสิทธิภาพในการแจกจ่ายน้ำในพื้นที่หมุนเวียน (Eb) = 80 %

ประสิทธิภาพของคูส่งน้ำสายใหญ่ (Ec) = 90 %

ชั่วโมงการสูบน้ำในช่วงที่มีการใช้น้ำสูงสุด = 24 ชั่วโมง/วัน

<u>วิธีการคำนวณ</u>

จำนวนความชื้นที่พืชดูดเอาไปใช้ได้ตลอดเขตราก = 1.2 × 80 มม.

= 96 มม.

ความชื้นที่ยอมให้พืชดูดเอาไปใช้ได้ = 0.7 × 96 = 67.2 มม.

$$\text{ความถี่ในการให้น้ำ} = \frac{\text{จำนวนน้ำชลประทานสุทธิที่ให้แก่พืช}}{\text{อัตราการใช้น้ำสูงสุด}}$$

$$= \frac{67.2}{8} = 8.4 \text{ วัน}$$

เพื่อความสะดวกในการกำหนดการให้น้ำ ใช้ความถี่ในการให้น้ำ 8 วัน

ถ้าพิจารณาว่าไม่มีฝนตกในช่วงที่พืชต้องการน้ำสูงสุด

ปริมาณน้ำชลประทานสุทธิที่จะต้องให้แก่พืช

= อัตราการใช้น้ำสูงสุด (dp) × ความถี่ในการให้น้ำที่ออกแบบ (Pr)

= 8 × 8 = 64 มม.

พิจารณาว่าในช่วงการใช้น้ำสูงสุดจะทำการส่งน้ำให้กับหน่วยหมุนเวียนย่อยทุกวันจนทั่วพื้นที่หมุนเวียนแต่ละชุดภายในความถี่ในการให้น้ำที่ออกแบบไว้

T = 8 × 24 ชั่วโมง

คูซอยทำหน้าที่ส่งน้ำแบบหมุนเวียน ซึ่งจะหาขนาดได้จากสมการที่ 7.22

$$Q_{max} = \frac{d_p P_r A}{2.25 E_i T}$$

$d_p P_r$ = 64 มม.

$E_i = E_a \times E_b = 0.75 \times 0.8$

ถ้าพิจารณาว่า A = 1 ไร่

$$Q_{max} = \frac{64 \times 1}{2.25 \times 0.75 \times 0.80 \times 8 \times 24}$$

= 0.2469 ลิตร/วินาที/ไร่

คูซอยแต่ละซอยคุมพื้นที่ 250 ไร่

$\therefore Q_{max} = 0.2469 \times 250 = 61.7$ ลิตร/วินาที

คูส่งน้ำสายใหญ่ส่งน้ำเป็นแบบตลอดเวลา โดยมีประสิทธิภาพในการส่งน้ำ 90 % ฉะนั้นขนาดของคูสายใหญ่จะไม่เท่ากันตลอดสาย ซึ่งจะหาขนาดของคูสายใหญ่แต่ละส่วนได้ดังนี้

ชลภาระของคูสายใหญ่ = $\frac{0.2469}{0.9}$ = 0.2743 ลิตร/วินาที/ไร่

Q_{max} (ช่วง DE) = 0.2743 x 250 = 68.6 ลิตร/วินาที

Q_{max} (ช่วง CD) = 0.2743 x 500 = 137.2 ลิตร/วินาที

Q_{max} (ช่วง BC) = 0.2743 x 750 = 205.7 ลิตร/วินาที

Q_{max} (ช่วง AB) = 0.2743 x 1000 = 274.3 ลิตร/วินาที

เครื่องสูบน้ำที่ใช้จะต้องมีขีดความสามารถสูบน้ำได้ = 274.3 ลิตร/วินาที และจะต้องทำหน้าที่สูบน้ำตลอดเวลาในช่วงที่พืชต้องการน้ำสูงสุด

7.5 เอกสารอ้างอิง

1. วราวุธ วุฒิวณิชย์ (2525). เอกสารประกอบการสอนวิชา วศ.ชป. 425 (การออกแบบระบบชลประทานบนแปลงเพาะปลูก). ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ ม.เกษตรศาสตร์ กำแพงแสน นครปฐม.

บทที่ 8

การหาขนาดระบบระบายน้ำในแปลงเพาะปลูก

8.1 คำนำ

สำหรับในเขตมรสุมเช่นในบ้านเรา ระบบระบายน้ำเป็นสิ่งจำเป็นไม่ยิ่งหย่อนไปกว่าระบบส่งน้ำ ในอันที่จะระบายน้ำส่วนเกินเพื่อควบคุมระดับน้ำในแปลงนาให้อยู่ในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดผลเสียหายแก่พืช ระดับน้ำที่ยอมให้ท่วมขังในแปลงนาจะแปรผันไปตามชนิดของพันธุ์ข้าวและช่วงระยะเวลาในการเจริญเติบโต ข้าวบางพันธุ์อาจทนให้น้ำท่วมขังเป็นเวลานานโดยไม่กระทบกระเทือนต่อผลผลิตมากนัก ขณะที่ข้างบางพันธุ์อาจได้รับผลเสียหายมาก อย่างไรก็ตามข้าวพันธุ์ผสมใหม่ที่ให้ผลผลิตสูงไม่ชอบให้น้ำท่วมขังมากนัก ตัวเลขที่ได้จากการศึกษาผลกระทบของน้ำท่วมกับข้าวในประเทศญี่ปุ่นชี้ให้เห็นว่า ถ้ายอมให้น้ำท่วมต้นข้าวมิดเป็นเวลานาน 1-2 วัน ในช่วงที่เริ่มเกิดช่อดอก (Young Panacle Formation) จะทำให้ผลผลิตลดลงได้มากถึง 25-70 เปอร์เซนต์ ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาที่น้ำท่วม ช่วงเวลาที่น้ำท่วม และเปอร์เซนต์ของผลผลิตที่ลดลงจะได้กล่าวถึงในหัวข้อถัดไป

ในการออกแบบระบบระบายน้ำจะต้องพิจารณาจากข้อมูลน้ำฝน ประกอบกับระยะเวลาในการเจริญเติบโตของพืช และความสูงของพืชในช่วงนั้น เพื่อว่าควรจะยอมให้น้ำท่วมขังในแปลงนาลึกเท่าใด และยอมให้ขังเป็นระยะเวลานานเท่าใดจึงจะไม่กระทบกระเทือนต่อผลผลิตหรือกระทบกระเทือนต่อผลผลิตน้อยที่สุด

8.2 ความเสียหายเนื่องจากน้ำท่วม

ในการออกแบบระบบระบายน้ำจะต้องพิจารณาถึงความเสี่ยงต่อน้ำท่วม การทราบข้อมูลเกี่ยวกับความลึกของน้ำและช่วงเวลาที่น้ำท่วมซึ่งมีผลกระทบต่อผลผลิตจะเป็นประโยชน์ในการออกแบบและหาขนาดของระบบระบายน้ำที่เหมาะสมได้ ตารางที่ 8.1 แสดงให้เห็นถึงผลผลิตของข้าวที่ลดลงเนื่องจากระยะเวลาที่น้ำท่วมต่างกันออกไป ในการออกแบบจะต้องพิจารณาว่าค่าลงทุนที่เพิ่มขึ้นในการทำระบบระบายน้ำนั้นคุ้มกับความเสียหายของพืชเนื่องจากน้ำท่วมหรือไม่ด้วย

ตารางที่ 8.1 ความเสียหายของข้าวที่ถูกน้ำท่วมในช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตต่าง ๆ ในประเทศญี่ปุ่น 1/

ช่วงเวลาการเจริญเติบโต	เปอร์เซนต์ของผลผลิตที่ลดลงตามจำนวนวันที่น้ำท่วม 2/							
	น้ำใส				น้ำขุ่น			
	1-2	3-4	5-7	7	1-2	3-4	5-7	7
20 วันหลังปักดำ	10	20	30	35	*	*	*	*
ระยะเริ่มเกิดช่อดอก น้ำท่วมบางส่วน 3/	10	30	65	90-100	20	50	85	90-100
ระยะเริ่มเกิดช่อดอก น้ำท่วมมิด	25	45	80	80-100	70	80	85	90-100
ระยะออกรวง (Heading Stage)	15	25	30	70	30	80	90	90-100
ระยะเมล็ดสุก (Ripening Stage)	0	15	20	20	5	20	30	30

1/ แหล่งที่มา : Fukuda and Tsutsui (1968)

2/ ถ้าน้ำท่วมเพียงครึ่งวันค่าในตารางจะเหลือเพียงครึ่งหนึ่ง

3/ น้ำท่วมบางส่วนหมายถึงใบอยู่พ้นน้ำ 9-15 ซม.

8.3 การเลือกฝนในการออกแบบระบบระบายน้ำในแปลงนา

การเลือกฝนจะต้องพิจารณาความเหมาะสมทั้งทางด้านเทคนิคและทางด้านเศรษฐศาสตร์ประกอบกัน เพื่อไม่ให้น้ำท่วมขังพืชจนเกิดผลเสียหายแก่ผลผลิต หรือไม่เป็นการออกแบบระบบระบายน้ำซึ่งใหญ่โตเกินความจำเป็น ข้อมูลน้ำฝนที่ใช้ในการออกแบบควรเป็นข้อมูลการตกของฝนรายชั่วโมง แต่ถ้าหากไม่มีข้อมูลรายชั่วโมงก็อาจใช้รายวันแทนได้ และโดยทั่ว ๆ ไปมักจะใช้ฝนที่ตกหนักที่สุดในรอบ 5 ถึง 10 ปีมาวิเคราะห์หาขนาดของระบบระบายน้ำในแปลงนา

8.3.1 การหาอัตราการระบายน้ำจากแปลงนา

อัตราการระบายน้ำจากแปลงนาจะขึ้นอยู่กับความเข้มของฝน (Rainfall

Intensity) ระยะเวลาที่ฝนตก ขนาดและลักษณะของพื้นที่ อัตราการดูดซึมน้ำของดิน ความสูงของคันนา ความลึกของน้ำในแปลงก่อนฝนตก ตลอดจนความลึกและระยะเวลาที่จะยอมให้น้ำท่วมขังในแปลงนา ถึงแม้ว่าปัจจุบันวิทยาการทางด้านอุทกวิทยาและการระบายน้ำได้เจริญก้าวหน้าไปมาก มีวิธีการและสูตรต่าง ๆ มากมายสำหรับประเมินอัตราการระบายน้ำออกจากพื้นที่ แต่การจะเลือกใช้วิธีการใดหรือสูตรใดมาใช้จะต้องพิจารณาให้เหมาะสมกับสภาพและขนาดของพื้นที่แต่ละแห่ง ความถูกต้องในการประเมินอัตราการระบายน้ำจะขึ้นอยู่กับการเลือกฝนและการตั้งสมมติฐานว่าใกล้เคียงความเป็นจริงในขณะที่ฝนตกมากน้อยเท่าใด และจะต้องพิจารณาความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ประกอบด้วย ในที่นี้จะขอยกตัวอย่างการประเมินอัตราการระบายน้ำที่นิยมใช้โดยทั่วไปในประเทศญี่ปุ่น

(1) <u>การใช้สูตร Rational หาอัตราการระบายน้ำในแปลงนา</u>

สูตร Rational เดิม

$$Q = C\ I\ A \qquad \text{..... (8.1)}$$

เมื่อ Q = อัตราน้ำที่ต้องระบายสูงสุด (ปริมาตร/เวลา)

C = สัมประสิทธิ์การระบายน้ำ

I = ความหนาแน่นของฝน (ความลึก/เวลา)

A = พื้นที่ระบายน้ำ

ซึ่งญี่ปุ่นได้ดัดแปลงสูตร Rational เดิมให้เหมาะสมยิ่งขึ้นเป็น

$$Q = \frac{10\ f\ R_n\ A}{3600\ T} \qquad \text{..... (8.2)}$$

เมื่อ Q = อัตราน้ำที่ต้องระบายสูงสุด ($ม.^3$/วินาที)

f = ส.ป.ส. การระบายน้ำ

R_n = ปริมาณฝนสูงสุดในช่วง n ชั่วโมง (มม.)

T = ระยะเวลาในการระบายน้ำ (ชั่วโมง)

A = พื้นที่ระบายน้ำ (เฮกแตร์, 1 เฮกแตร์ = 10,000 $ม.^2$)

ค่า n, T และ f จะเปลี่ยนแปลงไปตามขนาดของพื้นที่ ดังในตารางที่ 8.2

ตารางที่ 8.2 ค่า n, T, สำหรับสูตร Rational ที่ใช้ในญี่ปุ่น
(Fukuda and Tsutsui, 1973)

A (เฮกแตร์)	n (ชม.)	T (ชม.)	f
ประมาณ 50	4	4	0.4 - 0.7
< 100	24	24	0.5 - 0.8
< 500	24	24	0.4 - 0.7
< 1,000	24	48	0.6 - 0.8

(2) การหาอัตราการระบายน้ำในพื้นที่ปลูกข้าวในที่ลุ่ม

การหาอัตราการระบายน้ำในแปลงนาที่อยู่ในที่ลุ่มในประเทศญี่ปุ่นจะใช้ค่าสัมประสิทธิ์การระบายน้ำดังในตารางที่ 8.3 ประกอบกับรูปแบบการระบายน้ำออกจากพื้นที่ (Runoff Pattern) ดังในตารางที่ 8.4

ตารางที่ 8.3 ปริมาณฝนและสัมประสิทธิการระบายน้ำ

ปริมาณฝน (มม.)	0-10	10-30	30-50	50-100	100-200	200-300	300 +
สปส.การระบายน้ำ (%)	0	10	30	50	80	90	95

ตารางที่ 8.4 ปริมาณฝนที่ตกแต่ละครั้งและรูปแบบการระบายน้ำของพื้นที่ (%)
(Single Rainfall and its Runoff Pattern, %)

ปริมาณฝนแต่ละครั้ง	รูปแบบการระบายน้ำ (%)				
(มม.)	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	รวมทั้งหมด
30	100	-	-	-	100
30 - 50	70	30	-	-	100
50 - 100	60	30	10	-	100
100 หรือมากกว่า	50	30	15	5	100

สมมติว่าถ้าเลือกใช้ฝนที่ตกหนักติดต่อกัน 5 วัน มีปริมาณถึง 300 มม. จะสามารถหาอัตราการระบายน้ำได้ดังแสดงในตารางที่ 8.5

ตารางที่ 8.5 การหาอัตราการระบายน้ำในแต่ละวันจากฝนที่ตกหนักติดต่อกัน 5 วัน

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)					
วันที่	ปริมาณฝนแต่ละวัน (มม.)	ปริมาณฝนสะสม (มม.)	สปส. การระบายน้ำ	น้ำที่ระบายเนื่องจากฝนรายวัน (มม.)	น้ำที่ต้องระบายในแต่ละวัน (มม.)					
					วันที่1	วันที่2	วันที่3	วันที่4	วันที่5	วันที่6
1	40	40	30	12.0	8.4	3.6	-	-	-	-
2	150	190	80	120.0	-	60.0	36.0	18.0	6.0	-
3	15	205	90	13.5	-	-	13.5	-	-	-
4	70	275	90	63.0	-	-	-	37.8	18.9	6.3
5	25	300	95	23.8	-	-	-	-	23.8	-
รวม	300			232.3	8.4	63.6	49.5	55.8	48.7	6.3

หมายเหตุ (4) ได้จากตารางที่ 8.3

(5) = (2) × (4)

(6) = (5) × Runoff Pattern (%) จากตารางที่ 8.4

จากการวิเคราะห์ฝนที่ตกหนักติดต่อกัน 5 วัน ซึ่งมีปริมาณฝนรวม 300 มม. จะเห็นว่าอัตราน้ำที่ต้องระบายสูงสุดคือวันที่ 2 เป็นปริมาณถึง 63.6 มม. ต่อ 24 ชั่วโมง เมื่อคูณพื้นที่ระบายน้ำกับค่านี้จะได้ปริมาณน้ำที่ต้องระบายต่อวัน

เพื่อความสะดวกในการออกแบบระบบระบายน้ำ โดยทั่ว ๆ ไปจะทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำที่ต้องระบายออกจากแปลงโดยวิธีการในทำนองเดียวกัน 2 วิธีที่กล่าวถึง เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การระบายน้ำ ซึ่งมีหน่วยเป็นปริมาตรต่อเวลาต่อพื้นที่ (Drainage Modulus) สำหรับโครงการชลประทานต่าง ๆ ในประเทศไทย มงคล โชติศศิธร ได้รวมค่าสัมประสิทธิ์การระบายน้ำซึ่งบริษัทที่ปรึกษาทำการศึกษาไว้ ดังแสดงในตารางที่ 8.6

ตารางที่ 8.6 สัมประสิทธิ์การระบายน้ำ (Drainage Modulus) ของโครงการชลประทานต่าง ๆ

Projects	Sources of Discussion	Methodology	Drainage Modulus at Farm Level for area 0-2,000 rai in L/sec/rai	Drainage Modulus for Main Drain in L/sec/rai							
				For drainage area (1,000 rai)							
				2 to 5	5 to 10	10 to 20	20 to 50	50 to 100	100 to 200	200 to 500	500 to 1,000
Chao Phya Stage I	Ilaco-Nedeco	46 mm/24 hours	.85	0.77				-	-	-	-
Phitsanulok	ELC-NK-SEATEC	Economic Optimization Technique	.65	.61	.57	.56	.54-.53	.51	.48	.46-.45	.44-.43
		Criteria and Assumption 1. Ponding depth in the field = 100 mm. 2. max. 5-days consecutive rainfall 3. 6 and 17 years return period for lower area and upper area		(95)*	(90)	(87)	(85-82)	(80-78)	(74)	(72-69)	(68-66)
Phitsanulok (Feasibility Report)	U.S.B.R.	Criteria and Assumption 1. No ponding depth 2. max. 7-days consecutive rainfall 3. 10 years return period	.57	.53 (90)	.50 (85)	.47 (80)	.44 (75)	.44 (70)	.38 (65)	.35 (60)	.32 (55)
Uttaradit	U.S.B.R.	Criteria and Assumption 1. No ponding depth 2. max. 7-days consecutive rainfall 3. 10-years return period	.67	.60 (90)	.57 (85)	.54 (80)	.50 (75)	.47 (70)	.44 (65)	.40 (60)	.37 (55)

* Figures in parenthesis are reduction factor of Drainage Modulus

ตารางที่ 8.6 (ต่อ)

Projects	Sources of Discussion	Methodology	Drainage Modulus at Farm Level for area 0-2,000 rai in L/sec/rai	Drainage Modulus for Main Drain in L/sec/rai							
				For drainage area (1,000 rai)							
				2 to 5	5 to 10	10 to 20	20 to 50	50 to 100	100 to 200	200 to 500	500 to 1,000
Mae Klong (Feasibility	Ilaco	Criteria and Assumptions 1. No ponding depth 2. max. 5-days consecutive rainfall 3. 10 years return period 4. 75% of rainfall is taken into account 5. No mention of drainage area	.42	-	-	-	-	-	-	-	-
Mae Klong (Feasibility	JICA	Criteria and Assumptions 1. ponding depth = 100 mm. 2. max. daily rainfall 3. 10-years return period 4. No mention of drainage area	0.[illegible]0	-	-	-	-	-	-	-	-
Lam Takong (Feasibility	TAHAL	Criteria and Assumption 1. initial (pre-rain) water depth in paddies = 75 mm. 2. Drainage modulus = $\frac{\text{3-days storm-75/2}}{3}$ 3. max. 3-days consecutive rainfall 4. 5-years return period	0.64 (Q = 0.004A, Q = cms, A = ha)	For area > 1000 ha; $Q = 35 M^{5/6}$ (Cypress Creek Formula) Q = cfs. M = area in sq. miles.							

Projects	Sources of Discussion	Methodology	Drainage Modulus at Farm Level for area 0-2,000 rai in L/sec/rai	Drainage Modulus for Main Drain in L/sec/rai							
				For drainage area (1,000 rai)							
				2 to 5	5 to 10	10 to 20	20 to 50	50 to 100	100 to 200	200 to 500	500 to 1,000
Lam Pao	TAHAL	Criteria and Assumptions 1. ponding depth 38 mm. 2. max. 3-days consecutive rainfall 3. 5-years return period	0.64	For area > 1000 ha; $Q = 35\ M^{5/6}$							
Nam Pong Stage II	TAHAL	Criteria and Assumptions The same as Lam Pao Project	0.59 (Q = 0.0037A)	For area > 1000 ha; $Q = 35\ M^{5/6}$							
Nong Wai	SANYU	Rational Formula	1.00	.90	.85	.80	.75	.70	.65	-	-
Pioneer Agriculture		Criteria and Assumptions 1. ponding depth 300 mm. for 1/3 - 1/4 of the total area 2. 5-days consecutive rainfall 3. 10-years return period		(90)	(85)	(80)	(75)	(70)	(65)		
Nong Wai Pioneer Agriculture Project (Design Criteria on Land Consolidation)	SANYU	Rational Formula Q = 0.002778 f.r.A. Q = cms. f = runoff coefficient r = rainfall intensity (mm./hr.) $= \frac{R}{24}\left(\frac{24}{T}\right)^{2/3}$	1.3	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 8.6 (ต่อ)

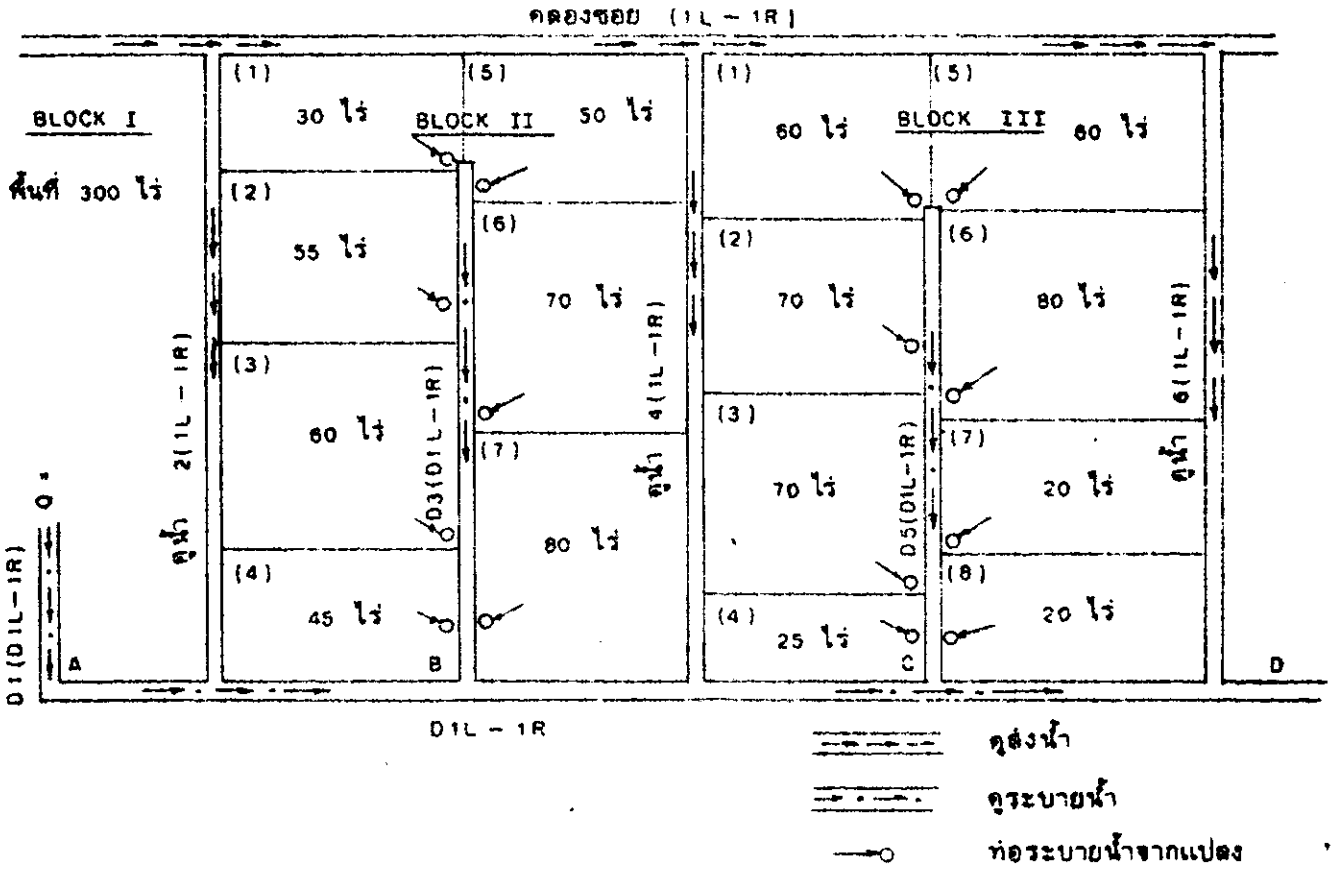
Projects	Sources of Discussion	Methodology	Drainage Modulus at Farm Level for area 0-2,000 rai in L/sec/rai	Drainage Modulus for Main Drain in L/sec/rai							
				For drainage area (1,000 rai)							
				2 to 5	5 to 10	10 to 20	20 to 50	50 to 100	100 to 200	200 to 500	500 to 1,000
		R = proposed daily rainfall (mm.) T = drainage time (hr.) A = drainage area (ha) $Q_1 = A_L \times q_1 = 0.0013\ A_L$ (inside L.C.) $Q_2 = 0.0013\ A_L + 0.0016\ A_o$ (L.C. + outside L.C.) A_L = Land Consolidation (L.C.) area (rai) A_o = Area outside L.C. (rai)									

Complied by Mr. Mongkol Chotisasitorn

Royal Irrigation Department.

8.4 ตัวอย่างการหาขนาดระบบระบายน้ำ

ให้หาขนาดของระบบระบายน้ำของพื้นที่ชลประทานแห่งหนึ่ง (ดังรูปที่ 8.1) ซึ่งอยู่ในเขตโครงการเจ้าพระยา



รูปที่ 8.1 แบบแสดงตัวอย่างระบบระบายน้ำในแปลงนา

จากตารางที่ 8.6 สำหรับโครงการเจ้าพระยา

พื้นที่ระหว่าง 0 - 2000 ไร่ สปส. การระบายน้ำ = 0.85 ลิตร/วินาที/ไร่

พื้นที่ 2000 - 5000 ไร่ สปส. การระบายน้ำ = 0.77 "

สำหรับแปลงนาใน Block II

ปริมาณน้ำสูงสุดที่ระบายจากแปลงที่ 1 = 0.85 × 30 = 25.5 ลิตร/วินาที

แปลงที่ 2 = 0.85 × 55 = 46.8 "

แปลงที่ 3 = 0.85 × 60 = 51.0 "

แปลงที่ 4 = 0.85 × 45 = 38.3 "

แปลงที่ 5 = 0.85 × 50 = 42.5 "

แปลงที่ 6 = 0.85 × 70 = 59.5 "

แปลงที่ 7 = 0.85 × 80 = 68 "

รวมปริมาณน้ำสูงสุดที่ต้องระบายจาก Block II = 331.6 "

≈ 332 "

ขนาดของคูระบายน้ำ D3(D1L-1R) จะค่อย ๆ ใหญ่ขึ้นจากต้นคูไปยังปลายคู ตามปริมาณน้ำที่ไหลลง

ปริมาณน้ำสูงสุดที่ต้องระบายจาก Block I = 0.85 × 300 ลิตร/วินาที

= 255 "

ปริมาณน้ำสูงสุดที่ต้องระบายจาก Block III = 0.85 × 405 ลิตร/วินาที

= 344 "

∴ ขนาดของคลองระบายน้ำ D1L-1R

ช่วง AB = 255 ลิตร/วินาที

ช่วง BC = 255 + 332 = 587 "

ช่วง CD = 587 + 344 = 931 "

8.5 เอกสารอ้างอิง

1. **Fukuda**, H and H. Tsutsui (1973), Rice Irrigation in Japan, Overseas Technical Cooperation Agency, Tokyo.

2. วราวุธ วุฒิวณิชย์ (2525). เอกสารประกอบการสอนวิชา วศ.ชป. 425 (การออกแบบระบบชลประทานบนแปลงเพาะปลูก). ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บทที่ 9

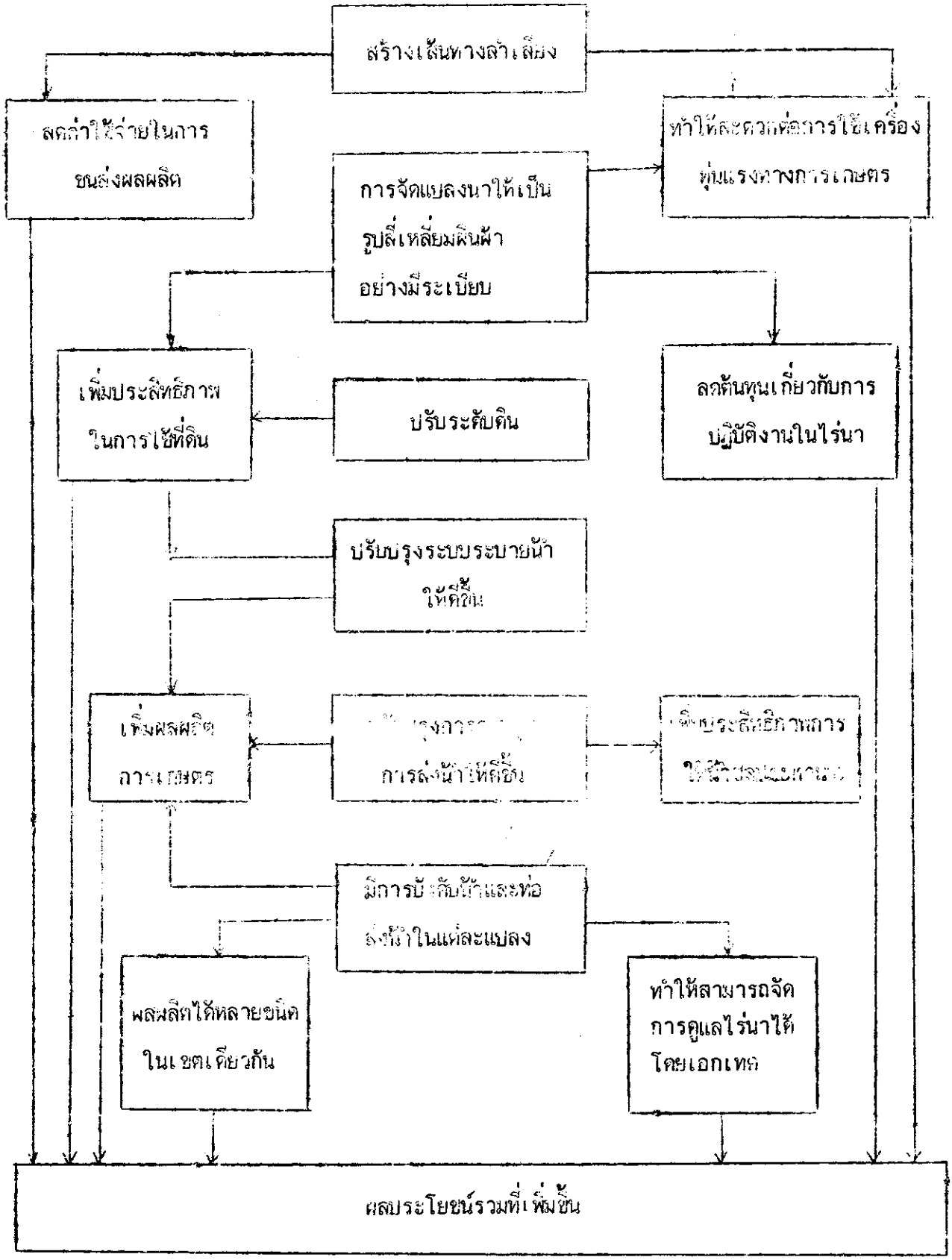
การออกแบบระบบชลประทานในแปลงเพาะปลูก

9.1 คำนำ

ระบบแจกจ่ายน้ำในแปลงเพาะปลูกซึ่งเป็นงานขั้นสุดท้ายที่ทำหน้าที่รับน้ำจากคลองส่งน้ำไปสู่พืชถือว่าเป็นงานที่สำคัญไม่ยิ่งหย่อนกว่าระบบส่งน้ำใหญ่หรือระบบคลองเลย การพัฒนาทางการเกษตรเพื่อเพิ่มผลผลิตจะบรรลุเป้าหมายที่วางไว้หรือไม่ขึ้นอยู่กับระบบแจกจ่ายน้ำ จะทำหน้าที่ในการกระจายน้ำไปสู่พืชได้อย่างเพียงพอทันกับความต้องการและอย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่ การที่ระบบแจกจ่ายน้ำจะทำหน้าที่นำน้ำไปสู่พืชได้อย่างสมบูรณ์แบบมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับความสำเร็จในการวางแผน ออกแบบ และการบริหารงานส่งน้ำ ซึ่งการจะดำเนินงานทั้งสามขั้นตอนดังกล่าวให้ประสบความสำเร็จเป็นเรื่องที่ไม่ยากนักแต่ก็ไม่ง่าย ทั้งนี้ทั้งนั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบสำคัญ 3 ประการคือ องค์ประกอบทางด้านวิศวกรรม ทางด้านเกษตรและทางด้านเศรษฐกิจ-สังคม ตามที่ได้กล่าวมาแล้ว เนื่องจากงานพัฒนาระบบชลประทานในระดับแปลงนามีความเกี่ยวพันกับองค์ประกอบต่าง ๆ อย่างมากมาก โดยเฉพาะตัวเกษตรกรซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุด ทำให้การชลประทานในระดับแปลงนามีลักษณะเฉพาะตัวเกษตรกรซึ่งต่างกับงานวิศวกรรมในสาขาอื่น จึงจำเป็นจะต้องมีการศึกษา วิจัย รวบรวมข้อมูลและประสบการณ์สำหรับในแต่ละแห่งแต่ละที่เป็นราย ๆ ไป จึงจะทำให้การชลประทานในระดับแปลงนาประสบผลสำเร็จได้

9.2 ลักษณะของระบบชลประทานในแปลงเพาะปลูก

ลักษณะของระบบชลประทานในแปลงเพาะปลูกที่สมบูรณ์แบบจะต้องประกอบด้วย ระบบคูน้ำ ซึ่งสามารถควบคุมการแจกจ่ายน้ำให้กับแปลงเพาะปลูกโดยตรงได้อย่างทั่วถึงทุกแปลง ระบบระบายน้ำ ซึ่งสามารถระบายน้ำออกจากแปลงเพาะปลูกได้ทุกแปลง ระบบถนน ซึ่งสามารถใช้เป็นทางคมนาคมและทางลำเลียงเข้าถึงทุกแปลง การจัดรูปแปลง เพื่อให้เหมาะสมกับการทำการเกษตรและการชลประทาน ตลอดจนการปรับระดับพื้นที่ เพื่อให้การส่งน้ำและการแจกจ่ายน้ำชลประทานไปยังต้นพืชทำได้อย่างทั่วถึงและมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น การพัฒนาระบบชลประทานสมบูรณ์แบบดังกล่าวจะก่อให้เกิดผลดีในแง่ต่าง ๆ หลายประการ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 9.1 ทางด้านเทคนิคแล้วการจะพัฒนาระบบชลประทานที่สมบูรณ์แบบดังกล่าวไม่ใช่ของยาก



รูปที่ ๙.1 ผลประโยชน์รวมที่เกิดจากการพัฒนาการชลประทานในไร่นาและการจัดรูปที่ดิน

แต่ต้องใช้เงินมหาศาลทำให้ในบางครั้งไม่อาจทำได้

ในกรณีที่มีปัญหาเรื่องเงินลงทุนงานพัฒนาการชลประทานในระดับแปลงนา จำเป็นจะต้องลดระดับความสมบูรณ์ลงโดยการตัดทอนสิ่งที่มีความจำเป็นน้อยกว่าแต่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการนั้นสูงเช่น การปรับพื้นที่ การจัดรูปแปลงใหม่หรือแม้แต่ระบบคูส่งน้ำ ระบบระบายน้ำ และระบบถนนก็อาจต้องลดปริมาณงานลงคือ แทนที่จะให้เข้าถึงทุกแปลงโดยตรง อาจต้องให้เข้าถึงเพียงบางแปลง แต่จะต้องอยู่ในลักษณะที่แปลงซึ่งอยู่ไม่ติดกับระบบคูส่งน้ำและระบบระบายน้ำยังคงสามารถได้รับน้ำหรือระบายน้ำผ่านแปลงที่อยู่ติดกับระบบได้

สำหรับประเทศไทยได้มีการพัฒนาระบบชลประทานในแปลงเพาะปลูกมาเป็นเวลานาน โดยในระยะเริ่มแรกได้ดำเนินการในลักษณะของการจัดทำคันนา-คูน้ำ คือให้มีคันนาเพื่อเก็บน้ำฝนไว้ใช้ประโยชน์ให้มากที่สุดและให้มีคูน้ำเพื่อการชลประทานเสริม คูน้ำดังกล่าวจะวิ่งผ่านไปในพื้นที่เพาะปลูกโดยมีระยะห่างประมาณ 400-500 เมตร ส่วนระบบระบายน้ำมีแต่เพียงคลองระบายสายใหญ่เท่านั้นไม่มีคูระบาย ต่อมาเมื่อมีความจำเป็นต้องเร่งผลผลิตให้ทันกับความต้องการอย่างเร่งด่วนจึงได้มีการดำเนินการจัดรูปที่ดินซึ่งมีทั้งงานพัฒนาระบบการชลประทานในระดับแปลงนาที่สมบูรณ์แบบ (Intensive) และไม่สมบูรณ์แบบ (Extensive) ในบทนี้จะกล่าวถึงเฉพาะการออกแบบระบบชลประทานในแปลงเพาะปลูกสมบูรณ์แบบเท่านั้น และจะเน้นเฉพาะเกณฑ์การออกแบบ (Design Criteria) ที่ใช้ในการออกแบบจัดรูปที่ดินในบริเวณภาคกลาง (โครงการชลประทานเจ้าพระยา) ซึ่งถ้าผู้อ่านมีความเข้าใจในหลักการออกแบบดังที่จะกล่าวต่อไปดีก็ไม่เป็นการยากที่จะออกแบบตามเกณฑ์การออกแบบของโครงการอื่น ๆ

9.3 ขั้นตอนการดำเนินการจัดรูปที่ดิน

งานจัดรูปที่ดินเป็นงานพัฒนาการชลประทานระดับไร่นา มีขั้นตอนการดำเนินการร่วมกันหลายฝ่าย ตั้งแต่การวางแผน สำรวจ ออกแบบ ก่อสร้าง และการบริหารงานหลังจากก่อสร้างเสร็จแล้ว แต่ละขั้นตอนจะต้องสอดคล้องและต่อเนื่องกันตามลำดับ หากขาดส่วนหนึ่งส่วนใดอันเป็นข้อมูลสำหรับที่จะต้องใช้ในการทำงานขั้นต่อไปก็ไม่สามารถดำเนินการตามโครงการที่กำหนดไว้ หรืออาจทำได้แต่ก็มีอุปสรรค

ขั้นตอนการดำเนินการตั้งแต่เริ่มแรกจนเสร็จโครงการมีดังต่อไปนี้

1. วางโครงการจัดรูปที่ดินในท้องที่ต่าง ๆ และกำหนดแผนการดำเนินงาน

2. ประชุมเกษตรกรเจ้าของที่ดินว่าจะยินยอมให้จัดรูปที่ดินหรือไม่ แล้วจัดทำบันทึกไว้เป็นหลักฐาน

3. ออกประกาศกำหนดท้องที่ที่จะสำรวจเป็นเขตโครงการจัดรูปที่ดินพร้อมด้วยแผนที่สังเขปแนบท้าย

4. สำรวจข้อมูลต่าง ๆ ที่จำเป็นดังนี้

- รูปถ่ายทางอากาศ
- สำรวจตัดแก้ภาพถ่ายทางอากาศ
- สำรวจระดับและจัดทำแผนที่ภูมิประเทศ
- สำรวจแปลงกรรมสิทธิ์ที่ดินและจัดทำเป็นแผนที่
- สำรวจสมรรถนะที่ดินและจัดทำเป็นแผนที่
- สำรวจสภาวะเศรษฐกิจและสังคมก่อนการจัดรูปที่ดิน

5. ดำเนินการออกแบบดังนี้

- วางระบบชลประทานและออกแบบจัดรูปแปลงกรรมสิทธิ์ขั้นต้น
- ประชุมชี้แจงและทำความตกลงกับเกษตรกรเจ้าของที่ดิน
- แก้ไขแบบรูปแปลงกรรมสิทธิ์ขั้นต้น
- ออกแบบขั้นสุดท้าย

6. ประกาศพระราชกฤษฎีกากำหนดเขตโครงการจัดรูปที่ดิน พร้อมทั้งบัญชีรายชื่อเจ้าของที่ดินและแผนที่แนบท้าย

7. ปิดประกาศพระราชกฤษฎีกากำหนดเขตโครงการจัดรูปที่ดิน

8. ประเมินราคาที่ดิน

9. ดำเนินงานก่อสร้างดังนี้

- วางผังและให้แนวศูนย์กลางต่าง ๆ
- ให้ระดับต่าง ๆ
- ปราบพื้นที่
- สร้างทางลำเลียงในไร่นา
- ขุดคูส่งน้ำ
- ขุดคูระบายน้ำ
- ปรับระดับพื้นที่
- สร้างอาคารบังคับน้ำต่าง ๆ ในคูส่งน้ำ

10. ออกหนังสือแสดงสิทธิ์ในที่ดิน (ใหม่) ดังนี้

- รังวัดปักเขตทำแผนที่โฉนดเพื่อออกโฉนดตามผังใหม่
- เรียกหนังสือแสดงสิทธิ์ในที่ดิน (ของเดิม) พร้อมด้วยเอกสารสิทธิ์ที่เกี่ยวกับที่ดิน (ถ้ามี) เพื่อประโยชน์ในการออกโฉนดใหม่
- ออกหนังสือแสดงสิทธิ์ในที่ดิน

11. จ่ายหรือได้รับมูลค่าที่แตกต่างเป็นการทดแทน

12. จัดตั้งสมาคมผู้ใช้น้ำชลประทานเกี่ยวกับการส่งน้ำและบำรุงรักษา

13. ดำเนินงานสนับสนุนการเกษตรด้านต่าง ๆ เช่น

- การส่งเสริมการเกษตร
- การสหกรณ์
- การส่งเสริมการประมง
- สินเชื่อเพื่อการเกษตร

เป็นต้น

14. ตรวจสอบ ติดตามผลงานและประเมินผลโครงการ

15. เกษตรกรเจ้าของที่ดินจ่ายเงินคืนทุนค่าใช้จ่ายในการจัดรูปที่ดิน

ขั้นตอนในการดำเนินการดังกล่าวสามารถเขียนเป็นแผนผังง่าย ๆ ได้ ดังแสดงในรูปที่ 9.2

9.4 ข้อมูลที่ต้องใช้ในการออกแบบ

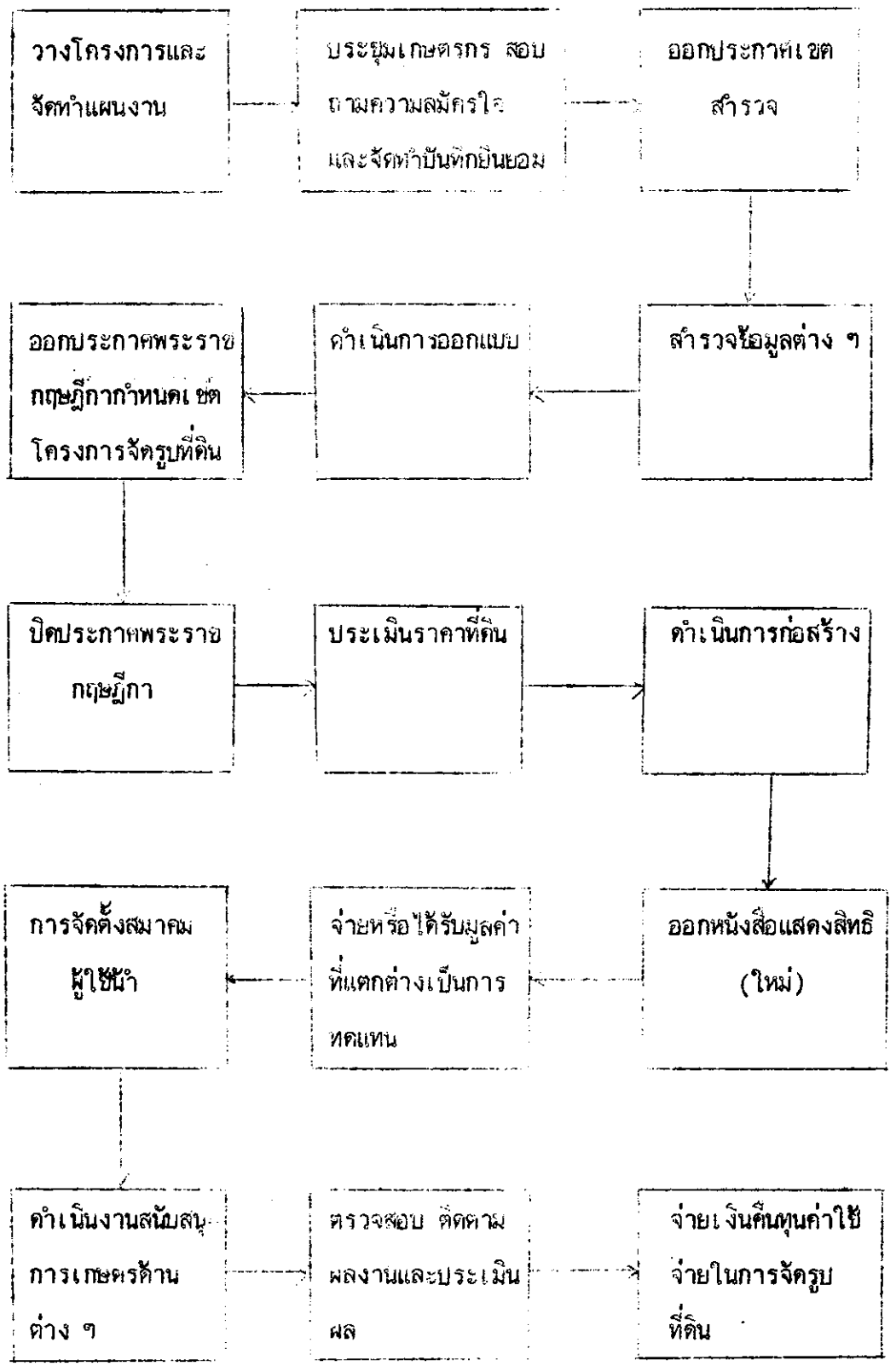
ข้อมูลที่ต้องใช้ในการออกแบบจัดรูปที่ดินประกอบด้วย

1. ผลการสำรวจรูปแปลงกรรมสิทธิ์ที่ดินเดิมจากรูปที่ดิน ซึ่งจะต้องเป็นข้อมูลที่ได้รับการตรวจสอบขนาดแปลงที่ได้จากการสอบถามและแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ (Land Balance) แล้วว่าตรงกันหรือผิดพลาดไม่เกิน 0.5 %

(1) ภาพถ่ายทางอากาศมาตราส่วน 1 : 4,000 ซึ่งลงแนวแปลงกรรมสิทธิ์ที่ดินแล้ว

(2) โอเวอร์เลย์ (Over-lay) เป็นกระดาษ Polyester ซึ่งลงแนวแปลงกรรมสิทธิ์ที่ดิน ชื่อเจ้าของที่ดิน เนื้อที่ถือครองและหมายเลขแปลง

(3) บัญชีการถือครองที่ดิน



รูปที่ 9.2 แผนผังแสดงขั้นตอนการดำเนินงานจัดรูปที่ดิน

2. ผลการสำรวจสภาพภูมิประเทศ

(1) แผนที่แสดง Spot Height & Contours ขนาดมาตราส่วน 1:4,000 ซึ่งได้จากการสำรวจภาคพื้นดินโดยการวางหมุด 40×40 ม.^{2} และลากเส้นระดับชั้นความสูงห่างกัน 0.25 เมตร

(2) รูปตัดตามยาวและรูปตัดตามขวางของคลองส่งน้ำและถนนเดิม

(3) รายละเอียดอาคารบระกอบในคลองส่งน้ำรวมทั้งท่อส่งน้ำเข้าคู

3. แบบคลองส่งน้ำจากกองออกแบบ กรมชลประทาน

4. ผลการสำรวจสมรรถนะที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดิน

9.5 เกณฑ์การออกแบบและขั้นตอนในการดำเนินการ

การออกแบบจัดรูปที่ดินจะดำเนินการตามขั้นตอนและเกณฑ์การออกแบบดังนี้

9.5.1 การวางแนวระบบชลประทาน (Layout)

การวางแนวระบบชลประทานจะต้องใช้แผนที่ระดับ (Spot-Heights & Contour Map) ซึ่งระดับเส้นชั้นความสูงห่างกัน 0.25 เมตร ประกอบกับแผนที่แปลงกรรมสิทธิ์

1. เกณฑ์ในการวางแนวระบบชลประทาน (Design Criteria for Layout)

(1) วางคูส่งน้ำและคูระบายน้ำให้ขนานกัน

(2) ระยะห่างระหว่างคูส่งน้ำและคูระบายน้ำประมาณ 200 * 250 เมตร

(3) ความยาวคูส่งน้ำไม่ควรเกิน 1.5 กิโลเมตร

(4) ในกรณีที่ระยะทางระหว่างคลองซอยและคลองระบายมีระยะทางมากกว่า 2 กิโลเมตร ควรมีคูนำน้ำ (Feeder Ditch) ระหว่างกลางของคลองทั้งสองและไม่ควรมีท่อส่งน้ำเข้านา (Farm Turnout) ออกจากคูนำน้ำ (Feeder Ditch) โดยตรง

(5) ขนาดพื้นที่รับน้ำจากคูส่งน้ำสายหนึ่ง ๆ ควรจะอยู่ระหว่าง 400 - 1000 ไร่ (ตามปกติไม่ควรเกิน 500 ไร่)

(6) แนวคูส่งน้ำและแนวคูระบายน้ำควรจะตั้งแวกกับเส้นชั้นความสูง (Contour) เพื่อให้สามารถส่งน้ำและรับน้ำได้ทั้งสองด้าน

(7) ให้มีถนนทางลำเลียงคู่ไปกับคูส่งน้ำ

(8) ถ้าคูระบายสายใหญ่ตัดผ่านพื้นที่ควรมีถนนคู่ไปกับคูระบายด้วย

(9) คูส่งน้ำ คูระบายและถนน ต้องไม่ตัดผ่านหมู่บ้าน และบ่อปลา

(10) ถ้ามีอาคารชลประทานเดิมจะต้องนำมาประกอบพิจารณาด้วย

2. ขั้นตอนการวางแนวระบบชลประทาน

(1) ระบายสีแผนที่ระดับ เพื่อให้เห็นความแตกต่างของบริเวณที่สูงและที่ต่ำได้ชัดเจน โดยใช้สีเข้มกับบริเวณที่มีระดับลุ่มและสีอ่อนกับบริเวณที่มีระดับต่ำ ในขณะระบายสีก็ควรตรวจสอบความถูกต้องของเส้นระดับชั้นความสูงเสียด้วย ถ้าเกิดสงสัยเกี่ยวกับเส้นระดับให้ส่งไปตรวจสอบในสนามเสียใหม่

(2) กำหนดแนวเขตของพื้นที่ให้ชัดเจน ถ้าเป็นไปได้ให้เลือกแนวเขตที่มีอยู่เดิมเช่น ถนน ทางน้ำ เป็นแนวเขตของพื้นที่แต่ละส่วน และจะต้องพิจารณาถึงอิทธิพลภายนอกที่จะมีผลต่อพื้นที่ที่กำลังออกแบบด้วยเช่น น้ำชลประทานที่เหลือจากเขตอื่นอาจไหลเข้ามาในเขตที่กำลังพิจารณา หรือพื้นที่นอกเขตซึ่งเคยได้รับน้ำจากพื้นที่นี้แต่เดิมก็ไม่สามารถจะตัดสิทธิ์มิให้รับน้ำ นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาถึงการขยายเขตชุมชนซึ่งอาจมีอิทธิพลต่อการกำหนดเขตโครงการด้วย

(3) วางกระดาษไขทับลงบนแผนที่ระดับ แล้วลงมือวางแนวตามเกณฑ์การวางแนวระบบชลประทานที่กำหนดไว้ สภาพภูมิประเทศนับว่าเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดในการพิจารณากำหนดแนวคูส่งน้ำและคูระบายน้ำ โดยจะต้องพยายามวางแนวคูส่งน้ำในบริเวณที่สูงและคูระบายในบริเวณที่ลุ่ม

(4) ลอกแนวคูส่งน้ำ คูระบายน้ำ และทางลำเลียงลงในแผนที่แปลงกรรมสิทธิ์ และออกไปตรวจสอบแนวกึ่งกลาง (Center Line) ในสนาม หากแนวใดไม่เหมาะสมให้ทำการแก้ไข

9.5.2 การออกแบบจัดรูปแปลงกรรมสิทธิ์ที่ดิน (Reallocation Design)

การจัดรูปแปลงใหม่ก็เนื่องจากเหตุผลที่จะแก้ไขการที่มีที่ดินแปลงเล็กแปลงน้อยกระจายอยู่โดยทั่วไป โดยการรวมแปลงใหม่และการตกแต่งรูปแปลงใหม่เพื่อให้สามารถทำการเกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1. เกณฑ์การออกแบบจัดรูปแปลงกรรมสิทธิ์ที่ดิน

(1) ที่ดินเป็นป่าน ที่สวน ที่วัด ที่สาธารณะ และที่ดินที่เจ้าของไม่ประสงค์ให้จัดรูปที่ดิน ให้คงสภาพเดิมไว้

(2) ให้กันที่ไว้เป็นที่สาธารณะ (คูส่งน้ำ คูระบายน้ำ และทางลำเลียง) โดยให้ความกว้างดังนี้

ทางลำเลียง + คูสองสาย	16.00	เมตร
ทางลำเลียง + คูหนึ่งสาย	12.00	เมตร
ทางลำเลียง หรือคูหนึ่งสาย	6.00	เมตร

ดูรายละเอียดในรูปที่ 9.3

(3) ที่ดินที่จัดให้ใหม่ ต้องมีเนื้อที่เท่ากับที่ดินเดิมสบด้วยเปอร์เซนต์ที่ดินที่กันไว้เป็นที่สาธารณะ (คูส่งน้ำ คูระบายน้ำและทางลำเลียง) และต้องไม่น้อยกว่า 93 เปอร์เซนต์ของเนื้อที่เดิม

(4) เปอร์เซนต์ที่ดินที่กันไว้เป็นที่สาธารณะ (คูส่งน้ำ คูระบายน้ำและทางลำเลียง) ให้คิดจากเนื้อที่ที่จะจัดแปลงใหม่ทั้งหมด แปลงใดที่จัดรูปที่ดินมากกว่า 70 เปอร์เซนต์ ให้คิดจากเนื้อที่เต็มแปลง แปลงใดที่จัดรูปที่ดินน้อยกว่า 30 เปอร์เซนต์ ให้คิดจากเนื้อที่ที่จะจัดรูปเท่านั้น

(5) ที่ดินที่จัดให้ใหม่ต้องไม่ทับที่ดินเดิมหรือใกล้เคียงที่ดินเดิมเท่าที่สามารถจะทำได้ โดยแปลงที่จัดใหม่ทั้งหมดต้องทับที่ดินเดิมประมาณ 50 เปอร์เซนต์

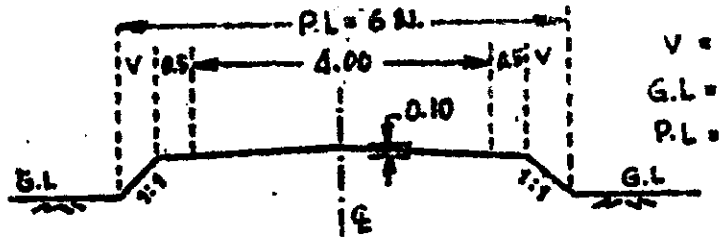
(6) แปลงจัดให้ใหม่ต้องมีส่วนหนึ่งติดทั้งทางลำเลียง คูส่งน้ำ และคูระบายน้ำ

(7) รูปแปลงที่จัดให้ใหม่ต้องเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า หรืออย่างน้อยสองด้านขนานกัน

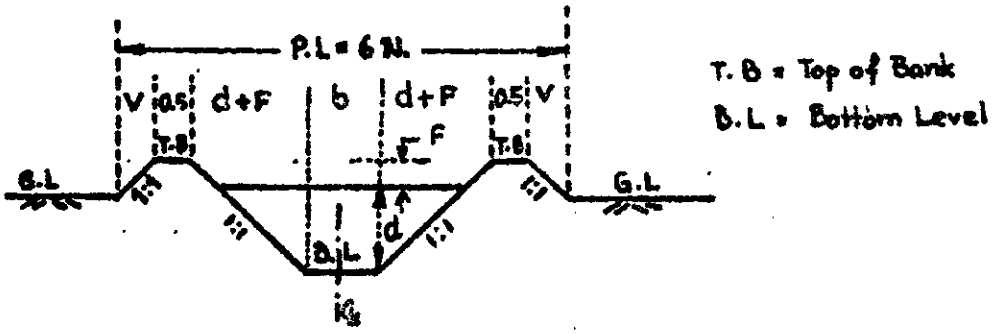
(8) ขนาดของแปลงกรรมสิทธิ์ใหม่จะต้องไม่เล็กกว่า 40×100 ม.^{2} (2.5 ไร่) นอกจากแปลงที่มีพื้นที่น้อยกว่า 2.5 ไร่

(9) กรณีเจ้าของที่ดินมีที่ดินหลายแปลงอาจจัดรวมกันได้ หากได้รับความยินยอมสับเปลี่ยนกันกับเจ้าของที่ดินแปลงข้างเคียง

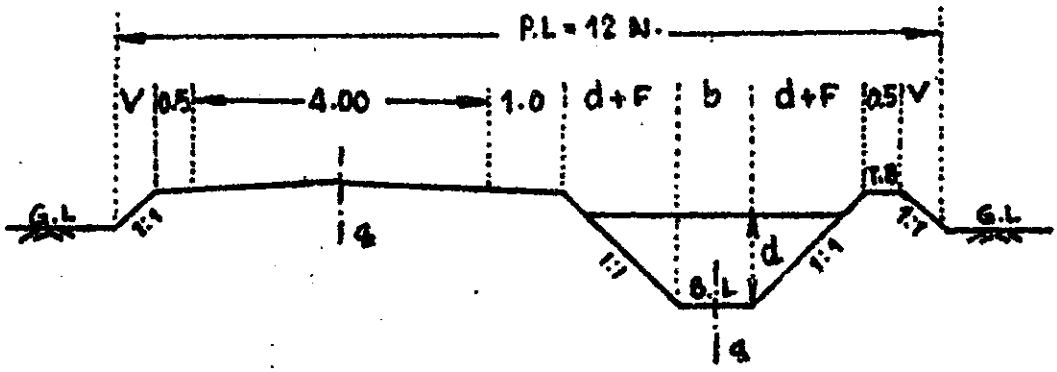
(10) ที่ดินที่จัดให้ใหม่นี้จะต้องได้รับการยินยอมจากเจ้าของที่ดินทุกราย



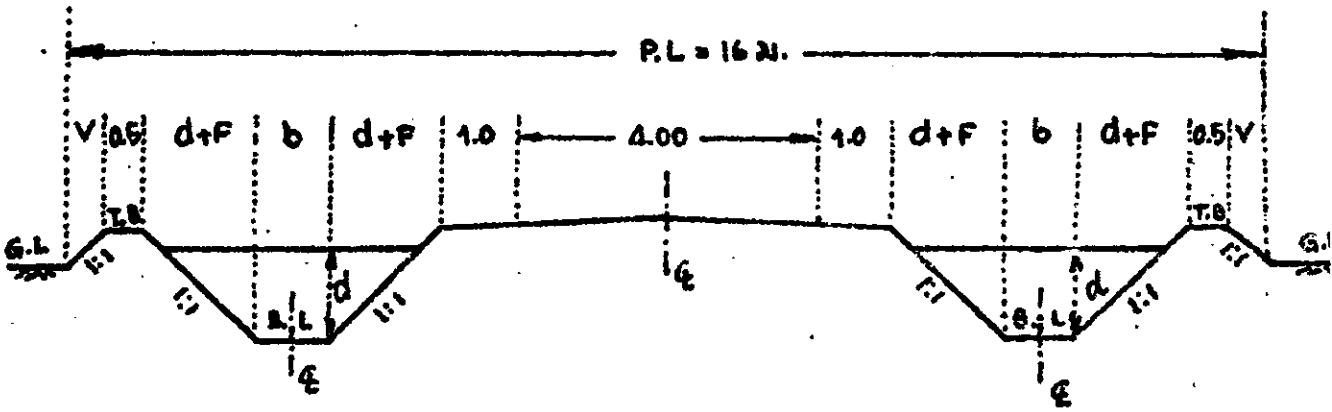
(1) รูปตัดทางลำเลียง (Type A)



(2) รูปตัดคูส่งน้ำและคูระบายน้ำ (Type B)



(3) รูปตัดทางลำเลียงและคูน้ำ 1 สาย (Type C)



(4) รูปตัดทางลำเลียงและคูน้ำ 2 สาย (Type D)

รูปที่ 9.3 รูปตัดมาตรฐานทางลำเลียง คูส่งน้ำและคูระบายน้ำ ที่ใช้ในโครงการเจ้าพระยา

2. ขั้นตอนการออกแบบจัดรูปแปลงกรรมสิทธิ์

การออกแบบจัดรูปแปลงกรรมสิทธิ์ที่ดินมีงานที่ต้องดำเนินการดังนี้

ก. งานออกแบบจัดรูปแปลงกรรมสิทธิ์ขั้นต้น

(1) หาพื้นที่รวมทั้งหมดของบริเวณที่จะจัดรูป

(2) หาพื้นที่ที่จะกันไว้เป็นที่สาธารณะ เช่น คูส่งน้ำ คูระบายน้ำ และทางลำเลียง

(3) คำนวณเนื้อที่แปลงกรรมสิทธิ์ที่ดินใหม่

(4) จัดทำบัญชีรายชื่อเกษตรกรผู้มีที่ดินเกิน 50 เปอร์เซนต์ที่อยู่ระหว่างคูส่งน้ำและคูระบายแต่ละคู่ (SUB-BLOCK) และให้พิจารณาผู้มีที่ดินน้อยกว่า 50 เปอร์เซนต์ แต่ประสงค์จะให้จัดที่ดินของตนลงใน SUB-BLOCK นั้น เนื่องจากมีบ้านหรือสวนอยู่ใน SUB-BLOCK นั้นด้วย

(5) หาพื้นที่ของ SUB-BLOCK ในแผนที่

(6) จัดรูปแปลงกรรมสิทธิ์ที่ดินในแต่ละ SUB-BLOCK ตามบัญชีรายชื่อในข้อ 4 ถ้าพื้นที่ตามบัญชีรายชื่อเกษตรกรที่อยู่ใน SUB-BLOCK ไม่พอดีกับพื้นที่จริงของ SUB-BLOCK ก็ให้พิจารณาแบ่งพื้นที่ส่วนที่เกินหรือขาดกับ SUB-BLOCK ข้างเคียง

(7) ตรวจสอบดูว่าผลรวมของพื้นที่ถือครองแต่ละรายเมื่อรวมพื้นที่สาธารณะประโยชน์ทั้งหมดเท่ากับพื้นที่ทั้งหมดที่จะจัดรูปหรือไม่

ข. งานประชุมชี้แจงและทำความตกลงกับเจ้าของที่ดิน

การประชุมชี้แจงและทำความตกลงกับเจ้าของที่ดินนี้ต้องออกไปชี้แจงเจ้าของที่ดินเรื่องการโยกย้าย การเปลี่ยนแปลงรูปแปลง เพื่อให้เจ้าของที่ดินยอมรับสภาพการจัดรูปแปลงกรรมสิทธิ์ใหม่ ต้องดำเนินการดังนี้

(1) ทำแผนการนัดประชุมเจ้าของที่ดิน

(2) ทำบัญชีรายชื่อเจ้าของที่ดินแยกตามหมู่บ้าน

(3) ทำเรื่องแจ้งสำนักงานจัดรูปที่ดินจังหวัด

(4) เตรียมแผนที่รูปแปลงใหม่กับรูปแปลงเดิม

ค. งานแก้ไขแบบรูปแปลงกรรมสิทธิ์ขั้นต้น หลังจากพบเกษตรกร

ง. งานออกแบบรูปแปลงกรรมสิทธิ์ขั้นสุดท้าย

9.5.3 การหาระดับน้ำในคลองส่งน้ำตรงจุดที่ผันน้ำเข้าคูส่งน้ำ

ระดับน้ำในคลองตรงบากปูจะหาได้จากแบบคลองส่งน้ำ อย่างไรก็ตามการส่งน้ำจริง ๆ ในโครงการอาจต่างไปจากแบบที่ออกไว้ตั้งแต่เริ่มโครงการ จึงควรจะได้นำเอาข้อมูลที่บันทึกการไหลของน้ำผ่านอาคารต่าง ๆ เช่น ประตูระบายกลางคลอง ปลายคลอง ตลอดจนอาคารบังคับน้ำต่าง ๆ มาร่วมพิจารณาด้วย โดยการคำนวณระดับน้ำ (Back Water Curve) โดยใช้วิธีคำนวณเป็นขั้น ๆ โดยตรง (Direct Step Method) หรือวิธีพาราโบล่า (Parabola Method)

1. วิธีคำนวณเป็นขั้น ๆ โดยตรง (Direct Step Method)

วิธีนี้เป็นวิธีการคำนวณระดับน้ำ (Backwater Curve) อย่างง่าย ๆ และเป็นที่นิยมใช้โดยทั่ว ๆ ไป การคำนวณจะเริ่มจากจุดที่รู้ค่าระดับน้ำแล้วจึงสมมุติระดับน้ำทางด้านเหนือน้ำของจุดที่รู้ค่า หลังจากนั้นจึงคำนวณหาค่าระยะทางระหว่างจุดที่รู้ค่ากับจุดที่สมมุติใหม่โดยใช้สมการสมดุลย์ของพลังงาน (Energy Equation) ดังแสดงในรูปที่ 9.4

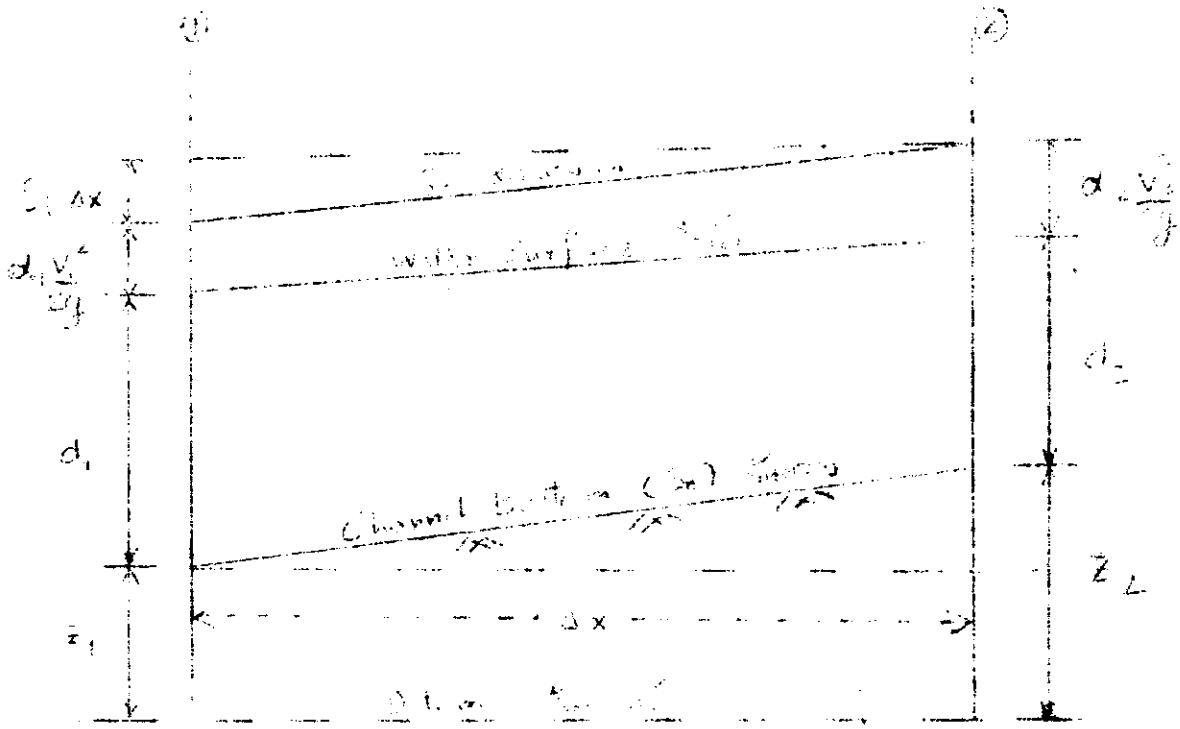
จากรูปที่ 9.4 ตามหลักความสมดุลย์ของพลังงานจะได้ว่า

$$\Delta\hat{x} = \frac{(d_1 + \alpha_1 \frac{v_1^2}{2g}) - (d_2 + \alpha_2 \frac{v_2^2}{2g})}{S_o - S_f} \qquad (9.1)$$

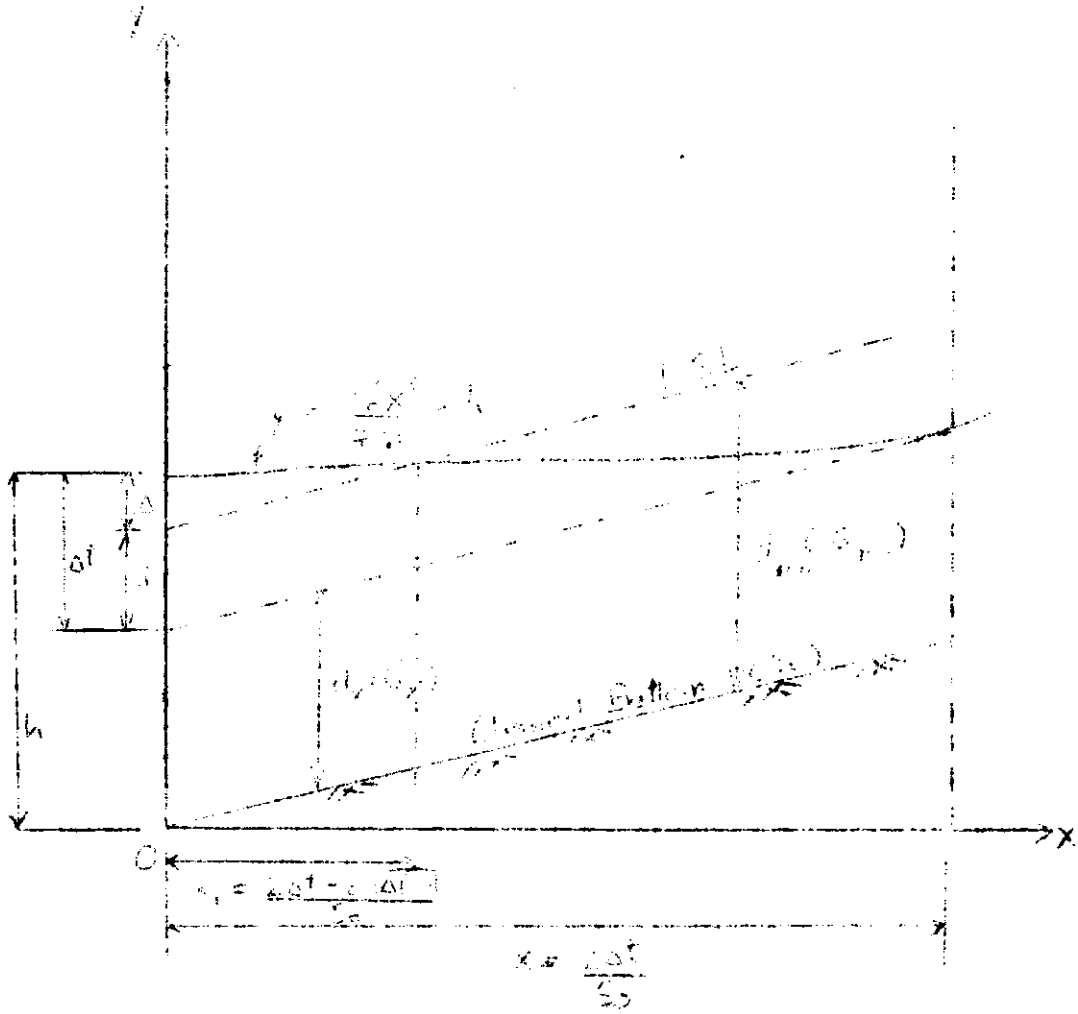
เมื่อ α_1 และ α_2 = สัมประสิทธิ์ของพลังงาน (Energy Coefficient)

2. วิธีพาราโบล่า (Parabola Method)

โดยวิธีนี้จะสมมติว่าเส้นระดับน้ำ (Backwater Curve) มีลักษณะเป็นโค้งพาราโบล่า ซึ่งลากออกไปสัมผัสกับผิวน้ำที่ไหลแบบสม่ำเสมอ (Uniform Flow) เมื่อน้ำไหลไม่เต็มที่ตามที่ออกแบบไว้ (Partial Supply) ดังแสดงในรูปที่ 9.5



รูปที่ 9.4 ไดอะแกรมการคำนวณระดับน้ำโดยวิธีคิดเป็นขั้น ๆ โดยตรง



เมื่อ $d_x(Q_x)$ = ความลึกของน้ำ เมื่อ Q เท่ากับ x % ของที่ F.S.L.

$d_{100}(Q_{100})$ = ความลึกของน้ำ เมื่อ Q เท่ากับ 100 % ของที่ F.S.L.

Δ Δt_1 ได้ x_1, x_2, y มีหน่วยเป็นเมตร

รูปที่ 9.5 ไดอะแกรมแสดงการคำนวณระดับน้ำโดยวิธีพาราโบล่า

9.5.4 การออกแบบคูส่งน้ำ ฤระบาย และทางลำเลียง

ในการออกแบบคูส่งน้ำ ฤระบายน้ำ และทางลำเลียง วิศวกรผู้ออกแบบจะต้องถามตัวเองอยู่เสมอว่า ได้ออกแบบตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการแล้วหรือไม่เช่น การออกแบบคูส่งน้ำให้มีระดับน้ำอยู่ต่ำมาก ๆ อาจจะประหยัดและมีความเหมาะสมดีในแง่ยลศาสตร์การไหลของน้ำ แต่ไม่มีประโยชน์ในแง่ของการส่งน้ำชลประทาน

(1) เกณฑ์การออกแบบคูส่งน้ำ

1. ค่าอัตราการใช้ 0.21 ลิตร/วินาที/ไร่ หรือ 11.3 ม./วัน

2. ค่าอัตราการไหลของน้ำในคูส่งน้ำต้องเป็นค่าที่มีค่าเท่ากับ 30 ลิตร/วินาที เช่น 30, 60, 90, ... ลิตร/วินาที

3. ความกว้างก้นคูส่งน้ำต้องใช้ 50 ซม. เป็นอย่างต่ำ และลาดด้านข้างเท่ากับ 1:1

4. ใช้สูตร Manning $V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$ ในการคำนวณขนาดรูปตัดคูส่งน้ำ

5. Km คือค่า $\frac{1}{n}$ ใช้ 20

6. ค่าความลาดเทก้นคู (S) ใช้ระหว่าง 20 ซม./กม. ถึง 150 ซม./กม.

7. ระดับ F.S.L. ของคูส่งน้ำควรสูงกว่าระดับคันเฉลี่ยในแปลงนาประมาณ 20 ซม. และต้องมีลาดเทเข้ากับสภาพภูมิประเทศ

8. ระดับ F.S.L คูส่งน้ำที่ท้ายอาคารบังคับน้ำปากคูส่งน้ำ (CHO) ต้องต่ำกว่า F.S.L ในคลองส่งน้ำไม่น้อยกว่า 15 ซม.

9. ระดับหลังคันคูส่งน้ำ (Topbank) ต้องสูงกว่า F.S.L ไม่น้อยกว่า 30 ซม.

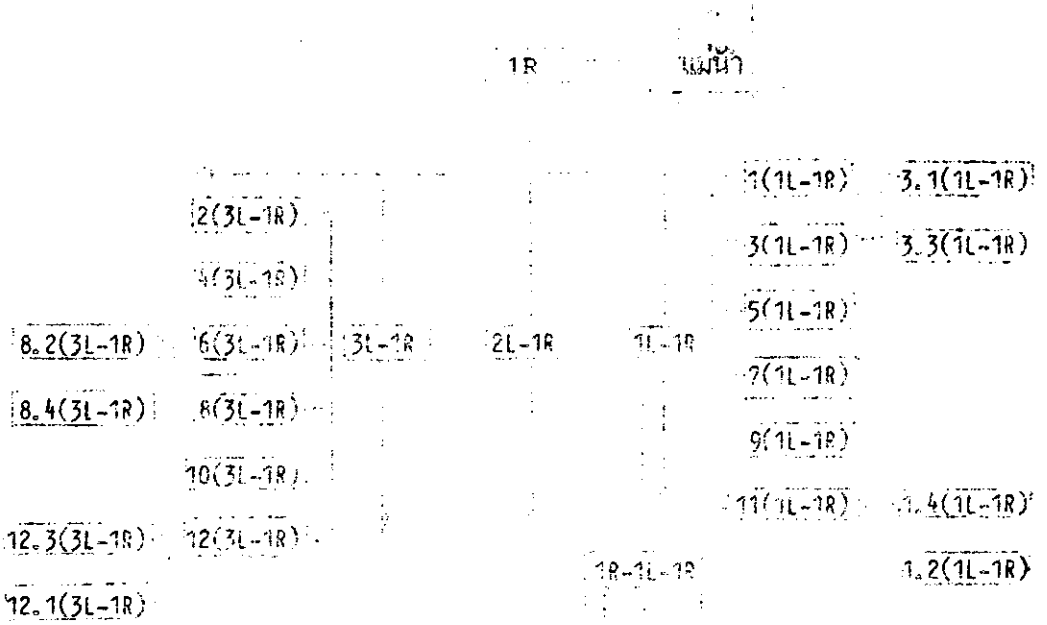
10. แนวทางลำเลียงที่ขนานกับคูส่งน้ำต้องดูทางฝั่งที่มีจำนวนแปลงน้อย

11. คูส่งน้ำแยกซอยที่มีเนื้อที่ไม่เกิน 50 ไร่ ให้ใช้ความจุ 30 ลิตร/วินาที และใช้ท่อส่งน้ำเข้าคูแยกซอย (Ditch Inlet) เป็นอาคารบังคับน้ำปากคู ถ้าเนื้อที่เกิน 50 ไร่ ให้ใช้ความจุเท่ากับคูส่งน้ำสายใหญ่และใช้อาคารแบ่งน้ำ (Division Box) เป็นอาคารบังคับน้ำ

12. กม. 0+000 ให้เริ่มจากเขตชลประทานและ กม. สุดท้าย ให้สุดที่แนวรับน้ำของคลองสุดท้าย

13. ชื่อคูส่งน้ำให้ใช้เป็นตัวเลข โดยคูส่งน้ำที่อยู่ทางฝั่งซ้ายของคลองส่งน้ำทันหน้าไปตามทิศทางการไหลของน้ำ ใช้เลขที่ เริ่มตั้งแต่ 1, 3, 5, ... คูส่งน้ำที่อยู่ทางฝั่งขวาของคลองส่งน้ำใช้เลขคู่ เริ่มตั้งแต่ 2, 4, 6, ... แล้วเขียนตามด้วยวงเล็บชื่อคลองส่งน้ำที่คูส่งน้ำนั้นรับน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 9.6

สำหรับคูส่งน้ำแยกออกใช้หลักเกณฑ์เดียวกัน โดยแยกจากคูส่งน้ำสายใดให้ใช้ตัวเลขจากคูส่งน้ำสายนั้น ๆ แล้วตามด้วยตัวเลขหลังจุดทศนิยมเช่น 1.1 (1L - 1R) คูส่งน้ำแยกย่อยสายแรกอยู่ทางฝั่งซ้ายของคูส่งน้ำสายแรกซึ่งอยู่ทางฝั่งซ้ายของคลองส่งน้ำ 1L - 1R



รูปที่ 9.6 เกณฑ์การจัดชื่อระบบคูส่งน้ำ

(2) เกณฑ์การออกแบบทางลำเลียง

1. ระดับหลังทางลำเลียงต้องสูงกว่าระดับ F.S.L ของคูส่งน้ำ 40 ซม.

2. ระดับหลังทางลำเลียงให้แสดงในแบบรูปตัดตามยาวคูส่งน้ำเท่านั้น

3. ระดับหลังทางลำเลียงต้องสูงกว่าระดับดินโดยเฉลี่ยประมาณ 60 ซม.

4. ทางลำเลียงที่เชื่อมต่อไปในแนวเดียวกับคูส่งน้ำให้แสดงต่อจากรูปตัดตามยาวคูส่งน้ำ ส่วนทางลำเลียงเชื่อมต่อนอกเหนือไปจากนี้ให้แสดงไว้ต่างหาก

5. ทางลำเลียงที่ใช้ถนนเดิมไม่ต้องแสดงในรูปตัดตามยาวคูส่งน้ำ

6. ทางลำเลียงต้องเชื่อมต่อกันตลอดการ

7. รูปตัดมาตรฐานของทางลำเลียงในไร่นา แสดงไว้ในรูปที่ 9.3

(3) เกณฑ์การออกแบบคูระบายน้ำ

1. ค่าโมดุลัสอัตราการระบายน้ำใช้ 0.85 ลิตร/วินาที/ไร่ สำหรับพื้นที่ระบายน้ำน้อยกว่า 2,000 ไร่ และใช้ 0.77 ลิตร/วินาที/ไร่ สำหรับพื้นที่ระบายน้ำตั้งแต่ 2,000 - 5,000 ไร่

2. ความจุของน้ำในคูระบายน้ำต้องเป็นค่าที่คูณของ 85 ลิตร/วินาที เช่น 85, 170, 255, ... ลิตร/วินาที

3. ความกว้างก้นคูระบายน้ำต้องใช้ 50 ซม. เป็นอย่างต่ำ และลาดด้านข้างเท่ากัน

4. ใช้สูตร Manning $V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$ ในการคำนวณขนาดรูปตัดคูระบายน้ำ

5. Km คือค่า $\frac{1}{n}$ ใช้ 40

6. ค่าความลาดเทก้นคู (S) ใช้ระหว่าง 20 ซม./กม. ถึง 150 ซม./กม.

7. ระดับระบายน้ำสูงสุด (FSL) ควรอยู่ต่ำกว่าระดับดินเฉลี่ยประมาณ 10 ซม. และควรสูงกว่าระดับระบายน้ำสูงสุดในคลองระบายน้ำ

8. ระดับหลังก้นคูระบายน้ำ (Top bank) ต้องสูงกว่าระดับระบาย

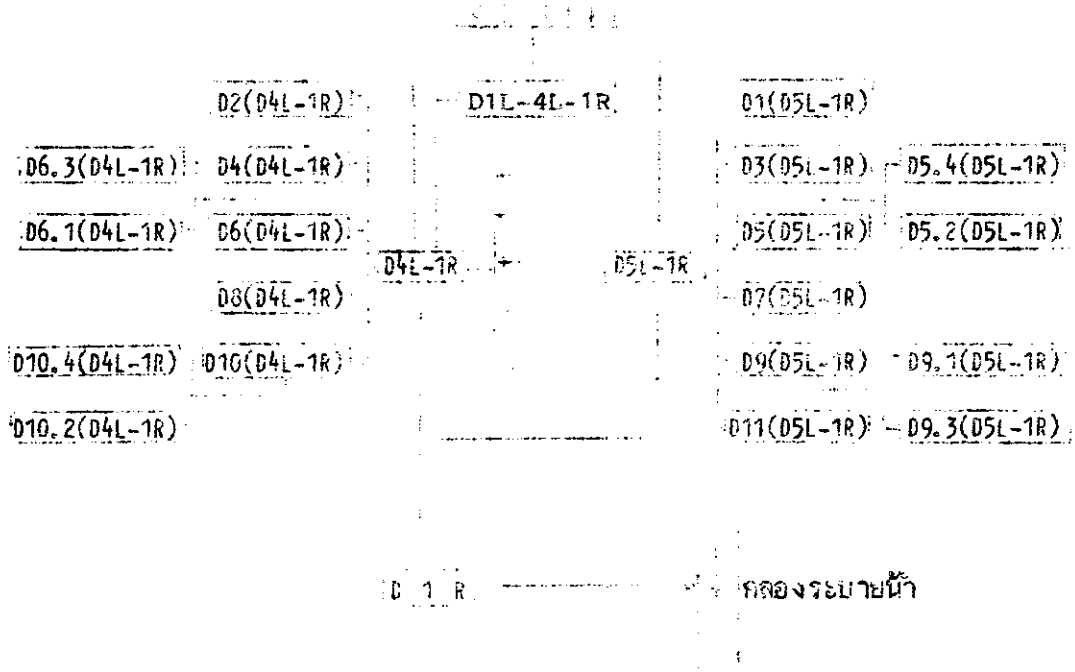
น้ำสูงสุดไม่น้อยกว่า 40 ซม. และของห้องสูงกว่าระดับผิวดินโดยเฉลี่ย 20 ซม. เป็นอย่างน้อย

9. ไม่ต้องใส่อาคารบังคับน้ำและช้างลง

10. กม. 04000 เริ่มจากเขตแปลงที่ระบายน้ำแปลงแรกและ กม. สุดท้ายให้ถูกที่คลองระบายน้ำ

11. ห้องเปลี่ยน Section ทุก ๆ ค่าของปริมาณน้ำที่เพิ่มทุก ๆ 85 ลิตร/วินาที

12. ชื่อคูระบายน้ำใช้เหมือนเกณฑ์การให้ชื่อคูส่งน้ำ โดยใช้อักษร D เติมไว้ข้างหน้าตัวเลขชื่อคูระบายน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 9.7



รูปที่ 9.7 เกณฑ์การเรียกชื่อระบบคูระบายน้ำ

(4) ขั้นตอนการออกแบบคูส่งน้ำ, คูระบายน้ำ และทางลำเลียง

1. กำหนดขอบเขตของคูส่งน้ำ, คูระบายน้ำ และทางลำเลียง จากแบบรูปแปลงกรรมสิทธิ์ที่ผ่านการพิจารณาแล้ว

2. กำหนดที่ตั้งคูส่งน้ำและคูระบายน้ำตามเกณฑ์ในรูปที่ 9.6 และ 9.7

3. คำนวณพื้นที่รับน้ำของคูส่งน้ำและพื้นที่ระบายน้ำของคูระบายน้ำแต่ละสาย

4. เลือกระดับหน้าตัดเพื่อออกแบบคูส่งน้ำและคูระบายน้ำแต่ละสาย

5. คำนวณปริมาณน้ำของคูส่งน้ำและคูระบายน้ำแต่ละสาย

6. คำนวณมิติต่าง ๆ ของคูส่งน้ำและคูระบายน้ำ เพื่อความสะดวกจะหาขนาดได้จากตารางที่ 9.1 และ 9.2

7. กำหนดความลาดเอียงตามยาวของคูส่งน้ำ

8. คำนวณและกำหนดที่ตั้งของอาคารประกอบในคูส่งน้ำและคูระบายน้ำ โดยใช้สัญลักษณ์ดังในรูปที่ 9.8 (รายละเอียดการออกแบบในหัวข้อ 9.5.5)

9. กำหนดความลาดของขอบข้างคูน้ำและคันคู

9.5.5 การออกแบบอาคารประกอบต่าง ๆ ในคูน้ำ

การที่คูส่งน้ำ คูระบายน้ำ จะทำหน้าที่ดังกล่าวได้อย่างสมบูรณ์จะต้องมีอาการประกอบต่าง ๆ เพื่อทำหน้าที่ควบคุมและส่งผ่านน้ำเช่น อาคารควบคุมน้ำปากคู (Turnout) เพื่อควบคุมปริมาณน้ำที่จะไหลเข้าคู ท่อส่งน้ำเข้าแปลง (Farm Turnout) เพื่อควบคุมปริมาณน้ำที่จะไหลเข้าแปลงนา อาคารยกน้ำ (Check) เพื่อยกน้ำในคูให้สูงถึงระดับที่ต้องการเพื่อส่งเข้าแปลง ท่อลอด (Culvert) เพื่อส่งผ่านน้ำตรงบริเวณที่คูน้ำตัดผ่านทางลำเลียง (Farm Road) อาคารแบ่งน้ำ (Division Box) เพื่อจัดแบ่งน้ำในคูสายซอยและสายประธาน และอาคารน้ำตก (Drop) ตรงบริเวณที่มีการลดระดับพื้นทางน้ำ ในการออกแบบจะต้องทำการกำหนดจุดที่ตั้งของอาคารเหล่านี้ตามความจำเป็น คำนวณหามิติและระดับของอาคารตลอดจนการสูญเสียพลังงานของน้ำไหลผ่านอาคารเหล่านี้เพื่อประโยชน์ในการกำหนดลาดผิวน้ำที่เหมาะสมของคูน้ำ

(1) อาคารควบคุมน้ำปากคู (Turnout)

อาคารควบคุมน้ำปากคูเป็นอาคารที่ทำหน้าที่รับน้ำจากคลองเข้าสู่คูน้ำ

ตารางที่ 9.1 ขนาดคูส่งน้ำซึ่งคำนวณโดยใช้สูตร Manning เมื่อลาดตลิ่ง 1:1 และ $\frac{1}{n} = 20$

ปริมาณน้ำ ลิตร/วินาที	ความลาดเทของคูส่งน้ำ																							
	0.2%			0.3%			0.4%			0.5%			0.6%			0.7%			0.8%			1%		
	b	d	v	b	d	v	b	d	v	b	d	v	b	d	v	b	d	v	b	d	v	b	d	v
30	0.50	0.36	0.10	0.50	0.32	0.11	0.50	0.30	0.13	0.50	0.28	0.14	0.50	0.26	0.14	0.50	0.26	0.15	0.50	0.24	0.16	0.50	0.23	0.18
60	0.50	0.51	0.12	0.50	0.46	0.14	0.50	0.43	0.15	0.50	0.40	0.16	0.50	0.39	0.18	0.50	0.38	0.19	0.50	0.36	0.20	0.50	0.34	0.21
90	0.60	0.59	0.13	0.60	0.53	0.15	0.50	0.53	0.17	0.50	0.50	0.18	0.50	0.48	0.20	0.50	0.46	0.21	0.50	0.44	0.22	0.50	0.42	0.23
120	0.60	0.68	0.14	0.60	0.62	0.16	0.60	0.57	0.18	0.50	0.56	0.19	0.50	0.54	0.21	0.50	0.53	0.22	0.50	0.51	0.24	0.50	0.48	0.25
150	0.70	0.72	0.15	0.70	0.65	0.17	0.60	0.64	0.19	0.60	0.60	0.21	0.60	0.58	0.22	0.60	0.55	0.24	0.50	0.57	0.25	0.50	0.54	0.27

หมายเหตุ b = ความกว้างของก้นคูส่งน้ำ เป็นเมตร

d = ความลึกของน้ำในคู เป็นเมตร

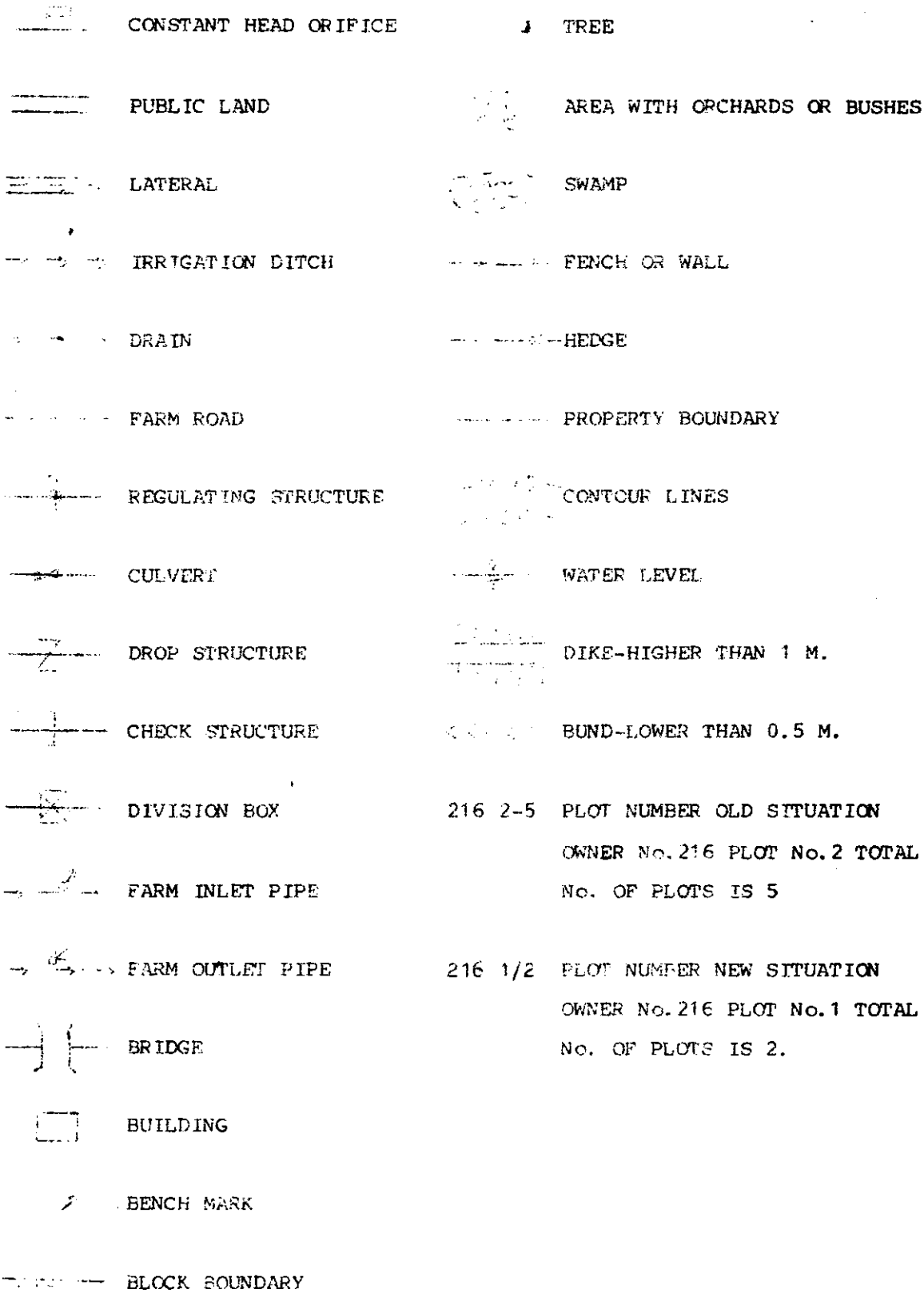
v = ความเร็วของน้ำในคู เป็นเมตร/วินาที

ตารางที่ 9.2 ขนาดคูระบายน้ำซึ่งคำนวณโดยใช้สูตร Manning เมื่อลาดตลิ่ง 1:1 และ $\frac{1}{n}$ = 20

ปริมาณน้ำ ลิตร/วินาที	ความลาดเทของคูระบายน้ำ																							
	0.2%			0.3%			0.4%			0.5%			0.6%			0.8%			1.0%			1.5%		
	b	d	v	b	d	v	b	d	v	b	d	v	b	d	v	b	d	v	b	d	v	b	d	v
85	0.50	0.43	0.21	0.50	0.39	0.25	0.50	0.36	0.28	0.50	0.34	0.30	0.50	0.32	0.32	0.50	0.30	0.36	0.50	0.28	0.39	0.50	0.25	0.44
170	0.50	0.61	0.25	0.50	0.55	0.30	0.50	0.51	0.33	0.50	0.48	0.36	0.50	0.46	0.38	0.60	0.43	0.42	0.50	0.40	0.46	0.50	0.35	0.54
255	0.60	0.70	0.28	0.60	0.63	0.33	0.60	0.59	0.36	0.50	0.59	0.39	0.50	0.57	0.42	0.50	0.52	0.47	0.50	0.50	0.52	0.50	0.44	0.60
340	0.70	0.77	0.30	0.70	0.69	0.35	0.70	0.64	0.39	0.70	0.61	0.42	0.60	0.62	0.45	0.60	0.57	0.51	0.60	0.54	0.55	-	-	-
425	0.80	0.82	0.32	0.70	0.78	0.37	0.70	0.72	0.41	0.70	0.68	0.45	0.70	0.65	0.48	0.60	0.61	0.53	0.70	0.57	0.59	-	-	-
850	1.10	1.04	0.38	1.00	0.98	0.44	0.90	0.94	0.49	0.90	0.89	0.54	0.90	0.85	0.57	-	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ b = ความกว้างของก้นคูระบาย เป็นเมตร
d = ความลึกของน้ำในคูระบาย เป็นเมตร
v = ความเร็วของน้ำในคู เป็นเมตร/วินาที

21



รูปที่ 9.8 สัญลักษณ์ในการออกแบบ

ลักษณะสำคัญของอาคารประกอบด้วย ทางรับน้ำ (Inlet) บานระบาย (Gate) ท่อส่งน้ำผ่านคันดิน (Conduit) และทางปล่อยน้ำ (Outlet Transition) ในการออกแบบสิ่งสำคัญที่จะต้องพิจารณาถึงคือ

1. <u>ความเร็วของน้ำ</u> - สำหรับอาคารซึ่งไม่มีทางปล่อยน้ำ (Outlet Transition) คอนกรีต และคูรับน้ำต่อจากอาคารเป็นคูดิน ความเร็วมากที่สุดของน้ำในท่อที่จะยอมเพื่อไม่ให้เกิดการกัดเซาะทางด้านท้ายน้ำคือ ประมาณ 1 เมตร/วินาที แต่ถ้ามีการออกแบบทางปล่อยน้ำที่เหมาะสมหรือคูรับน้ำเป็นคอนกรีต จะยอมให้ความเร็วเพิ่มขึ้นถึง 1.5 เมตร/วินาที

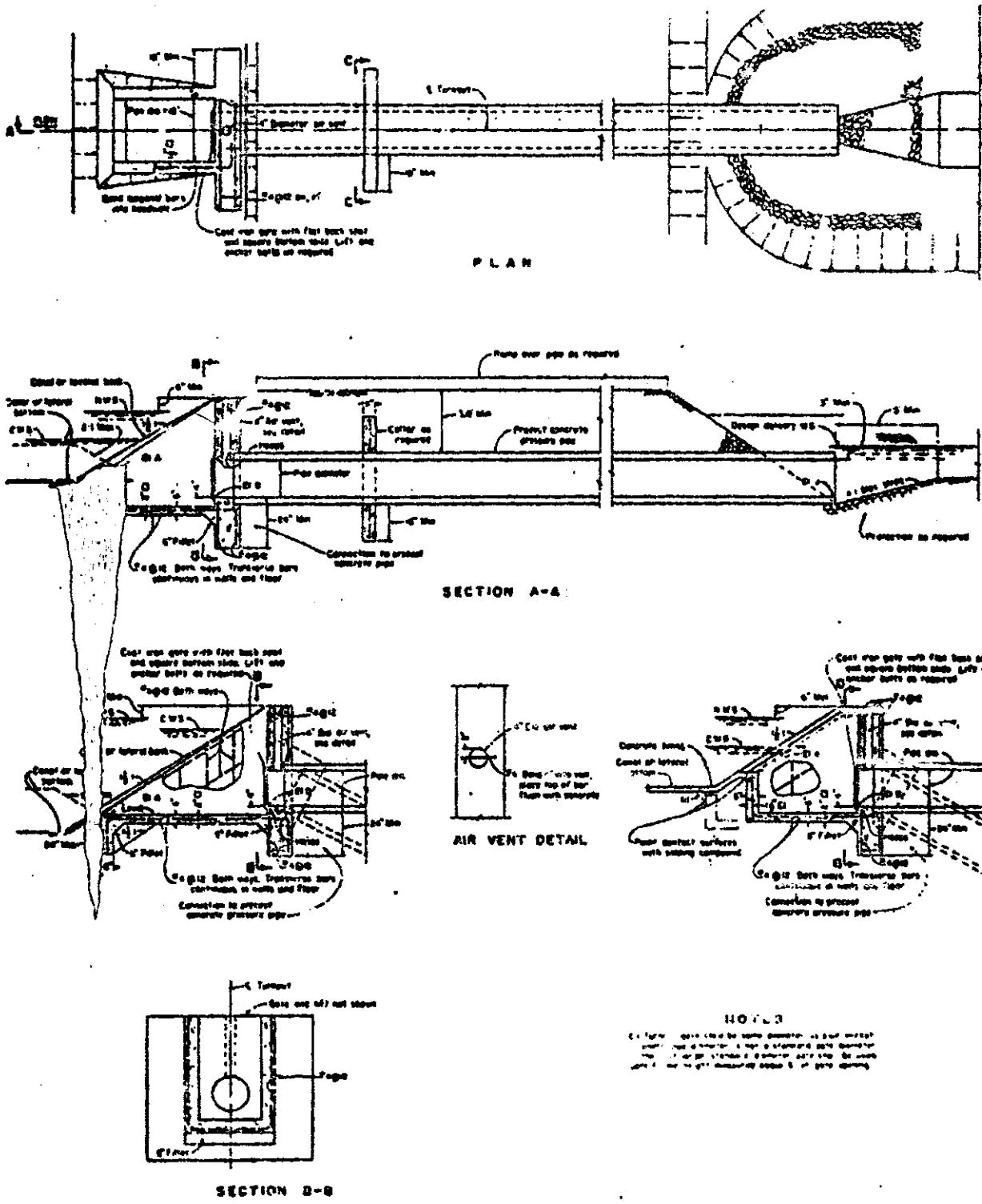
2. <u>การไหลซึมลอดใต้อาคารและความมั่นคง</u> - การออกแบบอาคารชลประทานทุกประเภทจะต้องมีการตรวจสอบความมั่นคงเนื่องจากการเลื่อนไถล (Sliding) และการลอยตัว (Floatation) และสำหรับการไหลซึมลอดใต้ฐานอาคารจะเป็นสาเหตุทำให้เกิดการกัดเซาะอนุภาคดินใต้ฐานอาคาร ซึ่งอาจจะป้องกันได้โดยการเพิ่มระยะทางที่น้ำซึมโดยการทำคอลล่าร์ (Collar) รอบท่อเป็นระยะ ๆ

3. <u>ไฮดรอลิคส์</u> - จะเกี่ยวข้องกับการสูญเสียพลังงานศักย์ระดับที่น้ำไหลผ่านอาคาร สิ่งสำคัญที่จะเป็นตัวกำหนดขนาดของการสูญเสียพลังงานศักย์คือระดับน้ำในคลองและระดับน้ำในคูตอนท้ายอาคารที่ต้องการ ถ้าหากเกิดการสูญเสียพลังงานศักย์มากเกินไปจนทำให้ระดับน้ำในคูต่ำกว่าที่ต้องการจะต้องพิจารณาลดการสูญเสียพลังงานศักย์ โดยการใช้ท่อที่มีขนาดใหญ่ขึ้น หรือโดยการยกระดับน้ำตอนท้ายอาคารด้วยอาคารอัดน้ำ และจะต้องพิจารณาถึงน้ำที่ไหลผ่านทางปล่อยน้ำ (Outlet) ด้วยว่ามีลักษณะเป็นแบบไหน ซึ่งโดยทั่ว ๆ ไปนิยมออกแบบให้เป็นแบบไหลท่วม (Submergence) เพื่อให้น้ำที่ไหลออกจากทางปล่อยน้ำมีลักษณะราบเรียบ

นอกจากนี้ยังอาจต้องคิดตั้งที่ระบายอากาศ (Air Vent) เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดสูญญากาศบริเวณท้ายน้ำของบานระบายด้วย

ก. <u>อาคารควบคุมน้ำบากูแบบวัดน้ำไม่ได้</u>

อาคารบางประเภทนี้ใช้ในกรณีที่ไม่ต้องการวัดปริมาณน้ำที่ไหลเข้าคู ซึ่งจะมีบานระบาย (Gate) เพียงบานเดียวเพื่อทำหน้าที่ปิด-เปิดน้ำที่จะไหลเข้าคู ดังแสดงในรูปที่ 9.9 อาคารลักษณะนี้บางแห่งจะเรียกว่า Ditch Off Take



รูปที่ 9.9 อาคารรับน้ำปากคูแบบวัดน้ำไม่ได้ (USER)

เกณฑ์ที่ 9 ใช้ในการออกแบบ Ditch Off Take

1. ระดับน้ำในคลองส่งน้ำเหนือยอดท่อเท่ากับ 1.75 เท่าของหลักความเร็วบวก 8 ซม. เป็นอย่างน้อย

2. สันกำแพงด้านเหนือน้ำ (Cutoff) จะต้องกว้างพอที่จะไม่ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมการไหลของน้ำผ่านอาคาร ในการนี้อาจเพิ่มความกว้างของกำแพงด้านเหนือน้ำได้โดยการออกแบบกำแพงข้างให้มีมุมล้างออกมากพอ

ตัวอย่างที่ 9.1 ให้ออกแบบอาคารรับน้ำบาดาลเพื่อรับน้ำ จำนวน 90 ลิตร/วินาที เข้าสู่คูดิน โดยไม่ต้องการให้วัชพืชไหลและไม่ต้องการทางปล่อยน้ำ (Outlet Transition) กำหนดว่าระดับน้ำในคลองส่งน้ำเท่ากับ 8.40 เมตร

เมื่อไม่มีทางปล่อยน้ำและรูรับน้ำเป็นคูดิน ความเร็วของน้ำที่ไหลออกจากท่อจะยอมให้มากที่สุดเท่ากับ 1.00 เมตร/วินาที

สมมุติว่าใช้ท่อคอนกรีตขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.40 เมตร ยาว 15 เมตร และ n = 0.013

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.09 \times 4}{\pi(0.4)^2} = 0.72 \quad \text{เมตร/วินาที}$$

V < 1 เมตร/วินาที แสดงว่าใช้ได้ ถึงแม้ว่าจะสามารถเลือกท่อที่มีขนาดเล็กกว่านี้ได้แต่ไม่ควรใช้เพราะบำรุงรักษายาก

$$h_v = \frac{V^2}{2g} = \frac{(0.72)^2}{2 \times 9.81} = 0.03 \quad \text{เมตร}$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{(0.4)^2}{4(0.4)} = 0.10 \quad \text{เมตร}$$

$$S = \left(\frac{nv}{R^{2/3}} \right)^2 = \left[\frac{0.013 \times 0.72}{(0.10)^{2/3}} \right]^2$$

$$= 0.0019 \quad \text{เมตร}$$

การสูญเสียพลังงานขณะที่น้ำไหลผ่านอาคารประกอบด้วย

- การสูญเสียพลังงานที่ทางเข้า (Entrance Loss) สมมุติว่าเท่ากับ 0.78 hv เมื่อ 0.78 คือ ส.ป.ส. การสูญเสียพลังงานที่ทางเข้า

$0.78\,hv = 0.78 \times 0.03 = 0.023$ เมตร

- การสูญเสียพลังงานในท่อ (Friction Loss)

$= 0.0019 \times 15 = 0.0285$ เมตร

- การสูญเสียพลังงานที่ทางออก (Exit Loss) สมมุติว่าเท่ากับ hv = 003 ม.

รวมการสูญเสียพลังงานทั้งหมด

$= 0.023 + 0.0285 + 0.03 = 0.08$

∴ ระดับน้ำในคูทางด้านท้ายน้ำของอาคาร $= 8.40 - 0.08$

$= 8.32$ เมตร

จากรูปที่ 9.9 กำหนดระดับ D เพื่อให้น้ำท่วมปากท่อทางด้านเหนือน้ำ อีกอย่างน้อยเท่ากับ $1.76\,hv + 0.08 = 1.78\,(0.05) + 0.08 = 0.13$ เมตร

การหาระดับ DD

	ระดับน้ำในคลองส่งน้ำ	=	8.40	เมตร
ลบ	ความลึกของน้ำที่ท่วมปากท่อ	=	- 0.13	เมตร
	ระดับสันท่อด้านบน	=	8.27	เมตร
ลบ	เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ	=	- 0.40	เมตร
	ระดับ D	=	7.78	เมตร
ลบ	10 ซม. จากรูปที่ 9.8	=	- 0.10	เมตร
∴	ระดับพื้นด้านเหนือน้ำของบานระบาย	=	7.77	เมตร

การหาระดับ A

ระดับสันกำแพงด้านเหนือน้ำ (Cutoff) หรือระดับ A จะต้องอยู่ในระดับที่จะไม่ทำให้สันกำแพงทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมการไหลของน้ำ (Control)

สมมุติว่าความกว้างของกำแพงด้านเหนือน้ำเท่ากับความกว้างของพื้นด้านเหนือน้ำ = เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ + 30 ซม. = 40 + 30 = 70 ซม.

สมมุติว่ากำแพงด้านเหนือน้ำ (Cutoff) ทำหน้าที่เหมือนฝายวัดน้ำแบบ Suppressed Rectangular Weir จะได้ว่า

$$Q = 1.838\,LH^{3/2}$$

$$H = \left[\frac{0.09}{1.838(0.7)}\right]^{2/3} = 0.17 \text{ เมตร}$$

	ระดับน้ำในคลองส่งน้ำ	=	8.40	เมตร
ลบ	H	=	- 0.17	เมตร
	ระดับ A	=	8.23	เมตร

∴ ระดับ A จะสูงสุดได้ไม่เกิน 8.23 เมตร

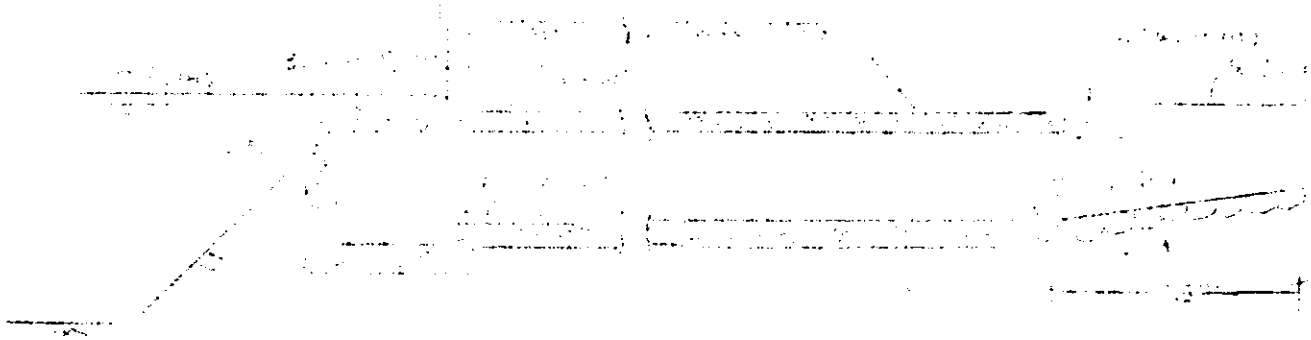
ในกรณีที่ A มีค่าน้อยเกินไปอาจจะเพิ่มได้โดยการขยายก้นฟองข้างจากจุดที่คำนวณระยะไปสู่ก้นฟองด้านเหนือน้ำด้วยมุมลาดเอียก 1:6

การหาระดับ J

ระดับ J การจะอยู่ในลักษณะที่จะทำให้น้ำท่วมปากท่อด้านท้ายน้ำอย่างน้อย 8 ซม.

	ระดับน้ำในคู	=	8.32	เมตร
ลบ	ความลึกของน้ำท่วมปากท่อ	=	- 0.08	เมตร
	ระดับสันท่อด้านบน	=	8.24	เมตร
ลบ	เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ	=	- 0.40	เมตร
	ระดับ J	=	7.84	เมตร

ระดับและขนาดของอาคารที่คำนวณได้จะแสดงไว้ในรูปที่ 9.10



รูปที่ 9.10 ระดับต่าง ๆ ของอาคารรับน้ำปากคูซึ่งรับน้ำได้ 90 ลิตร/วินาที ตามตัวอย่างที่ 9.1

ข. อาคารควบคุมน้ำบากแบบวัดน้ำได้

อาคารประเภทนี้โดยทั่ว ๆ ไปจะเรียกว่า CHO (Constant Head Orifice) ทำหน้าที่ได้ทั้งการควบคุมและวัดปริมาณน้ำที่ไหลเข้าคูน้ำ มีลักษณะพิเศษต่างจากอาคารตามแบบ ก. คือมีประตูน้ำ 2 ชั้น ชั้นแรกเรียกว่า Orifice Gate ติดตั้งอยู่ทางด้านเหนือน้ำของบ่อพักน้ำเพื่อควบคุมขนาดของช่องเปิด ชั้นที่สองเรียกว่า Turnout Gate อยู่ทางด้านท้ายน้ำของบ่อพักน้ำ ทำหน้าที่ควบคุมระดับน้ำในบ่อพักน้ำเพื่อให้เกิดความต่างระดับคงที่ ดังแสดงอยู่ในรูปที่ 9.11 และ 9.12 ในลักษณะนี้ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านอาคารจะแปรผันไปตามขนาดของช่องเปิด และความต่างระดับน้ำระหว่างในคลองและในบ่อพักน้ำ ซึ่งจะสามารถเทียบความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$Q = CA\sqrt{2gh} \qquad 9.2$$

เมื่อ Q = ปริมาณน้ำที่ไหลผ่าน, ลบ.เมตร/วินาที

C = ส.ป.ล. การไหลของน้ำผ่านอาคาร ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.65 ถึง 0.72

A = พื้นที่หน้าตัดของช่องเปิด, ต.ร.เมตร

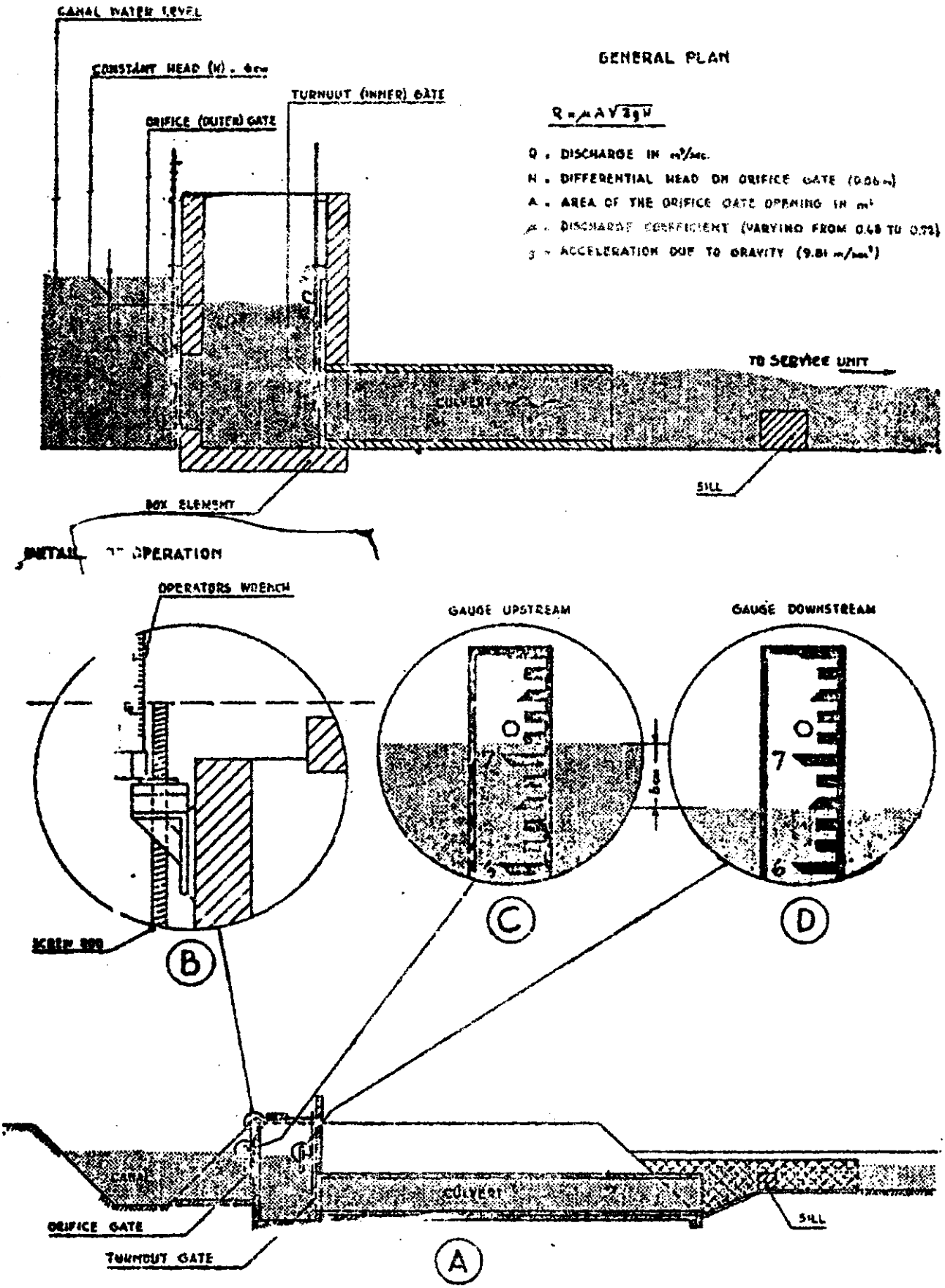
h = ความต่างระดับน้ำ เมตร โดยทั่ว ๆ ไปจะมีค่าเท่ากับ 0.06 เมตร

สำหรับ CHO มาตรฐานซึ่งมีขนาดช่องเปิด (Orifice) กว้าง 0.4 และ 0.5 เมตร และสัมประสิทธิ์การไหลของน้ำผ่านอาคารเท่ากับ 0.70 ดังที่ใช้กันโดยทั่ว ๆ ไปในโครงการชลประทานเจ้าพระยา ความสัมพันธ์ระหว่าง Q, A และ h จะแสดงไว้ในตารางที่ 9.3 และ 9.4

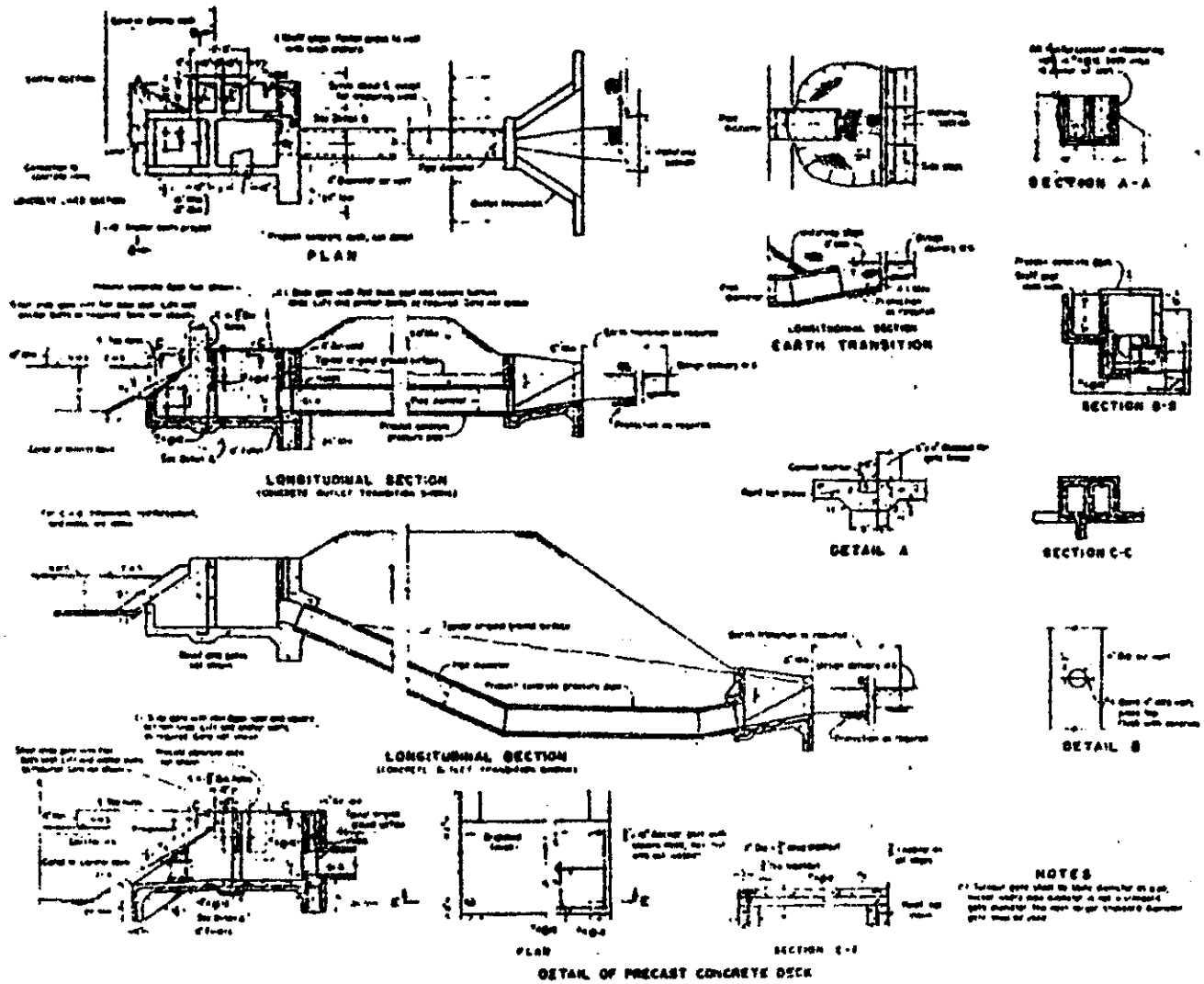
หลักที่ว่า ๆ ไปในการออกแบบ CHO

1. จากสมการที่ 9.2 จะได้ว่า $A = \frac{Q}{C\sqrt{2gh}}$ แต่ในการออกแบบขนาดของช่องเปิดควรจะโตกว่า A ที่คำนวณได้ประมาณ 30 %

2. ระดับน้ำในคลองควรท่วมเหนือ Orifice Gate อย่างน้อยเท่ากับขนาดความสูงของช่องเปิดเมื่อน้ำไหลผ่านสูงสุด (max) ดูรูปที่ 9.13



รูปที่ 9.11 Orifice Gate



รูปที่ 9.12 อาคารรับน้ำปากคูแบบ CHO (USBR)

ตารางที่ 9.3 ขนาดความลึกของช่องเปิด สำหรับ CHO ขนาดกว้าง 0.40 เมตร

(ส.ป.ส. การไหลผ่านอาคาร = 0.70)

Q ลิตร/วินาที / h เมตร	30	60	90	120	150
0.04	0.12	0.24	0.36	0.48	0.61
0.05	0.11	0.22	0.33	0.43	0.54
0.06	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50
0.07	0.09	0.19	0.27	0.37	0.46
0.08	0.09	0.17	0.26	0.34	0.43
0.09	0.08	0.16	0.24	0.32	0.40
0.10	0.08	0.15	0.23	0.31	0.38

ตารางที่ 9.4 ขนาดความลึกของช่องเปิด สำหรับ CHO ขนาดกว้าง 0.50 เมตร

(ส.ป.ส. การไหลของน้ำผ่านอาคาร = 0.70)

ลิตร/วินาที / เมตร	30	60	90	120	150
0.04	0.10	0.19	0.29	0.39	0.48
0.05	0.09	0.17	0.26	0.35	0.43
0.06	0.08	0.16	0.24	0.32	0.40
0.07	0.07	0.15	0.22	0.29	0.37
0.08	0.07	0.14	0.20	0.27	0.34
0.09	0.06	0.13	0.19	0.26	0.32
0.10	0.06	0.12	0.18	0.24	0.31

3. ระดับน้ำในบ่อพักด้านหน้าอาคารท้ายเหนือ Turnout Gate ประมาณ 1.75 เท่าของศักย์ความเร็วเมื่อน้ำไหลเต็มท่อขนาด 8 ซม. เป็นอย่างน้อย

4. พื้นด้านเหนือน้ำของ Orifice Gate ควรจะยาวอย่างน้อยเท่ากับ Ym

5. สำหรับ CHO ซึ่งส่งน้ำได้ไม่เกิน 250 ลิตร/วินาที ระยะระหว่าง Orifice Gate และ Turnout Gate (L) อย่างน้อยควรจะประมาณ 2.25 เท่าของ Ym สำหรับ CHO ซึ่งส่งน้ำได้มากกว่า 250 ลิตร/วินาที L ควรจะประมาณ 2.75 เท่าของ Ym

6. ผนังกำแพงด้านเหนือน้ำ (Cutoff) จะต้องกว้างพอที่จะไม่ทำให้กลายเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมการไหลของน้ำผ่านอาคาร ในการนี้อาจจะเพิ่มความกว้างของกำแพงด้านเหนือน้ำได้โดยการออกแบบให้กำแพงข้าง (Side wall) มีมุมกางออก 1:8

7. ควรมีท่อระบายอากาศ (Air Vent) เพื่อป้องกันการเกิดสูญญากาศหลัง Turnout Gate

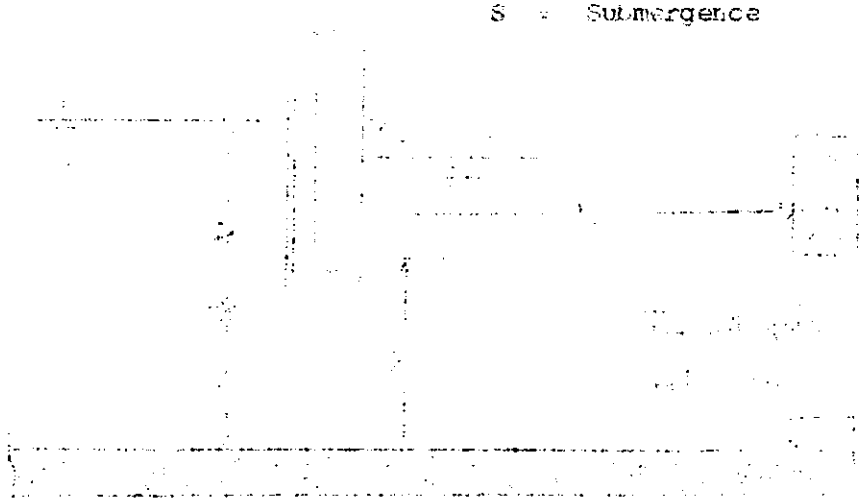
8. ระดับหลังอาคารต้องสูงกว่า F.S.L. ของคลองส่งน้ำอย่างน้อย 50 ซม.

9. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ 40 ซม. สำหรับ Q เท่ากับหรือน้อยกว่า 90 ลิตร/วินาที

Y_m = Gate Opening for max. Q

Y_t = Full gate leaf travel

S = Submergence



รูปที่ 9.13 มิติต่าง ๆ ของ CHO

ตัวอย่างที่ 9.2 ให้ออกแบบ CHO ในลักษณะเดียวกับรูปที่ 9.12 เพื่อรับน้ำเข้าคูน้ำด้วยอัตรา 90 ลิตร/วินาที กำหนดให้ระดับน้ำในคลองส่งน้ำเท่ากับ 8.40 และมีทางปล่อยน้ำ (Outlet Transition)

เมื่อที่ทางปล่อยน้ำที่เหมาะสม ความเร็วของน้ำที่ไหลออกจากท่อ (V) จะมีค่าได้มากที่สุด 1.5 เมตร/วินาที

สมมุติว่าใช้ท่อคอนกรีตขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.4 เมตร ยาว 15 เมตร และ n = 0.013

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.09 \times 4}{(0.4)^2} = 0.72 \quad \text{เมตร/วินาที}$$

V < 1.5 เมตร/วินาที แสดงว่าใช้ได้ ถึงแม้ว่าจะสามารถใช้ท่อซึ่งมีขนาดเล็กกว่านี้ได้ แต่ไม่ควรใช้เพราะน้ำรุ่งรักษายาก

ในทำนองเดียวกับตัวอย่างที่ 9.1 จะได้ว่า

hv = 0.03 เมตร และ S = 0.0019 เมตร/เมตร

<u>หาขนาดของช่องเปิด</u> (Orifice)

พื้นที่หน้าตัดของช่องเปิด (A) $= \frac{Q}{C\sqrt{2gh}}$

$$= \frac{0.09}{0.7\sqrt{2 \times 9.81 \times 0.06}}$$

$$= 0.12$$

สมมุติใช้ CHO มีช่องเปิดขนาด 0.4 x 0.4 ตร.เมตร

$\therefore$ ความสูงของช่องเปิด (Ym) $= \frac{0.12}{0.4} = 0.30$ เมตร

ขนาดของช่องเปิดจริงควรจะโตกว่าขนาดที่คำนวณได้ประมาณ 30 % แสดงว่าขนาด 0.4 x 0.4 ตร.เมตร ใช้ได้

สมมุติให้ความกว้างของอาคารและบ่อพักน้ำ = 0.70 เมตร

พื้นด้านหลังน้ำของ Orifice Gate ยาวอย่างน้อย = Ym = 0.30 ม.

ระยะห่างระหว่าง Orifice Gate และ Turnout Gate (L) = 2.25 Ym

$$= 2.25 \times 0.30 = 0.70 \quad \text{เมตร}$$

น้ำท่วมเหนือ Orifice Gate อย่างน้อย = Ym = 0.30 เมตร

การคำนวณระดับต่าง ๆ ของช่องเปิด (Orifice)

	ระดับน้ำในคลอง	=	8.40	เมตร
ลบ	ความลึกของน้ำเหนือ Orifice Gate	=	- 0.30	เมตร
	ระดับขอบบนของ Orifice Gate	=	8.10	เมตร
ลบ	ความสูงของช่องเปิด (Ym)	=	- 0.30	เมตร
	ระดับพื้นอาคารด้านเหนือน้ำ	=	7.80	เมตร
บวก	ความสูงของช่องเปิดทั้งหมด (Yt)	=	+ 0.40	เมตร
∴	ระดับขอบบนของช่องเปิด	=	8.20	เมตร

จากรูปที่ 9.12 Xg = Yt - Ym = 0.40 - 0.30 = 0.10 เมตร

ความหนาของกำแพงช่องเปิด (Orifice Wall) ควรจะเท่ากับหรือน้อยกว่า แต่ต้องไม่เกิน 0.20 เมตร

คำนวณหาระดับต่าง ๆ ของ Turnout Gate และบ่อพักน้ำ

ระดับน้ำในบ่อพักน้ำควรท่วมเหนือ Turnout Gate อย่างน้อย

$$= 1.78hv + 0.08$$

$$= 1.78(0.03) + 0.08$$

$$= 0.13 \text{ เมตร}$$

	ระดับน้ำในคลอง	=	8.40	เมตร
ลบ	h	=	- 0.06	เมตร
	ระดับน้ำในบ่อพักน้ำ	=	8.34	เมตร
ลบ	ความลึกของน้ำที่ท่วม Turnout Gate	=	- 0.13	เมตร
	ระดับขอบบนของ Turnout Gate	=	8.21	เมตร
ลบ	เส้นผ่าศูนย์กลางของ Turnout Gate	=	- 0.40	เมตร
	ระดับขอบล่างของ Turnout Gate	=	7.81	เมตร

ระดับพื้นบ่อพักน้ำควรจะอยู่ต่ำกว่าขอบล่างของ Turnout Gate ประมาณ 10 ซม.

การหาระดับของสันกำแพงด้านเหนือน้ำ (Cutoff)

สมมุติว่าสันกำแพงด้านเหนือน้ำกว้างเท่ากับความกว้างของอาคาร 0.80 เมตร และทำหน้าที่เสมือนเป็นฝายน้ำล้นแบบ

$$\therefore \quad H = \left[\frac{Q}{1.838L} \right]^{2/3}$$

$$= \left[\frac{0.09}{1.838(0.7)} \right]^{2/3} = 0.17 \text{ เมตร}$$

$\therefore$ ระดับสันกำแพงด้านเหนือน้ำจะสูงได้มากที่สุดไม่เกิน 8.40 - 0.17 = 8.23 เมตร เพื่อจะได้ไม่ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมการไหลของน้ำผ่านอาคาร

การคำนวณหาการสูญเสียพลังงานและที่น้ำไหลผ่านอาคาร

- ความต่างระดับระหว่างน้ำในคลองและน้ำในบ่อพัก (h) = 0.06 เมตร
- การสูญเสียพลังงานที่ทางเข้า (Entrance Loss)

$$= 0.78\ hv = 0.78 \times 0.03 = 0.023 \text{ เมตร}$$

- การสูญเสียพลังงานในท่อ

$$= 0.0019 \times 15 = 0.0285 \text{ เมตร}$$

- การสูญเสียพลังงานที่ทางออก

$$= hv = 0.03 \text{ เมตร}$$

รวมการสูญเสียพลังงานทั้งหมด = $0.06 \times 0.023 + 0.0285 + 0.03$

$$= 0.1415 \approx 0.14 \text{ เมตร}$$

การหาระดับท่อทางด้านท้ายน้ำ

เพื่อให้การไหลของน้ำผ่าน CHO เป็นแบบไหลเต็มท่อ ควรจะให้มีน้ำท่วมปากท่อทางด้านท้ายน้ำอย่างน้อย 8 ซม.

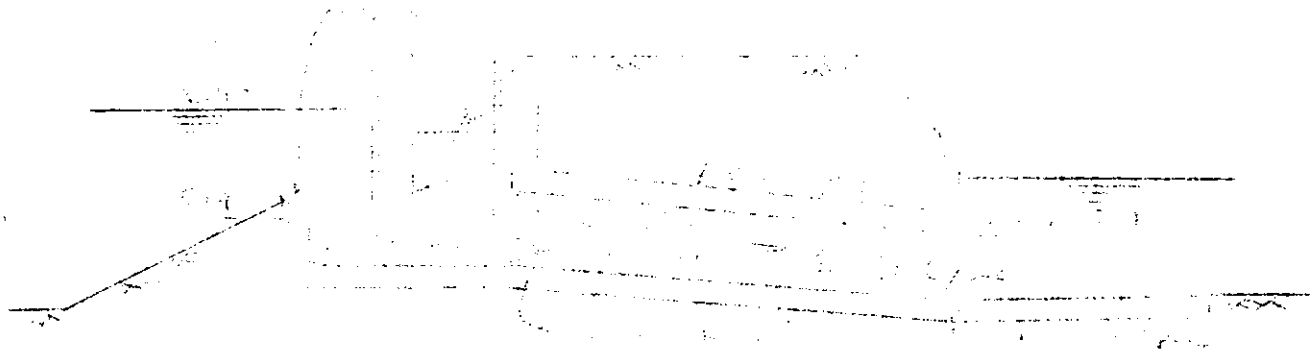
	ระดับน้ำในคลอง	=	8.40	เมตร
ลบ	การสูญเสียพลังงานทั้งหมด	=	- 0.14	เมตร
	ระดับน้ำทางด้านท้ายน้ำ	=	8.26	เมตร
ลบ	ความลึกของน้ำที่ท่วมปากท่อ	=	- 0.08	เมตร
	ระดับขอบบนของท่อด้าน	=	8.18	เมตร

ลบ เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ = - 0.40 เมตร

ระดับขอบล่างของท่อ = 7.78 เมตร

ขนาดและระดับของอาคารที่คำนวณได้ในตัวอย่างนี้จะแสดงไว้ในรูปที่ 9.14

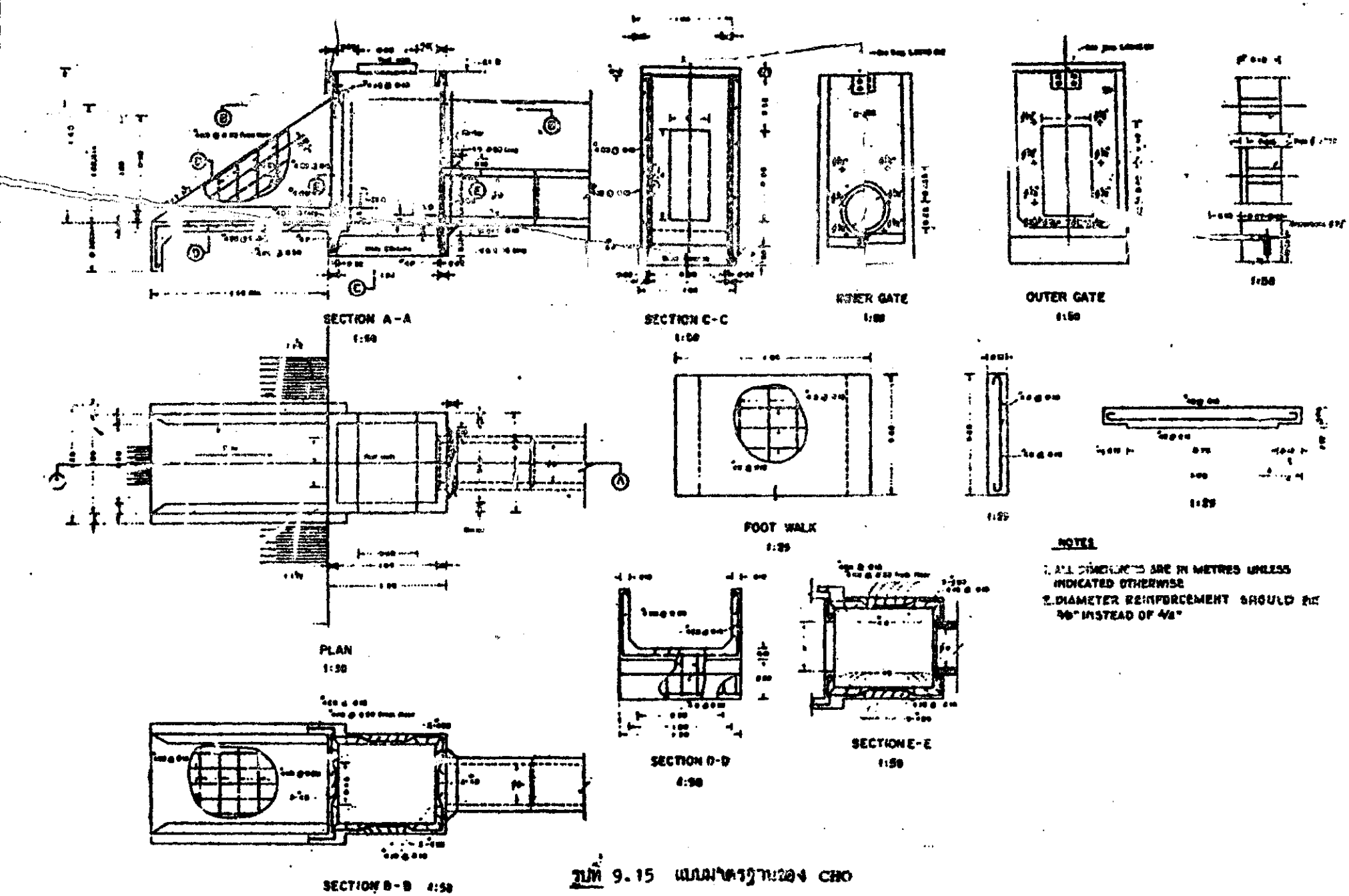
ที่กล่าวมาทั้งหมดเป็นการคำนวณหาขนาดและระดับของอาคารรับน้ำบากตามข้อเสนอแนะของ USBR แต่ในทางปฏิบัติอาคารดังกล่าวมีเป็นจำนวนมากเพื่อความสะดวกจึงมักจะมีการจัดทำแบบมาตรฐานสำหรับแต่ละโครงการเพื่อช่วยให้การออกแบบอาคารเหล่านี้ทำได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น ดังเช่นรูปที่ 9.15 ซึ่งแสดงแบบมาตรฐานของ CHO ที่ใช้กันในโครงการชลประทานเจ้าพระยา



รูปที่ 9.14 ระดับต่าง ๆ ของ CHO ซึ่งรับน้ำได้ 90 ลิตร/วินาที ตามตัวอย่างที่ 9.2

(2) อาคารแบ่งน้ำ (Division Box)

อาคารแบ่งน้ำเป็นอาคารที่ติดตั้งตรงบริเวณที่มีคูน้ำย่อยแยกออกจากคูน้ำประธานเพื่อทำหน้าที่แบ่งน้ำให้ไหลเข้าคูย่อยตามปริมาณที่ต้องการ โดยทั่ว ๆ ไปมักนิยมใช้ฝายรูปสี่เหลี่ยมหรือคางหมูแบบปรับสันฝายให้เป็นเครื่องมือในการแบ่งน้ำ โดยการออกแบบฝายให้น้ำไหลแบบอิสระและมีขนาดความกว้างและระดับสันฝายเหมาะสมกับปริมาณน้ำที่ต้องการจะแบ่ง ซึ่งฝายดังกล่าวจะสามารถควบคุมการแบ่งน้ำได้อย่างถูกต้องมากน้อยแค่ไหนขึ้นอยู่กับระดับน้ำเหนือสันฝาย ถ้าระดับน้ำเหนือสันฝายไม่มากพอสำหรับการสูญเสียระดับน้ำขณะที่น้ำไหลผ่านสันฝายก็เป็นการยากที่จะออกแบบฝายให้แบ่งน้ำได้ตามสัดส่วนของพื้นที่รับน้ำ นอกจากพื้นที่รับน้ำ



รูปที่ 9.15 แบบแสดงรายละเอียด CHO

ทางด้านท้ายน้ำของฝายแต่ละตัวมีขนาดเท่ากัน อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่พื้นที่รับน้ำมีขนาดไม่เท่ากัน และระดับน้ำเหนือสันฝายไม่มากพออาจจะหลีกเลี่ยงปัญหาการแบ่งน้ำได้ โดยการออกแบบฝายแต่ละตัวให้สามารถผันน้ำทั้งหมดที่ไหลมาตามคูน้ำประธานและการแบ่งน้ำจะกระทำในลักษณะให้น้ำทั้งหมดไหลผ่านฝายทีละตัว แต่ถ้าระดับน้ำเหนือสันฝายมากพอจะสามารถออกแบบฝายให้แบ่งน้ำตามสัดส่วนของพื้นที่ได้ เช่น ถ้าต้องการออกแบบอาคารแบ่งน้ำในคูน้ำประธานจำนวน 120 ลิตร/วินาที เพื่อแบ่งน้ำให้กับคูน้ำย่อย 2 สาย จะมีแนวทางกระทำได้ดังนี้

	ปริมาณน้ำที่ต้องการแบ่งให้กับคูย่อย (ลิตร/วินาที)		ปริมาณน้ำที่ใช้ในการออกแบบฝายของอาคารแบ่งน้ำ (ลิตร/วินาที)	
	คูย่อย 1	คูย่อย 2	คูย่อย 1	คูย่อย 2
ถ้ามีระดับน้ำพอสำหรับการสูญเสียระดับน้ำ	60 30	60 90	60 30	60 90
ถ้ามีระดับน้ำไม่พอสำหรับการสูญเสียระดับน้ำ	60 30	60 90	60 120	60 120

ก. <u>เกณฑ์ในการออกแบบอาคารแบ่งน้ำในเขตจัดรูปที่ดิน</u>

1. ให้ใช้อาคารแบ่งน้ำสำหรับคูแยกซอยซึ่งครอบคลุมพื้นที่มากกว่า 50 ไร่ มิฉะนั้นให้ใช้เป็นท่อส่งน้ำเข้านาอรรมดา

2. ถือว่าไม่มีการสูญเสียระดับน้ำ (Head Loss) ขณะที่น้ำไหลผ่านอาคาร

3. ความยาวของสันฝายอาคารแบ่งน้ำจะต้องเท่ากับหรือมากกว่าความกว้างของก้นคูส่งน้ำ

4. ถือว่าท้ายน้ำเป็นอาคารอัดน้ำหรืออาคารน้ำตกไปในตัวด้วย

ข. <u>การหาขนาดและระดับต่าง ๆ ของอาคารแบ่งน้ำ</u>

รูปร่างลักษณะของอาคารแบ่งน้ำจะแสดงไว้ในรูปที่ 9.16 ซึ่งขนาดและระดับจะหาได้ดังต่อไปนี้

1. ระดับ A, B, C และ D หาจากแนวแสดงระดับท้องคู (Profile) ของคูน้ำแต่ละสาย

2. ขนาดความยาวของสันฝาย B_1, B_2, B_3 และ B_4 ต้องเท่ากับหรือมากกว่า b_1, b_2, b_3 และ b_4 ตามลำดับ และเพื่อความสะดวกในการใช้งานปกติจะออกแบบให้ $B_1 = B_2 = B_3 = B_4$ (ถ้า B_1, B_2, B_3 และ B_4 มีค่าไม่ต่างกันมาก) เพื่อจะได้ใช้บานไม้อัดน้ำ (Slop-log) ขนาดเดียวกัน

3. การกำหนดระดับที่จะต้องใส่บานไม้อัดน้ำขณะทำการแบ่งน้ำให้คำนวณจากสมการดังต่อไปนี้

ความสูงของระดับสันฝายที่ต้องการ = F.S.L - H

ความสูงของสันฝายตามรูปที่ 9.16 = F.S.L - d + 0.15

∴ ความสูงของแผ่นไม้อัดน้ำที่ต้องการ = d - 0.15 - H (9.3)

เมื่อ F.S.L = ระดับน้ำใช้การเต็มที่

d = ความลึกของน้ำทางด้านเหนือน้ำของอาคาร

H = ความลึกของน้ำเหนือสันฝาย

ค่า จะสามารถหาได้จากสมการน้ำไหลผ่านฝาย

$$Q = C.L.H^{3/2}$$

เมื่อ Q = ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านสันฝาย เป็น $ม.^3$/วินาที

C = ส.ป.ส. การไหลผ่านฝาย ซึ่งมีค่าประมาณ 1.75

L = ความยาวของสันฝาย

H = ความลึกของน้ำเหนือสันฝาย

เพื่อความสะดวกจะหาค่า H ได้จากรูปที่ 9.17

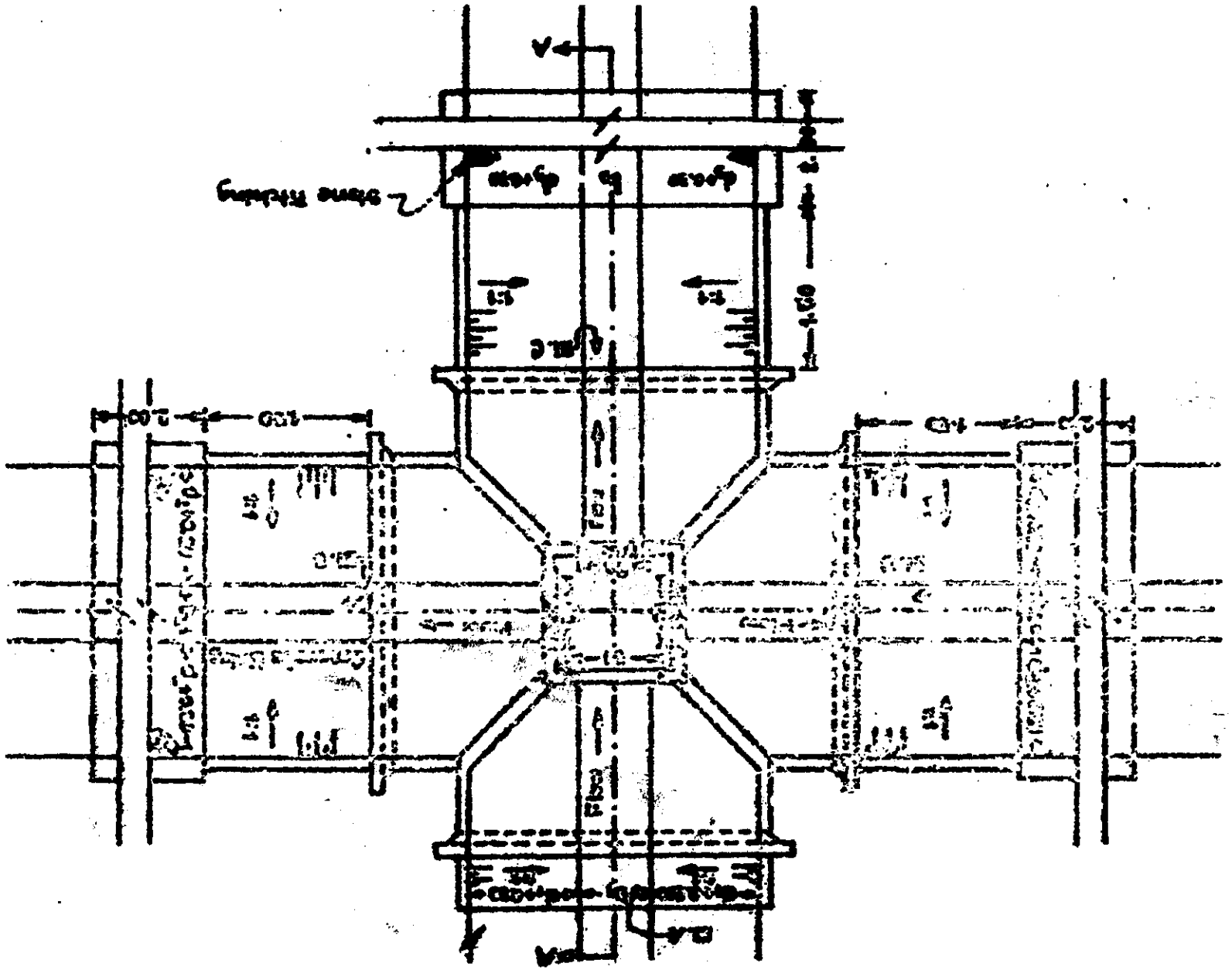
ตัวอย่าง 9.3 ให้คำนวณหาความสูงของแผ่นไม้อัดน้ำที่ต้องใส่เมื่อ

Q = 90 ลิตร/วินาที

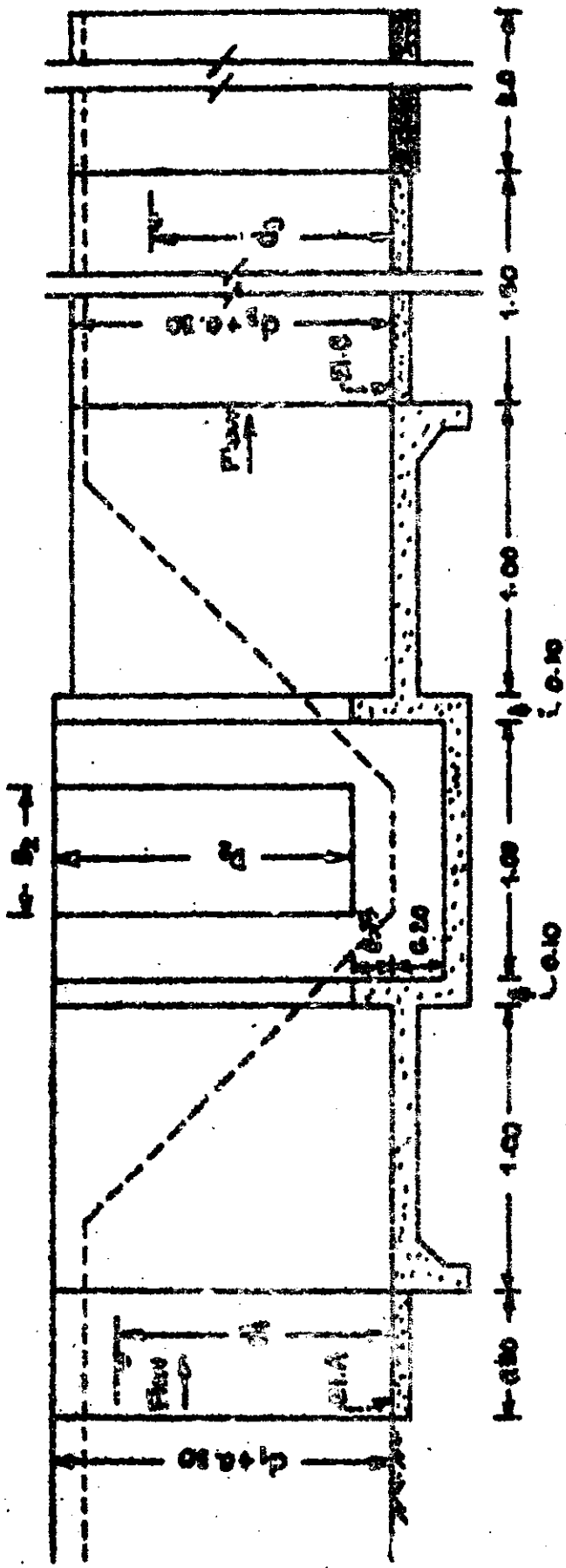
L = 0.80 เมตร

d = 0.59 เมตร

จากรูปที่ 9.17 จะได้ว่า H = 0.16 เมตร



รูปที่ 9.16 (ก) อาคารแบ่งน้ำ



รูปที่ 9.16 (ข) รูปตัด A-A ของอาคารแม่น้ำ

∴ ความสูงของแผ่นไม้อัดน้ำที่ต้องการ = d - 0.15 - H

= 0.59 - 0.15 - 0.16

= 0.28 เมตร

(3) อาคารอัดน้ำ (Check)

อาคารอัดน้ำเป็นอาคารที่ทำหน้าที่ควบคุมระดับน้ำในคูส่งน้ำให้สูงอพที่จะไหลเข้าแปลงได้ ในกรณีที่พื้นที่เพาะปลูกอยู่สูงกว่าระดับน้ำใช้การในคูส่งน้ำหรือน้ำที่ไหลเข้าคูมีปริมาณน้อยกว่าที่ออกแบบไว้ และยังทำหน้าที่ควบคุมการส่งน้ำหมุนเวียนในหน่วยหมุนเวียนย่อยอีกด้วย ลักษณะของอาคารอัดน้ำโดยทั่ว ๆ ไปมักนิยมออกแบบเป็นฝายแบบปรับสันได้โดยการใช้แผ่นไม้อัดน้ำ (Stop-log) เพื่อควบคุมระดับน้ำให้สูงตามความต้องการในลักษณะเดียวกับอาคารแบ่งน้ำตามที่กล่าวถึงในข้อ (2) สำหรับคูน้ำซึ่งมีความลาดเท 0.02 ถึง 0.15 เปอร์เซนต์ อาคารอัดน้ำจะมีอิทธิพลในการยกระดับน้ำเป็นระยะทางประมาณ 400 เมตร

ก. เกณฑ์ในการติดตั้งอาคารอัดน้ำ

1. ที่ตั้งอาคารอัดน้ำต้องพิจารณาทั้งสภาพภูมิประเทศและการส่งน้ำหมุนเวียนประกอบกัน

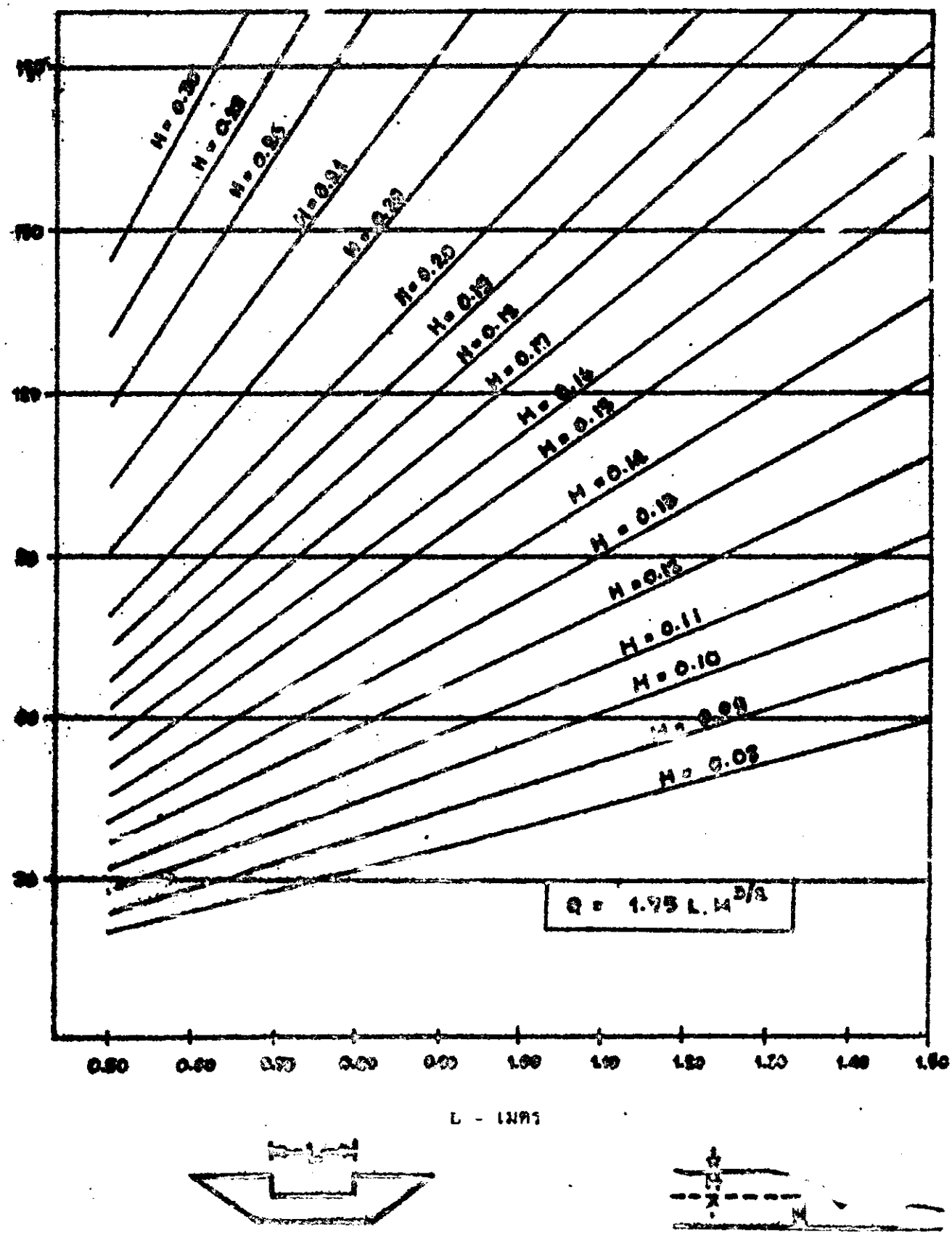
2. ถือว่าไม่มีการสูญเสียระดับน้ำ (Head Loss) ขณะที่น้ำไหลผ่านอาคารอัดน้ำซึ่งถอดแผ่นไม้อัดน้ำออกหมด

3. ต้องพิจารณาใส่อาคารอัดน้ำหรืออาคารน้ำตกอัดน้ำทุกระยะ 400-600 เมตร ตลอดความยาวคูส่งน้ำ

4. ความยาวของสันฝายของอาคารอัดน้ำต้องเท่ากับหรือมากกว่าความกว้างของก้นคูส่งน้ำ

ข. การกำหนดจุดที่ตั้งอาคารอัดน้ำ

จุดที่ตั้งของอาคารอัดน้ำจะต้องสัมพันธ์กับแผนการส่งน้ำหมุนเวียนระยะที่มีอิทธิพลต่อการยกระดับน้ำและสภาพภูมิประเทศ แต่อย่างไรก็ตาม จะยึดถือให้เหมาะสมกับการจัดแผนการส่งน้ำหมุนเวียนเป็นสำคัญ และจะต้องพิจารณาอาคารอื่น ๆ ในคูซึ่งสามารถทำหน้าที่ในทำนองเดียวกับอาคารอัดน้ำด้วย เช่น อาคารแบ่งน้ำและอาคารน้ำตกอัดน้ำ (Check Drop)



รูปที่ 9.17 กราฟสำหรับคำนวณน้ำไหลผ่านฝายรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

การกำหนดจุดที่ตั้งอาคารอัดน้ำให้สัมพันธ์กับแผนการส่งน้ำหมุนเวียน ให้ดำเนินการดังต่อไปนี้

1. เลือกจุดที่ตั้งอาคารอัดน้ำจากสภาพภูมิประเทศ ระยะอิทธิพลในการยกระดับน้ำซึ่งเท่ากับ 400 เมตร โดยพิจารณาถึงอาคารอื่น ๆ ประกอบด้วย ตารางที่ 9.5 และรูปที่ 9.18 จะช่วยในการพิจารณาเลือกจุดที่ตั้งเบื้องต้น

2. หาขนาดพื้นที่ของหน่วยหมุนเวียนย่อยซึ่งอยู่ระหว่างอาคารอัดน้ำแต่ละตัว

3. หาจำนวนท่อส่งน้ำเข้านาซึ่งจะเปิดให้น้ำเข้านาพร้อมกันจากสมการ

$$X = \frac{Q}{30} \qquad (9.4)$$

เมื่อ X = จำนวนท่อส่งน้ำเข้านาที่เปิดพร้อมกัน ซึ่งในที่นี้กำหนดว่าท่อส่งน้ำเข้านาที่ขนาด 30 ลิตร/วินาที

Q = ปริมาณน้ำที่ไหลในคูส่งน้ำ เป็นลิตร/วินาที

4. หาขนาดพื้นที่ซึ่งท่อส่งน้ำเข้านาแต่ละท่อจะต้องส่งน้ำให้ของแต่ละหน่วยหมุนเวียนย่อย จากสมการ

$$Y = \frac{A}{X} \qquad (9.5)$$

เมื่อ Y = ขนาดพื้นที่ที่ท่อส่งน้ำเข้านาแต่ละท่อจะต้องส่งน้ำให้

A = ขนาดพื้นที่ของหน่วยหมุนเวียนย่อย

X = จำนวนท่อส่งน้ำเข้านาที่เปิดพร้อมกัน

5. จัดจุดพื้นที่ที่จะรับน้ำจากแต่ละท่อ โดยการแบ่งพื้นที่ของหน่วยหมุนเวียนย่อยออกเป็น X ส่วน ๆ ละ Y ไร่ แล้วพิจารณาดูว่าการส่งน้ำหมุนเวียนเป็นไปได้หรือไม่ดังตัวอย่าง

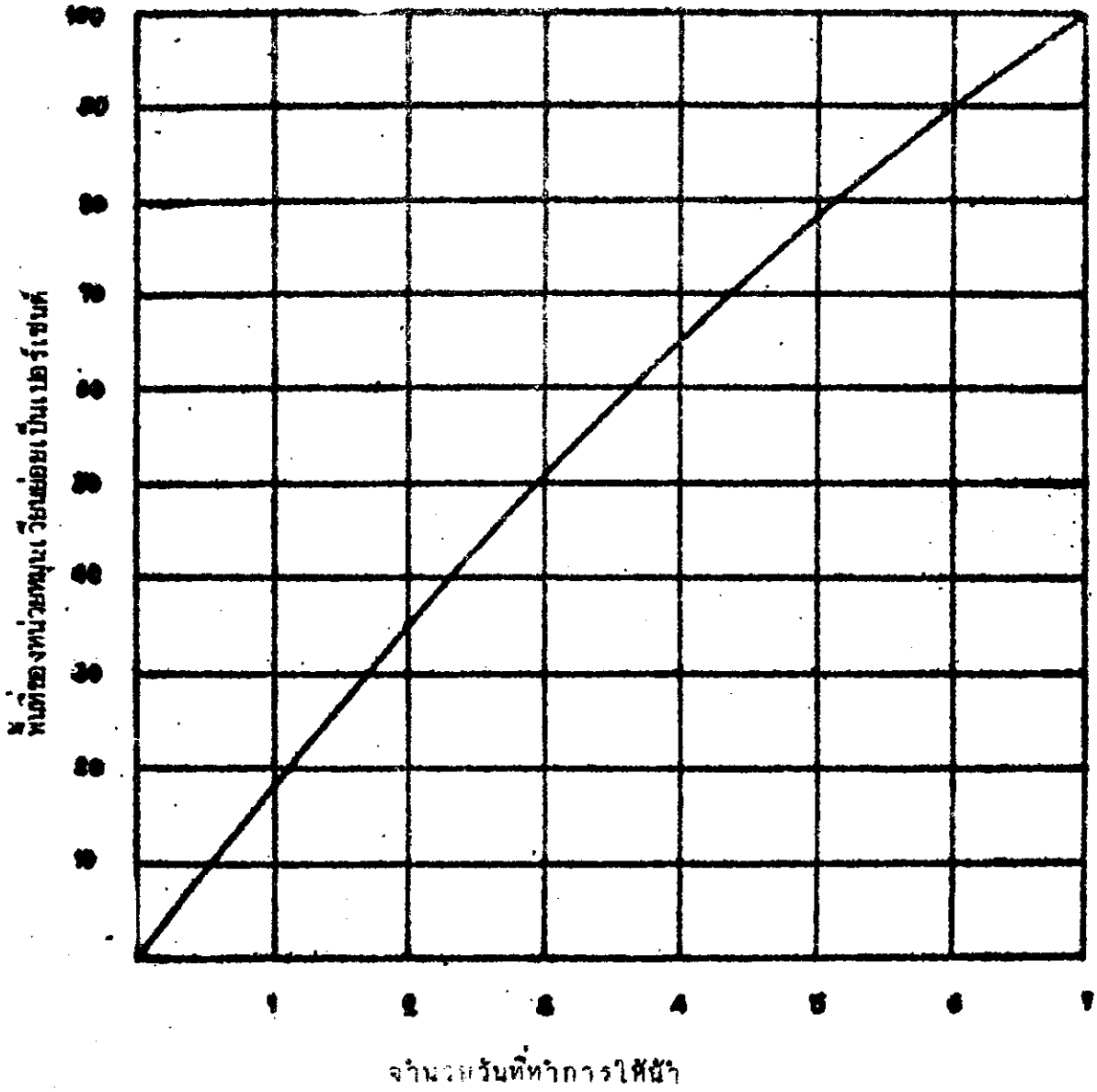
ตารางที่ 9.5 แนวทางการพิจารณากำหนดจุดที่ตั้งอาคารอัดน้ำในคูส่งน้ำ 1/

หน่วยหมุนเวียนย่อย	อาคารอัดน้ำ 1 ตัว		อาคารอัดน้ำ 2 ตัว		อาคารอัดน้ำ 3 ตัว		อาคารอัดน้ำ 4 ตัว	
	% ของพื้นที่ 2/	จำนวนวันที่ส่งน้ำ 3/	% ของพื้นที่	จำนวนวันที่ส่งน้ำ	% ของพื้นที่	จำนวนวันที่ส่งน้ำ	% ของพื้นที่	จำนวนวันที่ส่งน้ำ
1	55	$3\frac{1}{2}$	35	2	27	$1\frac{1}{2}$	20	1
2	45	$3\frac{1}{2}$	30	2	25	$1\frac{1}{2}$	23	$1\frac{1}{2}$
3	-	-	35	3	27	2	21	$1\frac{1}{2}$
4	-	-	-	-	23	2	19	$1\frac{1}{2}$
5	-	-	-	-	-	-	17	$1\frac{1}{2}$
ความยาวคูน้ำโดยประมาณ (เมตร)	800 - 1,000		1,000 - 1,600		1,600 - 2,000		2,000 - 2,500	
พื้นที่รับน้ำของคูน้ำโดยประมาณ (ไร่)	200 - 300		300 - 450		450 - 600		> 600	

1/ Ilaco/Empire M & T

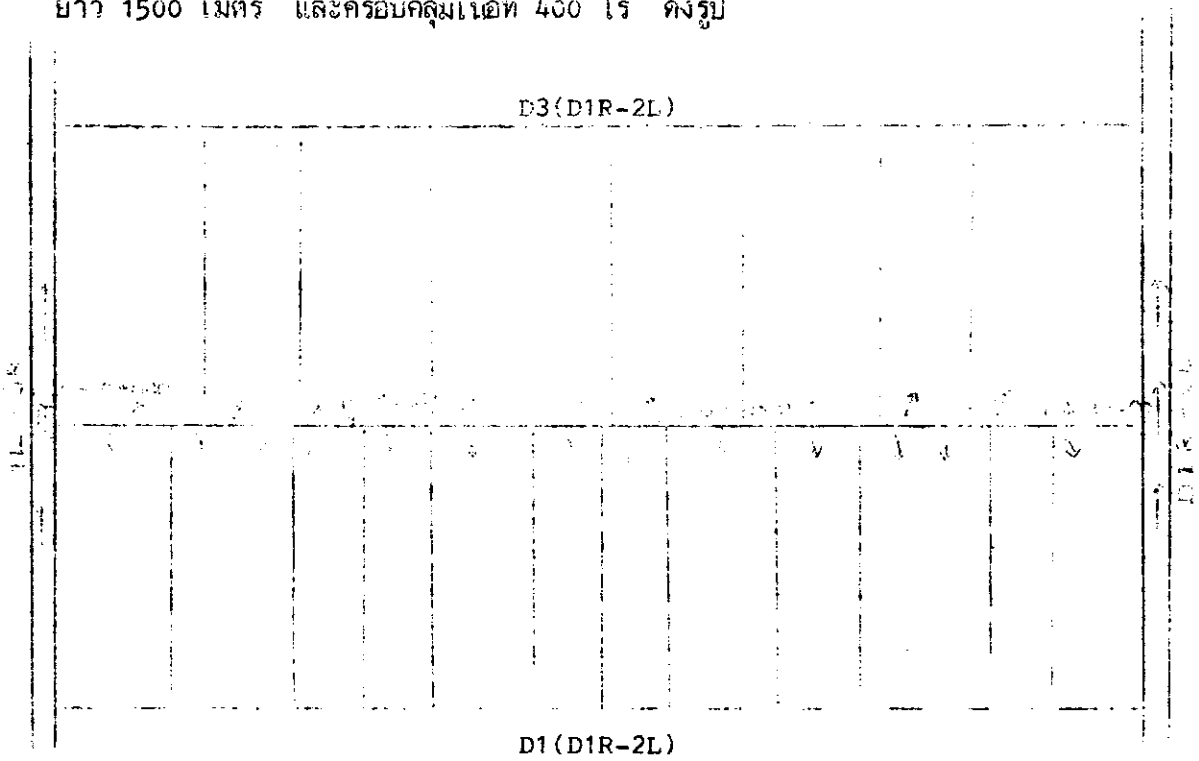
2/ % ของพื้นที่ หมายถึงพื้นที่ของหน่วยหมุนเวียนย่อยเป็นเปอร์เซนต์ของพื้นที่หมุนเวียน (พื้นที่ที่รับน้ำจากคูน้ำ)

3/ จำนวนวันที่ส่งน้ำ หมายถึงระยะเวลาเป็นวัน สำหรับการส่งน้ำให้หน่วยหมุนเวียนย่อย ซึ่งหาได้จากรูปที่ 9.18



รูปที่ 9.18 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนวันที่ทำการให้น้ำต่อพื้นที่ของหน่วยหมุนเวียนย่อยเป็นเปอร์เซนต์ (Ilaco/Empire M & T)

ตัวอย่างที่ 9.4 ให้หาจุดที่ตั้งอาคารยัดน้ำในคูส่งน้ำสาย 2(1L-3R) ซึ่งมีปริมาณน้ำ 90 ลิตร ยาว 1500 เมตร และครอบคลุมเนื้อที่ 400 ไร่ ดังรูป



จากตารางที่ 9.5 คูส่งน้ำยาว 1,500 เมตร คลุมเนื้อที่ 400 ไร่ แสดงว่าต้องใช้อาคารยัดน้ำ 2 ตัว เพื่อแบ่งพื้นที่หมุนเวียน 400 ไร่ออกเป็นหน่วยหมุนเวียนย่อย 3 หน่วยในลักษณะดังนี้

$$\text{หน่วยหมุนเวียนย่อยที่ 1} = \frac{35}{100} \times 400 = 140 \text{ ไร่}$$

$$\text{หน่วยหมุนเวียนย่อยที่ 2} = \frac{35}{100} \times 400 = 120 \text{ ไร่}$$

$$\text{หน่วยหมุนเวียนย่อยที่ 3} = \frac{35}{100} \times 400 = 140 \text{ ไร่}$$

จากแบบแบลงกรรมสิทธิ์และแนวคูน้ำ พบว่าอาคารยัดน้ำตัวที่ 1 จะอยู่ที่ กม. 0+500 และอาคารยัดน้ำตัวที่ 2 อยู่ที่ 1+000 ซึ่งจะแบ่งพื้นที่ออกเป็น 3 หน่วยหมุนเวียนย่อย โดยหน่วยหมุนเวียนย่อยที่ 1, 2 และ 3 คลุมเนื้อที่ 145, 111 และ 144 ไร่ ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับที่คำนวณได้ในตอนแรก

จากสมการที่ 9.4, $\quad X = \frac{Q}{30} = \frac{90}{30} = 3$

43

จากสมการที่ 9.4; $X = \frac{Q}{30} = \frac{90}{30} = 3$

จากหน่วยหมุนเวียนที่ 1 ประกอบด้วยแปลงต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

หมายเลขแปลง	ขนาดแปลง (ไร่)	หมายเลขท่อส่งน้ำเข้าแปลง
1	36	1
2	20	2
3	35	3, 4
4	12	5
5	17	6
6	25	7
	รวม 145 ไร่	

กำหนดให้แปลงที่ 3 ที่ท่อส่งน้ำเข้านา 2 ท่อ คือท่อหมายเลข 3 คลุมเนื้อที่ 10 ไร่ และท่อหมายเลข 4 คลุมเนื้อที่ 25 ไร่

จากสมการที่ 9.5; $Y = \frac{145}{3} = 48.3 \approx 48$ ไร่

ดังนั้นจะสามารถจัดชุดส่งน้ำหมุนเวียนได้ 3 ชุด ดังนี้

ชุดที่ 1 ประกอบด้วยท่อหมายเลข 1, 5 คลุมเนื้อที่ 48 ไร่

ชุดที่ 2 ประกอบด้วยท่อหมายเลข 2, 3, 6 คลุมเนื้อที่ 49 ไร่

ชุดที่ 3 ประกอบด้วยท่อหมายเลข 4, 7 คลุมเนื้อที่ 48 ไร่

หน่วยหมุนเวียนที่ 2 ประกอบด้วยแปลงต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

หมายเลขแปลง	ขนาดแปลง (ไร่)	หมายเลขท่อส่งน้ำเข้าแปลง
7	13	8
8	20	9
9	35	10, 11
10	10	12
11	5	13
12	24	14
	รวม 111 ไร่	

แปลงที่ 9 มีท่อส่งน้ำเข้าแปลง 2 ท่อ คือ ท่อหมายเลข 10 คลุมเนื้อที่ 17 ไร่ และท่อหมายเลข 11 คลุมเนื้อที่ 18 ไร่

จากสมการที่ 9.5; $Y = \frac{A}{X} = \frac{111}{3} = 37$ ไร่

ดังนั้นจะสามารถจัดชุดส่งน้ำหมุนเวียนได้ 3 ชุด ๆ ละ 37 ไร่ ดังนี้

ชุดที่ 1 ประกอบด้วยท่อหมายเลข 8, 14

ชุดที่ 2 ประกอบด้วยท่อหมายเลข 9, 10

ชุดที่ 3 ประกอบด้วยท่อหมายเลข 11, 12, 13

หน่วยหมุนเวียนที่ 3 ประกอบด้วยแปลงต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

หมายเลขแปลง	ขนาดแปลง (ไร่)	หมายเลขท่อส่งน้ำเข้าแปลง
13	21	15
14	18	16
15	20	17
16	10	18
17	30	19, 20
18	25	21
19	20	22
	รวม 144 ไร่	

แปลงที่ 17 มีท่อส่งน้ำเข้านา 2 ท่อ คือ ท่อหมายเลข 19 คลุมเนื้อที่ 7 ไร่ ท่อหมายเลข 20 คลุมเนื้อที่ 23 ไร่

$$Y = \frac{144}{3} = 48 \text{ ไร่}$$

ดังนั้นจะสามารถจัดชุดส่งน้ำหมุนเวียนได้ 3 ชุด ๆ ละ 48 ไร่ ดังนี้

ชุดที่ 1 ประกอบด้วยท่อหมายเลข 15, 19, 22

ชุดที่ 2 ประกอบด้วยท่อหมายเลข 16, 17, 18

ชุดที่ 3 ประกอบด้วยท่อหมายเลข 20, 21

ในกรณีที่ไม่สามารถจัดหาชุดส่งน้ำหมุนเวียนได้ตามตัวอย่างข้างบนอาจแก้ปัญหาได้โดยการย้ายจุดที่ตั้งอาคารแบ่งน้ำหรือวางท่อส่งน้ำเข้าแปลงนาเพิ่มขึ้น

ถ้ากำหนดว่าระยะเวลาในการให้น้ำทั่วทั้งสันที่หมุนเวียนเท่ากับ 7 วัน ระยะเวลาที่ต้องให้น้ำกับหน่วยหมุนเวียนย่อยแต่ละหน่วยจะหาได้จากรูปที่ 9.18 ดังนี้

หน่วยหมุนเวียนย่อยที่ 1 มีพื้นที่ = $\frac{145}{400} \times 100 = 36$ %

จะต้องให้น้ำนาน = 2 วัน

หน่วยหมุนเวียนย่อยที่ 2 มีพื้นที่ = $\frac{111}{400} \times 100 = 28$ %

จะต้องให้น้ำนาน = 2 วัน

หน่วยหมุนเวียนย่อยที่ 3 มีพื้นที่ = $\frac{144}{400} \times 100 = 36$ %

จะต้องให้น้ำนาน = 3 วัน

ค. <u>การหาขนาดและระดับต่าง ๆ ของอาคารอัดน้ำ</u>

อาคารอัดน้ำจะมีลักษณะเป็นช่องฝายรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าซึ่งสามารถปรับระดับสันฝายได้โดยใช้แผ่นไม้อัดน้ำในลักษณะเดียวกับอาคารแบ่งน้ำ เพียงแต่ว่ามีช่องฝายให้น้ำไหลผ่านเพียงช่องเดียว รูปร่างลักษณะของอาคารอัดน้ำจะแสดงไว้ในรูปที่ 9.19 เมื่อ ระดับ และ คือระดับก้นคูทางด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำของอาคารอัดน้ำ ระดับสันฝายจะอยู่สูงกว่าพื้นทางด้านเหนือน้ำเท่ากับ 15 ซม. ความยาวของสันฝายจะต้องเท่ากับหรือมากกว่าความกว้างของก้นคู การคำนวณหาความสูงของแผ่นไม้อัดน้ำจะทำได้ในทำนองเดียวกับที่กล่าวถึงมาแล้วในเรื่องอาคารแบ่งน้ำโดยใช้สมการที่ 9.3

(4) <u>อาคารน้ำตกอัดน้ำ</u> (Check Drop)

อาคารน้ำตกอัดน้ำเป็นอาคารที่ใช้ควบคุมน้ำตรงบริเวณที่มีการลดระดับผิวน้ำ ขณะเดียวกันก็จะทำหน้าที่เป็นอาคารอัดน้ำไปในตัวด้วย ลักษณะของอาคารประกอบด้วยช่องฝายรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าซึ่งออกแบบเป็นฝายสันกว้าง (Broad-Crested Weir) ที่สามารถปรับระดับสันฝายได้ และเบาะน้ำ (Stilling Pool) ซึ่งรองรับน้ำที่ตกลงมาจากสันฝาย เนื่องจากอาคารน้ำตกอัดน้ำทำหน้าที่เหมือนอาคารอัดน้ำ การกำหนดจุดที่ตั้งอาคารน้ำตกจึงต้องพิจารณาถึงแผนการส่งน้ำหมุนเวียนประกอบด้วยในทำนองเดียวกับอาคารอัดน้ำ

ก. <u>เกณฑ์การออกแบบอาคารน้ำตกอัดน้ำ</u>

อาคารน้ำตกอัดน้ำตกจะใช้ในบริเวณที่มีการลดระดับผิวน้ำมากกว่า 30 ซม. ถ้าน้อยกว่า 30 ซม. ให้พิจารณาออกแบบความลาดเทของพื้นที่ทางด้านเหนือน้ำให้

ยันขึ้นแทน ส่วนเกินนั้น [illegible]

ข. การคำนวณหาขนาดและระดับของอาคารน้ำตกอัดน้ำ

รูปร่างลักษณะของอาคารน้ำตกอัดน้ำจะคล้ายกับอาคารอัดน้ำในรูปที่ 9.19 แต่ควรมีการป้องกันกันคูและลาดด้านข้างทางด้านเหนือน้ำของอาคารเป็นระยะทางอย่างน้อย 1 เมตร และทางด้านท้ายน้ำของอาคารเป็นระยะทางอย่างน้อย 3 เมตร โดย 1.50 เมตรสุดท้ายควรใช้หินทิ้งเรียง เพื่อป้องกันการไหลซึมลอดใต้ฐานราก ส่วนการคำนวณระดับอาคารและความสูงของแผ่นไม้อัดน้ำจะหาได้ในทำนองเดียวกับอาคารอัดน้ำ

(5) ท่อลอด (Culvert)

ท่อลอดเป็นอาคารที่สร้างขึ้นเพื่อให้น้ำไหลลอดใต้ถนนทางลำเลียงหรือทางข้ามคูเข้าสู่แปลงนา การออกแบบท่อลอดจะต้องพยายามให้ได้ขนาดท่อที่เล็กเพื่อความประหยัด และเดียวกันก็ต้องไม่เล็กมากจนกระทั่งมีอิทธิพลต่อการไหลของอาคารที่อยู่ทางด้านเหนือน้ำ โดยเฉพาะท่อลอดอยู่ใกล้อาคารรับน้ำมากคู เพราะจะมีผลทำให้น้ำที่ไหลเข้าคูมีปริมาณน้อยกว่าที่ออกแบบไว้

ก. เกณฑ์การออกแบบท่อลอด

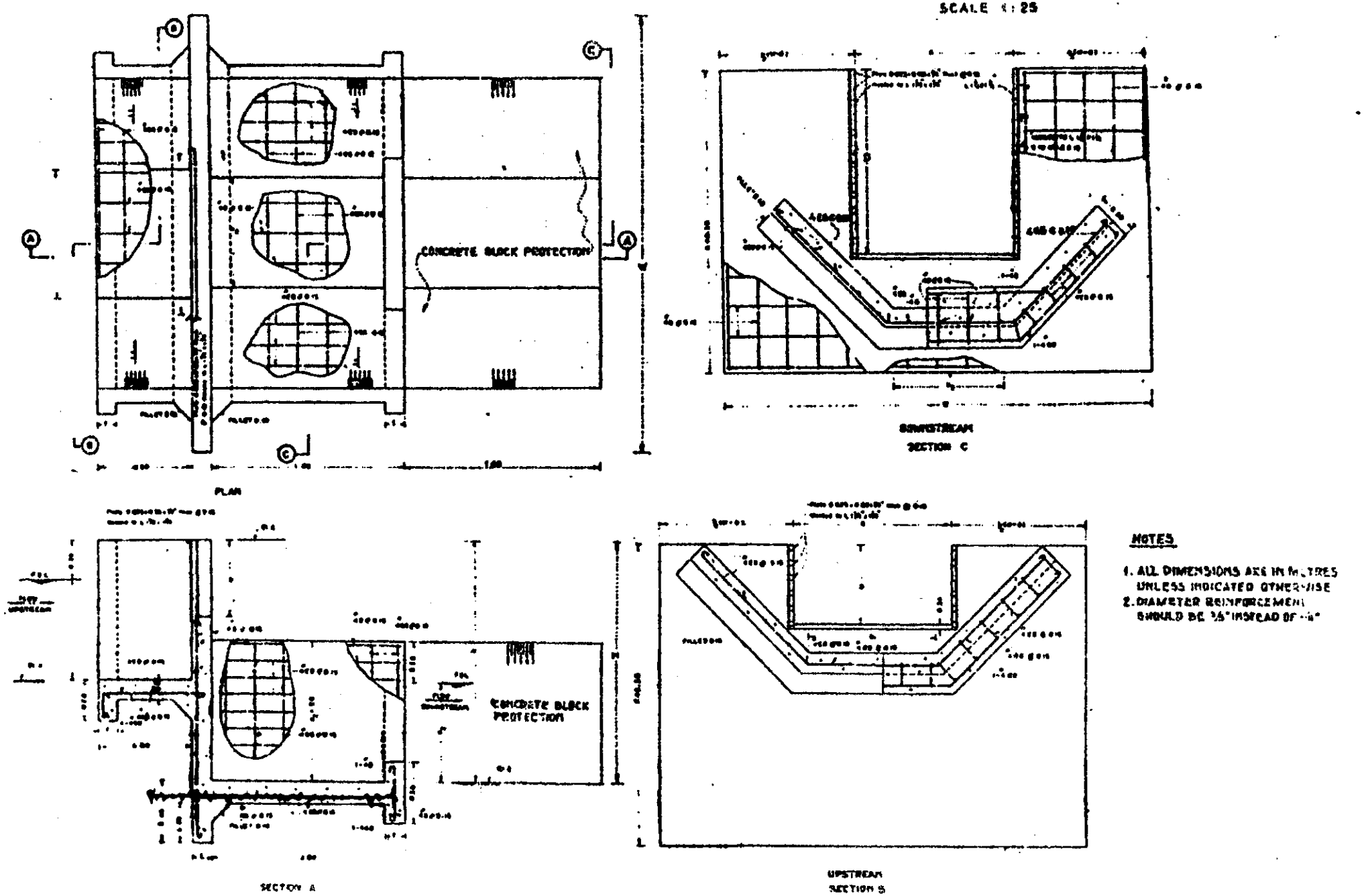
1. ท่อลอดควรจะอยู่ตรงแนวขอบแปลงเพื่อให้ใช้ท่อลอดอันเดียว [illegible] ที่จะเข้าถึงได้ทั้ง 2 แปลง เพื่อความประหยัด

2. ท่อลอดควรจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 ซม. เป็นอย่างน้อย และในคูส่งน้ำแต่ละสายควรออกแบบให้ใช้ท่อลอดขนาดเดียวกันหมดเพื่อความสะดวกในการก่อสร้าง

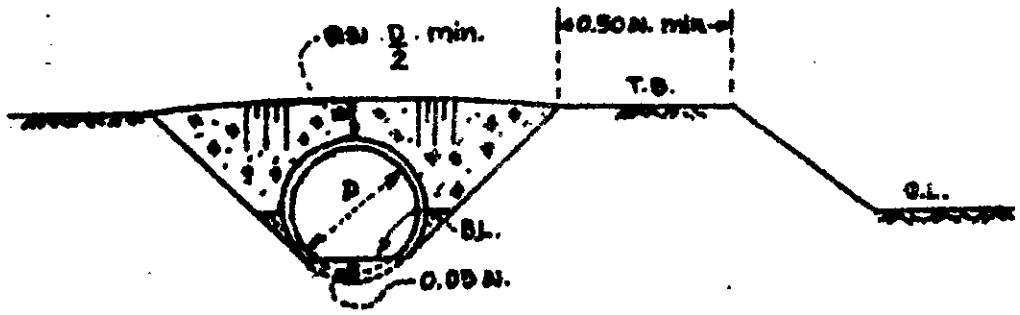
3. ใช้ท่อลอดขนาดยาว 5.00 เมตร สำหรับทางข้ามคูเข้าสู่แปลง และ 7.00 เมตร สำหรับลอดถนนทางลำเลียง ดังแสดงในรูปที่ 9.20 และทั้งสองแบบจะต้องฝังท่อลึกกว่าก้นคู 5 ซม.

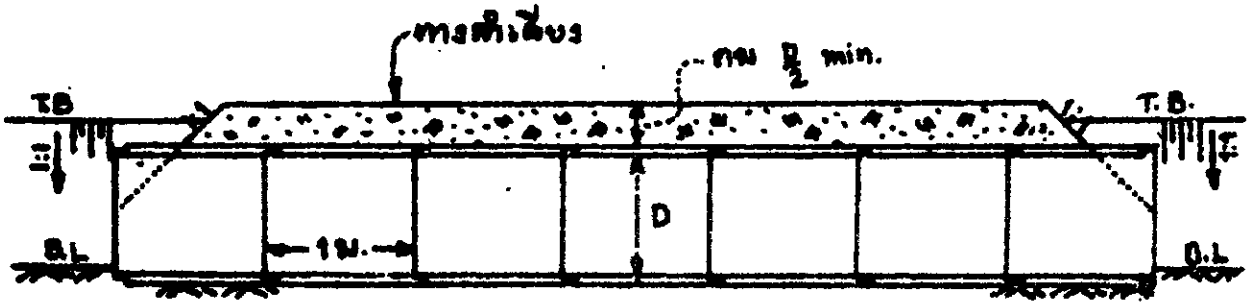
4. ท่อ[illegible] ปริมาตรยกระดับน้ำทางด้านเหนือน้ำ [illegible] ทางด้านเหนือน้ำ

5. การสูญเสียระดับน้ำ (Head Loss) ขณะไหลผ่านท่อลอดจะต้องมีค่ามากที่สุดไม่เกิน 6 ซม. เพื่อป้องกันการกัดเซาะทางด้านท้ายน้ำ



9.19 อาคารอัดน้ำและอาคารน้ำตกอัดน้ำ





รูปที่ 9.20 ลักษณะการติดตั้งท่อลอด

ข. ขั้นตอนในการออกแบบท่อลอด

1. กำหนดจุดที่ตั้งท่อลอดลงในแบบโดยพิจารณาจากแนวเขตแปลงกรรมสิทธิ์ที่ดินใหม่และแนวคูน้ำเพื่อให้มีทางเข้าถึงแปลงทุกแปลง

2. หาระยะห่างระหว่างท่อลอดแต่ละตัว และท่อลอดกับอาคารอื่น ๆ ซึ่งอิทธิพลของระดับน้ำที่ท่อลอดลอยกขึ้นอาจมีไปถึง

3. หาค่าการสูญเสียระดับน้ำมากที่สุดที่จะยอมให้เกิด (Maximum Permissible Head Loss) โดยพิจารณาจากความลาดเทของพื้นคูน้ำและระยะห่างระหว่างท่อลอดที่กำลังพิจารณากับท่อลอดหรืออาคารที่อยู่เหนือน้ำ จากตารางที่ 9.6

ตารางที่ 9.6 การสูญเสียระดับน้ำมากที่สุดที่จะยอมให้เกิดในท่อลอด 1/

ความลาดเทของก้นคู %	ระยะระหว่างท่อลอดกับอาคารที่อยู่เหนือน้ำ (เมตร)						
	100	100-200	200-300	300-400	400-500	500-600	600-700
0.2	1	1	1	1	2	2	2
0.3	1	1	1	2	2	2	4
0.4	1	1	2	2	4	4	6
0.5	1	2	2	4	4	6	6
0.6	1	2	2	4	6	6	6
0.7	1	2	4	6	6	6	6
0.8	1	2	4	6	6	6	6
1.0	2	4	6	6	6	6	6

1/ การสูญเสียระดับน้ำมากที่สุดที่ยอมให้เกิดจะมีค่าไม่เกิน 6 ซม. เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำที่ไหลออกจากท่อลอดเร็วเกินไปจนก่อให้เกิดการกัดเซาะ

4. หาขนาดของท่อลอดจากสมการ

$$Q = \mu A \sqrt{2g\,Z} \qquad 9.6$$

เมื่อ Q = บริมาณน้ำที่ไหลผ่านท่อลอด เป็น ม.^{3}/วินาที

μ = ส.ป.ส. การไหลผ่านท่อลอด ซึ่งมีค่าประมาณ 0.8

A = พื้นที่หน้าตัดของท่อลอด เป็น $ม.^2$

g = 9.81 ม./วินาที^{2}

Z = การสูญเสียระดับน้ำ (Head Loss) มีหน่วยเป็นเมตร

เพื่อความสะดวกอาจหาได้จากกราฟในรูปที่ 9.21

ตัวอย่างที่ 9.5 ให้หาขนาดของท่อลอดในคูส่งน้ำสายหนึ่งซึ่งมีความลาดเท 0.2 เปอร์เซนต์ น้ำไหลผ่านด้วยอัตรา 90 ลิตร/วินาที สมมุติว่าระยะระหว่างท่อลอดเท่ากับ 100 เมตร

จากตารางที่ 9.6 การสูญเสียระดับน้ำมากที่สุดที่ยอมให้เกิดได้ = 1 ซม.

จากสมการที่ 9.6; $Q = A\sqrt{2g\,Z}$

$$0.09 = 0.8\,\frac{\pi D^2}{4}\sqrt{2\times 9.81\times 0.01}$$

$$\therefore \quad D = 0.56 \approx 0.60$$

ต้องใช้ท่อลอดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.60 เมตร จึงจะไม่ก่อให้เกิดการยกระดับน้ำจนมีอิทธิพลต่อการไหลของน้ำผ่านท่อลอดที่อยู่ทางด้านเหนือน้ำ

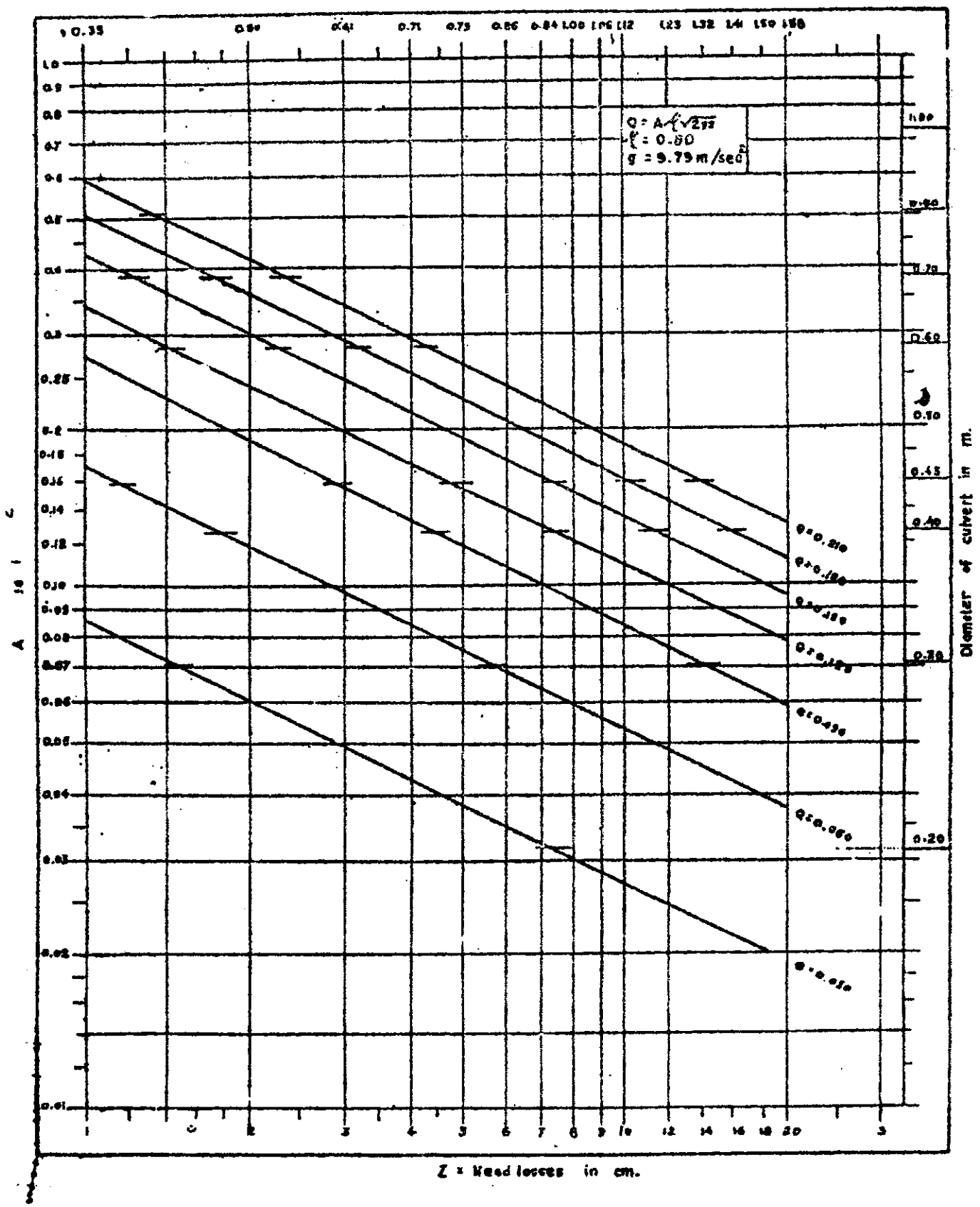
ในกรณีที่ต้องการรู้ว่าระดับน้ำที่ยกขึ้น (Backwater Curve) มีอิทธิพลไปได้ไกลเท่าใดสำหรับทางน้ำที่มีความลาดเท 0.2 ถึง 0.5 % อาจจะหาได้โดยรวดเร็วจากตารางที่ 9.7

(6) ท่อส่งน้ำเข้านาและท่อส่งน้ำเข้าคูแยกซอย (Farm Inlet และ Ditch Inlet)

ท่อส่งน้ำเข้านาเป็นส่วนสุดท้ายของระบบชลประทานในแปลงนาที่นำน้ำเข้าสู่แปลง ส่วนท่อส่งน้ำเข้าคูแยกซอยเป็นอาคารที่ทำหน้าที่รับน้ำเข้าสู่คูแยกซอย ในกรณีที่พื้นที่รับน้ำจากคูแยกซอยมีเนื้อที่ไม่มากนักไม่คุ้มที่จะใช้อาคารแบ่งน้ำ

ก. เกณฑ์การออกแบบ

1. พื้นที่รับน้ำคูแยกซอยน้อยกว่า 50 ไร่ ใช้ท่อส่งน้ำเข้าคูแยกซอย (Ditch Inlet) เป็นอาคารบังคับน้ำแทนอาคารแบ่งน้ำ



รูปที่ 9.21 กราฟสำหรับหาขนาดท่อลอดซึ่งยาวไม่เกิน 10 เมตร

รูปที่ 9.22 ทางแยกรูปกากบาท

ตารางที่ 9.7 อิทธิพลของระดับน้ำที่ยกตัวขึ้นเนื่องจากท่อลอดที่ระยะทางต่าง ๆ

Z* (ซม.)	ระยะทางนับจากท่อลอด เป็นเมตร											
	S = 0.2 %			S = 0.3 %			S = 0.4 %			S = 0.5 %		
	ความลึกของน้ำในคู (เมตร)			ความลึกของน้ำในคู (เมตร)			ความลึกของน้ำในคู (เมตร)			ความลึกของน้ำในคู (เมตร)		
	0.4	0.5	0.6	0.4	0.5	0.6	0.4	0.5	0.6	0.4	0.5	0.6
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	388	465	555	259	324	388	194	243	291	155	194	233
0.5	766	915	1155	511	638	766	383	479	575	306	383	460
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	412	498	711	275	332	474	206	249	356	165	199	284
1	908	963	1035	605	642	690	454	481	518	363	385	414
0.5	1268	1413	1575	845	942	1050	634	706	788	507	565	630
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	268	318	327	179	212	218	134	159	164	107	127	131
2	680	815	1038	453	543	692	340	408	519	272	326	415
1	1176	1280	1362	784	854	908	588	640	681	470	512	545
0.5	1536	1730	1902	1024	1154	1268	768	865	951	614	692	761

* สมมุติว่าการสูญเสียระดับน้ำในท่อลอดเท่ากับ 2, 4, 6 ซม. ตามลำดับ

2. ขนาดท่อใช้เส้นผ่าศูนย์กลาง 20 ซม.

3. ถือว่าท่อส่งน้ำเข้านาและท่อส่งน้ำเข้าคูแยกซอยท่อหนึ่ง ๆ มีปริมาณน้ำไหลผ่าน 30 ลิตร/วินาที

4. ท่อส่งน้ำเข้านาท่อหนึ่ง ๆ ให้ส่งน้ำให้พื้นที่ไม่เกิน 25 ไร่

5. ทุกแปลงกรรมสิทธิ์ต้องมีท่อส่งน้ำเข้านา 1 ท่อเป็นอย่างน้อย

6. ความยาวใช้ 3.00 เมตร สำหรับท่อที่ผังลอดคันคูน้ำ และ 7.00 เมตร สำหรับท่อที่ลอดทางลำเลียง

ข. <u>การติดตั้งอาคาร</u>

รูปที่ 9.22 แสดงการติดตั้งท่อส่งน้ำเข้านา โดยให้ปลายด้านคูส่งน้ำอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำใช้การเต็มที่ 5 ซม. และปลายด้านแปลงนาวางอยู่บนพื้นดิน ส่วนการติดตั้งท่อส่งน้ำเข้าคูแยกซอยเหมือนกับการติดตั้งท่อลอด

9.5.6 <u>ตัวอย่างการออกแบบจัดรูปที่ดิน</u>

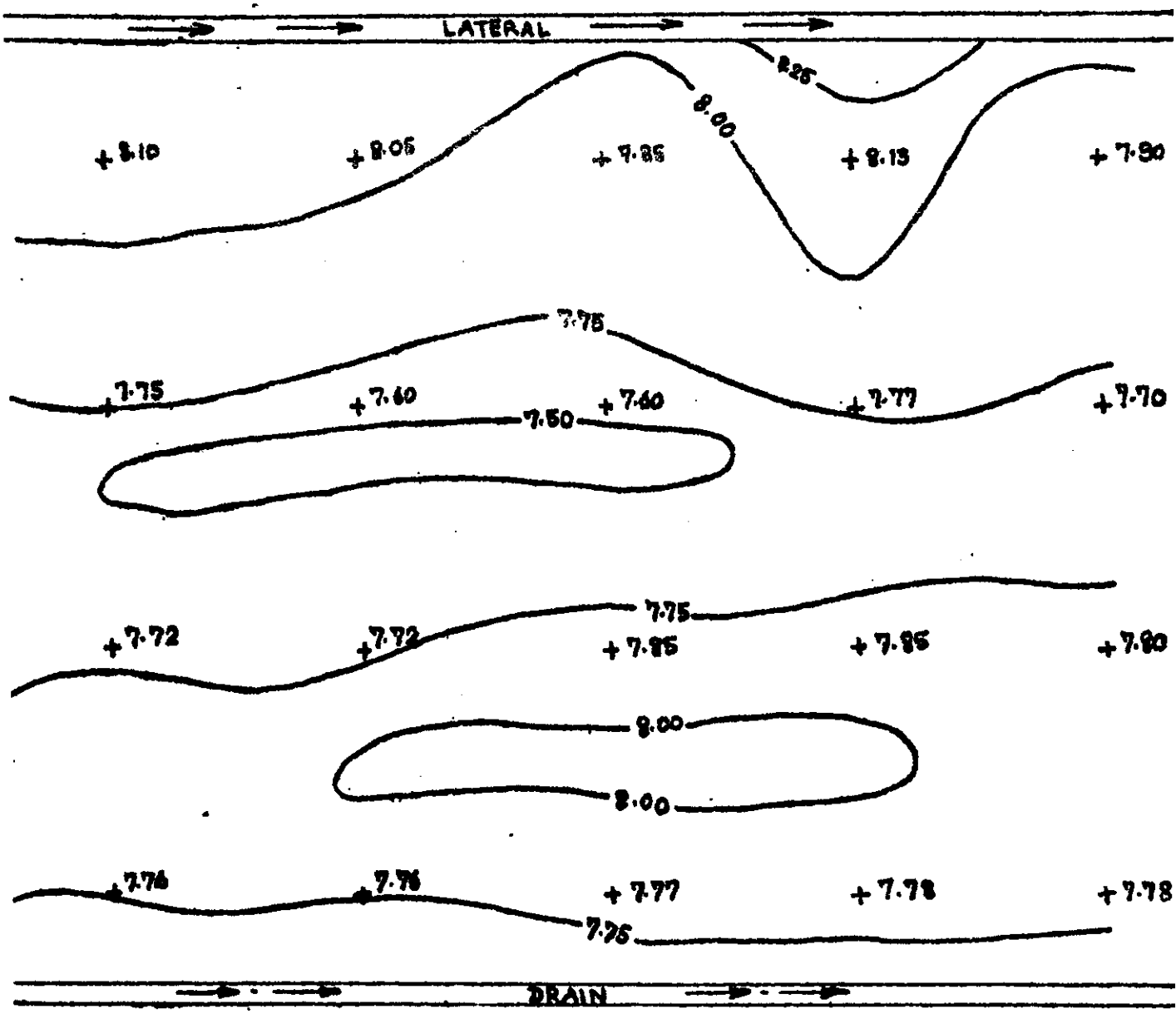
ตัวอย่างนี้จะแสดงการออกแบบจัดรูปที่ดินเป็นขั้น ๆ ตั้งแต่เริ่มแรกตามกฎเกณฑ์และวิธีการที่กล่าวมาแล้ว ดังแสดงในรูปที่ 9.23 ถึง 9.30 ดังนี้

1. รูปที่ 9.23 และ 9.24 เป็นแผนที่แสดงระดับดินและแปลงกรรมสิทธิ์ที่ดินเดิมซึ่งเป็นข้อมูลที่ต้องใช้ในการออกแบบ

2. รูปที่ 9.25 แสดงการวางแนวคูส่งน้ำ คูระบายน้ำ และทางลำเลียงลงในแผนที่ระดับดิน โดยพิจารณาจากสภาพภูมิประเทศ และเกณฑ์ในการวางแนวระบบชลประทาน

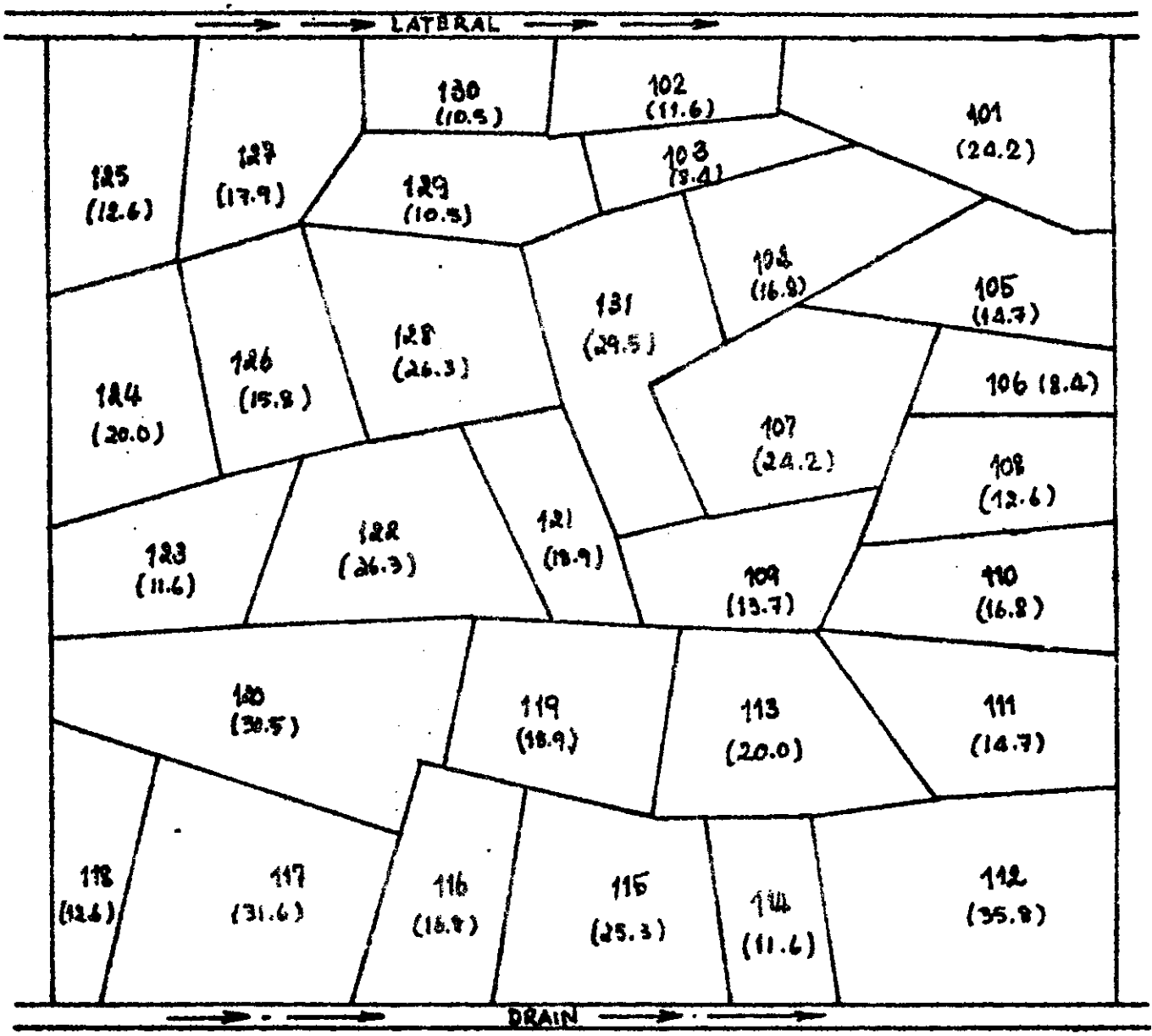
3. รูปที่ 9.26 เป็นการจำลองแนวคูส่งน้ำ คูระบายน้ำ และทางลำเลียงลงในแผนที่แปลงกรรมสิทธิ์ที่ดิน เพื่อนำเอาไปตรวจสอบแนวจริงในสนาม หากไม่เหมาะสมให้แก้ไขเท่าที่จำเป็น

4. รูปที่ 9.27 แสดงการออกแบบแปลงกรรมสิทธิ์ที่ดินใหม่ตามเกณฑ์ในการออกแบบแปลงกรรมสิทธิ์ (ในที่นี้หัก 5 % เป็นพื้นที่สาธารณะ) หลังจากนั้นจึงดำเนินการประชุมเกษตรกรเพื่อชี้แจงสภาพการถือครองใหม่เพื่อให้เกษตรกรลงนามยินยอมเพื่อจะได้ไม่มีปัญหาในภายหลัง



มาตราส่วน 1:4,000 8.00 Contour Line

รูปที่ 9.23 แผนที่ระดับดิน (Spot Height & Contour Map)

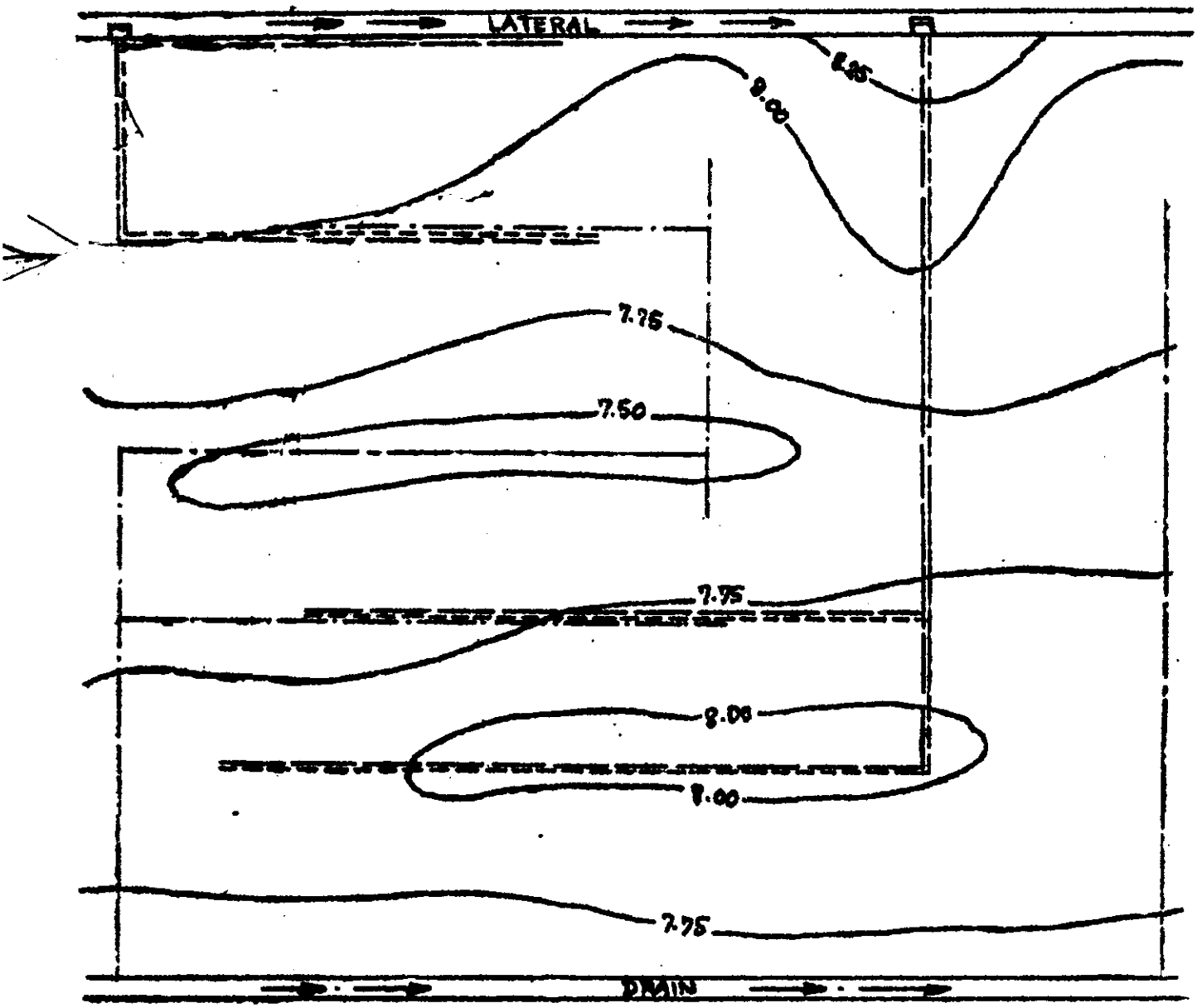


มาตราส่วน 1:4,000

101 หมายเลขแปลง

(24.2) จำนวนพื้นที่ (ไร่)

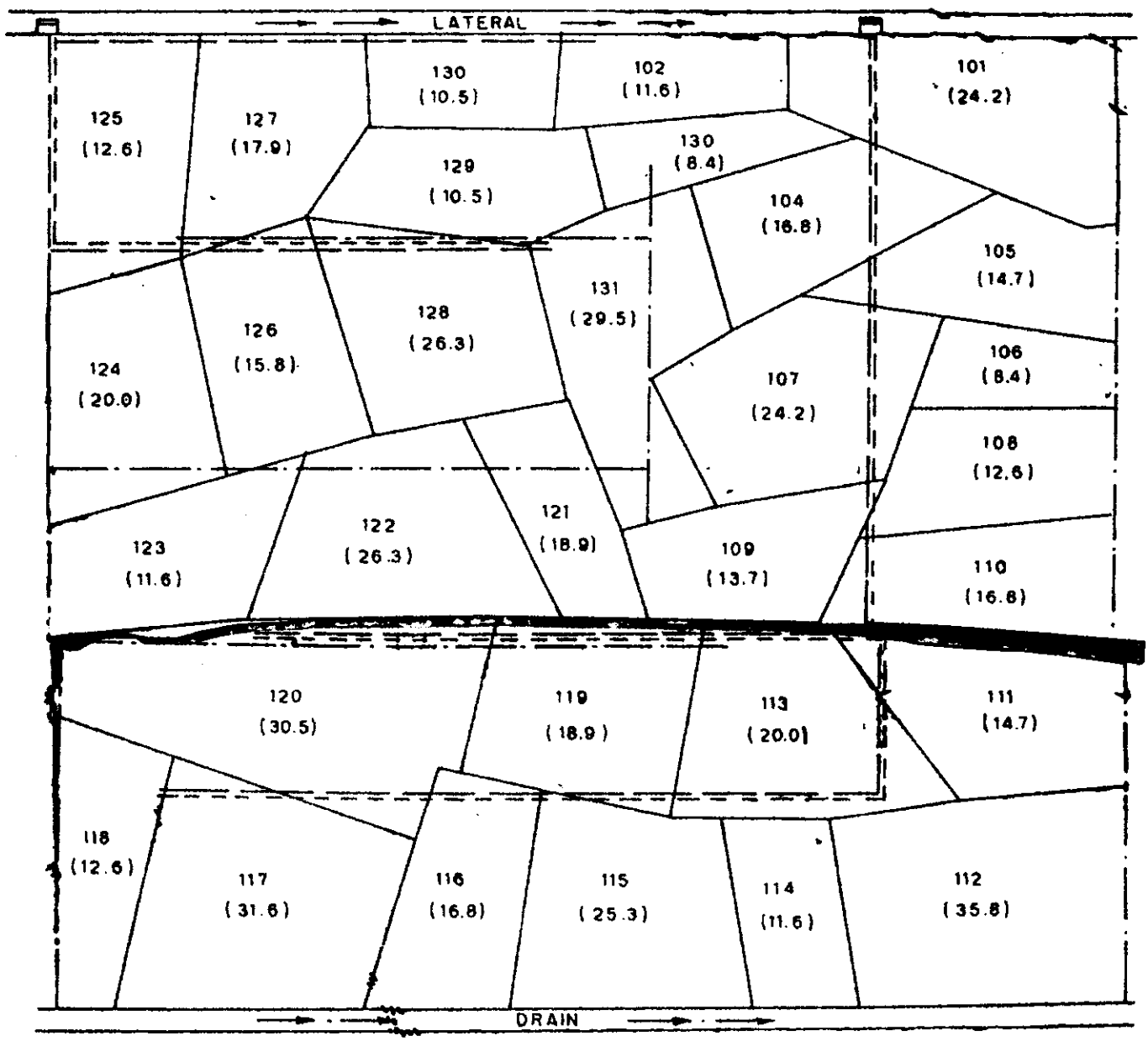
รูปที่ 9.24 แผนที่แปลงกรรมสิทธิ์ที่ดินเดิม



มาตราส่วน 1:4,000

— — — คูส่งน้ำ
— · — · — คูระบายน้ำ
. . . . . ทางลำเลียง
CHO

รูปที่ 9.25 แผนที่แสดงการวางแนวระบบชลประทานในแปลงนา

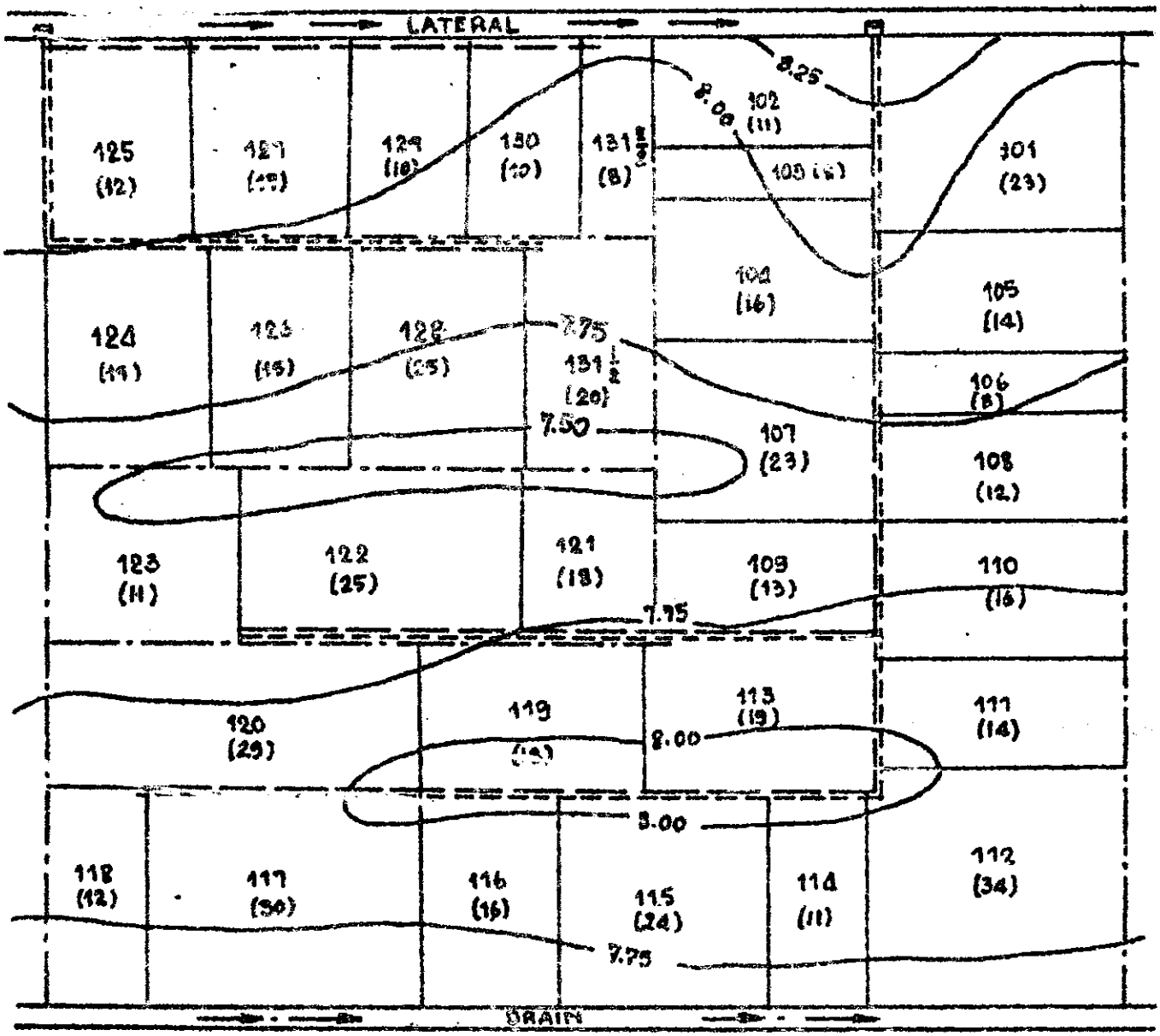


101 หมายเลขแปลง
(24.2) พื้นที่ (ไร่)

มาตราส่วน 1 : 4,000

— — — คูส่งน้ำ
— · — · — คูระบายน้ำ
— — — — ทางลำเลียง
CHO

รูปที่ 9.26 แผนที่แสดงระบบชลประทานและแปลงกรรมสิทธิ์ที่ดินเดิม



101 หมายเลขแปลง

(23) พื้นที่ (ไร่)

มาตราส่วน 1:4,000

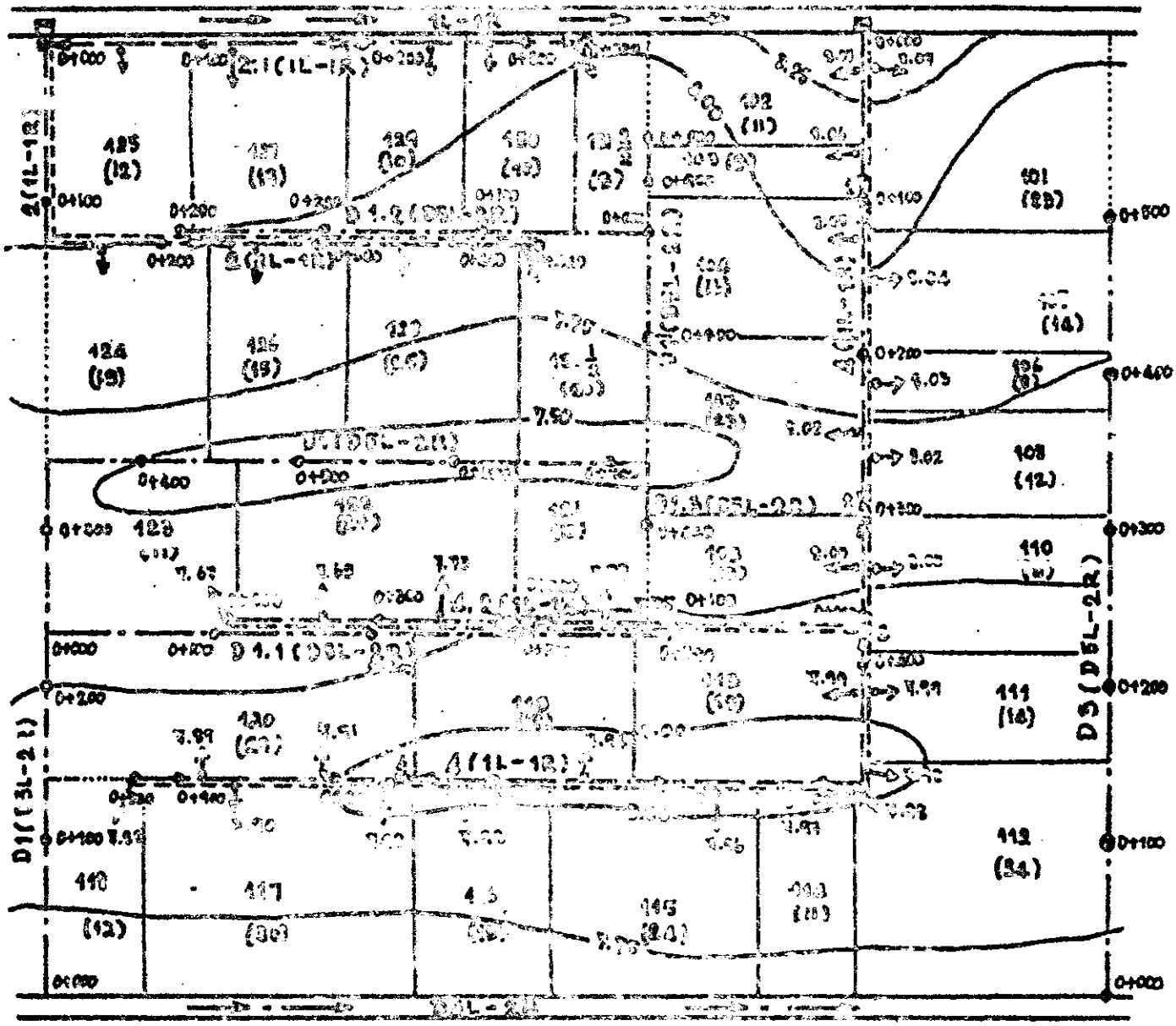
— — — คูส่งน้ำ

— · — · — คูระบายน้ำ

- - - - - - ทางลำเลียง

CHO

รูปที่ 9.27 แผนที่แสดงระบบชลประทานและแปลงกรรมสิทธิ์ที่ดินใหม่



101 หมายเลขแปลง มาตราส่วน 1:4,000 ——— ท่อส่งน้ำ

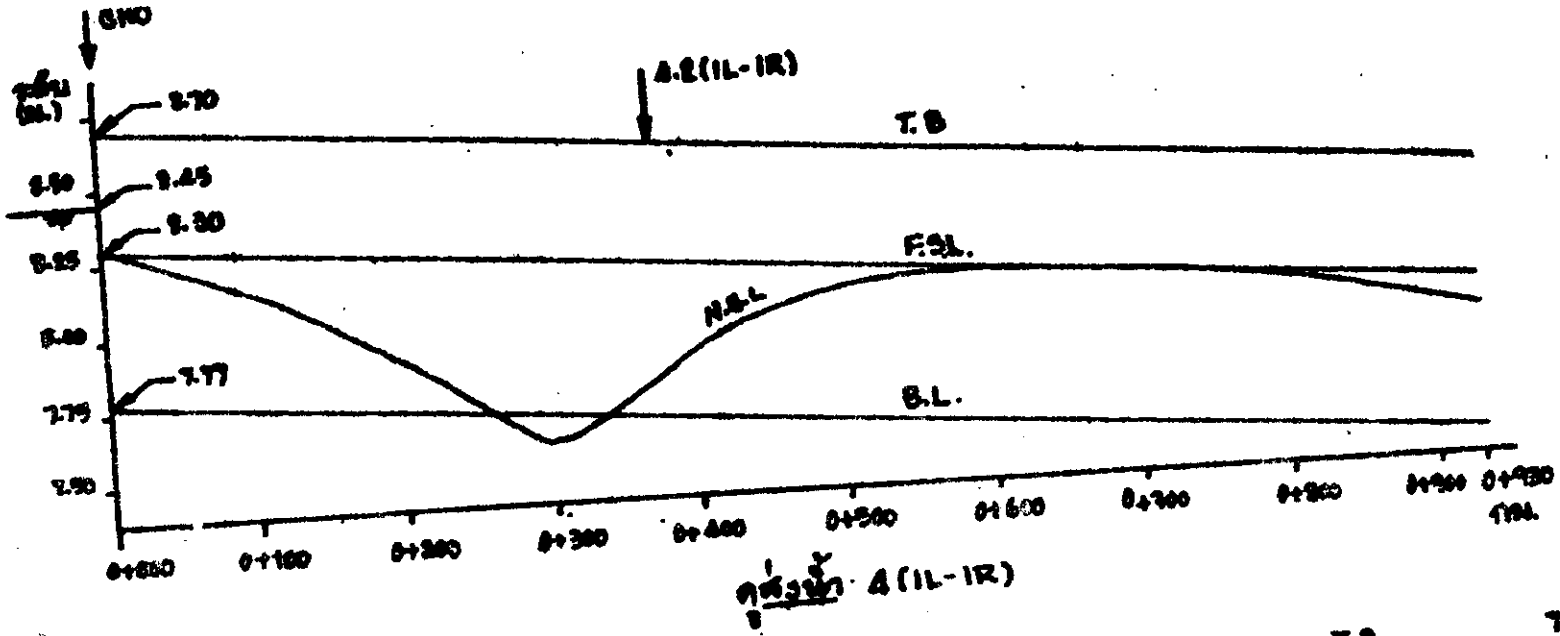
(23) พื้นที่ (ไร่) ——— ทางลำเลียง

8.07 ท่อส่งน้ำและระดับน้ำ CHO

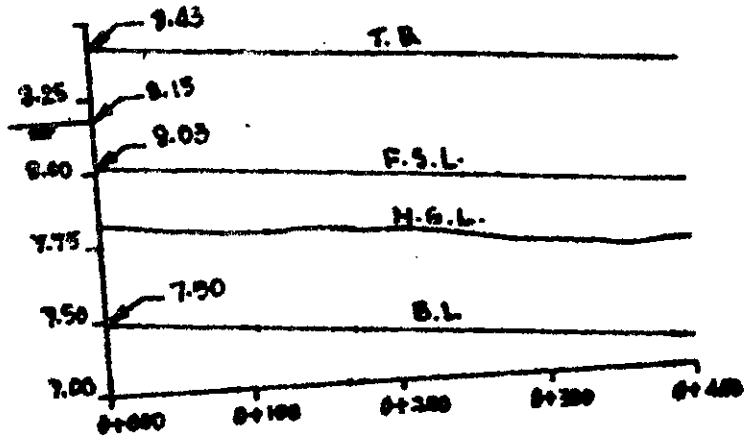
อาคารแบ่งน้ำ กม.

ท่อลอด

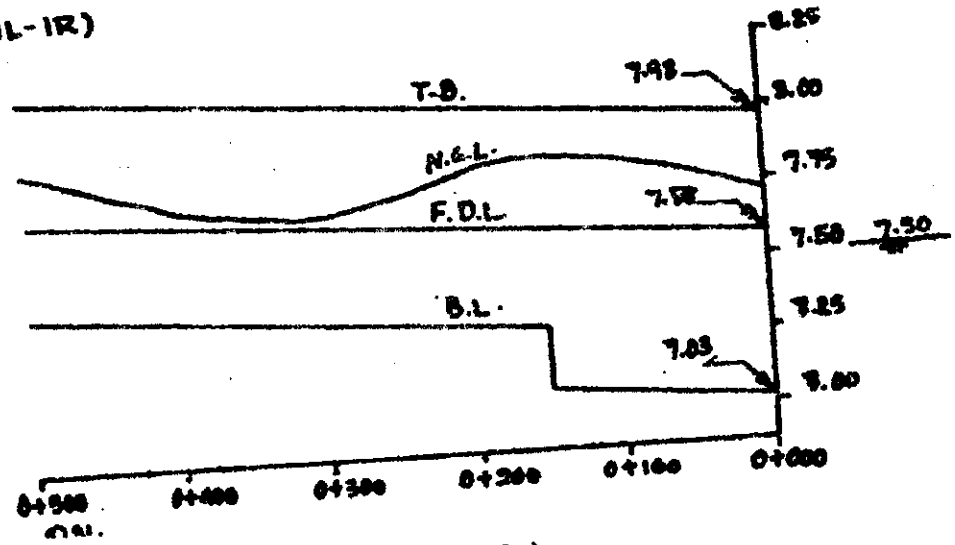
รูปที่ 9.2๑ การกำหนดขั้วส่งน้ำและหมายเลขแปลง



คูส่งน้ำ 4 (1L-1R)



คูส่งน้ำซอย 4.2 (1L-1R)



ทระบายน้ำ D3 (D5L-2R)

รูปที่ 9.29 แบบแสดงระดับดิน ลาดก้นคู และลาดผิวน้ำของคูน้ำ

5. รูปที่ 9.28 กำหนดชื่อคูส่งน้ำและคูระบายน้ำพร้อมทั้งลงหลักกิโลเมตร

6. รูปที่ 9.29 เขียนแนวระดับดินเดิมตามคูน้ำเพื่อการกำหนดความลาดเท ของก้นคู

7. รูปที่ 9.30 หาขนาดคูน้ำจากพื้นที่ที่คูแต่ละสายควบคุมอยู่ คำนวณมิติต่าง ๆ ของคูน้ำจากสูตรของ Manning แล้วนำไปเขียนลาดก้นคูและลาดผิวน้ำในรูปที่ 9.29

8. กำหนดจุดที่ตั้งอาคารควบคุมน้ำในคู เช่น อาคารรับน้ำปากคู อาคารแบ่งน้ำ อาคารอัดน้ำ อาคารน้ำตกอัดน้ำ ท่อลอด ท่อส่งน้ำเข้าแปลงนา และกำหนดระดับดินในแปลงตามแนวคูส่งน้ำลงในรูปที่ 9.28 พิจารณาคูส่งน้ำ 4(1L-1R) และ 4.2(1L-1R) ตามรูปที่ 9.28 จะต้องมีอาคารควบคุมน้ำดังต่อไปนี้

CHO เป็นอาคารควบคุมน้ำปากคูที่ กม. 0+000

ท่อลอด จำนวน 6 แห่ง เพื่อให้มีทางเข้าถึงแปลงนาทุกแปลง ทั้งนี้พิจารณาว่าแปลง 102 สามารถเข้าถึงได้โดยทางลำเลียงตามแนวคลองซอย 1L-1R

อาคารแบ่งน้ำ 1 แห่งที่ กม. 0+380 เพื่อแบ่งน้ำเข้าคูซอย 4.2(1L-1R)

ท่อส่งน้ำเข้านา 23 แห่งตามคูส่งน้ำ 4(1L-1R) และ 4 แห่งตามแนวคูส่งน้ำซอย 4.2(1L-1R)

จากการพิจารณาสภาพภูมิประเทศและแผนการส่งน้ำหมุนเวียนแล้วพบว่าเมื่อมีอาคารแบ่งน้ำที่ กม. 0+380 แล้ว ไม่จำเป็นต้องมีอาคารอัดน้ำในคูส่งน้ำ 4(1L-1R) และ 4.2(1L-1R) เพราะอาคารแบ่งน้ำจะทำหน้าที่เป็นอาคารอัดน้ำไปในตัว ซึ่งแผนการส่งน้ำหมุนเวียนสามารถจัดทำโดยการแบ่งพื้นที่หมุนเวียนของคูส่งน้ำ 4(1L-1R) ออกเป็น 3 หน่วยหมุนเวียนย่อยได้ดังนี้

$$Q = 90 \text{ ลิตร/วินาที}$$

$$X = \frac{90}{30} = 3$$

∴ แต่ละหน่วยหมุนเวียนย่อยจะประกอบด้วยชุดส่งน้ำ 3 ชุด

หน่วยหมุนเวียนย่อยที่ 1 ได้แก่พื้นที่ทางด้านเหนือน้ำของอาคารแบ่งน้ำ ซึ่งประกอบด้วยแปลงต่าง ๆ ดังนี้

หมายเลขแปลง	ขนาดแปลง (ไร่)	ชุดส่งน้ำ
101	23	1
102	11	1
103	8	2
104	16	2
105	14	1
106	8	2
107	23	3
108	12	3
109	13	3
110	16	2
	รวม 144 ไร่	

$$\therefore \quad Y = \frac{144}{3} = 48 \text{ ไร่}$$

หน่วยหมุนเวียนย่อยที่ 1 จะประกอบด้วยชุดส่งน้ำ 3 ชุด ๆ ละ 48 ไร่ ดังแสดงข้างบน

หน่วยหมุนเวียนย่อยที่ 2 ได้แก่พื้นที่ทางด้านท้ายน้ำของอาคารแบ่งน้ำ ซึ่งจะประกอบด้วยแปลงต่าง ๆ ดังนี้ .-

หมายเลขแปลง	ขนาดแปลง (ไร่)	ชุดส่งน้ำ
111	14	3
112	34 (2 ท่อ)	3
113	19	2
114	11	3
115	24	1
116	16	1
117	30 ท่อที่ 1-10 ไร่	3
	ท่อที่ 2-20 ไร่	2
118	12	2
119	18	2
120	29 (2 ท่อ)	1
	รวม 207 ไร่	

$$\therefore \quad Y = \frac{207}{33} = 69 \quad \text{ไร่}$$

หน่วยหมุนเวียนย่อยที่ 2 จะประกอบด้วยชุดส่งน้ำ 3 ชุด ๆ ละ 69 ไร่ ดังแสดงข้างบน

หน่วยหมุนเวียนย่อยที่ 3 ได้แก่พื้นที่ของคูส่งน้ำ 4.2 (1L-1R) โดยพิจารณาว่าอาคารแบ่งน้ำ กม. 0+380 สามารถแบ่งน้ำเข้าสู่คูสายนี้ได้ด้วยอัตรา 90 ลิตร/วินาที

หมายเลขแปลง	ขนาดแปลง (ไร่)	ชุดส่งน้ำ
121	18	1
122	25 ท่อที่ 1-18 ไร่	2
	ท่อที่ 2-7 ไร่	3
123	11	3
	รวม 54 ไร่	

70

$$\therefore \quad Y = \frac{54}{3} = 18 \quad \text{ไร่}$$

8. คำนวณมิติและระดับต่าง ๆ ของอาคาร แต่ในที่นี้ไม่ได้แสดงรายละเอียดไว้ เพราะเคยกล่าวถึงขั้นตอนการคำนวณออกแบบอาคารต่าง ๆ ไว้อย่างละเอียดแล้วในหัวข้อ 9.5.5

1. คูส่งน้ำ

(เกณฑ์การออกแบบคูส่งน้ำ 0.21 ลิตร/วินาที/ไร่)

ชื่อคู	กม.	Q ลิตร/วินาที	n	SS	S %	b ม.	d ม.	V ม./วินาที	F ม.
2(1L-1R)	0+000 ถึง 0+440	30	0.05	1:1	0.04	0.50	0.30	0.13	0.40
2.1(1L-1R)	0+000 ถึง 0+330	30	0.05	1:1	0.04	0.50	0.30	0.13	0.40
4(1L-1R)	0+000 ถึง 0+930	90	0.05	1:1	0.04	0.50	0.53	0.17	0.40
4.2(1L-1R)	0+000 ถึง 0+400	90	0.05	1:1	0.04	0.50	0.53	0.17	0.40

2. คูระบายน้ำ

(เกณฑ์การออกแบบคูระบายน้ำ 0.85 ลิตร/วินาที/ไร่)

ชื่อคู	กม.	Q ลิตร/วินาที	n	SS	S %	b ม.	d ม.	V ม./วินาที	F ม.
D1(D5L-2R)	0+000 ถึง 0+230	340	0.025	1:1	0.03	0.70	0.69	0.35	0.40
	0+230 ถึง 0+600	255	0.025	1:1	0.03	0.60	0.63	0.33	0.40
	0+600 ถึง 0+800	170	0.025	1:1	0.03	0.50	0.55	0.30	0.40
	0+800 ถึง 0+930	85	0.025	1:1	0.03	0.50	0.39	0.20	0.40
D1.1(D5L-1R)	0+000 ถึง 0+390	85	0.025	1:1	0.03	0.50	0.39	0.20	0.40
D1.2(D5L-2R)	0+000 ถึง 0+280	85	0.025	1:1	0.03	0.50	0.39	0.20	0.40
D1.3(D5L-2R)	0+000 ถึง 0+040	85	0+025	1:1	0.03	0.50	0.39	0.20	0.40
D3(D5L-2R)	0+000 ถึง 0+150	170	0+025	1:1	0.03	0.50	0.55	0.30	0.40
	0+150 ถึง 0+500	85	0.025	1:1	0.03	0.50	0.39	0.30	0.40

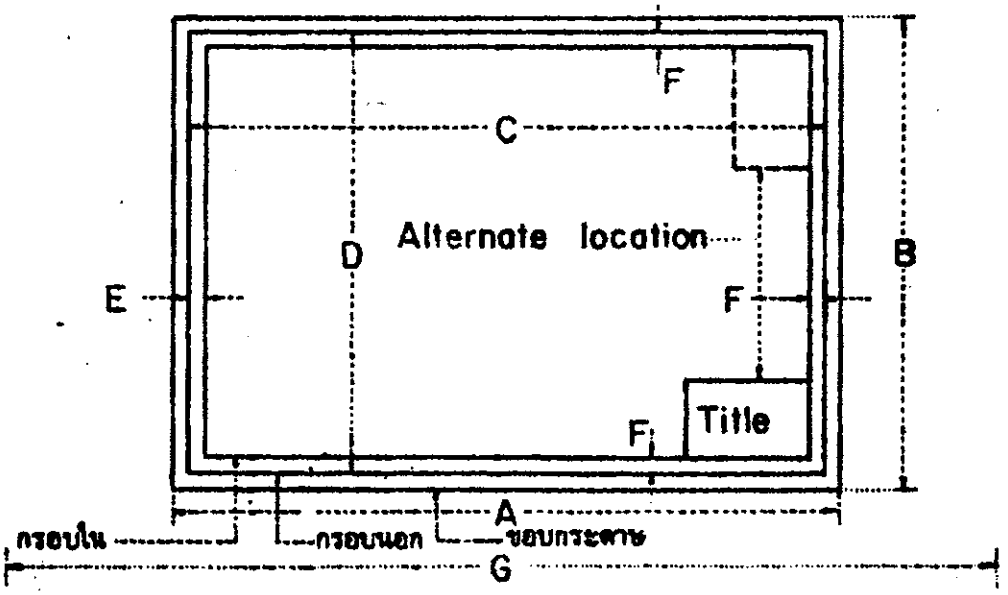
รูปที่ 9.30 การหาขนาดและมิติต่าง ๆ ของคูน้ำ

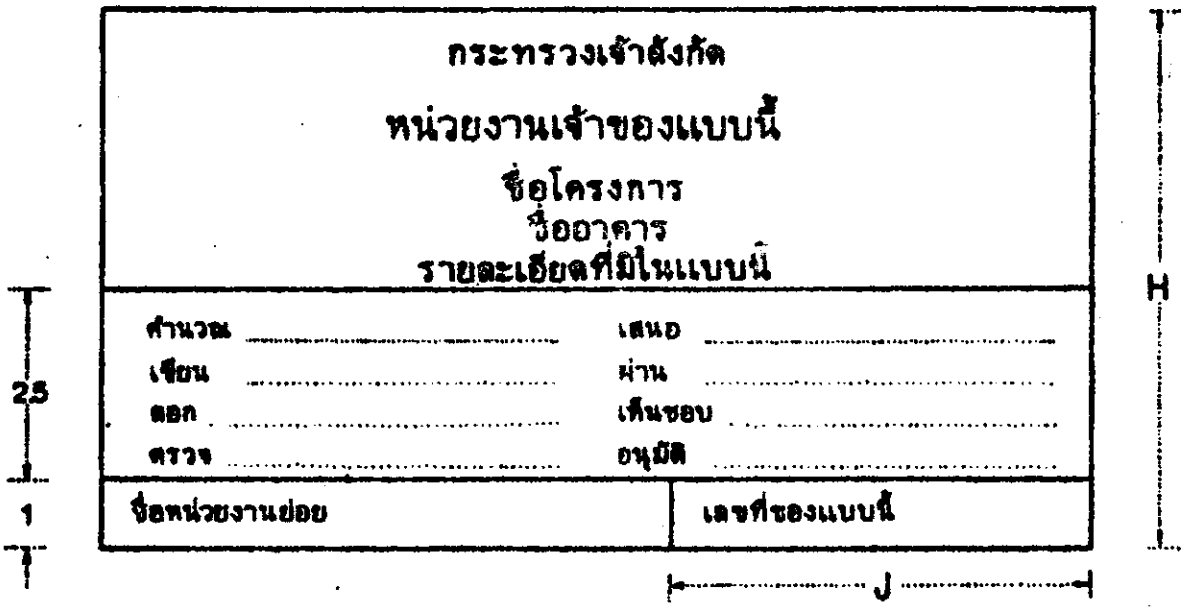
9-71

มาตรฐานการเขียนแบบ

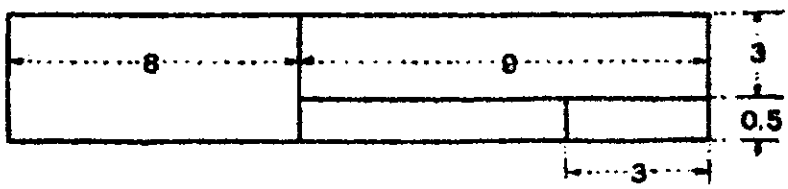
ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

ขนาดของ Drawings ขนาดต่าง ๆ





Dimensions in Centimeters									
Size	A	B	C	D	E	F	G	H	J
Full	109	78	105	75	4	2	15	10	6
Half	78	54.5	75	50	4	2	13.5	9	5
Quart	54.5	39	50	35	4	2	12	8	4
Eighth	39	27.25	35	25	2	1	-	-	-
Letter	26	27.25	20	25	2	1	-	-	-



Title block สำหรับขนาด Eighth และขนาด Letter

ชนิดและความหนาของเส้น

ชนิดของเส้น เส้นที่ใช้ในการเขียนแบบไม่ว่าจะเป็นเส้นหนาหรือเส้นบาง จะมีเส้นที่สำคัญอยู่ 4 ชนิดคือ

เส้นเต็ม (FULL LINE) ———————————

เส้นประ (DOTTED LINE) — — — — — — — —

เส้นลูกโซ่ (CHAIN LINE) ——— · ——— · ———

เส้นแฟนทอม (PHANTOM LINE) ——— · · ———

ความหนาของเส้น

(ก) ความหนาของเส้นที่เขียนด้วยปากกาเขียนแบบจะมี 9 ขนาดด้วยกันคือ

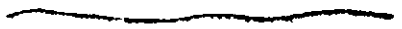
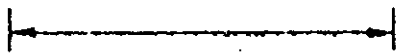
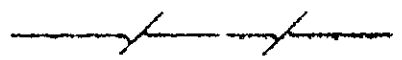
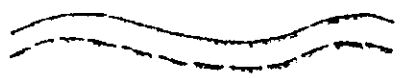
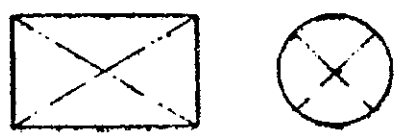
บรรทัดอักษร –	TEMPLATE –	0.13	ความหนาของเส้นที่ใช้ในแบบควรมีอัตราส่วน 1 : 2 : 4 หรือใกล้เคียงที่สุดเท่าที่จะทำได้ เช่น ใช้เส้นบาง 0.18, เส้นหนา 0.35 และเส้นหนามาก 0.70 เป็นต้น (การอธิบายต่อไปจะใช้อักษรย่อ ขนาดของบรรทัดอักษร = อ, ขนาดของปากกา = ป)
บรรทัดอักษร –	TEMP –	0.18	
บรรทัดอักษร 50–60	TEMP 80–100	0.25	
บรรทัดอักษร 120–140	TEMP 120–140	0.35	
บรรทัดอักษร 140–200	TEMP 175	0.50	
บรรทัดอักษร 200–240	TEMP 200	0.70	
บรรทัดอักษร 240–290	TEMP 240–290	1.00	
บรรทัดอักษร –	TEMP –	1.40	
บรรทัดอักษร –	TEMP –	2.00	

สำหรับบรรทัดอักษรไทยมีผู้ผลิตจำหน่ายใช้หมายเลขแตกต่างกันเช่น มีชนิดหมายเลข 50 ถึง 290 (ดังที่แสดงไว้) และ 80 ถึง 290 (เหมือนภาษาอังกฤษ) เป็นต้น ให้ใช้ทดแทนได้ตามความเหมาะสม

(ข) ความหนาของเส้นที่เขียนด้วยดินสอมี 3 ขนาดคือ

เส้นบาง	เส้นปานกลาง	เส้นหนัก

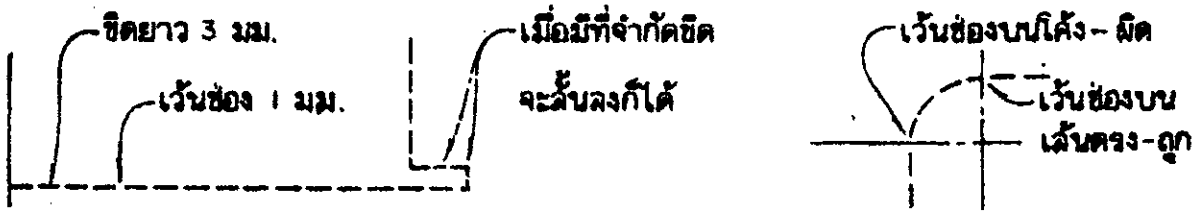
สัญลักษณ์และความหมายของเส้น

ความหนา	ชนิด	การแสดง
ป 0.50 ถึง 1.00		เหล็กเสริมคอนกรีต
		แนวเขต
		ขอบเขตระหว่างดินกับคอนกรีต
ป 0.50		การตัดรูป
ป 0.25 ถึง 0.35		รูปร่างอาคารหรือขอบเขตวัตถุที่มองเห็น
		รูปร่างของอาคารหรือวัตถุที่ถูกบดบัง
		เส้นย่นรูประยะสั้น
		เส้นหลักของเส้นชั้นขอบเขิน
ป 0.13 ถึง 0.18		เส้นศูนย์กลาง
		เส้นมิติและเส้นฉาย
		เส้นชี้บอก
		แนวที่อ้างอิง
		เส้นย่นรูประยะยาว
		เส้นชั้นขอบเขิน
		ส่วนข้างเคียงหรือส่วนเมื่อเลือกหรือแนวการเคลื่อนที่ของวัตถุ
		ความโค้ง
		ช่องเปิด

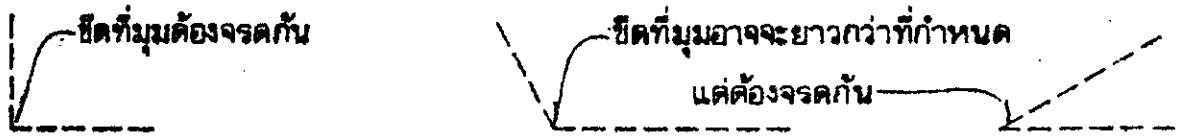
หลักการเขียนเส้นที่ถูกปิดบัง

เส้นที่แสดงรูปร่างของอาคารหรือวัตถุที่ถูกปิดบังต้องแสดงด้วยเส้นประ การเริ่มต้นและสิ้นสุดของเส้นประ มีหลักเกณฑ์ที่สำคัญดังนี้.

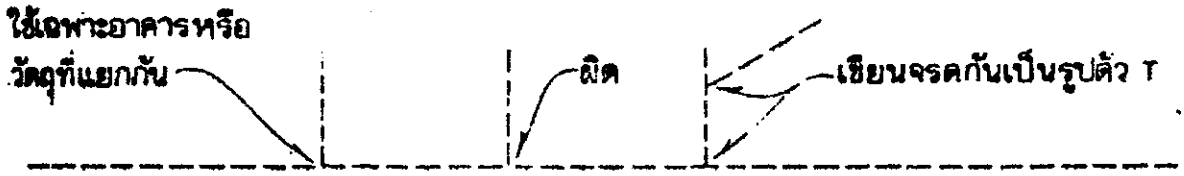
1. ลักษณะของเส้นประ คือ ขีดจะยาวประมาณ 3 มม. และเว้นช่องห่างประมาณ 1 มม. สลับกันอย่างสม่ำเสมอ ถ้าหากว่ามีที่จำกัดขีดอาจจะสั้นลงก็ได้ ตามความเหมาะสม



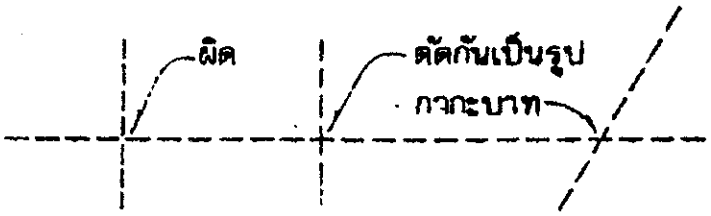
2. ที่มุมต่าง ๆ ขีดจะต้องจรดกัน และขีดที่มุมจะยาวกว่าที่กำหนดก็ได้



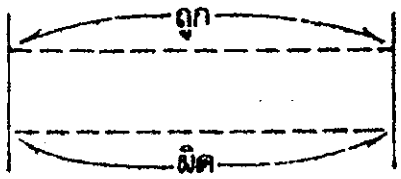
3. เมื่อแนวเส้นประใด ๆ ตั้งบนเส้นประอีกเส้นหนึ่ง ให้เขียนจรดกันเป็นรูปตัว T



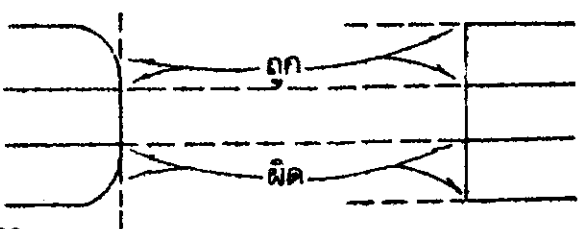
4. เมื่อแนวเส้นประตัดกันให้เขียนขีดตัดกันเป็นรูปกากะบาท



5. เมื่อเส้นประเริ่มต้นหรือสิ้นสุดที่เส้นทึบ ให้ขีดจรดกับเส้นทึบ



6. เมื่อเส้นทึบพบกันแล้วต่อยืดไปอีกเป็นเส้นประ เส้นประนี้จะต้องเริ่มด้วยเว้นช่อง ในทำนองเดียวกัน เมื่อเส้นประพบกับเส้นทึบ แล้วต่อยืดไปอีกเป็นเส้นทึบ แนวของเส้นประก่อนที่จะพบเส้นทึบนี้ต้องเว้นช่อง



เส้นชี้บอก (LEADER LINE)

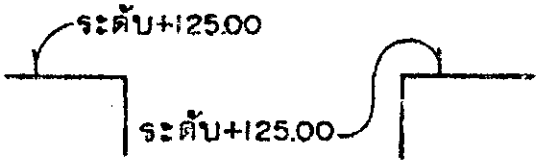
1. การบอกระดับน้ำ

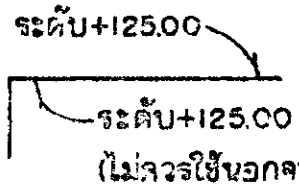
ให้เขียนลัญลักษณ์ผิวน้ำและใช้รูปสามเหลี่ยม ▽ สูง 3 มม. ชี้ที่เส้นระดับ

ในกรณีที่ไม่สะดวกที่จะบอกค่าระดับใกล้กับเส้นระดับผิวน้ำก็ให้ใช้เส้นโยงได้

2. การบอกระดับในรูปด้านหรือรูปตัด

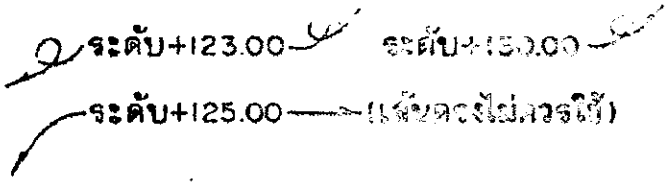
ให้เขียนลูกศร (ชนิดหัวกริ่งเดียว) อยู่เหนือแนวระดับที่จะบอก และให้ปลายลูกศรจรดและตั้งฉาก (หรือเกือบตั้งฉาก) กับแนวระดับนั้นๆ

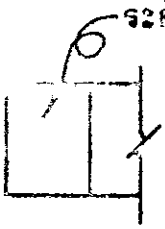




(ไม่ควรใช้บอกจากเป็นการบอกระดับผิวน้ำเพดานเท่านั้น)

3. การบอกระดับในแปลน





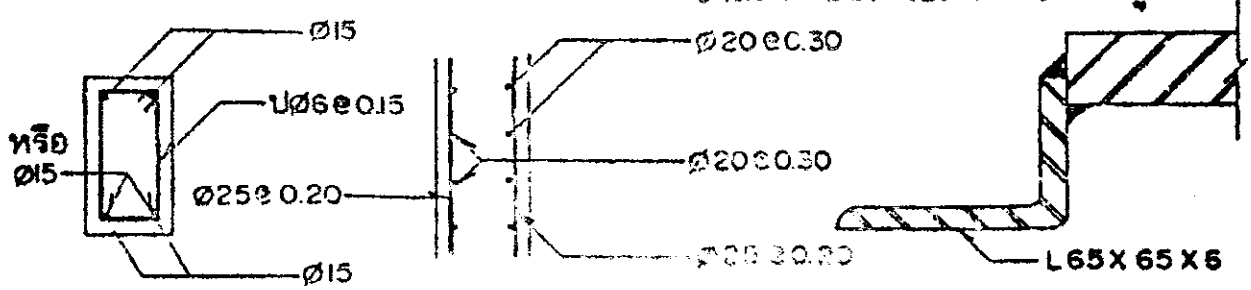
(ขมวดวงกลมหมายถึงทั่วทั้งบริเวณมีระดับเท่ากัน)

4. การบอกทั่วๆไป บอกวัตถุหรือชี้อธิบายลักษณะของอาคาร

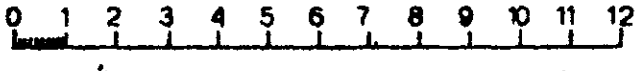
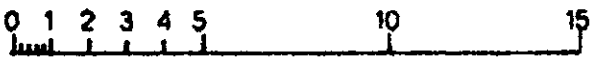
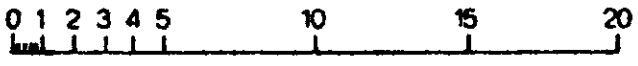
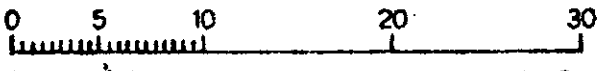
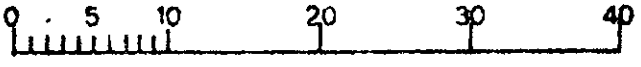
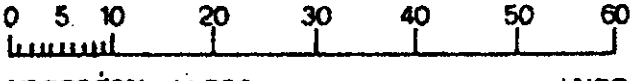
เส้นชี้นำเป็นเส้นโค้ง : ใช้เมื่อเป็นการชี้บอกทั่วๆไป

เส้นชี้นำเป็นเส้นตรง : ใช้เมื่อเป็นการชี้บอกวัสดุที่เป็นเหล็กเท่านั้น (แต่อาจจะใช้เป็นเส้นโยงบอกคำอธิบายก็ได้ หากว่าข้อความอธิบายนั้น มีระยะไกลจากจุดที่ชี้)

เส้นชี้นำเป็นเส้นตรงและไม่มีลูกศร : ใช้สำหรับชี้เหล็กจุด เมื่อมีความจำเป็นต้องข้ามเหล็กเส้น (หรือเหล็กนอน) ที่อยู่ติดกัน



เส้นเทียบมาตราส่วนของแบบวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม

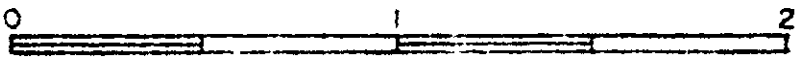
แบบอย่างเส้นเทียบมาตราส่วน	ขนาดของมาตราส่วน
มาตราส่วน 1:100 เมตร	1:1 , 1:10 , 1:100 , 1:1,000 ฯลฯ
มาตราส่วน 1:125 เมตร	1:1.25 , 1:12.5 , 1:125 , 1:1,250 ฯลฯ
 มาตราส่วน 1:150 เมตร	1:1.5 , 1:15 , 1:150 , 1:1,500 ฯลฯ
 มาตราส่วน 1:200 เมตร	1:2 , 1:20 , 1:200 , 1:2,000 ฯลฯ
 มาตราส่วน 1:250 เมตร	1:2.5 , 1:25 , 1:250 , 1:2,500 ฯลฯ
มาตราส่วน 1:300 เมตร	1:3 , 1:30 , 1:300 , 1:3,000 ฯลฯ
 มาตราส่วน 1:400 เมตร	1:4 , 1:40 , 1:400 , 1:4,000 ฯลฯ
 มาตราส่วน 1:500 เมตร	1:5 , 1:50 , 1:500 , 1:5,000 ฯลฯ
มาตราส่วน 1:600 เมตร	1:6 , 1:60 , 1:600 , 1:6,000 ฯลฯ
 มาตราส่วน 1:750 เมตร	1:7.5 , 1:75 , 1:750 , 1:7,500 ฯลฯ

หมายเหตุ

1. เส้นเทียบมาตราส่วนจะต้องระบุขนาดมาตราส่วนและชนิดของมิติ แบบอย่างที่แสดงเป็นขนาดที่ให้ขีดเส้นไว้ในแต่ละชุดมาตราส่วน ถ้าจะใช้ขนาดที่แตกต่างจากที่แสดงไว้ก็ให้เพิ่มหรือลดหลักทศนิยมโดยไม่ต้องเปลี่ยนแปลงความยาวเส้นเทียบมาตราส่วน
2. ให้เลือกมาตราส่วนและเขียนเส้นเทียบมาตราส่วนในแบบผังบริเวณ แปลนคลองส่งน้ำ คลองระบายน้ำ ถนนและคันกั้นน้ำ
3. แบบอาคารทุกประเภท รูปตัดตามขวางและตามยาวของคลองส่งน้ำ คลองระบายน้ำ ถนนและคันกั้นน้ำ ให้บอกแต่เพียงมาตราส่วนโดยไม่ต้องเขียนเส้นเทียบมาตราส่วน

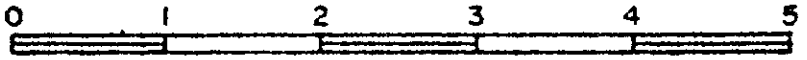
เส้นเทียบมาตราส่วนของแผนที่

มาตราส่วน 1 : 20,000



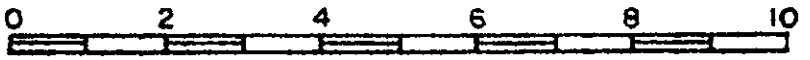
กิโลเมตร

มาตราส่วน 1 : 50,000



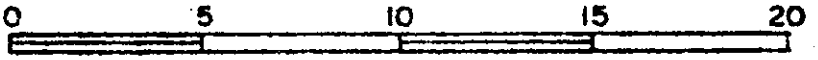
กิโลเมตร

มาตราส่วน 1 : 100,000



กิโลเมตร

มาตราส่วน 1 : 200,000



กิโลเมตร

มาตราส่วน 1 : 50,000

กิโลเมตร

หมายเหตุ

1. ใช้มาตราส่วนที่ละตวกและเหมาะสม เส้นเทียบมาตราส่วนควรเขียนยาว 10 เซนติเมตร และหนา 2 มิลลิเมตร ยกเว้นแผนที่ขนาดเล็กควรเขียนให้ยาวเพียง 6 เซนติเมตร แต่ความหนา 2 มิลลิเมตร เช่นกัน
2. เส้นเทียบมาตราส่วนของแผนที่ควรเขียนไว้เหนือกรอบขื่อแบบ

ขนาดอักษรอังกฤษเขียนด้วยบรรทัดอักษร

ส 290, ป 1.00

A B C D E F G H I J K L M N O P Q

R S T U V W X Y Z 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

ส 240, ป 1.00

A B C D E F G H I J K L M N O P Q

R S T U V W X Y Z 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

ส 200, ป 0.70

A B C D E F G H I J K L M N O P Q

R S T U V W X Y Z 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

ส 175, ป 0.50

A B C D E F G H I J K L M N O P Q

R S T U V W X Y Z 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

ส 140, ป 0.35

A B C D E F G H I J K L M N O P Q

R S T U V W X Y Z 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

ส 120, ป 0.35

A B C D E F G H I J K L M N O P Q

R S T U V W X Y Z 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

ส 100, ป 0.25

A B C D E F G H I J K L M N O P Q

R S T U V W X Y Z 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

ส 80, ป 0.25

A B C D E F G H I J K L M N O P Q

R S T U V W X Y Z 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

ขนาดพยัญชนะอักษรไทยเขียนด้วยบรรทัดอักษร

อ 290, ป 100

ก ข ค ฆ ง จ ฉ ช ซ ฌ ญ ฎ ฏ ฐ
ฑ ฒ ณ ด ต ถ ท ธ น บ ป ผ ฝ พ
ฟ ภ ม ย ร ล ว ศ ษ ส ห ฬ อ ฮ

อ 240, ป 100

ก ข ค ฆ ง จ ฉ ช ซ ฌ ญ ฎ ฏ ฐ

อ 240, ป 0.70

ก ข ค ฆ ง จ ฉ ช ซ ฌ ญ ฎ ฏ ฐ

อ 200, ป 0.70

ก ข ค ฆ ง จ ฉ ช ซ ฌ ญ ฎ ฏ ฐ

อ 200, ป 0.50

ก ข ค ฆ ง จ ฉ ช ซ ฌ ญ ฎ ฏ ฐ

อ 140, ป 0.50

ก ข ค ฆ ง จ ฉ ช ซ ฌ ญ ฎ ฏ ฐ ท

อ 140, ป 0.35

ก ข ค ฆ ง จ ฉ ช ซ ฌ ญ ฎ ฏ ฐ ท

อ 120, ป 0.35

ก ข ค ฆ ง จ ฉ ช ซ ฌ ญ ฎ ฏ ฐ ท

อ 60, ป 0.25

ก ข ค ฆ ง จ ฉ ช ซ ฌ ญ ฎ ฏ ฐ ท
ฑ ฒ ด ต ถ ท ธ น บ ป ผ ฝ พ ฟ ภ
ม ย ร ล ว ศ ษ ส ห ฬ อ ฮ

อ 50, ป 0.25

ก ข ค ฆ ง จ ฉ ช ซ ฌ ญ ฎ ฏ ฐ ท

หมายเหตุ ขนาดพยัญชนะที่แสดงเป็นชนิดบรรทัดอักษรหมายเลข 50 ถึง 290 สำหรับชนิดที่แตกต่าง ให้ใช้ทดแทนได้ตามความเหมาะสม

สระ วรรณยุกต์ เครื่องหมายวรรคตอนและตัวเลขไทย

รูปสระมี ๒๑ รูป

ะ า ิ ุ ู เ โ ใ ไ ' "

◌ ◌์ ◌ั ฤ ฤา ฦ ฦา ย ว อ

เสียงสระมี ๓๒ เสียง

อะ อา อิ อี อึ อื อุ อู

เอะ เอ แอะ แอ โอะ โอ เอาะ ออ

เออะ เออ เอียะ เอีย เอือะ เอือ อัวะ อัว

ฤ ฤา ฦ ฦา อำ ใอ ไอ เอา

วรรณยุกต์มี ๔ รูป

◌่ ◌้ ◌๊ ◌๋

เครื่องหมายวรรคตอน(ที่มีอยู่ในบรรทัดอักษร)

◌์ ๆ ฯ ฯลฯ . , ; ? ! “ ” ..... ”

ตัวเลข

๑ ๒ ๓ ๔ ๕ ๖ ๗ ๘ ๙ ๐

ตัวอย่างการใช้อักษรไทยขนาดต่างๆ

บรรทัดอักษร และปากกา	ตัวอย่างที่ใช้ในการเขียนแบบ
อ 50, ป 0.25	(ใช้แทน อ 60, ป 0.25 ในกรณีที่มีเนื้อที่แคบและจำกัด)
อ 60, ป 0.25	ใช้เขียนการอธิบายทั่วไป ข้อกำหนดในหมายเหตุ รายการในแบบ-ประกอบ มาตราส่วนใต้เส้นเทียบระยะ ผู้ดำเนินการและหน่วยงานในกรอบชื่อแบบ เช่น เหมือนกันทั้งลองข้างของ ℄ , ดูรูปขยาย " 1 ", ระดับดินเดิม, ความหนาเปลี่ยนแปลง , ปลูกหญ้า , แนวดินขุด , ระดับเปลี่ยน-แปลง , พอกมุม 0.15 , มิติเป็นเมตรนอกจากแสดงไว้เป็นอย่างอื่น ลบมุมอาคารส่วนที่มองเห็นได้ 2 ซม. , มาตราส่วน 1:100 เมตร ออกแบบ เขียน ลอก ตรวจ เสนอ ผ่าน เห็นชอบ ผอบ. อนุมัติ อธช กองออกแบบ วันที่ รายการแก้ไข ครั้งที่ เป็นต้น
อ 120 , ป 0.35	ใช้เขียนชื่อกรมชลประทานในกรอบชื่อแบบ มาตราส่วนใต้รูปต่างๆ ชื่อจังหวัดที่อยู่ใต้บรรทัดชื่อโครงการ เช่น กรมชลประทาน , มาตราส่วน 1 : 20 , จ. นครศรีธรรมราช เป็นต้น
อ 140 , ป 0.35	ใช้เขียนชื่อแบบที่บรรทัดล่างสุด เพื่อบอกการแสดงของแบบในกรอบชื่อแบบและหัวเรื่องของรายการต่างๆ เช่น การเสริมเหล็ก , แปลนและรูปตัดทั่วไป , รูปตัดและรายละเอียด , แปลนพื้นชั้นล่าง , การเสริมเหล็กฐานรากและคาน , รายการวัสดุ , หมายเหตุ , แบบประกอบ เป็นต้น
หมายเหตุ	ขนาดพยัญชนะที่แสดงเป็นชนิดบรรทัดอักษรหมายเลข 50 ถึง 290 สำหรับชนิดอื่นที่แตกต่าง ให้ใช้ทดแทนได้ตามความเหมาะสม

ตัวอย่างการใช้อักษรไทยขนาดต่าง ๆ (ต่อ)

บรรทัดอักษรและปากกา	ตัวอย่างที่ใช้ในการเขียนแบบ
อ 140, ป 0.50	(ใช้แทน อ 200, ป 0.50 ในกรณีที่ชื่อโครงการและชื่อจังหวัดในกรอบชื่อแบบเป็นชื่อยาว จำเป็นต้องให้ตัวอักษรเล็กลงบ้าง)
อ 200, ป 0.50	ใช้เขียนชื่อโครงการหรือชื่อจังหวัดในบรรทัดเดียวกับชื่อโครงการ และหมายเลขแบบขนาด A4 ในกรอบชื่อแบบ ใช้เขียนบอกชื่อของรูปต่าง ๆ โครงการพัฒนาลุ่มน้ำคลองลังข์ โครงการน้ำพอง จ. ขอนแก่น รูปตัดตามยาว, รูปตั้งด้านหน้า, รูปตัด ก-ก, รูปตัด ข-ข, แปลน, รูปขยาย "ก", 39002 ก4 เป็นต้น
อ 200, ป 0.70	(ใช้แทน อ 240, ป 0.70 ในกรณีที่ชื่อประเภทของงาน หรือชื่ออาคาร-ในกรอบชื่อแบบเป็นชื่อยาว จำเป็นต้องให้ตัวอักษรเล็กลงบ้าง)
อ 240, ป 0.70	ใช้เขียนบอกประเภทของงาน หรือชื่ออาคารในกรอบชื่อแบบ เช่น คลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งซ้าย ทางระบายน้ำฉุกเฉิน ทางระบายน้ำล้น คลองซอย 12ซ-1ซ ทำนบดิน เป็นต้น
อ 240, ป 1.00	ใช้เขียนหมายเลขแบบในแบบ A0 ถึง A3 เช่น 77802 ก2
อ 290, ป 1.00	ใช้เขียนในงานแผนที่ขนาดใหญ่

อักษรย่อภาษาไทยที่ใช้ในแบบ

กก.	กิโลกรัม	ป	เหล็กปลอก
กม.	กิโลเมตร	ปตร.	ประตูระบาย
ข	ขวา	ปผน.	ประตูส่งน้ำ
คม.	เหล็กคอม้า	ม.	เมตร
ค.ส.ม.	คอนกรีตเสริมเหล็ก	ม^2.	ตารางเมตร
ค.อ.ว.	คอนกรีตอัดแรง	ม^3.	ลูกบาศก์เมตร
จ.	จังหวัด	มม.	มิลลิเมตร
ต.	ตำบล	มอก.	มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
ช.ม.	ชั่วโมง	ร.	คลองระบายน้ำ
ชป.	ชลประทาน (กรม)	ร.ก.ก.	ระดับน้ำทะเลปานกลาง
ซ	ซ้าย	ร.น.ก.	ระดับน้ำเก็บกัก
°ซ	องศาเซลเซียล (เซ็นติเกรด)	ร.น.ต.	ระดับน้ำต่ำสุด
ซม.	เซ็นติเมตร	ร.น.น.	ระดับน้ำนอง
ซม.^{2}	ตารางเซ็นติเมตร	ร.น.ส.	ระดับน้ำสูงสุด
ซม.^{3}	ลูกบาศก์เซ็นติเมตร	ร.ส.ม.	ระดับสมมติ
ด.พ.	ความถ่วงจำเพาะ	รพส	ระดับชั้นผิวสำเร็จ
ทรบ.	ท่อระบาย	ว.ส.ท.	วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย
ทสน.	ท่อส่งน้ำ	อ.	อำเภอ
นน.	น้ำหนัก		

สัญลักษณ์ในแบบสเก็ตช์ความ

(น1) , (น2) ชนิดของหน้าต่าง , ชนิดของผนัง

(ป1) , (ป2) ชนิดของประตู [ล1] , [ล2] ชนิดของหลังคาหรือชายคา

[พ2.5] , [พ4] ชนิดของพื้น

อักษรย่อภาษาอังกฤษที่ใช้ในแบบ

AND	&	AT (SPACING)	@
BENCHMARK	B.M.	BROAD CRESTED WEIR	BCW
CENTERLINE	℄	CONSTRUCTION	CONSTR.
CENTER TO CENTER	C to C	CONTRACTION	CONTR.
CONCRETE	CONC.	CONSTANT HEAD ORIFICE	CHO
DIAMETER	DIA.	DRAWINGS	DWG(S).
DITTO	DO.		
ELEVATION	EL.	EXPANSION	EXP.
FIGURE	FIG.		
GALVALNIZED	GALV.		
HORIZONTAL	HORIZ.	HEXAGONAL	HEX.
INSIDE DIAMETER	I.D.		
JOINT	JT.		
LIVE LOAD	L.L	LEFT MAIN CANAL	LMC
LONGITUDINAL	LONG.		
MAXIMUM	MAX.	MINIMUM	MIN.
MEAN SEA LEVEL	M.S.L.	MODIFIED PROCTOR COMPACTION TEST MOD.	P.C.T.
NUMBER	NO.OR #	NATURAL GROUND LINE	N.G.L.
OUTSIDE DIAMETER	O.D.	OPERATION AND MAINTENANCE	O & M
PERCENT	%	POLYVINYL CHLORIDE	PVC
PLATE	PL OR ▭		
REINFORCEMENT	REINF.	RIGHT OF WAY	R.O.W.
REQUIRED	REQ'D	RIGHT MAIN CANAL	RMC
REVISION	REV.	ROYAL IRRIGATION DEPARTMENT	R.I.D.
SQUARE	sq	SYMMETRICAL	SYMM.
STATION	STA.	STANDARD PROCTOR COMPACTION TEST	S.P.C.T.
TRANSVERSE	TRANSV.	THICKNESS	THK.

อักษรย่อภาษาอังกฤษที่ใช้ในแบบ

TYPICAL	TYP.	THAI INDUSTRIAL STANDARD		TIS.
VERSUS	VS.	VOLUME		VOL.
VERTICAL	VERT.			
WEIGHT	WT.			
UNIT				
MILLIMETER	mm	CELCIUS		C.
CENTIMETER	cm	HECTARE		ha
METER	m			
KILOMETER	Km			
KILOGRAM	Kg	SQUARE METER		sq m
HOUR	hr	CUBIC METER		cu m
DEGREE	O			
MINUTE	Min (OR')			
SECOND	Sec (OR ")			
CUBICMETER PER SECOND	cms			
CURVE AND BEND				
RADIUS	R			
POINT OF INTERSECTION	P.I.			
BEGINNING OF CURVE	B.C.			
ENDING OF CURVE	E.C.			
DEFLECTION ANGLE	I			
TANGENT LENGTH	T.L.			
LENGTH OF CURVE	L.C.			
HYDRAULIC				
UPSTREAM	U/S			
DOWNSTREAM	D/S			
FULL SUPPLY LEVEL	F.S.L.			
CONTROL WATER SURFACE	C.W.S.			
HIGH WATER SURFACE	H.W.S.			

อักษรย่อภาษาอังกฤษที่ใช้ในแบบ

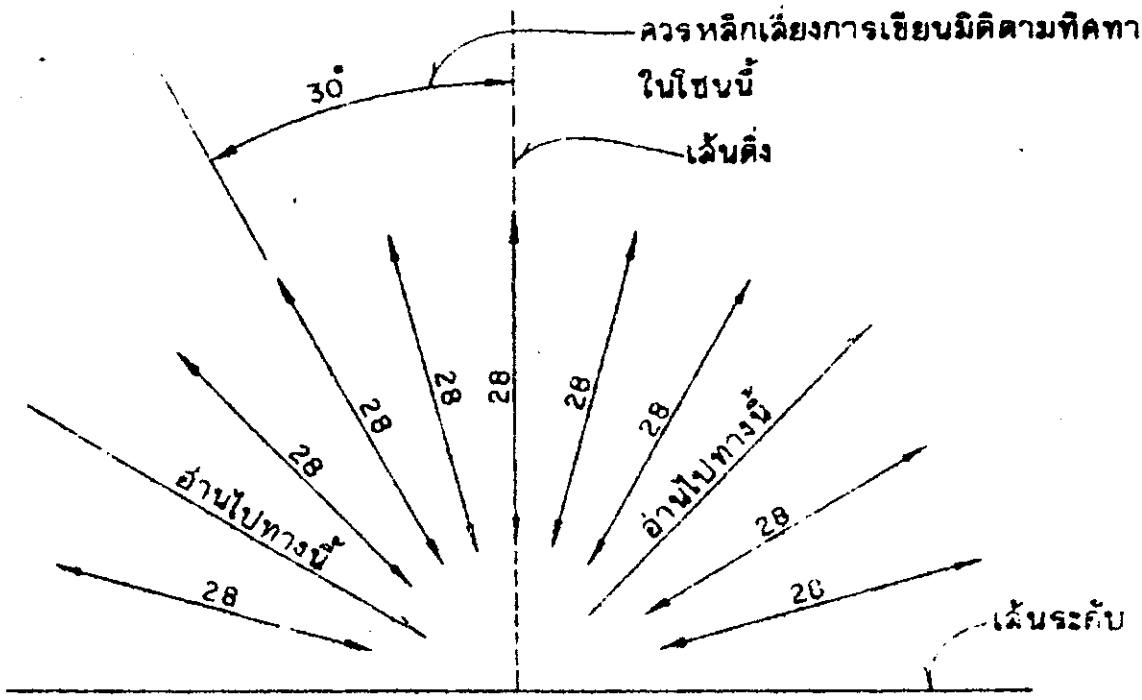
LOW WATER SURFACE	L.W.S.
HIGH WATER LEVEL	H.W.L.
LOW WATER LEVEL	L.W.L.

ABBREVIATION

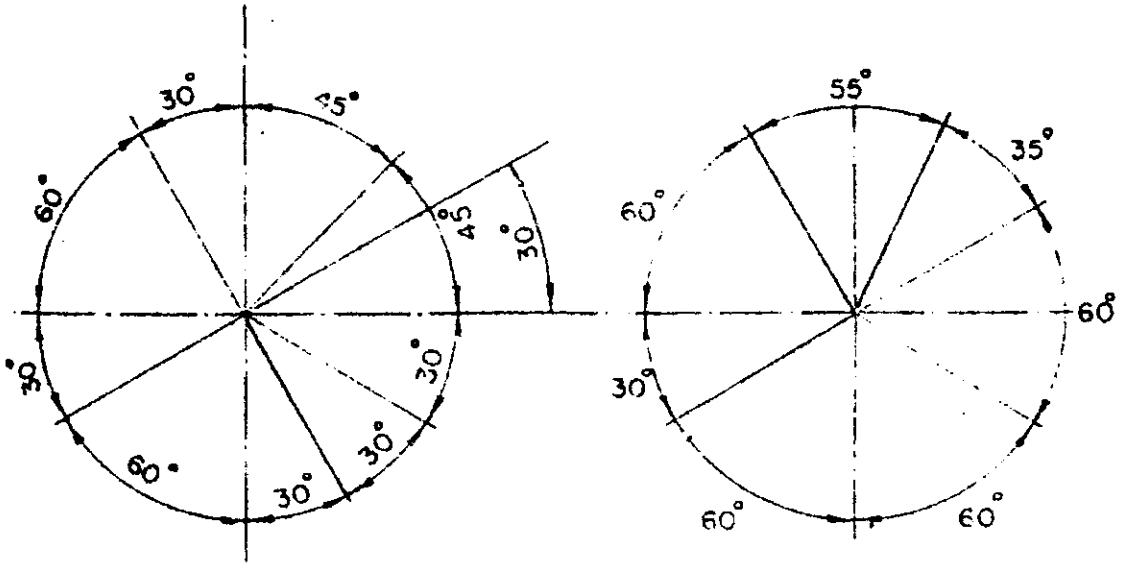
B	=	BOTTOM WIDTH OF DITCH
D	=	DEPTH OF WATER
F	=	FREEBOARD
Q	=	DISCHARGE OF WATER
EL	=	ELEVATION
TB	=	TOP BANK OF DITCH
F.S.L.	=	FULL SUPPLY LEVEL
R.W.L.	=	RETENTION WATER LEVEL
B.L.	=	BED LEVEL OF DITCH
N.G.L.	=	NATURAL GROUND LINE
L.M.C.	=	LEFT MAIN CANAL
R.M.C.	=	RIGHT MAIN CANAL
C.M.S.	=	CUBIC METER PER SECOND
KM.	=	KILOMETER
M.	=	METER
CM.	=	CENTIMETER
CHO.	=	CONSTANT HEAD ORIFICE
T/O	=	TURNOUT
RWC.	=	ROADWAY CULVERT STRUCTURE
RWC/C	=	ROADWAY CULVERT WITH CHECK STRUCTURE
STR.	=	STRUCTURE
I.	=	ANGLE OF INTERSECTION
LR/C.	=	LOW ROAD PIPE CHECK STRUCTURE
N.-SL.	=	NORMAL SLOPE TO STEEP SLOPE STRUCTURE
SL-N.	=	STEEP SLOPE TO NORMAL SLOPE STRUCTURE
SL-B	=	STEEP SLOPE WITH BEND
SL.-F	=	FARM INLET IN STEEP SLOPE DITCH

ทิศทางการเขียนมิติ

การเขียนมิติจะต้องเขียนไปตามทิศทางที่จะให้ความสะดวกแก่การอ่านจากทางด้านล่างและทางด้านขวามือของแบบ



การบอกมิติบนระนาบเอียง



การบอกจำนวนองศาของมุมต่างๆ

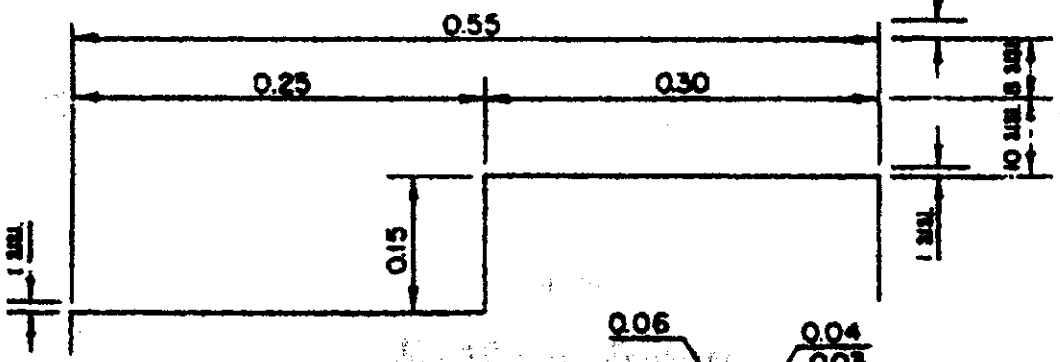
จำนวนองศาของมุมอาจจะแสดงได้โดยเขียนตัวเลขอยู่บนแนวเส้นมิติโค้ง หรืออาจเขียนตัวเลขอยู่ในแนวระดับก็ได้ ตามแต่ความเหมาะสม

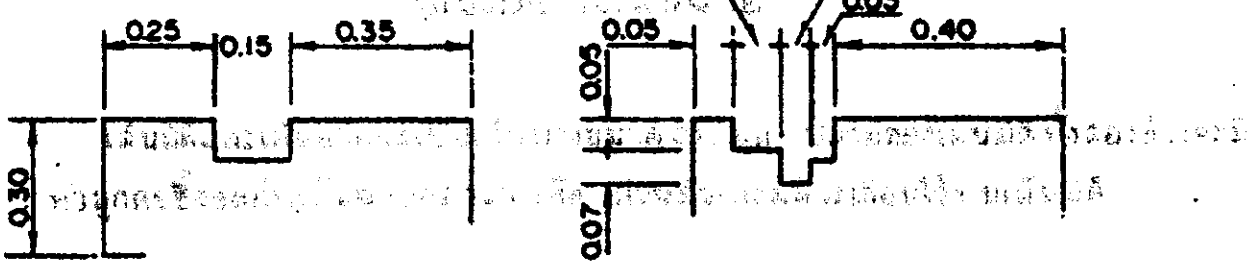
เส้นมิติและเส้นฉาย

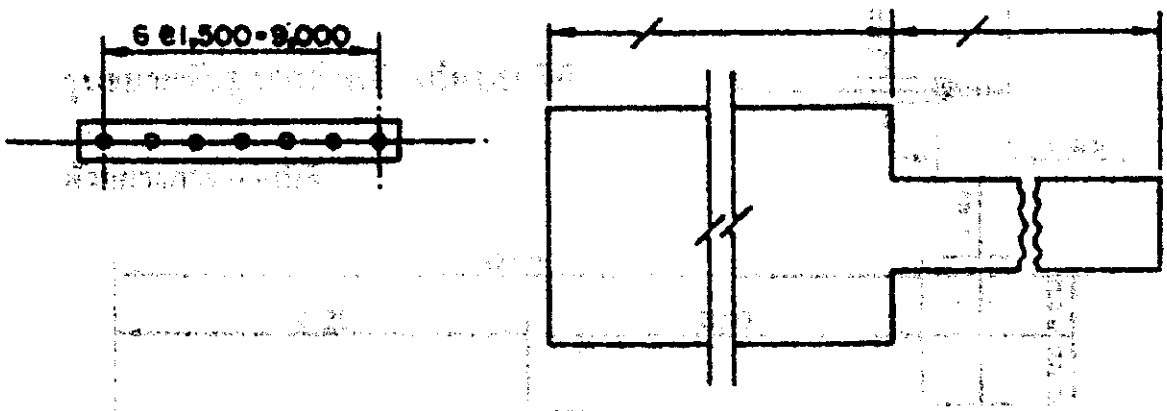
เส้นมิติและเส้นฉายจะเป็นเส้นบางขนาด 0.18 มม. ปลายของเส้นมิติทั้งสองข้างจะมีหัวลูกศรชี้จดกับเส้นฉายอย่างแม่นยำ ส่วนตัวเลขมิติจะเขียนไว้บนเส้นมิติ

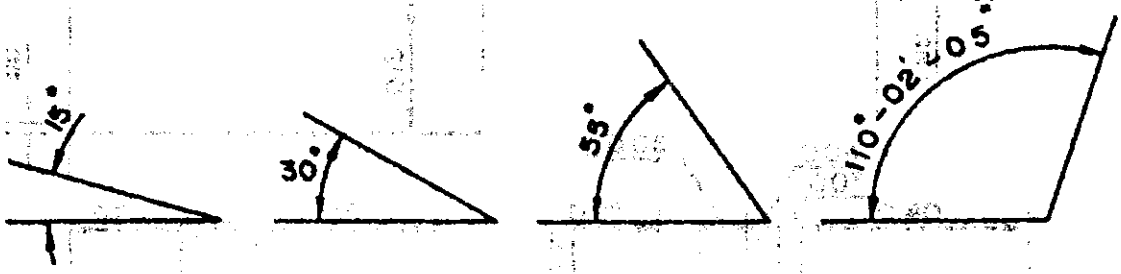
รูปขยายหัวลูกศรสำหรับเส้นบอกมิติ

ตัวอย่างการบอกมิติ





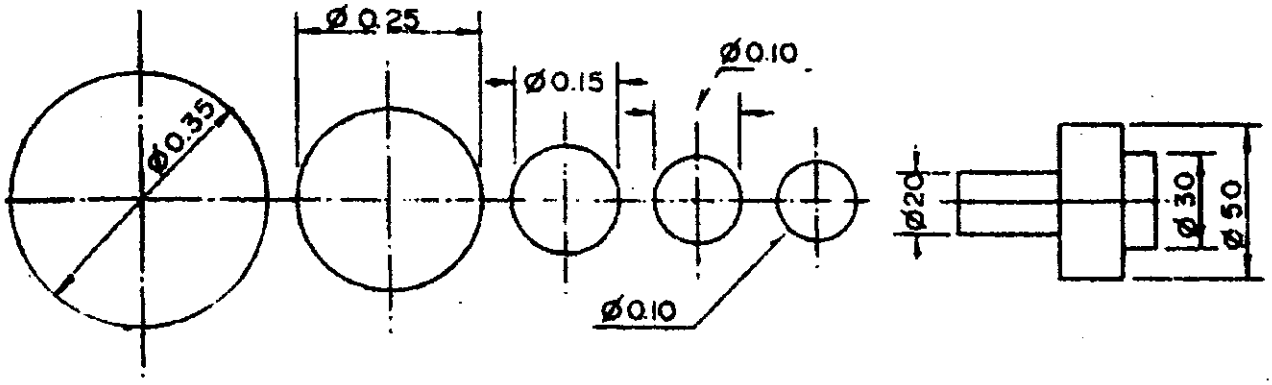


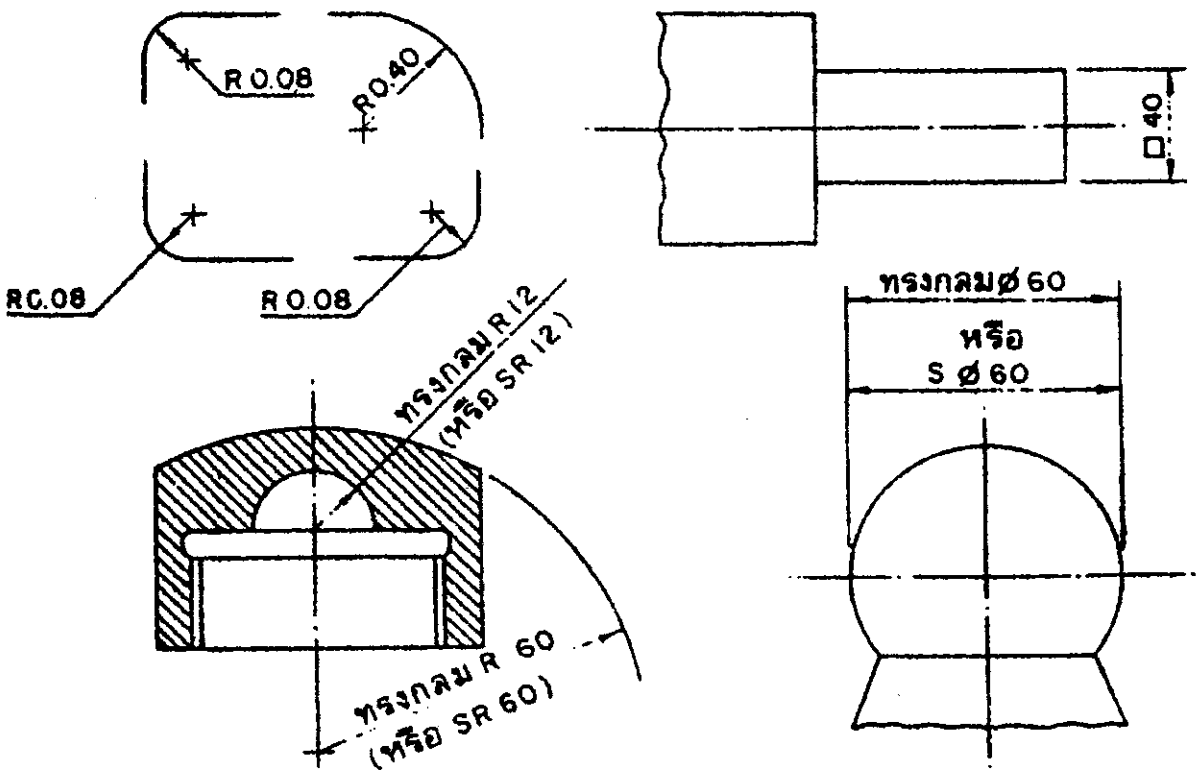


เส้นมิติและเส้นฉาย (ต่อ)

การเขียนสัญลักษณ์ไว้หน้ามิติ เพื่อแสดงรูปร่างต่างๆ

ø	:	ขนาดเส้นผ่าศูนย์ (DIAMETER)
R	:	ขนาดรัศมี (RADIUS)
□	:	ขนาดสี่เหลี่ยมจตุรัส (SQUARE)
ทรงกลม R, หรือ SR	:	ขนาดรัศมีของทรงกลม (SPHERICAL RADIUS)
ทรงกลม ø, หรือ Sø	:	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของทรงกลม (SPHERICAL – DIAMETER)



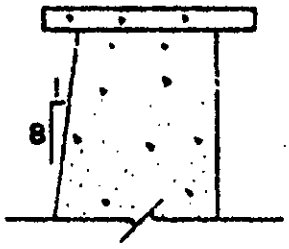


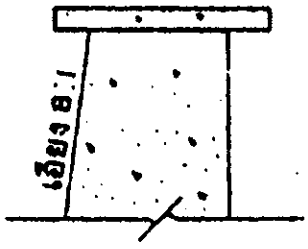
ความลาดเอียงชนิดต่าง ๆ

ความลาดเอียงทุกชนิดจะบอกด้วยค่าอัตราส่วนของระยะตั้งต่อระยะราบคือ V : H

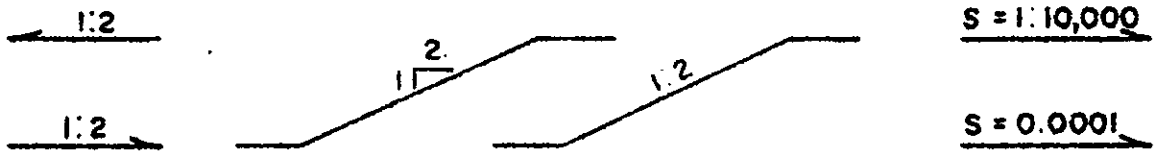
การแสดงความลาดเอียงในแปลนจะต้องให้ลูกศรชี้ไปทางลาดลงเสมอ แต่ถ้าจำเป็นจะต้องชี้บอกไปทางลาดขึ้นก็ต้องเขียนคำว่า " ขึ้น " กำกับไว้ด้วยเช่น ลาด 6 % (ขึ้น)

BATTER: คือความลาดเอียงที่ลภาพของความเบี่ยงเบนออกจากแนวดิ่งเช่น เข็มเอียง และผนังเอียงของกำแพงกันดินเป็นต้น ดังนั้นจึงแสดงความลาดเอียงนี้โดยกำหนดค่าของความเบี่ยงเบนคือระยะ H ให้เป็นหนึ่งเสมอ

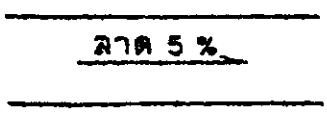




SLOPE: คือความลาดเอียงที่ลภาพของความเบี่ยงเบนขึ้นหรือลงจากแนวราบ เช่น ลาดด้านข้างคลองและลาดคันดินเป็นต้น ดังนั้นจึงแสดงความลาดเอียงโดยกำหนดค่าของความเบี่ยงเบน คือระยะ V ให้เป็นหนึ่งเสมอ



GRADE: คือความลาดเอียงที่มีลภาพเช่นเดียวกับ SLOPE แต่แสดงค่าความลาดเอียงไว้เป็นอัตราต่อร้อย (PERCENTAGE) เช่น ความลาดของถนน 5% เป็นต้น ในแบบรูปตัดตามยาวของถนนซึ่งจะบอกความลาดทั้งขึ้นและลงก็ให้ใช้เครื่องหมาย + (บวก) สำหรับลาดขึ้น และใช้เครื่องหมาย - (ลบ) สำหรับลาดลง โดยไม่ต้องมีลูกศร

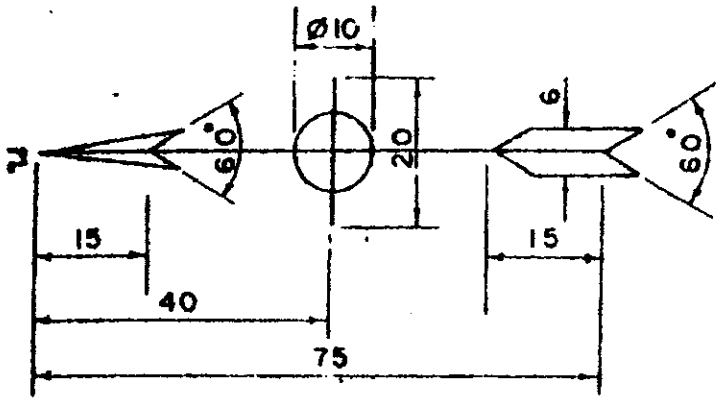


แปลนถนน

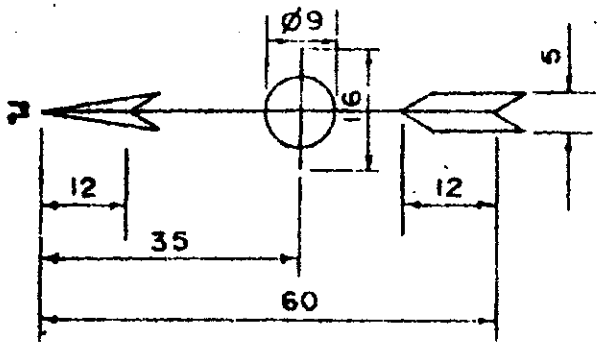
รูปตัดตามยาวถนน

เครื่องหมายแสดงทิศเหนือ

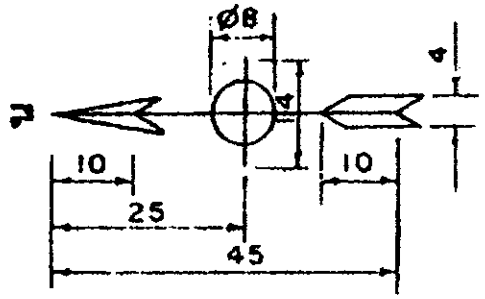
แบบวิศวกรรม



ใช้ในแบบA0 และA1

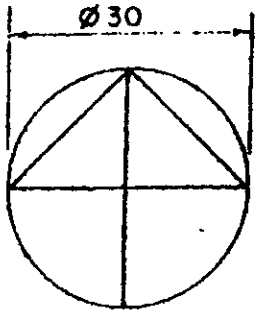


ใช้ในแบบA2 และA3

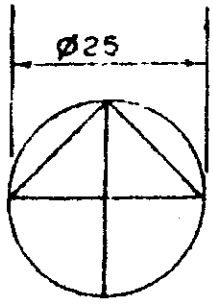


ใช้ในแบบA4 และในแผนที่หลัก(KEY MAP)

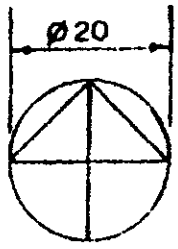
แบบสถาปัตยกรรม



ใช้ในแบบA0 และA1



ใช้ในแบบA2และ A3



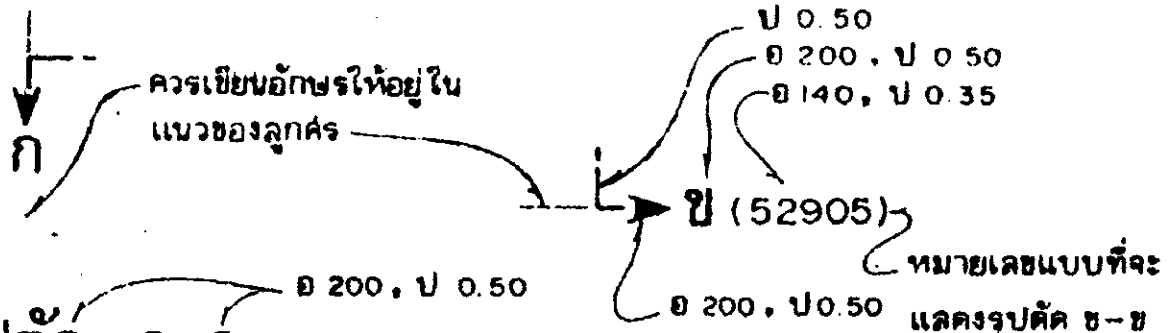
ใช้ในแบบA4และในแผนที่หลัก

มิติเป็นมิลลิเมตร

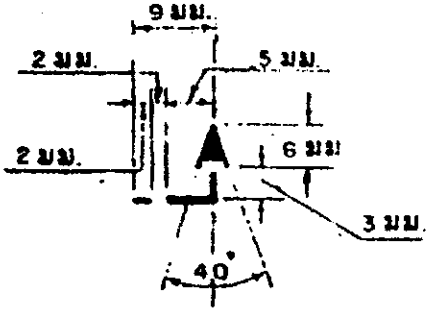
หมายเหตุ

ให้แสดงเครื่องหมายแนวทิศเหนือในแผนที่ ในแปลนของเขื่อน ฝาย พนังกั้นน้ำ ถนน แนวคลอง แผนผังของอาคาร และอื่นๆ ตามความเหมาะสม เครื่องหมายทิศเหนือควรเขียนอยู่นอกเส้นรูปแปลนให้เห็นเด่นชัด

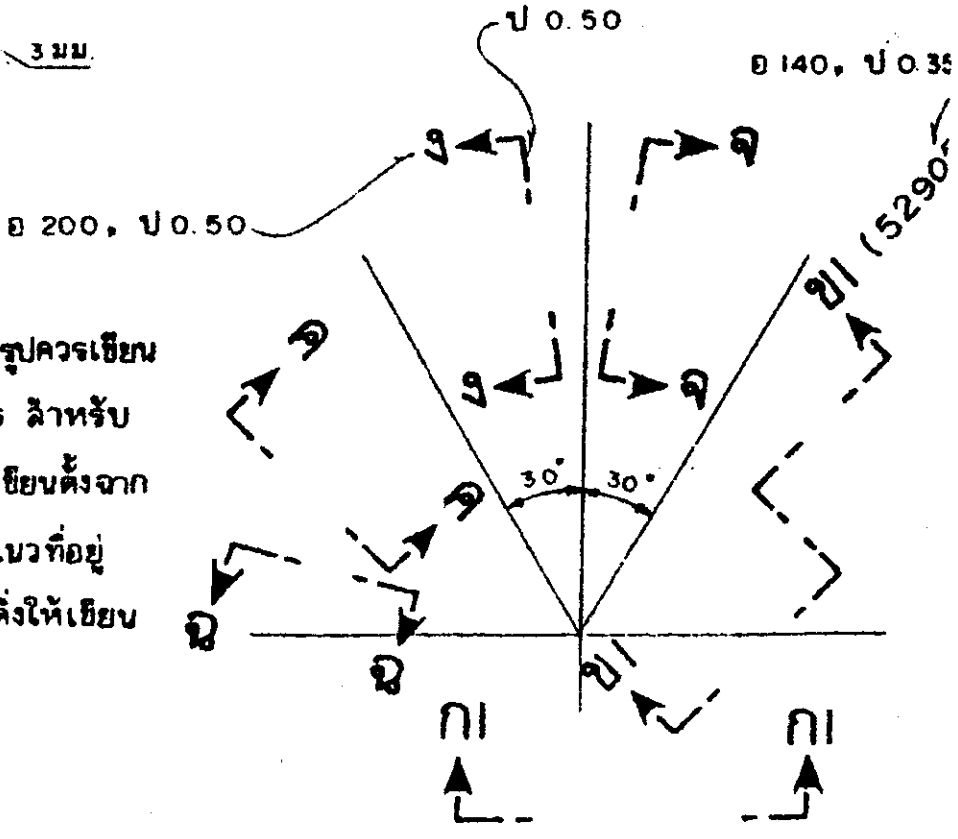
เครื่องหมายแสดงการตัดรูป



เมื่อต้องตัดรูปจากรูปตัดใดๆ ชื่อของรูปตัดใหม่นี้ให้ใช้อักษรของรูปตัดเดิมแต่ให้เพิ่มหมายเลขตามท้ายอักษรนั้น เช่น ตัดรูปใหม่จากรูปตัด ข-ข ก็จะเป็น ข1-ข1 และ ข2-ข2



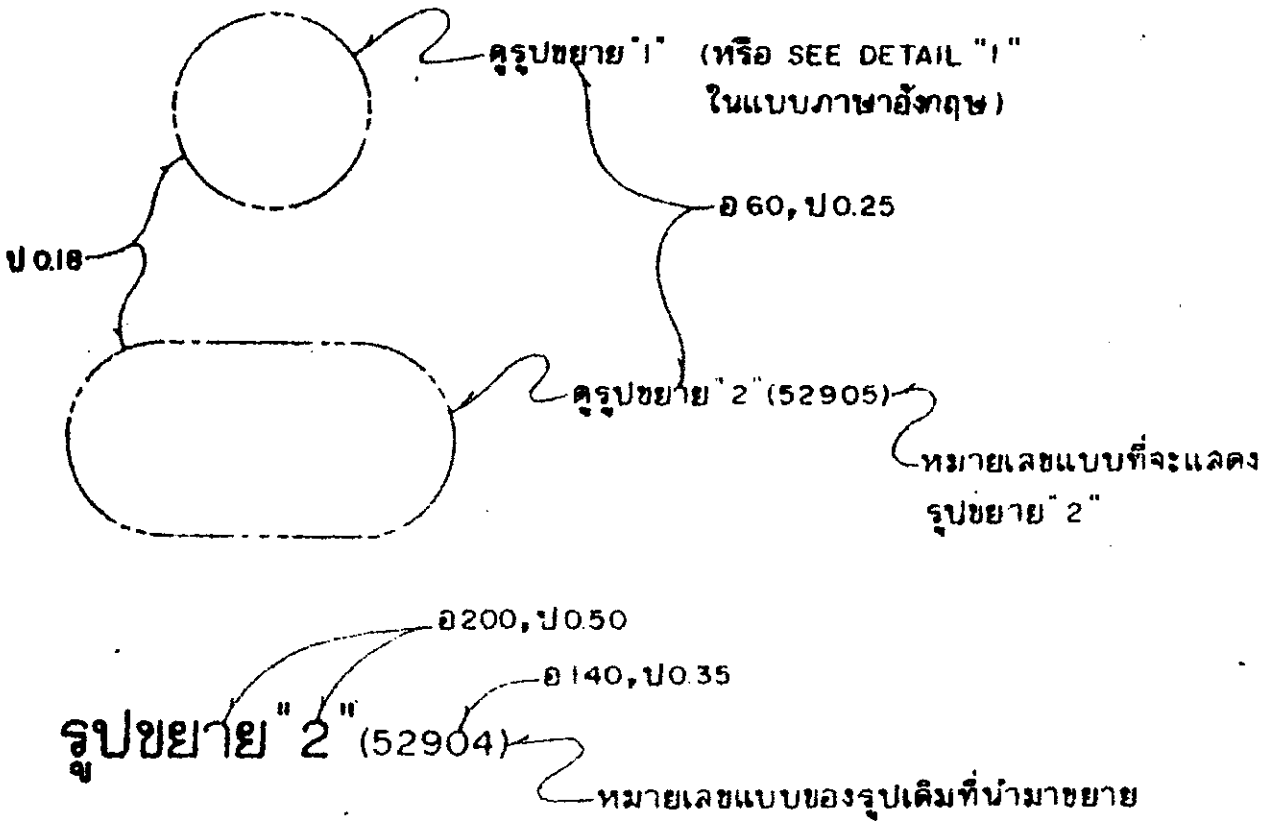
เครื่องหมายแสดงการตัด หัวลูกศรอาจใช้อักษร "A" จากบรรทัดอักษร คือ อ 200 , ป 0.50



อักษรของการตัดรูปควรเขียนให้อยู่ในแนวของลูกศร สำหรับทิศทางของอักษร ให้เขียนตั้งฉากกับแนวตัด นอกจากแนวที่อยู่ระหว่าง 30° กับเส้นดิ่งให้เขียนขนานกับแนวตัด

เครื่องหมายแสดงการขยายรูป

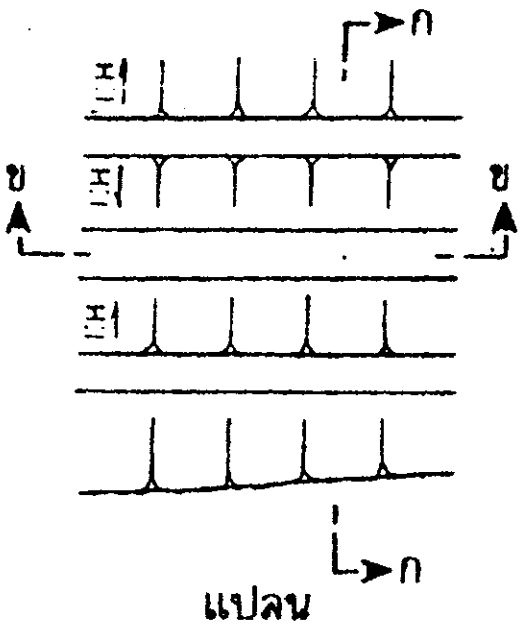
การขยายรูปเพื่อแสดงรายละเอียดของส่วนใดส่วนหนึ่งจากรูปที่ใช้มาตราส่วนเล็กกว่า ให้เขียนเส้นแฟนทอมชนิดบางวงรอบบริเวณที่จะนำไปขยาย และรูปที่เขียนขยายนั้นจะต้องเขียนให้ตรงตามลักษณะของรูปที่เป็นต้นแบบเดิม

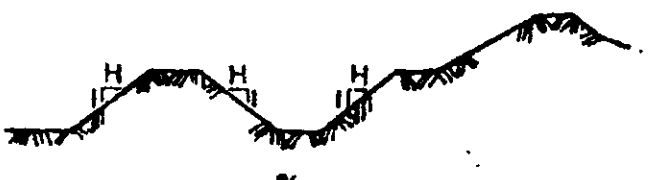


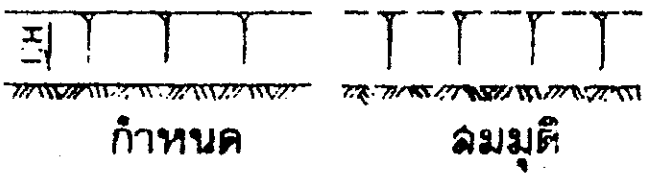
ข้อควรปฏิบัติในการใช้รูปขยาย

1. ไม่แสดงรูปขยายให้เห็นรูปที่ต่างลักษณะไปจากรูปที่เป็นต้นแบบเดิม
2. รูปตัดใดๆจากต้นแบบเดิมแล้วนำมาเขียนด้วยมาตราส่วนที่ใหญ่กว่าจะต้องไม่เรียกว่ารูปขยาย
3. รูปตัดใดๆ จากรูปขยายจะไม่เรียกว่ารูปขยายแต่ให้เรียกว่ารูปตัด ก-ก หรือรูปตัด ข-ข เหมือนรูปตัดทั่วไป

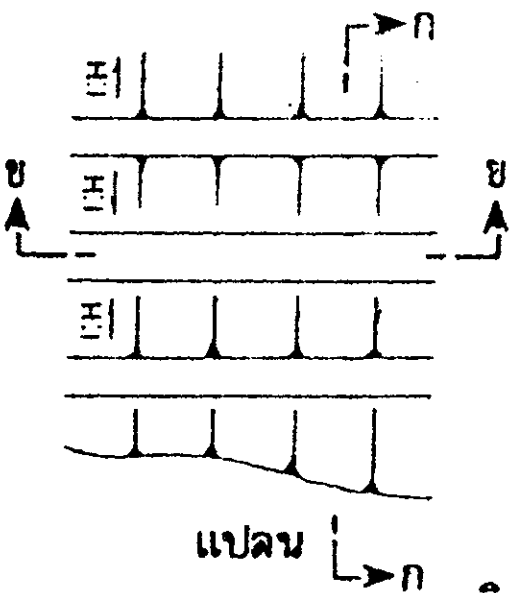
เครื่องหมาย SLOPE ที่ใช้กับแบบทั่วไป

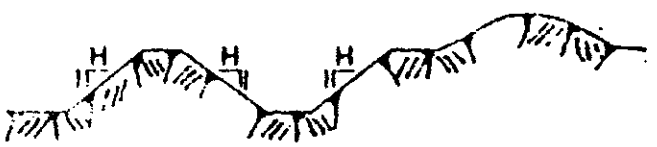


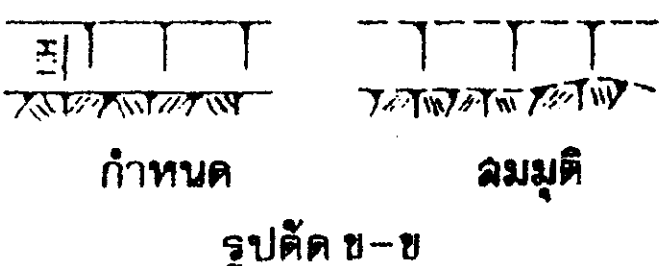




ดิน (EARTH)





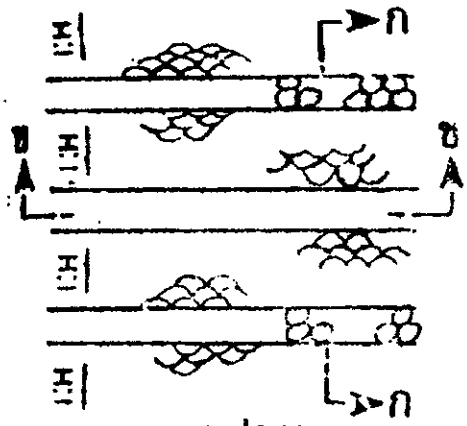


หิน (ROCK)

หมายเหตุ

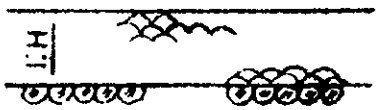
อัตราส่วนของ SLOPE ให้กำหนดด้านตั้งเป็นหนึ่งเสมอ

เครื่องหมาย SLOPE ที่ใช้กับแบบทั่วไป(ต่อ)



แปลน

รูปตัด ก–ก (หินเรียง)

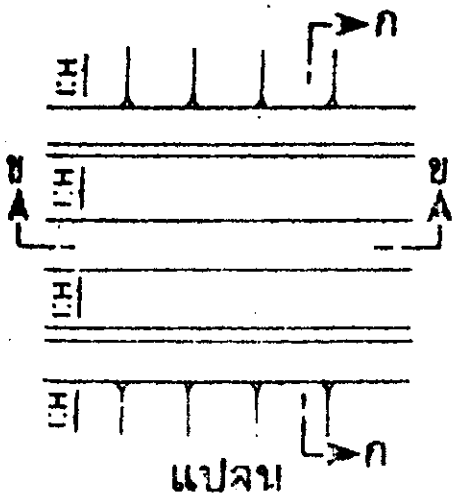


รูปตัด ข–ข (หินเรียง)

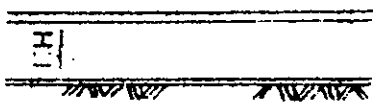
หินทิ้ง หินเรียง หินเรียงยาแนว หินก่อ

(RIPRAP, DRY PITCHING, GROUTED PITCHING, MASONRY)

รูปตัด ก–ก



แปลน



รูปตัด ข–ข

คลองดาดหรือแผ่นพื้นลาดเอียง

(LINING OR SLOPE SLAB)

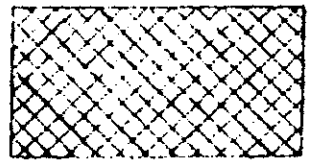
หมายเหตุ

อัตราส่วนของ SLOPE ให้กำหนดด้านตั้งเป็นหนึ่งเสมอ

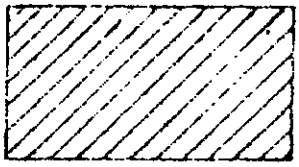
เครื่องหมายแสดงรูปตัดวัสดุ

คอนกรีตหล่อครั้งแรก
ORDINARY CONCRETE
FIRST STAGE

คอนกรีตหล่อครั้งที่สอง
NEW CONCRETE
SECOND STAGE

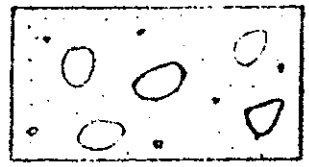


คอนกรีตหล่อครั้งที่สาม
NEW CONCRETE
THIRD STAGE

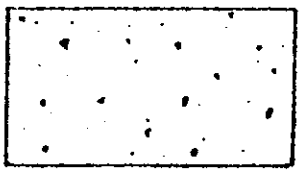


คอนกรีตที่สร้างไว้เดิม
EXISTING CONCRETE
INITIAL OR OLD

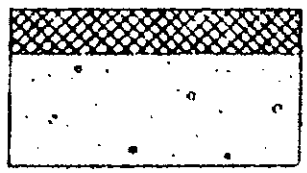
เหล็กเสริมในคอนกรีต
BAR REINFORCEMENT



คอนกรีตผสมหินใหญ่
RUBBLE CONCRETE

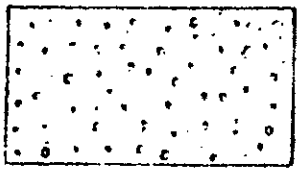


คอนกรีตผสมกรวด
GRAVEL CONCRETE

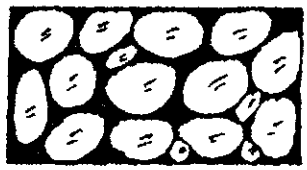


แอสฟัลท์บนคอนกรีต
ASPHALT ON CONCRETE

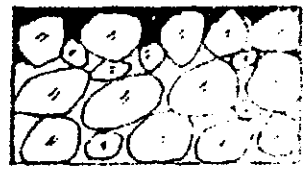
ทราย ปูนเหลว หรือ
ปูนลย , ปูนก่อ
SAND,GROUT OR MORTAR



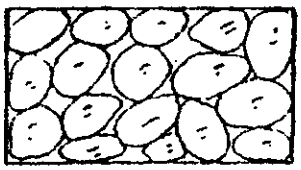
กรวด
GRAVEL



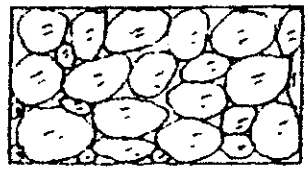
หินก่อ
MASONRY



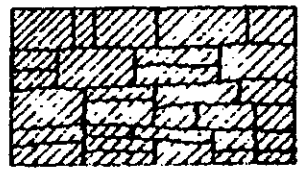
หินเรียงยาแนว
GROUTED PITCHING



หินทิ้ง
RIPRAP

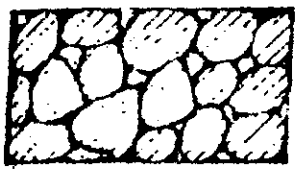


หินเรียง
DRY PITCHING

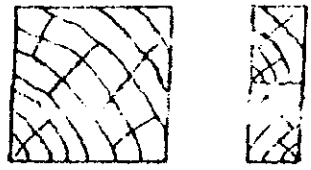


หินเรียงตามแนว
RUBBLE , COURSED

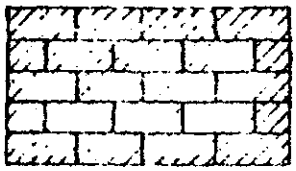
เครื่องหมายแสดงรูปตัดวัสดุ (ต่อ)



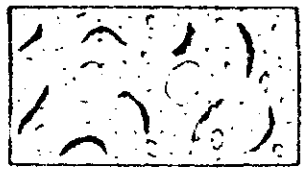
หินเรียงไม่ตามแนว
RUBBLE , UNCOURSED



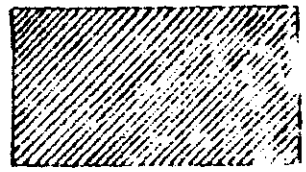
หน้าตัดไม้
VARIOUS WOOD SECTIONS



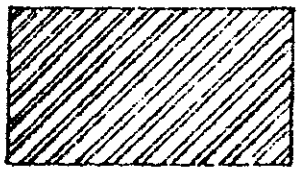
อิฐก่อ
BRICK



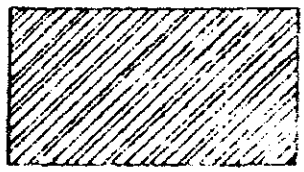
แอสฟัลท์คอนกรีต
ASPHALTIC CONCRETE



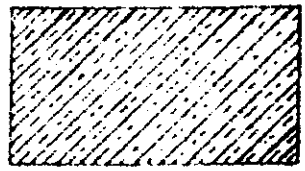
เหล็กหล่อ
CAST IRON, GRAY IRON OR SEMISTEEL



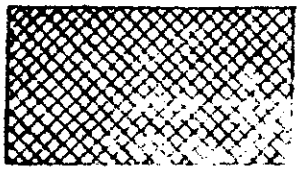
เหล็กเหนียว
STEEL



เหล็กอ่อนหรือเหล็กเปราะ
MALLEABLE OR WROUGHT IRON

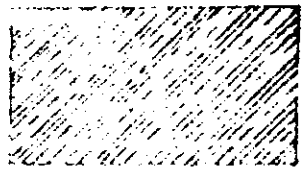


ทองแดง สัมฤทธิ์ หรือทองเหลือง
COPPER, BRONZE OR BRASS

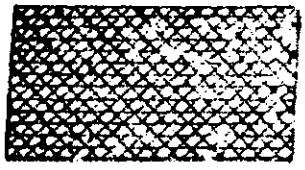


อลูมิเนียม
ALUMINIUM

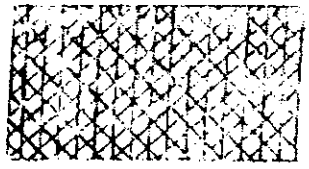
ตะกั่ว สังกะสี หรือ แบ็บบิท
(โลหะผสมทองแดง ดีบุก และพลวง)
LEAD, ZINC OR BABBITT



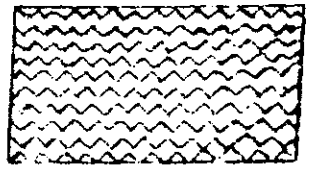
โลหะผสม นิคเกิล - ทองแดง
NICKEL-COPPER ALLOY



ลวดตาข่าย
WIRE IN FENCES

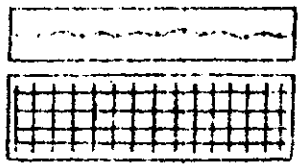


เหล็กตะแกรงพื้น
GRATING

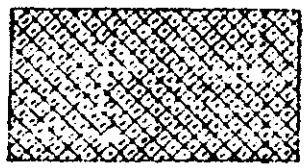


เหล็กปูพื้นกันลื่น
CHECKERED FLOOR PLATE

เครื่องหมายแสดงรูปตัดวัสดุ (ต่อ)

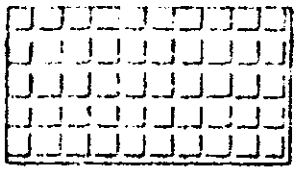


ตะแกรงเหล็ก
MESH WIRE

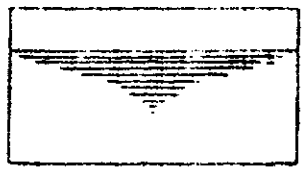


ASPHALTIC COMPOUND

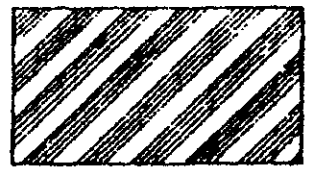
กระจก
GLASS



กระจกบล็อก
GLASS BLOCKS

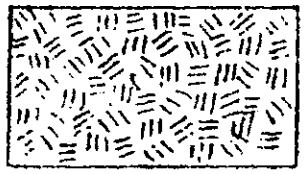


น้ำหรือของเหลว
WATER OR LIQUID

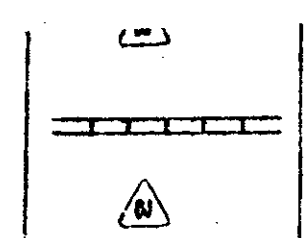


ยาง
RUBBER

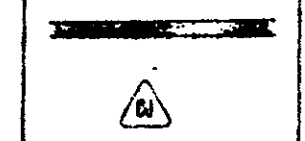
ฉนวนใยหิน
ROCK WOOL INSULATION



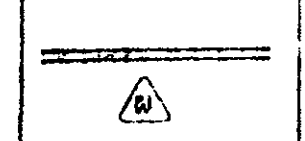
ASBESTOS OR FIBER



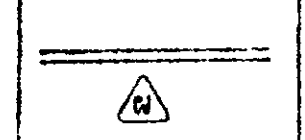
ผนังก่ออิฐโชว์แนว



ผนัง ค.ล.ล. ผิวฉาบปูน

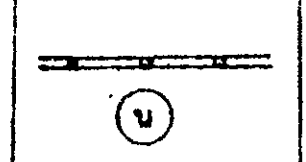


ผนัง ค.ล.ล. ผิวเปลือย

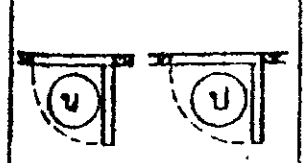


ผนังวัสดุแผ่น 2 ชั้น

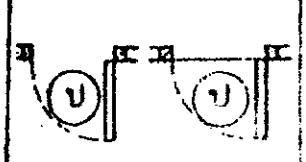
ผนังวัสดุแผ่นชั้นเดียว



หน้าต่างบานพลิกหรือ – ช่องแสง

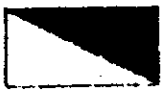


หน้าต่างบานเปิด, ประตู – ชนิดมิธรณี

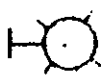
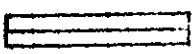
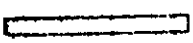
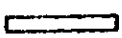


ประตูภายใน, ประตูภาย – นอก

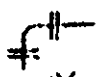
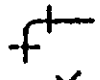
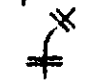
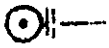
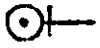
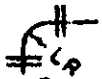
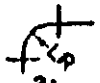
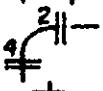
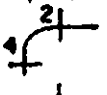
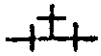
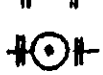
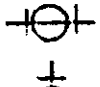
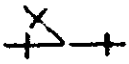
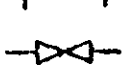
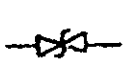
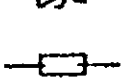
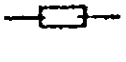
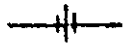
เครื่องหมายไฟฟ้าในแบบสถาปัตยกรรม

เครื่องหมาย	รายละเอียด
	แผงสวิทช์จ่ายไฟฟ้า (DISTRIBUTION PANEL)
----------	สายไฟฟ้าเดินลอยติดผนังและเพดาน
- - - - - -	สายไฟฟ้าเดินซ่อนบนเพดานหรือผนัง
	เส้นแสดงถึงการเกี่ยวโยงกันโดยการควบคุม
	<u>สวิทช์ชนิดทางเดียว</u> (SINGLE POLE SWITCH)
S^{I}	สวิทช์เดี่ยว (SINGLE SWITCH)
S^{II}	สวิทช์คู่ (TWO SINGLE SWITCH IN A TWO-GANG BOX)
S^{III}	สวิทช์สามที่ (THREE SINGLE SWITCH IN A THREE-GANG BOX)
S_{WP}	สวิทช์ใช้ในที่เปียกชื้น (WEATHER PROOF SWITCH)
$2S^{I}$, $3S^{II}$	สวิทช์เดี่ยว 2 อัน, สวิทช์คู่ 3 อัน
$2S^{III}$	สวิทช์สามที่ 2 อัน
	<u>สวิทช์ชนิดหลายทาง</u>
S_2	สวิทช์สองทาง (DOUBLE POLE SWITCH)
S_3	สวิทช์สามทาง (THREE-WAY SWITCH)

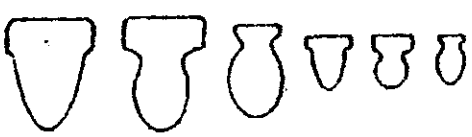
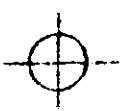
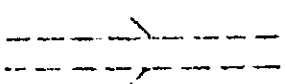
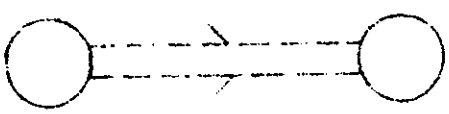
เครื่องหมายไฟฟ้าในแบบสถาปัตยกรรม (ต่อ)

เครื่องหมาย	รายละเอียด
	<u>เต้ารับ</u> (CONVENIENCE OUTLET หรือ PLUG RECEPTACLE)
	เต้ารับเดี่ยว (SINGLE CONVENIENCE OUTLET หรือ SINGLE PLUG RECEPTACLE)
	เต้ารับคู่ (DUPLEX CONVENIENCE OUTLETS หรือ TWO SINGLE PLUG RECEPTACLES IN A TWO-GANG BOX)
	เต้ารับสามที่ (TRIPLEX CONVENIENCE OUTLETS หรือ THREE SINGLE PLUG RECEPTACLES IN A THREE-GANG BOX)
	<u>ดวงไฟฟ้าแสงสว่าง</u>
	ดวงโคมชนิดหลอดมีไส้ติดตั้งที่เพดาน (CEILING INCANDESCENT FIXTURE)
	ดวงโคมชนิดหลอดมีไส้ติดตั้งที่ผนัง (WALL INCANDESCENT FIXTURE)
	ชุดหลอดฟลูโอเรสเซนต์ ชนิดคู่ขนาดหลอดละ 40 วัตต์ (DUPLEX 40W FLUORESCENT FIXTURE)
	ชุดหลอดฟลูโอเรสเซนต์ ชนิดเดี่ยวขนาด 40 วัตต์ (SINGLE 40W FLUORESCENT FIXTURE)
	ชุดหลอดฟลูโอเรสเซนต์ ชนิดเดี่ยวขนาด 20 วัตต์ (SINGLE 20W FLUORESCENT FIXTURE)
	ดวงโคมฟลูโอเรสเซนต์ ชนิดกลม (CIRCULAR TYPE FLUORESCENT FIXTURE)
	ดวงโคมฟลูโอเรสเซนต์ ชนิดสี่เหลี่ยม

เครื่องหมายประปาในแบบสถาปัตยกรรม

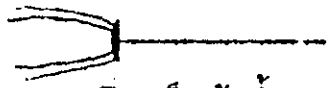
เครื่องหมาย		รายละเอียด
ระบบ FLANGED	ระบบ SCREWED	
		JOINT (ข้อต่อตรง)
		ELBOW – 90° (ข้องอ – 90°)
		ELBOW – 45° (ข้องอ - 45°)
		ELBOW – TURNED UP (ข้องอ [illegible])
		ELBOW – TURNED DOWN (ข้องอ [illegible])
		ELBOW – LONG RADIUS (ข้องอ – รัศมียาว)
		REDUCING ELBOW (ข้องอลด)
		TEE (ข้อต่อสามทาง)
		TEE – OUTLET UP (ข้อต่อสามทาง – ต่อขึ้น)
		TEE – OUTLET DOWN (ข้อต่อสามทาง – ต่อลง)
		SIDE OUTLET TEE – OUTLET UP (ข้อต่อสี่ทางรูปตัว T – ต่อขึ้นทางด้านข้าง)
		CROSS (ข้อต่อสี่ทาง)
		REDUCER – CONCENTRIC (ข้อลด – แนวตรง)
		REDUCER – ECCENTRIC (ข้อลด – แนวเยื้อง)
		LATERAL (ข้อต่อสามทางรูปตัว Y)
		GATE VALVE (ประตูน้ำ)
		GLOBE VALVE (ประตูน้ำลำตัวกลม)
		CHECK VALVE (ประตูน้ำกันกลับ)
		SAFETY VALVE (ประตูน้ำนิรภัย)
		EXPANSION JOINT (ข้อต่อรับการขยายตัว)
		UNION (ข้อต่อยูเนียน)
		SLEEVE (ปลอก)
		BUSHING (ข้อต่อบุชชิง)

เครื่องหมายสุขาภิบาลในแบบสถาปัตยกรรม

เครื่องหมาย	รายละเอียด
	แนวท่อน้ำดี
	แนวท่อน้ำเสีย
	ตำแหน่งก๊อกน้ำ
	ฝักบัว, ฝักบัวท่อย่อย
	อ่างล้างหน้า
	ที่อาบน้ำฝักบัว
	ส้วมแบบนั่งราบ
	ส้วมแบบนั่งยอง
	ที่ปัสสาวะชาย
	ท่อระบายน้ำทิ้ง
	ท่อส้วม
	บ่อเกรอะ - บ่อซึม

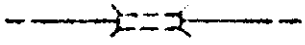
เครื่องหมายอาคารชลประทาน

หัวงาน
HEADWORKS

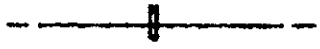


เขื่อนเก็บกักน้ำ
STORAGE DAM

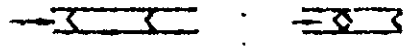
ทำนบชั่วคราว
COFFER DAM



อุโมงค์
TUNNEL



เขื่อนทดน้ำหรือฝายทดน้ำ
DIVERSION DAM OR
DIVERSION WEIR

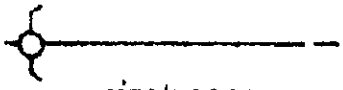


ไหลทางเดียว ไหลสองทาง
ประตูเรือสัญจร
NAVIGATION LOCK

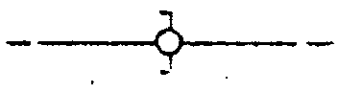
ประตูปากคลอง
HEAD REGULATOR

ประตูกลางคลอง
CHECK REGULATOR

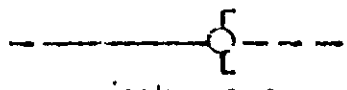
ประตูปลายคลอง
TAIL REGULATOR



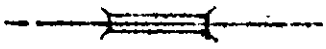
ท่อปากคลอง
HEAD PIPE REGULATOR



ท่อกลางคลอง
CHECK PIPE REGULATOR

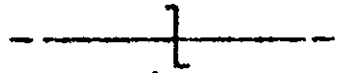


ท่อปลายคลอง
TAIL PIPE REGULATOR



ละหานน้ำ
FLUME

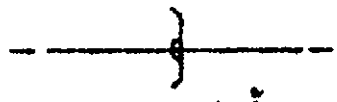
รางเท
CHUTE



น้ำตก
DROP

น้ำตกทดน้ำ
CHECK DROP

อาคารทดน้ำ
CHECK STRUCTURE



อาคารแบ่งน้ำ
DIVISION STRUCTURE

อาคารวัดน้ำ
MEASURING STRUCTURE

อาคารรับน้ำเข้า
INLET STRUCTURE

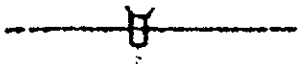
อาคารทิ้งน้ำ
WASTEWAY

เครื่องหมายอาคารชลประทาน (ต่อ)

อาคารระบายน้ำออก
OUTLET STRUCTURE

ท่อส่งน้ำเข้านา
FARM TURNOUT

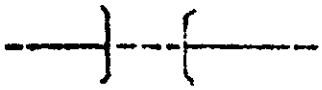
CONSTANT HEAD ORIFICE
TURNOUT



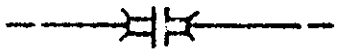
รางเทข้ามคลอง
OVERCHUTE

สะพาน
BRIDGE

พนัง
DIKE



ท่อเชื่อม
SIPHON



ท่อลอด
CULVERT

ท่อระบาย
DRAIN CULVERT OR
DRAIN SIPHON

ท่อเชื่อม, ไซฟอน : SIPHON หมายถึง ท่อที่นำน้ำชลประทานลอดสิ่งกีดขวาง โดยไหลภายใต้แรงดันน้ำภายใน (UNDER PRESSURE)

ท่อลอด : CULVERT หมายถึง ท่อที่นำน้ำชลประทานลอดสิ่งกีดขวาง โดยน้ำไหลไม่เต็มท่อ

ท่อระบาย : DRAIN CULVERT OR DRAIN SIPHON หมายถึง ท่อที่ใช้ระบายน้ำอื่น ๆ ที่มิใช่น้ำชลประทานลอดสิ่งกีดขวาง โดยจะไหลภายใต้แรงดันน้ำภายในหรือไม่ก็ตาม

เครื่องหมายทั่วไปในแบบคลองส่งน้ำและคลองระบายน้ำ

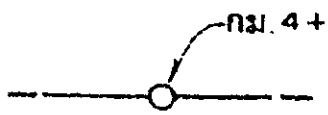
	คลองส่งน้ำ	IRRIGATION CANAL
	คลองส่งน้ำดำริ	PROPOSED IRRIGATION CANAL
MH	บ่อตรวจสอบ	MANHOLE
	ท่อระบายน้ำใต้ดิน	CLOSED DRAIN
	ท่อระบายน้ำใต้ดินดำริ	PROPOSED CLOSED DRAIN
	ร่องระบายน้ำใต้ดิน	OPEN SUBSURFACE DRAIN
	ร่องระบายน้ำใต้ดินดำริ	PROPOSED OPEN SUBSURFACE DRA
	คลองระบายน้ำ	OPEN SURFACE DRAIN
	คลองระบายน้ำดำริ	PROPOSED OPEN SURFACE DRAIN
	ทางระบายน้ำธรรมชาติ	NATURAL DRAIN

หลัก กม. ต้องให้ค่ากำกับไว้ทุกหลัก

วงนอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง $\frac{1}{8}$" (3.2 มม.)

วงในขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง $\frac{5}{64}$" (2.1 มม.)

หลัก 500 ม. ต้องให้ค่ากำกับไว้ทุกหลัก



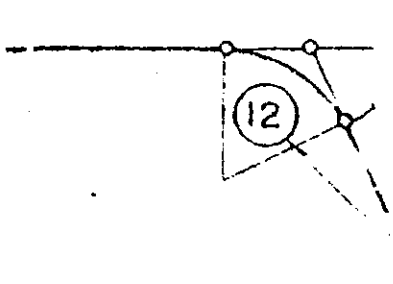
วงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง $\frac{1}{8}$" (3.2 มม.)

หมายเหตุ 1. หลักทุก 100 ม. ไม่ต้องแสดง

2. รายละเอียดประกอบการใช้เครื่องหมายอาคารในแบบคลองส่งน้ำและคลองระบายน้ำ ดูรายละเอียดในข้อ 6.3

เครื่องหมายทั่วไปในแบบคลองส่งน้ำและคลองระบายน้ำ(ต่อ)

จุดเริ่มต้น จุดลากัดและจุดสิ้นสุดโค้ง



วงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง $\frac{1}{16}$ (1.6 มม.) และไม่ต้องให้รายละเอียดที่จุดเหล่านี้ ให้นำไปแสดงไว้ที่รายละเอียดโค้ง

วงบอกหมายเลขโค้งที่ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง $\frac{3}{8}$ (9.0 มม.)

เขตแนวส่งน้ำ ———————————————

เขตโครงการ .....

หมุดหลัก ชป. วงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง $\frac{1}{8}$" (3.2 มม)

หลุมสำรวจดิน (TEST PIT) □ ยังไม่ได้สำรวจ ▨ สำรวจแล้ว ขนาดสี่เหลี่ยม 3X3 มม.

หลุมเจาะ (DRILLED HOLE) ○ ยังไม่ได้สำรวจ ● สำรวจแล้ว วงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง $\frac{1}{8}$" (3.2 มม.)

แนวระดับหลังคัน (TOP EMBANKMENT)———————————

แนวระดับส่งน้ำสูงสุด(ร.น.ส.) ———————————

(ดูหมายเหตุ ข้อ 2)

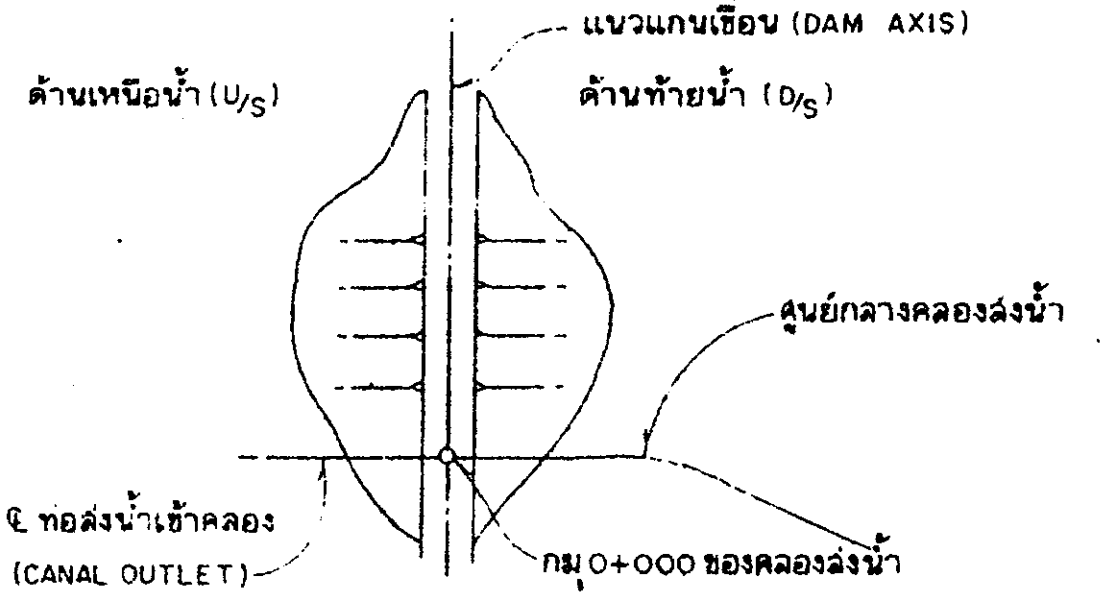
แนวระดับท้องคลอง (BED LEVEL) ———————————

หมายเหตุ 1. ในกรณีที่หลังคันทั้งสองฝั่งสูงไม่เท่ากัน ให้เขียนตัวหนังสือระบุฝั่งกำกับไว้ที่เส้นด้วย

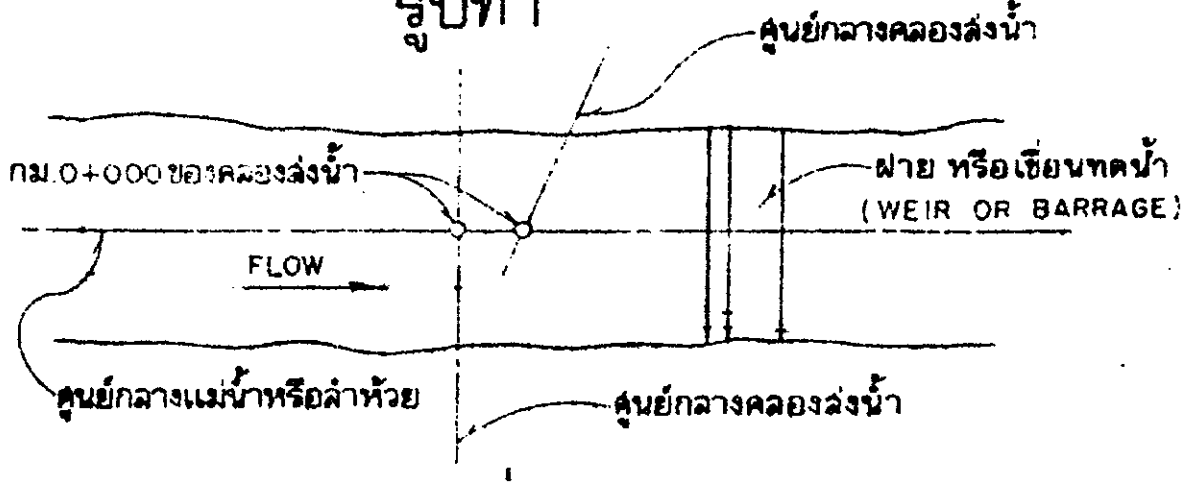
2. คลองส่งน้ำใช้ แนวระดับส่งน้ำสูงสุด (ร.น.ส.) หรือ FULL SUPPLY LEVEL (F.S.L.) ส่วนคลองระบายน้ำใช้ แนวระดับน้ำสูงสุด(ร.น.ส.) หรือ MAXIMUM WATER LEVEL (MAX.W.L.)

3. รายละเอียดประกอบการใช้เครื่องหมายอาคารในแบบคลองส่งน้ำและคลองระบายน้ำ ดูรายละเอียดในข้อ 6.3

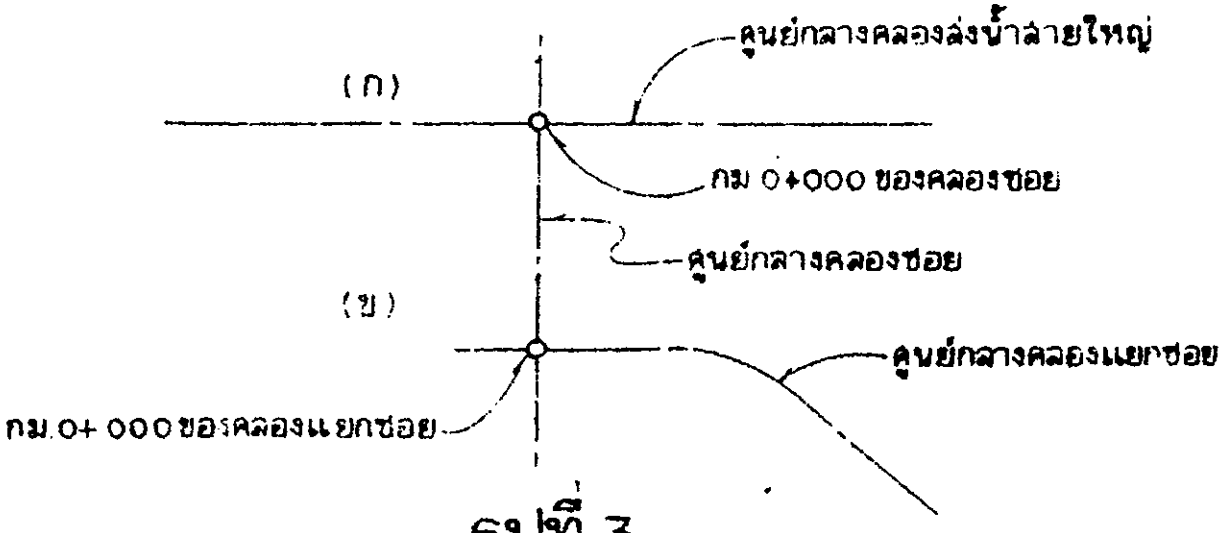
หลักการเขียนแบบคลองและอาคารส่งน้ำ (ต่อ)



รูปที่ 1



รูปที่ 2



รูปที่ 3

หลักการเขียนแบบคลองและอาคารส่งน้ำ

การกำหนดตำแหน่งของอาคารต่าง ๆ ในคลองส่งน้ำ

ตำแหน่ง หรือ กม.ของอาคารในแบบ แปลนและรูปตัด (PLAN & PROFILE) ของคลองส่งน้ำ ให้กำหนดดังนี้

1. อาคารท่อเชื่อม, ไซฟอน (SIPHON) ลอดแม่น้ำ ลำห้วย หรือคลองระบาย ให้กำหนด กม. ของอาคารที่แนวศูนย์กลางคลองส่งน้ำตัดกับแนวศูนย์กลาง แม่น้ำ ลำห้วย หรือ คลองระบาย ดูรูปที่ 4 (ก)

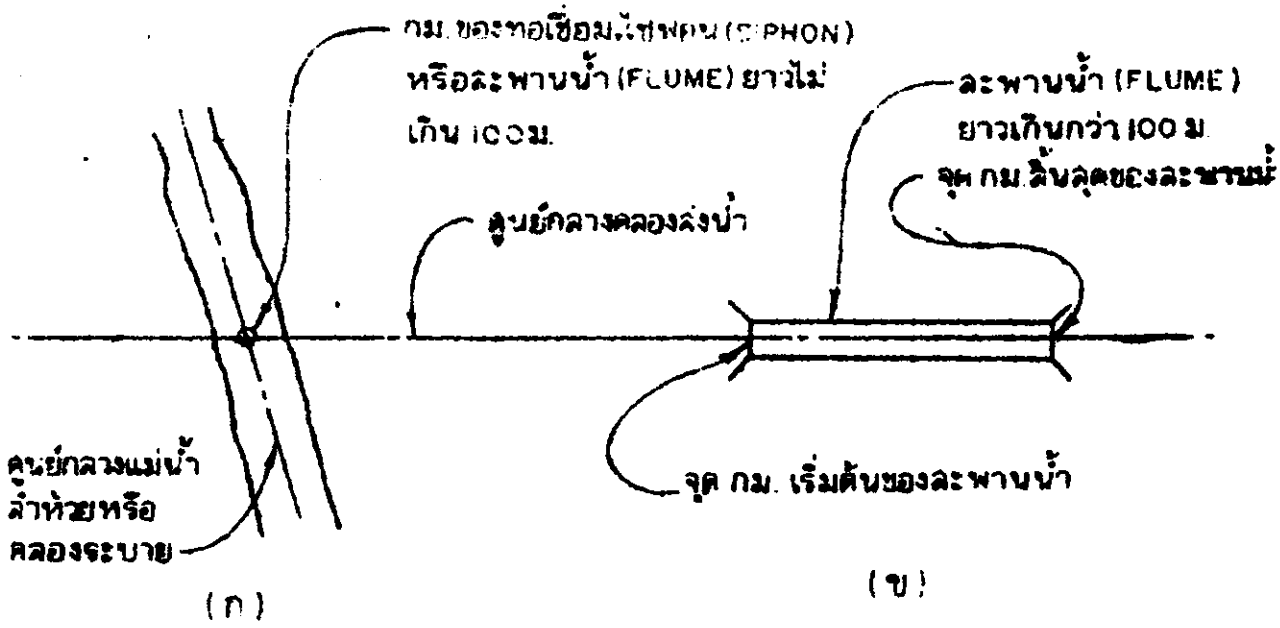
2. อาคารสะพานน้ำ (FLUME) ข้ามแม่น้ำ ลำห้วย หรือ คลองระบาย และถ้าสะพานน้ำนี้ยาวไม่เกิน 100 เมตร ให้กำหนด กม. ของอาคารที่แนวศูนย์กลางคลองส่งน้ำตัดกับแนวศูนย์กลางแม่น้ำ ลำห้วย หรือ คลองระบาย ดูรูปที่ 4 (ก)

ในกรณีที่สะพานน้ำนี้ มีความยาวเกินกว่า 100 เมตร ให้กำหนดจด กม.เริ่มต้น และจด กม. สิ้นสุดของอาคารไว้ในแบบ แปลน และรูปตัด ของคลองส่งน้ำ ดูรูปที่ 4 (ข)

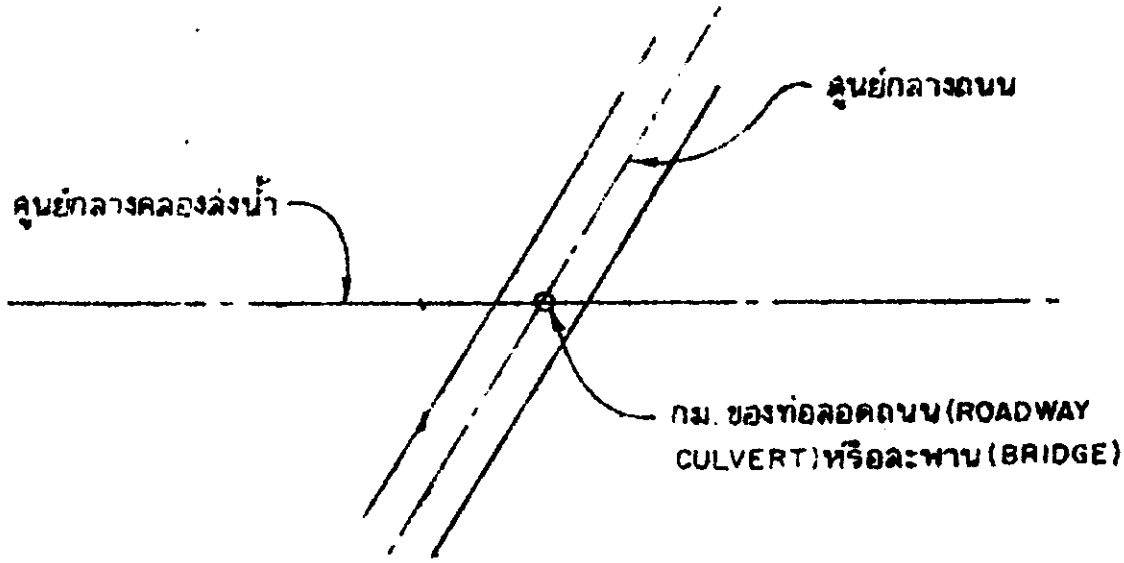
3. อาคารท่อลอดถนน (ROADWAY CULVERT) และสะพาน (BRIDGE) ให้กำหนด กม. ของอาคารที่แนวศูนย์กลางคลองส่งน้ำ ตัดกับแนวศูนย์กลางถนน ดูรูปที่ 5

4. อาคารบังคับเคลื่อน อาคารอัดน้ำ (CHECK STRUCTURE), อาคารบันไดน้ำตก (VERTICAL DROP), อาคารบันไดน้ำตกชนิดท่อ (PIPE DROP), อาคารบันไดน้ำตกชนิดเอียง (INCLINED DROP) อาคารรางเท (CHUTE), อาคารบังคับน้ำปลายคลอง (TAIL REGULATOR) และอาคารบังคับน้ำ (REGULATORS) ฯลฯ ให้กำหนด กม. ของอาคารที่แนวศูนย์กลางคลองส่งน้ำตัดกับจุดเริ่มต้นของอาคารเชื่อมทางเข้า (INLET TRANSITION) หรือจุดกับจุดเริ่มต้นของพื้นอาคารที่เป็นพื้นก่อ (ซึ่งจะประกอบด้วยเส้นคอนกรีตหรือไม่ก็ตาม) หรือพื้นอาคารที่เป็น ค.ส.ล. เป็น กม.ของอาคาร ทั้งนี้ไม่รวมถึงอาคารเชื่อม (TRANSISTION) ที่เป็นคอนกรีตลาด หรือหินทิ้ง (CONCRETE LINING OR RIPRAP) ดูรูปที่ 6 และ 7 ตามลำดับ

หลักการเขียนแบบคลองและอาคารส่งน้ำ (ต่อ)

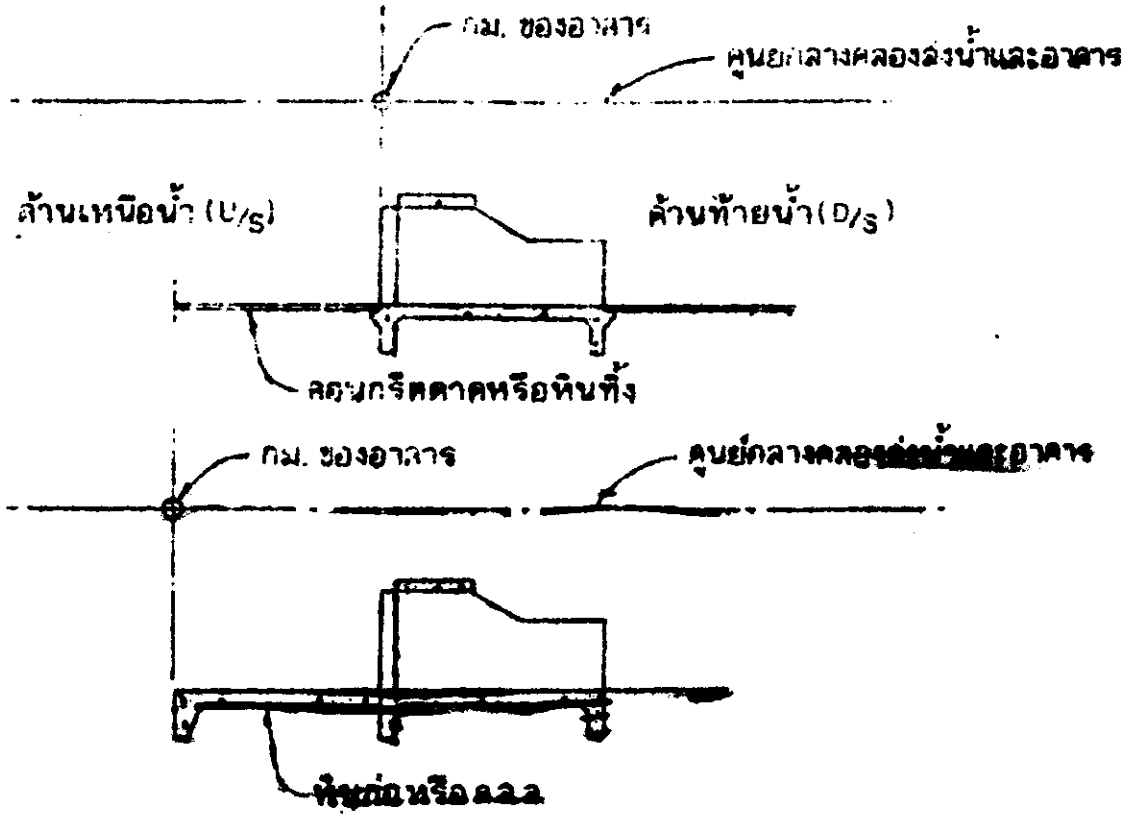


รูปที่ 4

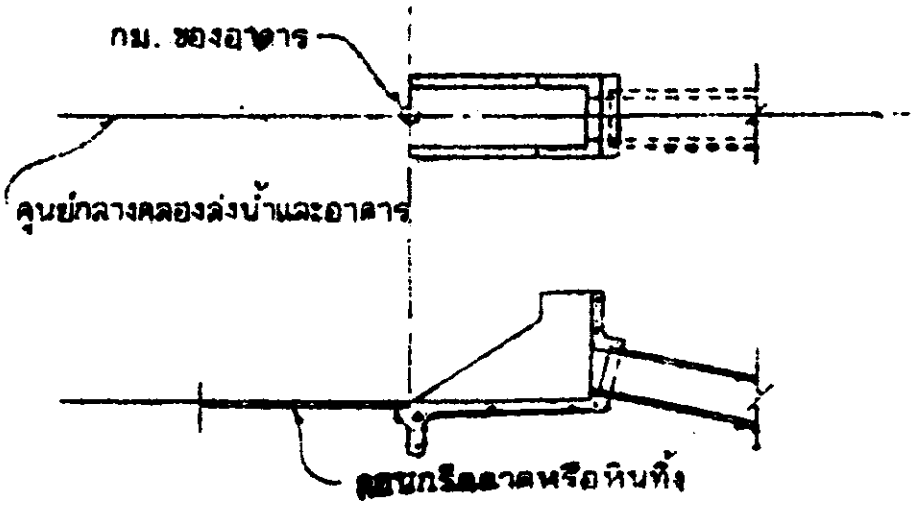


รูปที่ 5

หลักการเขียนแบบคลองและอาคารส่งน้ำ (ต่อ)



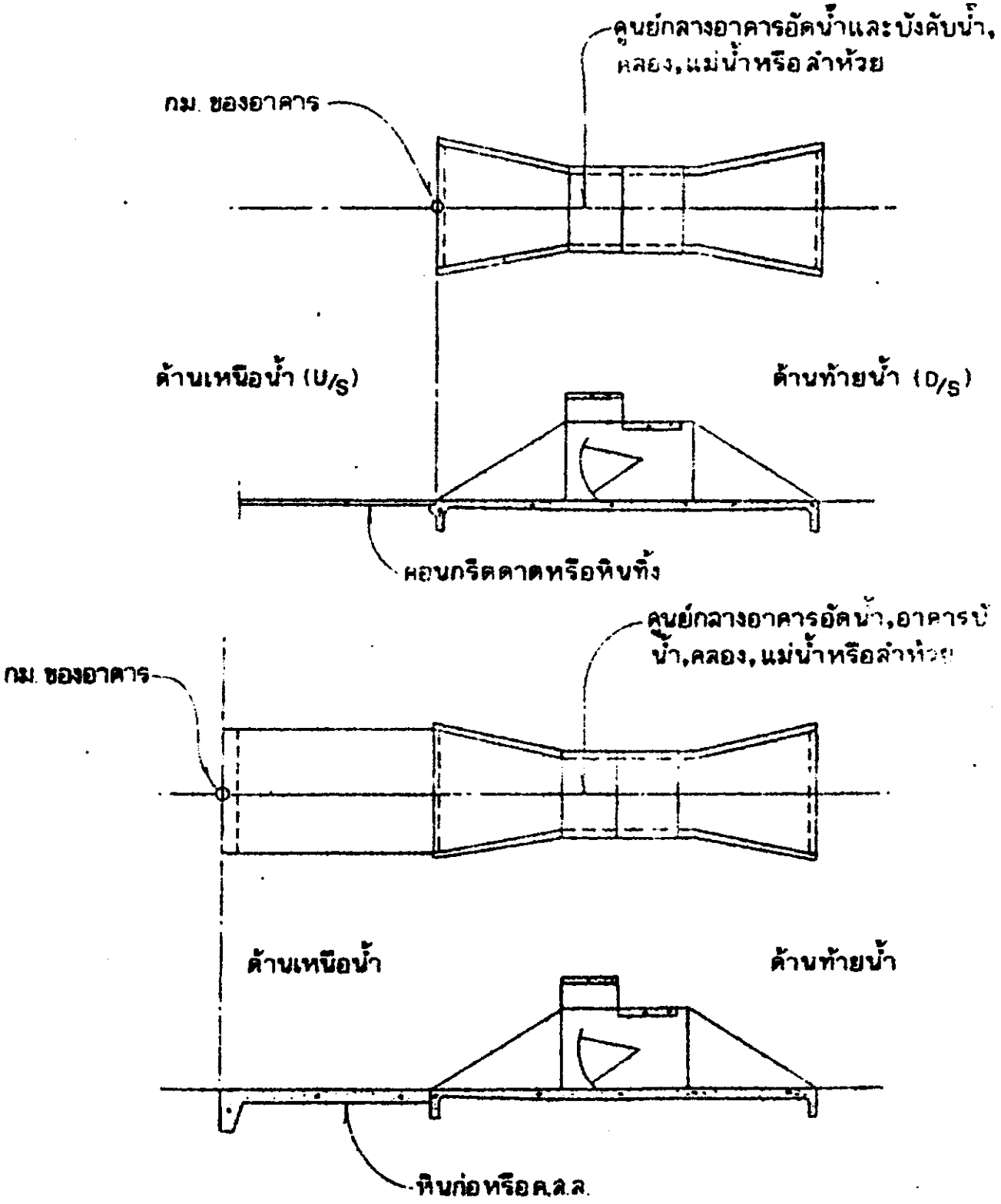
อาคารอัดน้ำและอาคารบ้านฉ



อาคารน้ำตกชนิดท่อ, อาคารน้ำตกชนิดเอียง
รางเท และอาคารบังคับน้ำปลายคลอง

รูปที่ 6

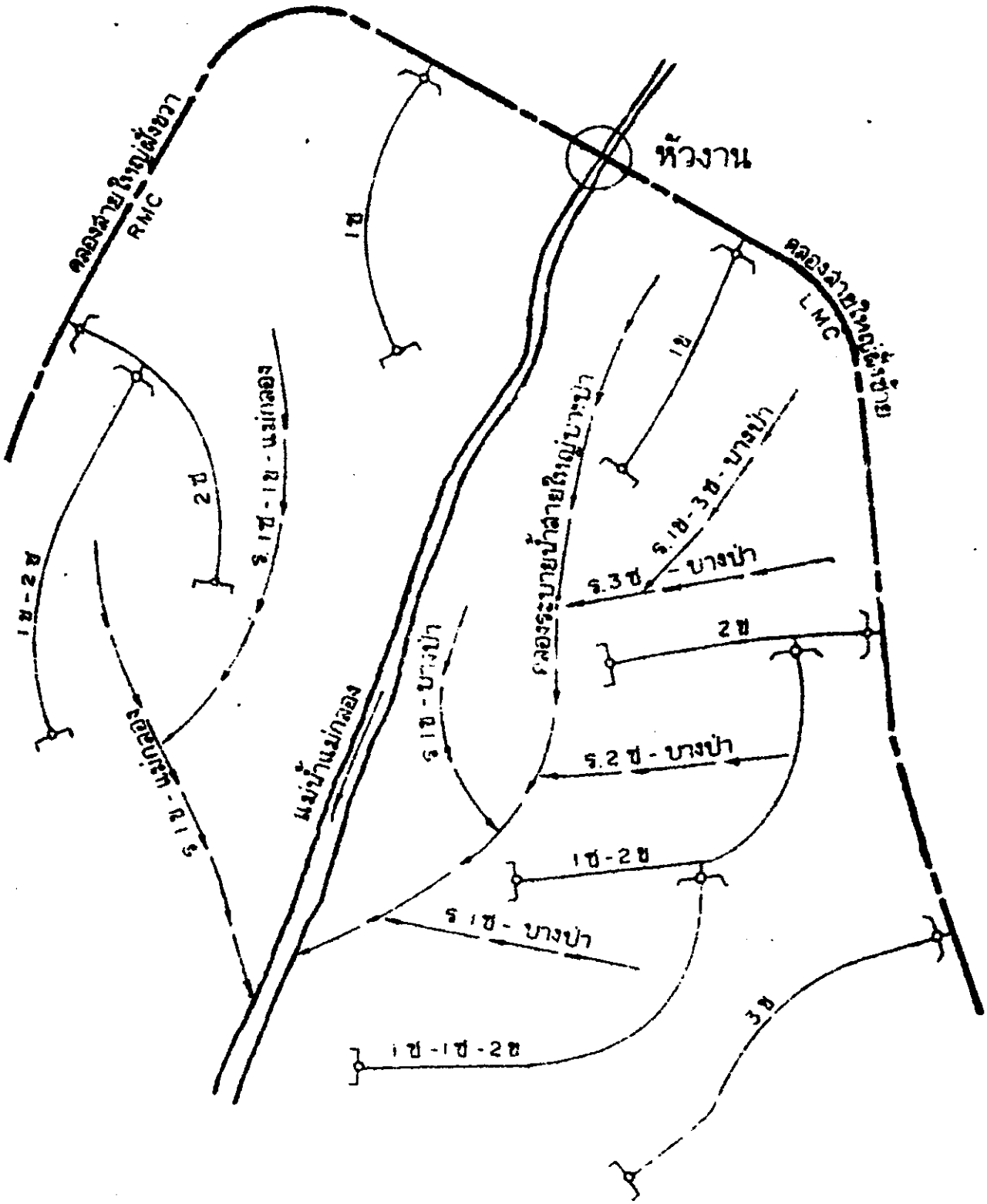
หลักการเขียนแบบคลองและอาคารส่งน้ำ (ต่อ)



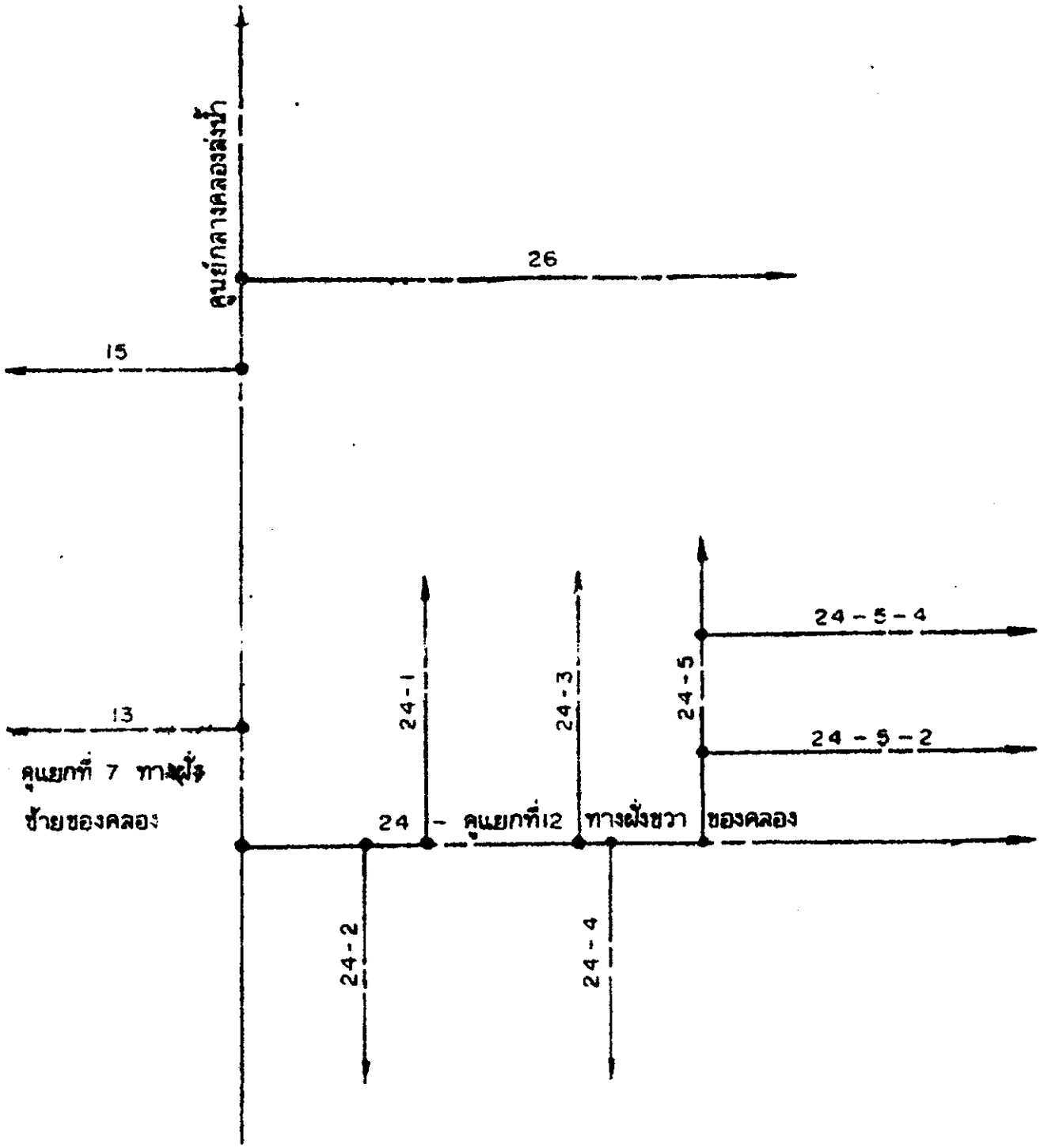
อาคารอัดน้ำและอาคารบังคับน้ำ

รูปที่ 7

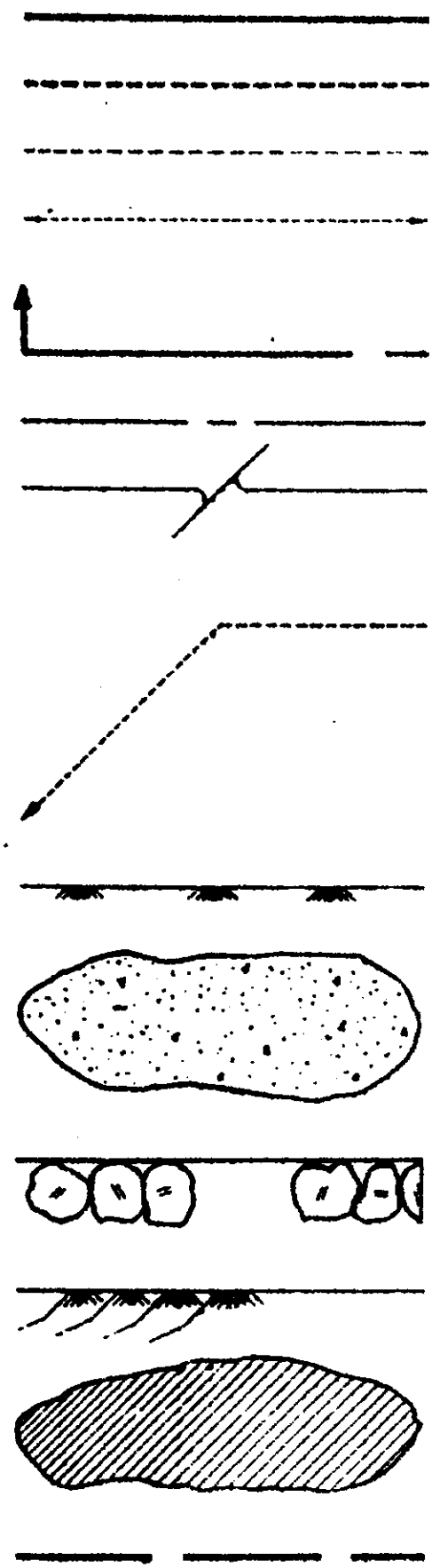
ตัวอย่างการเรียกชื่อคลองส่งน้ำและคลองระบายน้ำ



ตัวอย่างการเรียกชื่อคูส่งน้ำ



Size & Thickness of various lines in drawing



LEGND

MAIN CANAL OR LATERAL

DITCH

BOUNDARY LINE

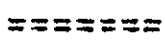
DRAINAGE LINE

RIVER OR NATURAL DRAIN

VILLAGE

SWAMP OR POND

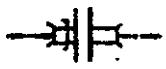
ROAD


TRACK

C.R.O TURNOUT

TURNOUT

DITCH TURNOUT (DITCH T/O)


CHECK CULVERT OR ROADWAY CULVERT WITH CHECK STRUCTURE (R.W.C./C.)

NORMAL SLOPE TO STEEP SLOPE STRUCTURE (N.-SL.)

STEEP SLOPE TO NORMAL SLOPE STRUCTURE (SL.-N.)

STEEP SLOPE WITH BEND (SL.-B.)

FARM INLET IN STEEP SLOPE DITCH (SL.-F.)

FARM INLET

LEGEND

FARM INLET WITH DROP

FARM INLET UNDER ROAD

FARM INLET UNDER ROAD WITH DROP

PIPE TAIL STRUCTURE

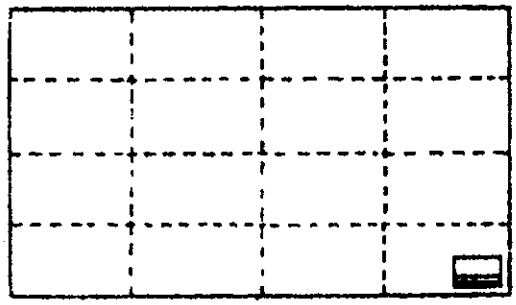
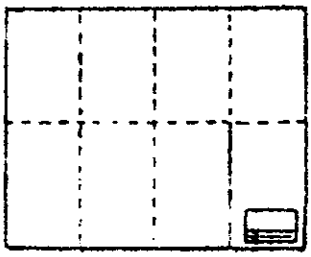
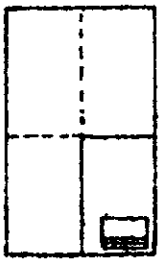
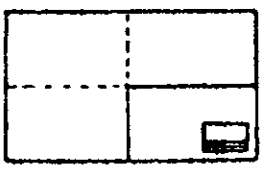
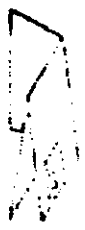
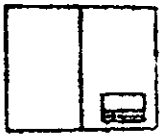
ROADWAY CULVERT OR LIVESTOCK CROSSING STRUCTURE

DRAIN CULVERT STRUCTURE

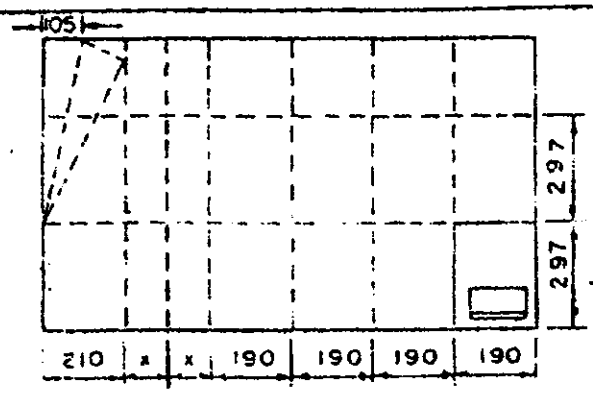
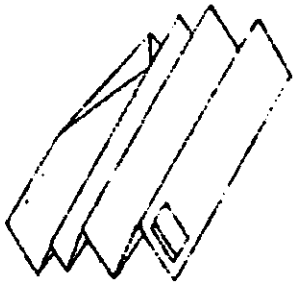
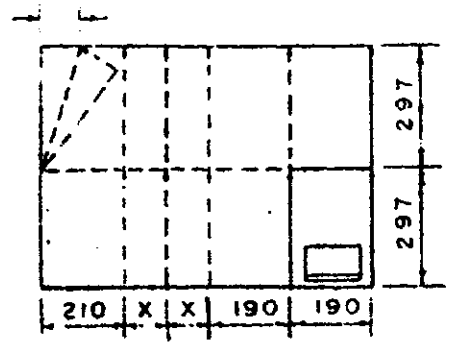
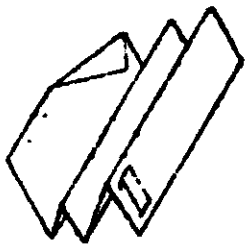
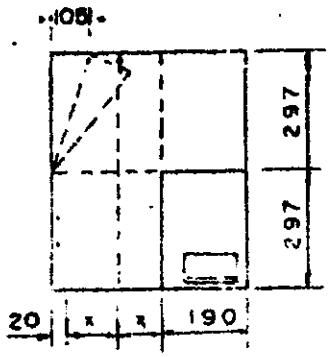
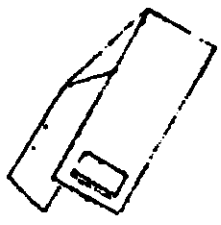
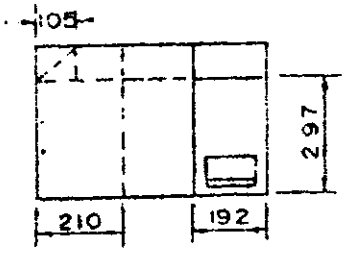
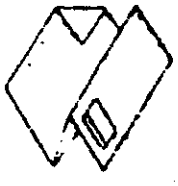
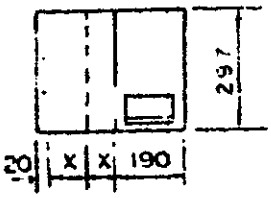
LOW ROAD PIPE CHECK STRUCTURE OR SIPHON

FLUME

วิธีพับกระดาษ เพื่อบรรจุของ

ขนาดกระดาษ	แนวพับ	การพับตามยาว	การพับตามขวาง
A0 841X1189 มม.			
A1 594X841 มม.			
A2 420X594 มม.			
A2 420X594 มม.			
A3 297X420 มม.			

วิธีพับกระดาษ เพื่อเย็บเล่ม

ขนาด	แนวพับ	การพับตามยาว	การพับตามขวาง
A0 841 x 1,189 มม.			
A1 594 x 841 มม.			
A2 420 x 594 มม.			
A2 420 x 594 มม			
A3 297 x 420 มม			

บทที่ 10

เทคนิคการออกแบบระบบชลประทานพื้นที่ราบและพื้นที่ลาดเท

10.1 คำนำ

คำถามที่เกษตรกร(cultivator)หรือเจ้าของที่ดิน(land-owner)จะถามวิศวกรชลประทาน ในการลงทุนออกแบบและสร้างระบบชลประทานในพื้นที่ของตัวเองคือ ประโยชน์ที่จะได้รับจากการมีระบบชลประทาน, ชนิดใดจึงจะเหมาะสมกับพืชและพื้นที่และค่าลงทุนโดยประมาณ ดังนั้นเพื่อตอบคำถามเหล่านี้วิศวกรชลประทานต้องมีข้อมูลเกี่ยวกับพืช,ดิน สภาพพื้นที่และชนิดของระบบต่างๆ รวมถึงค่าลงทุนโดยประมาณของแต่ละชนิด

การเลือกชนิดของการให้น้ำ และการระบายน้ำต้องให้เหมาะสมกับพืชที่ปลูก ชนิดของดินและสภาพพื้นที่ ระบบชลประทานบางชนิดอาจเหมาะสมกับพื้นที่ราบ แต่ไม่เหมาะสมกับพื้นที่ลาดเท หรืออาจต้องเสียค่าลงทุนมากไม่คุ้มกับผลตอบแทนที่จะได้รับ

ดังนั้นเทคนิคการออกแบบระบบชลประทาน สำหรับพื้นที่ลักษณะต่างๆ ซึ่งในที่นี้แบ่งเป็นพื้นที่ราบ และพื้นที่ลาดเท จึงมีความสำคัญ โดยเฉพาะต่อค่าลงทุนและผลตอบแทน

แต่ควรระลึกไว้ว่า ระบบชลประทานที่ดีที่สุดมิได้ประกันว่าจะได้รับประโยชน์มากที่สุด เพราะการจัดการ(Management)ก็เป็นสิ่งสำคัญอีกประการหนึ่ง หลังจากการพัฒนาระบบชลประทานแล้ว ต้องมีการเลือกพันธุ์ที่จะปลูกมีการดูแลและบำรุงรักษา การใส่ปุ๋ย และการใช้ยาฆ่าแมลง และยากำจัดศัตรูพืช เป็นต้น

นอกจากนั้น ต้องพิจารณาปริมาณน้ำต้นทุนมีเพียงพอหรือเปล่าเพราะหลังจากการพัฒนาพื้นที่เพาะปลูก ความต้องการน้ำจะเพิ่มสูงขึ้น

10.2 ข้อมูลสำคัญ

ข้อมูลที่วิศวกรชลประทานต้องทราบ เพื่อตอบคำถามของเกษตรกรหรือเจ้าของที่ดินที่ต้องการพัฒนาพื้นที่ นั้นคือ

1. ผลผลิตที่จะเพิ่ม หลังจากมีชลประทาน
2. การจัดการที่ดีช่วยให้ได้รับประโยชน์จากชลประทานมากขึ้นเพียงใด เช่น มีการปลูกพืช 2 ครั้ง (double cropping) หรือ ขยายพื้นที่ปลูกได้มากขึ้น
3. ความต้องการน้ำมีมากเพียงใด และแหล่งน้ำที่เหมาะสมอยู่ที่ไหน
4. ความแตกต่างของระบบชลประทานแบบต่าง ๆ และพลังงานที่ใช้
5. จะเปรียบเทียบค่าลงทุนของระบบต่างๆ กับผลผลิตที่คาดว่าจะเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 10.1 ผลผลิตข้าวที่เพิ่มขึ้นในเขตจัดรูปที่ดิน

ชื่อโครงการ	ไม่มีชลประทาน กก./ไร่	มีชลประทาน กก./ไร่	ผลผลิตที่เพิ่มขึ้น กก./ไร่
แม่วัง (ลำปาง)	407	669	262
บรมธาตุ (ชัยนาท)	400	640	240
บางขุด (สิงห์บุรี)	449	607	158
อินทชิน (เชียงใหม่)	600	900	300
แม่แตง (เชียงใหม่)	240	404	164

* แหล่งที่มา นายพงศธร วสภาพันธุ์, Agricultural Development in Thailand, 2530

จากตารางที่ 10.1 จะเห็นว่าถึงแม้จะมีการพัฒนาระบบชลประทาน แต่ผลผลิตที่เพิ่มขึ้นก็มีความแตกต่างกันออกไป อาจเนื่องจากความแตกต่างของสภาพความอุดมสมบูรณ์ของดิน พันธุ์พืชและการจัดการ เป็นต้น

หลังจากมีการพัฒนาระบบชลประทาน น้ำจะช่วยให้พืชสามารถดูดธาตุอาหารได้มากขึ้น หลังจากการพัฒนาจึงส่งเสริมให้มีการใส่ปุ๋ยเพิ่มขึ้นเพื่อเพิ่มผลผลิตให้มากขึ้น โดยเฉพาะพื้นที่ที่ทำการเพาะปลูกมานานแล้ว ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติ

10.3 การระบายน้ำ

การออกแบบระบบระบายน้ำ จะถูกนำมาพิจารณาโดยต้องคำนึงถึงสิ่งเหล่านี้

1) ภูมิประเทศ และสิ่งกีดขวาง

ภูมิประเทศและสิ่งกีดขวางคือ ความชัน และความขรุขระของพื้นที่ สามารถพัฒนาระบบชลประทานในพื้นที่ลาดชันทุกสภาพ ถ้าเลือกชนิดระบบที่เหมาะสม และมีการอนุรักษ์ดินที่ดี

ในพื้นที่ที่ไม่ราบเรียบ ต้องทำการปรับพื้นที่พื้นที่โดยทำ Land Grading เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการกระจายน้ำให้ได้ทั่วถึงและสม่ำเสมอขึ้น ขจัดปัญหาน้ำท่วมขังเพียงบางจุดโดยปกติ Land Grading จะทำในพื้นที่ที่มี ดินชั้นบน (top soil) หนาประมาณ 1-1.2 เมตร ในพื้นที่ที่มี ดินชั้นบนบาง เราต้องขนย้าย ดินชั้นบนออกจากพื้นที่ก่อนแล้วจึงทำการ ปรับพื้นที่ และนำดินชั้นบนกลับเข้ามาทีหลังเพื่อรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินไว้

สิ่งกีดขวาง อาทิเช่น ถนน สิ่งปลูกสร้าง หรือทางน้ำจะต้องถูกนำมาพิจารณาในการวางแนวคูส่งน้ำคูระบายน้ำ ทางสาธารณะ หรือท่อส่งน้ำ และการเคลื่อนย้ายเครื่องจักรกลการเกษตร

2) ประเภทของการระบายน้ำ

ระบบระบายน้ำจะพัฒนาควบคู่ไปกับระบบชลประทาน จุดประสงค์เพื่อ ควบคุมระดับน้ำในเขตรากพืช เรียกว่าเป็นการจัดการน้ำอย่างสมบูรณ์แบบ สภาวะที่มีน้ำมากเกินไปก็ จะทำอันตรายต่อต้นพืช เหมือนกับสภาวะที่พืชขาดน้ำ เช่นกัน ประเภทของระบบระบายน้ำสามารถแยกออกได้เป็น 2 ชนิดคือ

(1) การระบายน้ำจากผิวดิน (Surface Drainage) วิธีนี้จะประสพความสำเร็จได้ต้องอาศัยการทำ Land grading รวมถึงการสร้างคูดินในพื้นที่เพื่อระบายน้ำส่วนที่เกินออก

คูน้ำจะใช้ในงานระบายน้ำบนผิวดินในพื้นที่ที่มีสภาพความลาดชันน้อยๆ คูน้ำจะรับน้ำที่ระบายไปลง outlet ที่อยู่ที่ต่ำกว่าแต่วิธีนี้ตัวคูน้ำจะเป็นสิ่งกีดขวางการใช้เครื่องจักรเครื่องมือการเกษตรเอง

(2) การระบายน้ำใต้ดิน (Subsurface Drainage) น้ำจะถูกระบายโดยรูที่ขุดไว้ใต้ดินหรือระบบท่อที่ฝังไว้ใต้ดิน

ระบบระบายน้ำใต้ดินจะก่อสร้างโดยการขุดเจาะให้เป็นรูหรือใช้ท่อพลาสติก (plastic tubing) นอกจากนี้ยังมีวัสดุอื่นๆที่ใช้เช่น ท่อดินเผาคอนกรีต,ท่อใยหิน (asbestos cement) หรือ ท่อโลหะ(metal pipe)

เพื่อประสพความสำเร็จในการออกแบบระบบระบายน้ำต้องพิจารณาข้อกำหนดต่าง ๆ มากมาย ที่จะนำมาพิจารณาออกแบบ อาทิเช่น ระยะห่าง (spacing) และขนาดของท่อ หรือ คูระบาย ซึ่งขึ้นกับ เนื้อดิน(soil texture) และความเร็วที่น้ำจะไหลในตัวกลางดิน ปริมาณน้ำที่เราต้องการระบายออก ความลึกของรากพืชที่ปลูก ความลึกของระดับน้ำใต้ดินที่เราต้องการรักษาระดับไว้

ในพื้นที่ที่มีระบบชลประทาน และระบายน้ำที่ดี จะสามารถช่วยให้ดินที่มีเกลือ (โดยเฉพาะเกลือ Sodium Chloride) และสารเคมีที่จะทำอันตรายต่อพืชถูกชะล้างโดยการให้น้ำและการระบายน้ำ น้ำที่ให้และ น้ำฝนที่ตกบนพื้นที่จะละลายเกลือ และถูกระบายโดยระบบระบายน้ำ ถ้าดินชั้นใต้ดินลงไป (sub soil) สามารถให้น้ำซึมผ่านได้ดี เกลือก็จะถูกชะล้างลงไปในชั้น subsoil ที่ต่ำกว่าชั้นรากพืช ในกรณีนี้ ระบบระบายน้ำจะไม่มีความจำเป็น

เกลือจะสะสมในพื้นที่แห้งแล้งและมีฝนตกไม่เพียงพอที่จะชะล้างเกลือออกไป เกลือบางชนิดเกิดจากการสลายตัวของดิน หรือมาจากน้ำชลประทานที่มีเกลือปนอยู่ บางครั้งเราสามารถทราบสภาพของดินโดยดูจากชั้นสีขาวที่ปรากฏบนผิวดินและดูจากลักษณะของต้นพืชที่แคระแกรน ไม่เจริญเติบโตหรือสีของพืชก็ได้

เกลือและสารเคมีที่มีผลกระทบกับต้นพืช 2 กรณี คือ

1.ลดความสามารถในการดูดความชื้นจากดิน โดยลดความดันในดินให้ต่ำกว่าภายในราก

2.ทำอันตรายต่อพืชและอาจทำให้พืชตายได้

การให้น้ำทางใต้ดินอาจเพิ่ม เกลือและสารที่เป็นอันตรายในดิน นักวางแผนที่ดีจึงต้องตระหนักถึงข้อนี้ในการออกแบบระบบระบายน้ำมิให้เกิดอันตราย ต่อพืชหรือให้เกิดได้น้อยที่สุด

10.4 <u>ประโยชน์ที่จะได้จากการให้น้ำ</u>

ประโยชน์ที่จะได้จากการให้น้ำซึ่งมิเพียงการให้น้ำแก่ต้นพืช ยังรวมถึงประโยชน์อื่นๆที่จะได้รับ คือ

1) ช่วยป้องกันพืชจากอากาศร้อนจัด และอากาศเย็นจัด

2) นำสารเคมีไปให้แก่พืช

3) นำของเสียของสัตว์ไปให้พืชใช้ในรูปของเหลว

4) ควบคุมระยะวันเวลาการเก็บเกี่ยว

1) พืชแต่ละชนิดจะทนต่อสภาพอากาศเย็นที่ต่างกัน และพืชบางชนิดจะให้ผลผลิต ลดลงที่อุณหภูมิสูงขึ้น

น้ำช่วยป้องกันพืชมิให้ผลผลิตลดลงเนื่องจากอุณหภูมิที่เย็นจัดทำได้ 2 วิธี คือ

(1) ทำให้ดอกบานช้าขึ้น

(2) เพิ่มความร้อน เพื่อป้องกันการแข็งตัวของดอก และส่วนอื่นๆ ของพืช

น้ำช่วยป้องกันพืชมิให้ผลผลิตลดลงเนื่องจากอุณหภูมิที่สูงจัดทำได้ 2 วิธี คือ

(1) ทำให้ดอกและผลติดมากขึ้น

(2) ควบคุมการสุกของผล

(3) ควบคุมการออกดอก

2) นำสารเคมีไปให้แก่พืช

น้ำสามารถละลาย สารเคมี เช่น ปุ๋ย ยาฆ่าแมลง และส่งไปให้พืชโดยน้ำชลประทาน โดยวิธีนี้จะเป็นประโยชน์มาก เพราะ

(1) ประหยัดแรงงานและเครื่องมือ

(2) สามารถให้ปุ๋ย และยาป้องกันศัตรูพืชได้สม่ำเสมอและทั่วถึง

(3) พืชสามารถนำปุ๋ยไปใช้ประโยชน์ได้สูงสุด

โดยปกติ การให้ปุ๋ยในน้ำชลประทาน มักนิยมใช้กันทั่วไป แต่การให้สารเคมีพวกยาฆ่าแมลง ยากำจัดศัตรูพืช ยังไม่นิยมเนื่องจากต้องใช้ความระมัดระวังสูงในการใช้

3) นอกจากนี้ ของเสียก็อาจใช้ระบบชลประทาน เพื่อกระจายส่งไปบนพื้นที่เกษตรเพื่อประหยัดแรงงาน และ การกระจายของเสียของสัตว์ก็จะสม่ำเสมอด้วย

4) ควบคุมระยะวันเวลาการเก็บเกี่ยว

ถ้าสามารถเก็บผลผลิตในช่วงที่ตลาดมีราคาดีก็จะทำให้เกษตรกรมีรายได้ดีขึ้น การให้น้ำก็เป็นตัวที่สามารถควบคุม กำหนดระยะเวลาการเก็บเกี่ยวได้

การควบคุมน้ำในเวลาที่เหมาะสม กับพืชบางชนิดก็จะทำให้การสุกเร็วขึ้น แต่กับพืชบางชนิด กับเป็นการยืดระยะเวลาการสุกออกไป

10.5 ปริมาณน้ำที่ต้องการ

การทราบปริมาณน้ำที่เหมาะสมต้องให้กับพืช ในช่วงต่างๆมีความจำเป็นแม้จะให้น้ำตลอดฤดูการเติบโตของพืชผลผลิตก็อาจสูญเสียได้ ปริมาณน้ำในช่วงต่างที่เหมาะสมจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องรู้

ปัจจัยสำคัญที่นักวางแผนต้องรู้ คือ

1) ปริมาณน้ำทั้งหมดที่พืชต้องการใช้ตลอดฤดูการเติบโต

2) ปริมาณน้ำที่พืชต้องการใช้มากที่สุดต่อวัน

1) ความต้องการน้ำตลอดฤดูการเติบโต

พืชต่างชนิดกันก็มีความต้องการน้ำต่างกัน จำนวนน้ำที่พืชต้องการใช้ตลอดฤดูเพาะปลูกเรียกว่า "ความต้องการน้ำของพืชตลอดฤดู หรือ การใช้น้ำของพืช ตลอดฤดู" ซึ่งขึ้นกับภูมิอากาศของแต่ละสถานที่ ในเขตร้อน (Arid Area) พืชต้องการน้ำมากกว่าในเขตชื้น(Humid Area) เนื่องด้วยการสูญเสียเนื่องจากการระเหยและการคายน้ำมากกว่า

2) ความต้องการน้ำสูงสุด

ในช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตของพืช จะมีช่วงที่พืชต้องการน้ำสูงกว่าในช่วงอื่น โดยเฉพาะในช่วงที่มีการเจริญเติบโตสูงสุด ปริมาณน้ำที่พืชใช้ต่อวันในช่วงที่พืชใช้น้ำสูงสุดเรียกว่า "ความต้องการน้ำสูงสุดของพืช

ความต้องการน้ำสูงสุดนี้ขึ้นกับ ลักษณะของภูมิอากาศ ดิน และพืชที่ปลูกเอง

10.6 แหล่งน้ำที่เหมาะสม

ก่อนที่คุณจะคำนวนปริมาณน้ำที่พืชต้องการใช้ คุณต้องรู้เกี่ยวกับแหล่งน้ำที่จะเอาน้ำมาใช้

ข้อมูลที่ต้องการในการตัดสินใจเลือกก็คือ

1) แหล่งที่จะได้น้ำมา

2) กฎระเบียบที่เกี่ยวกับการใช้น้ำจากแหล่งนั้น

3) ระยะทางที่จะนำน้ำมาถึงพื้นที่

4) ความสูงของน้ำที่ต้องยก

1) แหล่งที่จะได้น้ำมา (Source of water)

แหล่งที่ที่จะนำน้ำได้มาใช้อาจแบ่งออกเป็น 4 แหล่ง ได้คือ

(1) แม่น้ำ,ลำธาร

(2) ทะเลสาป,บ่อ,อ่างเก็บน้ำ

(3) ท่อส่งน้ำ,คลอง

(4) บ่อยาดาล

2) กฎระเบียบเกี่ยวกับการใช้น้ำ (Water Right Law)

ในบางประเทศ มีกฎหมายควบคุมและคุ้มครองผู้ใช้น้ำ แต่ในเมืองไทยเรายังมิได้มีการประกาศใช้กฎหมาย Water Right Law ทั้งๆที่รัฐบาลได้ลงทุนเกี่ยวกับการพัฒนาแหล่งน้ำและการจัดสรรน้ำเพื่อการชลประทานจำนวนมหาศาลแต่ปัจจุบัน พื้นที่ชลประทานบางส่วนกำลังถูกเปลี่ยนไปเพื่อ อุตสาหกรรมหรือธุรกิจอื่น การใช้น้ำจึงผิดจาก

วัตถุประสงค์ของการลงทุนเดิมออกไป กฎหมายคุ้มครองผู้ใช้น้ำเดิม และควบคุมการใช้น้ำของแหล่งต่าง ๆ นั้นก็จะมีความสำคัญมากขึ้น

กฎหมายเกี่ยวกับการใช้น้ำ ส่วนใหญ่จะเป็น "Prior Appropriations" คือ ผู้ใช้อยู่ก่อนมีสิทธิ์ก่อน เพราะฉะนั้น นอกเนื่องจากที่ใช้เพื่ออุปโภค บริโภคแล้วด้านการเกษตรก็จะเป็นอันดับแรกที่จะต้องคำนึงถึง น้ำส่วนที่เหลือจากภาคเกษตรแล้วจึงนำมาจัดสรรเพื่อประโยชน์อย่างอื่น เช่น อุตสาหกรรม เป็นต้น

3) ระยะทางที่จะนำน้ำมาถึงพื้นที่

ระยะที่นำน้ำจากแหล่งน้ำมาถึงพื้นที่ จะถูกรวมในค่าลงทุน ถ้าระยะทางที่จะนำน้ำมาไกล ค่าลงทุนก็จะสูงขึ้น ถ้ามีแหล่งน้ำหลายแหล่ง ก็ต้องเปรียบเทียบค่าลงทุนแต่ละแห่ง ก่อนจะตัดสินใจเลือกแหล่งน้ำ

4) ความสูงของน้ำที่ต้องยก

การตัดสินใจเลือกแหล่งน้ำที่เหมาะสมอาจต้องคำนึงถึงความสูงจากระดับน้ำกับระดับพื้นดินถ้าต้องสูบน้ำจากแหล่งน้ำบนผิวดิน เช่นจากแม่น้ำหรือสระ ต้องพิจารณาความสูงจากผิวน้ำถึงเครื่องสูบและจากเครื่องสูบถึงระดับดิน สำหรับเครื่องสูบแบบ Centrifugal ระยะจากผิวน้ำถึงจุดศูนย์กลางเครื่องสูบ เรียกว่า Suction lift (ระยะดูดยก)ไม่ควรเกิน 5 เมตร เพื่อประสิทธิภาพสูงสุด

สำหรับบ่อเจาะ ระยะดูดยกอาจลึกเป็น 10ๆ เมตร ปั๊มที่จะนำมาใช้ก็ต้องขึ้นกับความลึกของบ่อ ส่วนความสูงของผิวดินกับตัวปั๊มไม่มีจำกัดไว้ แต่ถ้าความแตกต่างมาก ขนาดของตัวเครื่องสูบอาจจะใหญ่ขึ้น และทำให้สิ้นเปลืองพลังงานมากขึ้น

การหาระยะจากเครื่องสูบถึงพื้นที่ส่งน้ำถ้าระยะห่างกันมาก อาจต้องใช้การสำรวจโดยอาศัยกล้องระดับ

10.7 ประมาณน้ำที่ ใช้ประโยชน์ได้

เนื่องจากแหล่งน้ำบางแหล่งมีปริมาณน้ำจำกัด เราต้องมีการจัดหาปริมาณน้ำที่จะเอาไปใช้ประโยชน์

การกำหนดปริมาณน้ำที่ใช้ประโยชน์ได้ จากแหล่งนี้ต้องคำนึงถึง

1) สภาพการไหลของน้ำในแม่น้ำ หรือลำน้ำธรรมชาติ

2) ปริมาณน้ำในทะเลสาบ สระ อ่างเก็บน้ำ หรือ คลองส่งน้ำ

3) สภาพของ Inflow ที่ไหลเข้า บ่อบาดาล

4) ปริมาณรวมทั้งหมดในกรณีที่ใช้แหล่งน้ำจากหลายแหล่ง

10.8 การกำหนดประเภทของระบบชลประทาน(Irrigation System)

การตัดสินใจเลือกระบบชลประทานที่เหมาะสม อาจพิจารณาเลือกวิธีทั่วไปในการให้น้ำซึ่งสามารถแยกออกไปได้ 3 วิธี

1) การให้น้ำเหนือผิวดิน "Above surface Irrigation"

2) การให้น้ำบนผิวดิน "Surface Irrigation"

3) การให้น้ำใต้ผิวดิน " Subsurface Irrigation"

ก่อนอื่น ต้องตัดสินใจเลือกวิธีการให้น้ำทั่วไปที่เหมาะสม แล้วจึงจะตัดสินใจเลือกวิธีการให้น้ำที่เหมาะสมที่สุดที่มีตั้งแต่ 1 ถึง หลายระบบขึ้นกับความแตกต่างของ field condition, ชนิดของดิน และ ชนิดที่หลากหลายของพืช

ถ้า financial Return ของพืชบางชนิดต่ำ การเลือกระบบชลประทานต้องลงทุนให้พอดีหรือคุ้มกัน Return ถ้าในพื้นที่ที่ค่าแรงแพง ระบบที่ใช้แรงงานน้อยจะถูกนำมาพิจารณาก่อน

การเลือกระบบหนึ่งระบบใด จากหลายระบบเราต้องเลือกบนพื้นฐานของค่าใช้จ่ายทั้งหมดตลอดปี

10.9 การเลือกวิธีการให้น้ำสำหรับพื้นที่ราบและพื้นที่ลาดชัน

Factor ที่สำคัญในการตัดสินใจเลือกวิธีการให้น้ำที่จะใช้ตัดสินใจที่ดีที่สุดก็ขึ้นกับการรวบรวมความรู้เกี่ยวกับ

1) วิธีการให้น้ำ (Applying water)

2) ความลาดชันของพื้นที่ (Land Slope)

3) อัตราการซึมของน้ำ (Water Intake Rate)

4) ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (Water-Holding Capacity)

5) การทนต่อสภาพขาดน้ำหรือมีน้ำมากเกิน (Water Tolerance of crops)

6) การกระทำของลม (Wind Action)

1) วิธีการให้น้ำ (Applying Water)

วิธีการให้น้ำมีด้วยกัน 4 วิธี คือ

(1) การให้น้ำแบบฉีดฝอย (sprinkler)

(2) การให้น้ำแบบบนผิวดิน (surface)

(3) การให้น้ำแบบหยด (trickle)

(4) การให้น้ำแบบใต้ผิวดิน (Sub-surface)

(1) การให้น้ำแบบฉีดฝอย (sprinkler)เป็นการให้น้ำโดยการฉีดน้ำผ่านอากาศและตกลงบนผิวดินคล้ายฝนวิธีนี้การให้โดยใช้หัวฉีดเพียงหัวเดียวหรือหลายหัวก็ได้

(2) การให้น้ำแบบบนผิวดิน (surface)น้ำจะถูกให้บนผิวดิน ที่ระดับ ground level การไหลจะไหล โดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลกแผ่กระจายไปบนผิวดิน โดยผ่านร่องดู Furrow หรือ โดยท่วมผิวดินไป

(3) การให้น้ำแบบหยด (trickle)เป็นการให้น้ำให้โดยตรงต่อต้นพืช น้ำจะถูกส่งผ่านระบบท่อ (pipe network)ไปยังต้นพืชแต่ละต้น โดยมีทางออก ของน้ำที่เรียก Emitter เป็น outletเมื่อน้ำถูกปล่อยจาก emitter ก็จะกระจาย เข้าสู่ Wet zone น้ำจะเคลื่อนที่ผ่านดินโดยการเคลื่อนที่ของน้ำในดิน

(4) การให้น้ำแบบใต้ผิวดิน (Sub-surface)การให้น้ำแบบใต้ผิวดินแบ่งออกเป็น การให้น้ำซึมลงใต้ดิน subirrigationกับการให้น้ำจากใต้ดิน subsurface irrigation

(ก) การให้น้ำซึมลงใต้ดิน subirrigation

เป็นการให้น้ำในชั้นรากพืช root zone เช่นการให้ผ่านทางน้ำเปิด Open

ditch ใน ditch ต้องมี check หรือ gate กักน้ำไว้ใน ditch เพื่อยกระดับน้ำใต้ดิน (water table) ให้สูงจนถึงชั้น root zone หรือให้ผ่านท่อที่ฝังไว้ใต้ผิวดิน น้ำจะให้จากระดับที่ต่ำกว่ารากพืชแล้วซึมขึ้นชั้น root zone โดย capillary action น้ำจะเคลื่อนที่จากที่เปียกไปยังที่แห้งกว่าโดย Surface attraction force แรงนี้มีทุกทิศทางขึ้นกับค่าแห่งของดินที่แห้ง

(ข) การให้น้ำจากใต้ดิน subsurface irrigation

เป็นการให้น้ำใต้ดิน โดยรู,ท่อ วิธีการนี้คล้ายกับการให้น้ำแบบ trickle คือเป็นการให้ทุกๆ ต้น แต่ฝังปลาย outlet ไว้ใต้ต้นพืช

2) ความลาดชันของพื้นที่ (Land Slope)

ความลาดชันของพืชที่จะกำหนดวิธีการให้น้ำได้ตามตารางที่ 10.2

ตารางที่ 10.2 การเลือกวิธีการให้น้ำ

วิธีการให้น้ำ	ตัวการที่กำหนดการเลือก			
	ความลาดชัน	อัตราการซึม	ความทนต่อการขาดน้ำหรือมีน้ำเกินของพืช	ผลจากลม
การให้น้ำแบบฉีดฝอย	ใช้ได้ทั้งพื้นที่ราบและพื้นที่ลาดชัน	สามารถปรับปรุงใช้ได้กับดินที่มีอัตราการซึมต่างกัน	สามารถปรับปรุงได้ใช้กับพืชส่วนใหญ่แต่อาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดเชื้อราและโรคแมลงในใบไม้หรือผล	ลมจะมีผลต่อประสิทธิภาพการให้น้ำ
การให้น้ำบนผิวดิน	ใช้ได้กับ พ.ท. ราบหรือ พ.ท. ลาดชันแต่มี	โดยทั่วไปแต่แนะนำให้ใช้กับดินที่มีอัตราการ	สามารถปรับปรุงได้ใช้กับพืชส่วนใหญ่แต่จะทำอันตรายกับรากพืชที่ไม่	ลมแรงจะมีผลต่อการประสิทธิภาพและการให้

ตารางที่ 1 (ต่อ) ตัวการที่ มีผลต่อการเลือกวิธีการให้น้ำ

วิธีการให้น้ำ	ตัวการที่กำหนดการเลือก			
	ความลาดชัน	อัตราการซึม	ความทนต่อการขาดน้ำหรือมีน้ำเกินของพืช	ผลจากลม
	ความชันอยู่ระหว่าง 0-1 % แต่อาจให้น้ำแบบท่วมเป็นผืนใน พ.ท.แปลงหญ้าซึ่งมีความลาดชันมากกว่า 1 %	ซึมสูงหรือมากกว่า 2.5 "ต่อ ช.ม.หรือดินที่มีอัตราการซึมต่ำมากเช่นดินประเภท mucks หรือ peats	สามารถทนต่อการขังของน้ำในชั้นรากพืชได้	น้ำแต่โดยทั่วไปจะไม่นำลมมาพิจารณา
การให้น้ำแบบหยด	ใช้ได้กับ พื้นที่ลาดชันทุกประเภท	ใช้ได้กับอัตราการซึมต่าง ๆ	ไม่เป็นปัญหา	ไม่มีผลต่อการให้น้ำวิธีนี้
การให้น้ำซึมลงใต้ดิน	พ.ท.ราบหรือ พ.ท.ขั้นบันได	ใช้กับดินที่มีชั้น impervious layerอยู่ใต้ชั้นรากพืช หรือดินที่	ใช้ได้กับพืชทุกชนิด	ไม่มีผลต่อการให้น้ำวิธีนี้

ตารางที่ 1 (ต่อ) ตัวการที่ มีผลต่อการเลือกวิธีการให้น้ำ

วิธีการให้น้ำ	ตัวการที่กำหนดการเลือก			
	ความลาดชัน	อัตราการซึม	ความทนต่อการขาดน้ำหรือมีน้ำเกินของพืช	ผลจากลม
การให้น้ำจากใต้ดิน	พ.ท.มีความลาดเทจำกัด	สามารถควบคุมระดับน้ำใต้ดิน ใช้กับดินเนื้อหยาบปานกลางหรือละเอียด	ไม่เป็นปัญหา	ไม่มีผลต่อการให้น้ำวิธีนี้

ถ้าพื้นที่ของเราเป็นพื้นที่ราบ หรือสามารถปรับระดับให้ราบได้ไม่เสียค่าใช้จ่ายมาก เราสามารถเลือกวิธีการให้น้ำได้ทุกวิธี

ถ้าพื้นที่เป็นพื้นที่ลาดชัน sloping land เราจะถูกจำกัดให้ใช้วิธีการให้น้ำแบบฉีดฝอย Sprinkler หรือ วิธีการให้น้ำแบบน้ำหยด trickle

โดยวิธีการให้น้ำแบบฉีดฝอย การกระจายของน้ำสามารถควบคุมให้อย่างช้า ๆ ซึ่งสามารถป้องกันการชะล้างของดิน

โดยวิธีการให้น้ำแบบน้ำหยด หัวหยด emitterสามารถควบคุมให้อัตราการไหลสอดคล้องกับอัตราการซึมของดินได้ ความดันที่สม่ำเสมอ (Uniform Pressure) สามารถทำได้โดยเครื่องยนต์หรือมอเตอร์ไฟฟ้า

สำหรับการให้น้ำโดย วิธีการให้น้ำบนผิวดิน Surface กับวิธีการให้น้ำแบบใต้ดิน Subsurface สามารถใช้กับพื้นที่ลาดชันบางพื้นที่ได้ แต่ต้องมีการปรับพื้นที่ก่อน

3) อัตราการซึมของน้ำ (Water Intake Rate)

อัตราการซึมของดินจะกำหนดอัตราการให้น้ำสูงสุดเพื่อให้ดินดูดซึมน้ำลงไปในดิน โดยไม่เกิด Run off

ตัวการ ที่กำหนดอัตราการซึมของดินมีหลายอย่าง แต่ที่สำคัญคือ เนื้อดิน texture หรือขนาดของเนื้อดินและ Surface Scaling อันเกิดจาก การบดอัด Compaction และเกลือในดินSalt ดินที่มีอนุภาคใหญ่จะมีอัตราการซึมเร็ว

นอกจากนี้พืชปกคลุมดินในพื้นที่ลาดชันและวิธีการไถต่างๆ ก็จะมีผลต่ออัตราการซึมเช่นกันอัตราการซึมของดินจะเป็นตัวการสำคัญในการเลือกวิธีการให้น้ำ Irrigation method ↓

ถ้าดินของคุณเป็นดินที่มีอัตราการซึมต่ำ (low water intake rate) ประมาณ 13 มม/ชั่วโมง หรือน้อยกว่า คุณควรเลือกใช้วิธีการให้น้ำแบบฉีดฝอย (Sprinkler) หรือวิธีการให้น้ำแบบน้ำหยด (Trickle) หรือวิธีการให้น้ำแบบบนผิวดิน (Surface)

ถ้าดินของคุณเป็นดินที่มีอัตราการซึมสูง (high water intake rate) ประมาณ 76 มม/ชั่วโมงหรือมากกว่า คุณจะถูกจำกัดให้ใช้วิธีการให้น้ำแบบฉีดฝอย (Sprinkler) หรือวิธีการให้น้ำแบบน้ำหยด (Trickle) หรือวิธีการให้น้ำแบบใต้ดิน (Subsurface)

แต่ในทางปฏิบัติแม้ในพื้นที่ที่มีดินที่มีอัตราการซึมค่อนข้างสูง มักนิยมให้น้ำแบบผิวดิน แต่จะพบปัญหาที่หัวแปลงได้รับน้ำมากเกินไป และท้ายแปลงได้รับน้ำไม่เพียงพอ

วิธีแก้ไขก็โดยลดระยะทางวิ่งของน้ำลง แต่ต้องระวังไม่ให้แปลงมีขนาดสั้นเกินไป จะเป็นอุปสรรคต่อการทำงานในพื้นที่ ตารางที่ 2 จะแสดงความยาวของแปลงที่เหมาะสมกับดินต่างๆที่ให้น้ำด้วยวิธีการให้น้ำบนผิวดิน

ตารางที่ 2 ความยาวสูงสุดของแปลงที่เหมาะสมกับดินที่ใช้วิธีการให้น้ำบนผิวดิน (ความลาดเท 0.1-0.2 %)

เนื้อดิน	ความยาวสูงสุด (ม)
ทรายหยาบมาก(very coarse sand)	ไม่เหมาะสม
ทรายหยาบ-ละเอียด(coarse sand,fine sand, loamy sand)	180
ดินร่วนปนทราย(sandy loam,fine sandy loam)	270
ดินร่วนปนทรายเนื้อละเอียด(very fine sandy loam, loam and silt loam)	360
ดินเนื้อละเอียด(clay loam,silty clay loam and sandy clay loam)	550
ดินเนื้อละเอียดมาก(sandy clay,silty clay)	790
Peat and muck	ไม่เหมาะสม

ข้อแนะนำ: ความยาวของร่องดูแต่ละแห่งอาจเปลี่ยนแปลงได้ ควรปรึกษาผู้เชี่ยวชาญในเรื่องการให้น้ำ

4) ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน Water-Holding Capacity

ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน ดูได้จาก จำนวนน้ำที่ดินสามารถอุ้มไว้ได้หลังให้น้ำ free water ถูกระบายออกด้วยแรงดึงดูดของโลก

ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน ขึ้นกับเนื้อดิน Texture ที่มีผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำมาก ดินแต่ละชนิดจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำต่างกัน ดินที่มีเนื้อ

ดินทรายจะสามารถอุ้มน้ำได้น้อยกว่าดินที่มีเนื้อดินละเอียดกว่า

ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน ไม่ได้เป็นตัวกำหนด วิธีการให้น้ำ แต่จะกำหนดถึงความถี่ของการให้น้ำและปริมาณน้ำที่จะให้แต่ละครั้ง

ฉะนั้น ในดินเนื้อทราย ควรให้น้ำบ่อยครั้งกว่าดินเนื้อละเอียด และควรให้น้ำก่อนที่ปริมาณน้ำในดินลดลงต่ำมาก มิฉะนั้น คุณจะไม่ได้ผลผลิตที่ดีที่สุด

5) การทนต่อสภาพขาดน้ำหรือมีน้ำมากเกิน (Water Tolerance of Crops

ถ้าพืชที่ปลูกเป็นพืชที่เกิดเชื้อราหรือโรคง่าย เมื่อมีความชื้นสูง เราจะพบปัญหาถ้าเลือกวิธีการให้น้ำแบบฉีดฝอย ดูตารางที่ 3 น้ำรอบใบพืชที่ได้รับจากการใช้น้ำแบบฉีดฝอย Sprinkler อาจจะเป็นสาเหตุให้เกิดโรคได้

ถ้าพืชที่ปลูกเป็นพืชที่ไม่สามารถทนสภาพที่มีน้ำขังบนผิวดินนานอยู่หลาย ๆ เช่น มันฝรั่ง เราไม่สามารถเลือกใช้วิธีการให้น้ำแบบบนผิวดิน กับดินบางชนิด เพราะวิธีการให้น้ำแบบบนผิวดิน กับดินบางประเภทเพราะจะทำให้มีน้ำขังอยู่บนผิวดินนานหลายชั่วโมง (2 ถึง 24 ชั่วโมงขึ้นกับอัตราการซึมของดิน) ก่อนที่จะซึมลงไปในชั้นรากพืช root zone พืชจะเกิดความเสียหายได้

ดูเหมือนว่า โรคที่เกิดกับรากมักจะพบในพื้นที่ที่มีการให้น้ำโดยวิธีให้น้ำแบบบนผิวดิน (Surface) มากกว่าในพื้นที่ที่ใช้วิธีการให้น้ำแบบฉีดฝอย (Sprinkler)

ถ้าคุณต้องการขังน้ำไว้บนผิวดิน ก็ต้องเลือกวิธีการให้น้ำแบบบนผิวดิน (Surface) เช่น การปลูกข้าว ปลูกหญ้าแบบทั้งตามธรรมชาติ

วิธีการให้น้ำบนผิวดิน (Surface) มีผลกระทบต่อการงอกเมล็ดของพืชบางชนิด เมล็ดพืชที่เบาจะลอยมารวมกันเมื่อให้น้ำ ทำให้การออกรากไม่ดี

การให้น้ำแบบใต้ผิวดิน (Sub-surface) จะทำให้ความชื้นของผิวดินค่อยๆ เพิ่มขึ้นทีละน้อยซึ่งจะช่วยลดการเจริญเติบโตของวัชพืช แต่อาจทำให้การงอกของเมล็ดพืชที่ถูกฝังตื้นๆ(shallow-planted seeds) งอกช้าลง

6) การกระทำของลม Wind Action

การกระทำของลม จะมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของการให้น้ำ สำหรับการให้น้ำแบบฉีดฝอย (Sprinkler) และการให้น้ำแบบบนผิวดิน (Surface Irrigation) ลมแรงๆ จะทำให้มีผลต่อรูปแบบการกระจายของน้ำไม่ดี (Water Distribution Pattern) ในด้านที่อยู่มีทิศทางตรงข้ามกับทิศทางลม จะได้รับน้ำน้อยกว่าด้านที่มีทิศทางเดียวกับลม

ลมนอกจากมีผลกระทบต่อรูปแบบการกระจายของน้ำ แล้วยังมีผลต่ออัตราการให้น้ำสูงหรือต่ำด้วย

ลมแรงๆ ในบางครั้งก็มีผลต่อประสิทธิภาพการให้น้ำแบบบนผิวดิน (Surface) ในพื้นที่กว้างใหญ่ที่ไม่มีพืชปกคลุม ถ้าในพื้นที่มีลมพัดแรงเสมอ ลมก็จะต้องนำมาพิจารณาการเลือกวิธีการให้น้ำด้วย

10.10 <u>เทคนิคการออกแบบ</u>

1) คูส่งน้ำ

คูส่งน้ำในแปลง จะรับน้ำจากคลองส่งน้ำของชลประทาน เพื่อส่งน้ำให้แก่แปลงเพาะปลูกโดยผ่านท่อส่งน้ำเข้าแปลง ซึ่งอาจเป็น ท่อหัวหมู ที่มีประตูปิด-เปิด หรือ ท่อกลม ธรรมดาที่ต้องอาศัยดินอุดเมื่อไม่ต้องการน้ำ

คูส่งน้ำ จะถูกออกแบบให้ขวางขนาดกับด้านสั้นของแปลง เพื่อลดจำนวนของคูส่งน้ำซึ่งส่วนใหญ่มักจะเป็นคูดิน มีบางแห่งอาจดาดด้วยคอนกรีต ในพื้นที่ราบคูส่งน้ำจะถูกออกแบบให้สามารถส่งน้ำได้ 2 ข้างของคู และคูส่งจะแยกจากคูระบาย เพื่อสะดวกต่อการจัดการเรื่องน้ำ แต่อาจทำให้ความต้องการน้ำของพื้นที่สูงขึ้นซึ่งจะแก้ไขโดย นำน้ำที่ระบายกลับมาใช้ใหม่ (re-use of water)

แต่ในพื้นที่ลาดเทและการปรับพื้นที่ต้องการใช้ค่าลงทุนสูง คูส่งน้ำจะทำหน้าที่เป็นคูระบายได้ด้วย ในกรณีนี้ระดับน้ำของคูระบายน้ำของแปลงบนจะอยู่สูงกว่าระดับพื้นที่แปลงล่าง เพื่อที่สามารถนำน้ำที่ระบายจากแปลงบนมาใช้กับแปลงล่างได้โดยไม่ต้องเสียค่าลงทุน สร้างคูส่งอีกสายหนึ่ง

2) ถนน

ถนนเข้าแปลง มักถูกออกแบบให้มีความกว้างผิวจราจร ประมาณ 4 ม.และถูกออกแบบให้ขางคู่กับคูส่งน้ำ เพื่อสะดวกต่อการเข้าไปดูแลบำรุงรักษาคูส่งน้ำ ถนนเข้าแปลงส่วนใหญ่จะเป็นถนนลูกรังบดอัดหรืออาจโรยกรวดหยาบ เพื่อป้องกันถนนชำรุดเสียหายเร็วในฤดูฝน ในพื้นที่ลาดเทถนนเข้าแปลงอาจถูกออกแบบเป็น water way สำหรับระบายน้ำฝนที่ตกมามากออกไปสู่คลองระบาย หรือ ลาธารธรรมชาติอย่างรวดเร็ว เพื่อมิให้น้ำฝนเข้าไปขังในพื้นที่ ทำลายพืชผลได้

3) คูระบาย

คูระบายจะเป็นคูดินถูกออกแบบให้อยู่ด้านสั้นของแปลงตรงข้ามกับคูส่ง เพื่อเหตุผลเดียวกับการวางแนวคูส่ง คูระบายจะเป็นคูดิน ความลึกของคูจะขึ้นกับ ระดับน้ำในแปลงที่เราต้องการควบคุมไว้ คูระบาย ในพื้นที่ราบ จะถูกออกแบบให้สามารถรับน้ำที่ระบายจากทั้ง 2 ข้าง ในพื้นที่ที่ฝังท่อระบายน้ำฝังใต้ดิน คูระบายก็จะทำหน้าที่รับน้ำจากท่อระบายเหล่านี้อีกที

ข้างคูระบายมักไม่นิยมสร้างถนน แต่ในกรณีที่แปลงมีขนาดยาวมากอาจมีความจำเป็นที่ต้องขนปุ๋ย ยาฆ่าแมลง หรือ เมล็ดพันธุ์ เข้าทั้ง 2 ด้าน ของแปลง ทำให้ต้องสร้างถนนขนานกับคูระบายน้ำด้วย

10.11 การกระจายน้ำแบบ Plot to Plot System

Plot to Plot System เป็นการกระจายน้ำแบบดั้งเดิม พื้นที่ที่อยู่ใกล้คูส่งน้ำ จะรับน้ำโดยต่อจากคูส่ง ส่วนแปลงที่อยู่ห่างจากคูส่งน้ำก็ต้องรับน้ำผ่านแปลงบนที่อยู่ใกล้คูส่ง แปลงที่อยู่ตอนบนใกล้คูส่งน้ำจะระบายน้ำที่เหลือใช้ผ่านแปลงล่าง แล้วน้ำระบายก็จะไปรวมในพื้นที่ที่ต่ำสุดแล้วระบายลงคูระบายน้ำต่อไป

การกระจายน้ำจะขึ้นอยู่กับระดับระหว่างแปลงข้างเคียง น้ำจากแปลงที่อยู่ระดับสูงจะระบายสู่แปลงที่อยู่ระดับต่ำกว่า

ข้อเสีย ของ Plot to Plot System

1. พื้นที่ที่อยู่ไกลจากคูน้ำจะไม่สามารถรับน้ำได้ทันในช่วงที่ต้องการน้ำเพราะพื้นที่ที่อยู่ใกล้คูจะรับน้ำไปหมด

2. ในช่วงที่มีฝนตกหนัก พื้นที่ต่ำจะต้องรับน้ำที่ระบายจากแปลงที่อยู่สูงกว่าทำหน้าที่คล้าย drainage area

3. พื้นที่ที่อยู่ต่ำจะไม่สามารถควบคุมการใช้น้ำในพื้นที่โดยอิสระ พื้นที่ส่วนนี้มักจะให้ผลผลิตต่ำ

4. ในฤดูเก็บเกี่ยว ชาวนาที่อยู่แปลงบนจะระบายน้ำออกเพื่อให้ดินในแปลงมีสภาพเหมาะสมที่จะเข้าไปเก็บเกี่ยวได้ ส่วนแปลงล่างแม้ไม่ต้องการน้ำแต่ก็ต้องรับน้ำระบายจากแปลงบน ส่งลงคูระบายอีกที

5. ชาวนามักจะขังน้ำในแปลงนา แปลงที่ได้รับน้ำก่อนก็จะเก็บกักน้ำไว้ไม่ปล่อยให้แปลงข้างเคียง ทำให้เกิดการทะเลาะแย่งน้ำกันประจำ

6. Plot to Plot System ในประเทศ จะไม่ปรากฏถนนเข้าไปในแปลงนา เกษตรกรต้องบรรทุกปุ๋ย ยาฆ่าแมลง เดินตามคันนาผ่านเข้าไปถึงแปลงของตน เกษตรกรลำบากมาก ทำให้เกษตรกรไม่ค่อยนิยมบำรุงรักษาพืชที่ปลูกมากนัก ทำให้ผลผลิตต่ำลง ดังนั้น Plot to Plot System ไม่สนับสนุนต่อการพัฒนาเกษตรสมัยใหม่เพื่อเพิ่มผลผลิต

10.12 ประเภทของคูน้ำตามการใช้งาน

คูน้ำในที่นี้รวมถึงคูส่งน้ำและคูระบายน้ำ ในระบบ On-Fram คูน้ำสามารถแยกตามการใช้งานออกเป็น 2 ประเภท คือ

1) แบบแยกอิสระ (Independent Setting)

2) แบบร่วม (Dual-purpose Canals)

1) แบบแยกอิสระ (Independent Setting)

แบบแยกอิสระนี้คูส่งน้ำกับคูระบายน้ำแจกออกจากกันคูส่งน้ำจะรับน้ำจากคลองส่งน้ำแล้ว ส่งเข้าแปลงส่วนคูระบายน้ำก็จะรับน้ำจากแปลงแล้วไปรวมกันที่คลองระบายแล้วระบายออกส่งลำน้ำ ตอนท้ายน้ำของพื้นที่ระบบนี้เหมาะสมกับพื้นที่ราบเรียบ ซึ่งระบบระบายน้ำมีความสำคัญอย่างมาก การแยกระบบระบายน้ำก็เพื่อเกษตรกรสามารถควบคุมน้ำในคูระบายน้ำได้

แต่ระบบนี้ต้องใช้น้ำมาก แต่เพื่อการประหยัดน้ำ น้ำที่ระบายควรนำมา re-use สำหรับพื้นที่ของโครงการที่อยู่ล่างลงไป

2) แบบร่วม (Dual-Purpose Canals)

แบบร่วมนี้คูน้ำจะทำหน้าที่เป็นทั้งคูส่งและคูระบาย คูน้ำนี้จะรับส่งน้ำจากแปลงบนแล้วรับน้ำระบายจากแปลงบนส่งต่อให้แปลงล่างต่อๆ ไป ระบบนี้เหมาะใช้กับพื้นที่ลาดชัน (Sloping land)

ในแง่ของการใช้ที่ดิน แบบร่วมจะใช้ที่ดินน้อยกว่าแบบแยกและค่าก่อสร้างถูกกว่า เพราะในพื้นที่ลาดชันความเร็วของน้ำในคูน้ำมีมาก และมีความต่างระดับของพื้นที่ต้องมีการสร้าง On-Farm Structure เพิ่ม การสร้างคูส่งน้ำและคูระบายแยกกันต้องสิ้นเปลืองค่าก่อสร้างมาก

10.13 การจัดการไร่-นา ในต่างประเทศ

1) สหรัฐอเมริกา

สำหรับประเทศสหรัฐอเมริกา ขนาดถือครองของพื้นที่เพาะปลูกมีขนาดใหญ่ การจัดการ (Farm management) ก็เป็นแบบ Large-scale farm ในแปลงจะแบ่งแปลงย่อยออกโดยคันนาซึ่งสร้างตามเส้น Contour line ขนาดของคันจะสูงประมาณ 10 ซม. การกระจายน้ำระหว่างแปลงย่อยจะเป็นแบบ Plot to Plot System ในการจัดการแบบนี้ระบบคูส่งและคูระบายจะไม่ปรากฏในแปลงย่อย ๆ แปลงขนาดใหญ่นี้เหมาะสมต่อการใช้เครื่องจักรกลขนาดใหญ่

ใน Large-scale farm management นี้จะสังเกตุได้ว่า ระบบ Plot to plot system ไม่มีปัญหาเพราะเกษตรกรที่ดูแลมีเพียงคนเดียว ฉะนั้น ระบบแยกคูส่ง

น้ำและคูระบายจะเหมาะสมกับการจัดการไร่-นา ของเกษตรกรหลายคน

พื้นที่ชลประทาน (Irrigated Area) ในสหรัฐอเมริกาเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะในเขตตะวันออกซึ่ง เพิ่มขึ้นจาก 0.75 ล้าน เฮคเตอร์ ในปี ค.ศ. 1960 เป็น 1.24 ล้าน ha ในปี ค.ศ. 1965 การเพิ่มของพื้นที่ชลประทานโดยใช้ระบบ Sprinkler เป็นตัวเพิ่มพื้นที่อย่างเห็นได้ชัดสาเหตุที่การเพิ่มการใช้ระบบ Sprinkler ก็เนื่องจากการขาดแคลนแรงงานและการเพิ่มค่าแรง

ปัญหาของการชลประทานและระบายน้ำในสหรัฐอเมริกาก็เหมือนประเทศอื่นๆ คือการขาดแคลนแหล่งน้ำ เนื่องจากน้ำจากแหล่งน้ำส่วนใหญ่จะถูกใช้ในภาคอุตสาหกรรม ในฝั่งตะวันตกของ main land จะปัญหาของน้ำท่วม (flooding) แต่ในฝั่งตะวันออกก็จะมีปัญหาการขาดแคลนน้ำ ดังในปี 1988 เกิด Big Dry ในประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นสาเหตุให้ผลผลิตทางการเกษตรและปศุสัตว์เสียหายมาก

2) ญี่ปุ่น

หลังจากการออกพระราชบัญญัติ Land Reaadjustment ใน ค.ศ. 1899 เพื่อจุดประสงค์ เพื่อจัดรูปร่างแปลงนาที่ไม่ได้รูปร่าง เป็นแปลงขนาด 1,000 ตร.ม. คือขนาด 20x50 ม. หรือ 10x100 ม. เพื่อประโยชน์ต่อการวัดขนาดถือครองของเจ้าของที่ดินแต่ละราย ระบบกระจายน้ำในสมัยนั้นเป็นแบบระบบรวม (Dual-Purpose Canals) และมีถนนเข้านาขนาดกว้าง 3 ม. สร้างขนานกับคูน้ำ สาเหตุสาคัญที่เลือกระบบกระจายน้ำแบบรวมก็เพราะเจ้าของที่ดินไม่ต้องการเสียที่ดินเพื่อขุดสร้างคูมาก

เมื่อญี่ปุ่นมีความเจริญก้าวหน้าทางด้านอุตสาหกรรม เกษตรกรก็เริ่มหาเครื่องจักรกลเข้าไปใช้ แต่ด้วยขนาด 1,000 ตร.ม. ของพื้นที่ ไม่สนับสนุนต่อการทางานเครื่องจัก ในปี ค.ศ. 1964 จึงมีการพัฒนา Land Consolidation คือรวบรวมพื้นที่เพาะปลูกย่อยๆ เข้าด้วยกัน ขนาดมาตรฐานใหม่จะเป็น 30x100 ม. หรือ 3,000 ตร.ม.และระบบ Pipe line ก็เข้ามามีบทบาทแทนคูส่งน้ำแบบเปิดเพื่อลดการใช้พื้นที่ลงในการสร้างคูส่งน้ำ ถนนเข้านาก็มีการสร้างขยายกว้างขึ้น แต่แนวถนนก็ยังวางขนานกับท่อส่งน้ำ

ในปัจจุบันตั้งแต่ ค.ศ. 1980 เป็นต้นมา การพัฒนาทางการเกษตรของญี่ปุ่นก็

มีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนการผลิตมากขึ้นจึงมีการเริ่มโครงการ Land consolidation เพื่อ Large-Scale Farm ขนาดของแปลงจะมีขนาดใหญ่กว่า 10,000 ม.^{2} เพื่อสนับสนุนต่อการใช้เครื่องจักรกลขนาดใหญ่ หรือขนาดกลาง

ปัญหาของการชลประทานและระบายน้ำในญี่ปุ่นก็เหมือนกับในสหรัฐอเมริกา เพราะประเทศญี่ปุ่นก็เป็นประเทศอุตสาหกรรม ปริมาณความต้องการน้ำในภาคอุตสาหกรรมมีมากนอกจากนี้ ค่าแรงที่แพงทำให้การลดการใช้แรงงานในภาคเกษตรลงจึงเป็นวัตถุประสงค์สำคัญควบคู่กับการพัฒนาด้านการเกษตร

บทที่ 11
การยอกแบบระบบท่อส่งน้ำเพื่อการชลประทาน

11.1 คำนำ

การส่งน้ำชลประทานโดยระบบท่อส่งน้ำได้รับการพัฒนาขึ้นมาใช้เป็นเวลาร่วมศตวรรษและเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีข้อดีหลายประการเมื่อเปรียบเทียบกับการส่งน้ำโดยระบบทางน้ำเปิดเช่น ไม่มีการสูญเสียน้ำเนื่องจากการระเหยและการรั่วซึม ไม่เสียที่ดินเพาะปลูกในการทำคู-คลองส่งน้ำ ไม่เป็นอุปสรรคในการทำงานของเครื่องจักร ไม่มีปัญหาเกี่ยวกับวัชพืชเหมือนระบบคลอง การควบคุมน้ำทำได้ง่ายและใช้แรงงานน้อยกว่า นอกจากนี้ยังใช้ได้ดีในบริเวณพื้นที่ที่ไม่ราบเรียบ เป็นคลื่นเป็นเนิน หรือเป็นไปได้แม้กระทั่งการส่งน้ำย้อนความลาดเทของพื้นที่ แต่ข้อเสียคือค่าลงทุนครั้งแรกสูงมากจากการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างระบบท่อส่งน้ำและระบบคลองส่งน้ำพบว่าระบบท่อส่งน้ำจะลดการสูญเสียน้ำประมาณ 30-50 เปอร์เซนต์ ลดการสูญเสียพื้นที่ประมาณ 3-4 เปอร์เซนต์ และประหยัดแรงงานในการควบคุมน้ำประมาณ 60-75 เปอร์เซนต์ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าในบริเวณที่มีปัญหาการขาดแคลนน้ำ ขาดแคลนแรงงาน สภาพภูมิประเทศไม่เอื้ออำนวยต่อการส่งน้ำด้วยทางน้ำเปิด และการปรับพื้นที่ต้องเสียค่าลงทุนมาก ควรจะได้มีการพิจารณาใช้การส่งน้ำโดยระบบท่อ

11.2 ชนิดของระบบท่อส่งน้ำเพื่อการชลประทาน

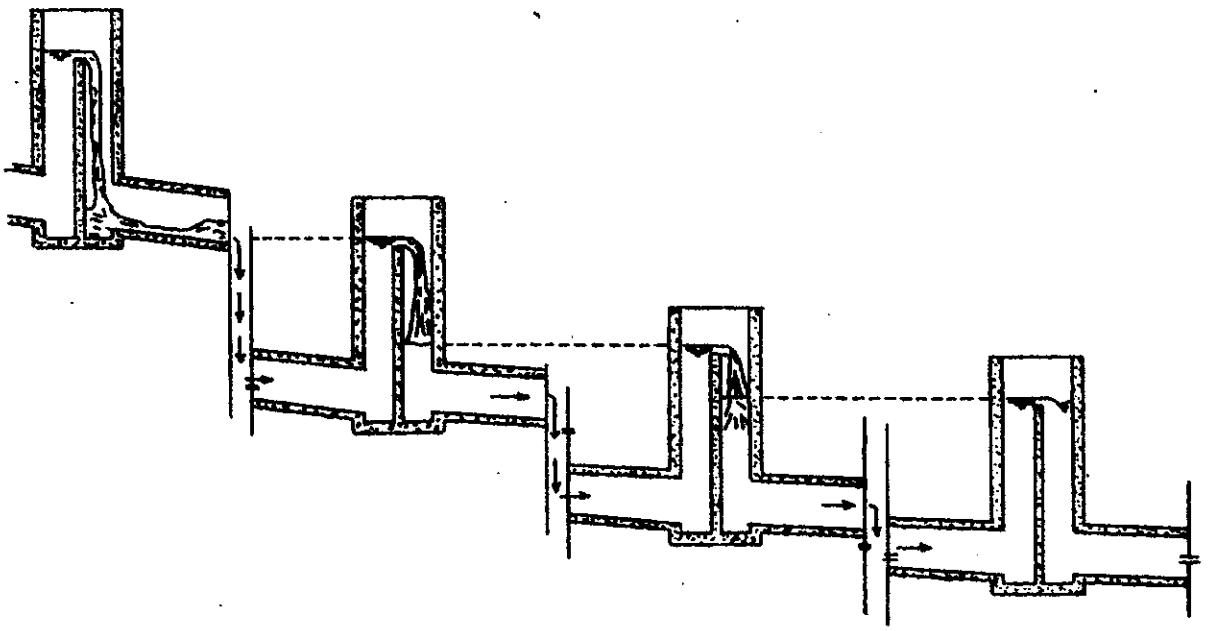
ระบบท่อส่งน้ำเพื่อการชลประทานจะมีลักษณะคล้ายกับระบบคลอง-คูส่งน้ำ คือ มีท่อประธานซึ่งทำหน้าที่นำน้ำจากแหล่งน้ำส่งต่อให้กับท่อแยก เพื่อแจกจ่ายต่อไปยังอาคารควบคุมการแจกจ่ายน้ำในแปลงเพาะปลูกอีกทีหนึ่ง จะแตกต่างกันก็เพียงแต่การส่งน้ำโดยระบบท่อส่งน้ำอาศัยความดันซึ่งเกิดจากการติดตั้งถังน้ำไว้ในที่สูงหรือจากเครื่องสูบน้ำเพื่อทำให้น้ำไหลไปยังจุดต่างๆ ตามปริมาณและความดันที่ต้องการ ส่วนการส่งน้ำโดยระบบคลอง-คูส่งน้ำ จะเป็นเพียงการกำหนดระดับต่างๆ ของคลอง-คูส่งน้ำ และระดับผิวดินในแปลงให้สัมพันธ์กันเพื่อให้น้ำไหลไปเองด้วยแรงดึงดูดของโลก

ระบบท่อส่งน้ำเท่าที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันมี 3 ระบบ คือ ระบบเปิด (Open System) ระบบความดัน (Full-Pressure System) และระบบกึ่งปิด (Semiclosed System) แต่ละระบบจะมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศ ความดัน

ของเครื่องสูบน้ำที่ใช้ ชนิดของท่อ ลักษณะของอาคารควบคุมน้ำ วิธีการในการควบคุมน้ำ ตลอดจนราคาค่าลงทุนในการก่อสร้างระบบซึ่งจะแยกกล่าวถึงในหัวข้อต่อไปนี้

11.2.1 <u>ระบบท่อส่งน้ำแบบเปิด</u> (Open System)

ระบบท่อส่งน้ำเพื่อการชลประทานแบบนี้บางครั้งอาจจะเรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่าระบบจำกัดความดัน (Limited Pressure Pipe System) ซึ่งเป็นระบบที่มีลักษณะใกล้เคียงกับระบบคลอง-คูส่งน้ำมากที่สุด ลักษณะทั่วๆ ไปของระบบเปิดจะประกอบไปด้วยถังเปิดซึ่งมีฝายน้ำล้นติดตั้งอยู่ภายใน(Open-Top Stand with Overflow Weirs หรือ Baffles) ซึ่งถังเปิดดังกล่าวจะติดตั้งอยู่บนท่อส่งน้ำเป็นระยะๆ เพื่อควบคุมความดันภายในท่อทางด้านเหนือน้ำให้อยู่ในระดับที่ต้องการ น้ำที่ส่งมาตามท่อจะถูกแจกจ่ายออกไปตามท่อแยก(Lateral) และท่อแยกย่อย (Sublateral) สู่หัวแจกจ่ายน้ำ (Delivery Point)ในแปลงเพาะปลูกส่วนที่เกินความต้องการของพื้นที่ที่อยู่ทางด้านเหนือน้ำของถังเปิดที่หนึ่งก็จะไหลผ่านฝายน้ำล้นเข้าสู่ถังเปิดที่สอง ส่วนที่เหลือจากถังเปิดที่สองก็จะไหลลงถังเปิดที่สาม และต่อไปเรื่อยๆ จนลงทางระบายน้ำดัง แสดงในรูปที่ 11.1 เมื่อเปรียบเทียบกับระบบคลอง-คูส่งน้ำ จะเห็นได้ว่าถังแบฟเฟิล (Baffle Stand) ในระบบเปิดจะทำหน้าที่เหมือนกับอาคารยัดน้ำ (Check) และหัวแจกจ่ายน้ำ (Delivery Point) จะทำหน้าที่เหมือนท่อส่งน้ำเข้านา (Farm Inlet)ในระบบคลอง-คูส่งน้ำนั่นเอง



<u>รูปที่</u> 11.1 ลักษณะท่อส่งน้ำแบบเปิด

ในการออกแบบระบบท่อส่งน้ำนอกจากจะให้มีขนาดพอที่น้ำจะไหลได้ตามความต้องการและมีความดันมากพอที่น้ำจะไหลไปถึงปลายท่อ สิ่งที่จะต้องคำนึงถึงคือ ความดันภายในท่อที่เกิดขึ้นจริงๆ ขณะที่การส่งน้ำต้องไม่มากจนทำให้ท่อแตก ตามปกติการออกแบบระบบเปิดหรือระบบจำกัดความดันจะออกแบบให้มีความดันต่ำ โดยมีความดันมากที่สุดไม่เกิน 7.5 เมตร เพื่อหลีกเลี่ยงการสร้างถังเปิดที่สูงมากเกินไป จึงทำให้สามารถใช้ท่อคอนกรีตธรรมดาแบบไม่เสริม (Unreinforced Concrete Pipe) ซึ่งมีราคาถูกได้ ในการใช้ท่อคอนกรีตแบบไม่เสริมนี้จะต้องออกแบบให้ความดันใช้งาน (Operating Pressure) ต่ำกว่าความดันระเบิด (Bursting Pressure) มากๆ ซึ่งสมาคมทดสอบวัสดุอเมริกัน (ASTM) ได้กำหนดเกณฑ์ความปลอดภัย (Safety Factor) ในการออกแบบไว้เท่ากับ 6 และได้เสนอแนะค่าความดันมากที่สุดสำหรับการออกแบบท่อขนาดต่าง ๆ ไว้ใน ตารางที่ 11.1

ตารางที่ 11.1 ความดันมากที่สุดสำหรับการออกแบบท่อคอนกรีตแบบไม่เสริมขนาดต่าง ๆ (ASTM)

ขนาดท่อ		ความดันมากที่สุดวัดจากศูนย์กลางท่อ	
นิ้ว	ซม.	ฟุต	เมตร
10	25	25	7.5
12	30	20	6.0
15	40	20	6.0
18	45	20	6.0
21	50	15	4.5
24	60	15	4.5

ถ้าจำเป็นต้องออกแบบให้ความดันใช้การในท่อมากกว่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 11.1 จะต้องพิจารณาเลือกใช้ท่อคอนกรีตซึ่งหนากว่าธรรมดา หรือใช้ท่อ

แอสเบสทอสซีเมนต์ (Asbestos-Cement) หรือใช้ท่อคอนกรีตเสริมเหล็ก (Reinforced Concrete Pipe) แทน

ปัญหาการไหลของน้ำแบบไม่สม่ำเสมอ (Unsteady Flow) และการเกิดเสริจ (Surge) ในท่อส่งน้ำเป็นสิ่งที่ผู้ออกแบบต้องพยายามหลีกเลี่ยงหรือทำให้ลดน้อยลงมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ซึ่งเรื่องนี้จะสัมพันธ์กับการกำหนดจุดที่ตั้งถังเปิด ท่อระบายอากาศ (Air Vents) และบานควบคุมน้ำต่างๆ (Gate) เสริจ (Surge) อาจจะขยายตัวเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ขณะที่เคลื่อนผ่านถังเปิด ซึ่งการป้องกันการขยายตัวของเสริจอาจทำได้โดยการกำหนดจุดที่ตั้งถังเปิดแต่ละคู่ให้มีช่วงห่างไม่เท่ากัน หรือโดยการติดตั้งฝาครอบ (Air Tight Covers) ปิดปากถังเปิดไว้ ซึ่งฝาปิดดังกล่าวจะต้องมีอุปการณ์ระบายอากาศและอุปกรณ์ควบคุมสูญญากาศเพื่อควบคุมความดันและสูญญากาศภายในถังเปิด

11.2.2 <u>ระบบท่อส่งน้ำแบบความดัน</u> (Full-Pressure System)

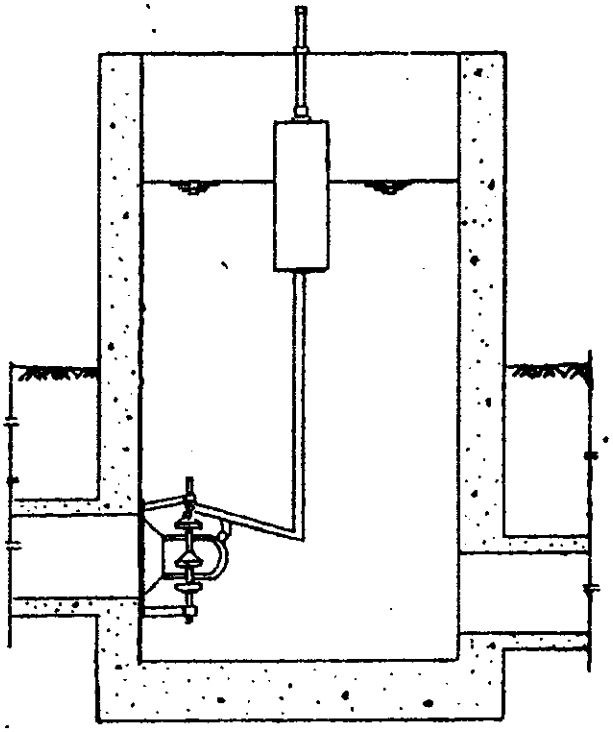
ลักษณะทั่ว ๆไปของระบบนี้จะเหมือนกับระบบประปาในเมืองคือ เป็นระบบปิด มีวาล์วเป็นตัวควบคุมความดันและปริมาณน้ำที่ไหลในท่อ การออกแบบจะพิจารณาจากศักยภาพของความดันสูงสุดที่จะเกิดขึ้นภายในท่อคือ ในกรณีที่เปิดวาล์วน้ำหยุดไหลซึ่งจะทำให้ความดันภายในท่อเพิ่มขึ้นเท่ากับความดันสถิตหรือความดันของน้ำนิ่ง (Static Pressure) จึงทำให้ราคาค่าลงทุนค่อนข้างจะแพงกว่าระบบเปิด เพราะจะต้องใช้ท่อคอนกรีตเสริมเหล็กหรือแอสเบสตอสซึ่งมีราคาแพงและวาล์วที่ทนได้ภายใต้ความดันที่สูงมาก อย่างไรก็ตาม ระบบความดันก็มีข้อดีหลายประการซึ่งเป็นการชดเชยกับที่ต้องเสียค่าลงทุนแพงคือ ไม่มีการสูญเสียน้ำที่ไหลเลยท้ายท่อออกไป จึงไม่จำเป็นต้องมีระบบระบายน้ำเหมือนระบบเปิด และขนาดของท่อส่งน้ำที่ใช้ก็จะมีขนาดเล็กกว่าเมื่อใช้ด้วยวัตถุประสงค์อย่างเดียวกันเนื่องจากวาล์วที่ใช้ควบคุมน้ำจะก่อให้เกิดการสูญเสียพลังงาน (Friction Loss) น้อยกว่าอาคารควบคุมน้ำของระบบเปิดและคุณภาพของท่อที่ใช้โดยทั่วๆ ไปก็มีคุณสมบัติทางชลศาสตร์ที่ดีกว่า

ปกติแล้วการออกแบบระบบความดันจะต้องมีวาล์วระบายความดัน (Pressure Release Valve) เพื่อระบายความดันในกรณีที่เกิดวอเตอร์แฮมเมอร์ (Water Hammer) เนื่องจากการปิดเปิดวาล์วทางด้านท้ายน้ำ แต่ถ้าไม่มีวาล์วดังกล่าวความดันที่ใช้ในการออกแบบท่อจะต้องคิดจากความดันสถิตรวมกับความดันที่อาจจะเกิดจากวอเตอร์แฮมเมอร์

ปัญหาที่สำคัญของระบบความดันคือ อาจเกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า คาวิเตอร์ชั่น (Cavitation) ขึ้นได้ที่บริเวณวาล์วถ้าหากความดันที่วาล์วแตกต่างกันมากกว่า 10.5 เมตร (35 ฟุต) การแก้ไขอาจจะได้โดยการขยายขนาดท่อทางด้านท้ายน้ำให้โตขึ้นซึ่งรายละเอียดจะได้กล่าวถึงภายหลังในเรื่องที่เกี่ยวกับวาล์ว

11.2.3 <u>ระบบท่อส่งน้ำแบบกึ่งปิด</u> (Semiclosed System)

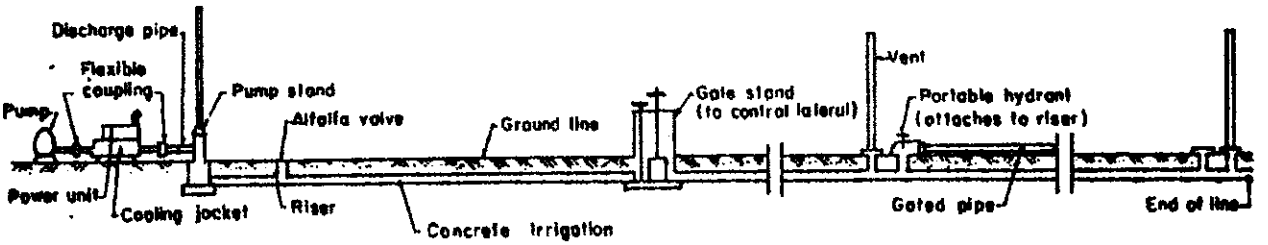
ระบบท่อส่งน้ำแบบกึ่งปิดเป็นระบบที่ผนวกเอาข้อดีของสองระบบแรกเข้าด้วยคือไม่ต้องการระบบระบายน้ำเพราะปลายท่อจะปิดไม่ให้น้ำไหลผ่านและสามารถใช้ได้กับท่อดอนกรีตไม่เสริมธรรมดาซึ่งมีราคาถูกเพราะความดันภายในท่อจะถูกควบคุมด้วยวาล์วลูกลอย (Constant Head Float Valves) ดังแสดงในรูปที่ 11.2 แต่ลักษณะทั่ว ๆ ไปในการควบคุมน้ำของระบบกึ่งปิดจะคล้ายกับระบบความดัน เนื่องจากวาล์วลูกลอยของระบบกึ่งปิดเป็นตัวจำกัดปริมาณน้ำและความดันของน้ำที่ไหลผ่าน จึงเหมาะสำหรับการชลประทานซึ่งไม่ต้องการปริมาณน้ำและความดันมากนักเช่น พื้นที่เล็ก ๆ หรือพื้นที่ที่จำเป็นต้องวางท่อแยก (Lateral) เป็นช่วงสั้นๆ ซึ่งในกรณีเช่นว่าระบบกึ่งปิดจะเป็นระบบที่ประหยัดที่สุดเมื่อเทียบกับระบบอื่นๆ



<u>รูปที่</u> 11.2 ถังวาล์วลูกลอยสำหรับระบบกึ่งปิด (ความสูงของระดับน้ำในถังจะเป็นตัวกำหนดความดันในท่อทางด้านท้ายน้ำและเป็นตัวควบคุมปริมาณน้ำที่ไหลผ่านวาล์ว)

11.3 ส่วนประกอบของระบบส่งน้ำเพื่อการชลประทาน

ระบบท่อส่งน้ำเพื่อการชลประทานจะมีส่วนประกอบที่สำคัญ 4 ส่วนคือ เครื่องสูบน้ำ ท่อส่งน้ำ และอาคารควบคุมน้ำแบบต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 11.3 ซึ่งจะแยกกล่าวถึงรายละเอียดของส่วนต่างๆ ในหัวข้อต่อไปนี้



รูปที่ 11.3 ส่วนประกอบของระบบส่งน้ำเพื่อการชลประทาน

11.3.1 เครื่องสูบน้ำ

เครื่องสูบน้ำเป็นส่วนของระบบที่ทำหน้าที่สูบน้ำจากแหล่งน้ำเพื่อส่งเข้าระบบท่อส่งน้ำตามปริมาณและความดันที่ต้องการในกรณีที่แหล่งน้ำอยู่ต่ำกว่าพื้นที่เพาะปลูก เครื่องสูบน้ำมีมากมายหลายแบบ แต่ละแบบเหมาะสำหรับงานแต่ละลักษณะ การเลือกชนิดของเครื่องสูบน้ำจะต้องพิจารณาจากปริมาณน้ำและระยะความสูงของน้ำที่ต้องการสูบ ดังแสดงในตารางที่ 11.2 เช่น ถ้าต้องการสูบน้ำปริมาณน้อยจากแหล่งน้ำที่อยู่ต่ำกว่าพื้นที่มากๆ ควรเลือกเครื่องสูบประเภทลูกสูบ (Piston) หรือหอยโข่ง (Centrifugal) ถ้าต้องการสูบน้ำปริมาณมากและระยะความสูงที่สูบน้อย ควรเลือกเครื่องสูบน้ำประเภทใบพัดเรือ (Propeller) ถ้าปริมาณน้ำและระยะสูบปานกลางควรเลือกเครื่องสูบน้ำประเภทเทอร์ไบน์ (Turbine) รายละเอียดเกี่ยวกับการเลือกเครื่องสูบน้ำจะหาอ่านได้จากหนังสือเรื่อง "ปั๊มและระบบสูบน้ำ" ของ รศ.ดร. วิบูลย์ บุญยอโรกุล (2529)

ตารางที่ 11.2 คุณสมบัติทั่วๆ ไปของเครื่องสูบน้ำแบบต่างๆ

ประเภทของเครื่องสูบน้ำ	ระยะดูด (Suction Head)	ระยะส่ง (Discharge Head)	ปริมาณน้ำที่สูบ (Discharge Capacity)
ลูกสูบ (Piston หรือ Reciprocating หรือ Displacement)	สูง	สูงมาก	น้อย
หอยโข่ง (Centrifugal หรือ Radial Flow)	ปานกลาง	สูง (4 ม.หรือมากกว่า)	น้อยถึงปานกลาง
เทอร์ไบน์ (Turbine หรือ (Mixed Flow)	ต่ำถึงปานกลาง	ปานกลาง (2 ถึง 8 เมตร)	ปานกลางถึงมาก
ใบพัดเรือ (Propeller หรือ Axial Flow	ต่ำ	ต่ำ (3 ม.หรือน้อยกว่า)	มาก

สำหรับขนาดของเครื่องยนต์หรือมอเตอร์ที่ใช้ประกอบกับเครื่องสูบน้ำจะหาได้จากสมการ

$$HP = \frac{\gamma_w \cdot Q \cdot H}{746.9\ E_p} \quad \text{..... (11.1)}$$

เมื่อ HP = กำลังของเครื่องยนต์ เป็นกำลังม้า

γ_w = ความหนาแน่นของน้ำเท่ากับ 9800 นิวตัน/ลบ.เมตร

Q = ปริมาณน้ำที่สูบ เป็น ลบ.เมตร/วินาที

H = [illegible]ความสูงทั้งหมดที่สูบน้ำ (Total Head) เป็นเมตร

E_p = ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ

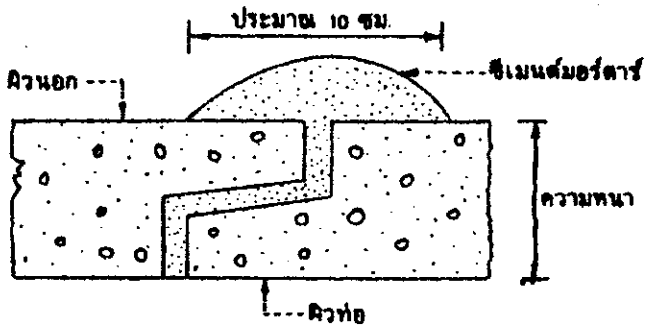
11.3.2 ท่อส่งน้ำ

ในระบบท่อส่งน้ำจะประกอบด้วยท่อประธาน (Main Pipe Line) ท่อแยก (Lateral) และท่อแยกย่อย (Sub-lateral) ซึ่งทำหน้าที่ผ่านน้ำที่สูบขึ้นมาส่งต่อไปยังหัวจ่ายน้ำ ขนาดของท่อแต่ละส่วนจะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่จะต้องส่งผ่านและการสูญเสียพลังงานที่จะยอมให้เกิดขึ้นขณะที่น้ำไหลผ่านท่อช่วงนั้น ปริมาณน้ำที่ต้องส่งผ่านท่อแต่ละช่วงจะแปรผันไปตามขนาดของพื้นที่ที่จะรับน้ำจากท่อช่วงนั้นและแผนการส่งน้ำที่กำหนดขึ้นเป็นเกณฑ์ในการออกแบบ ถ้าพิจารณาว่าปริมาณน้ำที่ส่งผ่านท่อช่วงใด ๆ มีค่าคงที่ขนาดของท่อส่งน้ำจะขึ้นอยู่กับการสูญเสียพลังงานที่จะยอมให้เกิดขึ้น โดยท่อที่มีขนาดเล็กจะเกิดการสูญเสียพลังงานเนื่องจากความฝืดขณะที่น้ำไหลผ่านมากกว่าท่อขนาดใหญ่ การหาขนาดท่อจะพิจารณาทีละส่วนโดยเริ่มจากช่วงที่อยู่ปลายสุดของระบบก่อน แล้วไล่เข้าหาแหล่งน้ำเช่น เริ่มหาขนาดของท่อแยกย่อยแต่ละท่อก่อนแล้วจึงหาขนาดของท่อแยกและสุดท้ายจึงหาขนาดของท่อประธาน

ท่อส่งน้ำที่ใช้กันในระบบท่อส่งน้ำเพื่อการชลประทานมีมากมายหลายแบบซึ่งจะของกล่าวพอเป็นสังเขปดังนี้

1. ท่อคอนกรีตไม่เสริม (Nonreinforced Concrete Pipe) เป็นท่อที่ใช้สำหรับระบบท่อส่งน้ำซึ่งมีความดันต่ำ อาจเลือกใช้ท่อประเภทหล่อสำเร็จ (Precast) หรือจัดทำแบบหล่อเองในที่ก็ได้ ท่อหล่อสำเร็จจะเป็นท่อสั้นๆ การติดตั้งจะทำได้ง่าย ๆ โดยการขุดร่องดูให้มีขนาดกว้างและลึกที่เหมาะสม โดยทั่ว ๆ ไปขอบบนของท่อควรจะลึกจากผิวดินประมาณ 60 ซม. เชื่อมท่อแต่ละส่วนเข้าด้วยกันด้วยซีเมนต์มอร์ตาร์ (Cement Mortar) ดังรูป 11.4 ท่อประเภทนี้ไม่ควรใช้ในระบบซึ่งมีความดันภายในท่อมากกว่า 7.5 เมตร

2. ท่อคอนกรีตเสริมเหล็ก (Reinforced Concrete) เป็นท่อที่สามารถรับแรงภายนอกได้มาก แต่มีราคาแพงกว่าแบบแรกมาก เหมาะสำหรับใช้ในระบบที่ความดันของน้ำภายในท่อสูงหรือในกรณีที่มีแรงภายนอกกระทำมาก ๆ เช่น การวางท่อลอดใต้ถนน



รูปที่ 11.4 รายละเอียดการเชื่อมท่อด้วยซีเมนต์มอร์ตาร์

3. ท่อแอสเบสตอสซีเมนต์ (Asbestos-Cement Pipe) เป็นท่อที่สร้างจากคอนกรีตผสมใยแอสเบสตอส (Asbestos Fibres) เพื่อเพิ่มความแข็งแรง ท่อประเภทนี้มีการผลิตออกมาหลายแบบที่ขนาดต่าง ๆ กัน เพื่อให้สามารถเลือกใช้ได้เหมาะสำหรับงานที่ต้องการ ถึงแม้ท่อประเภทนี้จะมีราคาแพงกว่าท่อคอนกรีตไม่เสริม แต่มีน้ำหนักเบากว่าจึงเหมาะที่จะใช้ในกรณีที่ต้องมีการขนส่งท่อเป็นระยะทางไกล ๆ

ตามปกติแล้วท่อประเภทที่ 2 และ 3 มักจะมีการออกแบบข้อต่อเป็นพิเศษให้อ่อนตัวได้เช่น พวกข้อต่อวงแหวนยาง (Rubber Gasket Pipe Joint) จึงเหมาะที่จะใช้ในบริเวณที่ดินมีการทรุดตัวและไหวตัวเป็นประจำ และข้อต่อประเภทวงแหวนยางยังสามารถรับแรงดันได้สูงกว่าการเชื่อมด้วยซีเมนต์มอร์ตาร์คือ สามารถรับแรงดันของน้ำได้ถึง 15 เมตร

นอกจากยังมีท่อเหล็ก ท่ออลูมิเนียม และท่อพลาสติก ซึ่งจะต้องใช้ท่อประเภทไหนขึ้นอยู่กับราคาและตลาดเป็นสำคัญ

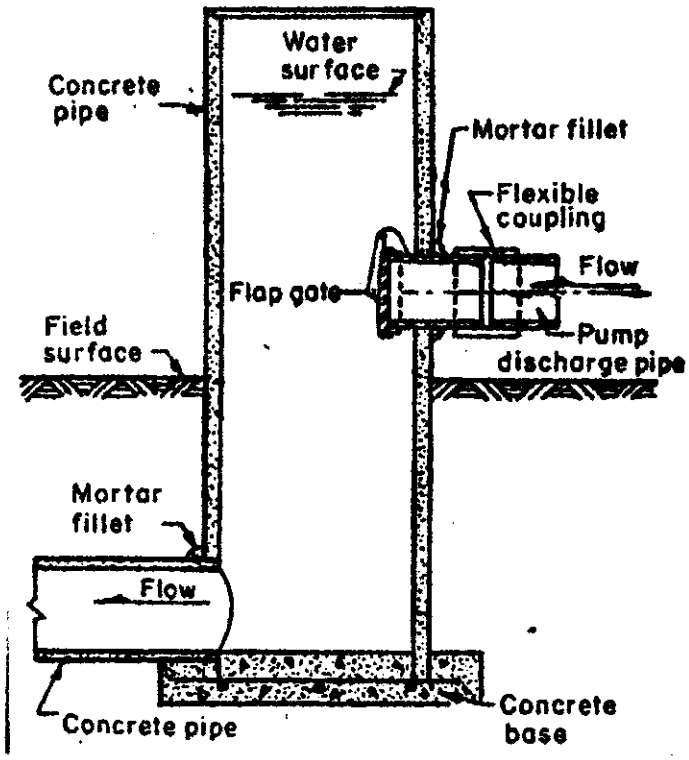
11.3.3 อาคารควบคุมน้ำ

การที่ระบบท่อส่งน้ำจะทำหน้าที่ส่งน้ำได้อย่างสมบูรณ์และไม่ก่อให้เกิดปัญหาจะต้องมีอาคารควบคุมน้ำต่าง ๆ อย่างเพียงพอเช่นเดียวกับระบบคลอง-คูส่งน้ำ อาคารควบคุมน้ำดังกล่าวได้แก่ ถังอัดน้ำ ถังแบ่งน้ำ ถังควบคุมความดัน ท่อระบายอากาศ บานระบายน้ำวาล์วแบบต่างๆ ตะแกรงกันสวะ ที่ดักทราย และหัวจ่ายน้ำ เป็นต้น

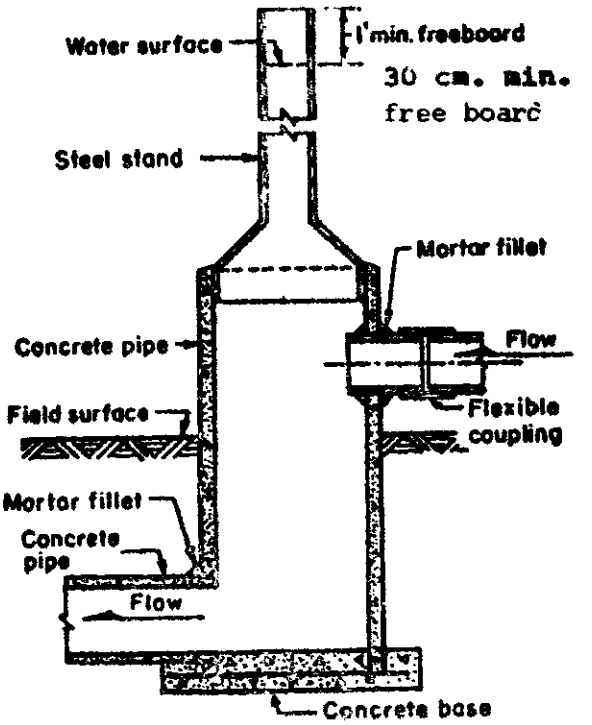
1. ถังรับน้ำ (Pipeline Intet Structure)

ถังรับน้ำเป็นอาคารที่ทำหน้าที่รับน้ำจากแหล่งน้ำก่อนที่จะส่งเข้าระบบท่อเพื่อทำให้น้ำไหลเต็มท่อ ช่วยป้องกันไม่ให้เกิดความดันในท่อมากเกินไป ป้องกันการเกิดเสริจทำหน้าที่กรองตะกอนและสวะต่างๆ ที่อาจติดมากับน้ำ ตลอดจนเป็นที่ระบายอากาศ (Air Release Vents) และอาจเป็นอาคารแบ่งน้ำได้อีกด้วย

ในกรณีที่ระบบท่อรับน้ำจากเครื่องสูบน้ำโดยตรงจะต้องออกแบบถังรับน้ำเป็นพิเศษ โดยการใช้ข้อต่อประเภทอ่อนตัวได้ (Flexible Coupling) เป็นตัวเชื่อมเครื่องสูบน้ำกับถังรับน้ำเพื่อป้องกันไม่ให้แรงสั่นสะเทือนจากเครื่องสูบน้ำถ่ายทอดเข้าไปในระบบท่อมิฉะนั้นจะทำให้ท่อส่งน้ำคอนกรีตแตกร้าวเสียหายได้ ถังรับน้ำในลักษณะนี้โดยทั่ว ๆ ไป เรียกว่าถังสูบน้ำ (Pump Stand) ดังแสดงในรูปที่ 11.5 และ 11.6

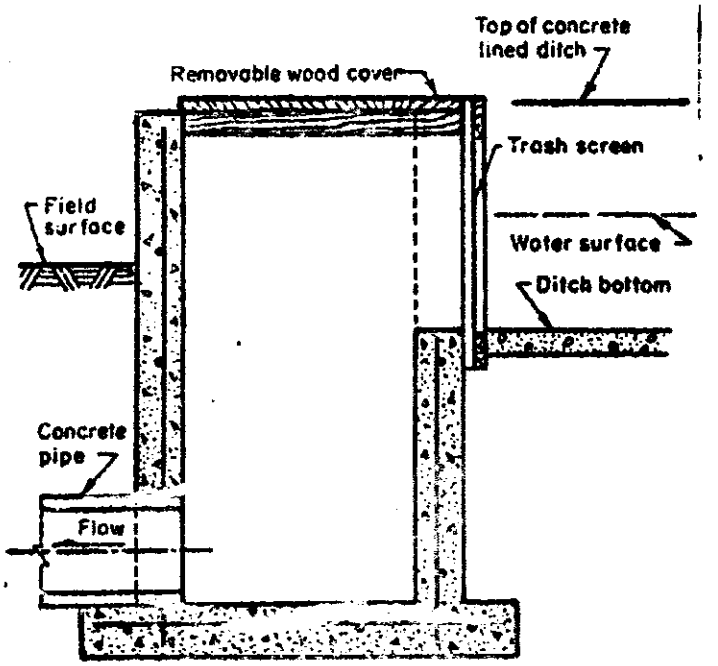


รูปที่ 11.5 ถังสูบน้ำสำหรับความดันต่ำ



รูปที่ 11.6 ถังสูบน้ำสำหรับความดันสูง

สำหรับถังรับน้ำที่รับน้ำจากคลองส่งน้ำจะต้องมีการติดตั้งตะแกรงกันสวะ (Trash Screen) ซึ่งจะยอมให้น้ำไหลผ่านให้เข้าไปในระบบท่อส่งน้ำได้ ดังแสดงในรูปที่ 11.7 ขนาดของตะแกรงที่ใช้จะขึ้นอยู่กับลักษณะของสวะที่ลอยมากับน้ำ แต่ต้องไม่เล็กจนเกินไปทำให้น้ำไหลเข้าถังรับน้ำไม่สะดวก โดยทั่ว ๆ ไปกำหนดว่าความเร็วของน้ำที่ไหลผ่านตะแกรงควรจะประมาณ 0.15 เมตรต่อวินาที

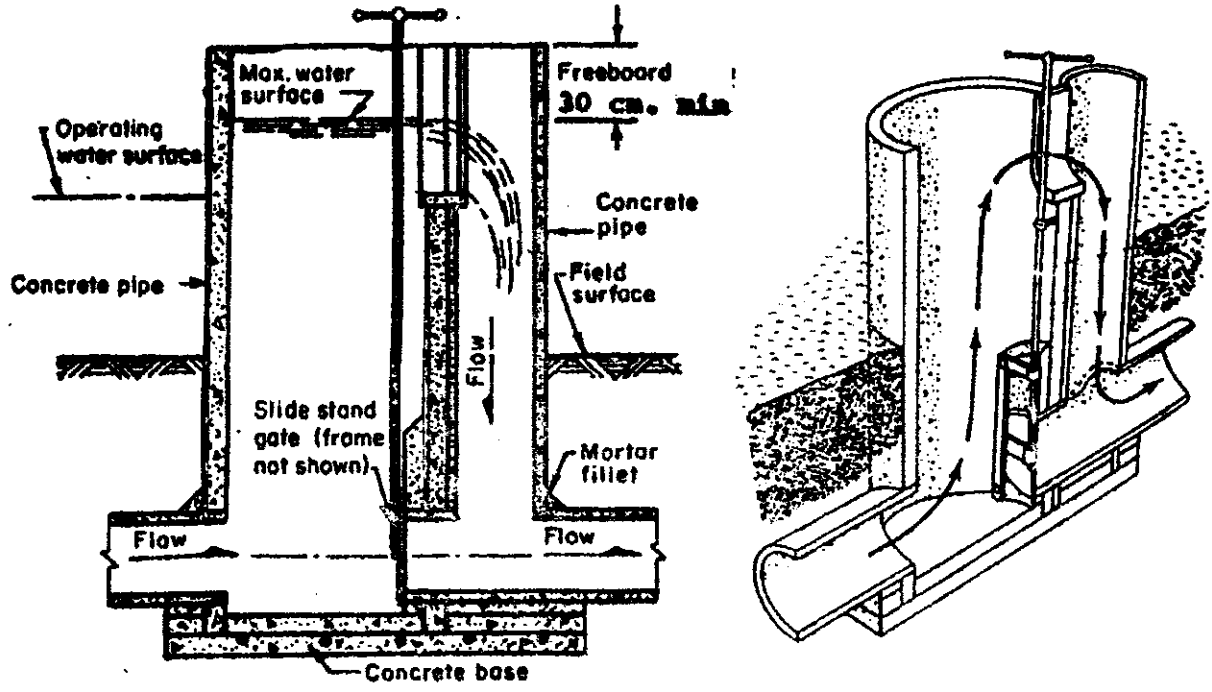


รูปที่ 11.7 ถังรับน้ำจากคลองส่งน้ำ

ถ้าน้ำที่ใช้มีทรายลอยติดมาด้วยจะต้องมีการติดตั้งเครื่องดักทราย (Sand Trap) ในถังรับน้ำ ซึ่งอาจจะทำได้โดยการออกแบบให้น้ำที่ไหลผ่านถังรับน้ำช้ามากจนกระทั่งทรายตกตะกอนก่อนที่จะไหลเข้าระบบท่อ

2. <u>ถังอัดน้ำหรือถังแบฟเฟิล</u> (Overflow or Baffle Stand)

ถังอัดน้ำหรือถังแบฟเฟิลเป็นอาคารควบคุมน้ำที่ใช้ในระบบท่อส่งน้ำเปิด (Open-Pipe Irrigation System) ซึ่งทำหน้าที่ในลักษณะเดียวกับอาคารอัดน้ำ (Check Structure) ในระบบคลอง-คูส่งน้ำ ถังอัดน้ำจะมีฝายน้ำล้นติดตั้งอยู่ตรงกลางถังดังแสดงในรูปที่ 11.8 เพื่อทำหน้าที่ยกระดับน้ำหรือเพิ่มความดันในท่อทางด้านเหนือน้ำของถังให้อยู่ในระดับที่สูงพอที่น้ำจะสามารถไหลผ่านท่อแยกหรือท่อแยกย่อยไปสู่พื้นที่เพาะปลูกได้ ระดับสันของฝายน้ำล้นควรจะอยู่ระดับเดียวกับระดับน้ำที่ต้องการสำหรับท่อแยกหรือหัวจ่ายน้ำ แต่ขอบบนของถังเปิดควรจะสูงกว่าระดับน้ำสูงสุดขณะที่น้ำไหลผ่านฝายน้ำล้นประมาณ 0.30 เมตร และต้องสูงเหนือผิวดินไม่ต่ำกว่า 1.20 เมตร เพื่อป้องกันไม่ให้สัตว์ลงไปกินน้ำในถังได้



<u>รูปที่</u> 11.8 ถังอัดน้ำ (Overflow Stand)

การไหลของน้ำผ่านสันฝายในถังอัดน้ำจะสามารถคำนวณหาได้โดยสมการน้ำไหลผ่านฝายรูปสี่เหลี่ยมธรรมดา

$$Q = CLH^{3/2} \qquad \text{.....(11.2)}$$

เมื่อ Q = ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านสันฝาย

C = ส.ป.ส. การไหลของน้ำผ่านสันฝาย สำหรับฝายสี่เหลี่ยมไม่มีผนังข้าง (Suppressed Rectangular Weir) จะมีค่าประมาณ 1.839 (ระบบ SI) หรือ 3.33 (ระบบอังกฤษ)

L = ความยาวสันฝาย

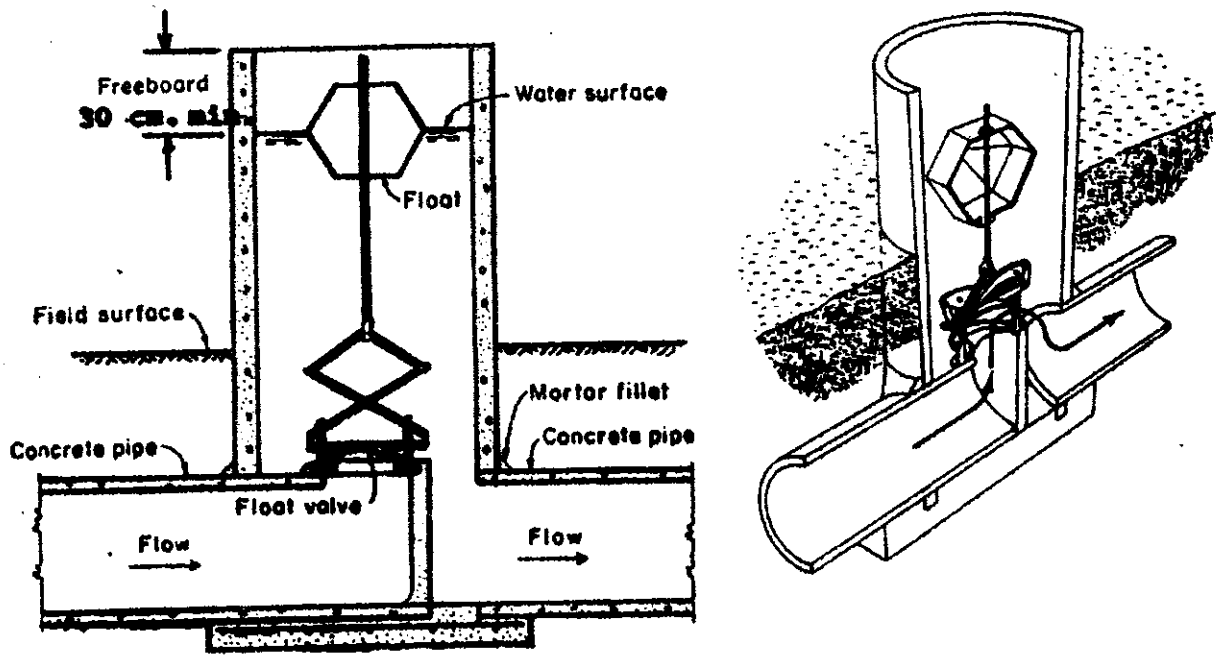
H = ความลึกของน้ำบนสันฝาย

ในบางครั้งอาจไม่ต้องการให้น้ำไหลล้นสันฝาย เพื่อลดปัญหาการเกิดเสริจ (Surge) จึงควรจะมีการติดตั้งบานระบายที่ฐานของฝายน้ำล้น ดังแสดงในรูปที่ 11.8 ซึ่งบานระบายนี้จะเป็นตัวควบคุมระดับน้ำหน้าฝายตามความต้องการ

ถังอัดน้ำอาจจะเป็นแบบกลมหรือสี่เหลี่ยมก็ได้แล้วแต่ความสะดวกในการประกอบเข้ากับท่อส่งน้ำและความประหยัด แต่ควรมีขนาดใหญ่พอที่จะติดตั้งบานระบายได้สะดวกช่วยทำให้ความเร็วของน้ำในแนวดิ่งทั้งสองข้างของฝายน้ำล้นมีค่าไม่เกิน 1.20 เมตร/วินาที ส่วนความเร็วของน้ำที่ไหลเข้าและออกจากถังไม่ควรเกิน 2.4 เมตร/วินาที

3. <u>ถังควบคุมความดันหรือถังวาล์วลูกลอย</u> (Float Valve Stand)

ถังควบคุมความดันเป็นอาคารที่ใช้ประกอบในระบบท่อส่งน้ำแบบกึ่งปิดหรือในการวางท่อส่งน้ำในพื้นที่ที่มีความลาดเทลงมาก ลักษณะสำคัญของถังประเภทนี้คือ มีวาล์วลูกลอยสำหรับควบคุมความดันของน้ำในท่อทางด้านท้ายน้ำของถัง ดังแสดงในรูปที่ 11.2 และ11.9 ถ้าความดันในท่อทางด้านท้ายน้ำมากเกินกว่าที่กำหนดไว้วาล์วลูกลอยจะปิดไม่ให้น้ำไหลผ่านโดยอัตโนมัติ ถังควบคุมความดันปกติจะติดตั้งไว้ในช่วงระยะที่ระดับท่อส่งน้ำลดลงทุกๆ 3 เมตร



รูปที่ 11.9 ถังควบคุมความดัน

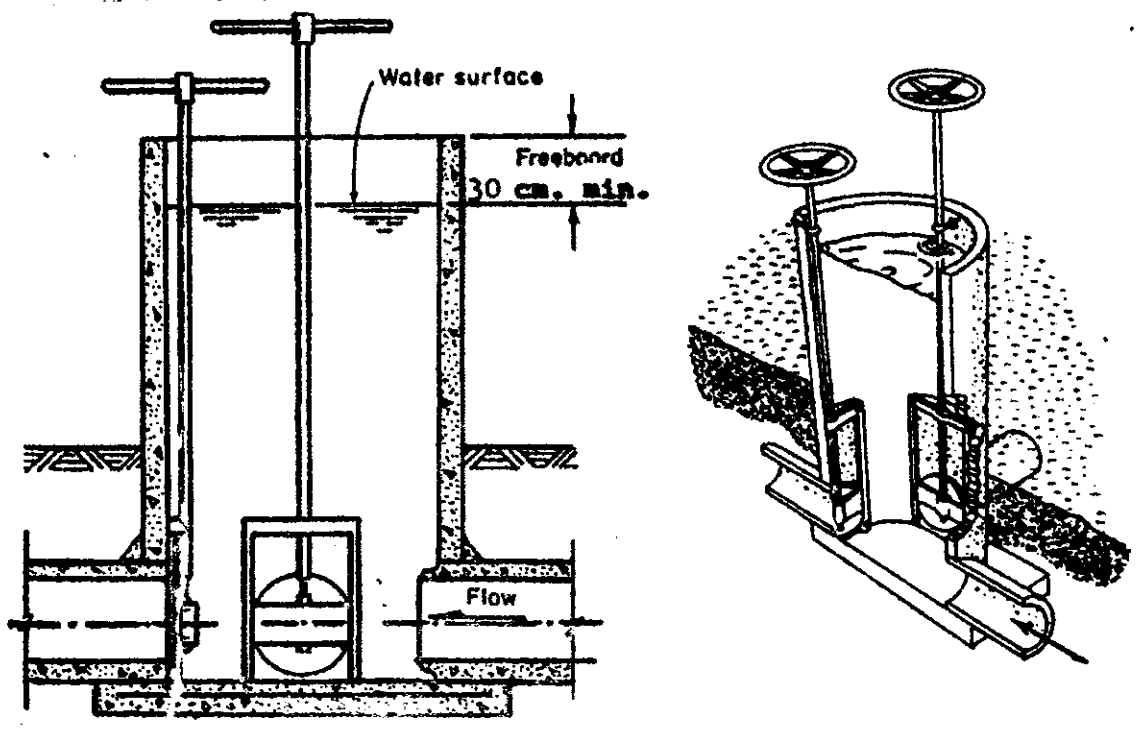
4. ถังแบ่งน้ำ (Gate Stand for Division)

ถังแบ่งน้ำในระบบท่อส่งน้ำจะทำหน้าที่ควบคุมการแจกจ่ายน้ำระหว่างท่อประธานกับท่อแยก หรือท่อแยกกับท่อแยกซอย ขณะเดียวกันก็จะทำหน้าที่ควบคุมความดันของท่อทางด้านเหนือน้ำไปในตัวด้วย ลักษณะหน้าที่ถังแบ่งน้ำนี้จะเปรียบได้กับอาคารแบ่งน้ำในระบบคลอง-คูส่งน้ำ นั่นเอง รูปที่ 11.10 จะแสดงรูปร่างของถังแบ่งน้ำที่ใช้โดยทั่วๆ ไป

ถังทั้ง 4 แบบข้างต้นนอกจากจะทำหน้าที่ตามที่กล่าวมาแล้วยังทำหน้าที่เป็นท่อระบายอากาศ (Air Vent) และถังลดความดันเสริจ (Surge Chamber) ไปในตัวด้วย

5. ท่อระบายอากาศ (Air Vent)

ท่อระบายอากาศดังแสดงในรูปที่ 11.11 เป็นองค์ประกอบที่สำคัญยิ่งสำหรับระบบท่อส่งน้ำ เพื่อทำหน้าที่ดักอากาศที่อาจติดมากับน้ำ จุดที่ควรจะได้รับการพิจารณาติดตั้งท่อระบายอากาศได้แก่ บริเวณจุดสูงสุดของท่อแต่ละช่วง จุดที่มีการเปลี่ยนความลาดเท จุดที่มีการเปลี่ยนทิศทาง ท้ายน้ำของอาคารซึ่งอากาศมี

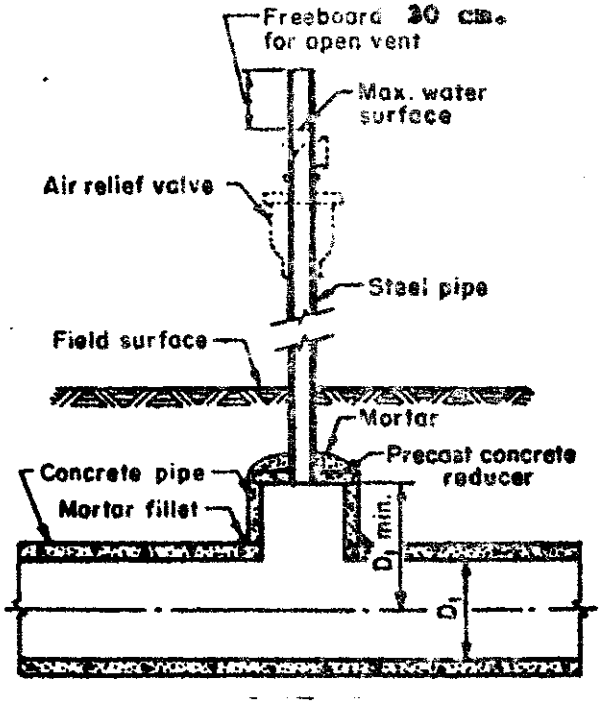


รูปที่ 11.10 ถังแบ่งน้ำ

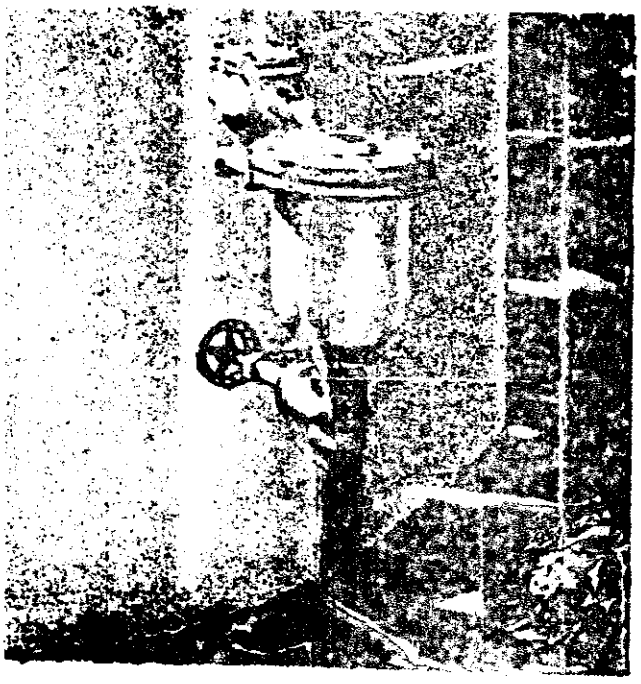
โอกาสจะถูกดูดติดไปกับน้ำได้ และปลายสุดของท่อส่งน้ำแต่ละสาย สำหรับท่อที่มีความยาวมาก ๆ ก็ควรจะติดตั้งท่อระบายอากาศทุก ๆ ระยะ 150 เมตร

ความสูงของท่อระบายอากาศจะพิจารณาอย่างเดียวกับถังควบคุมน้ำทั้งหลายคือต้องสูงกว่าระดับน้ำใช้การตรงจุดที่ติดตั้งประมาณ 0.30 เมตร หรือสูงจากผิวดินไม่ต่ำกว่า 1.20 เมตร

สำหรับระบบท่อส่งน้ำแบบความดันหรือกึ่งปิดอาจใช้วาล์วระบายความดัน (Air Release valve) ดังแสดงในรูปที่ 11.12 แทนท่อระบายอากาศได้



รูปที่ 11.11 ท่อระบายอากาศ



รูปที่ 11.12 วาล์วระบายความดัน

6. หัวจ่ายน้ำ (Outlet Structure)

หัวจ่ายน้ำเป็นองค์ประกอบส่วนสุดท้ายของระบบท่อส่งน้ำซึ่งจะทำหน้าที่จ่ายน้ำให้กับจุดต่าง ๆ ที่ต้องการ หัวจ่ายน้ำจะมีลักษณะเป็นท่อตั้งตรงในแนวดิ่งเชื่อมต่อกับท่อส่งน้ำ โดยท่อตั้ง(Riser)ดังกล่าวจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับท่อส่งน้ำ ปลายบนสุดของท่อตั้งจะมีวาล์วซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการจ่ายน้ำอีกที่หนึ่ง วาล์วควบคุมน้ำที่ใช้กันโดยทั่ว ๆ ไปมี 2 แบบคือ อัลฟัลฟาวาล์ว (Alfalfa valve) และออร์ชาร์ดวาล์ว (Orchard Valve) ดังแสดงในรูปที่ 11.13 และ 11.14

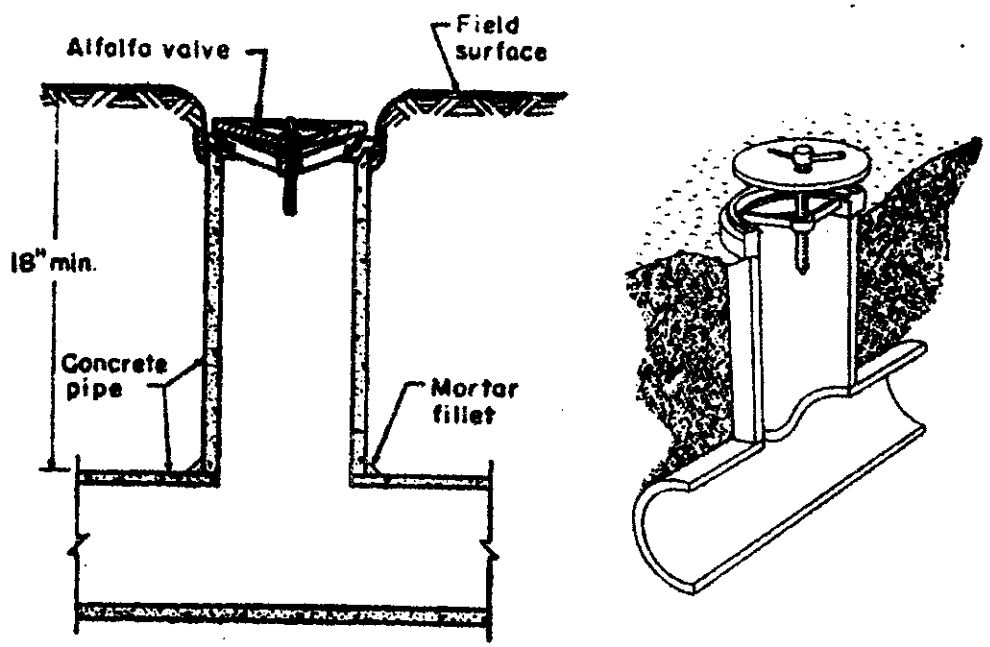
การใช้น้ำอาจจะทำโดยการเปิดวาล์วให้น้ำกับแปลงโดยตรงหรือใช้เครื่องมือประกอบเช่น ไฮเดรน (Hydrant) หรือท่อให้น้ำ (Gated Pipe) ดังแสดงในรูปที่ 11.15 ก็ได้

7. วาล์วปิด-เปิดน้ำ (Gate Valve)

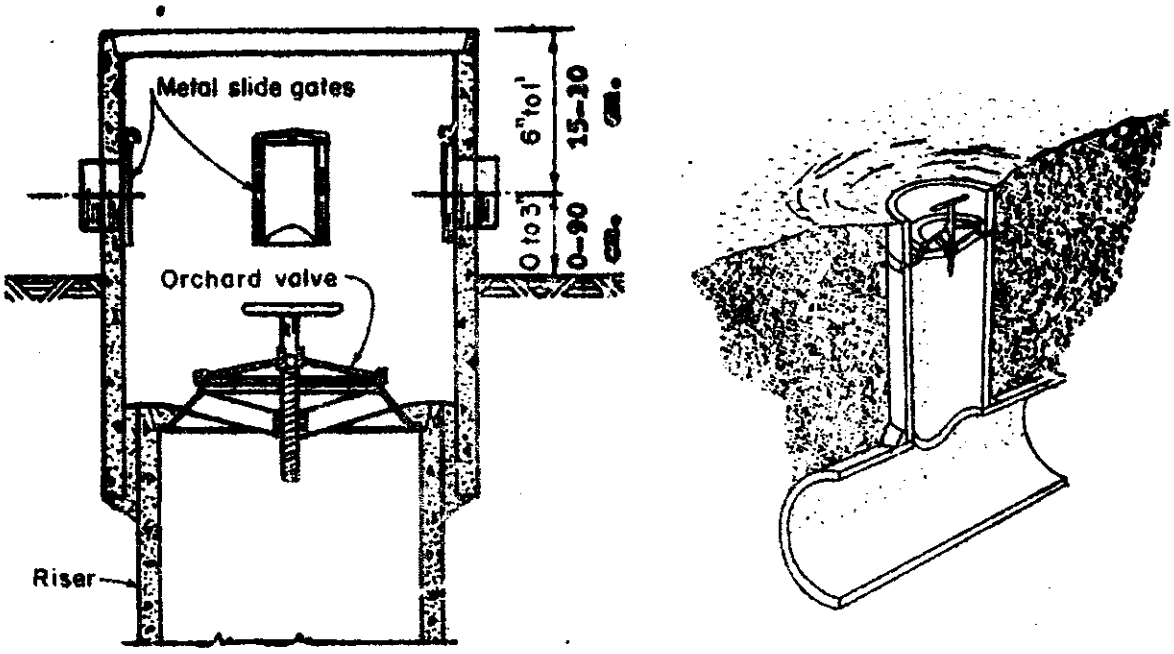
ในระบบท่อส่งน้ำแบบความดันและแบบกึ่งปิดจะใช้วาล์วปิด-เปิดน้ำเพื่อควบคุมความดันในท่อทางด้านเหนือน้ำ หรือเพื่อการแบ่งน้ำแทนถังควบคุมน้ำแบบต่าง ๆ ที่ใช้ในระบบท่อส่งน้ำแบบเปิด ซึ่งการควบคุมทำได้ง่ายกว่าเพราะวาล์วปิดน้ำได้สนิทแน่นอนกว่าบานระบายแบบชักขึ้นชักลง (Slide Gate) แต่การใช้วาล์วอาจจะมีปัญหาเกี่ยวกับคาวิเตชั่น (Cavitation) ได้ ถ้าความดันทางด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำของวาล์วต่างกันมากกว่า 10.5 เมตร (35 ฟุต) รูปที่ 11.16 จะบอกให้รู้ว่าคาวิเตชั่นที่เกิดรุนแรงมากน้อยแค่ไหนและจะมีทางแก้ไขได้อย่างไร

11.4 การออกแบบ

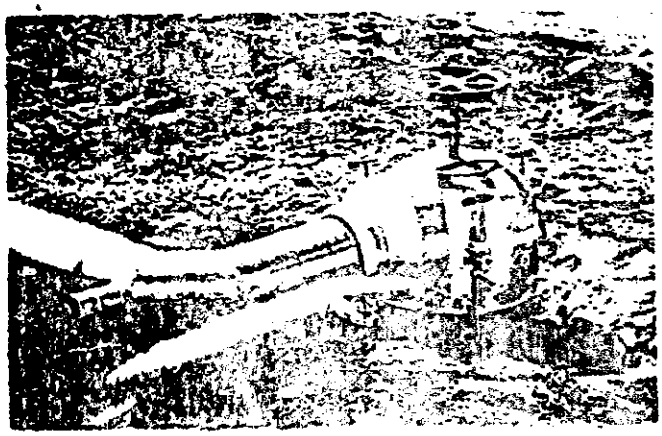
การออกแบบระบบท่อส่งน้ำใช้วิธีการพิจารณาในทำนองเดียวกับระบบคลอง-คูส่งน้ำโดยจะต้องดำเนินการเป็นขั้น ๆ เริ่มจากการวางแนว คำนวณหาปริมาณความต้องการน้ำชลประทานของท่อแต่ละสาย กำหนดความดันใช้การ(Operating Head)ในท่อแต่ละส่วนกำหนดจุดที่ตั้งอาคารควบคุมน้ำที่จำเป็น คำนวณหาขนาดท่อส่งน้ำ และขนาดของอาคารควบคุมต่างๆ



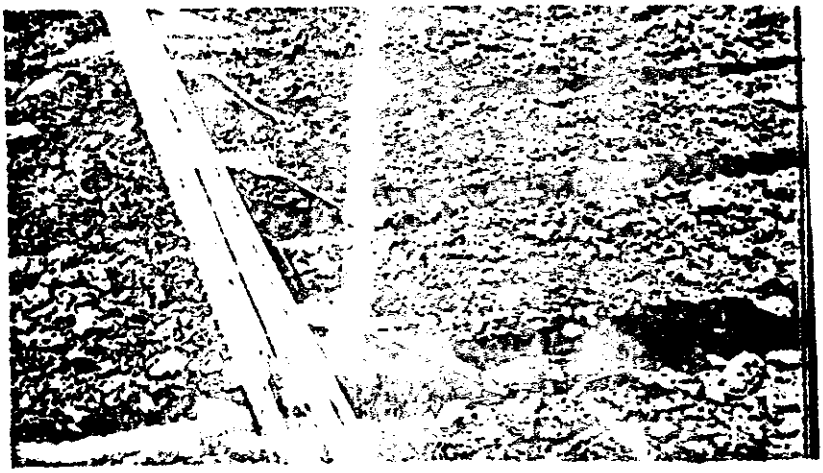
รูปที่ 11.13 หัวจ่ายน้ำชิ่งติดตั้งอัลฟัลฟาวาล์ว



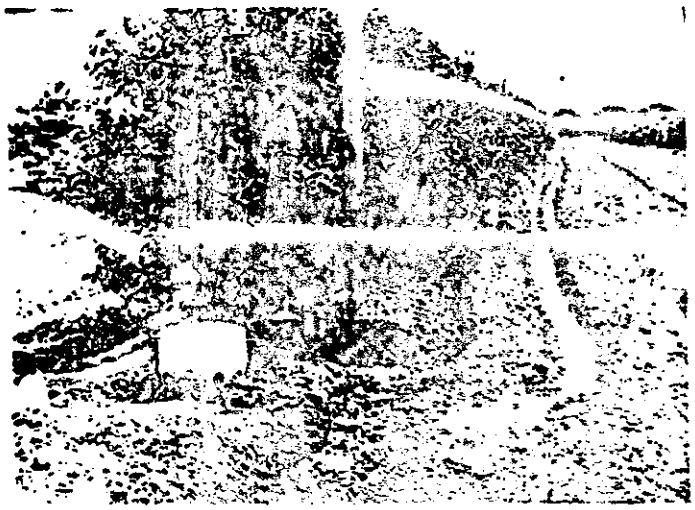
รูปที่ 11.14 หัวจ่ายน้ำชิ่งติดตั้งออร์ชาร์ดวาล์ว



ไฮเดรนรับน้ำต่อจากอัลฟัลฟ่าวาล์ว เพื่อส่งต่อให้กับท่อจ่ายน้ำ (Gated Pipe)

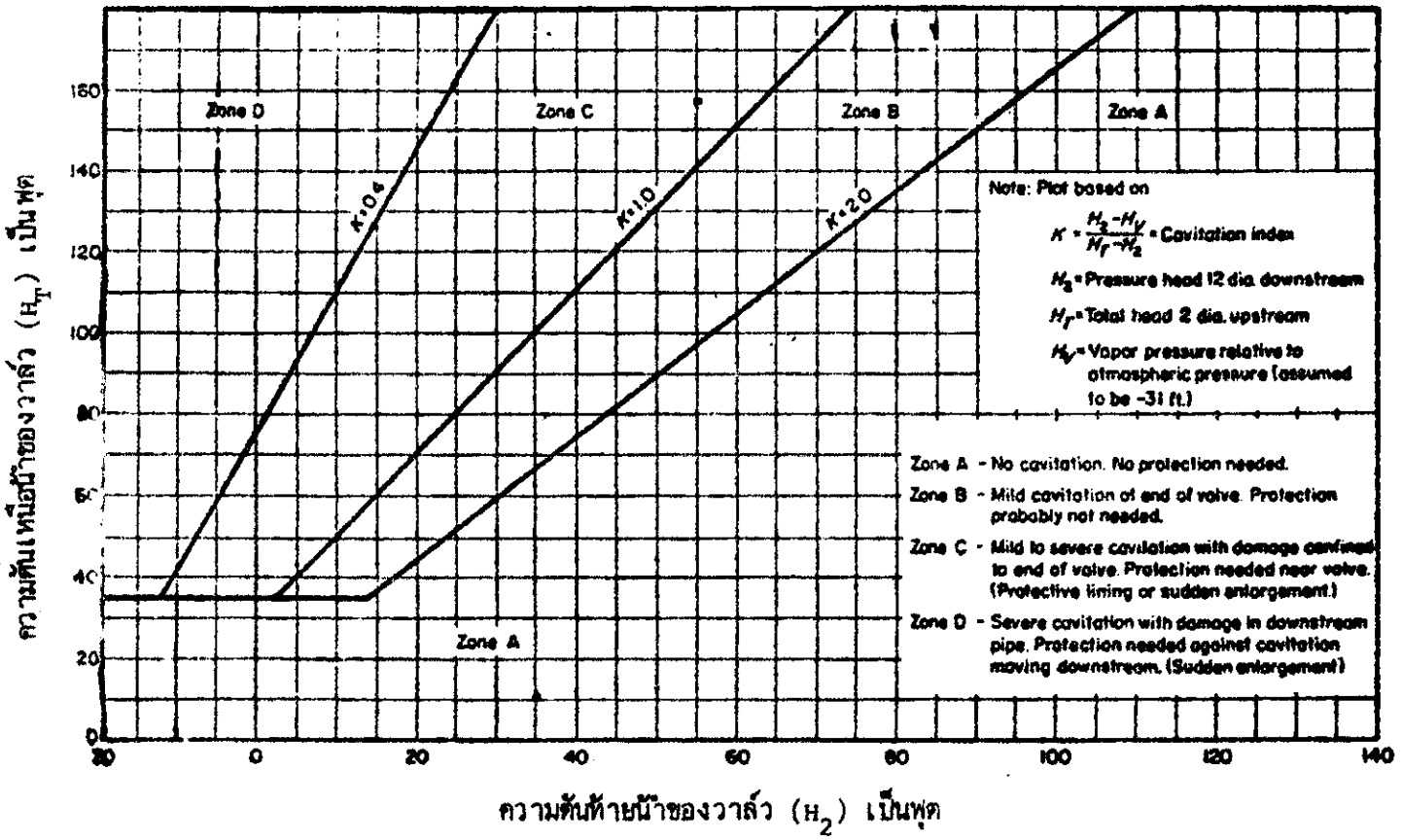


การให้น้ำกับร่องดูด้วยท่อจ่ายน้ำ



การให้น้ำกับไม้ผลโดยไฮเดรนแบบช่องเปิด (Open-Pot Hydrant)

รูปที่ 11.13 การให้น้ำทางผิวดินจากท่อส่งน้ำ



รูปที่ 11.16 การเกิดคาวิเตชั่นของวาล์วปิด-เปิดน้ำในระบบท่อส่งน้ำ

11.4.1 การวางแนว (Layout)

แนวท่อส่งน้ำจะต้องวางไปตามสภาพภูมิประเทศ โดยพิจารณาจากจุดที่ตั้งเครื่องสูบน้ำหรือแหล่งน้ำไปยังพื้นที่ที่จะต้องส่งน้ำไปให้ ถึงแม้ว่าการส่งน้ำด้วยท่อจะสามารถส่งย้อนความลาดเทของพื้นที่ได้ แต่เป็นสิ่งที่ควรจะหลีกเลี่ยงถ้าทำได้เพราะการวางท่อตามความลาดเทของพื้นที่จะช่วยประหยัดพลังงานในการสูบน้ำได้มากกว่า การวางท่อตามแนวสูงสุดของพื้นที่จะช่วยให้สามารถส่งน้ำออกได้ทั้งสองด้านของท่อ ซึ่งจะช่วยทำให้ประหยัดท่อส่งน้ำลงได้ ที่สำคัญการวางแนวท่อจะต้องสัมพันธ์กับแผนการส่งน้ำ

11.4.2 การหาปริมาณน้ำที่ต้องส่งในท่อแต่ละสาย

ปริมาณน้ำที่ต้องส่งผ่านท่อแต่ละสายจะขึ้นอยู่กับความต้องการน้ำชลประทานของพืช ความสามารถอุ้มน้ำของดิน ขนาดของพื้นที่เพาะปลูกที่ท่อแต่ละสายครอบคลุมอยู่แผนการส่งน้ำชลประทาน ความถี่และระยะเวลาในการให้น้ำแต่ละรอบ ค่าความถี่ในการให้น้ำพิจารณาจากความต้องการน้ำสูงสุดของพืช ส่วนระยะเวลาในการให้น้ำแต่ละรอบจะพิจารณาจากจำนวนวันที่ต้องการให้ว่างจากการส่งน้ำเพื่อไปทำกิจกรรมอื่น ๆ รายละเอียดการหาปริมาณน้ำที่ต้องส่งในแต่ละท่อจะคล้ายกับระบบคลอง-คูส่งน้ำ ตามที่เคยกล่าวมาแล้วในบทที่ 7

11.4.3 การกำหนดความดันใช้การในท่อ (Operating Head)

ความดันใช้การของน้ำในท่อจะต้องมากพอที่จะทำให้น้ำไหลไปยังปลายท่อและไหลผ่านหัวจ่ายน้ำไปยังพื้นที่ได้ตามความต้องการ แต่จะต้องไม่สูงจนเกินไปจนทำให้ท่อแตกได้ ตามปกติแล้วการออกแบบข้อต่อมกรีดส่งน้ำจะใช้เกณฑ์ความปลอดภัยประมาณ 4 ถึง 6

11.4.4 การหาขนาดท่อส่งน้ำ

ขนาดของท่อส่งน้ำจะแปรผันไปตามปริมาณน้ำที่ไหลในท่อและการสูญเสียพลังงาน (Head Loss) ที่จะยอมให้เกิดขึ้นในท่อ การสูญเสียพลังงานในระบบท่อจะแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนใหญ่คือ การสูญเสียพลังงานเนื่องจากความฝืดในท่อ (Friction Loss) การสูญเสียพลังงานเนื่องจากสิ่งกีดขวาง เช่นข้อต่อ วาล์ว บานระบาย ท่อที่มีแนวโค้ง ทางเข้าและทางออก เป็นต้น

1) <u>การสูญเสียพลังงานเนื่องจากความฝืดในท่อ</u>

การสูญเสียพลังงานเนื่องจากความฝืดในท่อมีวิธีการหาได้หลายวิธีดังนี้

ก. <u>สูตรของ Fred C. Scobey</u>

นิยมใช้สำหรับการไหลของน้ำในท่อคอนกรีต

$$V = 9.57\ C_s H_f^{0.5}\ d^{0.625} \quad \text{.....(11.3)}$$

และ $$Q = 7.52\ C_s H_f^{0.5}\ d^{2.625} \quad \text{.....(11.4)}$$

เมื่อ V = ความเร็ว เป็นเมตร/วินาที

C_s = ส.ป.ส. ความฝืด Scobey ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิด ขนาด และลักษณะการเชื่อมต่อท่อเข้าด้วยกัน

H_f = การสูญเสียพลังงานเนื่องจากความฝืด เป็นเมตร/100 เมตร

d = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ เป็นเมตร

Q = ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านท่อ เป็น ลบ.เมตร/วินาที

ค่า C_s ที่แนะนำให้สำหรับท่อคอนกรีตแบบต่างๆ คือ

C_s = 0.310 สำหรับท่อคอนกรีตผสมแห้งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 0.60 เมตร ท่อแต่ละท่อนไม่ยาวกว่า 0.90 เมตร เชื่อมต่อท่อด้วยซีเมนต์เอตาร์และไม่มีการปาดรอยต่อภายในท่อให้เรียบ

C_s = 0.345 สำหรับท่อคอนกรีตผสมแห้งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 0.50 เมตร ท่อแต่ละท่อนไม่ยาวกว่า 0.90 เมตร หรือท่อคอนกรีตผสมแห้งยาวท่อนละ 1.20 เมตร ซึ่งเชื่อมต่อท่อแต่ละท่อนเข้าด้วยกันอย่างประณีต โดยใช้ซีเมนต์มอร์ตาร์หรือวงแหวนยาง (Rubber Gasket)

C_s = 0.370 สำหรับท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่ต่ำกว่า 0.60 เมแต่ละท่อนยาวไม่ต่ำกว่า 2.40 เมตร ท่อแต่ละท่อนมีขนาดสม่ำเสมอ และการเชื่อมต่อประณีตพอสมควร

C_s = 0.400 สำหรับท่อคอนกรีตผสมเปียก โดยใช้เครื่องสั่นสะเทือนแต่ละท่อนยาวไม่ต่ำกว่า 3.00 เมตร เชื่อมต่อท่ออย่างประณีตด้วย ซีเมนต์มอร์ตาร์

สมการที่ 11.4 จะเขียนได้ใหม่ว่า

$$Q = 0.005455\ C_c H_f^{0.5}\ d^{2.625} \quad \ldots\ldots\ldots (11.5)$$

เมื่อ Q มีหน่วยเป็น ลบ.ฟุตต่อวินาที H_f มีหน่วยเป็นฟุตต่อ 1,000 ฟุต และ d มีหน่วยเป็นนิ้ว

สำหรับท่อคอนกรีตที่ต่อเชื่อมด้วยวงแหวนยาง (C_c = 0.37) และเชื่อมด้วยซีเมนต์มอร์ตาร์ (C_c = 0.31) จะหาค่าการสูญเสียพลังงานเนื่องจากความฝืดได้อย่างรวดเร็วโดยใช้ตารางที่ 11.3 และ 11.4 ตามลำดับ

ข. <u>สูตรของ Manning</u>

$$V = \frac{0.397}{n}\ d^{2/3}\ s^{1/2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (11.6)$$

และ
$$Q = \frac{0.312}{n}\ d^{8/3}\ s^{1/2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (11.7)$$

เมื่อ V = ความเร็วของน้ำ เป็นเมตร/วินาที

n = ส.ป.ส. ความฝืดของ Manning

d = เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ เป็นเมตร

s = เส้นความลาดเทของพลังงาน เมตร/เมตร

n ที่ใช้โดยทั่ว ๆ ไปสำหรับท่อคอนกรีตมีค่าอยู่ระหว่าง 0.011 (สำหรับท่อที่ภายในเรียบมาก) ถึง 0.014 (สำหรับท่อที่ภายในไม่เรียบ)

ค. <u>สูตรของ Hazen-Williams</u>

$$\frac{hf}{L} = \frac{10.71\ Q^{1.851}}{C^{1.851} d^{4.869}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (11.8)$$

เมื่อ hf = การสูญเสียพลังงาน เป็นเมตร

L = ความยาวท่อ เป็นเมตร

ตารางที่ 11.3 การสูญเสียพลังงานเนื่องจากความผิดในท่อดูดเกจ์ที่เชื่อมต่อด้วยวาวแพวแบน (ฟุต ต่อ 1,000 ฟุต)

ปริมาณน้ำ		เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ (d) เป็น นิ้ว									
ลบ.ฟุต ต่อวินาที	แกลลอน ต่อนาที	6	8	10	12	15	18	21	24	30	36
0.1	45	0.2									
0.2	90	0.8	0.2								
0.3	135	1.8	0.4	0.1							
0.4	180	3.2	0.7	0.2							
0.5	225	5.0	1.1	0.3	0.1						
0.6	270	7.2	1.6	0.5	0.2						
0.7	315	9.9	2.2	0.7	0.3						
0.8	360	12.9	2.8	0.9	0.3	0.1					
0.9	405	16.3	3.5	1.1	0.4	0.1					
1.0	449	20.1	4.4	1.4	0.5	0.2					
1.2	539	29.0	6.4	2.0	0.8	0.2					
1.4	628	39.5	8.7	2.7	1.0	0.3	0.1				
1.6	718	51.5	11.4	3.5	1.4	0.4	0.2				
1.8	808	65.2	14.4	4.5	1.7	0.5	0.2				
2.0	898	80.5	17.8	5.5	2.1	0.7	0.3	0.1			
2.2	987	97.4	21.5	6.7	2.6	0.8	0.3	0.1			
2.4	1,077	115.9	25.6	7.9	3.0	0.9	0.4	0.2			
2.6	1,167	136.1	30.1	9.3	3.6	1.1	0.4	0.2			
2.8	1,257	157.8	34.9	10.8	4.1	1.3	0.5	0.2	0.1		
3.0	1,346	181.2	40.0	12.4	4.8	1.5	0.6	0.3	0.1		
3.2	1,436		45.5	14.1	5.4	1.7	0.6	0.3	0.1		
3.4	1,526		51.4	15.9	6.1	1.9	0.7	0.3	0.2		
3.6	1,616		57.6	17.9	6.9	2.1	0.8	0.4	0.2		
3.8	1,706		64.2	19.9	7.6	2.4	0.9	0.4	0.2		
4.0	1,795		71.1	22.0	8.5	2.6	1.0	0.4	0.2		
4.5	2,020		90.0	27.9	10.7	3.3	1.3	0.6	0.3		
5.0	2,244		111.2	34.5	13.2	4.1	1.6	0.7	0.3	0.1	
5.5	2,469			41.7	16.0	5.0	1.9	0.8	0.4	0.1	
6.0	2,693			49.6	19.1	5.9	2.3	1.0	0.5	0.2	

ตารางที่ 11.3 (ต่อ) การสูญเสียพลังงานเนื่องจากความผิดในท่อคอนกรีตที่เชื่อมต่อด้วยวงแหวนยาง(ฟุต ต่อ 1,000 ฟุต)

ปริมาณน้ำ		เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ (d) เป็น นิ้ว									
ลบ.ฟุต ต่อวินาที	แกลลอน ต่อนาที	6	8	10	12	15	18	21	24	30	36
6.5	2,917			58.2	22.4	6.9	2.7	1.2	0.6	0.2	
7.0	3,142			67.5	25.5	8.0	3.1	1.4	0.7	0.2	
7.5	3,366			77.5	29.8	9.2	3.5	1.6	0.8	0.2	
8.0	3,591			88.7	33.9	10.5	4.0	1.8	0.9	0.3	0.1
8.5	3,815			99.5	38.2	11.9	4.5	2.0	1.0	0.3	0.1
9.0	4,039			111.6	42.9	13.3	5.1	2.3	1.1	0.3	0.1
9.5	4,264				47.8	14.3	5.7	2.5	1.3	0.4	0.1
10.0	4,488				52.9	16.4	6.3	2.8	1.4	0.4	0.2
11.0	4,937				64.0	19.8	7.6	3.4	1.7	0.5	0.2
12.0	5,386				76.2	23.6	9.1	4.0	2.0	0.6	0.2
13.0	5,835				89.4	27.7	10.7	4.7	2.4	0.7	0.3
14.0	6,284				103.7	32.1	12.3	5.5	2.7	0.8	0.3
15.0	6,732				119.1	36.9	14.2	6.3	3.1	1.0	0.4
16.0	7,181					42.0	16.3	7.2	3.6	1.1	0.4
17.0	7,630					47.4	18.2	8.1	4.0	1.2	0.5
18.0	8,079					53.1	20.4	9.1	4.5	1.4	0.5
19.0	8,528					59.2	22.7	10.1	5.0	1.6	0.6
20.0	8,977					65.6	25.2	11.2	5.6	1.7	0.7
22.0	9,874					79.4	30.5	13.6	6.7	2.1	0.8
24.0	10,772					94.5	36.3	16.1	8.0	2.5	1.0
25.0	11,669					110.8	42.6	18.9	9.4	2.9	1.1
26.0	12,567					110.8	42.6	18.9	9.4	2.9	1.1
28.0	12,567						49.4	22.0	10.9	3.4	1.3
30.0	13,465						56.7	25.2	12.5	3.9	1.5
32.0	14,363						64.5	28.7	14.2	4.4	1.7
34.0	15,260						72.8	32.4	16.1	5.0	1.9
36.0	16,158						81.6	36.3	18.0	5.6	2.1

คำนวณจากสูตร Scobey: $H_f = \frac{33,610Q^2}{C^2 d^{5.26}}$

C_s = 0.370 ; d = เส้นผ่าศูนย์กลางเป็นนิ้ว และ H_f = การสูญเสียพลังงานเนื่องจากความผิด ฟุต/1,000 ฟุต.

ตารางที่ 11.4 การสูญเสียพลังงานเนื่องจากความผิดในท่อคอนกรีตที่เรียงต่อด้วยซีเมนต์มอร์ตาร์

ปริมาณน้ำ		เส้นผ่าศูนย์กลางเป็น นิ้ว										
ลบ.ฟุต ต่อวินาที	แกลลอน ต่อนาที	6	8	10	12	14	15	16	18	20	21	24
0.1	45	0.3	0.1									
0.2	90	1.1	0.2									
0.3	135	2.6	0.6									
0.4	180	4.6	1.0	0.3								
0.5	225	7.2	1.6	0.5								
0.6	270	10.4	2.3	0.7	0.3							
0.7	315	14.0	3.2	1.0	0.4							
0.8	360	18.4	4.1	1.3	0.5	0.2						
0.9	405	23.4	5.2	1.6	0.8	0.3						
1.0	449	28.8	6.4	2.0	0.8	0.4	0.2					
1.2	539	42.0	9.2	2.8	1.1	0.5	0.3	0.2				
1.4	628	56.0	12.5	3.9	1.5	0.7	0.5	0.3				
1.6	718	74.0	16.3	5.1	2.0	0.8	0.6	0.4	0.2			
1.8	808	93.0	20.7	6.5	2.4	1.1	0.8	0.5	0.3			
2.0	898	115.0	25.4	8.0	3.0	1.4	0.9	0.7	0.4	0.2		
2.2	987	140.0	30.8	9.5	3.7	1.6	1.1	0.8	0.4	0.3		
2.4	1,077	165.0	36.5	11.4	4.4	1.9	1.3	1.0	0.5	0.3	0.2	
2.6	1,167		43.0	13.3	5.1	2.3	1.6	1.1	0.6	0.4	0.3	
2.8	1,257		50.0	15.5	5.9	2.6	1.8	1.3	0.7	0.4	0.3	
3.0	1,346		57.3	17.8	6.8	3.0	2.1	1.5	0.8	0.5	0.4	0.2
3.2	1,436		65.3	20.2	7.7	3.4	2.4	1.7	0.9	0.5	0.4	0.2
3.4	1,526		73.5	22.8	8.8	3.9	2.7	1.9	1.0	0.6	0.5	0.2
3.6	1,616		82.5	25.6	9.8	4.4	3.0	2.2	1.2	0.7	0.7	0.3
3.8	1,706		92.2	28.5	10.8	4.9	3.4	2.4	1.3	0.8	0.6	0.3
4.0	1,795			31.5	12.2	5.4	3.8	2.7	1.5	0.9	0.8	0.3
4.5	2,020			39.7	15.3	6.8	4.7	3.4	1.9	1.1	0.9	0.4
5.0	2,444			49.1	18.8	8.4	5.9	4.2	2.3	1.3	1.0	0.5
5.5	2,469			59.6	22.8	10.2	7.1	5.0	2.7	1.6	1.2	0.6
6.0	2,693			70.7	27.1	12.1	8.4	6.0	3.2	1.9	1.4	0.7
6.5	2,917			82.7	31.8	14.2	9.9	7.1	3.8	2.2	1.7	0.8

ตารางที่ 11.4 (ต่อ) การสูญเสียพลังงานเนื่องจากความผิดในท่อคอนกรีตที่เรียงต่อด้วยซีเมนต์มอร์ตาร์

ปริมาณน้ำ		เส้นผ่าศูนย์กลางเป็น นิ้ว										
ลบ.ฟุต ต่อวินาที	แกลลอน ต่อนาที	10	12	14	15	16	18	20	21	24	30	36
7.0	3,142		36.9	16.5	11.5	8.2	4.4	2.5	2.0	1.0	0.3	
7.5	3,366		42.2	18.9	13.2	9.4	5.1	2.9	2.3	1.1	0.4	
8.0	3,591		48.2	21.5	15.0	10.7	5.8	3.3	2.6	1.3	0.4	
8.5	3,815		54.4	24.3	16.9	21.1	6.5	3.7	2.9	1.4	0.5	
9.0	4,039		61.0	27.2	19.0	13.5	7.3	4.2	3.3	1.5	0.5	
9.5	4,264		68.0	30.3	21.1	15.1	8.2	4.7	3.6	1.8	0.6	0.2
10.0	4,488		75.3	33.6	23.4	16.7	9.0	5.2	4.0	2.0	0.6	0.2
11.0	4,937			40.7	28.3	20.2	10.8	6.3	4.8	2.4	0.7	0.3
12.0	5,386			48.4	33.7	24.0	12.9	7.4	5.8	2.9	0.9	0.3
13.0	5,835			56.8	39.6	28.2	15.2	8.8	6.8	3.4	1.0	0.4
14.0	6,284			65.9	45.9	32.7	17.7	10.2	7.8	3.9	1.2	0.5
15.0	6,732				52.6	37.5	20.3	11.7	9.0	4.5	1.4	0.5
16.0	7,181				60.0	42.7	23.0	13.2	10.2	5.1	1.6	0.6
17.0	7,630				67.7	48.2	26.0	14.9	11.6	5.8	1.8	0.7
18.0	8,079					54.0	29.3	16.5	13.0	6.5	2.0	0.8
20.0	8,977					66.7	33.9	20.7	16.0	7.9	2.5	0.9
22.0	9,874					80.7	43.3	25.1	19.3	9.6	3.0	1.1
24.0	10,772						51.9	28.8	23.0	11.4	3.6	1.4
26.0	11,669						60.8	34.9	27.0	13.4	4.1	1.6
28.0	12,567						70.1	40.4	31.4	15.6	4.8	1.9
30.0	13,465							46.2	36.0	17.9	5.6	2.1
32.0	14,363							53.3	41.0	20.4	6.3	2.4
36.0	16,158							67.1	51.8	25.7	8.0	3.1

ค่าหาจากสูตร Scobey ใช้ที่ C_s = 0.310

ตารางที่ 11.5 การสูญเสียพลังงานเนื่องจากความผิดในท่อคดเคี้ยว (c = 100)

อัตราการไหล (Q)		ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (d)										
		20 ซม. หรือ (8นิ้ว)	25 ซม. หรือ (10นิ้ว)	30 ซม. หรือ (12นิ้ว)	35 ซม. หรือ (14นิ้ว)	40 ซม. หรือ (16นิ้ว)	45 ซม. หรือ (18นิ้ว)	50 ซม. หรือ (20นิ้ว)	60 ซม. หรือ (24นิ้ว)	75 ซม. หรือ (30นิ้ว)	90 ซม. หรือ (36นิ้ว)	105 ซม. หรือ (42นิ้ว)
ลิตร ต่อวินาที	ลบ.ฟุต ต่อวินาที	เมตรต่อ 100 เมตร, ฟุตต่อ 100 ฟุต										
2.8	0.1	0.01										
5.7	0.2	0.03										
8.5	0.3	0.07										
11.3	0.4	0.12	0.04									
14.2	0.5	0.19	0.06									
17.0	0.6	0.26	0.09	0.04								
22.7	0.8	0.45	0.15	0.06								
28.3	1.0	0.68	0.23	0.09	0.04							
34.0	1.2	0.95	0.32	0.13	0.06							
39.6	1.4	1.23	0.43	0.18	0.08	0.04						
45.3	1.6	1.62	0.55	0.22	0.11	0.06						
51.0	1.8	2.02	0.68	0.28	0.13	0.07						
57.0	2.0	2.45	0.83	0.34	0.16	0.08	0.05					
68.0	2.4	3.43	1.16	0.46	0.22	0.12	0.07					
79.0	2.8	4.57	1.54	0.63	0.30	0.16	0.09	0.05				
91.0	3.2	5.85	1.97	0.81	0.38	0.20	0.11	0.07				
102.0	3.6	7.27	2.46	1.01	0.48	0.25	0.14	0.08	0.04			
113.0	4.0	8.84	2.98	1.23	0.58	0.30	0.17	0.10	0.04			
127.0	4.5		3.71	1.53	0.72	0.38	0.21	0.13	0.05			
142.0	5.0		4.51	1.86	0.88	0.46	0.26	0.15	0.06			
156.0	5.5		5.38	2.21	1.05	0.55	0.31	0.18	0.08	0.03		
170.0	6.0		6.32	2.60	1.23	0.64	0.36	0.22	0.09	0.03		
184.0	6.5		7.33	3.02	1.42	0.74	0.42	0.25	0.10	0.04		
198.0	7.0		8.41	3.46	1.63	0.85	0.48	0.29	0.12	0.04		
227.0	8.0			4.43	2.09	1.09	0.62	0.37	0.15	0.05		
255.0	9.0			5.51	2.60	1.36	0.76	0.46	0.19	0.06		
283.0	10.0			6.69	3.16	1.65	0.93	0.56	0.23	0.08		

ตารางที่ 11.5 (ต่อ) การสูญเสียพลังงานเนื่องจากความผิดในท่อคอนกรีต (c = 100)

อัตราการไหล (Q)		ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (d)										
		20 ซม. หรือ (8นิ้ว)	25 ซม. หรือ (10นิ้ว)	30 ซม. หรือ (12นิ้ว)	35 ซม. หรือ (14นิ้ว)	40 ซม. หรือ (16นิ้ว)	45 ซม. หรือ (18นิ้ว)	50 ซม. หรือ (20นิ้ว)	60 ซม. หรือ (24นิ้ว)	75 ซม. หรือ (30นิ้ว)	90 ซม. หรือ (36นิ้ว)	105 ซม. หรือ (42นิ้ว)
ลิตร ต่อวินาที	ลบ.ฟุต ต่อวินาที	เมตรต่อ 100 เมตร, ฟุตต่อ 100 ฟุต										
340.0	12.0			9.38	4.43	2.31	1.30	0.78	0.32	0.11	0.04	
396.0	14.0				5.89	3.08	1.73	1.04	0.43	0.14	0.06	
453.0	16.0				7.54	3.94	2.22	1.33	0.55	0.18	0.08	
510.0	18.0					4.90	2.76	1.65	0.68	0.23	0.09	
566.0	20.0					5.95	3.35	2.01	0.83	0.28	0.12	0.05

ตารางที่ 11.6 การสูญเสียพลังงานเนื่องจากความฝืดในท่อนอสเบสตอสซีเมนต์ (c = 140)

อัตราการไหล (Q)		ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (d)							
		7.5ซม. หรือ (3นิ้ว)	10 ซม. หรือ (4นิ้ว)	12.5ซม. หรือ (12นิ้ว)	15 ซม. หรือ (6นิ้ว)	17.5ซม. หรือ (7นิ้ว)	20 ซม. หรือ (8นิ้ว)	25 ซม. หรือ (10นิ้ว)	30 ซม. หรือ (12นิ้ว)
ลิตร ต่อวินาที	แกลลอน* ต่อนาที	เมตรต่อ 100 เมตร, ฟุตต่อ 100 ฟุต							
0.6	10	0.04	0.01						
1.3	20	0.13	0.03	0.01					
1.9	30	0.27	0.07	0.02					
2.5	40	0.46	0.12	0.04					
3.2	50	0.70	0.18	0.06	0.03				
4.4	75	1.48	0.39	0.12	0.06				
6.3	100	2.53	0.66	0.21	0.10				
7.9	125	3.82	1.00	0.32	0.15				
9.5	150	5.34	1.40	0.44	0.21	0.09			
11.0	175	7.08	1.85	0.59	0.27	0.11			
12.6	200	9.10	2.38	0.79	0.35	0.15	0.08		
15.8	250	13.60	3.80	1.14	0.53	0.22	0.13		
19.0	300	19.26	5.04	1.60	0.75	0.31	0.18	0.06	
22.0	350	25.61	6.70	2.13	0.99	0.41	0.24	0.07	
25.2	400		8.60	2.73	1.27	0.53	0.30	0.09	
28.4	450		10.69	3.40	1.58	0.66	0.38	0.12	
31.6	500		12.98	4.12	1.92	0.80	0.46	0.14	0.06
37.9	600		18.17	5.77	2.69	1.12	0.64	0.20	0.08
44.2	700		24.19	7.68	3.58	1.49	0.86	0.26	0.11
50.5	800		30.99	9.84	4.58	1.91	1.10	0.34	0.14
56.9	900			12.21	5.69	2.37	1.36	0.42	0.17
63.2	1000			14.88	6.93	2.89	1.66	0.51	0.21
76.0	1200			20.79	9.68	4.04	2.31	0.71	0.29
88.5	1400			27.72	12.91	5.39	3.08	0.95	0.39
101.0	1600				16.53	6.90	3.95	1.22	0.50
113.8	1800				20.60	8.60	4.92	1.52	0.62
126.0	2000				24.99	10.43	5.97	1.84	0.79

* U.S Gallon

ตารางที่ 11.7 การสูญเสียพลังงานเนื่องจากความฝืดในท่อเหล็กเหนียวเชื่อมเข้าด้วยกัน
(Welded Steel Pipe, c = 120)

อัตราการไหล (Q)		ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ (d)							
		5ซม. หรือ (2นิ้ว)	7.5ซม. หรือ (3นิ้ว)	10 ซม. หรือ (4นิ้ว)	12.5ซม. หรือ (5นิ้ว)	15 ซม. หรือ (6นิ้ว)	20 ซม. หรือ (8นิ้ว)	25 ซม. หรือ (10นิ้ว)	30 ซม. หรือ (12นิ้ว)
ลิตร ต่อวินาที	แกลลอน* ต่อนาที	เมตรต่อ 100 เมตร, ฟุตต่อ 100 ฟุต							
0.6	10	0.3	0.1						
1.3	20	1.1	0.2						
1.9	30	2.4	0.3	0.1					
2.5	40	4.1	0.6	0.2					
3.2	50	6.3	0.9	0.2	0.1				
4.4	75	13.1	1.9	0.5	0.2				
6.3	100	22.5	3.2	0.9	0.3	0.1			
7.9	125	34.0	4.8	1.3	0.4	0.2			
9.5	150	47.5	6.7	1.8	0.6	0.2			
11.0	175		8.9	2.4	0.8	0.3	0.1		
12.6	200		11.5	3.1	1.0	0.4	0.1		
15.8	250		17.3	4.7	1.5	0.6	0.2		
19.0	300		24.3	6.5	2.2	0.9	0.2		
22.0	350		32.3	8.7	2.9	1.2	0.3	0.1	
25.2	400		41.4	11.1	3.7	1.5	0.4	0.1	
28.4	450			13.9	4.6	1.9	0.5	0.2	
31.6	500			16.8	5.8	2.3	0.6	0.2	0.1
37.9	600			23.6	7.8	3.2	0.8	0.3	0.1
44.2	700			31.4	10.4	4.3	1.1	0.4	0.2
50.5	800			40.2	13.3	5.5	1.4	0.5	0.2
56.9	900				16.5	6.8	1.8	0.6	0.3
63.2	1000				20.1	8.9	2.2	0.7	0.3
76.0	1200				28.1	11.6	3.0	1.0	0.4
88.5	1400				37.5	15.4	4.0	1.3	0.6
101.0	1600					19.7	5.2	1.7	0.7
113.8	1800					24.6	6.5	2.1	0.9
126.0	2000					29.8	7.8	2.6	1.1

ตารางที่ 11.8 การสูญเสียพลังงานเนื่องจากความฝืดในท่อ PVC ประเภทความดันต่ำ
(Low-Head Polyvinyl Chloride Pipe, c = 150)

อัตราการไหล (Q)		ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ (d)					
		10ซม. (4นิ้ว)	15 ซม. (6นิ้ว)	20 ซม. (8นิ้ว)	25 ซม. (10นิ้ว)	30 ซม. (12นิ้ว)	37.5ซม. (15นิ้ว)
ลิตร ต่อวินาที	แกลลอน* ต่อวินาที	เมตรต่อ 100 เมตร, ฟุตต่อ 100 ฟุต					
3.2	50	0.16					
6.3	100	0.58	0.08				
9.5	150	1.23	0.17				
12.6	200	2.10	0.29	0.07			
15.8	250	3.17	0.44	0.11			
19.0	300	4.45	0.62	0.15	0.05		
22.0	350	5.91	0.82	0.20	0.07		
25.2	400	7.57	1.05	0.28	0.09		
28.4	450	9.42	1.31	0.32	0.11	0.04	
31.6	500	11.45	1.59	0.39	0.13	0.05	
37.9	600		2.23	0.55	0.18	0.08	
44.2	700		2.96	0.73	0.25	0.10	
50.5	800		3.79	0.94	0.32	0.13	
56.9	900		4.72	1.16	0.39	0.16	0.05
63.1	1000		5.73	1.41	0.48	0.20	0.07
76.0	1200		8.04	1.98	0.67	0.28	0.09
88.5	1400		10.69	2.63	0.89	0.37	0.12
101.0	1600			3.37	1.14	0.47	0.16
113.0	1800			4.19	1.42	0.58	0.20
126.0	2000			5.10	1.72	0.71	0.24
151.0	2400			7.14	2.41	0.99	0.34
177.0	2800			9.50	3.21	1.32	0.44
202.0	3200				4.10	1.69	0.57
227.0	3600				5.10	2.10	0.71
252.0	4000				6.20	2.55	0.86

* U.S.Gallon

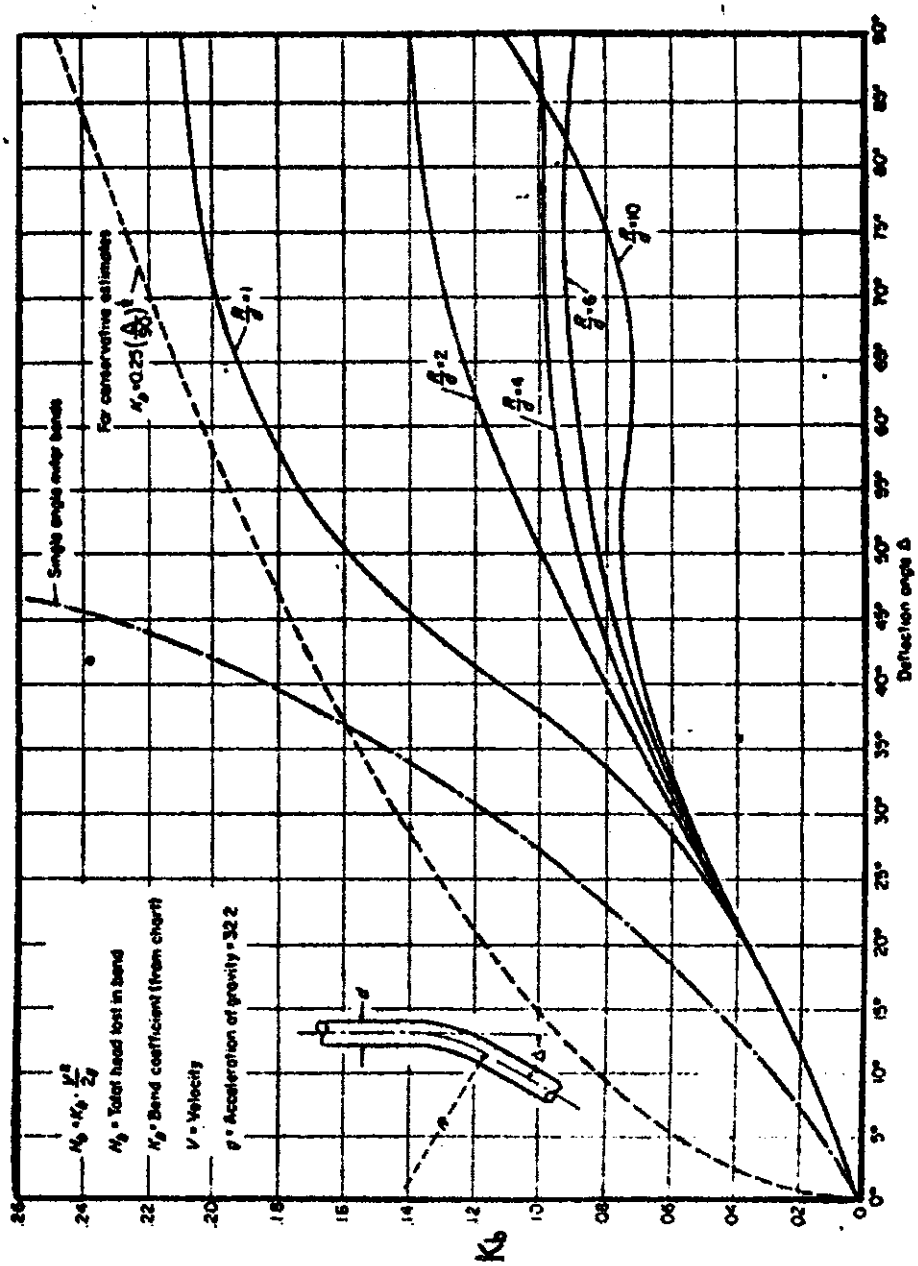
ตารางที่ 11.9 ส.ป.ส. การสูญเสียพลังงานเนื่องจากสิ่งกีดขวาง (Minor Loss Coefficients)*

ลักษณะของสิ่งกีดขวาง		Kn.
ข้อต่อ (ธรรม)		0.15
ข้อต่อ (ลด)		0.10
ทางเข้า (Entrance)	- ยื่นเข้า (Inward projecting)	0.78
	- มุมแหลม (Sharp cornered)	0.50
	- มุมมน (slightly rounded)	0.23
	- ปากระฆัง (Bell mouth)	0.04
ทางออก (Exit)		1.0
ข้อต่อแบบหัวที (ในแนวระดับ)		0.0
ข้อต่อแบบหัวที (ออกออกหัวจ่ายน้ำ)		1.24
วาล์วปิด-เปิดน้ำ		0.20
วาล์วลูกออก		5.00
อัตตันน้ำวาล์ว		ดูตารางที่ 11.10
ออร์ฟิสวาล์ว		ดูตารางที่ 11.11
ฝาปิด		ดูรูปที่ 11.17
มิเตอร์วัดน้ำแบบใบพัดเรียบ		การสูญเสียพลังงาน (ฟุต)
ขนาด 4	นิ้ว, วัดน้ำระหว่าง 0.0 - 0.6 ลบ.ฟุต/วินาที	1
" 6	", " 0.7 - 1.4 "	1
" 8	", " 1.5 - 2.0 "	0.42
" 12	", " 2.1 - 3.0 "	0.20
" 18	", " 8 - 12 "	0.13
" 20	", " 12 - 15 "	0.13
" 24	", " 16 - 22 "	0.10
ขาตั้งวัดน้ำแนวตั้ง (Vertical Flow Meter Stand)		1.0
ตะแกรง (Traveling Water Screen)		0.1

* King, H.W, Handbook of Hydraulics and USBR, Design Standards for Pipe Distributi Systems and Closed Conduits.

ตารางที่ 11.10 การสูญเสียพลังงานของน้ำไหลผ่านอัดปล่าวาล์ว

อัตราการไหล (Q)		ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ (ซม.)									
		15	20	25	30	35	40	45	50	60	75
ลิตร วินาที	ลบ.เมตร ต่อชั่วโมง	เซนติเมตร									
10	36	2	1								
20	72	10	3	1							
30	108	26	7	3	1						
40	144	50	13	5	2	1					
50	180	83	22	8	4	2	1				
60	216	126	34	12	6	3	2	1			
80	288	250	64	24	11	5	3	2	1		
100	360		105	40	18	9	5	3	2		
125	450		165	65	29	15	7	5	3	1	
150	540		250	97	44	22	12	7	4	2	
175	630			136	85	30	17	10	6	3	1
200	720			185	83	41	22	14	8	4	1
225	810			245	100	55	30	18	11	5	2
250	900				137	69	37	23	14	6	2
275	990				170	83	45	28	17	7	3
300	1080				210	100	56	35	21	9	3
350	1260				300	145	77	50	29	13	4
400	1440					195	103	66	40	17	6
450	1620					250	135	87	50	23	8
500	1800						170	110	63	29	10
550	1980						210	140	78	36	13



รูปที่ 11.17 การสูญเสียพลังงานในข้อโค้ง

ตารางที่ 11.11 สมรรถนะของออร์ฟาร์ดวาล์ว

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อตั้ง (Riser)	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของวาล์ว	ความดันที่ต้องการ	
		30 ซม.	75 ซม.
ซม.		ลิตรต่อวินาที	
15	3.75	1	2
15	6.25	3	6
15	8.75	6	12
20	12.50	13	26
25	15.00	19	38
30	20.00	33	67

การหาขนาดท่อในระบบท่อส่งน้ำจะพิจารณาจากท่อที่ทำหน้าที่จ่ายน้ำให้กับแปลงโดยตรง แล้วไล่เข้าหาท่อประธานและแหล่งน้ำตามลำดับ

11.4.5 การหาขนาดของอาคารควบคุมน้ำ

อาคารควบคุมน้ำเช่น ถังรับน้ำ ถังอัดน้ำ ถังแบ่งน้ำ หรือท่อระบายอากาศ จะต้องสูงพอที่น้ำจะไม่ไหลล้น แต่ต้องไม่สูงมากจนทำให้ค่าลงทุนในการก่อสร้างสูงเกินความจำเป็น หรือทำให้การควบคุมต่าง ๆ ทำได้ยากลำบาก ความสูงของอาคารต่าง ๆ เหล่านี้จะขึ้นอยู่กับเส้นระดับน้ำ (Hydraulic Gradient) ณ จุดที่ตั้งอาคาร ซึ่งเส้นระดับน้ำนี้สามารถที่จะปรับให้สูงหรือต่ำได้โดยการพิจารณาเพิ่มหรือลดการสูญเสียพลังงานเนื่องจากความฝืดในท่อ หรือพูดง่าย ๆ ว่าขึ้นอยู่กับการเลือกใช้ขนาดท่อนั่นเอง

การวิเคราะห์การไหลของน้ำในท่อและการออกแบบระบบท่อส่งน้ำเพื่อการชลประทานจะแสดงไว้ในตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 11.1 ท่อส่งน้ำระหว่างถังสูง A และถัง B ดังแสดงในรูปที่ 11.8 มีน้ำไหลด้วยอัตรา 0.2 ลบ.เมตร/วินาที ถัง A สูง 5 เมตร เหนือพื้นดิน และต้องเผื่อขอบถังให้เหนือผิวน้ำ(Freeboard)เท่ากับ 0.30 เมตร ถ้ากำหนดว่าระดับน้ำในถัง ต้องสูงเหนือผิวดินอย่างน้อย 0.50 เมตร ให้หาขนาดของท่อส่งน้ำสายนี้

วิธีทำ

ต้องหาระดับน้ำต่างระหว่างถัง A และ B แล้วเลือกขนาดท่อซึ่งการสูญเสียพลังงานเนื่องจากความฝืดเท่ากับค่านี้

จากรูปที่ 11.18

ระดับดินที่ถัง A = 100.00 เมตร

ระดับดินที่ถัง B = 102.50 เมตร

ระยะระหว่างถัง A และ B = 400 เมตร

ระดับน้ำในถัง A = 100+5-0.30 = 104.70 เมตร

ระดับน้ำในถัง B = 102.5+0.50 = 103.00 เมตร

ระดับน้ำต่างระหว่างถัง A และ B = 104.7-103.00 = 1.70 เมตร

จากสมการที่ 11.4

$$Q = 7.52\, C_e\, H_f^{0.5}\, d^{2.625}$$

เมื่อ Q = 0.2 ลบ.เมตร/วินาที,

$$H_f = \frac{1.70}{400} \times 100 = 0.425 \text{ เมตร/100 เมตร}$$

สมมติว่า C_e = 0.345 (คอนกรีต)

$$0.2 = 7.52(0.345)(0.425)^{0.5}\, d^{2.625}$$

$$d = 0.44 \text{ เมตร}$$

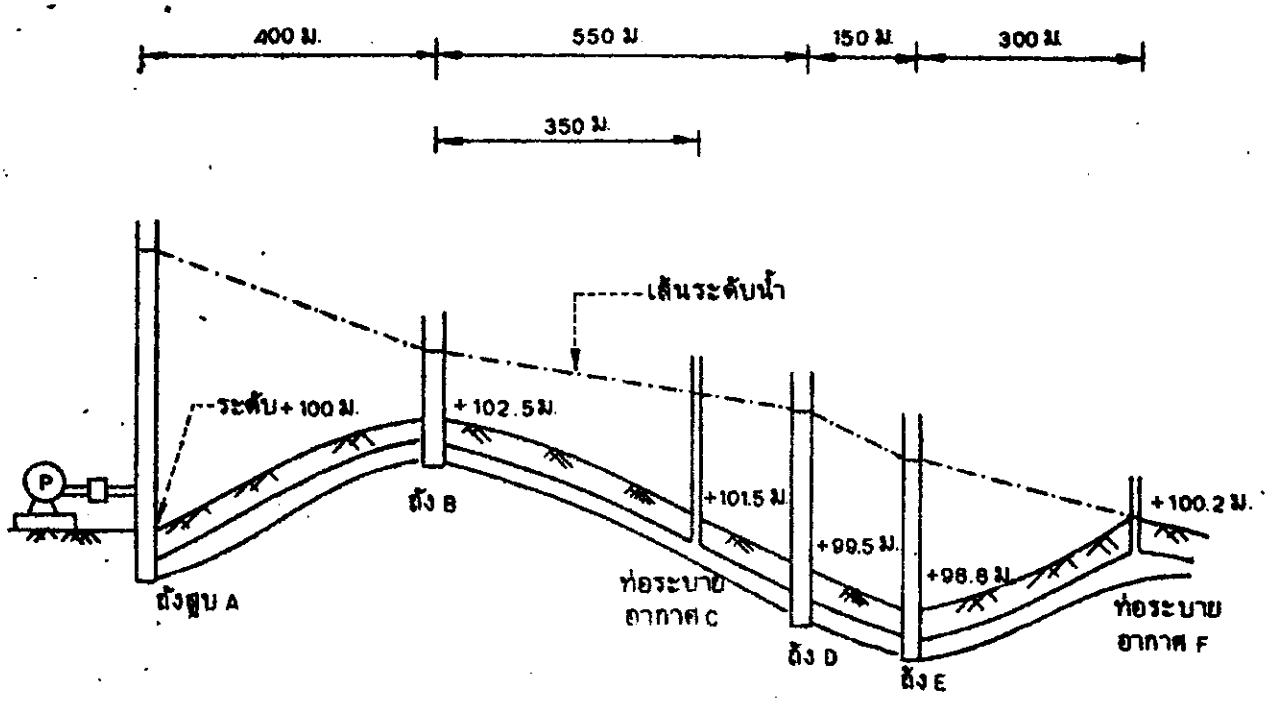
เลือกใช้ท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.50 เมตร

$$H_f = \left[\frac{0.2}{7.5(0.345)(0.5)^{2.625}}\right]^2$$

$$= 0.23 \text{ เมตร/100 เมตร}$$

ระดับน้ำในถัง A จะต้องไม่ต่ำกว่า $= 103 + \frac{0.23 \times 400}{100}$ เมตร

$$= 103.92 \text{ เมตร}$$



รูปที่ 11.18 ไดอะแกรมแสดงระบบท่อส่งน้ำสำหรับการคำนวณในตัวอย่างที่ 11.1 ถึง 11.14

ตัวอย่างที่ 11.2 จากรูปที่ 11.18 ถ้าถัง B เป็นถังแบ่งน้ำ (Division Stand) ซึ่งแบ่งน้ำจากท่อประธานให้กับท่อแยกเป็นปริมาณ 0.05 ลบ.เมตร/วินาที ทำให้เหลือน้ำไหลในท่อประธาน ขนาด 0.50 เมตร เพียง 0.15 ลบ.เมตร/วินาที กำหนดว่าระดับน้ำในถัง B เท่ากับ 103.0 เมตร เหมือนในตัวอย่างที่ 11.1 จงหาระดับน้ำและความสูงของท่อระบายอากาศ C และถัง D

จากรูปที่ 11.18 ระดับดินที่ท่อระบายอากาศ C = 101.50 เมตร

ระดับดินที่ถัง D = 99.50 เมตร

ระยะระหว่างถัง B และท่อ C = 350 เมตร

ระยะระหว่างถัง B และถัง D = 550 เมตร

โจทย์กำหนดว่า Q = 0.15 ลบ.เมตร/วินาที

ระดับน้ำในถัง B = 103.00 เมตร

d = 0.50 เมตร

สมมติว่า C = 0.345 เมตร

จากสมการที่ 11.4

$$0.15 = 7.52(0.345)(H_f)^{0.5}(0.5)^{2.625}$$

$$H_f = \left[\frac{0.15}{7.52(0.345)(0.5)^{2.625}}\right]^2$$

$$= 0.13 \text{ เมตร/100 เมตร}$$

ระดับน้ำในท่อระบายอากาศ C = $103 - \frac{0.13}{100} \times 350$ เมตร

= 102.55 เมตร

ระดับน้ำในถัง D = $103 - \frac{0.13 \times 550}{100}$ เมตร

= 102.29 เมตร

กำหนดว่าอาคารควรจะสูงกว่าระดับน้ำ = 0.30 เมตร

ความสูงของท่อระบายอากาศ C = 102.55+0.30-101.5 เมตร

= 1.35 เมตร

และความสูงของถัง = 102.29+0.30-99.50 เมตร

= 3.09 ≈ 3.10 เมตร

<u>ตัวอย่างที่</u> 11.3 ถัง E ตามรูปที่ 11.18 ทำหน้าที่เป็นถังแบ่งน้ำเพื่อแบ่งน้ำให้กับท่อแยกซอยซึ่งต้องการเฮดน้ำ (Head) ในถัง E เท่ากับ 2.90 เมตร เหนือผิวดิน ให้หาขนาดท่อส่งน้ำระหว่างถัง D และ E กำหนดว่าปริมาณน้ำที่ไหลในท่อเท่ากับ 0.15 เมตร/วินาที

จากรูปที่ 11.8

ระดับดินที่ถัง E = 98.80 เมตร

ระยะระหว่างถัง D และถัง E = 150 เมตร

กำหนดว่า Q = 0.15 ลบ.เมตร/วินาที

ระดับน้ำในถัง D (ตามตัวอย่างที่ 10.2) = 102.29 เมตร

ระดับน้ำในถัง E ที่ต้องการ = 98.8+2.90 = 101.7 ม.

ระดับน้ำต่างระหว่างถัง D และถัง E = 102.29-101.7 = 0.59 ม.

$$H_f = \frac{0.59}{150} \times 100 = 0.39 \text{ ม./ม.}$$

สมมติว่า $C_w = 0.345$

จากสมการที่ 11.4 จะได้ว่า

$$0.15 = 7.52(0.345)(0.39)^{0.5} d^{2.625}$$

$$d = 0.40 \text{ เมตร}$$

เลือกใช้ท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.40 เมตร

<u>ตัวอย่างที่</u> 11.4 ถัง E แบ่งน้ำให้กับท่อแยกจำนวน 0.10 ลบ.เมตร/วินาที เหลือน้ำไหลในท่อช่วงถัง E และท่อระบายอากาศ F เพียง 0.05 ลบ.เมตร/วินาที กำหนดว่าท่อวางต่ำกว่าผิวดิน 0.45 เมตร และระดับน้ำในถัง E อยู่ที่ 101.7 เมตร จงหาขนาดท่อที่จะทำให้น้ำไหลเต็มท่อที่จุด F

<u>วิธีทำ</u> น้ำจะไหลเต็มที่ที่จุด F ก็ต่อเมื่อเส้นระดับน้ำอยู่เหนือสันบนของท่อ จากรูปที่ 11.18

ระยะระหว่างถัง E และท่อระบายอากาศ = 300 เมตร

ระดับดินที่ท่อ F = 100.2 เมตร

กำหนดว่า Q = 0.05 ลบ.เมตร/วินาที

ระดับน้ำในถัง E = 101.7 เมตร

ระดับน้ำที่จุด F ที่ต้องการ = 100.2-0.45 = 99.75 เมตร

$$H_f = \frac{(101.7-99.75)}{300} 100 = 0.65$$

สมมติว่า $C_w = 0.345$

จากสมการที่ 11.4

$$0.05 = 7.52(0.345)(0.65)^{0.5}(d)^{2.625}$$

$$d = 0.24 \text{ เมตร}$$

เลือกใช้ท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.25 เมตร

<u>ตัวอย่างที่</u> 11.5 จงออกแบบระบบท่อส่งน้ำคอนกรีตสำหรับสวนผลไม้ขนาด 75 ไร่ (200 เมตร x 600 เมตร) ดินเป็นดินทรายซึ่งมีอัตราการซึมสูงและมีข้อกำหนดต่าง ๆ ดังนี้

1. พื้นที่มีความลาดเทลงทางทิศใต้ 0.3 % และความลาดเทไปทางทิศตะวันออก 0.15 % ดังแสดงในรูปที่ 11.19

2. แบ่งพื้นที่ออกเป็น 12 แปลงย่อย แต่ละแปลงมีขนาด 6.25 ไร่ (100 เมตร x 100 เมตร)

3. ต้นไม้แต่ละต้นปลูกห่างกัน 10 เมตร

4. ให้น้ำแก่ต้นไม้ทางร่องดู โดยใช้ร่องดูเล็ก 4 ร่อง ต่อต้นไม้ 1 แถว ดังรูปที่ 11.20

5. อัตราการให้น้ำแก่ร่องดูเล็กแต่ละร่องซึ่งยาว 100 เมตร เท่ากับ 0.6 ลิตร/วินาที

6. แหล่งน้ำคือน้ำใต้ดิน ซึ่งมีอัตราการสูบสูงสุด 60 ลิตร/วินาที

7. เฮดของน้ำที่จุดสูบน้ำเท่ากับ 1.20 เมตร

8. เฮดของน้ำที่ต้องการที่หัวจ่ายน้ำอย่างน้อยต้องเท่ากับ 0.30 เมตร

<u>วิธีทำ</u>

ความต้องการน้ำของต้นไม้แต่ละแถว = 0.6 x 4 = 2.4 ลิตร/วินาที

จำนวนแถวต้นไม้ที่จะให้น้ำได้พร้อมกัน = $\frac{\text{อัตราการสูบสูงสุด}}{\text{ความต้องการน้ำของต้นไม้ 1 แถว}}$

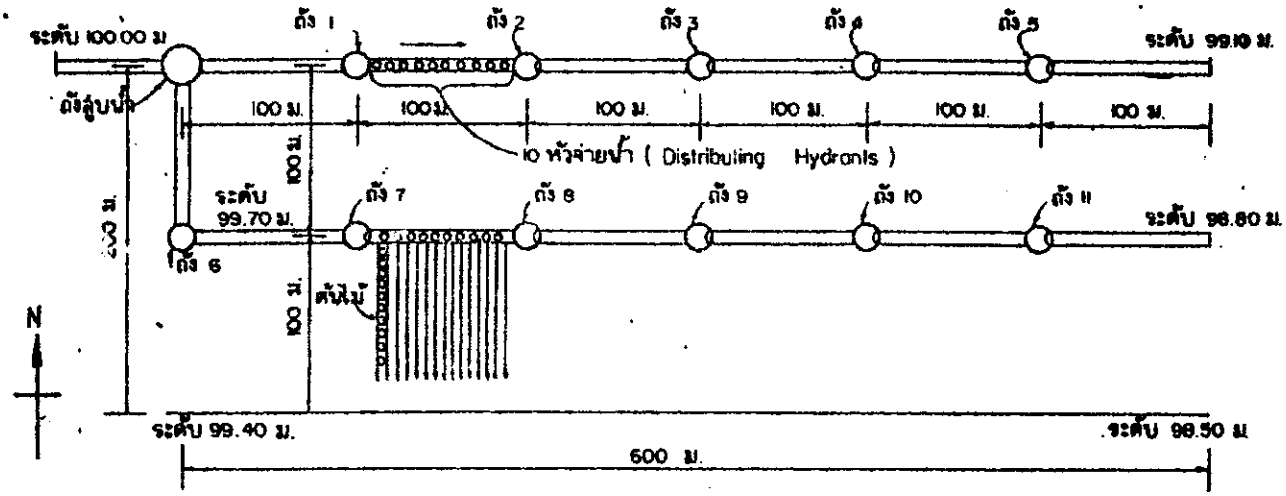
= $\frac{60}{2.4}$ = 25 แถว

ด้วยอัตราการสูบสูงสุดจะให้น้ำกับพื้นที่ได้พร้อม ๆ กัน 2.5 แปลง แต่เพื่อความสะดวกในการให้น้ำออกแบบระบบท่อให้ส่งน้ำได้พร้อมๆ กันเพียงครั้งละ 2 แปลง

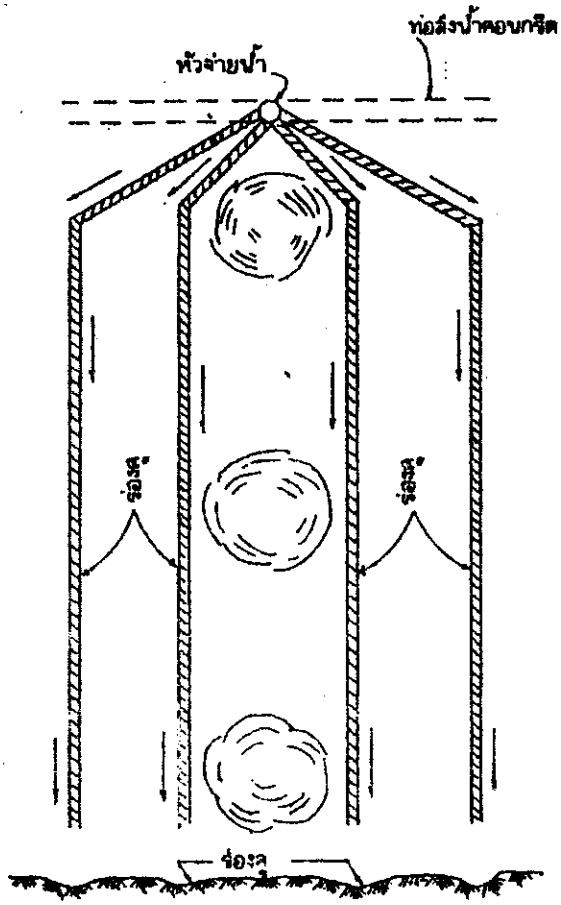
ดังนั้นระบบท่อจะต้องมีขนาดพอที่จะส่งน้ำได้ = 20 x 2.4 = 48 ลิตร/วินาที

<u>จากรูปที่ 11.19</u>

ระดับดินสดลงตามแนวท่อ AB	= 100-99.10	= 0.90	เมตร
ระดับดินลดลงตามแนวท่อ AC	= 100-98.80	= 1.20	เมตร
ความยาวของท่อ AB	= 600		เมตร
ความยาวของท่อ AC	= 700		เมตร
เฮดของน้ำที่จุดสูบน้ำ	= 1.20		เมตร
กำหนดว่าการสูญเสียพลังงานที่หัวจ่ายน้ำ	= 0.30		เมตร



รูปที่ 11.19 การวางแนวระบบท่อส่งน้ำ



รูปที่ 11.20 การให้น้ำทางร่องดู โดยใช้ร่องดู 4 ร่อง ต่อต้นไม้ 1 แถว

การสูญเสียพลังงานที่ยอมให้เกิดในท่อ A = 1.20+0.90-0.30 เมตร

= 1.80 เมตร

การสูญเสียพลังงานที่ยอมให้เกิดในท่อ AC= 1.20+1.20-0.30 เมตร

= 2.10 เมตร

H_f(AB) = $\frac{1.80}{600}$ x 100 = 0.30 เมตร

H_f(AC) = $\frac{2.10}{700}$ x 100 = 0.30 เมตร

<u>หาขนาดท่อ จากสมการที่ 11.4</u>

$$Q = 7.52\ C_c\ H_f^{0.5}\ d^{2.625}$$

สมมติว่า C_c = 0.345

สำหรับท่อ AB: Q = 0.048 ลบ.เมตร/วินาที, H_f = 0.3 เมตร/100 เมตร

$$0.048 = 7.52 \times 0.345 \times (0.3)^{0.5}\ d^{2.625}$$

$$d = 0.28 \text{ เมตร}$$

ใช้ท่อขนาด 0.30 เมตร

สำหรับท่อ AC ก็ต้องใช้ท่อขนาด 0.30 เมตร เหมือนกันเพราะ H_f(AB) = H_f(AC)

ในระบบท่อส่งน้ำดังแสดงในรูปที่ 11.19 จะประกอบไปด้วยอาคารต่างๆ ดังนี้

1. ถังสูบน้ำ 1 ถัง

2. ถังควบคุม 11 ถัง เพื่อควบคุมการให้น้ำแก่แปลงต่างๆ

3. บานระบายปิด-เปิด 12 บาน สำหรับถังสูบน้ำ 2 บาน และถังควบคุมน้ำ 10ถังยกเว้นถัง 6 ซึ่งไม่จำเป็นต้องมีบานระบาย

4. หัวจ่ายน้ำ (Distributing Hydrants) จำนวน 120 หัว

<u>หาความสูงของอาคาร</u>

ถังสูบน้ำและถังควบคุมน้ำต่างๆ จะต้องสูงกว่าระดับน้ำประมาณ 0.30 เมตร

จากสมการที่ 11.4 หาความลาดเทของเส้นพลังงาน

$$0.048 = 7.52 \times 0.345 \times H_f^{0.5} \times (0.3)^{2.625}$$

H_f = 0.19 เมตร/100 เมตร

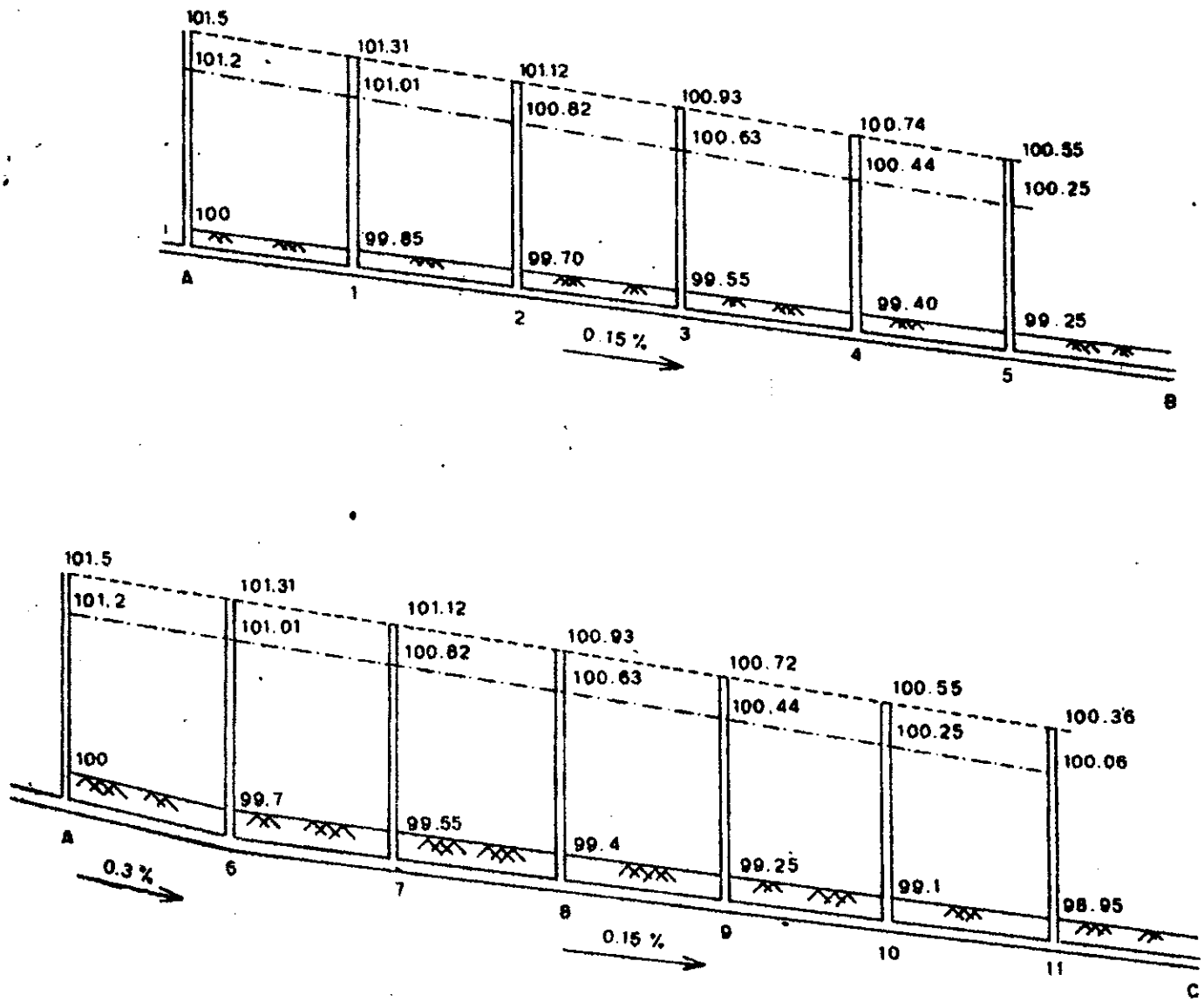
ถังสูบน้ำสูง = 1.20 + 0.30 = 1.50 เมตร

ถัง 5 สูง = 1.20 + 0.15x5-0.19x5+0.30 $\tilde{}$ 1.30 เมตร

ถัง 6 สูง = 1.20 + 0.3x1-0.19+0.30 $\tilde{}$ 1.61 เมตร

ถัง 11 สูง = 1.20 + 0.15x5+0.3x1-0.19x6+0.30≅1.41 เมตร

ความสูงของถังต่างๆ จะอยู่ระหว่าง 1.3 ถึง 1.6 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 11.21



รูปที่ 11.21 ถังควบคุมน้ำในระบบท่อในตัวอย่างที่ 11.5

11.5 เอกสารอ้างอิง

1. Portland Cement Association (1960), Concrete Pipe Irrigation Systems.

2. Portland Cement Association (1967), Concrete Pipe for Irrigations.

3. มงคล โชติศิริ. เอกสารประกอบการสอนวิชาการออกแบบระบบชลประทาน ในแปลงเพาะปลูก ปี พ.ศ. 2522. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

4. ปฏิภาน อมาตยกุล. เอกสารประกอบการสอนวิชาการออกแบบชลประทานในแปลงเพาะปลูกปี พ.ศ. 2517. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

5. ไพฑูรย์ พะลายะสุต. คำแนะนำวิธีการส่งน้ำแบบหมุนเวียน. เอกสารวิศวกรรมเกษตร. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยขอนแก่น กรกฎาคม 2518.

6. วิบูลย์ บุญยโรกุล เอกสารประกอบการสอนวิชาการออกแบบระบบชลประทานในแปลงเพาะปลูก ปี พ.ศ. 2517. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

7. สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย. คู่มือการชลประทานระดับไร่นา. ธันวาคม 2524.

8. หนังสือที่ระลึกในงานพระราชทานเพลิงศพ นายจอน บุญลือ ท.ช., ท.ม., การจัดรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม โรงพิมพ์รุ่งเรืองสาส์นการพิมพ์ กรุงเทพฯ 2521.