



การเลือกใช้ท่อในงานก่อสร้างและส่งน้ำ



ดำเนินการโดย
ฝ่ายวิชาการและมาตรฐาน ส่วนโรงงาน
สำนักเครื่องจักรกล กรมชลประทาน
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

คำนำ

ระบบท่อน้ำเป็นส่วนประกอบสำคัญในระบบงานชลประทาน ซึ่งระบบท่อน้ำมีหน้าที่ส่งน้ำจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งเพื่อส่งน้ำให้แก่พื้นที่ชลประทานต่างๆ อย่างทั่วถึง ในการก่อสร้างของกรมชลประทานจึงต้องเลือกใช้ท่อน้ำรับแรงดันให้มีประสิทธิภาพ เนื่องจากท่อน้ำรับแรงดันมีหลายประเภท รายงานฉบับนี้จึงรวบรวมวัสดุของท่อน้ำรับแรงดันประเภทต่างๆ ที่ใช้ในงานก่อสร้างและส่งน้ำไว้ การออกแบบท่อน้ำรับแรงดันและการเลือกใช้งาน รวมไปถึงตัวอย่างการควบคุมงานท่อน้ำสำหรับการชลประทาน ซึ่งเป็นงานวัสดุท่อเหล็กกล้าโดยจะกล่าวถึงข้อกำหนดทั่วไป การทดสอบวัสดุก่อนเริ่มการผลิต มาตรฐานงานเชื่อมในโรงงาน คุณสมบัติและมาตรฐานในการผลิต รวมถึงการขนส่งและติดตั้ง เพื่อเป็นมาตรฐานสำหรับการใช้วัสดุในงานก่อสร้างท่อน้ำอย่างเหมาะสม

ฝ่ายวิชาการและมาตรฐาน
ส่วนโรงงาน สำนักเครื่องจักรกล

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ท่อส่งน้ำรับแรงดัน	2
2.1 ท่อพีวีซี (Polyvinyl Chloride Pipe)	2
2.2 ท่อเหล็กกล้า (Steel Pipe)	11
2.3 ท่อซีเมนต์ใยหิน (Asbestos Cement Pressure Pipe)	18
2.4 ท่อพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene)	19
2.5 ท่อไฟเบอร์กลาสรับความดัน (Glassfiber Reinforce Polyester Pipe)	23
2.6 ท่อเหล็กกล้าอาบสังกะสี (Galvanized steel pipe)	25
2.7 การบรรจุท่อต่างชนิด	27
บทที่ 3 การออกแบบท่อส่งน้ำรับแรงดันและการเลือกใช้งาน	32
3.1 การคำนวณขนาดท่อ	32
3.2 การสูญเสียจากความฝืดในระบบท่อ (Pipe friction losses)	32
3.3 การคำนวณหาค่า Water Hammer ในเส้นท่อแต่ละช่วงท่อ	38
3.4 ตัวอย่างการคำนวณ	40
3.5 คุณสมบัติของท่อและการเลือกใช้งาน	44
บทที่ 4 ตัวอย่างการควบคุมงานท่อส่งน้ำสำหรับการชลประทาน	47
4.1 งานท่อส่งน้ำ Steel Liner	47
4.2 งานระบบท่อส่งน้ำ	48
4.3 ข้อกำหนดทั่วไปในการควบคุมงานท่อส่งน้ำ	49
4.4 การทดสอบวัสดุก่อนเริ่มการผลิต	50
4.3 มาตรฐานงานเชื่อมในโรงงาน	50
4.4 คุณสมบัติและมาตรฐานในการผลิต	50
4.5 การขนส่ง	60
4.5 การติดตั้ง	61

บทที่ 1

บทนำ

รูปแบบการส่งน้ำของกรมชลประทาน จะเป็นแบบระบบคลองส่งน้ำซึ่งเป็นแบบระบบเปิด และระบบส่งน้ำไปตามท่อซึ่งเป็นแบบระบบปิดอยู่ภายใต้แรงดันภายในท่อ ในส่วนของพื้นที่ชลประทานที่มีพื้นที่เหมาะสมและสามารถวางระบบท่อส่งน้ำได้ ระบบท่อส่งน้ำจึงเป็นทางเลือกหนึ่งของการส่งน้ำเพื่อกระจายน้ำไปในเขตพื้นที่เพาะปลูก และลำเลียงน้ำให้แก่เกษตรกรได้อย่างทั่วถึง การจัดสรรน้ำและบริหารน้ำอย่างเป็นระบบตามจุดจ่ายน้ำ ทำให้การใช้น้ำในระบบท่อส่งน้ำรับแรงดันมีประสิทธิภาพและไม่ขาดแคลนน้ำ สามารถส่งน้ำไปได้ไกล ลดปัญหาการสูญเสียน้ำเนื่องจากการรั่วซึม และการระเหยของน้ำ

การเลือกวัสดุท่อสำหรับการก่อสร้างระบบส่งน้ำแบบท่อนั้น สามารถจำแนกออกได้เป็น 5 ประเภท ได้แก่ ท่อพีวีซี (P.V.C.), ท่อเหล็กกล้า (Steel Pipe), ท่อซีเมนต์ใยหินชนิดทนความดัน (AC), ท่อพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง HDPE. และท่อไฟเบอร์กลาสรับความดัน (GRP) ซึ่งเป็นท่อส่งน้ำแบบรับแรงดัน โดยท่อแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันตามวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต ในการก่อสร้างจึงจำเป็นต้องมีการพิจารณาให้เหมาะสมตามลักษณะการใช้งาน ตามลักษณะสภาพของภูมิประเทศ และงบประมาณค่าดำเนินการก่อสร้าง ในส่วนของงานชลประทานจะเลือกใช้ท่อเหล็กในการส่งน้ำ ซึ่งท่อเหล็กจะผลิตจากเหล็กกล้าม้วนและเชื่อมด้วยไฟฟ้า มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในสม่ำเสมอ ท่อเหล็กจะต้องมีคุณสมบัติตาม มอก.427-2531 “ท่อเหล็กกล้าเชื่อมด้วยไฟฟ้าสำหรับส่งน้ำ” ซึ่งเป็นมาตรฐานอุตสาหกรรมไทยสำหรับท่อส่งน้ำขนาดใหญ่ และ มอก.276-2532, มอก.277-2532 สำหรับท่อส่งน้ำขนาดเล็ก สามารถทนต่อแรงดันใช้งานได้ การผลิตท่อเหล็กเหนียวจะผลิตจากเหล็กเหนียวแผ่นที่ผ่านการทดสอบตามข้อกำหนดในมาตรฐาน นำมาม้วนขึ้นรูปแล้วเชื่อมเป็นรูปท่อ เคลือบภายในและภายนอกตามมาตรฐานท่อเหล็ก ความแข็งแรงของท่อ ขึ้นอยู่กับความหนาและคุณสมบัติของแผ่นเหล็กที่ใช้ ในด้านคุณสมบัติการต้านทานต่อสภาพแวดล้อม ท่อเหล็กจะมีคุณสมบัติต้านทานต่อการกัดกร่อน และต้านทานต่อสารเคมีได้ต่ำ อุณหภูมิใช้งานไม่สูง แต่มีความสามารถในการรับแรงดันได้สูง เหมาะสำหรับใช้วางบนดิน วางใต้ดิน วางข้ามแม่น้ำลำคลอง วางเกาะสะพาน วางลอดถนน การซ่อมแซมทำได้ไม่สะดวกเพราะท่อมิน้ำหนักมาก การต่อท่อแยกหรือการตัดเปลี่ยนหรือการซ่อมแซมสามารถหาอุปกรณ์ได้ง่าย แต่ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญ ปัญหาที่พบบ่อยสำหรับท่อเหล็ก คือเป็นสนิมทำให้อายุการใช้งานท่อลดลง โดยเฉพาะการใช้งานในพื้นที่ดินเค็ม หากไม่มีระบบป้องกันการกัดกร่อนอายุการใช้งานของท่อเหล็กจะลดลง

บทที่ 2

ท่อส่งน้ำรับแรงดัน

2.1 ท่อพีวีซี (Polyvinyl Chloride Pipe)

ท่อพีวีซี (Polyvinyl Chloride Pipe) มาตรฐาน มอก.17-2532 สำหรับใช้เป็นท่อน้ำดื่ม ซึ่งเหมาะสำหรับใช้ในที่ไม่ถูกแสงแดดโดยตรง ตาม มอก. นี้เป็นท่อที่ทำขึ้นจากโพลีไวนิลคลอไรด์ โดยไม่ผสมพลาสติกไฮเซอร์ และต้องมีคุณสมบัติทนความดันน้ำใช้งานได้ไม่น้อยกว่า 8.5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่อุณหภูมิ 27 C° มีความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ของวัสดุพีวีซี(PVC) ต้องไม่น้อยกว่า 1.43

ตารางที่ 2.1.1 ชั้นคุณภาพ ท่อพีวีซี (PVC)

ชั้นคุณภาพ	ความดันระบุ เมกะพาสคาล (MPa)
PVC 5	0.50
PVC 8.5	0.85
PVC 13.5	1.35

หมายเหตุ 1 เมกะพาสคาล = 9.8692 ความดันบรรยากาศ
= 10.1972 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร
= 145.038 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

หรือเท่ากับความสูงของน้ำ = 101.9716 เมตร

ท่อพีวีซี (PVC) มอก.17-2532 มีสีฟ้า สำหรับใช้ท่อน้ำดื่ม ท่อรับความดันเพื่อการเกษตรและการชลประทาน ท่อระบายน้ำทิ้ง และสิ่งปฏิกูล ท่อพีวีซี (PVC) ชนิดต่อด้วยน้ำยาประสานท่อ ผลิตตั้งแต่เส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 18 มม. ถึง 600 มม. ท่อพีวีซี (PVC) ชนิดต่อด้วยแหวนยางผลิตตั้งแต่เส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 55 มม. ถึง 600 มม.

ท่อพีวีซี (PVC) มอก.999-2533 สีเทา สำหรับใช้ในงานอุตสาหกรรม

2.1.1 คุณสมบัติพิเศษท่อพีวีซี (PVC) และอุปกรณ์ท่อ

(1) ทนทานต่อการกัดกร่อนได้ดีเป็นพิเศษ (High Corrosion Resistance) ทนทานต่อสารเคมีเกือบทุกประเภท ไม่ว่าจะเป็นกรด ด่าง หรือเกลือ และไม่เป็นสนิม หรือเกิดการผุกร่อน

(2) ทนทานต่อสภาพดินฟ้าอากาศ (Outstanding Durability) ไม่สามารถถูกแสงแดดโดยตรง ถ้าหากใช้อยู่ภายนอกไม่ได้ฝังดินหรือฝังอยู่ในปูนซีเมนต์สามารถทาสีป้องกันแสงแดดได้ ทนฝน และสภาพแวดล้อมภายนอกได้ดี และต่อต้านแบคทีเรีย เชื้อราต่างๆ โดยเฉพาะการฝังตัวอยู่ในดินได้อย่างปลอดภัยมีอายุการใช้งานได้ไม่ต่ำกว่า 50 ปี

(3) น้ำหนักเบา (Light Weight) เมื่อเทียบกับท่อที่ทำจากวัสดุอื่นๆ น้ำหนัก 1 ต่อ 6 เท่าของท่อเหล็ก 1 ต่อ 5 เท่าของท่อเหล็กหล่อ และ 2 ต่อ 3 เท่าของท่อซีเมนต์ใยหิน สะดวกในการติดตั้ง ขนส่ง ประหยัดเงินค่าใช้จ่ายต่างๆ



รูปที่ 2.1.1 ท่อพีวีซีแบบท่อปลายธรรมดา (PVC Pipe Drinking Water Service with Bolt Plain Ends)

ตารางที่ 2.1.2 รายละเอียดท่อพีวีซี (PVC) แบบท่อปลายธรรมดา

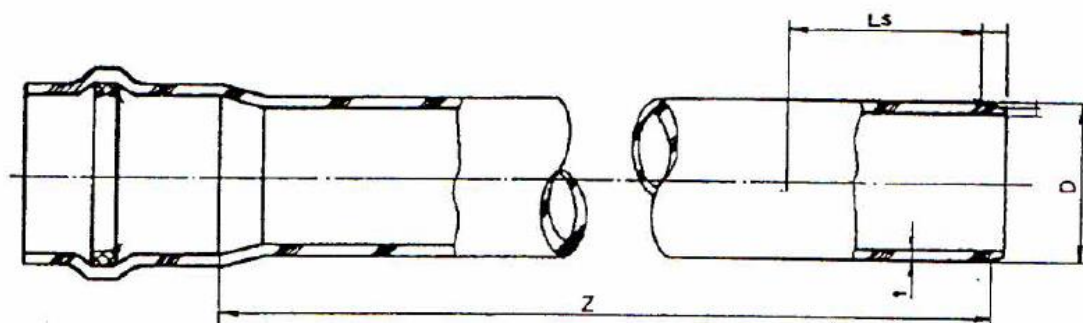
ชื่อขนาดท่อ	เส้นผ่าศูนย์กลาง	ความหนาเฉลี่ยของท่อ			ความยาวท่อ	น้ำหนักของท่อต่อท่อน-กิโลกรัม		
NOMINAL SIZE	ภายนอกเฉลี่ย(OD)	(มม.)			ต่อท่อน	WEIGHT PER LENGTH (Kg.)		
มม.(นิ้ว)	(มม.)	PVC 5	PVC 8.5	PVC 13.5	(มม.)	PVC 5	PVC 8.5	PVC 13.5
18(¹ / ₂ ")	22±0.15	-	2.0±0.20	2.5±0.20	4,000	-	0.72	0.88
20(³ / ₄ ")	26±0.15	-	2.0±0.20	2.5±0.20		-	0.86	1.06
25(1")	34±0.15	-	2.0±0.20	3.0±0.25		-	1.15	1.67
35(1 ¹ / ₄ ")	42±0.15	1.5±0.15	2.0±0.20	3.1±0.25		1.09	1.44	2.17
40(1 ¹ / ₂ ")	48±0.15	1.5±0.15	2.3±0.20	3.5±0.25		1.25	1.89	2.80
55(2")	60±0.15	1.8±0.20	2.9±0.25	4.3±0.30		1.88	2.98	4.30
65(2 ¹ / ₂ ")	76±0.20	2.2±0.20	3.5±0.25	5.4±0.35		2.92	4.56	6.85
80(3")	89±0.20	2.5±0.20	4.1±0.30	6.4±0.40		3.89	6.26	9.50
100(4")	114±0.30	3.2±0.25	5.2±0.35	8.1±0.50		6.37	10.17	15.41
125(5")	140±0.30	3.9±0.30	6.4±0.40	9.9±0.55		9.55	15.40	23.23
150(6")	165±0.40	4.6±0.30	7.5±0.45	11.7±0.65		13.28	21.29	32.37
200(8")	216±0.50	5.4±0.35	8.8±0.50	13.7±0.75		20.48	32.87	50.06
250(10")	267±0.70	6.6±0.40	10.9±0.60	16.9±0.90		30.96	50.37	76.43
300(12")	318±0.80	7.8±0.45	12.9±0.70	20.1±1.05		43.61	71.07	108.40
350(14")	370±0.90	9.1±0.55	15.0±0.80	23.4±1.20		59.22	96.22	147.01
400(16")	420±1.10	10.3±0.60	17.0±0.90	26.5±1.35		76.12	123.89	189.23
450(18")	470±1.20	11.5±0.65	19.0±1.00	29.7±1.50		95.16	155.07	237.58
500(20")	520±1.30	12.7±0.70	21.0±1.10	32.8±1.65		116.32	189.78	290.65
600(24")	630±1.60	15.3±0.80	25.4±1.30	39.7±2.00		169.97	278.57	427.32

หมายเหตุ : 1. ความยาวท่อพิเศษที่แตกต่างจากความยาวมาตรฐานข้างต้น ให้ติดต่อสอบถามผู้ผลิตโดยตรง

2. ตัวเลขที่ระบุชั้นคุณภาพท่อ PVC 5 PVC 8.5 และ PVC 13.5 เป็นความดันใช้งาน (Working Pressure) หมายถึงความดันสูงสุดที่กำหนดให้ใช้งานได้ติดต่อกันเป็นเวลานาน ที่อุณหภูมิ 27 C° มีหน่วยเป็น กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

3. น้ำหนักท่อต่อทอน เป็นน้ำหนักโดยประมาณ

-ท่อพีวีซี (PVC) แบบปลายบานชนิดต่อด้วยแหวนยาง (PVC Pipe one End with Rubber Ring Socket) สำหรับใช้เป็นท่อน้ำดื่ม สีท่อเป็นสีฟ้า ผลิตเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ขนาด 55 มม. ถึง 600 มม.



รูปที่ 2.1.2 ท่อพีวีซีแบบปลายบานชนิดต่อด้วยแหวนยาง (PVC Pipe one End with Rubber Ring Socket)

ตารางที่ 2.1.3 รายละเอียดท่อพีวีซี(PVC)แบบปลายบานชนิดต่อด้วยแหวนยาง

ชื่อขนาดท่อ NOMINAL SIZE มม.(นิ้ว)	เส้นผ่าศูนย์กลาง ภายนอกเฉลี่ย(OD) D(มม.)	ความหนาเฉลี่ยของท่อ t (มม.)			ความยาวท่อ ต่อทอน Z(มม.)	ความลึกของการสวม DEPTH MARK L _s (มม.)	น้ำหนักของท่อต่อทอน-กิโลกรัม WEIGHT PER LENGTH (Kg.)		
		PVC 5	PVC 8.5	PVC 13.5			PVC 5	PVC 8.5	PVC 13.5
55(2")	60±0.15	1.8±0.20	2.9±0.25	4.3±0.30	6,000	100	2.89	4.59	6.64
65(2 1/2")	76±0.20	2.2±0.20	3.5±0.25	5.4±0.35		105	4.50	7.04	10.58
80(3")	89±0.20	2.5±0.20	4.1±0.30	6.4±0.40		110	6.01	9.70	14.71
100(4")	114±0.30	3.2±0.25	5.2±0.35	8.1±0.50		135	9.90	15.80	23.97
150(6")	165±0.40	4.6±0.30	7.5±0.45	11.7±0.65		155	20.69	33.14	50.56
200(8")	216±0.50	5.4±0.35	8.8±0.50	13.7±0.75		170	32.02	51.38	78.47
250(10")	267±0.70	6.6±0.40	10.9±0.60	16.9±0.90		195	48.69	79.18	120.70
300(12")	318±0.80	7.8±0.45	12.9±0.70	20.1±1.05		220	68.97	112.32	172.11
350(14")	370±0.90	9.1±0.55	15.0±0.80	23.4±1.20		235	93.92	152.48	233.96
400(16")	420±1.10	10.3±0.60	17.0±0.90	26.5±1.35		275	121.53	197.60	303.06
450(18")	470±1.20	11.5±0.65	19.0±1.00	29.7±1.50		285	153.07	249.17	383.57
500(20")	520±1.30	12.7±0.70	21.0±1.10	32.8±1.65		300	188.35	306.89	472.17
600(24")	630±1.60	15.3±0.80	25.4±1.30	39.7±2.00		340	278.06	454.89	701.26

(4) การไหลของของเหลว สม่ำเสมอ สะดวก คล่องตัว (Consistent&High Flow Rate) ผิวในท่อเรียบสัมผัสประสิทธิภาพการเสียดทานต่ำ ป้องกันการสะสมตัวเป็นตะกอนอุดตันในเส้นท่อ และประสิทธิภาพการไหลตัวของของเหลวสูงสม่ำเสมอตลอดอายุการใช้งานท่อ

(5) มีความแข็งแรงทางกลสูง (Excellent Mechanical) ทนทานต่อแรงกระทบ แรงกระแทกจากภายนอก แรงกดบิบบต่างๆที่กระทำกับตัวท่อ และรูปทรงแข็งแรง ทนทานต่อการรับความดันภายในเส้นท่อ

(6) ไม่เป็นพิษ หรือเป็นอันตรายต่อสุขภาพ (Hygienically&Safe) ของเหลวที่ลำเลียงผ่านท่อ ไม่มีรส กลิ่น และสีผิดแปลกไปจากเดิม เหมาะสำหรับใช้ในระบบเป็นท่อน้ำดื่ม ท่อน้ำรับแรงดันเพื่อการเกษตรและการชลประทานที่ต้องการความสะอาดและความปลอดภัยเป็นพิเศษ

(7) สะดวกในการติดตั้ง และง่ายต่อการซ่อมบำรุง (Easy Installation&Maintenance) การประกอบติดตั้งทำได้ง่าย สะดวก รวดเร็ว สามารถต่อเข้ากับระบบท่ออื่นๆ อุปกรณ์วาล์วต่างๆได้ทุกชนิด ซ่อมบำรุงทำได้ง่าย จัดหาอุปกรณ์ต่างๆในท้องตลาดได้ง่าย สะดวก

(8) ราคาถูก ประหยัดค่าใช้จ่าย (Economical) มีราคาถูก เมื่อเทียบกับท่อชนิดอื่น แต่คุณภาพเหนือกว่า ช่วยประหยัดค่าใช้จ่าย และมีอายุการใช้งานที่นานกว่า

2.1.2 ข้อต่อ (Joints) ท่อพีวีซี (PVC) มอก.1131-2535

ท่อพีวีซี (PVC) ที่นิยมใช้เป็นแบบปลายข้างหนึ่งเป็นปลายบานอีกข้างหนึ่งเป็นปลายเรียบ(Plain End) การต่อเชื่อมท่อพีวีซีแข็ง และอุปกรณ์ท่อชนิดนี้ต้องเป็นแบบต่อสวม โดยใช้แหวนยาง(Push-on Joint Employing a Rubber Gasket) จะมีขนาดท่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 55 มม. ถึง 600 มม. ความยาวท่อท่อนละ 6 เมตร ถ้าหากเป็นชนิดต่อด้วยน้ำยาจะมีขนาดท่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 มม. ถึง 100 มม. ความยาวท่อท่อนละ 4 เมตร

-แหวนยาง (Rubber Gasket) สำหรับใช้กับท่อ พีวีซี (PVC) มอก.237-2552

-สลักเกลียว และแป้นเกลียวต้องเป็นแบบหัวหกเหลี่ยมที่ทำมาจากเหล็กเหนียว มีคุณสมบัติตามมาตรฐาน มอก.171-2530

(1) การเพิ่มความแข็งแรงเป็นพิเศษในส่วนของแบบปลายบาน หรือแบบปากกระบัง และข้อต่อชนิดต่อด้วยแหวนยาง (Improved Strength at the Part of Rubber Ring Socket) ท่อแบบปลายบาน หรือแบบปากกระบัง และข้อต่อชนิดต่อด้วยแหวนยาง ผลิตโดยเนื้อท่อส่วนที่จะนำมาขึ้นรูปเป็นข้อต่อทั้งส่วนที่เป็นท่อแบบปลายบาน และข้อต่อท่อให้ความหนาเพิ่มเป็นพิเศษประมาณ 20% ถึง 25% จากความหนาปกติ เมื่อนำมาขึ้นรูปเป็นข้อต่อชนิดต่อด้วยแหวนยางแล้ว ความหนาบริเวณส่วนที่เป็นข้อต่อนี้ จะมีความหนาไม่น้อยกว่าความหนาปกติของท่อ ความแข็งแรง และประสิทธิภาพความทนทานต่อแรงดันของข้อต่อด้วยแหวนยาง จะมีคุณสมบัติเหนือกว่า หรืออย่างน้อยเทียบเท่ากับส่วนที่เป็นเนื้อท่อส่วนอื่นๆ ไม่เป็นปัญหาหรือเป็นจุดอ่อนในการใช้งาน

(2) มีประสิทธิภาพความทนทานต่อการรั่วซึม (Absolute Water Seal) ทุกๆสภาวะ รูปร่างและขนาดของข้อต่อชนิดต่อด้วยแหวนยาง ต้องได้รับการออกแบบเพื่อให้มีสมรรถนะการกันซึมที่สมบูรณ์สูงสุด เหมาะสมกับทุกๆสภาวะของการนำไปใช้งาน ด้วยประสิทธิภาพระบบการกันซึมถึง 2 ชั้น ที่ทำงานเสริมสัมพันธ์กันอย่างสอดคล้อง การกันซึมชั้นแรก(Primary Seal)เป็นการกันซึมที่เกิดจากความยืดหยุ่นของยางระหว่างร่องแหวนยางกับผนังของท่อ ส่วนการกันซึมในชั้นที่สอง (Secondary Seal) เป็นการกันซึมเพิ่มขึ้นระหว่างปีกแหวนยางกับผนังท่อเป็นชั้นการกันซึมพิเศษที่ประสิทธิภาพการกันซึมเพิ่มขึ้น ตามความดันในเส้นท่อ ส่วนที่ต่อของท่อจึงทนทานต่อการรั่วซึมทุกๆสภาวะ ทั้งในสภาพความดันปกติ (Positive Pressure) และความดันสุญญากาศ (Negative Pressure)

(3) มีความหยุ่นตัว และโค้งงอได้มากเป็นพิเศษ (Superior Elasticity and Flexibility) ข้อต่อชนิดต่อด้วยแหวนยาง ให้ความหยุ่นตัว (Flexibility) ที่ดี ช่วยลดอุบัติเหตุท่อแตกรั่วหรือรั่วซึม เนื่องจากการทรุดตัวของท่อสามารถเบี่ยงเบนจากแนวเดิมได้ไม่น้อยกว่า 3 องศา และข้อต่อชนิดต่อด้วยแหวนยางนี้ยังทำหน้าที่เป็นเสมือน Expansion Joint ในตัวเอง จึงช่วยเอื้อประโยชน์ต่อการขยายตัว หรือ หดตัวของท่อขณะที่อุณหภูมิเกิดการเปลี่ยนแปลง

(4) การประกอบติดตั้งได้ง่ายและสะดวก (Speed-up of Installation) การประกอบต่อท่อชนิดต่อด้วยแหวนยาง จะทำให้ง่าย และสะดวก ขั้นตอนการประกอบไม่ยุ่งยาก และซับซ้อนไม่จำเป็นต้องมีเครื่องมือพิเศษการต่อท่อชนิดต่อด้วยแหวนยางจึงช่วยประหยัดค่าใช้จ่าย และเวลา โดยเฉพาะท่อขนาดใหญ่ๆ สามารถใช้คนงานเพียงหนึ่งหรือสองคนก็สามารถประกอบต่อได้

(5) การประกอบติดตั้งทำได้ทุกสภาพดินฟ้าอากาศและทุกสภาพพื้นที่ (No Ambient influence) การประกอบท่อชนิดต่อด้วยแหวนยาง เป็นการต่อแบบ “Push fit Insertion Joint” ใช้น้ำยาหล่อลื่นเป็นตัวช่วยในการประกอบ การต่อท่อจึงทำได้ทุกสภาพอากาศและทุกสภาพพื้นที่ไม่มีข้อจำกัดในการทำงาน

2.1.3 น้ำยาประสานท่อพีวีซี (PVC) (Solvent Cement)

น้ำยาประสานท่อพีวีซี (PVC) ผลิตขึ้นตามมาตรฐาน มอก.1032-2534 สามารถใช้ได้ทั้งกับท่อรับแรงดันและท่อไม่รับแรงดัน แบ่งออกได้ดังนี้

(1) น้ำยาประสานท่อชนิดธรรมดา (Low Viscosity)

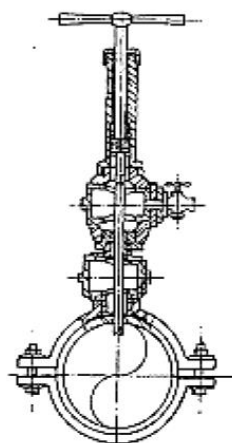
(2) น้ำยาประสานท่อชนิดข้น (High Viscosity, HV)

(3) น้ำยาทำความสะอาดท่อพีวีซี (PVC)

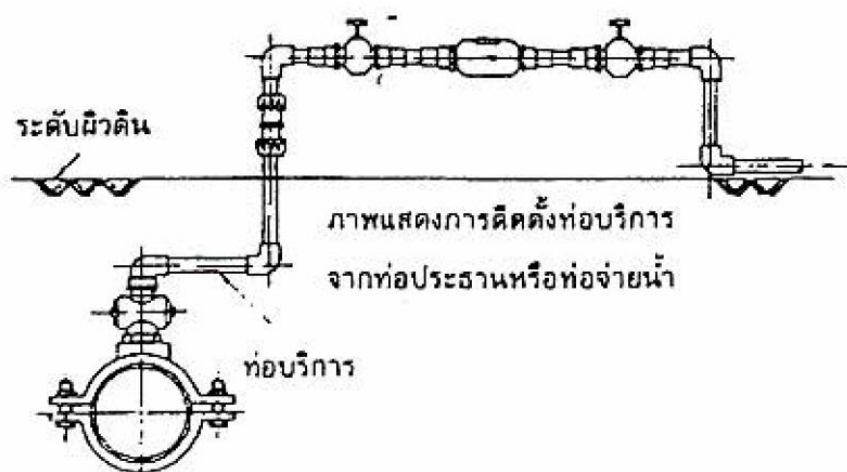
(4) น้ำยาหล่อลื่น สำหรับข้อต่อแหวนยาง (Lubricant for Rubber Ring Joint) ข้อควรระวัง ห้ามใช้จารบี หรือน้ำมันพืช หรือสิ่งหล่อลื่นใดๆ ที่มีอันตรายต่อแหวนยาง และท่อพีวีซี แทนน้ำยาหล่อลื่นแหวนยาง โดยเด็ดขาด

2.1.4 วิธีการเจาะท่อแยก (Branching Method)

จะต้องการทำความสะอาด (Cleaning) ท่อ ประกอบรัดแยกเหล็กหล่อ (Mounting the Saddle) และการเจาะท่อพีวีซี (PVC) และการนำท่อแยกที่ได้ไปใช้งาน (Service Pipelines)

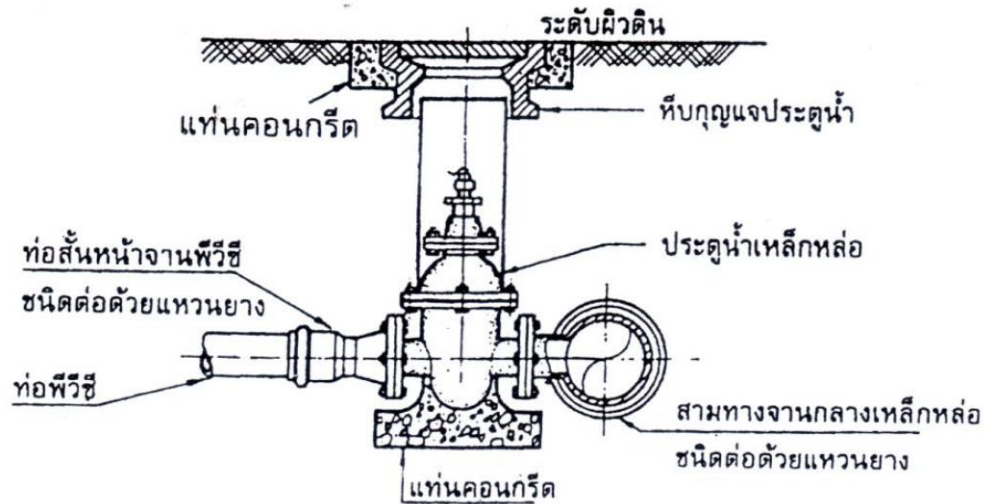


รูปที่ 2.1.3 การเจาะท่อพีวีซี (PVC)

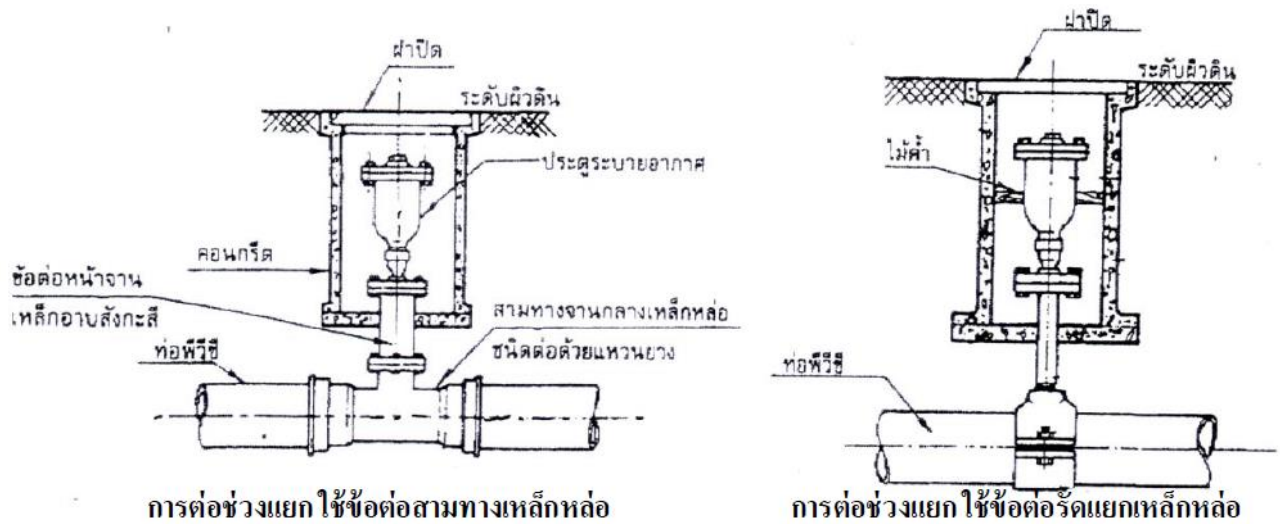


รูปที่ 2.1.4 การนำท่อแยกที่ได้ไปใช้งาน (Service Pipelines)

2.1.5 การต่อท่อพีวีซี (PVC) กับอุปกรณ์ต่างๆ



รูปที่ 2.1.5 การต่อเข้ากับประตูน้ำ (Gate Valve)



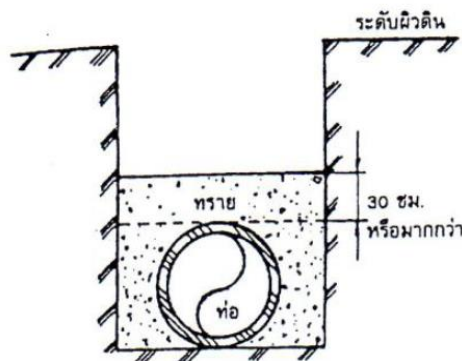
การต่อช่วงแยกใช้ข้อต่อสามทางเหล็กหล่อ

การต่อช่วงแยกใช้ข้อต่อรัดแยกเหล็กหล่อ

รูปที่ 2.1.6 การต่อเพื่อติดตั้งประตูระบายอากาศ (Air Release Valve)

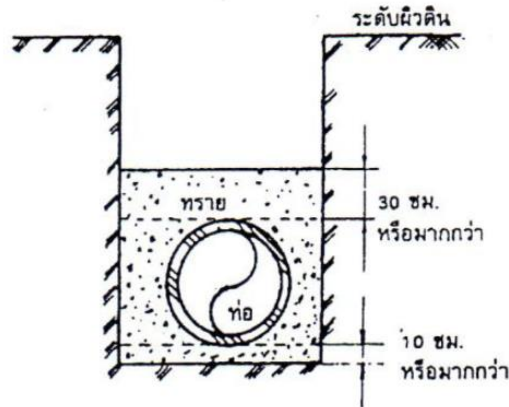
2.1.6 การติดตั้งวางท่อพีวีซี (PVC) การเตรียมฐานล่างของร่องดินสำหรับแนวท่อ กรณีเป็นชั้นดินฐานรากรองรับท่อชนิดต่างๆ

(1) กรณีเป็นชั้นดินฐานรากรองรับท่อที่มีคุณภาพดี ซึ่งปราศจากทราย และกรวดเจือปนพื้นร่องดินที่ปรับแล้วจะใช้เป็นฐานรองรับท่อได้เลย



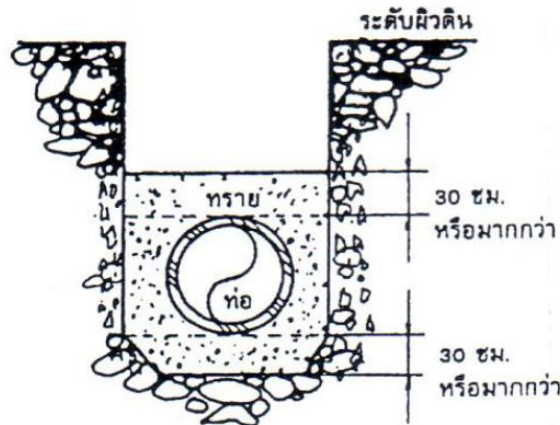
รูปที่ 2.1.7 กรณีเป็นชั้นดินฐานรากรองรับท่อพีวีซี(PVC) ที่มีคุณภาพดี

(2) กรณีเป็นชั้นดินฐานรองรับท่อ ดินปกติหรือธรรมดา ควรถมทรายที่ฐานรอง อย่างน้อย 10 เซนติเมตร จากนั้นจึงปรับทรายเพื่อทำเป็นฐานรองรับท่อพีวีซี (PVC)



รูปที่ 2.1.8 กรณีเป็นชั้นดินฐานรองรับท่อดินปกติหรือธรรมดา

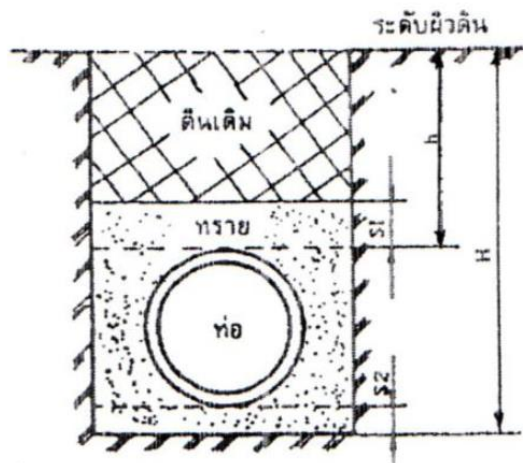
(3) กรณีเป็นชั้นดินที่เป็นหินและก้อนกรวด ควรถมทรายที่ฐานรองให้หนาน้อย 30 เซนติเมตร จากนั้นจึงปรับทรายเพื่อทำเป็นฐานรองรับท่อพีวีซี (PVC)



รูปที่ 2.1.9 กรณีเป็นชั้นดินฐานรองรับท่อพีวีซี(PVC)ดินที่เป็นหินและกรวด

2.1.7 มาตรฐานความกว้าง ความลึก ของร่องดิน และปริมาณดิน ที่ใช้สำหรับวางท่อพีวีซี (PVC)

(1) การวางท่อพีวีซี (PVC) ได้ทางเท้าในลักษณะนี้ แรงที่กระทำบนท่อพีวีซีแข็ง จะมีผลมาจากแรงกระทำของชั้นดิน (Earth Load) เป็นส่วนใหญ่ จากการคำนวณพบว่าความลึกที่เหมาะสม ระหว่างผิวดินกับระดับหลังท่ออยู่ที่ 0.90 เมตร

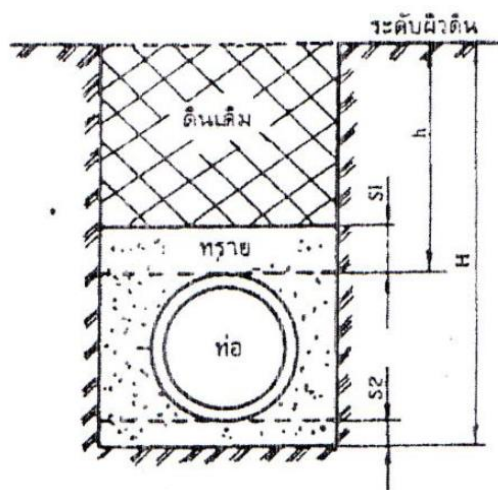


รูปที่ 2.1.10 กรณีการวางท่อพีวีซี (PVC) ได้ทางเท้า

ตารางที่ 2.1.4 ความกว้าง ความลึก ของร่องดิน และปริมาณดิน สำหรับการวางท่อพีวีซี(PVC) ใต้ทางเท้า

ขนาด ท่อ (I.D.) มม.(นิ้ว)	ขนาด ท่อ (O.D.) มม.	ความ กว้าง ของร่อง ดิน (เมตร)	ความหนาชั้น ทราย (เมตร)		ความลึกชั้นดิน (เมตร)		ปริมาตรของดินในร่อง ต่อเมตร (ลูกบาศก์เมตร)			
			S1	S2	h	H	ดิน ที่ ขุด ออก	ทรายที่ ใช้กลบ	ดินเดิม ใช้กลบ	ดินส่วน ที่เหลือ
55(2")	60	0.30	0.30	0.10	0.90	1.06	0.318	0.135	0.180	0.138
80(3")	89	0.60	0.30	0.10	1.20	1.39	0.834	0.287	0.540	0.294
100(4")	114	0.60	0.30	0.10	1.20	1.40	0.846	0.298	0.540	0.306
150(6")	165	0.70	0.30	0.10	1.20	1.47	1.029	0.374	0.630	0.399
200(8")	216	0.70	0.30	0.10	1.20	1.52	1.064	0.395	0.630	0.434
250(10")	267	0.85	0.30	0.10	1.20	1.57	1.335	0.511	0.765	0.570
300(12")	318	0.90	0.30	0.10	1.20	1.62	1.458	0.567	0.810	0.648
350(14")	370	0.95	0.30	0.10	1.20	1.67	1.587	0.624	0.855	0.732
400(16")	420	1.00	0.30	0.10	1.20	1.72	1.720	0.681	0.900	0.820

(2) การวางท่อพีวีซี (PVC) ใต้ผิวถนน การวางท่อในลักษณะนี้ แรงที่กระทำบนท่อพีวีซี (PVC) จะคำนึงแรงกระทำเคลื่อนที่ จากยวดยานพาหนะที่วิ่งผ่าน และแรงกระทำของชั้นดิน (Earth Load) ประกอบกัน จาก การคำนวณพบว่าความลึกที่เหมาะสม ระหว่างผิวดินกับระดับหลังท่ออยู่ที่ 1.20 เมตร

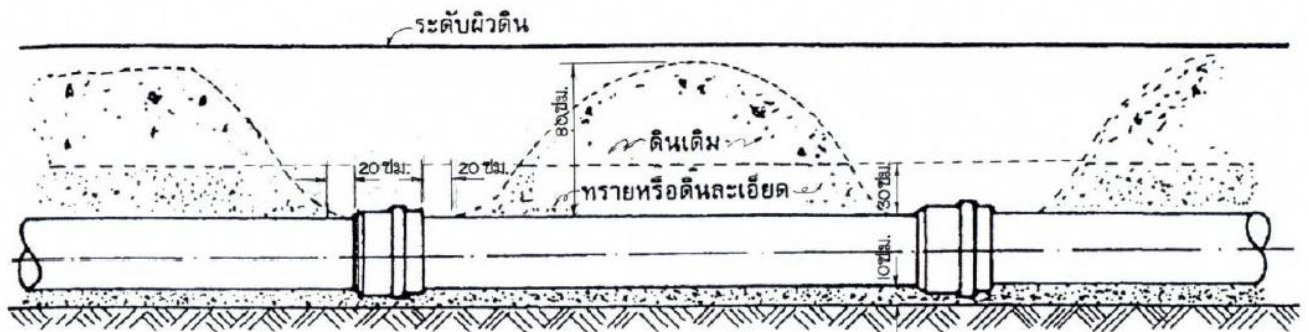


รูปที่ 2.1.11 กรณีการวางท่อพีวีซี (PVC) ใต้ผิวถนน

ตารางที่ 2.1.5 ความกว้าง ความลึก ของร่องดิน และปริมาณดิน สำหรับการวางท่อพีวีซี(PVC) ใต้ผิวถนน

ขนาด ท่อ (I.D.) มม.(นิ้ว)	ขนาด ท่อ (O.D.) (มม.)	ความ กว้าง ของร่อง ดิน (เมตร)	ความหนาชั้น ทราย (เมตร)		ความลึกชั้นดิน (เมตร)		ปริมาตรของดินในร่อง ต่อเมตร (ลูกบาศก์เมตร)			
			S1	S2	h	H	ดิน ที่ ขุด ออก	ทรายที่ ใช้กลบ	ดินเดิม ใช้กลบ	ดินส่วน ที่เหลือ
55(2")	60	0.30	0.30	0.10	0.90	1.06	0.318	0.135	0.180	0.138
80(3")	89	0.60	0.30	0.10	1.20	1.39	0.834	0.287	0.540	0.294
100(4")	114	0.60	0.30	1.20	1.41	0.846	0.846	0.298	0.540	0.306
150(6")	165	0.70	0.30	0.10	1.20	1.47	1.029	0.374	0.630	0.399
200(8")	216	0.70	0.30	0.10	1.20	1.52	1.064	0.395	0.630	0.434
250(10")	267	0.85	0.30	0.10	1.20	1.57	1.335	0.511	0.765	0.570
300(12")	318	0.90	0.3	0.10	1.20	1.62	1.458	0.567	0.810	0.648
350(14")	370	0.95	0.3	0.10	1.20	1.67	1.587	0.624	0.855	0.732
400(16")	420	1.00	0.3	0.10	1.20	1.72	1.720	0.681	0.900	0.820

2.1.8 การกลบร่องดิน (Back Filling) และการทดสอบความดันท่อพีวีซี (PVC)



รูปที่ 2.1.12 การกลบร่องดิน (Back Filling)

การทดสอบท่อและอุปกรณ์ท่อที่ทำจากวัสดุพีวีซี (PVC) ต้องผ่านการทดสอบตามมาตรฐาน มอก.17-2532 และ มอก.1311-2535

(1) หลังจากติดตั้งวางท่อแล้ว จะต้องมีการทดสอบความดันเพื่อตรวจสอบ ตามจุดต่อของท่อในระบบ หากมีการวางท่อที่มีความยาวมากๆ การทดสอบความดันควรจะทำเป็นช่วงๆ โดยแต่ละช่วงที่ทดสอบควรมีความยาวไม่เกิน 500 เมตร

(2) ท่อที่ประกอบต่อไว้แล้ว ควรมีการกลบดินภายในวันนั้น พยายามหลีกเลี่ยงการทิ้งแนวท่อที่ต่อไว้ข้ามวัน อาจเกิดความเสียหายหากมีฝนตกหรือมีน้ำใต้ดินท่วมขังในร่อง เพราะท่อจะเกิดการลอยตัวหลุดออกจากกันได้ง่าย

(3) การกลบร่องดินให้กลบช่วงกลางหลังท่อแต่ละท่อนก่อน โดยเว้นระยะช่วงข้อต่อไว้ทั้งด้านหน้าและด้านหลัง ด้านละไม่น้อยกว่า 20 เซนติเมตร การเว้นระยะข้อต่อเพื่อสามารถตรวจสอบการรั่วซึมของข้อต่อได้ง่าย หากมีปัญหาเกิดขึ้น การกลบดินหลังท่อควรให้สูงประมาณ 80 เซนติเมตร

(4) การปล่อยน้ำเข้าท่อให้กระทำอย่างช้าๆ และมีการไล่อากาศภายในท่อให้หมดก่อนจะทำการอัดความดันน้ำเข้าไปในท่อ (ความดันของน้ำมีหน่วยเป็น ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรือกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ส่วนแรงดันน้ำหรือน้ำหนักของน้ำมีหน่วยเป็น ปอนด์ หรือกิโลกรัม)

(5) ความดันที่ใช้ในการทดสอบไม่ควรเกิน 1.5 เท่าของความดันที่กำหนดในการออกแบบของระบบท่อนั้นๆ และเวลาที่คงความดันทิ้งไว้ต้องไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง ความดันที่ลดลงระหว่างคงความดันทิ้งไว้อาจจะมาจากหลายสาเหตุ หากเกิดขึ้นให้ตรวจเช็คดูการรั่วซึมตามจุดต่างๆ ของข้อต่อ วาล์ว ตลอดจนอุปกรณ์ประกอบที่ใช้ในการทดสอบ การไล่อากาศในท่อไม่หมดก็จะส่งผลกระทบต่อการทดสอบความดันได้

(6) หลังจากผ่านการทดสอบความดันแล้ว ให้กลบดิน โดยใช้ดินเดิมให้ถึงระดับผิวดิน

2.2 ท่อเหล็กกล้า (Steel Pipe)

ท่อเหล็กกล้า (Steel Pipe) สามารถเลือกใช้จากมาตรฐานต่างๆ ได้โดยแบ่งเป็นท่อส่งน้ำขนาดเล็กมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 มม. ขึ้นไปจนถึงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 200 มม. (ท่อเหล็กกล้าตามมาตรฐาน มอก.276-2532 ท่อเหล็กออบสังกะสีตามมาตรฐาน มอก.277-2532) และท่อส่งน้ำขนาดใหญ่มีขนาดตั้งแต่เส้นผ่าศูนย์กลาง 100 มม. ขึ้นไป จนถึงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1,500 มม. (ท่อเหล็กกล้าเชื่อมด้วยไฟฟ้าสำหรับส่งน้ำตามมาตรฐาน มอก.427-2531)

2.2.1 รายละเอียดคุณลักษณะของท่อเหล็กกล้า สำหรับงานส่งน้ำ (Steel Water Pipe)

(1) ขนาดและมิติต่างๆ ของท่อเหล็กกำหนดไว้เป็นมิลลิเมตร ท่อเหล็กกล้าเชื่อมด้วยไฟฟ้าสำหรับส่งน้ำต้องผลิตตาม มอก.427-2531 หรือ AWWA C208 หรือ JIS G 3457

(2) ท่อเหล็กกล้าสำหรับงานส่งน้ำ (Steel Water Pipe) ต้องออกแบบให้สามารถทนความดันที่ใช้ งาน (Working Pressure) ได้ไม่น้อยกว่า 10 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

2.2.2 การเคลือบท่อ (Coating)

การชุบ ออบหรือการเคลือบท่อนั้นมีวัตถุประสงค์ เพื่อเป็นการป้องกันการสึกกร่อน (Corrosion) ของเหล็ก อันเนื่องมาจากเนื้อโลหะสัมผัสกับน้ำและออกซิเจนในอากาศ ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดการกัดกร่อนเนื้อโลหะทำให้ท่อมีอายุการใช้งานสั้น ท่อเหล็กเหนียวที่ได้รับการเคลือบทั้งภายนอกและภายในแล้วจะมีอายุการใช้งาน 30 ถึง 40 ปี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาวะการใช้งาน

มาตรฐานของการเคลือบท่อเหล็กกล้า สำหรับส่งน้ำ ที่นิยมมีดังนี้ AWWA C 203 AWWA C 214 AWWA C 209 AWWA C 205 AWWA C 210 JIS G 3442 JIS G 3443 JIS G 3492 JWWA A 109 มอก.277-2532 (ท่อเหล็กกล้าออบสังกะสี)

(1) การเคลือบภายในด้วยปูนสอ (Cement-Mortar lining) ก่อนทำการเคลือบท่อเหล็กเหนียว และอุปกรณ์ที่จะต้องได้รับการเตรียมผิวด้วยการกำจัดสะเก็ดสนิมและสิ่งสกปรกอื่นๆ ที่จะเป็นอุปสรรคต่อการยึดเกาะของปูนสอกับผนังท่อ การเคลือบด้วยปูนให้ถือปฏิบัติตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน AWWA C 205 ความหนาของปูนสอที่เคลือบ ต้องมีความหนาสม่ำเสมอและมีค่าความหนาตามที่กำหนด ปูนสอ (Cement-Mortar) ต้องประกอบด้วยส่วนผสมของซีเมนต์ หินทราย และน้ำผสมให้เข้ากันอย่างดีอัตราส่วนโดยมีน้ำหนักของน้ำต่อซีเมนต์ ต้องไม่มากกว่า 0.5 ต่อ 1 ซีเมนต์จะต้องมีคุณสมบัติตามมาตรฐาน ASTM C 150 Type I หรือ Type II และทรายจะต้องมีขนาดเม็ดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 และไม่มากกว่า 5% ที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 100 ขนาดตะแกรงเป็นไปตามที่

กำหนดใน ASTM E 11 ทราหยาจะต้องปราศจากสิ่งสกปรกเจือปน อันจะทำให้ลดความแข็งแรงของปูนเคลือบ สารที่ไม่พึงปรารถนาจะต้องมีไม่เกินที่กำหนด

(2) การบ่ม (Curing of Lining) ท่อและอุปกรณ์ท่อที่เคลือบภายในด้วยปูนสอแล้วเสร็จ จะต้องได้รับการบ่มทันที วิธีการบ่มอาจเป็นแบบ Accelerated Curing หรือแบบ Moist Curing หรือใช้การบ่มทั้งสองวิธีสลับกัน โดยใช้อัตราส่วนเวลาในการบ่ม 5 1/3 ชั่วโมง สำหรับการบ่มแบบ Moist Curing และ 1 ชั่วโมง สำหรับการบ่มแบบ Accelerated Curing

(3) ความบกพร่องของผิวเคลือบภายใน ความบกพร่องของผิวเคลือบภายในนี้รวมถึงการเกิดช่องว่าง (Void) Sand Pockets การแตกร้าวของผิวเคลือบเนื่องจากการกระแทก ความหนาของผิวเคลือบบางจุดไม่ได้ตามที่กำหนด มีฟองอากาศ ผิวเคลือบบางจุดมีทรายมากเกินไป และอื่นๆ ผู้ผลิตจะต้องซ่อมแซมบริเวณดังกล่าว โดยการตัดปูนสอเคลือบส่วนนั้นออกให้หมด และทำการซ่อมให้สมบูรณ์

(4) การเคลือบภายในด้วย Liquid Epoxy ใช้กับท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 400 มม. หรือใหญ่กว่า ก่อนการเคลือบท่อเหล็กเหนียว และอุปกรณ์ท่อจะต้องได้รับการเตรียมผิวโดยการพ่น (Blast) จนสะอาดได้ตามมาตรฐาน SSPC-SP 10 แล้วเคลือบภายในด้วย Liquid Epoxy ตามมาตรฐาน AWWA C 210 ความหนาของผิวเคลือบเมื่อแห้งจะต้องไม่น้อยกว่า 406 ไมครอนและสีชั้นนอกจะต้องเป็นสีฟ้า

(5) การเคลือบภายในท่อปลอกจะต้องเคลือบภายในด้วย Non-Bleeding Type Coal Tar Epoxy ความหนาของการเคลือบเมื่อแห้งจะต้องไม่น้อยกว่า 100 ไมครอน และจะต้องเป็นสีเทาหรือสีเทาดำ การเคลือบต้องทำที่โรงงานโดยวิธี Air Spray ทั้งนี้ต้องปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ผลิตสารเคลือบ

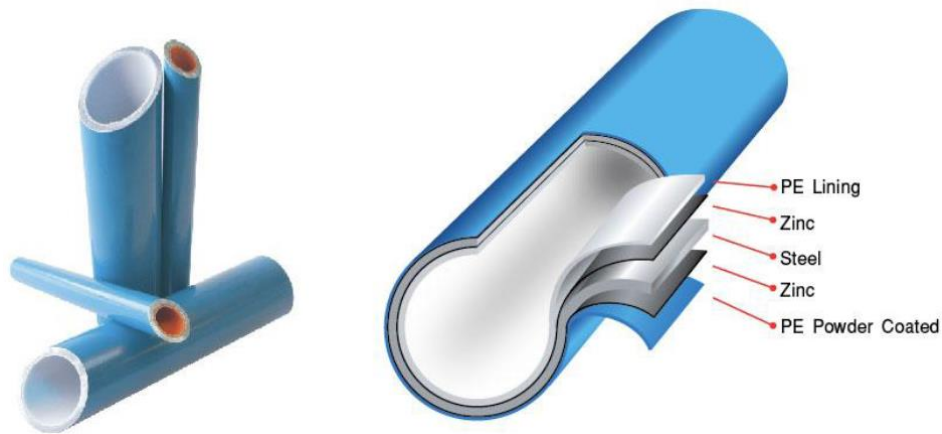
(6) การเคลือบภายนอกท่อและอุปกรณ์ท่อใต้ดิน ท่อและอุปกรณ์ท่อจะต้องเคลือบภายนอกที่โรงงาน และจะต้องเป็นไปตามรายละเอียดที่กำหนดของมาตรฐาน AWWA C 214 การเคลือบภายนอกท่อและอุปกรณ์ท่อบนดิน ท่อ และอุปกรณ์ท่อจะต้องได้รับการพ่น (Blast) จนผิวภายนอกท่อ และอุปกรณ์ท่อ ปราศจากสนิม ฝ้าสนิม และสิ่งสกปรกอื่นๆ และมีความสะอาดตามมาตรฐาน SSPC-SP 10 (Steel Structures Painting Council) แล้วเคลือบด้วย Non-Bleeding Type Coal Tar Epoxy ให้ได้ความหนาของผิวเคลือบเมื่อแห้งไม่น้อยกว่า 150 ไมครอน และทับหน้าด้วย Epoxy-Resinous Micaceous Iron Oxide (MIO) หรือเทียบเท่าให้ได้ความหนาผิวเคลือบเมื่อแห้งไม่น้อยกว่า 60 ไมครอน และ MIO ที่ใช้เป็นสีเทา หรือสีเทาดำ การเคลือบจะต้องดำเนินการในโรงงานโดยวิธี Air Spray หรือ Airless Spray ตามการแนะนำของผู้ผลิตสารเคลือบ

(7) การเคลือบภายนอกท่อปลอกจะต้องเคลือบภายนอกด้วย Non-Bleeding Type Coal Tar Epoxy ให้ได้ความหนาผิวเคลือบเมื่อแห้งไม่น้อยกว่า 100 ไมครอน และจะต้องเป็นสีเทาดำ การเคลือบต้องทำที่โรงงานโดยวิธี Air Spray หรือ Airless Spray ทั้งนี้ต้องปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ผลิตสารเคลือบโดยเคร่งครัด

(8) การเคลือบปลายท่อ และอุปกรณ์ท่อใต้ดินสำหรับประกอบ Mechanical Coupling และปลายท่อบริเวณปากกระชังสำหรับต่อบรรจุโดยการเชื่อม จะต้องเคลือบด้วย Liquid Epoxy (ชนิดไม่มีส่วนผสมของ Coal Tar) ตามมาตรฐาน AWWA C 210 ให้ได้ความหนารวมของเคลือบเมื่อแห้งไม่น้อยกว่า 406 ไมครอน

(9) ข้อต่อหน้างาน การเคลือบผิวหน้างานที่ทำด้วยเหล็กเหนียว ต้องเคลือบด้วย Liquid Epoxy (ชนิดไม่มีส่วนผสมของ Coal Tar) ตามมาตรฐาน AWWA C 210 ให้ได้ความหนาผิวเคลือบรวมเมื่อแห้งไม่น้อยกว่า 406 ไมครอน

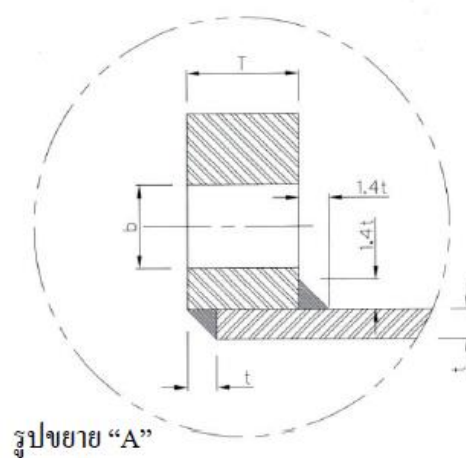
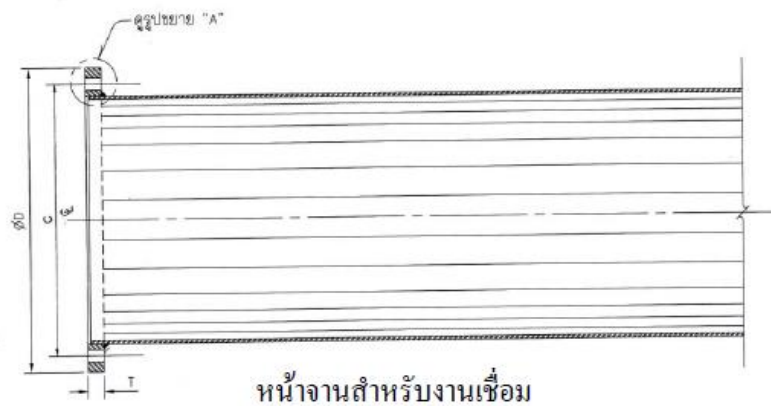
การเคลือบภายในและภายนอกท่อ ท่อเหล็กชุบสังกะสีภายในท่อด้วยพลาสติกพีอี ภายนอกท่อมีการเคลือบพลาสติกพีอีสีฟ้าความหนาประมาณ 50 ไมครอน นิยมใช้เป็นท่อประปา รับแรงดันน้ำได้สูง ใช้ได้กับน้ำร้อนและน้ำเย็น มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 40 มม. ถึง 100 มม. ที่ผลิตขายตามท้องตลาด



รูปที่ 2.2.1 การเคลือบท่อเหล็กชุบสังกะสีภายในท่อด้วยพลาสติกพียูภายนอกท่อมีการเคลือบพลาสติกพียูสีฟ้า

(10) ปะเก็นหน้างานข้อต่อหน้างาน ต้องมีคุณสมบัติเหมาะสมกับสภาวะของเมืองร้อน ปะเก็นยางต้องเป็นแบบเต็มหน้างาน (Full Face) มีคุณสมบัติทางกลตามมาตรฐาน JIS K 6353 Class III, Hardness Hs 60 ± 5 หรือ BS 2494, Hardness range IRHD 56-65

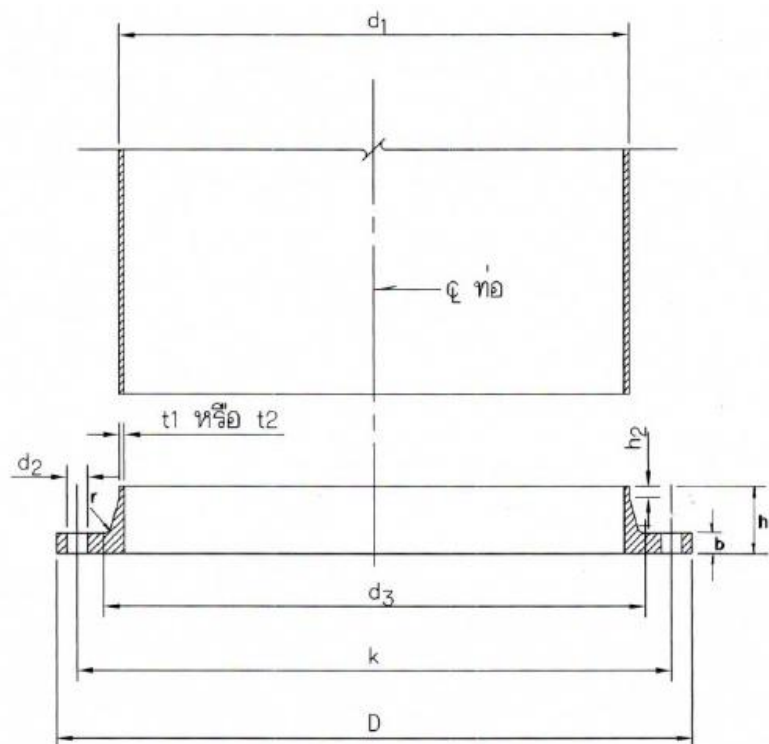
(11) สลักเกลียว และแป้นเกลียวต้องเป็นแบบหัวหกเหลี่ยม ทำด้วยเหล็กกล้า มีคุณสมบัติตามมาตรฐาน มอก.171-2530 หรือ ASTM A 307 Grade B



รูปที่ 2.2.2 ข้อต่อหน้างานท่อเหล็กกล้า ขนาด $\varnothing$ ท่อ 100-600 มม.

ตารางที่ 2.2.2 รายละเอียดข้อต่อหน้างาน ขนาด ϕ ท่อ 100-600 มม. หน่วย : มม.

ท่อ ϕ	D	C	b	T	t		1.4t	
					ท่อใต้ดิน	ท่อนดิน	ท่อใต้ดิน	ท่อนดิน
100	220	180	19	22	2.65	4.50	3.71	6.30
150	285	240	23	24	3.45	5.50	4.83	7.70
200	340	295	23	24	4.50	6.00	6.30	8.40
250	395	350	23	26	4.80	6.00	6.72	8.40
300	445	400	23	26	6.00	6.00	8.40	8.40
400	565	515	28	32	6.00	7.90	8.40	11.06
500	670	620	28	38	6.00	7.90	8.40	11.06
600	780	725	31	42	6.00	11.10	8.40	15.54

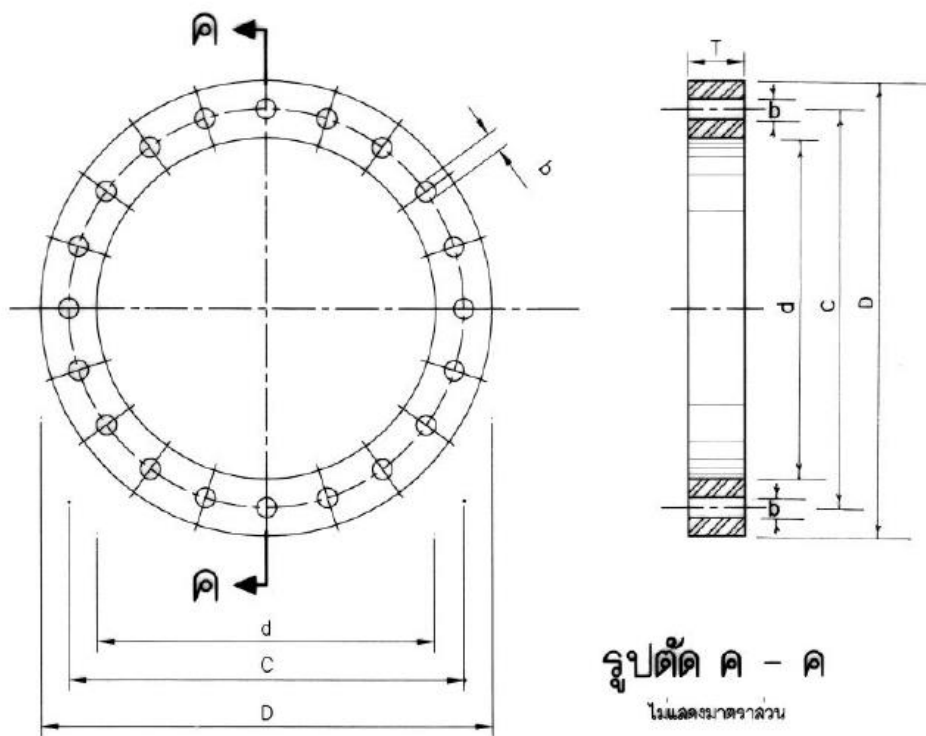


รูปที่ 2.2.3 ข้อต่อหน้างานท่อเหล็กกล้าขนาด ϕ ท่อ 700-1800 มม.

ตารางที่ 2.2.2 ข้อต่อหน้างานท่อเหล็กกล้า ขนาด ϕ ท่อ 700-1800 มม. หน่วย : มม.

ขนาดระบุ ท่อ ϕ	เส้นผ่าศูนย์กลาง ภายนอกท่อ d_1	หน้างาน			สลัก เกลียว	การเจาะรู			คอ (Neck)				
		D	b	h_1		จำนวน	d_2	k	d_3	h_2	r	t_1	t_2
700	711.2 $\pm$ 1.6	895	30	80	M27	24	30	840	746	18	12	6	11.1
800	812.8 $\pm$ 1.6	1015	32	90	M30	24	33	950	848	18	12	7.9	12.7
900	914.4 $\pm$ 1.6	1115	34	95	M30	28	33	1050	948	20	12	7.9	12.7
1000	1016 $\pm$ 1.6	1230	34	95	M33	28	36	1160	1050	20	12	9.5	12.7
1200	1219.2 $\pm$ 1.6	1455	28	115	M36	32	39	1380	1256	25	12	11.1	15.9
1500	1524 $\pm$ 1.6	1785	46	125	M39	36	42	1700	1563	25	12	12.7	19.1
1800	1820 $\pm$ 1.6	2115	50	140	M45	44	48	2020	1866	30	15	15.9	25.4

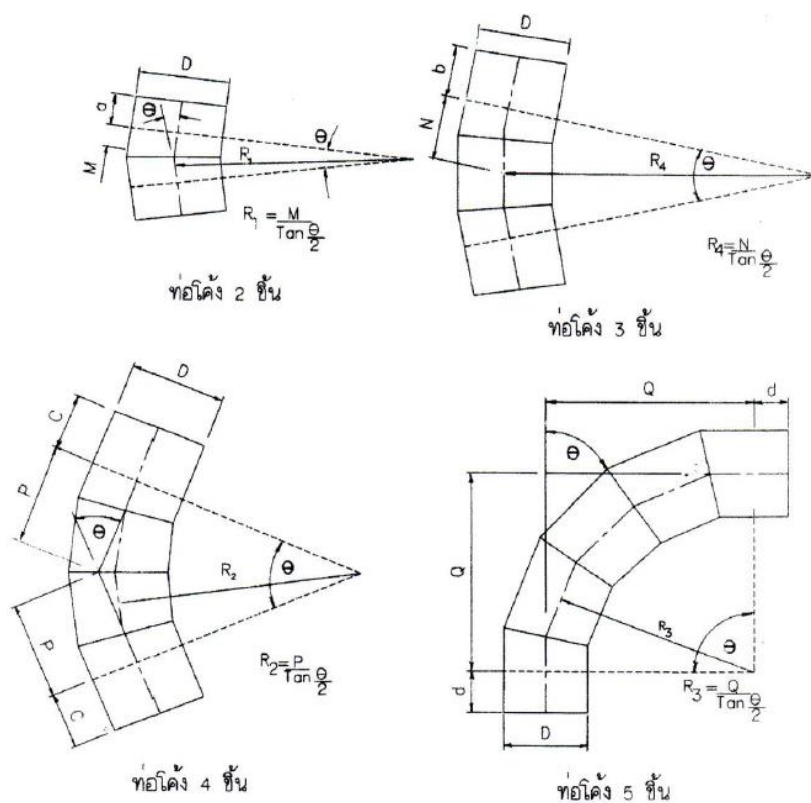
- หมายเหตุ 1. ความหนา t_1 สำหรับอุปกรณ์ใต้ดิน
2. ความหนา t_2 สำหรับอุปกรณ์บนดิน



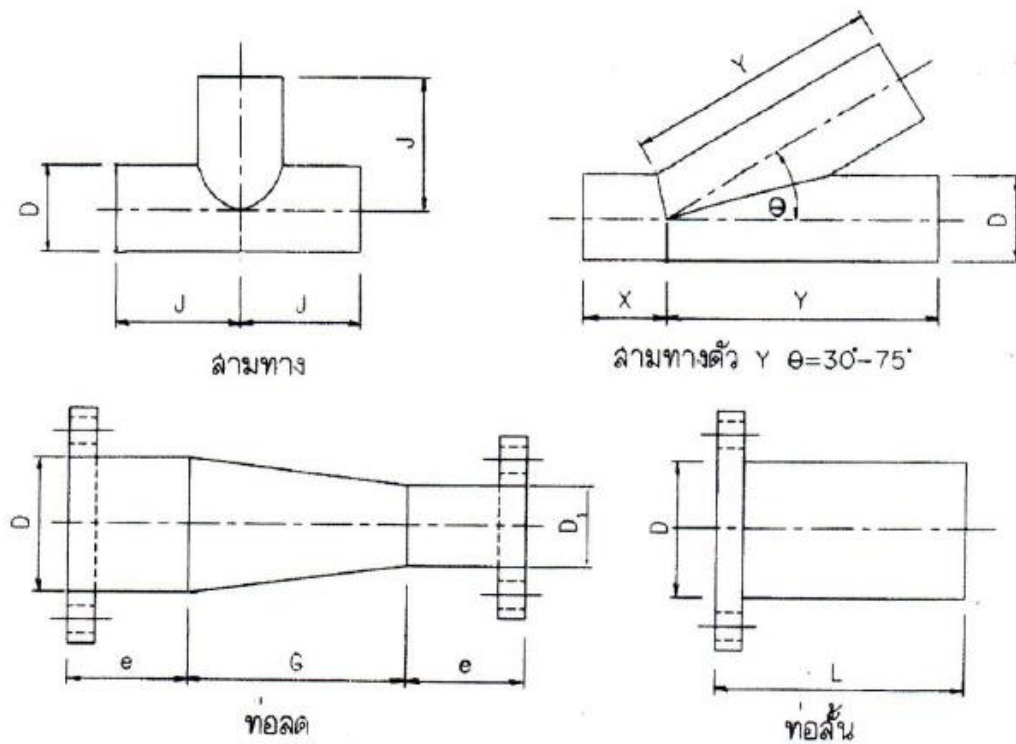
รูปที่ 2.2.4 ปะเก็นข้อต่อหน้างานท่อเหล็กกล้า ขนาด ϕ ท่อ 100-1800 มม.

ตารางที่ 2.2.3 รายละเอียดปะเก็นข้อต่อหน้างานท่อเหล็กกล้า หน่วย : มม.

ท่อ ϕ	D	d	C	จำนวนรู	b	t (min)
100	220	115	180	8	19	3
150	285	169	240	8	23	3
200	340	220	295	8	23	3
250	395	247	350	12	23	3
300	445	325	400	12	23	9
400	565	420	515	16	28	5
500	670	520	620	20	28	3
600	780	620	725	20	31	3
700	895	720	840	24	31	5
800	1,015	820	950	24	34	5
900	1,115	920	1,050	28	34	8
1,000	1,230	1,020	1,160	28	37	8
1,200	1,455	1,220	1,380	32	40	8
1,500	1,785	1,530	1,700	36	43	8
1,800	2,115	1,820	2,020	44	48	8



รูปที่ 2.2.5 อุปกรณ์ท่อเหล็กเหนียว



รูปที่ 2.2.5(ต่อ) อุปกรณ์ท่อเหล็กเหนียว

ตารางที่ 2.2.4 มิติต่างๆของอุปกรณ์ท่อเหล็กเหนียว

หน่วย : มม.

ขนาด	ล้ามทาง		ล้ามทางตัว Y						ท่อโค้ง								ท่อลด		ท่อสั้น	
			θ=30°		θ=45°		θ=60°		2 ชั้น θ=11.25°		3 ชั้น θ=22.50°		4 ชั้น θ=45°		5 ชั้น θ=90°					
D	ท่อตรง J+J	ท่อแยก J	ท่อตรง X+Y	ท่อแยก Y	ท่อตรง X+Y	ท่อแยก Y	ท่อตรง X+Y	ท่อแยก Y	M	a	N	b	P	c	Q	d	4(D-D ₁)	e	L	
150	800	400	950	625	875	525	800	450	100	250	175	225	275	225	375	250			300	600
200	850	425	1075	725	925	575	875	500	100	250	200	225	300	225	450	250			300	600
250	900	450	1175	825	1025	650	950	550	100	250	225	200	350	225	500	250			300	600
300	950	475	1275	925	1075	700	1000	600	125	225	250	200	400	200	575	225			300	600
400	1450	725	1950	1450	1650	1125	1525	950	150	350	300	325	400	325	700	300			435	900
500	1550	775	2100	1575	1750	1200	1600	1000	175	350	350	300	550	300	825	325			435	900
600	1600	800	2250	1725	1850	1275	1675	1050	200	325	400	275	650	275	950	325			435	900
700	1700	850	2400	1850	1950	1350	1750	1100	225	300	450	250	725	250	1075	300			435	900
800	2050	1025	3100	2525	2450	1825	2175	1475	225	325	500	250	800	250	1175	300			445	900
900	2250	1125	3375	2750	2675	2000	2350	1600	250	350	525	275	850	275	1250	325			485	1000
1000	2250	1125	3375	2750	2675	1975	2375	1575	250	350	550	275	875	275	1300	325			485	1100
1200	2550	1275	3850	3150	3075	2275	2650	1750	275	375	575	275	950	325	1375	400		535	1100	
1500	3050	1525	4800	4000	3725	2625	3250	2225	300	425	625	350	1050	350	1475	450		575	1200	
1800	3450	1725	5425	4525	4200	3175	3475	2500	325	450	700	350	1150	350	1575	500		635	1300	

2.3 ท่อซีเมนต์ใยหิน (Asbestos Cement Pressure Pipe)

ท่อซีเมนต์ใยหินชนิดทนความดัน (Asbestos Cement Pressure Pipe) หรือท่อ AC ต้องมีคุณสมบัติ มอก.81-2548 ท่อที่ทำขึ้นด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ และใยหินหรืออาจมีเส้นใยอื่นผสม จากนั้นเติมน้ำลงไปผสมด้วย กวนจนเข้ากันดีแล้วจึงนำสารผสมที่เป็นเนื้อเดียวกันนี้ ขึ้นรูปท่อจากโรงงานแบบมีเนื้อเดียวกันตลอด เพื่อใช้งานรับความดัน มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในท่อ และชั้นคุณภาพต่างกัน โดยมีความยาว 4 เมตร และ 5 เมตร ใช้ในงานชลประทานและงานอื่นๆที่เหมาะสม

2.3.1 ท่อซีเมนต์ใยหินชนิดทนความดัน และอุปกรณ์ท่อ (Asbestos Cement Pressure Pipe and Fittings) ท่อซีเมนต์ใยหินชนิดทนความดันตาม มอก. 81-2548 ที่ผลิตออกจำหน่ายมีอยู่ 4 ชั้นคุณภาพ ดังนี้

ตารางที่ 2.3.1 ชั้นคุณภาพของท่อซีเมนต์ใยหิน

ชั้น คุณภาพ	ความดันทดสอบ			
	เมกะพาสคัล MPa	กิโลกรัมต่อตาราง เซนติเมตร	ปอนด์ต่อตารางนิ้ว	เทียบเท่าความสูงของ น้ำโดยประมาณ (เมตร)
10	1.0	10	140	100
15	1.56	15	215	150
20	2.0	20	285	200
25	2.5	25	355	250

ตารางที่ 2.3.2 ขนาดและชั้นคุณภาพของท่อซีเมนต์ใยหิน

ขนาด ระบุ $\phi=D$ มม.	ชั้นคุณภาพ 10		ชั้นคุณภาพ 15		ชั้นคุณภาพ 20		ชั้นคุณภาพ 25	
	4	5	4	5	4	5	4	5
	เมตร	เมตร	เมตร	เมตร	เมตร	เมตร	เมตร	เมตร
100			○		*	○	*	○
150			*	○	*	○	*	○
200	*		*	○	*	○	*	○
250	*		*	○	*	○	*	○
300	*		*	○	*	○	*	○
400	*		*	○	*	○		
500	*		*	○	*	○		
600	*		*	○	*	○		
800	*	*	*	*				

* เป็นรายการที่ผลิตตามการสั่งซื้อ

○ เป็นรายการที่ผลิตเพื่อการจำหน่ายในปัจจุบัน

ท่อต้องมีความยาวท่อนละ $4.00-5.00 \pm 0.025$ เมตร ข้อต่อสำหรับท่อซีเมนต์ใยหิน ต้องมีคุณสมบัติตาม มอก.126-2548 ชั้นคุณภาพ PJ 200 และแหวนยางสำหรับใช้กับข้อต่อ ต้องมีคุณสมบัติตาม มอก.237-2520

2.3.2 ประเภทของท่อซีเมนต์ใยหิน และข้อต่อ

ท่อซีเมนต์ใยหินและข้อต่อตามรายละเอียดนี้ แบ่งออกตามลักษณะการใช้งานและวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเป็น 2 ประเภท คือ

- ท่อซีเมนต์ใยหินและข้อต่อ ประเภท ก (ประเภทธรรมดา)
- ท่อซีเมนต์ใยหินและข้อต่อ ประเภท ข (ประเภททนซัลเฟตได้สูง)

ท่อซีเมนต์ใยหินประเภท ก จะต้องได้รับใบอนุญาตแสดงเครื่องหมายมาตรฐานกับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมจากคณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแล้วเท่านั้น

2.3.3 ส่วนประกอบและการทำท่อและข้อต่อ

ส่วนประกอบและการทำท่อซีเมนต์ใยหินและข้อต่อต้องเป็นไปตามที่กำหนดดังนี้

(1) ท่อซีเมนต์ใยหิน และข้อต่อประเภท ก. ต้องทำด้วยสารผสมที่เป็นเนื้อเดียวกัน โดยมีส่วนประกอบส่วนใหญ่เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (ประเภท 1 ตาม มอก.15-2547 หรือเทียบเท่า) ใยหิน

(2) ท่อซีเมนต์ใยหิน และข้อต่อประเภท ข. ต้องทำด้วยสารผสมที่เป็นเนื้อเดียวกัน โดยมีส่วนประกอบส่วนใหญ่เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (ประเภท 5 ตาม มอก.15-2547 หรือเทียบเท่า) ใยหินและน้ำ

2.3.4 อุปกรณ์ท่อ (Fittings)

นอกจากจะกำหนดเป็นอย่างอื่นแล้วอุปกรณ์ท่อต้องทำจากเหล็กหล่อหรือเหล็กหล่อเหนียว และมีคุณสมบัติตาม ISO 13 หรือ ISO 2531 หรือ มอก.918-2535

(1) แคล้มปรีดท่อ (Service Clamp) จะต้องออกแบบสำหรับใช้กับท่อซีเมนต์ใยหิน ตาม มอก.81-2548 ชั้นคุณภาพ PP 20 สามารถรับความดันได้ไม่น้อยกว่า 10 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

(2) แหวนยาง ต้องมีคุณสมบัติตาม มอก.237-2520 สำหรับใช้กับข้อต่อท่อ (Couplings) ท่อซีเมนต์ใยหินชนิดทนความดันการใช้ข้อต่อท่อ (Couplings) ของท่อซีเมนต์ใยหินชนิดทนความดันต้องใช้แหวนยางเส้นริมทั้งสองเส้นกับที่ข้อต่อท่อ (Couplings) เป็นแบบหน้าตัดสี่เหลี่ยมคางหมู (Trapezoidal) โดยแหวนยางเส้นกลางยังคงไว้เช่นเดิม แหวนยางนี้สามารถใช้แทน หรือใช้ร่วมกับแหวนยางแบบกลมในขนาดและชั้นเดียวกันได้เป็นอย่างดี



รูปที่ 2.3.1 แหวนยางหน้าตัดกลม(โอ) และแหวนยางหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมคางหมู(ที)

หลีกเลี่ยงการใช้แหวนยางสัมผัสกับสารที่เป็นของเหลว หรือ กิ่งของเหลวบางชนิด โดยเฉพาะน้ำมันจาระบีสารละลายอื่นๆ ที่จะก่อให้เกิดการเสื่อมสภาพ ต่ออายุธรรมชาติ หรือสัมผัสกับโลหะบางชนิด เช่น ทองแดง แมงกานีส เหล็ก เพราะจะทำให้ยางเสื่อมคุณภาพได้

(3) น้ำยาต่อท่อ เพื่อให้การต่อท่อเข้ากับท่อซีเมนต์ใยหินกระทำได้ง่ายขึ้น และช่วยป้องกันการฉีกขาดของแหวนยาง ควรใช้น้ำยาต่อท่อ ซึ่งมีคุณสมบัติหล่อลื่นขึ้น เพื่อใช้ในงานวางท่อขนาดใหญ่ น้ำยาต่อท่อขนาดบรรจุกระป๋องละ 1 กิโลกรัมจะใช้ต่อท่อขนาดต่างๆ ได้ เช่น ถ้าใช้น้ำยาต่อท่อขนาดบรรจุ กระป๋องละ 1 กิโลกรัมในการต่อท่อซีเมนต์ใยหิน ขนาดท่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 300 มม. จะใช้ต่อท่อได้ประมาณ 14 ท่อ เป็นต้น

2.4 ท่อพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene)

ท่อพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene) เป็นผลิตภัณฑ์ที่มาจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมี วัสดุพอลิเอทิลีนที่ใช้ในการผลิตท่อพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene) หรือที่เรียกชื่อทางการตลาดท่อ HDPE ตามมาตรฐาน มอก.982-2548 ปัจจุบันสามารถผลิตท่อให้

เหมาะสมกับความต้องการในการใช้งานมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 16 มม. จนถึงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ใหญ่ที่สุด 1,600 มม. มีความยาวท่อที่เลือกใช้ได้ ตั้งแต่ความยาวท่อมาตรฐาน 6 เมตร และ 12 เมตร หรือท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 16 มม. จนถึงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 110 มม. สามารถม้วนขดได้ความยาวถึง 500 เมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในการขนส่ง

2.4.1 คุณสมบัติโดยทั่วไป

(1) น้ำหนักเบา มีน้ำหนักประมาณ 1 ต่อ 5 เท่าของน้ำหนักของท่อเหล็กที่มีขนาดท่อใกล้เคียงกัน
(2) พื้นผิวภายในของท่อ HDPE มีความเรียบมันด้วยค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (n) เท่ากับ 0.009(Manning) และ C เท่ากับ 150 (Hazen and Williams)

(3) ท่อ HDPE มีความสามารถทนทานต่อสารเคมีไม่เกิดการผุกร่อน และไม่เกิดการเป็นสนิม แม้ว่า จะวางท่อในดิน หรือในน้ำทะเลทำให้การซ่อมแซมบำรุงรักษาน้อยกว่าท่อชนิดอื่นๆ อีกทั้งท่อ HDPE มีสีดำจากคาร์บอน เป็นตัวต้านทานต่อแสงอุลตราไวโอเลต (UV-Resistance) จึงทำให้ท่อ HDPE สามารถใช้กับงานกลางแจ้งได้ โดยไม่กรอบแตกร้าว

ตารางที่ 2.4.1 รายละเอียดชื่อขนาด และมิติของท่อ HDPE ตาม มอก.982-2548

ขนาด ระบุ $\phi=OD$ มม.	ชั้นคุณภาพ PN 6.3		ชั้นคุณภาพ PN 8		ชั้นคุณภาพ PN 10		ชั้นคุณภาพ PN 12.5		ชั้นคุณภาพ PN 16	
	S มม.	Weight กก./ม.	S มม.	Weight กก./ม.	S มม.	Weight กก./ม.	S มม.	Weight กก./ม.	S มม.	Weight กก./ม.
16	-	-	-	-	1.6	0.08	1.8	0.09	2.3	0.10
20	-	-	1.6	0.10	1.9	0.11	2.3	0.14	2.8	0.16
25	1.6	0.13	1.9	0.15	2.3	0.17	2.8	0.20	3.5	0.24
32	1.9	0.19	2.4	0.24	3.0	0.28	3.6	0.33	4.5	0.4
40	2.4	0.30	3.0	0.36	3.7	0.44	4.5	0.52	5.6	0.62
50	3.0	0.46	3.8	0.57	4.6	0.68	5.6	0.80	6.9	0.95
63	3.8	0.73	4.7	0.89	5.8	1.07	7.0	1.25	8.7	1.51
75	4.5	1.03	5.6	1.25	6.9	1.51	8.4	1.79	10.4	2.13
90	5.4	1.48	6.7	1.80	8.2	2.16	10.0	2.55	12.5	3.06
110	6.6	2.2	8.2	2.69	10.0	3.19	12.3	3.84	15.2	4.55
125	7.5	2.84	9.3	3.45	11.4	4.14	13.9	4.92	17.3	5.88
140	8.3	3.52	10.4	4.32	12.8	5.19	15.6	6.18	19.4	7.40
160	7.7	3.77	9.6	4.63	11.8	5.59	14.5	6.73	18.1	8.12
180	8.6	4.74	10.8	5.85	13.3	7.09	16.3	8.15	20.3	10.32
200	9.6	5.87	12.0	7.21	14.8	8.75	18.1	10.5	22.6	12.64
225	10.8	7.41	13.5	9.13	16.6	11.04	20.4	13.29	25.4	16.0
250	12.0	9.13	15.0	11.25	18.4	13.59	22.6	16.35	28.2	19.71
280	13.4	11.44	16.8	14.11	20.6	17.03	25.3	20.5	31.6	24.71
315	15.0	14.37	18.9	17.84	23.2	21.57	28.5	25.96	35.5	31.23
355	17.0	18.33	21.2	22.58	26.2	27.43	32.1	32.95	40	39.62
400	19.1	23.74	23.9	29.26	29.5	35.54	36.2	42.72	45.1	51.36
450	21.5	30.07	26.9	37.06	33.1	44.83	40.7	54.04	50.8	56.60
500	23.9	37.07	29.9	45.71	36.8	55.38	45.2	66.62	56.4	80.22
560	26.7	46.44	33.5	57.39	41.2	69.38	50.6	83.51	-	-
630	30.0	58.59	37.7	72.6	46.4	87.89	56.9	105.67	-	-
710	33.9	74.59	42.4	92.0	52.3	111.63	-	-	-	-
800	38.1	94.52	47.8	116.82	58.9	141.64	-	-	-	-
900	42.9	119.65	53.8	147.88	-	-	-	-	-	-
1,000	47.7	147.75	59.8	182.59	-	-	-	-	-	-
1,200	57.2	212.5	-	-	-	-	-	-	-	-

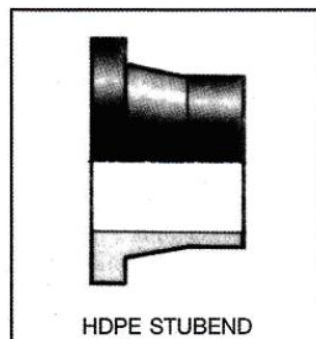
1. OD = เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกเฉลี่ยของท่อ (Mean outside Diameter of Pipe)
S = ความหนาของผนังท่อ (Wall Thickness)
PN = ความดันใช้งานที่อุณหภูมิ 20 C° มีหน่วยเป็น BAR (Nominal Pressure Rating, Bar)
2. ท่อมาตรฐานยาวท่อนละ 6 เมตร 12 เมตร และท่อขนาดเล็กตั้งแต่ 16 มม. ถึง 110 มม. สามารถผลิตเป็นท่อม้วนความยาว 50 เมตร และ 100 เมตร

ตารางที่ 2.4.2 ชั้นคุณภาพ ท่อ HDPE

ชั้นคุณภาพ	ความดันระบุ 20 C° เมกะพาสคัล
PN. 3.2	0.32
PN. 4	0.40
PN. 6	0.60
PN. 6.3	0.63
PN. 8	0.80
PN. 10	1.00
PN. 12.5	1.25
PN. 16	1.60
PN. 20	2.00
PN. 25	2.50

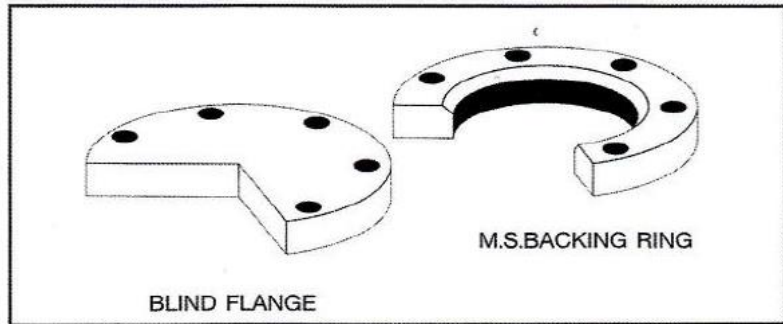
2.4.2 อุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกับท่อ HDPE

(1) Stub End ทำมาจากท่อหนาแล้วไปกลึงขึ้นรูป หรือหล่อให้ได้มิติตามมาตรฐาน ก่อนสั่งซื้อต้องระบุให้ชัดว่าเป็นชั้นความดัน (PN) อะไร ชั้นคุณภาพใด PE 80 หรือ PE 100 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพท่อ HDPE ที่ใช้



รูปที่ 2.4.1 Stub End ท่อ HDPE

(2) Backing Ring โรงงานผลิตท่อ HDPE มักจะใช้เป็นเหล็กเหนียว ดังนั้น ก่อนกำหนดใช้งานต้องระบุให้ชัดว่าเป็นเหล็กหล่อหรือเหล็กเหนียว



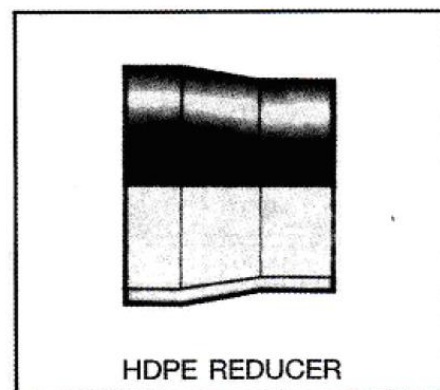
รูปที่ 2.4.2 Backing Ring และ Blind Flange ท่อ HDPE

(3) สลักเกลียว สำหรับใช้กับข้อต่อหน้างาน Stub end และ Backing Ring ของท่อ HDPE ต้องทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม มีคุณสมบัติตามมาตรฐาน ASTM A320 Grade B8



รูปที่ 2.4.3 แสดงสลักเกลียวสำหรับใช้กับข้อต่อหน้างาน

(4) ปะเก็นยางและข้อลด ปะเก็นยางของท่อ HDPE จะใช้แบบ “หุกระต่าย” ไม่ต้องมีรูเหมือนกับปะเก็นยางหน้างานแบบงานท่อ พีวีซี (PVC) หรือท่อเหล็กเหนียว



รูปที่ 2.4.4 แสดงปะเก็นยาง และข้อลด ท่อ HDPE

2.5 ท่อไฟเบอร์กลาสรับความดัน (Glassfiber Reinforce Polyester Pipe)

2.5.1 คุณสมบัติทั่วไป

ท่อไฟเบอร์กลาสรับความดัน (Glassfiber Reinforce Polyester Pipe : ท่อ GRP) เป็นท่อที่ผลิตจากเทอร์โมเซตติงเรซิน เสริมแรงด้วยใยแก้ว และอาจมีตัวเติมที่เป็นเม็ดหรือแผ่นผงสี หรือสีย้อมผสม และอาจมีเรซินเคลือบผิวภายนอก หรือภายในทำโดยการพันเส้นใย(Filament Winding) หรือการหล่อเหวี่ยง (Centrifugal Casting) ตาม มอก.1483-2549

ท่อ GRP อุปกรณ์ท่อและข้อต่อ ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางระบุตั้งแต่ 50 ถึง 3,600 มิลลิเมตร มีความสามารถรับความดันใช้งาน 600 ถึง 1,600 กิโลพาสคาล

ผู้ผลิตจะต้องเป็นผู้ที่ได้รับอนุญาตให้แสดงเครื่องหมายมาตรฐาน มอก.1483-2549 “ท่อไฟเบอร์กลาสรับความดัน”จากสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม และต้องมีใบรับรองการจดทะเบียนเครื่องหมายการค้าจากกระทรวงพาณิชย์

2.5.2 ขนาดและมิติ

(1) ขนาดและมิติของท่อ GRP ที่ระบุต้องเป็นไปตาม มอก.1483-2549 ซึ่งมีขนาดระบุเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก และเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ดังนี้

ตารางที่ 2.5.1 ขนาด ความหนา ความยาว และชั้นคุณภาพที่มีผู้ผลิตท่อไฟเบอร์กลาสรับความดัน

ขนาด ระบุ φ=D มม.	ขนาดระบุ φ=ID		SN 5000				SN 10000				ความ ยาวท่อ ท่อนละ ม.
			PN 6		PN 10		PN 6		PN 10		
	สูงสุด มม.	ต่ำสุด มม.	S มม.	Weight กก./ม.	S มม.	Weight กก./ม.	S มม.	Weight กก./ม.	S มม.	Weight กก./ม.	
300	296±1.8	306±1.8	5.2	11.4	5.1	11.5	6.3	13.5	6.3	13.8	9.0
400	396±2.4	408±2.4	7.3	16.2	7.3	16.40	9.2	21.9	8.9	19.8	9.0
500	496±3.0	510±3.0	8.9	27.6	8.8	27.1	11.2	36.3	10.9	35.10	9.0
600	595±3.6	612±3.6	10.4	40.9	10.4	37.6	13.1	53.1	13.0	49.3	9.0
700	695±4.2	714±4.2	12.0	54.10	11.8	52.7	15.2	71.6	14.7	68.0	9.0
800	795±4.2	816±4.2	13.4	71.4	13.5	71.7	16.9	99.9	16.9	92.20	9.0
900	895±4.2	918±4.2	15.0	90.3	14.5	86.1	18.3	120.1	18.3	111.7	9.0
1000	995±4.2	1020±4.2	16.3	103.8	15.7	104.0	20.7	144.5	19.7	134.5	9.0
1200	1195±5.0	1220±5.0	18.8	156.6	18.4	153.90	24.0	204.2	23.3	194.9	9.0
1400	1395±5.0	1420±5.0	21.8	214.1	20.8	201.6	27.6	270.6	26.3	259.8	9.0
1500	1495±5.0	1520±5.0	23.1	245.6	22.2	232.8	29.6	318.8	28.0	299.0	9.0
1600	1595±5.0	1620±5.0	24.5	279.7	23.2	259.7	31.3	362.3	29.4	334.9	9.0
1800	1795±5.0	1820±5.0	26.8	347.1	25.7	327.7	34.4	450.6	32.5	420.4	9.0
2000	1995±5.0	2020±5.0	29.1	429.7	28.2	402.9	28.0	555.5	35.8	517.7	9.0
2200	2195±5.0	2220±5.0	32.3	519.3	30.6	484.8	41.6	672.1	38.9	622.9	9.0
2400	2395±6.0	2420±6.0	34.8	610.2	33.2	561.7	44.9	793.4	42.2	722.1	9.0

1. ID = เส้นผ่าศูนย์กลางภายในเฉลี่ยของท่อ (Mean Inside Diameter of Pipe)

S = ความหนาของผนังท่อ (Wall Thickness)

ความยาวท่อขนาดมาตรฐาน มอก. คือ 6 เมตร และ 12 เมตร หรือมีความยาวต่างไปตามที่ผู้ซื้อกำหนดเพื่อให้เหมาะสมกับระยะทางในสนามและจุดตัดบรรจบ

(2) ขนาดและมิติของอุปกรณ์ท่อและข้อต่อ จะต้องเป็นไปตามมาตรฐานที่ระบุในแบบก่อสร้าง

2.5.3 ชั้นความผิดรูป และชั้นแรงดัน

ความผิดรูปของท่อ (Deflection or deformation) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างการลดลงของเส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อต่อเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเดิม คิดเป็นร้อยละของเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเดิม ชั้นของการผิดรูปของท่อ แบ่งได้เป็น 4 ชนิด คือ ชนิด A ชนิด B ชนิด C และ ชนิด D ตามตารางดังนี้

ตารางที่ 2.5.2 แสดงความผิดรูป

ระดับ	ความผิดรูป ร้อยละของเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเฉลี่ย			
	ชนิด A (SN1250)	ชนิด B (SN2500)	ชนิด C (SN5000)	ชนิด D (SN10000)
1	18	15	12	9
2	30	25	20	15

ความแข็งตึง (Stiffness) หมายถึง ค่าแรงกดที่คำนวณจากแรงกดต่อหนึ่งหน่วยความยาวหารด้วยความเปลี่ยนแปลงของเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน ตามทิศทางของแรงกดของความผิดรูปที่กำหนด

ตารางที่ 2.5.3 แสดงความแข็งตึงที่ความผิดรูป ร้อยละ 5 ของเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเฉลี่ยของท่อ

ชนิด	ความแข็งตึงที่ความผิดรูป ร้อยละ 5 ของเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเฉลี่ยของท่อต่ำสุด (กิโลพาสคัล)
A (SN1250)	62
B (SN2500)	124
C (SN5000)	248
D (SN10000)	496

ชั้นแรงดันคือความต้านทานต่อแรงดันของการไหลภายในเส้นท่อ ซึ่งตาม มอก. ได้แบ่งท่อตามความดันใช้งานเป็น 3 ชั้น คือ PN 6 PN 10 และ PN 16 ตามตารางดังนี้

ตารางที่ 2.5.4 ชั้นคุณภาพและการทนความดัน

ชั้นคุณภาพ	ความดันทดสอบ (กิโลพาสคัล)
PN 6	1200
PN 10	2000
PN 16	3200

2.5.4 คุณสมบัติที่ต้องการ

ท่อไฟเบอร์กลาสส์รับความดันสำหรับงานประปา (GRP) คุณสมบัติที่ต้องการให้เป็นไปตามมาตรฐาน มอก.1483-2549 ผิวด้านในของท่อต้องเรียบและไม่มีรอยตำหนิเป็นผลเสียต่อการใช้งาน เช่น ปริแตก ร้าว บวม หรือการแยกชั้น ผู้ขายจะต้องส่งรายงานการทดสอบผลที่เกิดขึ้นกับน้ำตามมาตรฐาน มอก.982 โดยกลั่น รส และสีของน้ำต้องไม่เปลี่ยนไป และปริมาณของสารที่สกัดได้ต้องไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในตารางนี้

ตารางที่ 2.5.5 ปริมาณของสารที่สกัดได้

สารที่สกัดได้	ปริมาณมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร
พลวง	0.05
สารหนู	0.05
แบเรียม	1.0
โครเมียม	0.005
ตะกั่ว	0.05
ปรอท	0.001
ซิลิเนียม	0.01
ดีบุก	0.05
สารฟีนอล	0.001
ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด	70

2.5.5 อุปกรณ์ท่อและข้อต่อสำหรับท่อไฟเบอร์กลาสส์รับแรงดัน

(1) ข้อต่อและแหวนยาง ให้ใช้ข้อต่อไฟเบอร์กลาสส์ชนิดทนแรงดันชั้นคุณภาพเดียวกับตัวท่อหรือสูงกว่า โดยแหวนยางกันซึมจะต้องมาพร้อมกับข้อต่อ คุณสมบัติของแหวนยางจะต้องเป็นยางสังเคราะห์ EPDM (Ethylene Propylene Diene Monomer)

(2) อุปกรณ์ท่อ อุปกรณ์ท่อและข้อต่อจะต้องผ่านการทดสอบแรงดันที่มุมหักงอไม่น้อยกว่าค่าที่ระบุไว้ตามมาตรฐานของท่อ GRP ที่ใช้งาน ให้ใช้อุปกรณ์ท่อไฟเบอร์กลาสส์ชนิดและชั้นคุณภาพเดียวกับท่อหรือสูงกว่า ต่อด้วยข้อต่อตามที่กำหนดข้างต้น โดยจะต้องผลิตจากวัสดุที่มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับท่อและผลิตจากโรงงานเดียวกับผู้ผลิต หรือ ให้ใช้อุปกรณ์ท่อเหล็กหล่อเทาแบบปลายหน้างานที่มีคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.918 “อุปกรณ์และข้อต่อเหล็กหล่อเทา สำหรับท่อส่งน้ำชนิดทนความดัน” อุปกรณ์ท่อเมื่อผ่านการทดสอบความดันน้ำจะต้องทำความสะอาดผิวภายนอกและภายในจนปราศจากสนิมแล้วเคลือบผิว

(3) การเคลือบผิว การเคลือบผิวภายนอก ให้เคลือบด้วย Non-Bleeding Type Coal Tar Epoxy สีเทาดำ ความหนาผิวเคลือบเมื่อแห้งต้องไม่น้อยกว่า 200 ไมครอน ส่วนการเคลือบผิวภายใน ให้เคลือบด้วย Non-Toxic Liquid Epoxy (ชนิดไม่มีส่วนผสมของ Coal Tar) ตามมาตรฐาน AWWA C210 สีฟ้า ความหนาผิวเคลือบเมื่อแห้งต้องไม่น้อยกว่า 200 ไมครอน สีอิพอกสีสำหรับเคลือบท่อและอุปกรณ์ท่อ ทั้งชนิดที่มีและไม่มี Coal Tar ต้องมีคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.1048

2.6 ท่อเหล็กกล้าอาบสังกะสี (Galvanized steel pipe)

ท่อเหล็กอาบสังกะสี (Galvanized steel pipe) หรือท่อ GI คือ ท่อเหล็กดำที่นำมาผ่านกระบวนการชุบสังกะสีเพื่อป้องกันการเกิดสนิมทำให้ท่อเหล็กชนิดนี้มีความทนทานนานกว่าท่อเหล็กทั่วไป มีคุณสมบัติเด่น อายุการใช้งาน 30-40 ปี ทนแรงดัน แต่ใช้นานๆจะเป็นตะกรันสนิม ท่อเหล็กอาบสังกะสี เหมาะสำหรับการความทนทาน กลางแจ้ง ใกล้ทะเล งานเดินท่อลำเลียง ท่อประปา ท่อชลประทาน มีความสามารถในการรับแรงดัน มีความแข็งแรงทนทาน สะดวกในการเชื่อมต่อ และที่สำคัญไม่เป็นสนิม โดยเฉลี่ยแล้วใช้งานปรกติได้นานกว่าท่อเหล็กธรรมดา เกือบ 3 เท่า เมื่อใช้เป็นเวลานาน จึงคุ้มค่าในการเลือกใช้

2.6.1 วัสดุ

(1) ท่อเหล็กกล้าที่จะนำมาทำท่อเหล็กกล้าอาบสังกะสี ให้เป็นไปตาม มอก.276

(2) ท่อเหล็กกล้าที่จะนำไปอบสังกะสีต้องกำจัดสนิมออกให้หมด และล้างให้สะอาด แล้วนำไปอบสังกะสีโดยวิธีการที่เหมาะสม เพื่อให้สังกะสีที่อาบติดแน่นอย่างสม่ำเสมอทั้งภายในและภายนอก สังกะสีในอ่างที่ใช้อาบควรมีความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 98.5 โดยน้ำหนัก

(3) เกลียว (เฉพาะชนิดต่อด้วยเกลียว)

- ท่อเหล็กกล้าอาบสังกะสีประเภท 1 ประเภท 2 และประเภท 3 ให้ทำเกลียวแบบ 55 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เกลียวท่อเหล็กกล้าสำหรับงานท่อน้ำและงานท่อทั่วไปมาตรฐานเลขที่ มอก.281

- ท่อเหล็กกล้าอาบสังกะสีประเภท 4 ให้ทำเกลียวแบบ 60 ตาม มอก.281 การทดสอบให้ปฏิบัติตาม มอก.281

2.6.2 คุณสมบัติ

(1) การอบสังกะสี น้ำหนักของสังกะสีที่อาบต้องเป็นไปตาม มอก.277-2532 ดังนี้

ตารางที่ 2.6.1 แสดงน้ำหนักของสังกะสีที่อาบ

ท่อเหล็กกล้าอาบสังกะสี	หน่วยเป็นกรัมต่อตารางเมตร	
	น้ำหนักของสังกะสีที่อาบ	
	ต่ำสุด	เฉลี่ยจากการทดสอบ 2 ครั้ง ไม่น้อยกว่า
ประเภท 1	ไม่กำหนด	400
ประเภท 2		
ประเภท 3		
ประเภท 4	490	550

(2) ความสม่ำเสมอของสังกะสีที่อาบ เฉพาะท่อเหล็กกล้าอาบสังกะสีประเภท 1 ประเภท 2 และประเภท 3 ต้องไม่มีคราบโลหะทองแดงหรือทองแดงเกาะอยู่บนชิ้นทดสอบหลังจากแช่ในสารละลาย 4 ครั้ง

(3) การติดแน่นของสังกะสี ต้องไม่มีสังกะสีหลุดลอกออกมาเป็นแผ่นจนเห็นเนื้อเหล็ก

2.6.3 ประเภท ขนาดและมิติ ของท่อเหล็กกล้าอาบสังกะสี

ที่ท่อเหล็กกล้าอาบสังกะสีทุกท่อน อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน และถาวร มอก.ได้กำหนดให้มีแถบสีกว้างประมาณ 5 ซม. แสดงบนตัวท่อเพื่อแสดงประเภทของท่อเช่นเดียวกับท่อเหล็กกล้า โดยแบ่งเป็น

(1) ประเภทที่ 1 ท่อเหล็กแบบมีตะเข็บ ผนึ่งท่อบาง แถบสีน้ำตาล จะมีความทนทานระดับต่ำ

(2) ประเภทที่ 2 ท่อเหล็กแบบมีตะเข็บ และแบบไม่มีตะเข็บ ผนึ่งท่อหนาปานกลาง แถบสีน้ำเงิน มีความทนทานระดับปานกลาง

(3) ประเภทที่ 3 ท่อเหล็กแบบมีตะเข็บ และแบบไม่มีตะเข็บ ผนึ่งท่อหนา แถบสีแดง มีความทนทานระดับสูง

(4) ประเภทที่ 4 ท่อเหล็กแบบมีตะเข็บ และแบบไม่มีตะเข็บ ผนึ่งท่อหนาพิเศษ แถบสีเขียว

2.6.4 ข้อต่อท่อ(Joint) และอุปกรณ์ท่อ(Fitting)

(1) ข้อต่อสำหรับใช้กับท่อเหล็กกล้าอาบสังกะสี ต้องเป็นชนิดต่อด้วยเกลียว โดยให้มีคุณสมบัติและความแข็งแรงเช่นเดียวกับตัวท่อ

(2) ต้องจัดให้มีข้อต่อ 1 ตัวต่อท่อ 1 ท่อน

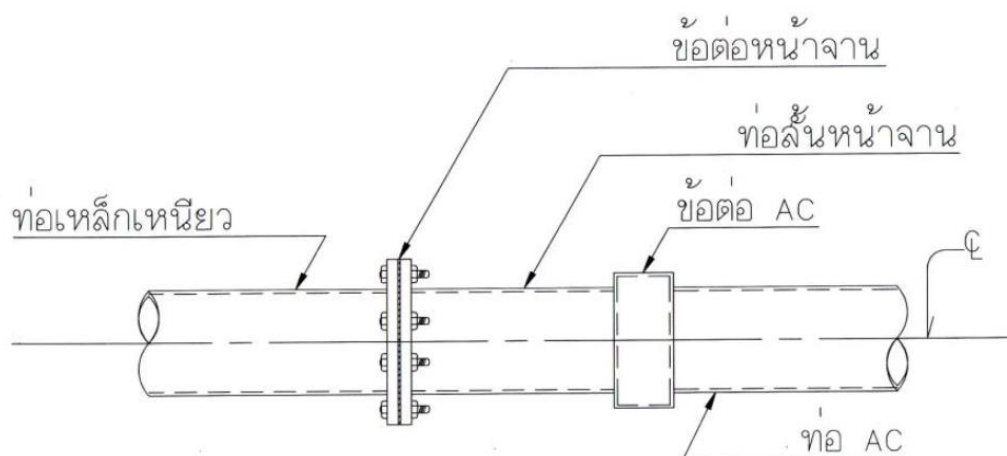
- (3) เกลียวท่อเหล็กกล้าอบสังกะสีให้มีคุณสมบัติตามมาตรฐาน มอก.281
 (4) อุปกรณ์ท่อเหล็กกล้าอบสังกะสี ต้องเป็นไปตามมาตรฐาน มอก.249

ตารางที่ 2.6.2 แสดงรายละเอียดของท่อเหล็กกล้าอบสังกะสี

ขนาดมาตรฐาน นิ้ว (In)	วงนอก มิล (mm)	น้ำหนัก					
		BS-S		BS-M		BS-H	
		ความหนา	น้ำหนัก	ความหนา	น้ำหนัก	ความหนา	น้ำหนัก
3/8"	17.1	1.8	4.0	2.35	5.1	-	-
1/2"	21.43	1.90	5.4	2.65	7.3	-	-
3/4"	26.99	2.05	7.4	2.65	9.5	3.25	11.4
1"	34.13	2.35	10.8	3.25	14.6	4.05	17.8
1 1/4"	42.86	2.45	14.4	3.25	18.8	4.05	23
1 1/2"	48.42	2.55	17.2	3.25	21.7	4.05	26.5
2"	60.33	2.60	22	3.65	30.6	4.50	37
2 1/2"	76.2	2.80	30	3.65	39	4.50	47
3"	88.9	2.95	37	4.05	51	4.85	61
4"	114.3	3.20	52	4.50	72	5.40	86
5"	139.7	-	-	4.85	97	5.40	107
6"	165.1	-	-	4.85	115	5.40	127

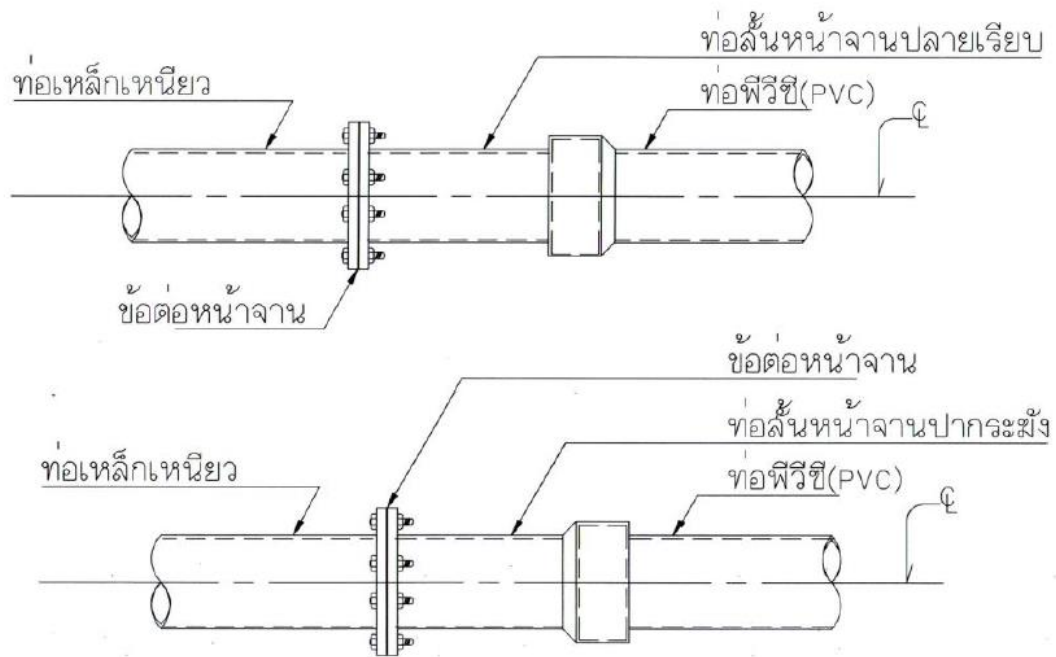
2.7 การบรรจุท่อต่างชนิด

2.7.1 การบรรจุท่อเหล็กเหนียวกับท่อ AC



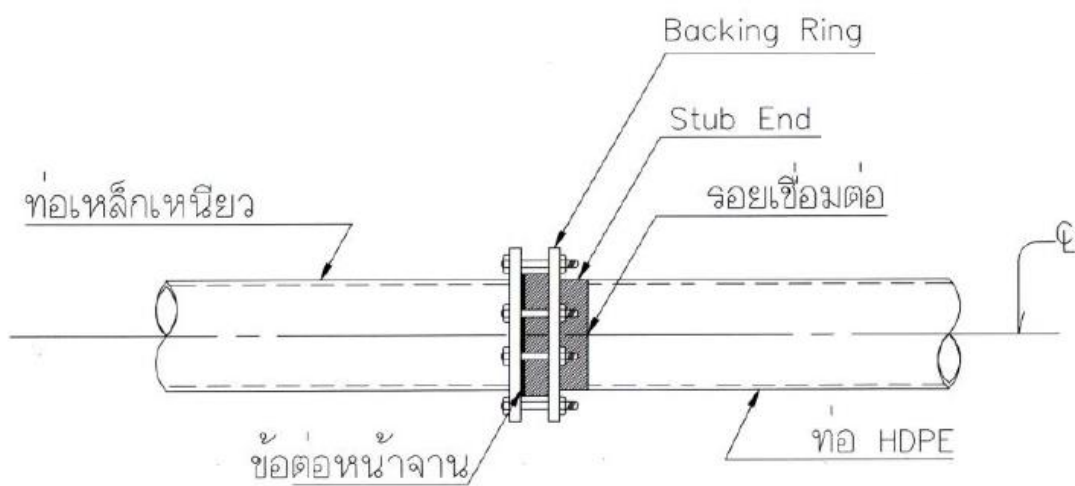
รูปที่ 2.7.1 การบรรจุท่อเหล็กเหนียวกับท่อ AC

2.7.2 การบรรจุท่อเหล็กเหนียวกับท่อพีวีซี (PVC)



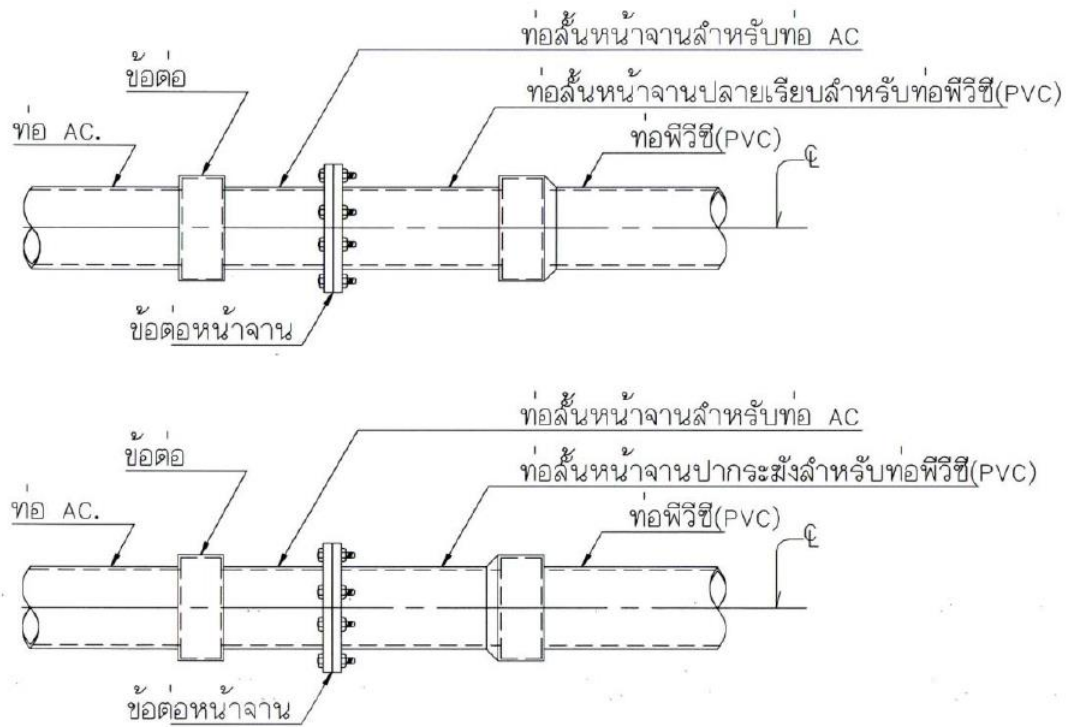
รูปที่ 2.7.2 การบรรจุท่อเหล็กเหนียวกับท่อพีวีซี (PVC)

2.7.3 การบรรจุท่อเหล็กเหนียวกับท่อ HDPE



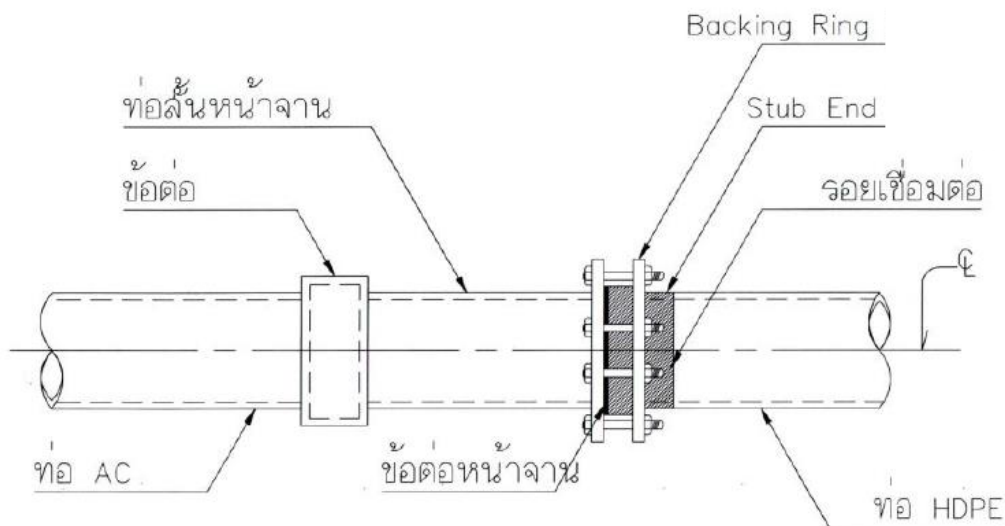
รูปที่ 2.7.3 การบรรจุท่อเหล็กเหนียวกับท่อ HDPE

2.7.4 การบรรจุท่อ AC กับท่อพีวีซี (PVC)



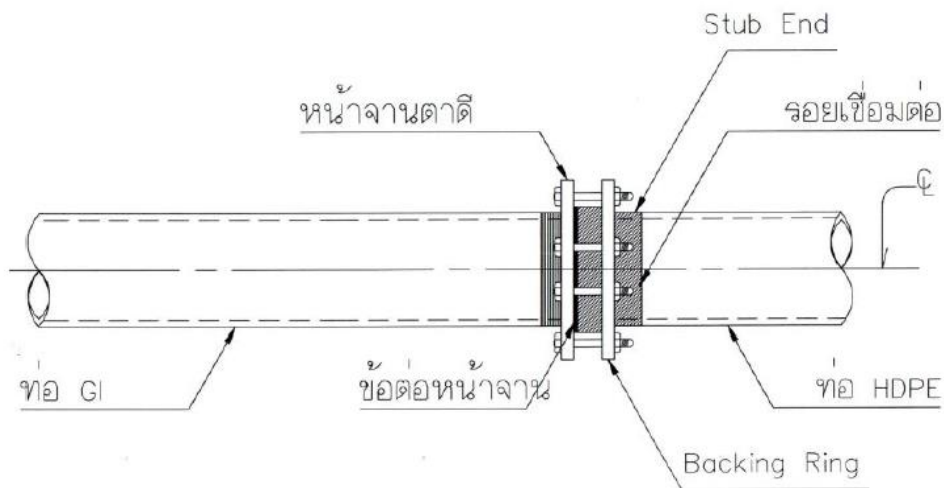
รูปที่ 2.7.4 การบรรจุท่อ AC กับท่อพีวีซี (PVC)

2.7.5 การบรรจุท่อ AC กับท่อ HDPE



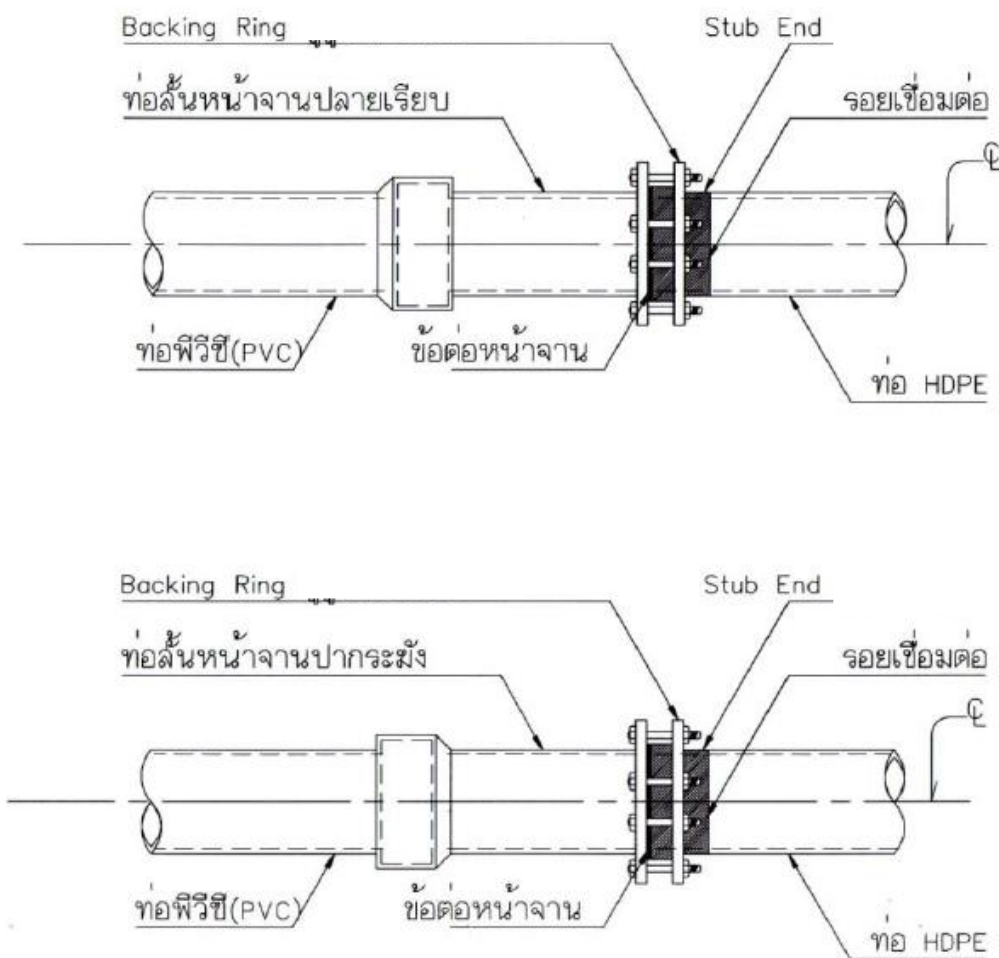
รูปที่ 2.7.5 การบรรจุท่อ AC กับท่อ HDPE

2.7.6 การบรรจุท่อเหล็กอาบสังกะสี กับท่อ HDPE



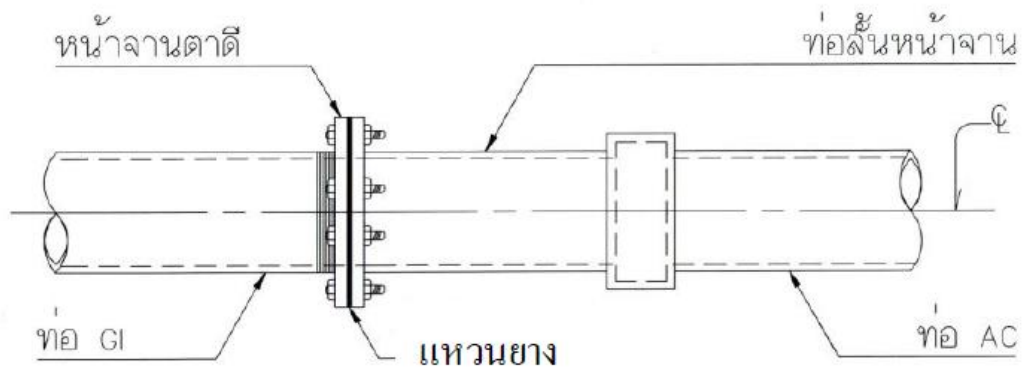
รูปที่ 2.7.6 การบรรจุท่อเหล็กอาบสังกะสี กับท่อ PE

2.7.7 การบรรจุท่อพีวีซี (PVC) กับท่อ HDPE



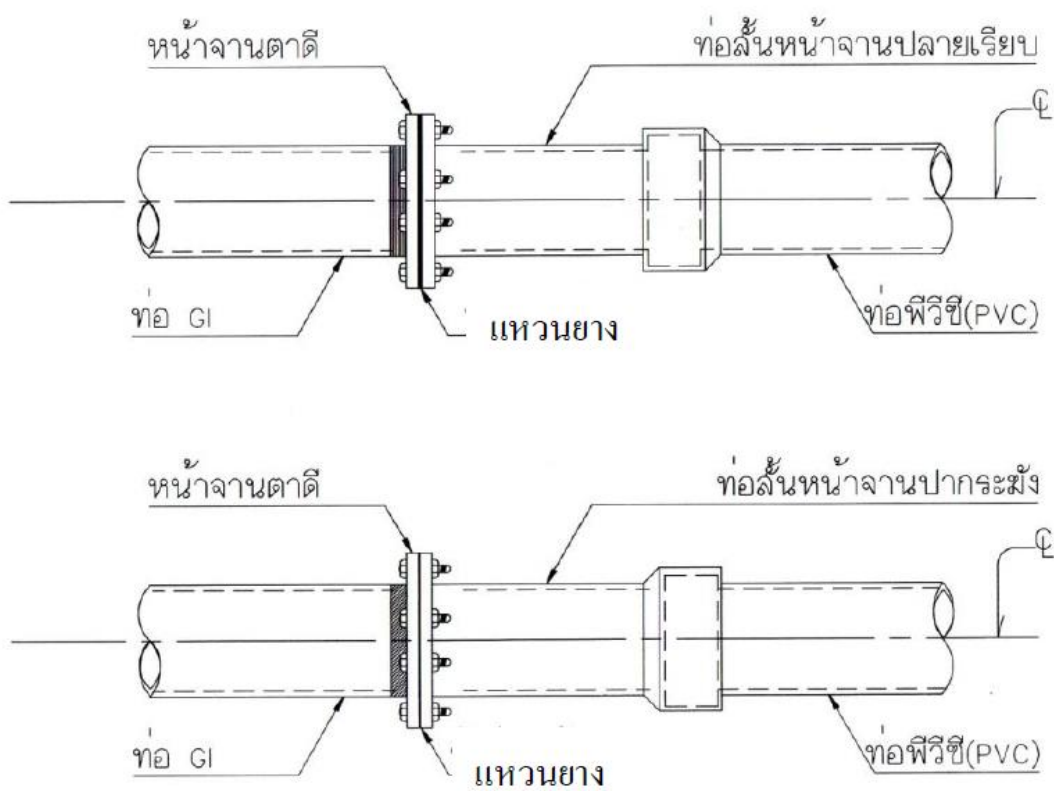
รูปที่ 2.7.7 การบรรจุท่อพีวีซี (PVC) กับท่อ HDPE

2.7.8 การบรรจุท่อเหล็กอาบสังกะสี (GI) กับท่อ AC



รูปที่ 2.7.8 การบรรจุท่อเหล็กอาบสังกะสี (GI) กับท่อ AC

2.7.9 การบรรจุท่อเหล็กอาบสังกะสี (GI) กับท่อพีวีซี (PVC)



รูปที่ 2.7.9 การบรรจุท่อเหล็กอาบสังกะสี (GI) กับท่อพีวีซี (PVC)

บทที่ 3

การออกแบบท่อส่งน้ำรับแรงดันและการเลือกใช้งาน

3.1 การคำนวณขนาดท่อ

การเลือกใช้ความเร็วของน้ำภายในท่อ จะพิจารณาจากแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์อัตราการไหลของน้ำ และการสูญเสียหัวน้ำในท่อ ซึ่งมีค่าความเร็วของน้ำภายในท่อเริ่มตั้งแต่ 0.30 เมตรต่อวินาที ถึง 5.00 เมตรต่อวินาที และมีขนาดของท่อตั้งแต่ 15 มม. ถึง 400 มม. แต่เนื่องจากความเร็วของน้ำภายในท่อ เป็นปฏิภาคตรงกับแรงดันของน้ำ ภายในท่อ เพื่อความปลอดภัยในการเลือกใช้งานท่อ และอุปกรณ์ต่างๆจากแรงดันที่เกิดขึ้นกรณีเกิดแรงกระแทกของน้ำ (Water Hammer) ดังนั้นความเร็วของน้ำภายในท่อจะกำหนดไม่เกิน 3.00 เมตรต่อวินาที ซึ่งขึ้นกับชนิด ของท่อ และอุปกรณ์ต่างๆ

การคำนวณขนาดท่อที่จะใช้ในแต่ละสายทั้งระบบ เมื่อได้วางแนวท่อแต่ละสายไปตามความเหมาะสมของภูมิประเทศแล้ว ก็สามารถคำนวณหาปริมาณน้ำในแต่ละช่วงของท่อสายแยกซอย สายซอย ตลอดจนสายท่อประธาน ซึ่งครอบคลุมพื้นที่โครงการ ดังนั้นท่อจึงมีขนาดใหญ่อลดหลั่นกันเป็นลำดับ จากท่อประธาน ท่อสายซอย และท่อสายแยกซอย สำหรับวิธีการคำนวณขนาดท่อจะพิจารณาจากปริมาณน้ำที่จะต้องไหลผ่านท่อนั้น ๆ พร้อมกับกำหนดค่าความเร็วจำกัดของท่อแต่ละชนิดในแต่ละสาย เช่น สายประธาน

$$\text{จากสูตร } Q = A V$$

$$\text{เมื่อ } Q = \text{ปริมาณน้ำ (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)}$$

$$A = \text{พื้นที่หน้าตัดท่อส่งน้ำ (ตารางเมตร)}$$

ในที่นี้

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$D = \text{ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ (เมตร)}$$

$$V = \text{ความเร็วของน้ำในท่อ (เมตรต่อวินาที)}$$

3.2 การสูญเสียจากความฝืดในระบบท่อ (Pipe friction losses)

การสูญเสียของพลังงานหรือ "หัว" (เฮด) ของการไหลในท่อ เกิดจากผลของความหนืดที่กระทำต่อพื้นผิวภายในของท่อที่เรียกว่า"การสูญเสียหลัก(major loss)" รวมกับการสูญเสียของพลังงานจากสิ่งกีดขวางในระบบท่อ ที่เรียกว่า"การสูญเสียรอง(minor loss)" เช่น ข้องอ ข้อต่อ วาล์ว ตะแกรงกรอง รวมกันกลายเป็น "การสูญเสียความฝืดรวม"

การสูญเสียหัวน้ำ การสูญเสียพลังงาน การเสียเฮดความฝืด (Head loss) ลักษณะการไหลของของเหลวภายในท่อจะเป็นการไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent Flow) ซึ่งการเสียเฮด(Head) จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกำลังสองของความเร็วในการไหลโดยประมาณ การหาค่าความฝืดจากการไหลของน้ำในท่อตรง และมีความยาวจากการคำนวณในกรณีที่เหมาะสมๆกัน เปรียบเทียบโดยใช้สมการของ Darcy-weisbach, Hazen-Williams,

Manning พบว่า ค่าของการสูญเสียพลังงาน(h_f) ที่คำนวณโดยใช้สมการของ Hazen-Williams ให้ค่ามากที่สุด จึงปลอดภัยในการนำค่าการสูญเสียพลังงาน(h_f) ไปคิดหาปริมาณน้ำในการไหล และเลือกขนาดท่อและอุปกรณ์

การคำนวณการสูญเสียพลังงานในเส้นท่อของระบบทั้งหมด ชนิดของการสูญเสียพลังงานในท่อ เนื่องจากความต้านทานต่างๆ จะแบ่งออกเป็นสองประเภทดังนี้

(1) การสูญเสียหลัก(Major Loss) โดยปกติการสูญเสียหลักจะเกิดขึ้นจากความเสียดทานของผิวท่อ ขนาดของท่อ ความเร็วในการไหลและความยาวท่อ ถ้าผิวท่อขรุขระ ความยาวท่อ และความเร็วในการไหลสูง การสูญเสียพลังงานจะสูงตามไปด้วย แต่การสูญเสียพลังงานจะลดลงถ้าท่อมีขนาดโตขึ้นสำหรับท่อกลมซึ่งเป็นท่อที่ใช้ในงานวิศวกรรมเป็นส่วนใหญ่ ค่าการสูญเสียหลักในท่อชนิดดังกล่าวสามารถหาได้จากสูตร

-การออกแบบโดยสูตรการไหลของ Darcy-Weisbach

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

เมื่อ h_f = การสูญเสียหลัก (เมตร)
 f = แฟคเตอร์ของความเสียดทาน จาก Moody Diagram
 L = ความยาวของท่อ (เมตร)
 D = เส้นผ่าศูนย์กลางภายในของท่อ (เมตร)
 V = ความเร็วในการไหล (เมตรต่อวินาที)
 g = อัตราเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก (เมตรต่อวินาที²)

ค่า Friction Factor (f) นี้จะสัมพันธ์กับค่า Reynolds Number

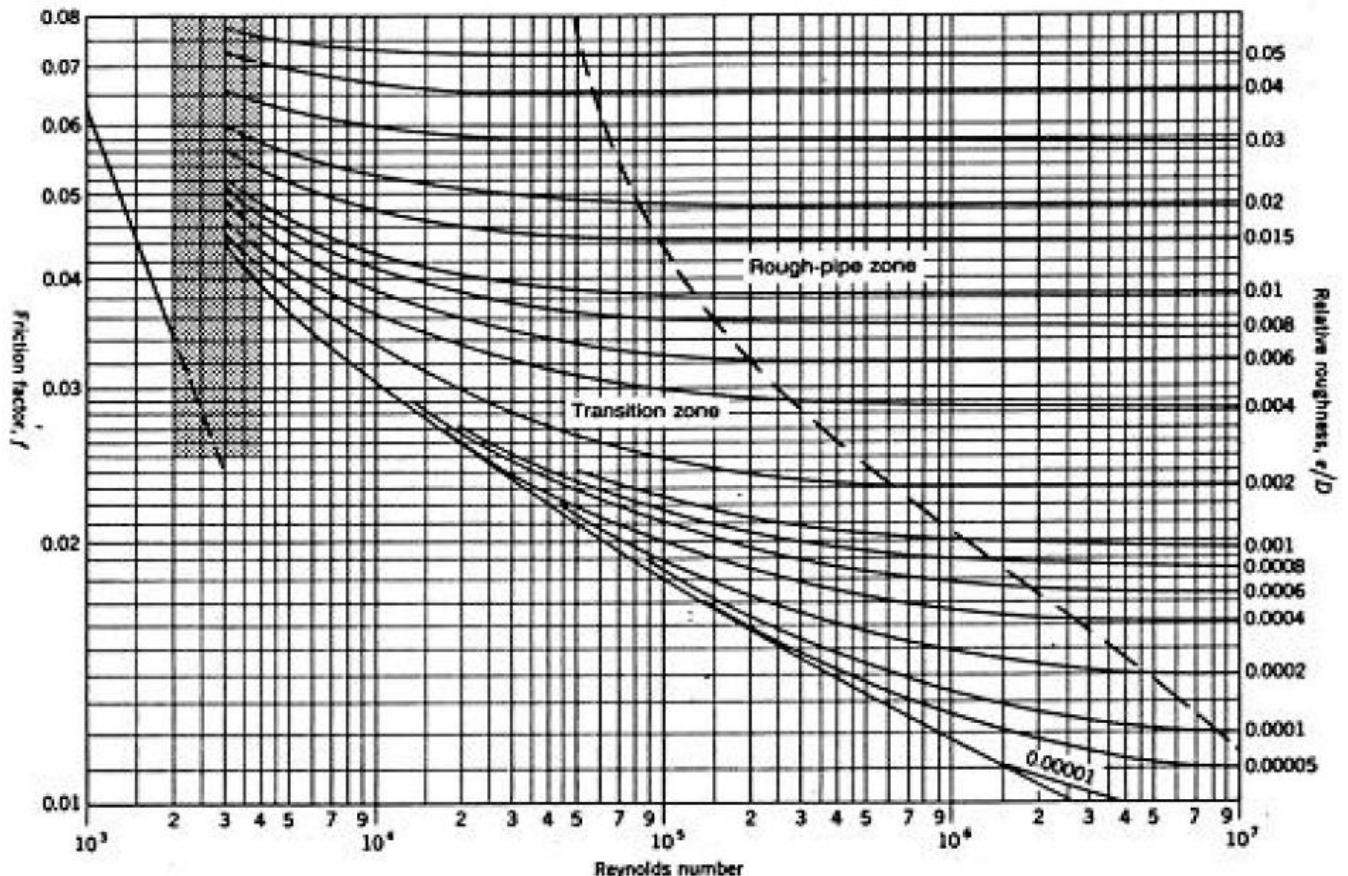
$$f = \frac{1.325}{\left[-\ln \left(\frac{\epsilon}{3.7D} + \frac{5.74}{N_R^{0.9}} \right) \right]^2}$$

$$N_R = \text{Reynolds Number} = \frac{4Q}{\pi D v}$$

ϵ = ความขรุขระของท่อ (Relative Roughness) ϵ

ตารางที่ 3.2.1 ค่า Relative Roughness (ϵ) หน่วย : มม.

ชนิดของท่อ	ϵ
ท่อเหล็กเหนียว	0.046
ท่อเหล็กอาบสังกะสี	0.15
ท่อคอนกรีต	0.3-3
HDPE GRP	0.0015
ท่อ PVC AC	0.0015



รูปที่ 3.2.1 กราฟของ Moody Diagram

-การออกแบบโดยสูตรการไหลของ Hazen-Williams

การคำนวณหาการสูญเสียหัวน้ำ (Head Loss) อันเกิดเนื่องจากความเสียดทานของน้ำกับผิวสัมผัสภายในของท่อในการไหล ภายใต้แรงดันโดยทั่วไป นิยมใช้สมการของ Hazen-Williams เนื่องจากการใช้ค่อนข้างสะดวก และให้ค่าที่น่าเชื่อถือ ในการนำไปใช้กรณีที่ท่อมีความยาวมากๆ เช่น ระบบท่อส่งน้ำชลประทานรับแรงดัน โดยมีข้อจำกัดว่า ผลจากการคำนวณจะได้ค่า Re(Reynolds number) ที่ดีในช่วง 50,000 ถึง 150,000 โดยท่อต้องมีเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เล็กกว่า 50 มม. และความเร็วกการไหลในท่อต้องไม่เกิน 3 เมตรต่อวินาที โดยมีรูปแบบของสูตรเป็นสมการ คือ

สูตรการไหลของ Hazen-Williams

$$V = 4.57 \times 10^{-3} \times C D^{0.63} S^{0.54}$$

$$Q = 3.59 \times 10^{-6} \times C D^{2.63} S^{0.54}$$

ในเมื่อ

V = ความเร็วเฉลี่ยของน้ำ (Mean Velocity of Flow) มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที

C = สัมประสิทธิ์การไหลของ Hazen-Williams

D = เส้นผ่าศูนย์กลางภายในของท่อกลม มีหน่วยเป็น มม.

S = ความชันของเส้นพลังงาน Slope of Energy Gradient or Hydraulic Gradient = h_f / L

h_f = การสูญเสียหัวน้ำ (Head Loss) มีหน่วยเป็น เมตร

L = ความยาวของท่อ (Extended Length of pipe) มีหน่วยเป็น เมตร

Q = อัตราการไหลของน้ำ (Flow Rate) มีหน่วยเป็น ลิตรต่อวินาที

ตารางที่ 3.2.2 ค่าสัมประสิทธิ์ C ของสูตร Hazen-Williams สำหรับท่อชนิดต่างๆ

ลักษณะผิว	Surface	Absolute Roughness - k (ε)		Hazen-Williams Coefficient : C
		(m)	(feet)	
ทองแดง, ตะกั่ว, ทองเหลือง, อลูมิเนียม, (ใหม่)	Copper, Lead, Brass, Aluminum (new)	$1.0 - 2.0 \times 10^{-6}$	$3.3 - 6.7 \times 10^{-6}$	130
ท่อพีวีซี ท่อพลาสติก, ท่อแก้ว	PVC, Plastic and Glass Pipes	$1.5 - 7.0 \times 10^{-6}$	$0.5 - 2.33 \times 10^{-5}$	150
ท่ออีพ็อกซี, ไวนิลเอสเตอร์	Epoxy, Vinyl Ester	5.2×10^{-6}	1.7×10^{-5}	140
เหล็กกล้าไร้สนิม	Stainless steel	1.52×10^{-5}	5×10^{-5}	130
ท่อเหล็กเชิงพาณิชย์	Steel commercial pipe	$4.5 - 9.14 \times 10^{-5}$	$1.5 - 3 \times 10^{-4}$	100
เหล็กยืด	Stretched steel	1.52×10^{-5}	5×10^{-5}	140
เหล็กผิวเชื่อม	Weld steel	4.5×10^{-5}	1.5×10^{-4}	100
เหล็กชุบสังกะสี	Galvanized steel	1.52×10^{-4}	5×10^{-4}	120
เหล็กมีสนิม (ถูกกัดกร่อน)	Rusted steel (corrosion)	$1.52 - 4.0 \times 10^{-4}$	$5 - 13.3 \times 10^{-4}$	120
เหล็กหล่อใหม่	New cast iron	$2.44 - 8.23 \times 10^{-4}$	$8 - 27 \times 10^{-4}$	130
เหล็กหล่อสึกกร่อน	Worn cast iron	$8.23 - 15.2 \times 10^{-4}$	$2.7 - 5 \times 10^{-3}$	89 - 100
เหล็กหล่อเป็นสนิม	Rusty cast iron	$1.52 - 2.5 \times 10^{-3}$	$5 - 8.3 \times 10^{-3}$	64 - 83
เหล็กแผ่น หรือถูกเคลือบผิวด้วยแอสฟัลท์	Sheet or asphalted cast iron	$1.0 - 1.52 \times 10^{-5}$	$3.33 - 5 \times 10^{-5}$	130 - 140
คอนกรีตฉาบผิวเรียบ	Smoothed cement	3.05×10^{-4}	1×10^{-3}	130
คอนกรีตผิวธรรมดา	Ordinary concrete	$0.3 - 1.0 \times 10^{-3}$	$1 - 3.33 \times 10^{-3}$	120
คอนกรีตผิวหยาบ	Coarse concrete	$0.3 - 5.0 \times 10^{-3}$	$1 - 16.7 \times 10^{-3}$	100 - 110
ไม้สไลผิวเรียบ	Well planed wood	$1.83 - 9.4 \times 10^{-4}$	$6 - 30 \times 10^{-4}$	89 - 100

(2) การสูญเสียรอง (Minor Loss) หมายถึงการสูญเสียพลังงานเนื่องจากการไหลในท่อ เมื่อของไหลผ่านทางเข้าข้อต่อชนิดต่างๆ ข้องอ ประตูน้ำ ฯลฯ ปกติถ้าท่อมีความยาวมาก เช่น ในระบบท่อประปา การชลประทาน ระบบท่อ ค่าการสูญเสียรองนี้จะมีค่าของการสูญเสียย่อย เมื่อเปรียบเทียบกับ การสูญเสียหลัก แต่ถ้าท่อที่มีความยาวไม่มากนัก มีข้อต่อ ข้องอ หลายแห่งตามสภาพภูมิประเทศแล้ว ค่าการสูญเสียรองก็จะมีค่ามากเช่นกัน ค่าการสูญเสียรองหาได้จากสูตร

$$h_m = K \frac{V^2}{2g}$$

เมื่อ

h_m = การสูญเสียรอง (เมตร)

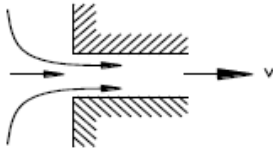
K = สัมประสิทธิ์ของการสูญเสียพลังงานรองในท่อ

V = ความเร็วในการไหล (เมตรต่อวินาที)

g = อัตราเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก (เมตรต่อวินาที²)

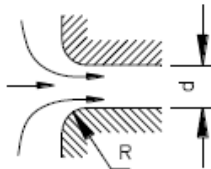
Use the equation $h_v = k \frac{v^2}{2g}$ unless otherwise indicated. Energy loss E_L equals h_v head loss in feet

1. **Perpendicular square entrance:**



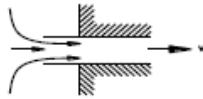
$$k = 0.50 \text{ if edge is sharp}$$

2. **Perpendicular rounded entrance:**



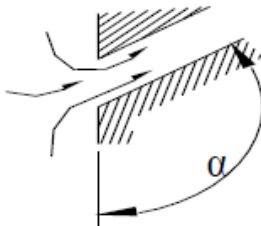
$R/d =$	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4
$k =$	0.25	0.17	0.08	0.05	0.04

3. **Perpendicular reentrant entrance:**



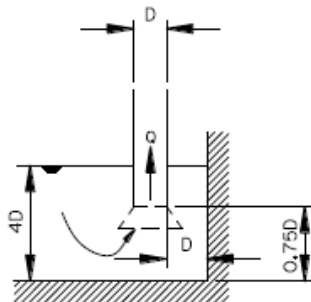
$$k = 0.8$$

4. **Additional loss due to skewed entrance:**



$$k = 0.505 + 0.303 \sin \alpha + 0.226 \sin^2 \alpha$$

5. **Suction pipe in sump with conical mouthpiece:**



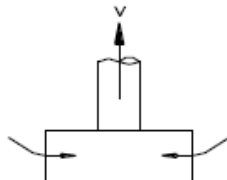
$$E_L = D + \frac{5.6Q}{\sqrt{2g} D^{1.5}} + \frac{v^2}{2g}$$

Without mouthpiece:

$$E_L = 0.53D + \frac{4Q}{\sqrt{2g} D^{1.5}} + \frac{v^2}{2g}$$

Width of sump shown: $3.5 D$

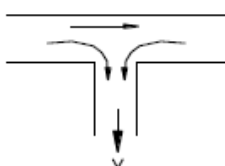
6. **Strainer bucket:**



$$k = 10 \text{ with foot valve}$$

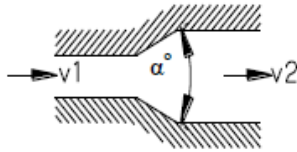
$$k = 5.5 \text{ without foot valve}$$

7. **Standard Tee, Entrance to minor line**



$$k = 1.8$$

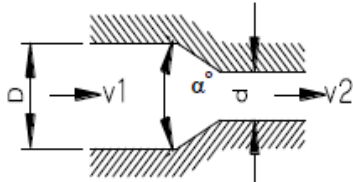
8.

**Confusor:**

$$E_L = k(v_1^2 - v_2^2)/2g$$

$\alpha^\circ =$	20	40	60	80
$k =$	0.20	0.28	0.32	0.35

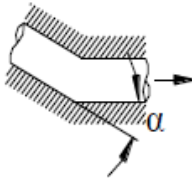
9.

**Diffuser:**

$$E_L = k(v_1^2 - v_2^2)/2g$$

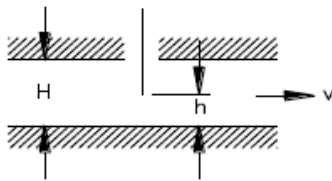
$\alpha^\circ =$	6	10	20	40	60	80	100	120	140
k for									
$D = 3d$	0.12	0.16	0.39	0.80	1.0	1.06	1.04	1.04	1.04
$D = 1.5d$	0.12	0.16	0.39	0.96	1.22	1.16	1.10	1.06	1.04

10.

**Sharp elbow:**

$$k = 67.6 \times 10^{-6} (\alpha^\circ)^{2.17}$$

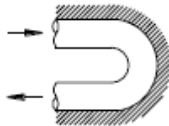
11.

**Sluice gate in rectangular conduit:**

$$k = 0.3 \cdot 1.9 \left[\left(\frac{1}{n} \right) - n \right]^2$$

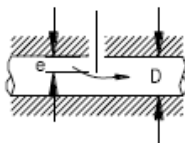
where $n = h/H$

12.

**Close return bend:**

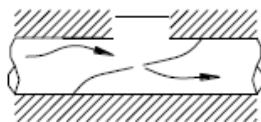
$$k = 2.2$$

13.

**Gate valve:**

$e/D =$	0	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8
$k =$	0.15	0.26	0.81	2.06	5.52	17.0	97.8

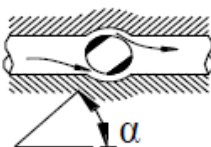
14.

**Globe valve**

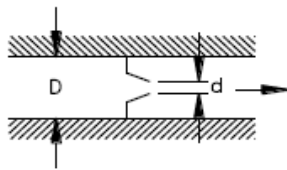
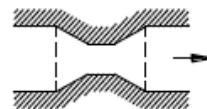
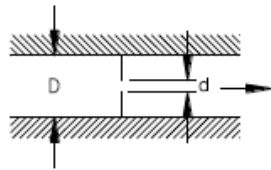
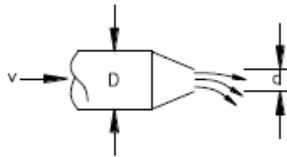
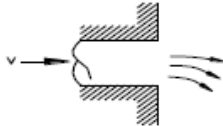
$$k = 10 \quad \text{when fully open}$$

fully open

15.

**Rotary valve**

$\alpha^\circ =$	5	10	20	30	40	50	60	70	80
$k =$	0.05	0.29	1.56	5.47	17.3	52.6	206	485	∞

16.		Measuring nozzle: $E_L = 0.3 \Delta p$ for $d = 0.8D$ $E_L = 0.3 \Delta p$ for $d = 0.2D$ where Δp is the measured pressure drop								
17.		Venturi meter: $E_L = 0.1 \Delta p$ to $0.2 \Delta p$ where Δp is the measured pressure drop								
18.		Measuring orifice, square edged: $E_L = \Delta p (1 - (\frac{d}{D})^2)$ where Δp is the measured pressure drop								
19.		Confusor outlet: <table border="1"><tr><td>$d/D = 0.5$</td><td>0.6</td><td>0.8</td><td>0.9</td></tr><tr><td>$k = 5.5$</td><td>4</td><td>2.55</td><td>1.1</td></tr></table>	$d/D = 0.5$	0.6	0.8	0.9	$k = 5.5$	4	2.55	1.1
$d/D = 0.5$	0.6	0.8	0.9							
$k = 5.5$	4	2.55	1.1							
20.		Exit from pipe into reservoir: $k = 1.0$								

รูปที่ 3.2.2 สัมประสิทธิ์ของการสูญเสียพลังงานรองในท่อ

3.3 การคำนวณหาค่า Water Hammer ในเส้นท่อแต่ละช่วงท่อ

การคำนวณหาค่า Water Hammer ในเส้นท่อแต่ละช่วงท่อ เพื่อนำไปพิจารณาชั้นคุณภาพของท่อ รับแรงดันที่เหมาะสม การกระทบของน้ำอันเนื่องมาจากความดันที่เกิดขึ้นเมื่อน้ำที่เคลื่อนตัวอยู่ภายใน ถูกทำให้หยุดลงอย่างกะทันหัน เช่น เมื่อประตูน้ำ (Valve) ที่ปลายท่อซึ่งมีน้ำอยู่เต็ม ถูกปิดโดยทันที น้ำที่ไหลอยู่ในท่อจะหยุดอย่างกะทันหัน และความเร็วในการไหลลดลงอย่างรวดเร็ว พลังงานจลน์ที่สะสมไว้ในน้ำ จะแปลงรูปเป็นความดันสูงที่ด้านหลังของประตูน้ำ และน้ำจะอัดตัวพยายามขยายตัวท่อให้กว้างขึ้น ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า Water Hammer หรืออีกนัยหนึ่ง Water Hammer จะเกิดขึ้นในระบบท่อ เมื่อน้ำที่เคลื่อนตัวอยู่ภายในเกิดการเปลี่ยนแปลงความเร็ว เพื่อที่จะรักษา Momentum ภายในเส้นท่อให้มีค่าคงเดิม ดังนั้นส่วนหนึ่งของพลังงานจลน์ของน้ำจะเปลี่ยนไปเป็นพลังงานศักย์ และในที่สุดจะสูญเสียไปกับความเสียดทานในน้ำ หรือผนังท่อเพื่อที่จะทำให้ความดันมีค่าคงเดิมโดยหลักทั่วไป Water Hammer เกิดจากสาเหตุต่างๆดังนี้

- การเปิด และปิด สนิทหรือเป็นบางส่วนของประตูน้ำ (Valve)
- การเริ่มต้น และการหยุดของเครื่องสูบน้ำ
- การเปลี่ยนแปลงความเร็วของ Turbine
- การเปลี่ยนระดับของแหล่งน้ำ
- ปฏิกิริยาการเคลื่อนของแหล่งน้ำ (Reservoir Water Action)

แรงดันในเส้นท่อสูงสุดที่เพิ่มขึ้นจากแรงดันเดิมโดยมีสาเหตุมาจาก Water Hammer คำนวณได้จากสมการดังนี้

$$P = \rho (V V_w) \dots \dots \dots (1)$$

โดย

P = แรงดันสูงสุดที่เพิ่มขึ้นจากระดับความดันเดิม (นิวตันต่อตารางเมตร (N/m^2))

หรือ $= (\rho (V V_w)) \times 10^{-5}$ (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)

ρ = ความหนาแน่นของน้ำ เป็น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

V = ความเร็วของการไหลในเส้นท่อ เป็น (เมตรต่อวินาที)

K = โมดูลัสของความยืดหยุ่น (Elasticity of Modulus) ของน้ำเป็น (นิวตันต่อตารางเมตร (N/m^2))

D = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ เป็น (มม.)

E = โมดูลัสของความยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) ของวัสดุที่ใช้ทำท่อเป็น (นิวตันต่อตารางเมตร (N/m^2))

t = ความหนาแน่นของผนังท่อ เป็น (มม.)

V_w = ความเร็วของคลื่นความดัน (Pressure Wave) เป็นเมตรต่อวินาที

ที่เกิดขึ้นภายในท่อกำนวณโดยสูตร

$$V_w = 1485 \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{Kd}{Et}}} \dots \dots \dots (2)$$

สมการ (2) แทนใน (1)

$$P = 1485 \rho \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{Kd}{Et}}} \dots \dots \dots (3)$$

ตารางที่ 3.3.1 ความเร็วของน้ำในท่อสำหรับการออกแบบระบบท่อส่งน้ำรับแรงดัน

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	ความเร็ว(เมตรต่อวินาที)	ความเร็วเฉลี่ย (เมตรต่อวินาที)
50 ถึง 150	0.50 ถึง 0.10	0.75
200 ถึง 400	0.70 ถึง 1.50	1.10
400 ถึง 800	1.20 ถึง 1.80	1.50
900 ถึง 1,600	1.30 ถึง 2.00	1.65

อัตราส่วน K/E สำหรับการไหลของน้ำในท่อที่ทำด้วยวัสดุต่างๆ ถ้าให้ L เป็นความยาวของท่อจากจุดที่ติดตั้งประตุน้ำไปถึงจุดที่จ่ายน้ำเข้าท่อเป็นเมตร ความดันที่เกิดขึ้นโดย Water Hammer จะมีค่าสูงสุดเท่ากับที่คำนวณได้โดยสมการ (3) ถ้าปิดประตุน้ำโดยใช้เวลาไม่เกินเวลาวิกฤติ (Critical Time) T_c (วินาที)

$$T_c = 2 \frac{L}{V_w} \dots\dots\dots (4)$$

ในกรณีที่ปิดประตูน้ำโดยใช้เวลามากกว่า T_c ความดันเนื่องจาก Water Hammer ที่เกิดขึ้นจะหาได้จาก

$$P_a = \frac{T_c}{t_a} P \dots\dots\dots (5)$$

โดย P_a = เป็นความดันในท่อเมื่อปิดประตูน้ำ (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)

โดยใช้เวลา t_a = เป็นเวลาที่ใช้ปิดประตูน้ำ เป็น (วินาที)

P = เป็นความดันที่คำนวณโดยใช้สมการ (3)

ตารางที่ 3.3.2 อัตราส่วน K/E สำหรับการไหลของน้ำในท่อที่ทำด้วยวัสดุต่างๆ

วัสดุที่ใช้ทำท่อ	$\frac{K}{E}$
เหล็กแผ่น	0.010
เหล็ก	0.025
คอนกรีต	0.100
ไม้	0.020
ซีเมนต์ไยหิน	0.088
ท่อPVCและHDPE	0.070

3.4 ตัวอย่างการคำนวณ

โครงการชลประทานแห่งหนึ่ง มีพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมด 1,950 ไร่ มีการวางท่อส่งน้ำสายใหญ่ ยาว 1,300 เมตร มีท่อสายซอยฝังซ้ายยาว 600 เมตร และท่อสายซอยฝังขวายาว 900 เมตร ปริมาณน้ำที่ส่งใช้ค่าชลประทานเท่ากับ 0.18 ลิตรต่อวินาทีต่อไร่ โดยกำหนดให้ พื้นที่ของสายซอยฝังซ้าย 600 ไร่ พื้นที่ของสายซอยฝังขวา 700 ไร่ พื้นที่ส่งน้ำสายใหญ่ช่วง กม. 0+000 ถึง กม. 0+600 จำนวน 250 ไร่ พื้นที่ส่งน้ำสายใหญ่ช่วง กม. 0+600 ถึง 0+900 จำนวน 150 ไร่ พื้นที่ส่งน้ำสายใหญ่ช่วง กม. 0+900 ถึง 1+300 จำนวน 250 ไร่ โดยมีแรงดันน้ำเริ่มต้นที่ 20.00 เมตร อยู่ในระดับ + 90.00 เมตร โดยแรงดันน้ำที่สายซอยฝังขวาต้องการ อยู่ในระดับ + 79.62 เมตร แรงดันน้ำที่สายซอยฝังซ้าย ต้องการอยู่ระดับ + 83.00 เมตร จงคำนวณหาขนาดท่อส่งน้ำสายใหญ่ที่สามารถส่งน้ำให้พื้นที่เพาะปลูกได้ทั้งระบบ

วิธีทำ เลือกใช้ท่อเหล็กเหนียวในช่วงต้น (เพราะเป็นท่อขนาดใหญ่) ค่า $C = 120$

จากสมการของ Hazen-Williams

$$Q = 3.59 \times 10^{-6} \times C D^{2.63} \left(\frac{h_f}{L} \right)^{0.54}$$

เมื่อ Q มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที และ D มีหน่วยเป็น เมตร
จะได้สูตรการสูญเสียหัวน้ำ (Head Loss)

$$h_f = \frac{10.675 L Q^{1.852}}{C^{1.852} D^{4.8704}}$$

เริ่มต้นออกแบบท่อสายใหญ่ กม. 0+000 ถึง กม. 0+600

ปริมาณน้ำที่ส่งใช้ค่าชลประทานเท่ากับ 0.18 ลิตรต่อวินาทีต่อไร่ มีพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมด 1,950 ไร่

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณน้ำที่ต้องการส่ง} &= \frac{1950 \times 0.18}{1000} \\ &= 0.351 \quad \text{ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที} \end{aligned}$$

กำหนดความเร็วในท่อส่งอยู่ระหว่าง 1 - 2 เมตรต่อวินาที

หาขนาดท่อ $Q = AV$

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

สมมติ $D = 0.80$ เมตร

$$\begin{aligned} &= \frac{\pi(0.8)^2}{4} \\ &= 0.503 \quad \text{ตารางเมตร} \end{aligned}$$

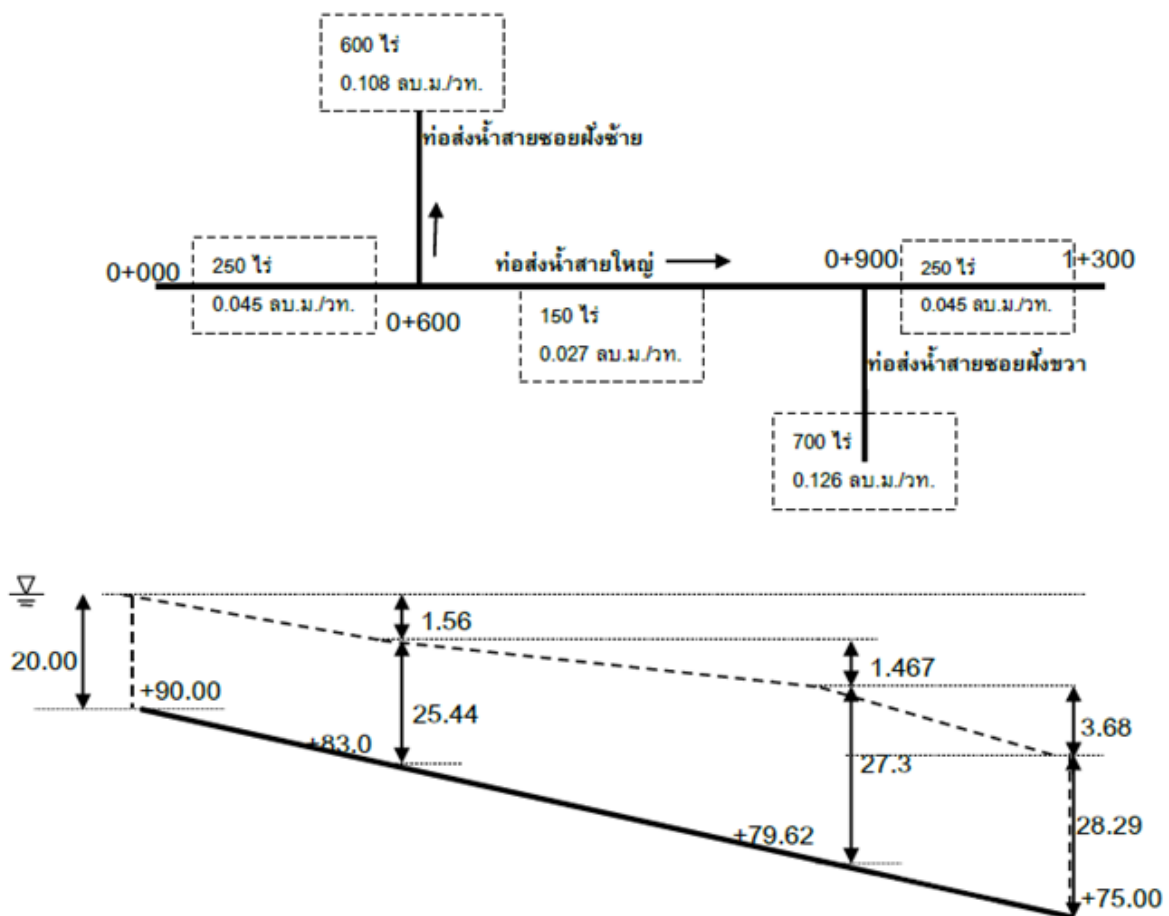
$$\begin{aligned} V &= \frac{0.351}{0.503} \\ &= 0.698 \quad \text{เมตรต่อวินาที} \end{aligned}$$

V น้อยไป กำหนด D ใหม่

เป็น $D = 0.60$ เมตร

จะได้ $A = 0.283$ ตารางเมตร

ได้ $V = 1.24$ เมตรต่อวินาที ใช้ได้



รูปที่ 3.4.1 การสูญเสียหัวน้ำ (Head Loss) ของน้ำภายในท่อ

หา h_f ของช่วง กม. 0+00 ถึง 0+600

$$\begin{aligned} \text{ได้เท่ากับ} &= \frac{10.675LQ^{1.852}}{C^{1.852}D^{4.8704}} \\ &= \frac{10.675 \times 600 \times 0.351^{1.852}}{120^{1.852} \times 0.60^{4.8704}} \\ &= 1.56 \quad \text{เมตร} \end{aligned}$$

ค่าความดันเริ่มต้นระดับ+90.00 = 20.0 เมตร

$$\begin{aligned} \text{ค่าความดันที่ กม.0+600 ของท่อส่งน้ำสายใหญ่} &= 20.0 + 7 - 1.5 \quad \text{เมตร} \\ &= 25.44 \quad \text{เมตร} \end{aligned}$$

ท่อส่งน้ำสายขอยฝั่งซ้ายที่ กม.0+600 ของท่อส่งน้ำสายใหญ่ ระดับ+83.0 ตลอดความยาวท่อ 600 เมตร พื้นที่ส่งน้ำ 600 ไร่ เลือกใช้ท่อพีวีซี(PVC) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 300 มม. ค่า $C=140$ ปริมาณน้ำที่ส่งใช้ค่าชลหาระเท่าเท่ากับ 0.18 ลิตรต่อวินาทีต่อไร่

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณน้ำที่ต้องการส่ง} &= \frac{600 \times 0.18}{1000} \\ &= 0.108 \quad \text{ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที} \end{aligned}$$

หาขนาดท่อ

$$Q = AV$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

สมมติ $D = 0.30$ เมตร

$$\begin{aligned} &= \frac{\pi(0.3)^2}{4} \\ A &= 0.071 \quad \text{ตารางเมตร} \\ V &= \frac{0.108}{0.071} \\ &= 1.53 \quad \text{เมตรต่อวินาที ใช้ได้} \\ h_f &= \frac{10.675 \times 600 \times 0.108^{1.852}}{140^{1.852} \times 0.30^{4.8704}} \\ &= 3.87 \quad \text{เมตร} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ค่าความดันที่ กม.0+600 ของท่อส่งน้ำสายใหญ่} &= 25.44 > 3.87 \quad \text{เมตร ใช้ได้} \end{aligned}$$

การออกแบบท่อช่วง กม. 0+600 ถึง กม. 0+900

ปริมาณน้ำ ที่ส่งใช้ค่าชลหาระเท่าเท่ากับ 0.18 ลิตรต่อวินาทีต่อไร่

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณน้ำที่ต้องการใช้คือ} &= \left(\frac{1950 - 600 - 250}{1000} \right) 0.18 \\ &= 0.198 \quad \text{ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที} \end{aligned}$$

เลือกใช้ท่อพีวีซี(PVC) ค่า $C = 140$

สมมติ ขนาดท่อ $D = 0.40$ เมตร

$$\text{ได้} \quad A = 0.126 \quad \text{ตารางเมตร}$$

$$\text{ได้} \quad V = \frac{0.198}{0.126} = 1.571 \quad \text{เมตรต่อวินาที ใช้ได้}$$

หา h_f ช่วง กม. 0+600 ถึง กม 0+900

$$= \frac{10.675LQ^{1.852}}{C^{1.852}D^{4.8704}}$$

$$= \frac{10.675 \times 300 \times 0.198^{1.852}}{140^{1.852} \times 0.40^{4.8704}}$$

$$h_f = 1.467 \quad \text{เมตร}$$

ค่าความดันเริ่มต้นระดับ = 20.0 เมตร

ค่าความดันที่ กม.0+900 ของท่อส่งน้ำสายใหญ่

$$= 20.0 + 10.38 - 1.56 - 1.467 \quad \text{เมตร}$$

$$= 27.353 \quad \text{เมตร}$$

ท่อส่งน้ำสายขอยฝั่งขวาที่ กม.0+900 ของท่อส่งน้ำสายใหญ่ ระดับ+79.62 ตลอดความยาวท่อ 900 เมตร

พื้นที่ส่งน้ำ 700 ไร่เลือกใช้ท่อพีวีซี(PVC) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 300 มม. ค่า $C = 140$

ปริมาตรน้ำที่ส่งใช้ค่าชลหาระเท่ากับ 0.18 ลิตรต่อวินาทีต่อไร่

ปริมาณน้ำที่ต้องการส่ง

$$= \frac{700 \times 0.18}{1000}$$

$$= 0.126 \quad \text{ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที}$$

หาขนาดท่อ

$$Q = AV$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

สมมติ $D = 0.30$ เมตร

$$= \frac{\pi(0.3)^2}{4}$$

$$A = 0.071 \quad \text{ตารางเมตร}$$

$$V = \frac{0.126}{0.071}$$

$$= 1.77 \quad \text{เมตรต่อวินาที ใช้ได้}$$

$$h_f = \frac{10.675 \times 900 \times 0.126^{1.852}}{140^{1.852} \times 0.30^{4.8704}}$$

$$= 7.735 \quad \text{เมตร}$$

ค่าความดันที่ กม.0+600 ของท่อส่งน้ำสายใหญ่

$$= 27.35 > 7.735 \quad \text{เมตร ใช้ได้}$$

ออกแบบช่วง กม.0+900 ถึง กม. 1+300

ปริมาตรน้ำที่ส่งใช้ค่าชลหาระเท่ากับ 0.18 ลิตรต่อวินาทีต่อไร่

ปริมาณน้ำที่ต้องการ

$$= \left(\frac{1950 - 600 - 250 - 700 - 150}{1000} \right) 0.18$$

$$= 0.045 \quad \text{ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที}$$

เลือกใช้ท่อ PVC สมมติ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง

$$D = 0.2 \quad \text{เมตร}$$

$$A = 0.0314 \quad \text{ตารางเมตร}$$

$$V = 1.432 \quad \text{เมตรต่อวินาที ใช้ได้}$$

หา h_f ช่วง กม. 0+900 ถึง กม.1+300

$$h_f = \frac{10.675LQ^{1.852}}{C^{1.852}D^{4.8704}}$$

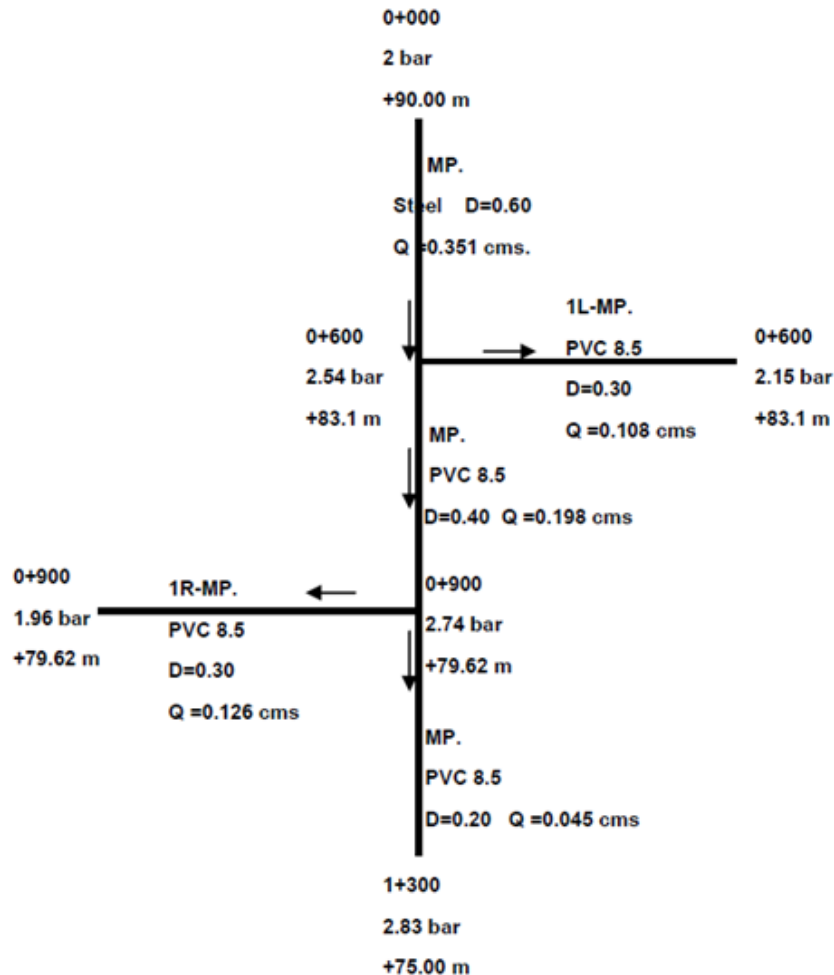
$$h_f = \frac{10.675 \times 400 \times 0.045^{1.852}}{140^{1.852} \times 0.20^{4.8704}}$$

$$= 3.680 \text{ เมตร}$$

ค่าแรงดันที่เหลืออยู่

$$= 20 + 15 - 1.56 - 1.467 - 3.87 \text{ เมตร}$$

$$= 28.103 \text{ เมตร}$$



รูปที่ 3.4.2 แผนผังระบบท่อส่งน้ำ

3.5 คุณสมบัติของท่อและการเลือกใช้งาน

3.5.1 ท่อพีวีซี (Polyvinyl Chloride Pipe : ท่อ PVC)

ลักษณะทั่วไป : ท่อเทอร์โมพลาสติก เป็นท่อที่มีองค์ประกอบของพลาสติก

ความแข็งแรงทนทาน : ทนแรงดันน้ำภายในได้ดี แต่การทนแรงภายนอกและแรงกระแทกไม่ค่อยดี

การทนแรงดันน้ำใช้งานสูงสุด : ชั้นคุณภาพ PVC 13.5 ทนแรงดันใช้งาน 1.35 MPa ที่ 27 °C

อายุการใช้งานโดยประมาณ : 30 ปี

การต้านทานการกัดกร่อน : ดีมาก (ทนต่อสารเคมีได้หลายชนิด)

น้ำหนักท่อ : มีน้ำหนักเบา เมื่อเทียบกับท่อชนิดอื่น

การต่อท่อ : ปากกระฉังและปลายเรียบมีแหวนยางกันซึม

การประกอบ : ทำได้ง่าย สามารถทำได้ในร่องดิน

การซ่อมแซม : ทำได้ง่าย

การตัดบรรจุ : ทำได้ง่าย

ข้อเสียที่ควรพึงระวัง

- ความดันใช้งานลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น รั้งสีอัลตราไวโอเล็ตมีผลต่อคุณสมบัติของท่อ อุปกรณ์ประกอบท่อเป็นเหล็กหล่อมีขนาดใหญ่กรณีด้านปลายต้องทำเป็นปากกระฆังจึงมีน้ำหนักแตกต่างจากตัวท่อมาก
- เนื่องจากตัวท่อทนต่อแรงกดทับและแรงกระแทก (Impact Load) ไม่ดี ดังนั้นการออกแบบวางท่อบนกรวด หรือหินแข็ง หรือดินลูกรัง ท่อมีโอกาสแตกได้ ในกรณีที่ใช้วัสดุกลบหลังท่อหากมีเศษหินเศษปูนที่แหลมคมปนกับดินกลบหลังท่อจะทำให้เศษหินเศษปูนเหล่านี้ไปกดทับทำให้ท่อแตกได้
- ท่อพีวีซีที่จะนำมาใช้งานต้องผ่านการทดสอบค่าความถ่วงจำเพาะก่อน เนื่องจากในขั้นตอนการผลิตท่อพีวีซี จะมีการผสมสาร Polyvinyl Chloride และวัสดุอื่น หากผู้ผลิตต้องการลดต้นทุนจะเพิ่มสัดส่วนวัสดุอื่นให้มากขึ้นซึ่งจะทำให้คุณสมบัติของท่อมีคุณภาพการใช้งานลดลง

3.5.2 ท่อเหล็ก (Steel Pipe) และท่อเหล็กอาบสังกะสี (Galvanized Steel Pipe)

ลักษณะทั่วไป : ผลิตจากเหล็กเหนียวแผ่นนำมาม้วนขึ้นรูปแล้วเชื่อมเป็นรูปท่อ

ความแข็งแรงทนทาน : ทนแรงดันน้ำภายใน แรงภายนอกและแรงกระแทกได้ดี

การทนแรงดันน้ำใช้งานสูงสุด : ทนแรงดันใช้งานได้มากกว่า 1.00 MPa ขึ้นอยู่กับชนิดของแผ่นเหล็กและความหนาของผนังท่อ

อายุการใช้งานโดยประมาณ : 25 ปี แต่หากมีระบบป้องกันสนิม (Cathodic Protection) สามารถยืดอายุการใช้งานได้เพิ่มขึ้นอีก 10 ปี

การต้านทานการกัดกร่อน : พอใช้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและวิธีการเคลือบผิวกันสนิม ซึ่งจะมีค่าใช้จ่ายที่สูงเมื่อเทียบกับท่อชนิดอื่น

น้ำหนักท่อ : มีน้ำหนักมาก เมื่อเทียบกับท่อชนิดอื่น

การต่อท่อ : ใช้ Mechanical Coupling หรือใช้หน้าจาน หรือใช้การเชื่อม

การประกอบ : ต้องใช้ผู้ที่มีความชำนาญ

การซ่อมแซม : ต้องใช้ผู้ที่มีความชำนาญ

การตัดบรรจุ : ต้องใช้ผู้ที่มีความชำนาญ

ข้อเสียที่ควรพึงระวัง : การต่อบรรจุท่อสามารถทำได้ด้วยวิธีต่างๆ 3 วิธี คือ ต่อด้วย Mechanical Coupling ต่อด้วยหน้าจาน และต่อแบบเชื่อม การต่อแบบเชื่อมด้วยไฟฟ้าจะมีค่าใช้จ่ายถูกที่สุด มีความแข็งแรง แต่มีข้อจำกัดคือท่อที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใหญ่จะต้องเข้าไปเชื่อมภายในด้วย ส่วนการต่อท่อด้วยหน้าจานจะมีความแข็งแรงที่ต่ำกว่าการเชื่อม มีความยืดหยุ่นหรือการให้ตัวได้น้อย ส่วนการต่อท่อด้วย Mechanical Coupling ท่อจะมีความยืดหยุ่นและสามารถให้ตัวได้ดีแต่มีค่าใช้จ่ายสูงกว่าแบบหน้าจาน ดังนั้นผู้ออกแบบท่อเหล็กจะต้องคำนึงถึงการให้ตัวของท่อด้วย หากออกแบบให้การต่อท่อด้วยการเชื่อมหรือหน้าจานควรให้มีจุดต่อที่เป็นแบบ Mechanical Coupling อยู่ด้วยเป็นจุดของแต่ละระยะ

3.5.3 ท่อซีเมนต์ใยหิน (Asbestos Cement Pressure Pipe) หรือท่อ A/C

ลักษณะทั่วไป : ผลิตจากซีเมนต์เสริมด้วยใยหิน (แร่ Asbestos) เป็นท่อ Rigid มีความแข็งแรง

ความแข็งแรงทนทาน : ทนแรงดันน้ำภายในได้ดีพอใช้ ทนแรงภายนอกและแรงกระแทกต่ำ

การทนแรงดันน้ำใช้งานสูงสุด : ท่อซีเมนต์ใยหินจะใช้ความดันทดสอบในการกำหนดชั้นคุณภาพ เช่น ท่อชั้นคุณภาพ 20 ซึ่งจะสามารถทนแรงดันใช้งานได้ประมาณ 1.00 MPa โดยอาจสรุปได้ว่าท่อขนาดเล็กจะมีการทนแรงดันได้สูง ส่วนท่อขนาดใหญ่จะทนความดันได้ลดลง

อายุการใช้งานโดยประมาณ : 20 ปี

การต้านทานการกัดกร่อน : ดี

น้ำหนักท่อ : มีน้ำหนักมาก เมื่อเทียบกับท่อชนิดอื่น

การต่อท่อ : ต่อด้วยข้อต่อและแหวนยางกันซึม

การประกอบ : ทำได้ง่าย เมื่อเทียบกับท่อชนิดอื่น

การซ่อมแซม : ทำได้ง่าย เมื่อเทียบกับท่อชนิดอื่น

การตัดบรรจบ : ทำได้ง่าย เมื่อเทียบกับท่อชนิดอื่น

ข้อเสียที่ควรพึงระวัง

- เปราะและแตกง่าย หากเกิดการกระทบกระแทกอย่างแรง
- การติดตั้งหากความลึกหลังท่อคาดเคลื่อนไม่ได้มาตรฐาน ไม่ได้รองทราย หรือวัสดุกลบหลัง

ท่อมีเศษหินเศษปูนจะทำให้ไปกดทับหรือทิ่มท่อทำให้แตกร้าวได้

3.5.4 ท่อเอชดีพีอี (High Density Polyethylene Pipe)

ลักษณะทั่วไป : ผลิตจากเทอร์โมพลาสติก เป็นท่อ Flexible มีความยืดหยุ่น

ความแข็งแรงทนทาน : คล้ายท่อ PVC วัสดุที่ใช้ทำมีส่วนผสม Carbon Black ทำให้ทนต่อรังสีอัลตราไวโอเลตได้ดี

การทนแรงดันน้ำใช้งานสูงสุด : ชั้นคุณภาพ PN 25 ทนแรงดันใช้งาน 2.50 MPa ที่ 20 °C แต่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นความสามารถรับแรงดันภายในจะลดลง และจะมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวตามเส้นสูง

อายุการใช้งานโดยประมาณ : 30 ปี

การต้านทานการกัดกร่อน : ดีมาก (ทนต่อสารเคมีได้หลายชนิด)

น้ำหนักท่อ : มีน้ำหนักค่อนข้างเบา เมื่อเทียบกับท่อชนิดอื่น

การต่อท่อ : เชื่อมโดยวิธี Butt-Weld Melt Flow ต้องใช้ผู้ที่มีความชำนาญ

การประกอบ : ต้องใช้ผู้ที่มีความชำนาญ

การซ่อมแซม : ต้องใช้ผู้ที่มีความชำนาญ

การตัดบรรจบ : ต้องใช้ผู้ที่มีความชำนาญ

ข้อเสียที่ควรพึงระวัง : ความดันใช้งานลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ดังนั้นกรณีที่วางรับความร้อนจากแสงแดดนานๆ อาจแตกร้าวได้ง่าย การเชื่อมต่อไม่เหมาะที่จะทำในร่องซึ่งแคบและมีน้ำ เนื่องจากจะต้องมีการใช้ไฟฟ้าเข้าไปเกี่ยวข้องและต้องการความสะอาด ควรจะต่อข้างบนแล้วนำไปวางในร่อง ซึ่งจะต้องเปิดหลุมยาว Melt Flow Index ของท่อที่จะต่อกันต้องไม่เกิน 0.5 และไม่เหมาะสมกับสภาพการวางท่อที่มีข้อต่อมาก

3.5.5 ท่อไฟเบอร์กลาสรับความดัน (Glassfiber Reinforce Polyester Pipe : ท่อ GRP)

ลักษณะทั่วไป : ผลิตจากเทอร์โมพลาสติก ไม่คืนรูป มีความยืดหยุ่นเล็กน้อย

ความแข็งแรงทนทาน : ทนแรงดันน้ำภายใน แรงภายนอกและแรงกระแทกได้ดี

การทนแรงดันน้ำใช้งานสูงสุด : ชั้นคุณภาพ PN 16 ทนแรงดันใช้งาน 1.60 MPa

อายุการใช้งานโดยประมาณ : 30 ปี

การต้านทานการกัดกร่อน : ดีมาก (ทนต่อสารเคมีได้หลายชนิด)

น้ำหนักท่อ : มีน้ำหนักค่อนข้างเบา เมื่อเทียบกับท่อชนิดอื่น

การต่อท่อ : มีชนิดข้อต่อแบบปากระฆัง และต่อด้วยข้อต่อมีแหวนยางกันซึม

การประกอบ : ทำได้ง่าย เมื่อเทียบกับท่อชนิดอื่น สามารถทำได้ในร่องดิน

การซ่อมแซม : ต้องใช้ผู้ที่มีความชำนาญ

การตัดบรรจบ : ต้องใช้ผู้ที่มีความชำนาญ

ข้อเสียที่ควรพึงระวัง : การวางท่อไฟเบอร์กลาส หากมีการเตรียมพื้นที่ติดตั้งที่ไม่ดีพอ หรือการออกแบบใช้ในพื้นที่ไม่เหมาะสมอาจเกิดความชำรุดหรือมีอายุการใช้งานที่สั้นลง

บทที่ 4

ตัวอย่างการควบคุมงานท่อส่งน้ำสำหรับการชลประทาน

การส่งน้ำด้วยระบบท่อสำหรับงานชลประทาน สามารถแบ่งหลักการส่งจ่ายน้ำได้ 2 ลักษณะ ประกอบด้วย งานท่อส่งน้ำ Steel Liner ซึ่งเป็นท่อส่งน้ำที่มีความยาวรวมไม่มากนัก ใช้เพื่อส่งน้ำจากอ่างเก็บน้ำสูงสู่อ่างเก็บน้ำต่ำลงสู่ลำน้ำลำคลองต่างๆ และงานระบบท่อส่งน้ำ ซึ่งทั้งระบบท่อจะมีความยาวเป็นระยะทางไกล มีความเปลี่ยนแปลงระดับความสูงของตำแหน่งการวางท่อ และมีอุปกรณ์ประกอบของระบบจำนวนหลายชิ้น โดยลักษณะการส่งน้ำทั้ง 2 แบบจะใช้ท่อส่งน้ำเป็นท่อเหล็กกล้า (Steel Pipe)

4.1 งานท่อส่งน้ำ Steel Liner

Steel Liner สำหรับงานชลประทาน คือท่อเหล็กกล้าหุ้มด้วยคอนกรีต ใช้เพื่อส่งน้ำจากอ่างเก็บน้ำไปยังลำน้ำ ลำคลองต่างๆ ตามรูปแบบที่ได้ออกแบบเพื่อการก่อสร้างไว้ โดยขนาดของท่อไม่ว่าจะเป็นเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ หรือความหนาของท่อ จะออกแบบให้สอดคล้องกับขนาดและลักษณะทางกายภาพของอ่างเก็บน้ำ ท่อส่งน้ำ Steel Liner เป็นส่วนหนึ่งของอุปกรณ์ประกอบอาคารท่อส่งน้ำ (Outlet) โดยโครงสร้างของระบบส่งน้ำจากอ่างเก็บน้ำ ประกอบด้วยอาคารรับน้ำ - ท่อส่งน้ำ Steel Liner - ประตูระบายน้ำ - ทางระบายน้ำ โดยที่ขอบเขตงานที่สำคัญของงานท่อ Steel Liner ประกอบด้วย ขนาดระบุของท่อ ความหนาของผนังท่อ และความยาวรวมจากส่วนที่ต่อจากอาคารรับน้ำถึงส่วนที่จะต่อเข้ากับประตูระบายน้ำ การติดตั้ง การตรวจสอบและทดสอบ



รูปที่ 4.1.1 ท่อส่งน้ำ Steel Liner (เริ่มติดตั้ง)



รูปที่ 4.1.2 ท่อส่งน้ำ Steel Liner (หุ้มคอนกรีต)

4.2 งานระบบท่อส่งน้ำ

ระบบท่อส่งน้ำเพื่อการชลประทานจะส่งน้ำจากแม่น้ำ อ่างเก็บน้ำ หรือสถานที่กักเก็บอื่นๆ ผ่านท่อไปยังจุดต่างๆ ที่ต้องการใช้งาน โดยใช้ระดับความสูงของน้ำหรือใช้เครื่องสูบน้ำ เป็นตัวช่วยในการสร้างแรงดันของน้ำให้ไหลผ่านท่อไปยังปลายทางที่ต้องการ งานระบบท่อส่งน้ำจะมีชิ้นส่วนและอุปกรณ์ประกอบต่างๆ มากมาย ประกอบด้วย ท่อส่งน้ำใต้ดิน ท่อส่งน้ำบนดิน อุปกรณ์ประกอบอาคาร Blow Off อุปกรณ์ประกอบอาคาร Air Valve อุปกรณ์ประกอบอาคารท่อจ่ายน้ำ อุปกรณ์ประกอบอาคารปลายท่อส่งน้ำ ประตูน้ำเหล็กหล่อ (Gate Valve) Mechanical Coupling และอุปกรณ์ Fitting เป็นต้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศและการออกแบบ



รูปที่ 4.2.1 ท่อส่งน้ำใต้ดิน AWWA C214 (เชื่อมต่อก่อนวางท่อ)



รูปที่ 4.2.2 ท่อส่งน้ำใต้ดิน AWWA C214 (วางท่อเพื่อเชื่อมต่อระหว่างช่วง)

4.3 ข้อกำหนดทั่วไปในการควบคุมงานท่อส่งน้ำ

ก่อนการก่อสร้างจะต้องมีการจัดทำแผนดำเนินงาน โดยการกำหนดให้ผู้รับจ้างต้องเสนอรายละเอียด การจัดเตรียมเครื่องมืออุปกรณ์ที่จะต้องใช้ในการประกอบารดำเนินงานก่อสร้างให้พร้อมก่อนเริ่มดำเนินการ เพื่อป้องกันปัญหาและข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างดำเนินการ โดยตัวอย่างรายละเอียดที่ผู้รับจ้างจะต้องดำเนินการก่อนเริ่มงานก่อสร้างมีดังนี้

4.3.1 ผู้รับจ้างต้องเสนอแผนงานการผลิตท่อส่งน้ำ เพื่อพิจารณาความเหมาะสมและอนุมัติใช้งาน

4.3.2 ผู้รับจ้างต้องเสนอชื่อโรงงานที่จะทำหน้าที่ผลิตท่อส่งน้ำ พร้อมหนังสือแสดงคุณสมบัติโรงงานต่อคณะกรรมการตรวจการจ้าง เพื่อพิจารณาความเหมาะสมและอนุมัติให้ทำหน้าที่

4.3.3 ผู้รับจ้างต้องเสนอชื่อสถาบันที่จะทำหน้าที่ทดสอบวัสดุและตรวจสอบแนวเชื่อมแบบไม่ทำลายต่อคณะกรรมการตรวจการจ้าง เพื่อพิจารณาความเหมาะสมและอนุมัติให้ทำหน้าที่

4.3.4 ผู้รับจ้างต้องจัดเตรียมเครื่องมือชนิดต่างๆให้กับผู้ควบคุมงานของผู้ว่าจ้างหรือคณะกรรมการตรวจการจ้าง เพื่อใช้ในการตรวจสอบคุณภาพงาน เมื่อผู้ควบคุมงานของผู้ว่าจ้างหรือคณะกรรมการตรวจการจ้างร้องขอ

4.3.5 ผู้รับจ้างต้องตรวจสอบความถูกต้องของแบบประกอบต่างๆให้เรียบร้อยก่อนที่จะเริ่มดำเนินการ หากแบบมีข้อผิดพลาด ไม่ชัดเจน หรือขัดแย้งกับข้อกำหนดต่างๆในสัญญา หรือมีข้อสงสัยในรายละเอียดต่างๆ ผู้รับจ้างต้องเสนอรายละเอียดดังกล่าวต่อคณะกรรมการตรวจการจ้างเพื่อพิจารณาสั่งการ

4.3.6 วัสดุหรืออุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ประกอบการผลิตหรือจัดทำต้องเป็นของใหม่ ไม่ผ่านการใช้งานมาก่อน พร้อมนี้ต้องมีคุณสมบัติตามข้อกำหนดต่างๆในสัญญาหรือเทียบเท่า

4.3.7 ผู้ควบคุมงานของผู้ว่าจ้างหรือคณะกรรมการตรวจการจ้างสามารถสั่งให้มีการแก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงวัสดุอุปกรณ์ได้ เมื่อพบว่าผลงานการผลิตอุปกรณ์ต่างๆไม่เรียบร้อย ไม่เหมาะสม หรือไม่ถูกต้องตามที่คณะกรรมการตรวจการจ้างได้อนุมัติ หรือมีข้อสงสัยในคุณภาพของงาน สามารถเรียกเอกสารต่างๆ เช่น หนังสือรับรองหรือผลทดสอบ ฯลฯ เพิ่มเติมจากผู้รับจ้างได้ ค่าใช้จ่ายต่างๆที่เกิดขึ้นจากการแก้ไข เปลี่ยนแปลง ตรวจสอบ หรือทดสอบเพิ่มเติมนี้ ผู้รับจ้างต้องรับผิดชอบทั้งหมด

4.3.8 การผลิตให้ควบคุมโดยผู้ได้รับใบอนุญาตให้เป็นผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมไม่ต่ำกว่าระดับสามัญวิศวกร สาขาวิศวกรรมเครื่องกล และไม่อยู่ในระหว่างถูกพักหรือเพิกถอนใบอนุญาต

4.4 การทดสอบวัสดุก่อนเริ่มการผลิต

4.4.1 วัสดุใดที่จะนำมาจัดทำหรือประกอบการจัดทำ ต้องได้รับการตรวจสอบคุณสมบัติทางกลหรือทางเคมี โดยสถาบันทดสอบวัสดุ สถาบันใดสถาบันหนึ่ง หรือหลายสถาบัน ตามที่กำหนดให้ หรือสถาบันอื่นๆตามที่คณะกรรมการตรวจการจ้างเห็นชอบ

4.4.2 ก่อนนำส่งวัสดุและอุปกรณ์ให้สถาบันทดสอบวัสดุทำการทดสอบหรือตรวจสอบคุณสมบัติต่างๆ ผู้รับจ้างต้องเสนอรายการวัสดุและอุปกรณ์ จำนวน มาตรฐานอ้างอิง วิธีการทดสอบ พร้อมทั้งชื่อสถาบันที่จะทำหน้าที่เป็นผู้ทดสอบหรือตรวจสอบต่อคณะกรรมการตรวจการจ้าง เพื่อพิจารณาเห็นชอบก่อน พร้อมนี้ค่าใช้จ่ายต่างๆที่เกิดขึ้นจากการทดสอบหรือตรวจสอบ ผู้รับจ้างต้องรับผิดชอบทั้งหมด

4.4.3 การเก็บชิ้นตัวอย่างวัสดุเพื่อส่งทดสอบให้ดำเนินการโดยวิธีการสุ่ม และสุ่มโดยผู้ควบคุมงานของผู้ว่าจ้างหรือกรรมการตรวจการจ้าง

4.4.4 เมื่อสถาบันทดสอบวัสดุได้ทำการทดสอบหรือตรวจสอบคุณสมบัติวัสดุหรืออุปกรณ์เรียบร้อยแล้ว ก่อนนำวัสดุหรืออุปกรณ์ดังกล่าวไปใช้ในการผลิต ผู้รับจ้างต้องเสนอผลทดสอบหรือตรวจสอบคุณสมบัติต่อคณะกรรมการตรวจการจ้าง เพื่อพิจารณาความเหมาะสมและอนุมัติให้นำมาใช้งาน พร้อมนี้การอนุมัติให้ผู้รับจ้างนำวัสดุหรืออุปกรณ์มาใช้งาน มิได้ทำให้ผู้รับจ้างพ้นจากความรับผิดชอบ ในกรณีที่เกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์ ประกอบอาคารระบายนํ้า และไม่ใช้เหตุที่ผู้รับจ้างจะนำมาอ้างเพื่อที่จะไม่รับผิดชอบภายใต้สัญญา

4.5 มาตรฐานงานเชื่อมในโรงงาน

4.5.1 การเชื่อม(Welding) การทดสอบฝีมือช่างเชื่อมและช่างควบคุมอุปกรณ์การเชื่อม(Welder and Operator Qualification Test ; WQT) การจัดทำข้อกำหนดการเชื่อม(Welding Procedure Specifications ; WPS) และการตรวจสอบแนวเชื่อมแบบไม่ทำลาย(Non - Destructive Testing ; NDT) ให้ใช้ตามมาตรฐาน AWS D1.1 “Structural Welding Code-Steel” หรือมาตรฐาน ASME “Boiler and Pressure Vessel Code” Section IX “Welding and Brazing Qualifications”

4.5.2 ก่อนปฏิบัติงานเชื่อม ผู้รับจ้างต้องเสนอแบบแสดงรายละเอียดแนวเชื่อม ข้อกำหนดการเชื่อม ผลทดสอบข้อกำหนดการเชื่อม และผลทดสอบฝีมือช่างเชื่อมและช่างควบคุมอุปกรณ์การเชื่อมต่อคณะกรรมการตรวจการจ้าง เพื่อพิจารณาความเหมาะสมและอนุมัติให้นำมาใช้ในการงานก่อน

4.5.3 ข้อกำหนดการเชื่อม ต้องแสดงรายละเอียด Welding Process, Joints, Base Metal, Filler Metal, Position, Preheat, Post Weld Heat Treatment, Gas, Electrical Characteristics และ Technique

4.5.4 การทดสอบฝีมือช่างเชื่อมและช่างควบคุมอุปกรณ์การเชื่อม

(1) ช่างเชื่อมและช่างควบคุมอุปกรณ์การเชื่อมที่จะปฏิบัติงานเชื่อม ทั้งงานจัดทำหรือผลิตและติดตั้งต้องผ่านการทดสอบฝีมือและมีใบรับรองฝีมือที่ออกให้โดยหน่วยงานราชการหรือสถาบันทดสอบฝีมือช่างที่คณะกรรมการตรวจการจ้างยอมรับ ในกรณีที่ช่างเชื่อมและช่างควบคุมอุปกรณ์การเชื่อมคนใดไม่ทำงานเชื่อมติดต่อกันมานาน ก่อนเริ่มปฏิบัติงานคณะกรรมการตรวจการจ้างจะถือว่าช่างคนดังกล่าวไม่มีคุณสมบัติที่จะปฏิบัติงาน พร้อมนี้ช่างเชื่อมและช่างควบคุมอุปกรณ์การเชื่อมทุกคนที่ปฏิบัติงานเชื่อมจะต้องมีใบรับรองฝีมือที่เหมาะสมกับลักษณะงานด้วย

(2) ในกรณีที่ผู้ควบคุมงานของผู้ว่าจ้างหรือคณะกรรมการตรวจการจ้างมีข้อสงสัยในคุณภาพของงานหรือฝีมือของช่าง ซึ่งเป็นช่างเชื่อมหรือช่างควบคุมอุปกรณ์การเชื่อมที่ปฏิบัติงาน ผู้รับจ้างต้องจัดให้มีการทดสอบฝีมือช่างอีกครั้ง โดยหน่วยงานราชการหรือสถาบันทดสอบฝีมือช่างที่คณะกรรมการตรวจการจ้างเห็นชอบ

4.5.5 การตรวจสอบแนวเชื่อมแบบไม่ทำลาย ให้ตรวจสอบด้วยวิธีใช้คลื่นเสียงความถี่สูง(Ultrasonic Testing ; UT) หรือวิธีตรวจสอบโดยการถ่ายภาพด้วยรังสี(Radiographic Testing ; RT) หากแนวเชื่อมแนวใดไม่สามารถตรวจสอบด้วยวิธี UT หรือ RT ได้ ให้ผู้รับจ้างใช้วิธีตรวจสอบด้วยสารแทรกซึม(Penetrant Testing ; PT) ในกรณีที่แนวเชื่อมแนวใดผ่านการทดสอบด้วยความดันของเหลวแล้วไม่ต้องตรวจสอบด้วยวิธี UT หรือ RT



WELDING PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS)

Company Name Able Industries Co., Ltd. By: Mr. Suwat W.
 Welding Procedure Specification No. WP-A04-1 Date 10/02/2004 Supporting PQR No.(s) ABLE-PQR-04-1
 Revision No. 0 Date 16/02/2004
 Welding Process(es) SAW Type(s) Machine
 Automatic, Manual, Machine, or Semi-Auto

JOINTS (QW-402)

Joint Design Butt Weld
 Backing (Yes) X NO
 Backing Material (Type) Weld Metal
 (Refer to both backing and retainers)
☒ Metal ☐ Nonfusing Metal
☐ Nonmetallic ☐ Other

See Attachment Joint Design

Sketches, Production Drawing, Weld Symbols or Written Description
 Should show the general arrangement of the parts to be welded.
 Where applicable, the root spacing and the details of weld groove
 may be specified.

(At the option of the Mfr., sketches may be attached to illustrate joint
 design, weld layers and bead sequence, e. g. for notch toughness proce-
 dures, for multiple process procedures, etc.)

*BASE METALS (QW-403)

P-No. 1 Group No. 1 to P-No. 1 Group No. 1
 OR
 Specification type and grade JIS G 3101 SS 400 or Equivalent
 to Specification type and grade JIS G 3101 SS 400 or Equivalent
 OR
 Chem. Analysis and Mech. Prop. N/A
 to Chem. Analysis and Mech. Prop. N/A
 Thickness Range :
 Base Metal : Groove 1.6 mm. - 19.0 mm. Fillet All
 Pipe Dia. Range : Groove Min. Ø 24 inch Fillet All
 Other -

* FILLER METALS (QW-404)

Spec. No. (SFA)	<u>5.17</u>
AWS No. (Class)	<u>EM12K</u>
F-No.	<u>6</u>
A-No.	<u>1</u>
Size of Filler Metals	<u>Ø 2.4 mm - 4.8 mm.</u>
Weld Metal	
Thickness Range :	
Groove	<u>Max. 19.0 mm.</u>
Fillet	<u>All thickness</u>
Electrode-Flux (Class)	<u>"Tientai" TSW - 12KM</u>
Flux Trade Name	<u>Lincoln 780</u>
Consumable Insert	<u>N/A</u>
Other	<u>Electrode "Lincoln" L60/61, Flux Tientai TF-385</u>

* Each base metal-filler metal combination should be recorded individually.

I:\Industry\Administration\Stdform\WPS-ASME.xls.

SGS (Thailand) Limited | Minerals, Environmental and Industrial Services 100 Nanglinchee Road Chongnonsee Yannawa Bangkok 10120
 t +66 (0)2 678 18 13 f +66 (0)2 678 15 45 e th_minerals@sgs.com www.sgs.com

Member of the SGS Group

รูปที่ 4.5.1 ตัวอย่างการจัดทำ Welding Procedure Specifications (WPS)

SGS

WPS No. WP-A04-1 Rev. 0

POSITION (QW-405) Position(s) of Groove <u>1 G (Flat)</u> Welding Progression : <u>N/A</u> Position(s) of Fillet <u>1G (Flat)</u>		POSTWELD HEAT TREATMENT (QW-407) Temperature Range <u>N/A</u> Time Range <u>N/A</u>																	
PREHEAT (QW-406) Preheat Temp. Min. <u>Ambient Temperature</u> Interpass Temp. Max. <u>Max. 300 °C</u> Preheat Maintain <u>N/A</u> (Continuous or special heating where applicable should be record)		GAS (QW-408) <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Gas(es)</th> <th>Percent Composition (Mixture)</th> <th>Flow Rate</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Shielding</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Trialing</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Backing</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>			Gas(es)	Percent Composition (Mixture)	Flow Rate	Shielding	-	-	-	Trialing	-	-	-	Backing	-	-	-
	Gas(es)	Percent Composition (Mixture)	Flow Rate																
Shielding	-	-	-																
Trialing	-	-	-																
Backing	-	-	-																
ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409) Current AC or DC <u>DC/AC</u> Polarity <u>DCEP</u> Amps (Range) <u>See table</u> Volts (Range) <u>See table</u> (Amps and volts range should be recorded for each electrode size, Position, and thickness, etc. This information may be listed in a tabular form similar to that shown below.) Tungsten Electrode Size and Type <u>N/A</u> (Pure Tungsten, 2% - Thoriated, etc.) Mode of Metal Transfer for GMAW <u>N/A</u> (Spray arc, short circuiting arc, etc.) Electrode Wire feed speed rang <u>-</u>																			
TECHNIQUE (QW-410) String or Weave Bead <u>String</u> Orifice or Gas Cup Size <u>N/A</u> Initial and Interpass Cleaning (Brushing, Grinding, ect.) <u>Brushing or Grinding</u> Method of back Gouging <u>No Back Gouging</u> Oscillation <u>N/A</u> Contact Tube to Work Distance <u>15 - 20 mm.</u> Multiple or Single Pass (per side) <u>Single/Multiple</u> Multiple or Single Electrodes <u>Single/Multiple</u> Travel Speed (Range) <u>See table</u> Peening <u>N/A</u> Other <u>N/A</u>																			
Weld Layer(s)	Process	Filler Metal Class	Dia. (mm)	Current Type Polar	Amp Range	Volt Range	Travel Speed Range (inch / min.)	Other (e.g., Remarks, Comments, Hot Wire, Addition, Technique, Torch Angle, Etc.)											
Inside 1	SAW	EM12K	2.4 - 4.8	DCEP	600 - 800	28 - 35	15 - 50												
			2.4 - 4.8	AC	450 - 600	35 - 38	15 - 50												
Outside 2	SAW	EM12K	2.4 - 4.8	DCEP	600 - 1000	28 - 36	15 - 50												
			2.4 - 4.8	AC	500 - 600	32 - 38	15 - 50												

I:\Industry\Administration\Stdform\WPS-ASME.xls.

063

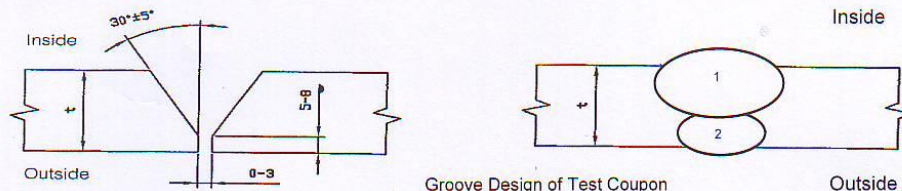
รูปที่ 4.5.1 (ต่อ) ตัวอย่างการจัดทำ Welding Procedure Specifications (WPS)

SGS

PROCEDURE QUALIFICATION RECORDS (PQR)

Company Name Able Industries Co., Ltd.
 Procedure Qualification Record No. ABLE-PQR-04-1 Date February 16, 2004
 WPS No. WP-A-04-1
 Welding Process (es) SAW
 Type (Manual, Automatic, Semi-Auto) Machine

JOINTS (QW-402)



Groove Design of Test Coupon

BASE METALS (QW-403)

Material Spec. JIS G 3101
 Type or Grade SS 400
 P.-No. 1 Group 1
 Thickness of Test Coupon 9.5 mm.
 Diameter of Test Coupon -
 Other -

Postweld Heat Treatment (QW-407)

Temperature N/A
 Time N/A
 Other N/A

FILLER METALS (QW-404)

SFA Specification A5.17
 AWS Classification EM12K
 Filler Metal F-No. 6
 Weld Metal Analysis A-No. 1
 Size of Filler Metal Ø 4.8 mm.
 Other -

GAS (QW-408)

	Gas (es)	Percent Composition (Mixture)	Flow Rate
Shielding	<u>N/A</u>	<u>N/A</u>	<u>N/A</u>
Trailing	<u>N/A</u>	<u>N/A</u>	<u>N/A</u>
Backing	<u>N/A</u>	<u>N/A</u>	<u>N/A</u>

Electrical Characteristics (QW-409)

Current DC
 Polarity EP
 Amps. see table Volts see table
 Tungsten Electrode Size N/A
 Other -

POSITION (QW-406)

Position of Groove 1 G (Flat)
 Weld Progression (Uphill Downhill) N/A
 Other -

Technique (QW-410)

Travel Speed see table
 String or Weave Bead String
 Oscillation N/A
 Multipass or Single pass (per side) Single
 Single or Multiple Electrodes Single
 Other -

PREHEAT (QW-405)

Preheat Temp. Ambient Temperature
 Interpass Temp. -
 Other -

Weld Layer (s) or pass	Process	Filler Metal		Current		Volt Range	Travel Speed Range (inch/min.)	Other (e.g., remarks, comments, Hot Wire Addition, Technique, Torch Angle, Etc.)
		Class	Dia. (mm.)	Type	Amp			
Inside 1	SAW	EM12K	4.8	DCEP	600 - 640	33 - 35	40	
Outside 2	SAW	EM12K	4.8	DCEP	600 - 640	33 - 35	40	

I:\industry\Administration\Stdform\PQR1.xls

065

SGS (Thailand) Limited | Minerals, Environmental and Industrial Services | 100 Nanglinchee Road Chongnonsee Yannawa Bangkok 10120
 t +66 (0)2 678 18 13 f +66 (0)2 678 15 45 e th_minerals@sgs.com www.sgs.com

Member of the SGS Group (Société Générale de Surveillance)

รูปที่ 4.5.2 ตัวอย่างการจัดทำ Procedure Qualification Record (PQR)

SGS

PQR No. ABLE-PQR-04-01

Tensile Test (QW-150)

Specimen No.	Width (mm.)	Thickness (mm.)	Area (mm ²)	Ultimate Total Load (Kg)	Ultimate Unit Stress (Kg/mm ²)	Type of Failure & Location
M-1014	41.56	9.56	397.31	19,183	48	Out of welding zone
M-1015	43.17	9.48	409.25	19,701	48	Out of welding zone

Guided-Bend Test (QW-160)

Specimen	Type of Bend	Result	Remarks
M-1016	Face	Acceptable	No visual defected
M-1017	Face	Acceptable	No visual defected
M-1018	Root	Acceptable	No visual defected
M-1019	Root	Acceptable	No visual defected

Toughness Test (QW-170)

Specimen No.	Notch Location	Specimen Size	Test Temp.	Impact Values			Drop Weight Break(Y/N)
				Ft. lbs.	% Shear	Mils	

Comments : -

Fillet-Weld Test (QW-180)

Result-Satisfactory : Yes - No - Penetration into Parent Metal : - No -

Macro-Results -

Other Tests

Type of Test Radiographic Test

Result Acceptable

Other -

Welder's Name Mr. Thanasak Suthawan

Stamp No. 03091

Clock No. -

Tests conducted by : Engineering Standard Division

Laboratory Test No. 191/2547

We certify that the statements in this record are correct and that the test welds were prepared, welded, and tested in accordance with the requirements of Section IX of the ASME Code.

Manufacturer Able Industries Co., Ltd.

Date 16/02/2004 By MR. SEKHON SONGTHON Signature

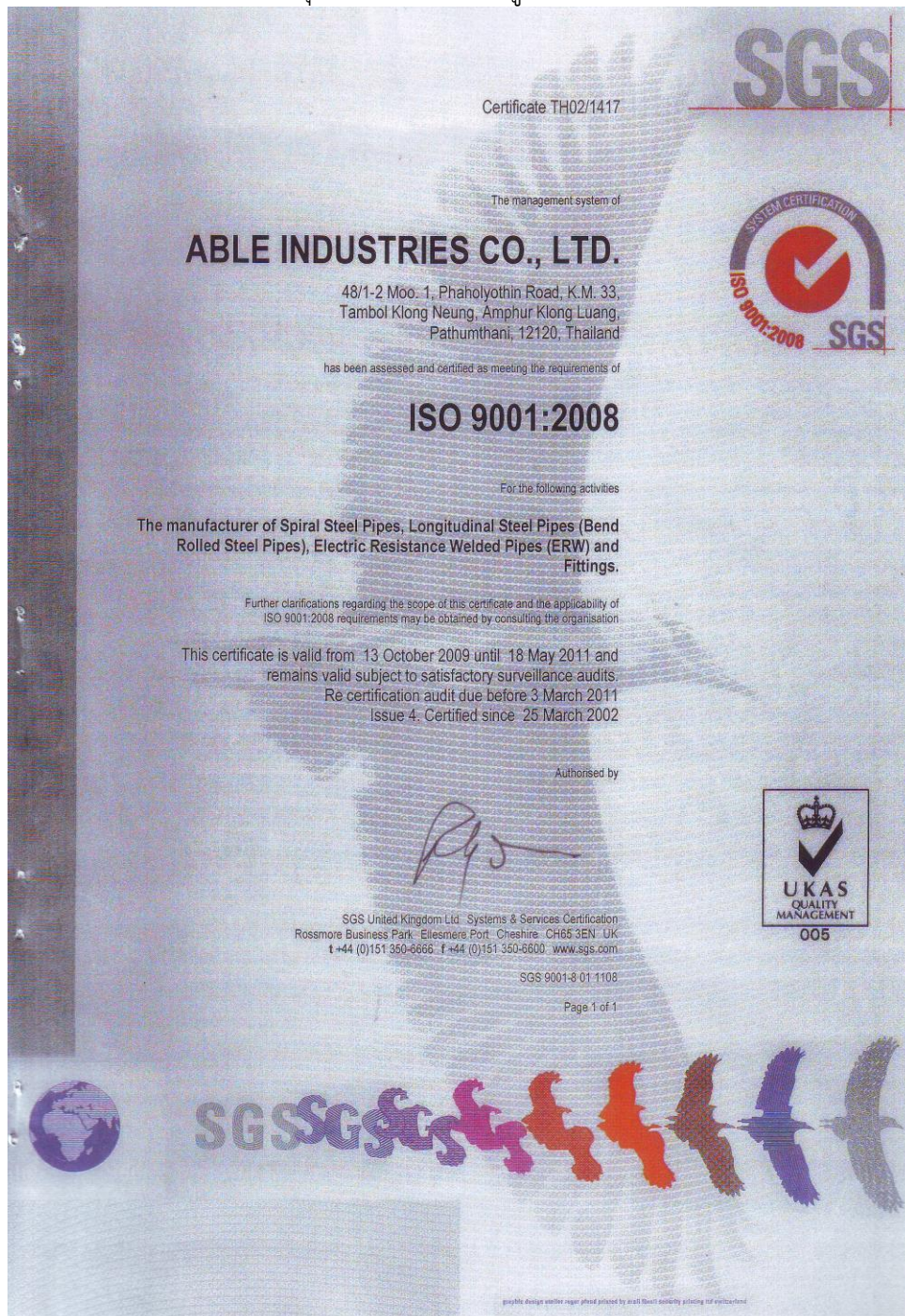
I:\industry\Administration\Stdform\PQR1.xls

066

รูปที่ 4.5.2 (ต่อ) ตัวอย่างการจัดทำ Procedure Qualification Record (PQR)

4.6 คุณสมบัติและมาตรฐานในการผลิต

4.6.1 ผู้จัดทำหรือผลิตท่อส่งน้ำ ต้องเป็นโรงงานที่ได้รับการรับรองระบบบริหารคุณภาพ ตามมาตรฐาน ISO9001 และมีใบรับรองมาตรฐานไอเอสโอที่ออกให้โดยสถาบันที่คณะกรรมการตรวจการจ้างยอมรับ พร้อมนี้ต้องได้รับใบอนุญาตให้แสดงเครื่องหมายมาตรฐานกับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ท่อเหล็กกล้าเชื่อมด้วยไฟฟ้าสำหรับส่งน้ำ เลขที่ มอก.427-2531 ชั้นคุณภาพ ขนาดระบุ และความหนาตามที่กำหนดในใบแจ้งปริมาณงาน ก่อนที่ผู้รับจ้างจะจัดซื้อหรือสั่งให้มีการผลิต ผู้รับจ้างต้องเสนอชื่อโรงงานพร้อมหนังสือแสดงคุณสมบัติโรงงานต่อคณะกรรมการตรวจการจ้างเพื่อพิจารณาความเหมาะสมและอนุมัติให้ทำหน้าที่เป็นผู้ผลิตก่อน



รูปที่ 4.6.1 ตัวอย่างใบรับรองระบบบริหารคุณภาพ ตามมาตรฐาน ISO9001

ABLE INDUSTRIES CO., LTD. ตันฉบับ
EXD-7K-026
ISO 9000
23/1/25



ใบอนุญาตที่ (1) 3702-53/427

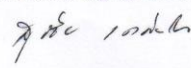
แบบ มอ. ๒

ใบอนุญาต
แสดงเครื่องหมายมาตรฐานกับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
อาศัยอำนาจตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๑๑
คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
ออกใบอนุญาตฉบับนี้ให้
บริษัท เอเบิล อินดัสตรีส์ จำกัด

แสดงเครื่องหมายมาตรฐานกับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.....ท่อเหล็กกล้าเชื่อมด้วยไฟฟ้าสำหรับส่งน้ำ.....ตามรายละเอียดแนบท้ายใบอนุญาต
ที่ทำถูกต้องตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.....ท่อเหล็กกล้าเชื่อมด้วยไฟฟ้าสำหรับส่งน้ำ.....
.....เลขที่ มอก. 427-2531

เครื่องหมายการค้า.....
ทำที่โรงงานชื่อ.....บริษัท เอเบิล อินดัสตรีส์ จำกัด.....
ตั้งอยู่ที่อาคารเลขที่.....14/2.....ครอก/ชอย.....ถนน.....พหลโยธิน กม.33.....
หมู่ที่.....1.....ตำบล/แขวง.....คลองหนึ่ง.....อำเภอ/เขต.....คลองหลวง.....
จังหวัด.....ปทุมธานี.....ทะเบียนโรงงานเลขที่.....3 - 60 - 1/21 ปท

ทั้งนี้ ต้องปฏิบัติตามเงื่อนไขในการอนุญาตที่คณะกรรมการกำหนด

ออกให้ ณ วันที่ 20 กรกฎาคม พ.ศ. 2544

(นายสุรัช เดลิงโชค)
รองปลัดกระทรวง ปฏิบัติราชการแทน
ปลัดกระทรวงอุตสาหกรรม
ประธานกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม

คำเตือน
ผู้รับใบอนุญาตต้องปฏิบัติตามเงื่อนไขที่คณะกรรมการกำหนด

รูปที่ 4.6.2 ตัวอย่างใบอนุญาตแสดงเครื่องหมายมาตรฐานกับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ท่อเหล็กกล้าเชื่อมด้วยไฟฟ้าสำหรับส่งน้ำ เลขที่ มอก.427-2531

4.6.2 วัสดุที่จะนำมาจัดทำหรือผลิตท่อส่งน้ำ ต้องมีคุณสมบัติตามที่ระบุ หรือเทียบเท่า เช่น เหล็กแผ่นหรือเหล็กม้วนให้ใช้ตามมาตรฐาน มอก.1479-2541 ชั้นคุณภาพ SS400 ลวดเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนและฟลักซ์สำหรับการเชื่อมใต้ฟลักซ์ให้ใช้ตามมาตรฐาน AWS A5.17 “Carbon Steel Electrodes and Fluxes for Submerged Arc Welding” Class F7A0-EM 12K หรือ F7A2-EM 12K หรือ F7A4-EM 12K เป็นต้น

4.6.3 ก่อนทำการผลิต ผู้รับจ้างต้องเสนอแผนงาน รายละเอียดการทดสอบวัสดุ รายละเอียดมาตรฐานงานเชื่อม และขั้นตอนการผลิต ต่อคณะกรรมการตรวจการจ้างเพื่อพิจารณาความเหมาะสมและอนุมัติให้นำมาใช้งาน

4.6.4 ท่อส่งน้ำจะต้องจัดทำตามมาตรฐาน มอก.427-2531 “ท่อเหล็กกล้าเชื่อมด้วยไฟฟ้าสำหรับส่งน้ำ” หรือมาตรฐาน AWWA C200 “Steel Water Pipe 6 inches and Larger” และมาตรฐาน AWWA C208 “Dimensions for Fabricated Steel Water Pipe Fitting”

ตารางที่ 4.6.1 ตัวอย่างขนาดระบุ และมิติต่าง ๆ ของท่อเหล็กกล้า ตามมาตรฐาน มอก.427-2531

ขนาดระบุ	เส้นผ่านศูนย์กลาง ภายนอก มิลลิเมตร	ความหนาท่อ มิลลิเมตร	น้ำหนักต่อหนึ่งหน่วย* ความยาว กิโลกรัมต่อเมตร
1 200	1 219,2	8,70	259,7
		9,50	283,4
		11,1	330,7
		12,7	337,9
		15,9	471,8
		19,1	565,3
1 350	1 371,5	11,1	372,4
		12,7	425,6
		15,9	531,5
		19,1	637,0
1 400	1 422,4	11,1	386,3
		12,7	441,5
		15,9	551,5
		19,1	661,0
1 500	1 524,0	11,1	414,1
		12,7	473,3
		15,9	591,4
		19,1	708,9
		22,2	822,2
		25,4	938,7

ตารางที่ 4.6.2 ส่วนประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกลของวัสดุตามมาตรฐาน มอก.427-2531

ชั้นคุณภาพ Material of Grade	ส่วนประกอบทางเคมี (ไม่เกินร้อยละ) Chemical Composition (%)						สมบัติทางกล (ไม่น้อยกว่า) Mechanical Properties		
	C Max	Si Max	Mn Max	P Max	S Max	Cu Max	ความแข็งแรง Yield Strength	ความแข็งแรง Tensile Strength	ความยืด Elongation
							N/mm ²	N/mm ²	%
ประเภท ก	0.250	-	-	0.040	0.050	0.200	165	310 - 380	30
ประเภท ข	0.250	-	-	0.040	0.050	0.200	205	380 - 450	25
ประเภท ค	0.300	-	-	0.040	0.050	0.200	230	≥ 415	23

ตารางที่ 4.6.3 คุณสมบัติทางกลของเหล็กกล้าคาร์บอนตามมาตรฐาน มอก.1479-2540

ชั้นคุณภาพ	ความต้านแรงดึงที่จุดคราก ต่ำสุด เมกะพาสคัล			ความต้านแรงดึง เมกะพาสคัล	ความหนาของ เหล็กแผ่น มิลลิเมตร	หมายเลขขึ้นทดสอบ	ความยืด ต่ำสุด ร้อยละ
	ความหนาของเหล็กแผ่น มิลลิเมตร						
	ไม่เกิน 16	มากกว่า 16 ถึง 40	มากกว่า 40				
SS330	205	195	175	330 ถึง 430	ไม่เกิน 5 มากกว่า 5 ถึง 16 มากกว่า 16 ถึง 50 มากกว่า 40	5 1A 1A 4	26 21 26 28
SS400	245	235	215	400 ถึง 510	ไม่เกิน 5 มากกว่า 5 ถึง 16 มากกว่า 16 ถึง 50 มากกว่า 40	5 1A 1A 4	21 17 21 23
SS490	285	275	255	490 ถึง 610	ไม่เกิน 5 มากกว่า 5 ถึง 16 มากกว่า 16 ถึง 50 มากกว่า 40	5 1A 1A 4	19 15 19 21
SS540	400	390	—	ต่ำสุด 540	ไม่เกิน 5 มากกว่า 5 ถึง 16 มากกว่า 16 ถึง 50	5 1A 1A	16 13 17

4.6.5 ท่อที่เชื่อมประกอบเสร็จสมบูรณ์แล้ว ต้องได้รับการตรวจสอบคุณลักษณะต่างๆ เช่น ขนาดท่อ ขนาดแนวเชื่อมและความสมบูรณ์ของแนวเชื่อม เป็นต้น ผลการตรวจสอบต้องถูกต้องและเหมาะสมตามข้อกำหนดต่างๆในสัญญาหรือตามที่คณะกรรมการตรวจการจ้างเห็นสมควร

4.6.6 ท่อที่จะนำไปเชื่อมต่อที่หน้างาน ให้เตรียมปลายท่อเป็นแบบปลายลบมุมด้านในท่อ และการลบมุมต้องทำด้วยเครื่องจักรกลสำหรับการลบมุมท่อโดยเฉพาะ

4.6.7 ท่อที่ผ่านการตรวจสอบคุณลักษณะต่างๆแล้ว ก่อนทำการเคลือบผิวภายในและภายนอกจะต้องนำไปทดสอบด้วยความดันน้ำ โดยความดันและระยะเวลาในการทดสอบ กำหนดดังนี้

ตารางที่ 4.6.4 การทดสอบท่อด้วยแรงดันของน้ำ

ขนาดระบุ (มม.)	ความดันทดสอบ (กก./ตร.ซม.)		เวลาทดสอบอย่างน้อย (วินาที)
	ท่อใต้ดิน	ท่อบนดิน	
100-250	50	50	5
300	40	50	5
400	35	50	5
500	30	35	10
600	25	35	10
700-800	20	35	30
900-1500	20	30	30
1800-2100	20	25	30

4.6.8 การเคลือบสี ให้เลือกใช้ผลิตภัณฑ์ผู้ผลิตเดียวกันและให้ปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ผลิตสีอย่างเคร่งครัด การเตรียมพื้นผิว ก่อนเคลือบสีให้เตรียมผิวเหล็ก โดยวิธีพ่นทรายหรือเม็ดโลหะให้ได้ความสะอาดระดับ Near-White Blast Cleaning ตามมาตรฐาน SSPC-SP10 และให้เคลือบสีรองพื้นทันทีเมื่อเตรียมผิวเสร็จ ภายในท่อ

ให้เคลือบผิวด้วยสีอีพ็อกซี ตามมาตรฐาน AWWA C210 “Liquid Epoxy Coating System for Interior and Exterior of Steel Water Pipelines” ความหนาของฟิล์มสีเมื่อแห้งไม่น้อยกว่า 406 ไมครอน ส่วนผิวด้านนอกท่อให้เคลือบตามชนิดของท่อที่จะนำมาใช้งานดังนี้

(1) ท่อที่จะหุ้มด้วยคอนกรีต (Steel Liner) ให้เคลือบสีรองพื้นกันสนิมไว้กรณีที่ต้องรอการติดตั้งเป็นเวลานาน

(2) ท่อบนดินให้เคลือบด้วย Non-Bleeding Type Coal-Tar Epoxy ให้ได้ความหนาของผิวเคลือบเมื่อแห้งไม่น้อยกว่า 150 ไมครอน และทับหน้าด้วย Epoxy-Resinous Micaceous Iron Oxide (MIO) ให้ได้ความหนาผิวเคลือบเมื่อแห้งไม่น้อยกว่า 60 ไมครอน และ MIO การเคลือบต้องดำเนินการในโรงงานโดยวิธี Air Spray หรือ Airless Spray ตามกรรมวิธีของผู้ผลิตสารเคลือบ

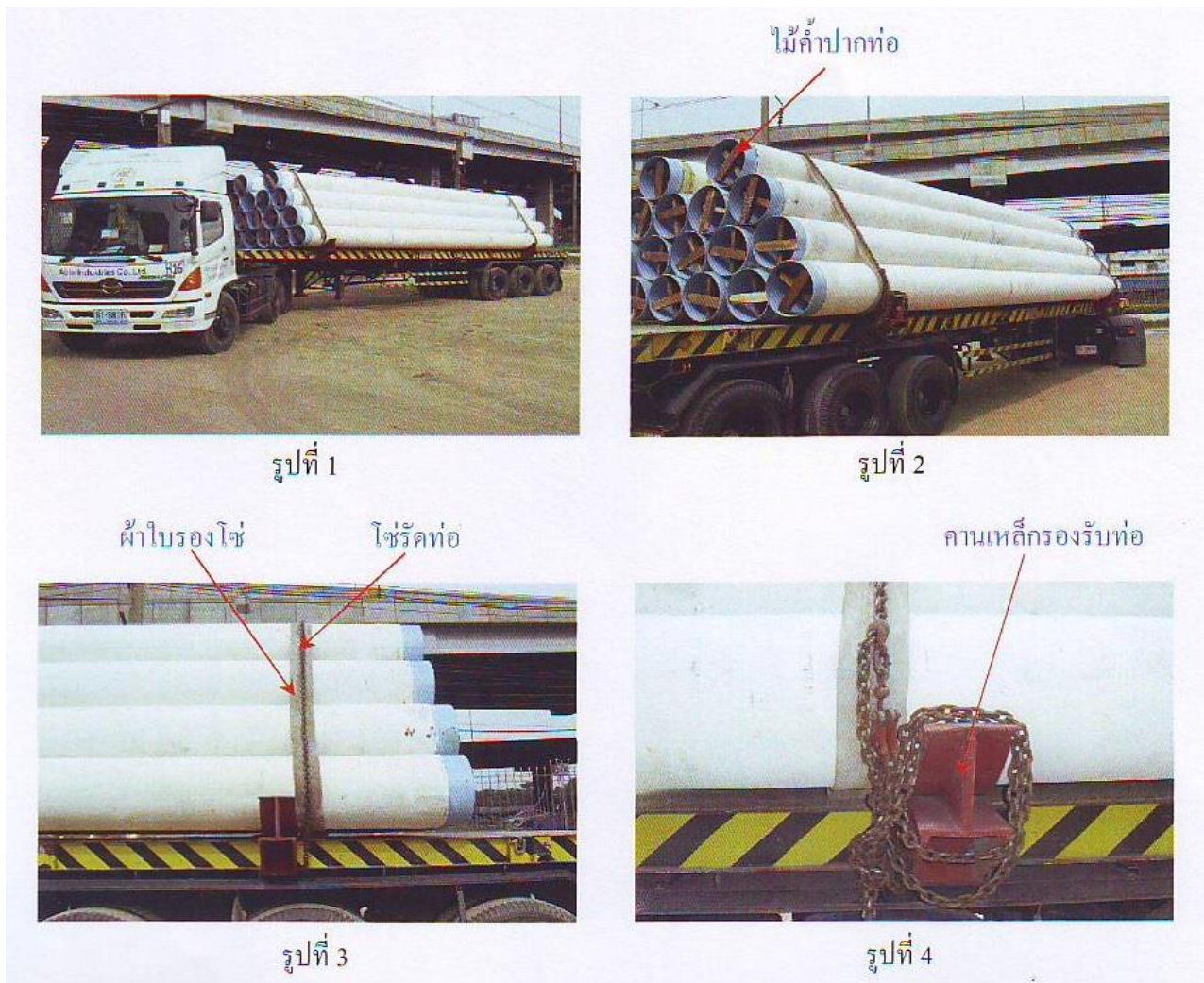
(3) ท่อใต้ดินให้เคลือบด้วย Polyurethane(PU) ตามมาตรฐาน AWWA C222 “Polyurethane Coatings for the Interior and Exterior of Steel Water Pipe and Fittings” การเคลือบต้องดำเนินการในโรงงาน ตามคำแนะนำของผู้ผลิตสารเคลือบโดยเคร่งครัด ความหนาของการเคลือบเมื่อแห้ง ไม่น้อยกว่า 625 ไมครอน หรือให้เคลือบท่อด้วยการพันเทปตามมาตรฐาน AWWA C214 “Tape Coating Systems for the Exterior of Steel Water Pipelines” ผลิตภัณฑ์เทปพันท่อต้องเป็นผลิตภัณฑ์ผู้ผลิตเดียวกัน เคยใช้งานในโครงการต่างๆในประเทศมาแล้ว และก่อนนำผลิตภัณฑ์เทปมาใช้ในงาน ผู้ขายต้องส่งตัวอย่างผลิตภัณฑ์เทปไปทดสอบที่สถาบันทดสอบวัสดุที่คณะกรรมการตรวจรับพัสดุยอมรับและให้ผู้ขายส่งมอบผลการทดสอบให้กับคณะกรรมการตรวจรับพัสดุเมื่อมีการส่งมอบพัสดุในส่วนที่เกี่ยวข้อง

4.7 การขนส่ง

4.7.1 การขนส่งท่อต้องได้รับการค้ำยันปลาย โดยไม้ค้ำยันขนาดขนาดและจำนวนตามที่ผู้ผลิตแนะนำหรือตามที่คณะกรรมการตรวจการจ้างเห็นสมควร การยกหรือกองท่อนรถบรรทุก ต้องระมัดระวังไม่ให้เกิดการเสียดสี อันจะทำให้ผิวหรือปลายท่อเสียหาย การกองท่อนรถบรรทุกต้องระวังไม่ให้เกิดการบิดเบี้ยวของท่อในระหว่างขนส่ง การยกท่อขึ้นลงจากรถบรรทุกต้องระวังมิให้เกิดความเสียหายแก่ผิวท่อ อุปกรณ์ที่ใช้ในการยกท่อให้ใช้เป็น ผ้าใบผืนกว้าง แล่นผ้าไนลอน และลวดสลิงที่มีสิ่งห่อหุ้ม เป็นต้น ห้ามใช้โซ่เปลือย ลวดสลิง ขอบเกี่ยว หรือแท่งโลหะในการยกท่อ และห้ามทิ้งหรือกลิ้งท่อลงจากรถบรรทุก

4.7.2 ท่อต้องเก็บไว้ในที่ปลอดภัย กองเก็บให้จัดเรียงเป็นชั้นๆอย่างเป็นระเบียบ ความสูงของกองท่อต้องไม่สูงเกินกว่าที่ผู้ผลิตแนะนำหรือตามที่คณะกรรมการตรวจการจ้างเห็นสมควร การกองท่อต้องมีไม้หมอนและลิ้มไม้เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการสั่นไถลของท่อที่กอง และต้องไม่วางท่อติดกับผิวดิน

4.7.3 ในกรณีที่ไมกำหนดไว้เป็นอย่างอื่นแทนรับท่อให้จัดทำด้วยเหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน จำนวนและขนาดแทนรับท่อต้องเหมาะสมที่จะรับน้ำหนักของท่อได้อย่างมั่นคง แข็งแรงและปลอดภัย



รูปที่ 4.7.1 ตัวอย่างการขนส่งท่อ

4.8 การติดตั้ง

4.8.1 การต่อท่อที่หน้างานให้ต่อแบบต่อชน โดยวิธีเชื่อมอาร์กด้วยมือ การประกอบท่อ ขนาดและพิกัดต่างๆต้องถูกต้องตามข้อกำหนด การเชื่อมให้ใช้ตามมาตรฐาน AWS D1.1 “Structural Welding Code-Steel” ช่วงเชื่อมต้องผ่านการทดสอบฝีมือ มีใบรับรองฝีมือช่างเชื่อมท่อเหล็ก Position 5G แนวเชื่อมต้องผ่านตรวจสอบโดยไม่ทำลาย สำหรับงานติดตั้งท่อส่งน้ำ Steel Liner ให้ตรวจสอบ 100% ส่วนงานติดตั้งระบบท่อส่งน้ำให้ตรวจสอบที่ประมาณ 15-20 % ด้วยวิธีถ่ายภาพด้วยรังสี หรือวิธีตรวจสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง และให้ส่งมอบผลการตรวจสอบแนวเชื่อมให้กับคณะกรรมการตรวจการจ้าง เมื่อมีการส่งมอบงานในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการติดตั้งท่อส่งน้ำ

4.8.2 แนวเชื่อมต่อท่อที่ผ่านการตรวจสอบแล้ว ต้องทำการซ่อมแซมสีเคลือบผิวภายในท่อที่เสียหายเนื่องจากความร้อน ด้วยสีอีพ็อกซีตามมาตรฐาน AWWA C210 “Liquid Epoxy Coating System for Interior and Exterior of Steel Water Pipelines” ความหนาของฟิล์มสีเมื่อแห้งไม่น้อยกว่า 406 ไมครอน ส่วนการซ่อมแซมสีเคลือบภายนอกท่อให้ใช้ตามชนิดการเคลือบท่อนั้นๆ ตามข้อ 3.6.8

4.8.3 ท่อต้องติดตั้งให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องตามแบบ หรือตามที่คณะกรรมการตรวจการจ้างเห็นสมควร ทั้งนี้ต้องมีความมั่นคง แข็งแรงและมีคุณสมบัติที่เหมาะสมสำหรับการใช้งาน



ติดฟิล์มรอบแนวเชื่อมต่อที่ต้องการตรวจสอบ



เครื่องกำเนิดรังสี



ปรับตั้งหัวจากรังสีเพื่อการถ่ายภาพ
ในระนาบเดียวกับแนวเชื่อมต่อที่จุดศูนย์กลางของท่อ



หาตำแหน่งการวางเครื่องกำเนิดรังสี
เพื่อเตรียมการตรวจสอบ

รูปที่ 4.8.1 ตัวอย่างการตรวจสอบแนวเชื่อมต่อท่อโดยไม่ทำลาย ด้วยวิธีการถ่ายภาพด้วยรังสี

เอกสารอ้างอิง

1. คณะทำงานจัดทำแบบมาตรฐานระบบส่งน้ำและระบายน้ำ. 2555. **ระบบท่อส่งน้ำรับแรงดัน** กรมชลประทาน กรุงเทพมหานคร.
2. ณรงค์ศักดิ์ ธรรมโชติ. 2552. **วัสดุวิศวกรรม** บริษัท ส. เอเซียเพรส (1987) จำกัด กรุงเทพมหานคร.
3. เอกสารประกอบการฝึกอบรมด้านช่างกล. **อุปกรณ์บังคับน้ำ เล่มที่ 1** ส่วนโรงงาน สำนักเครื่องจักรกล กรมชลประทาน นนทบุรี.
4. ข้อกำหนดและรายละเอียดเฉพาะ. 2558. **ท่อส่งน้ำและอุปกรณ์ประกอบ (งานจ้างก่อสร้าง)** เลขที่ วฐรง. 01/1-001-2558 ส่วนโรงงาน สำนักเครื่องจักรกล กรมชลประทาน นนทบุรี.
5. ข้อกำหนดและรายละเอียดเฉพาะ. 2558. **ท่อส่งน้ำและอุปกรณ์ประกอบ (งานซื้อ)** เลขที่ วฐรง.01/2-001-2558 ส่วนโรงงาน สำนักเครื่องจักรกล กรมชลประทาน นนทบุรี.
6. ข้อกำหนดและรายละเอียดเฉพาะ. 2558. **ท่อส่งน้ำและอุปกรณ์ประกอบ (งานจ้างวางท่อ)** เลขที่ วฐรง.01/3-001-2558 ส่วนโรงงาน สำนักเครื่องจักรกล กรมชลประทาน นนทบุรี.