

บทที่ 1

ผลิตภัณฑ์ท่อคอนกรีตสำเร็จรูป

งานท่อประปา หรือท่อไฟฟ้า เป็นงานหนึ่งที่มีความสำคัญมาก เพราะจัดได้ว่าเป็นงานระบบมาตรฐานที่สำคัญสำหรับงานก่อสร้าง งานท่อสามารถจำแนกออกได้ตามประเภทของการใช้งาน และประเภทของวัสดุดิบ เช่น ท่อ PVC ,ท่อ Polyethylene และท่อคอนกรีต เป็นต้น

ซึ่งท่อคอนกรีตจัดได้ว่าเป็นท่อที่มีนิยมนำมาใช้งานมากที่สุด เนื่องมาจากว่าจะมีความแข็งแรงคงทน และราคาต่ำกว่าเมื่อท่อ Polyethylene

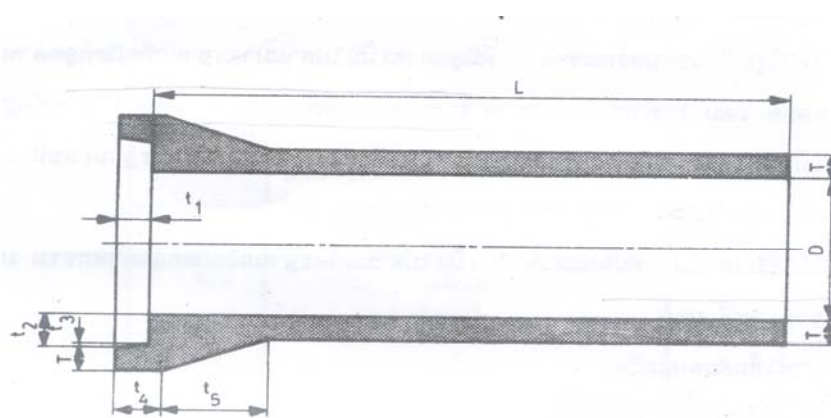
นิยามและความหมายของสินค้า

ท่อคอนกรีตสำเร็จรูป จัดได้ว่าเป็นผลิตภัณฑ์ในกลุ่มของ Non-Prestress Concrete ซึ่งสามารถที่จะแยกออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ ท่อคอนกรีตเสริมเหล็ก และท่อคอนกรีตไม่เสริมเหล็ก

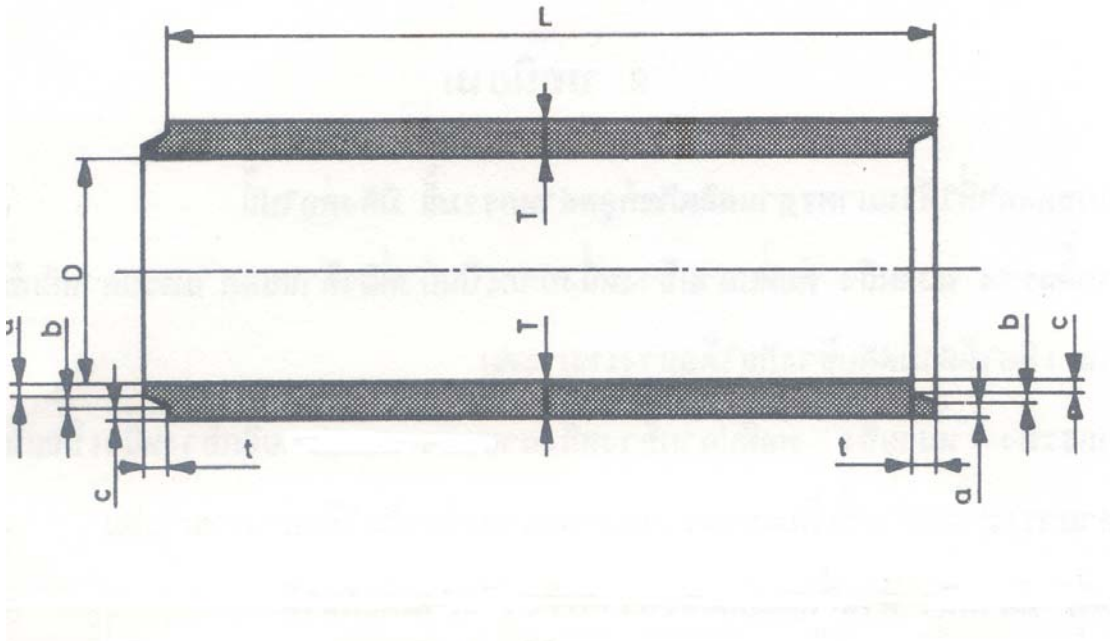
ท่อคอนกรีตแบบไม่เสริมเหล็ก จะเป็นท่อคอนกรีตที่ขนาดของเส้นศูนย์กลางไม่มากนัก เหมาะสำหรับนำมาใช้ในงานเดินท่อระบายภายในบ้าน

ท่อคอนกรีตเสริมเหล็ก จะเป็นท่อคอนกรีตที่มีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางที่ค่อนข้างใหญ่ สามารถรับแรงกระทำได้มาก โดยภายในท่อจะมีการเสริมเหล็กตะแกรงขนาดตั้งแต่ 4 ,6, 9 และ 12 มม. ตามขนาดของท่อคอนกรีต

ซึ่งท่อคอนกรีตที่มีอยู่โดยทั่วไป จะสามารถที่จะแยกออกได้เป็น ท่อคอนกรีตแบบปากกลิ้งราง ,และท่อคอนกรีตแบบปากกระมัง



รูปแสดงลักษณะของท่อคอนกรีตแบบปากกระมัง



รูปแสดงรายละเอียดของท่อคอนกรีตชนิดปากลิ้นราง

นอกจากนี้ยังมีสินค้าในกลุ่มประเภทต่างอีก เช่น ท่อระบายน้ำรูปสี่เหลี่ยม (Box Culvert) ซึ่งสามารถที่จะนำมาใช้ในงานระบบสุขาภิบาลขนาดใหญ่อีกด้วย

ตัวอย่างประเภทของผลิตภัณฑ์ (Type of Product)

สินค้าประเภทของท่อคอนกรีตสามารถที่จะทำการแยกประเภทของสินค้าได้ตามรายละเอียด ดังนี้ คือ

1. ท่อระบายน้ำคอนกรีตชนิดเสริมเหล็ก แบบท่อกลม เป็นท่อที่มีขนาดตั้งแต่ 200 - 2,500 มม. โดยมีความยาวตั้งแต่ 1,000 - 3,000 มม. ซึ่งจะมีอยู่ 2 รูปแบบ คือ แบบปากลิ้นราง และแบบปากระฆัง
2. ท่อระบายน้ำคอนกรีตแบบไม่เสริมเหล็ก แบบท่อกลม เป็นท่อที่มีขนาดตั้งแต่ 200 - 1,000 มม. โดยมีความยาว 1,000 มม. ซึ่งจะมีอยู่ 2 รูปแบบ คือ แบบปากลิ้นราง และแบบปากระฆัง
3. ท่อระบายน้ำรูปสี่เหลี่ยม (Box Culvert) เป็นท่อระบายน้ำที่มีขนาดตั้งแต่ 300 - 2,500 มม. โดยมีความยาว 1,000 - 2,000 มม.



รูปแบบท่อระบายน้ำคอนกรีตปากลิ้นราง ชนิดเสริมเหล็ก และไม่เสริมเหล็ก



รูปแบบท่อระบายน้ำคอนกรีตรูปสี่เหลี่ยม

บทที่ 2

มาตรฐานของสินค้าท่อคอนกรีต และแนวคิดที่ใช้ในการออกแบบ

มาตรฐานของสินค้าเสาเข็มคอนกรีต

มาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบงานท่อคอนกรีต สามารถที่จะทำแยกออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ เรื่องของงานท่อคอนกรีตเสริมเหล็ก และงานท่อคอนกรีตอัดแรง ซึ่งสามารถแยกรายละเอียดออกได้ ดังนี้ คือ

นิยามคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับงานเสาเข็มคอนกรีต

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

1. ท่อแบบปากลิ้นราง หมายถึง ท่อที่ปลายข้างหนึ่งบากเป็นปากที่ผิวด้านนอก และปลายอีกข้างหนึ่งบากเป็นปากที่ผิวด้านใน เพื่อให้สวมสลับบ้างกันได้อย่างเหมาะสม
2. ท่อแบบปากระฆัง หมายถึง ท่อที่ปลายข้างหนึ่งผายออก และปลายอีกข้างหนึ่งเป็นแนวตรง ปลายข้างที่ผายออกสามารถสวมปลายที่เป็นแนวตรงของท่อขนาดเดียวกันได้อย่างเหมาะสม
3. ปาก (end) หมายถึง ส่วนที่ท่อแบบและขนาดเดียวกันสวมต่อกันได้

แบบละชั้นคุณภาพ

ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ แบ่งท่อออกได้เป็น 2 แบบ คือ

1. แบบปากลิ้นราง
2. แบบปากระฆัง

ท่อแต่ละแบบ สามารถที่จะแบ่งออกเป็น 4 ชั้นคุณภาพ คือ

1. คสล. 1
2. คสล. 2
3. คสล. 3
4. คสล. 4

ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

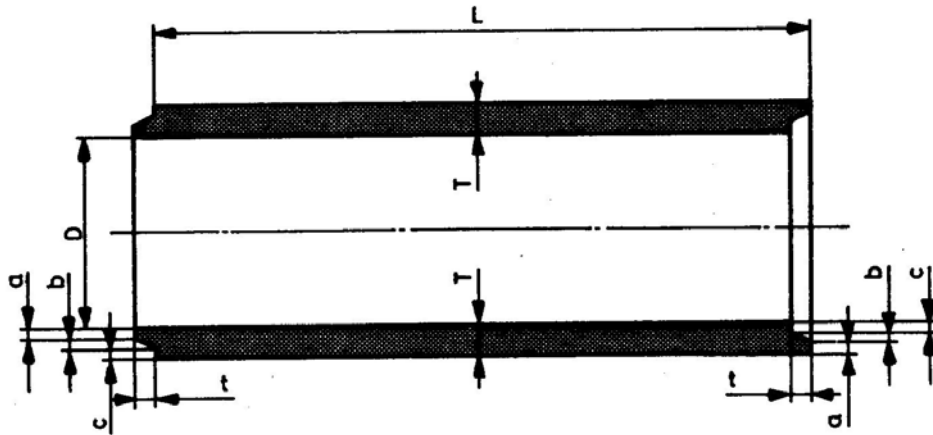
1. ขนาดระบุ

ขนาดระบุของท่อให้เป็นที่กำหนดในตารางแสดงรายละเอียดเรื่องข้อกำหนดเรื่องขนาด และมิติ

1.1 มิติและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

- เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน ความหนาของผนังท่อ และเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ต้องเป็นไปตามตารางแสดงรายละเอียดสำหรับท่อแบบปากลิ้นราง และตามตารางแสดงรายละเอียดสำหรับท่อแบบปากระฆัง

- ความยาว ต้องไม่เกิน 5,000 มิลลิเมตร

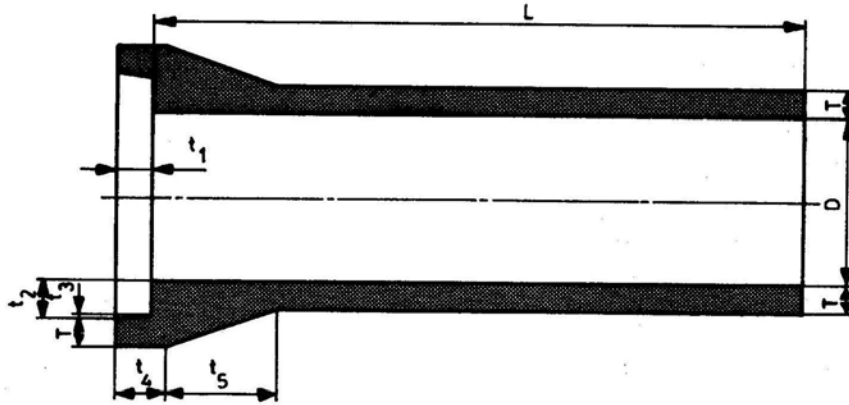


หน่วยเป็นมิลลิเมตร

ขนาดระบุ	เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (D)	ความหนาของผนังท่อ (T) ± 5	มิติต่าง ๆ ของปาก			
			t	a	b	c
300	300 ± 4.5	50	30	19	8	23
400	400 ± 6.0	60	30	23	10	27
500	500 ± 7.5	70	40	28	10	32
600	600 ± 9.0	75	40	28	15	32
800	800 ± 9.6	95	45	38	15	42
1 000	1 000 ± 10.0	110	45	43	20	47
1 200	1 200 ± 12.0	125	50	48	25	52
1 500	1 500 ± 15.0	150	60	57	30	63
1 750	1 750 ± 17.5	170	60	65	34	71
2 000	2 000 ± 20.0	190	80	72	40	78
2 250	2 250 ± 22.5	210	80	80	44	86
2 500	2 500 ± 25.0	240	90	90	54	96

รูปแสดงรายละเอียดของขนาดสำหรับงานท่อชนิดปากกลิ้งราง

ตารางแสดง ขนาดระบุ เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน ความหนาของผนังท่อ และเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของท่อแบบปากกระฉิ่ง



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

ขนาดระบุ	เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (D)	ความหนาของผนังท่อ (T) ± 5	มิติต่าง ๆ ของปาก				
			t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅ ค่าสุด
300	300 ± 4.5	50	60	66	4	85	150
400	400 ± 6.0	60	67	76	4	97	180
500	500 ± 7.5	70	70	86	4	105	210
600	600 ± 9.0	75	76	91	4	114	225
800	800 ± 9.6	95	89	111	4	137	285
1 000	1 000 ± 10.0	110	95	126	4	150	330
1 200	1 200 ± 12.0	125	100	141	4	165	375
1 500	1 500 ± 15.0	150	100	166	4	177	450

หมายเหตุ มิติต่าง ๆ ของปากให้ไว้เป็นข้อเสนอแนะ ผู้ทำอาจออกแบบปากให้แตกต่างไปจากที่กำหนดไว้ในมาตรฐานนี้ เพื่อการต่อเชื่อมท่อตามวิธีที่เหมาะสมได้

หมายเหตุ : มิติต่าง ๆ ของปากให้ไว้เป็นข้อเสนอแนะ ผู้ทำอาจออกแบบปากให้แตกต่างไปจากที่กำหนดไว้ในมาตรฐานนี้ เพื่อการต่อเชื่อมท่อตามวิธีที่เหมาะสมได้

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต และกระบวนการในการผลิต

1. วัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิต

1.1 ปูนซีเมนต์

ชนิดของปูนซีเมนต์ จะต้องเป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ตามหลักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 1 ข้อกำหนดคุณภาพ มาตรฐานเลขที่ มอก.5 เล่ม 1

1.2 เหล็กเสริม

ให้ทำการใช้เหล็กเสริม ชนิดดังต่อไปนี้

- ลวดเหล็กดิ่งเย็นเสริมคอนกรีต ที่เป็นไปตามมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรม ลวดเหล็กดิ่งเย็นเสริมคอนกรีต มาตรฐานเลขที่ มอก. 747

- เหล็กเส้นกลม ที่เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต : เหล็กเส้นกลม มาตรฐานเลขที่ มอก. 20

1.3 มวลผสม (Aggregate)

ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มวลผสมคอนกรีต มาตรฐานเลขที่ มอก.566

2. กระบวนการผลิต

2.1 คอนกรีต

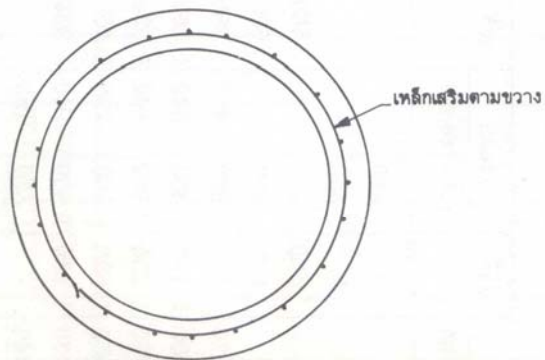
ต้องผสมคอนกรีตด้วยเครื่องผสมคอนกรีต เนื้อคอนกรีตต้องมีส่วนผสมสม่ำเสมอ และจะต้องเป็นคอนกรีตชนิด Slump Concrete และต้องมีค่า Slump และ Strength ที่ 28 วันของคอนกรีตที่เหมาะสมด้วย

2.2 เหล็กเสริมตามยาว

เหล็กเสริมตามแนวยาวต้องมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 4 มิลลิเมตร และมีจำนวนไม่น้อยกว่า 4 เส้น สำหรับท่อขนาดระบุเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 500 มม. และไม่น้อยกว่า 8 เส้น สำหรับท่อขนาดระบุเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 600 มม. ขึ้นไป

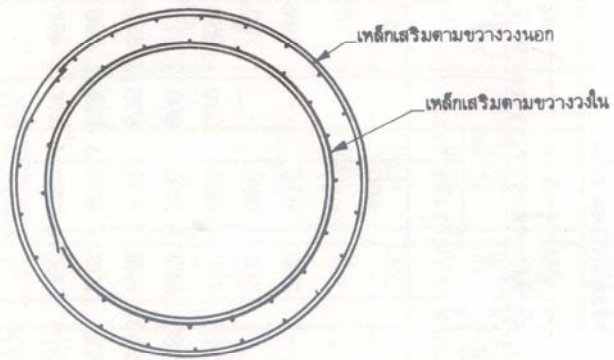
2.3 เหล็กเสริมตามขวาง

ปริมาณเหล็กเสริมตามขวาง พิจารณาจากพื้นที่หน้าตัด ซึ่งจะต้องไม่น้อยกว่าที่กำหนดในตารางแสดงปริมาณของเหล็กเสริม การทดสอบให้ปฏิบัติ



เหล็กเสริมตามขวาง

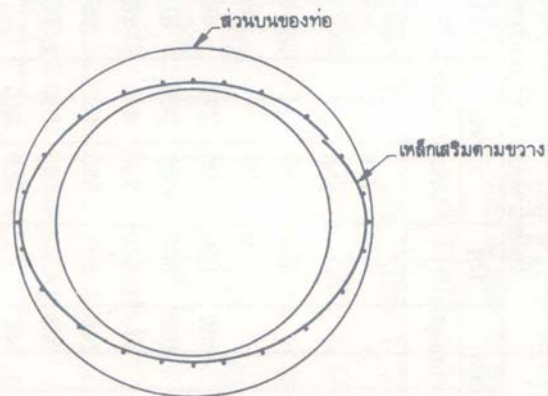
วงกลมชั้นเดียว



เหล็กเสริมตามขวางวงนอก

เหล็กเสริมตามขวางวงใน

วงกลมสองชั้น



ส่วนบนของท่อ

เหล็กเสริมตามขวาง

วงรี

รูปแสดงรายละเอียดของการเสริมเหล็กตามขวางเป็นวงกลมชั้นเดียว ,วงกลม 2 ชั้น และเป็นวงรี

ขนาดระบุ	ชั้นคุณภาพ											
	คสท 1			คสท 2			คสท 3			คสท 4		
	พื้นที่ภาคตัดขวางของเหล็กเสริมตามขวาง ตารางเซนติเมตรต่อความยาวของท่อน 1 เมตร											
	วงกลม		วงรี	วงกลม		วงรี	วงกลม		วงรี	วงกลม		วงรี
วงใน	วงนอก	วงใน		วงนอก	วงใน		วงนอก	วงใน		วงนอก		
300	2.1	-	-	1.5	-	-	1.5	-	-			
400	3.3	-	-	2.5	-	3.0	1.5	-	-			
500	4.6	-	4.0	3.8	-	3.4	1.5	-	1.5			
600	6.4	-	5.1	5.7	-	4.9	1.5	-	1.5			
800	9.3	7.0	10.4	5.8	4.1	6.3	4.0	-	3.4	3.1	-	2.7
1 000	12.0	9.0	13.5	7.0	5.2	7.8	4.2	3.2	4.7	3.0	2.3	3.4
1 200	15.5	11.6	17.1	8.9	6.8	9.9	5.1	3.8	5.7	3.8	3.0	4.2
1 500				12.5	9.5	14.0	7.2	5.5	8.0	5.3	4.0	5.9
1 750				16.0	12.1	17.8	10.0	7.4	10.8	7.1	5.3	7.9
2 000							12.6	9.5	13.9	8.9	6.7	9.8
2 250							14.6	11.0	17.1	10.8	8.0	12.1
2 500							19.1	14.4	18.7	13.6	10.2	14.0

ตารางแสดงปริมาณการเสริมเหล็กตามขวาง

2.4 คอนกรีตหุ้ม

- (1) เหล็กเสริมตามขวางเป็นวงกลมชั้นเดียว ตำแหน่งของเหล็กเสริมต้องอยู่ระหว่าง 0.40 ถึง 0.50 เท่าของความหนาของผนังท่อน (วัดจากภายใน)
- (2) เหล็กเสริมตามขวางเป็นวงกลมสองชั้นและเป็นวงรี ต้องเป็นไปตามตารางแสดงลักษณะของคอนกรีตหุ้ม
- (3) เหล็กเสริมตามขวางวงรีต้องห่างจากปลายท่อนไม่น้อยกว่า 13 มิลลิเมตร และไม่มากกว่า 25 มิลลิเมตร

ตารางแสดง คอนกรีตหุ้มเหล็กเสริมตามขวางเป็นวงกลมสองชั้นและเป็นวงรี

ขนาดระบุ	คอนกรีตหุ้ม มิลลิเมตร	
	ต่ำสุด	สูงสุด
300 ถึง 1000	19	25
1200 ถึง 1500	19	29
1500 ถึง 1750	19	32
2000 ถึง 2500	25	38

หมายเหตุ

- (1) เหล็กเสริมตามขวางเป็นวงกลมสองชั้น ต้องมีระยะห่างไม่น้อยกว่า 0.25 เท่าของความหนาของผนังท่อ
การทดสอบให้ทำโดยการวัด
- (2) ระยะเรียงของเหล็กเสริมตามขวาง ต้องไม่เกิน 100 มิลลิเมตร
การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 9.4
- (3) การต่อเหล็กเสริมตามขวาง
ต้องทางเหลื่อมกันไม่น้อยกว่า 40 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลาง ในกรณีที่ต้องกัน โดยการเชื่อมต้องทาบเหลื่อมกันไม่น้อยกว่า 50 มิลลิเมตร
การทดสอบให้ทำโดยการวัด

คุณลักษณะที่ต้องการ

1. ลักษณะทั่วไป

ท่อต้องเรียบร้อย ปราศจากรอยร้าว มีผิวเรียบ แต่อาจมีตำหนิที่ปากได้เล็กน้อยถ้าไม่ทำให้เกิดความเสียหายในการต่อท่อ

การทดสอบ : การทดสอบสามารถที่จะทำได้โดยการตรวจสอบสภาพของผิวงาน

2. สมบัติทางกล

- ความทนความดันทดสอบทางไฮดรอลิก

การทดสอบ โดยใช้ความดันทดสอบทางไฮดรอลิกตาม แล้ว ท่อต้องไม่แตกหรือรั่ว

- ความต้านแรงอัดของแท่งคอนกรีต

การทดสอบ สามารถที่จะดำเนินการได้โดย การเก็บแท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอก ซึ่งเมื่อนำไปทดสอบแรงอัดต้องมีความต้านแรงอัดไม่น้อยกว่า 28 เมกะพาสคัล

การทดสอบให้ปฏิบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีทดสอบความต้านแรงอัดของแท่งคอนกรีต มาตรฐานเลขที่ มอก.409 พิจารณาค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่ 28 วัน

ชั้นคุณภาพ	ความต้านทานแรงอัดของแท่งคอนกรีตต่ำสุด เมกะปาสคัล
คสล.1	42
คสล.2	28*
คสล.3	28*
คสล.4	28

ตารางแสดงรายละเอียดของความต้านทานแรงอัดของคอนกรีต

หมายเหตุ

- ค่าความต้านทานแรงอัดตามมาตรฐานนี้ เป็นค่าความต้านทานแรงอัดของแท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 มม. และความสูง 300 มม.
- ท่อชั้นคุณภาพ คสล.2 ขนาดระบุ 1500 มม. ขึ้นไป จะต้องม้ค่าความต้านทานแรงอัดไม่น้อยกว่า 35 เมกะปาสคัล
- ท่อดคุณภาพ คสล. 3 ขนาดระบุ 2250 ขึ้นไป ต้องม้ค่าความต้านทานแรงอัดไม่น้อยกว่า 35 เมกะปาสคัล

เครื่องหมายและฉลาก

ที่บริเวณภายนอกของท่อทุกท่อน อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้อย่างชัดเจน ชัดเจนและไม่ลบเลือนง่าย

- (1) ชั้นคุณภาพ
- (2) ขนาดระบุ
- (3) เครื่องหมายแสดงถึงส่วนบนของท่อ สำหรับท่อที่มีเหล็กเสริมตามขวางเป็นวงรี
- (4) วัน เดือน ปีที่ทำ
- (5) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น
ทางผู้ผลิตผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เป็นไปตามมาตรฐานนี้ จะแสดงเครื่องหมายมาตรฐานกับ
ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้นได้ ก็ต่อเมื่อได้รับใบอนุญาตจากทางคณะกรรมการตรวจสอบมาตรฐาน
ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแล้ว

การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

รุ่น ในที่นี้ หมายถึง ท่อแบบ ชั้นคุณภาพ และขนาดระบุเดียวกัน มีขนาดและจำนวนเหล็กเสริม
เท่ากัน ที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน

การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้ หรืออาจใช้
แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้

การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบมิติ การทำ ลักษณะทั่วไป ความทนความดัน
ทดสอบทางไฮดรอลิก และเครื่องหมายและฉลาก

- ให้ชักตัวอย่างท่อ โดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันจำนวน 1 ท่อน จากท่อ 200 ท่อน หรือเศษของ
200 ท่อน (เศษที่เหลือไม่เกิน 50 ท่อน ไม่ต้องชักตัวอย่าง)
- ตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 4.2 ข้อ 5.2 ข้อ 6.1 ข้อ 6.2.1 และข้อ 7 จึงจะถือว่าท่อรุ่นนั้น
เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ในกรณีที่ตัวอย่างไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดรายการใด
รายการหนึ่งให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันมาอีก 2 ท่อน เพื่อทดสอบใหม่ และผล
การทดสอบท่อทั้ง 2 ท่อน ต้องเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกรายการ จึงจะถือว่าท่อรุ่นนั้น
เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด
- การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบความต้านแรงอัดของแท่งคอนกรีต
- ให้ชักตัวอย่างคอนกรีตโดยวิธีสุ่ม จำนวน 1 ชุดตัวอย่าง จากปริมาณคอนกรีตที่ใช้ทำท่อ
200 ท่อน หรือเศษ ของ 200 ท่อน (เศษที่เหลือไม่เกิน 50 ท่อน ไม่ต้องชักตัวอย่าง)
- การชักตัวอย่าง 1 ชุดตัวอย่าง ให้ชักตัวอย่างคอนกรีตจากเครื่องผสมอย่างน้อย 3 ครั้ง ที่
ระดับประมาณ $\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ และ $\frac{2}{3}$ ของเครื่องผสม แล้วนำมาผสมรวมกันเป็น 1 ชุด ตัวอย่าง
ปริมาณคอนกรีตที่เก็บ 1 ชุดตัวอย่าง ต้องมากพอที่จะหล่อแท่งตัวอย่างได้ 1 แท่ง ช่วงเวลา
ที่เก็บตัวอย่างครั้งแรกกับครั้งสุดท้ายที่จะนำมาผสมกันและหล่อเป็นแท่งตัวอย่างเสร็จต้อง
ไม่เกิน 15 นาที ในกรณีที่ไม่สามารถเก็บตัวอย่าง 3 ครั้งได้ตามเวลาที่กำหนด ให้ชัก
ตัวอย่างคอนกรีตที่ระดับประมาณ $\frac{1}{2}$ ถึง $\frac{2}{3}$ ของเครื่องผสม เป็น 1 ชุดตัวอย่าง
- ตัวอย่างทุกชุดตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 6.2.2 จึงจะถือว่าท่อรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่
กำหนด ในกรณีที่มิชุดตัวอย่างใดไม่เป็นไปตามข้อ 6.2.2 แต่ความต้านแรงอัดของแท่ง

คอนกรีตของชุดตัวอย่างนั้นไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 ของค่าความต้านแรงอัดของแท่งคอนกรีตที่กำหนดให้ถือว่าท่อรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างท่อต้องเป็นไปตามมาตรฐานการตรวจสอบในทุกข้อ และทุกขั้นตอน จึงจะถือว่าท่อรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

แนวคิดที่ใช้ในการออกแบบ

1. การคำนวณเลือกท่อคอนกรีตระบายน้ำ

การคำนวณในที่นี้ จะทำการนำเสนอเฉพาะรายการคำนวณอย่างง่าย ๆ ที่มีความละเอียดเพียงพอสำหรับการปฏิบัติงานจริงในทางวิศวกรรม ทั้งนี้เพื่อความสะดวกรวดเร็วสำหรับวิศวกรที่จะเลือกหาขนาดท่อสำหรับการระบายน้ำ และชนิดของท่อตลอดจนการคำนวณตรวจสอบหาน้ำหนักบรรทุกที่เกิดขึ้นบนด้านหลังท่อ ซึ่งอาจเกิดเนื่องมาจากน้ำหนักของดินถม และน้ำหนักบรรทุกจร เช่น รถบรรทุกที่วิ่งผ่านมาบนหลังท่อ เป็นต้น ซึ่งสามารที่จะนำมาใช้ในการคำนวณหาชนิดของท่อ และระดับของความท่อที่ฝังลงสู่พื้นดินได้ และการเสริมเหล็กของท่อคอนกรีตนั้นมีความเพียงพอ และเหมาะสมอย่างไร ซึ่งทางผู้จัดทำขอแนะนำการคำนวณ โดยแยกออกเป็น 2 ภาค คือ ภาคที่ 1 เกี่ยวกับเรื่องของ การคำนวณในทางชลศาสตร์ของน้ำที่จะระบายไหลผ่าน และภาคที่ 2 เกี่ยวกับเรื่องของ การคำนวณหาน้ำหนักบรรทุก ที่ท่อจะต้องรับและสภาพของการวางท่อคอนกรีต

การคำนวณทางชลศาสตร์

สภาพของการระบายน้ำในท่อระบายน้ำ จะสามารถที่จะเกิดขึ้นได้เป็น 2 ประเภท คือ

- (1) การระบายการไหลของน้ำเกิดขึ้นเต็มท่อ
- (2) การระบายการไหลของน้ำเกิดขึ้นไม่เต็มท่อ คือ มีน้ำอยู่เพียงส่วนหนึ่งของหน้าตัดของท่อ

โดยปกติแล้วเราใช้เป็นหลักในการคำนวณการระบายน้ำสูงสุดที่จะเกิดขึ้นได้ ส่วนจำนวนน้ำที่จะต้องทำการระบายในสภาพปกติ หรือในสภาพที่น้อยที่สุดแล้วจะคำนวณให้การไหลของน้ำอยู่ในลักษณะที่ไม่เต็มท่อ

1. การระบายการไหลของน้ำเกิดขึ้นเต็มท่อ (Full Flow)

การไหลของน้ำในท่อระบายที่เรียกว่าเต็มท่อ นั้นหมายความว่า ระดับน้ำที่หน้าท่อและท้ายท่อระบายน้ำนั้นอยู่สูงหรือเท่ากับสันของท่อ จากรูปตามกฎของ Bernoulli's Theorem

$$H_L = K_e \frac{V_1^2}{2g} + H_{f1} + K_{enl} \frac{V_1^2}{2g} + H_{f2} + \frac{V_2^2}{2g} \quad \dots(1)$$

$$Q = V_1 A_1 = V_2 A \quad \dots(2)$$

โดยที่

- Q = จำนวนที่ระบายไหลผ่านท่อ (ลบ.ม./วินาที)
 A = เนื้อที่หน้าตัดของท่อ (ตร.ม.)
 V = ความเร็วของน้ำในท่อ
 H_L = ระดับความดันของน้ำ ซึ่งแตกต่างกันระหว่างหน้าท่อกับท้ายท่อ
 K_e = สัมประสิทธิ์ (Coefficient) ของการเสียดำลังการไหลเข้าท่อ ประมาณ 0.50-0.78
 K_{enl} = สัมประสิทธิ์ของการเสียดำลังในการไหลของน้ำจากท่อที่เล็กไปสู่ท่อที่ใหญ่กว่า $= 1 - (D_1/D_2)^2$
 H_f = การเสียดำลัง เนื่องด้วยความฝืดของท่อในระยะทาง L
 D = เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ

การคำนวณการเสียดำลัง เนื่องจากความฝืดของท่อจาก Manning Formula ใน Metric System

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad \dots(3)$$

โดยที่

- n = สัมประสิทธิ์ของผิวท่อ ท่อคอนกรีตที่มีรอยต่อทุกๆเมตร ควรที่จะมีค่า n เท่ากับ .017
 R = Hydraulic Radius ของท่อ = เนื้อที่หน้าตัดของท่อที่มีน้ำ/เส้นขอบท่อที่ถูกผิวน้ำ (Wetted Perimeter) = D/4
 S = ส่วนลาดของ Hydraulic Gradient = H_f/L

เพราะฉะนั้น

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} \left(\frac{H_f}{L} \right)^{1/2} \quad \dots(4)$$

หรือ

$$V^2 = R^{4/3} \left(\frac{H_f}{L} \right)$$

$$H_f = \frac{n^2 LV^2}{R^{4/3}} = \frac{n^2 LV^2}{(D/4)^{4/3}} = \frac{6.35n^2 LV^2}{D^{4/3}} \dots(5)$$

แทนค่าของ K_e, K_{en1}, H_{f1} และ H_{f2} ในสมการที่ (1)

$$H_L = \frac{0.78V_1^2}{2g} + \frac{6.35n^2 L_1 V_1^2}{D_1^{4/3}} + (1 - (D_1/D_2)^2) * \frac{V_1^2}{2g} + \frac{6.35n^2 L_2 V_2^2}{D_2^{4/3}} + \frac{V_2^2}{2g} \dots(6)$$

จากสมการ (6) และ (2) เมื่อเรามีค่าของ H_L ขนาดท่อ D_1 และ D_2 และความเร็วในการไหลของน้ำในท่อ จากนั้นก็จะทำให้ทราบขนาดของพื้นที่หน้าตัดของท่อ

2. การระบายน้ำที่ไหลในท่อคอนกรีตไม่เต็มท่อ (Partial Flow)

การไหลของน้ำในท่อระบายที่เรียกว่า “ไม่เต็มท่อ” นั้นหมายถึงว่า ระดับน้ำในท่ออยู่ต่ำกว่าระดับสันของท่อ การไหลของน้ำในท่อ จึงเป็นการไหลแบบเช่นเดียวกับการไหลของน้ำในลำธาร (Open Channel)

$$Q = VA$$

จากสมการ (3)

$$Q = \frac{A}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

$$\text{จาก } A = \alpha D^2 \text{ และ } R = \beta D$$

แทนค่า A และ R ในสมการข้างบน

$$Q = \frac{\alpha D^2}{n} (\beta D)^{2/3} S^{1/2} = \alpha \beta^{2/3} D^{8/3} \frac{S^{1/2}}{n}$$

$$\text{แต่ } \alpha \beta^{2/3} = \delta$$

$$\text{ดังนั้น } Q = \delta D^{8/3} \frac{S^{1/2}}{n}$$

จากรูปที่ 3 ค่าของ α, β และ δ หาได้ตามส่วนเรโซของความลึกของน้ำที่ไหลในท่อ ต่อความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อระบายนั้น จนถึงเรโซเท่ากับ 1.0 คือ เมื่อมีน้ำไหลเต็มท่อ เพื่อความสะดวกและความรวดเร็วในการคำนวณ ผู้เขียนได้คำนวณค่าของ $D^{8/3} S^{1/2}$ เมื่อ $n = 0.017$ และ D เป็นขนาดท่อต่าง ๆ ที่บริษัทได้ผลิตออกจำหน่าย ส่วนค่าของ S มีตั้งแต่ 1: 100 จนถึง 1: 5,000 ดังปรากฏในตารางที่ 1

ตารางที่ 1

ค่าของ $D^{8/3} \frac{S^{1/2}}{n}$ สำหรับท่อคอนกรีตตามขนาดที่ผลิต โดยบริษัทผลิตภัณฑ์และวัสดุก่อสร้าง จำกัด

	ค่าของ S ต่าง ๆ						
	1/100	1/500	1/1,000	1/2,000	1/3,000	1/4,000	1/5,000
0.30	.2370	.1060	.0750	.0530	.0431	.0375	.0335
0.50	.9264	.4141	.2930	.2072	.1683	.1466	.1310
0.60	1.5034	.6721	.4754	.3362	.2731	.2379	.2127
0.80	3.2374	1.4472	1.0237	.7239	.5881	.5122	.4579
1.00	5.8820	2.6294	1.8600	1.3153	1.0685	.9306	.8320
1.20	9.5712	4.2786	3.0266	2.1403	1.7387	1.5143	1.3538

ในการคำนวณเลือกขนาดของท่อคอนกรีตสำหรับการระบายน้ำ นอกจากจะคำนึงถึง ปริมาณน้ำสูงสุดที่จะต้องระบายแล้ว ผู้ออกแบบควรจะต้องศึกษาถึงสภาพการไหลของน้ำ ในที่อยู่ในสภาพปกติด้วย คือเมื่อมีการไหลไม่เต็มท่อ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับท่อคอนกรีตระบาย น้ำโสโครกในระยะทางยาว ที่มีทั้งตะกอนและสิ่งสกปรกพัดพาไปกับน้ำระบายด้วย ผู้คำนวณ จำต้องเลือกขนาดของท่อและ Hydraulic Gradient ให้เหมาะสมกับจำนวนน้ำที่จะต้องทำการระบาย เพื่อให้การระบายมีกระแสแรงพอที่จะพัดพาสิ่งสกปรกและตะกอนอื่นๆ ไปกับน้ำได้ตลอดเวลา ถ้า ปรากฏว่าน้ำระบายในสภาพปกติมีน้อย ท่อมีขนาดไม่เหมาะสม และ Hydraulic Gradient ก็มีค่าต่ำ ด้วย ตะกอนต่าง ๆ จะพากันตกจมอยู่ก้นท่อจนเป็นเหตุให้ทางเดินของน้ำตื้นเขิน และระบายน้ำ ไม่ได้เต็มอัตราตามที่ผู้ออกแบบได้คาดคะเนไว้ ตลอดทั้งจะสิ้นเปลืองในการขุดและลอกทำความสะอาดทางเดินของน้ำในท่อระบาย

ความเร็วของน้ำดังกล่าว อย่างน้อยควรจะต้องมีความเร็วดังต่อไปนี้

1. ตะกอนและดินละเอียด 0.1 ม./วินาที
2. ดินทรายละเอียด 0.2 ม./วินาที
3. ดินทรายหยาบ 0.32 ม./วินาที

การคำนวณน้ำหนักรรทุกบนหลังท่อ

น้ำหนักรรทุกที่จะเกิดขึ้นบนหลังท่อที่ฝังแล้ว มีอยู่ 2 น้ำหนักด้วยกัน คือ (1) น้ำหนักรรทุกเนื่องจากน้ำหนักของดินที่ถมอยู่บนหลังท่อ (2) น้ำหนักรรทุกเนื่องจากน้ำหนักจรรยาที่ผ่านมา บนผิวจราจรหลังท่อ เช่น น้ำหนักรรทุกจากล้อรถ

น้ำหนักรรทุกเนื่องจากน้ำหนักของดิน ซึ่งใช้ถมบดทับบนหลังท่อ น้ำหนักนี้เกิดขึ้นได้เป็นสองลักษณะคือ (ก) น้ำหนักดินทับท่อในร่องที่ขุดไม่กว้างกว่าท่อมากนัก ลงไปในดินเดิมหรือดินที่บดทับแน่นแล้วจึงทำการฝังท่อซึ่งเราเรียกว่า “Ditch Conduits” (ข๗) น้ำหนักดินทับท่อ โดยทำการฝังท่อพร้อมไปกับการบดทับดิน Projection Conduits และลักษณะนี้ยังแบ่งออกเป็นประเภท Complete Projection Condition และ Incomplete Projection Condition สุดแต่จะมีการถมดินบนหลังท่อสูงกว่าหรือต่ำกว่า Plane of Equal Settlement หรือไม่

เหตุใหญ่ที่ทำให้ลักษณะ ก หรือ ข ดังกล่าวแตกต่างกันก็คือ ในลักษณะ ก ดินที่ถมบดทับภายหลังในร่องฝังท่อ จะหลวมตัวมากกว่าดินข้างผนังร่องดิน ฉะนั้นดินที่ถมบนหลังท่อภายหลังจะมีการยุบตัวมากกว่าดินข้าง ๆ และแรงเสียด (Friction Force) ที่ดินระหว่างผนังดินของดินเดิมและดินถมใหม่ จะทำการช่วยพยุงน้ำหนักดินที่ถมบนหลังท่อไว้ ทำให้น้ำหนักของดินที่กดบรทุกลงบนหลังท่อน้อยลง ส่วนในลักษณะ (ข) นั้นเนื่องจากมีการถมดินพร้อม ๆ กัน และดินมีความแน่นเหมือนกัน แต่ความหนาของดินข้างท่อมักมากกว่าความหนาของดินบนหลังท่อ ฉะนั้นการทรุดตัวจากดินข้างท่อมักจะมีมากกว่า และแรงเสียดของผนังดิน (Friction Force) ที่เกิดในผนังระหว่างดินสองแห่งจึงช่วยเสริมแรงกดลงบนหลังท่อมากขึ้น

การฝังท่อโดยขุดร่องในดินที่บดทับก่อนแล้ว

ในเมื่อ

W_c : น้ำหนักรรทุกบนหลังท่อที่เกิดจากดินถมเป็นต้น/ม.

C_d : สัมประสิทธิ์ของน้ำหนักดินถม

δe : น้ำหนักของดินบดทับ ต้น/ม³

B_d : ความกว้างของร่องที่ขุด เพื่อฝังท่อ และกว้างกว่า B_c ซึ่งเป็นความกว้างของท่อภายนอก ไม่มากนัก

H_c : ความหนาของดินบนหลังท่อ เป็นม.

น้ำหนักรรทุกเนื่องจากน้ำหนักจร

$$W_p = F_i C_t P_o$$

ในเมื่อ W_p : น้ำหนักรรทุกบนท่อเนื่องจากน้ำหนักจร

P_o : น้ำหนักจรเป็นต้น

B_c : ความกว้างของท่อคอนกรีตภายนอก

C_t : สัมประสิทธิ์ของการถ่ายน้ำหนักจรต่อ ม. ความยาวของท่อคอนกรีต

F_i : 1.0 เมื่อ P_o เป็นน้ำหนักคงที่ P_o เป็นน้ำหนักค่าของ F_i จะมีมากกว่า 1.0 ซึ่งสุดแต่ Impact Force ที่เกิดจากน้ำหนักจร เช่น ล้อรถยนต์ หรือเครื่องบิน และจะมีมากน้อยเท่าใด ย่อมขึ้น

ต่อความเร็วความสันสะท้อน และความขรุขระของผิวถนนหรือทางวิ่ง โดยปกติแล้วค่าของ F_i เท่ากับ 1.5 หรือ 2.0

ค่าของ C_t สัมประสิทธิ์ของการถ่ายน้ำหนักจรในเนื้อดิน ได้คำนวณรวบรวมไว้ในรูปที่ 6 โดย C_t มีความสัมพันธ์กับความลึกของท่อที่ทำการฝัง และความกว้างของท่อจากรูปที่ 6 ท่านจะเห็นแล้วว่า ค่าของ C_t ลดลงจาก 1.0 อย่างรวดเร็ว เมื่อท่อคอนกรีตฝังลึกลงจากผิวจราจรมากกว่า 1.0 ม. ถ้าท่อคอนกรีตฝังลึกมากกว่า 3.0 ม. ด้วยแล้ว ค่าของ C_t ลดลง เหลือไม่ถึง 10 % ของน้ำหนักจร

สภาพการวางท่อ

สภาพของการวางท่อคอนกรีตในร่องดินนั้น มีอิทธิพลอย่างมากในการที่จะทำให้ท่อคอนกรีตนั้นมีกำลังต้านทานน้ำหนักบรรทุกได้มากขึ้นหรือน้อยลง โดยปกติการทดลองท่อคอนกรีตในห้องทดลอง เราใช้ลักษณะการทดลองแบบที่เรียกว่า “Three Edge Bearing” เป็นมาตรฐานหากำลังของท่อ โดยอนุญาตให้เนื้อคอนกรีตร้าวได้ด้วย ความกว้างไม่เกิน 0.01 นิ้ว น้ำหนักทดลองจึงเป็นน้ำหนักบรรทุกที่เราอนุญาตให้บรรทุกได้ บนท่อคอนกรีตดังกล่าว และรอยร้าวนี้จะปิดทันทีเมื่อน้ำหนักบรรทุกทดลองได้ปลดปล่อยออก เมื่อตั้งให้กำลังของท่อคอนกรีตที่ทดลองโดย “Three Edge Bearing” เป็น 1.0 แล้ว เรโซกำลังของท่อตามสภาพการวาง โดยลักษณะอื่นจะมีดังนี้

- ก. Impermissible = 1.1
- ข. Ordinary = 1.5
- ค. First Class = 1.9
- ง. Concrete cradle = 2.2 ถึง 3.4

สภาพ “Impermissible” เป็นการวางท่อคอนกรีตอย่างธรรมดา แล้วถมบดทับด้วยดินรอบ ๆ บริเวณท่อ เช่นที่เรปฏิบัติกันทั่วไปในวงงานก่อสร้างทุกวันนี้

สภาพ “Ordinary” กั้นร่องดินที่จะรองรับท่อต้องแต่งให้เข้ารูปท่อคอนกรีต โดยให้มีความกว้างเท่ากับ $\frac{1}{2}$ ของความกว้างของท่อคอนกรีตด้านนอก และรอบ ๆ ท่อต้องกลบทับแน่นด้วยทราย จนให้สูงกว่า 15 ซม. จากหลังท่อ แล้วเอาดินบริเวณนั้นถมทับอย่างแน่นจนถึงผิวทางจราจร

สภาพ “First Class” ผิวดินรับท่อท่อคอนกรีตต้องแต่งให้เข้ารูปท่อด้วยความกว้างเท่ากับ 60% ของความกว้างของท่อคอนกรีตด้านนอก และรอบ ๆ ท่อต้องกลบทับแน่นด้วยทรายจนสูงกว่า 30 ซม. จากหลังท่อ แล้วเอาดินบริเวณนั้นถมทับแน่นที่ละชั้น ๆ และไม่เกิน 15 ซม. จนสูงถึงผิวจราจร การปฏิบัติงานทั้งหมดดังกล่าว ต้องอยู่ภายใต้การควบคุมของผู้ควบคุมอย่างใกล้ชิด

สภาพ “Concrete Cradle” โดยการวางท่อคอนกรีตธรรมดาหรือคอนกรีตเสริมเหล็ก เป็นฐานรับท่อคอนกรีตสูงขึ้นอย่างน้อยเท่ากับครึ่งหนึ่งของความกว้างของท่อ และเทคอนกรีตเต็มเท่ากับความกว้างของร่องดิน ตอนบนบดทับแน่นด้วยทรายและดินอย่างเช่นสภาพ “First Class”

ในบางกรณี ถ้าปรากฏว่าน้ำหนักบรรทุกรวมที่บังเกิดขึ้นบนหลังท่อนคอนกรีต มีค่าสูงมากกว่ากำลังของท่อในสภาพ “Impermissible” วิศวกรผู้ออกแบบอาจจะจำเป็นต้องเปลี่ยนสภาพการวางท่อให้เป็นสภาพ “Ordinary” “First Class” หรือ “Concrete Cradle” เพื่อให้ท่อนคอนกรีตมีกำลังต้านทานสูงรับน้ำหนักบรรทุกได้มากขึ้น

บทที่ 3

กระบวนการผลิตท่อระบายน้ำคอนกรีต

วัตถุดิบที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิตงานท่อคอนกรีต สามารถที่จะจำแนกออกได้เป็นกลุ่มของวัตถุดิบ ได้แก่ ปูนซีเมนต์ หิน เหล็กตะแกรง และทราย เป็นต้น

วัตถุดิบ (Raw Materials)

ซีเมนต์ (Cement)

มาตรฐานซีเมนต์ที่ใช้ในการผลิตท่อคอนกรีต ชนิดที่ใช้กันอยู่ทั่วไป คือ

- ประเภทที่ 1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา (Type1) เป็นปูนซีเมนต์ที่เหมาะสมกับงานคอนกรีตทั่วไป ซึ่งเป็นไปตาม มอก.15 ปูนซีเมนต์ ได้แก่ ทรายข้าง
- ประเภทที่ 2 ใช้ชนิดให้กำลังอัดเร็ว (Type3) ทรายข้างเอราวัณ ซึ่งเป็นไปตาม มอก.15 ปูนซีเมนต์ประเภทนี้จะให้กำลังอัดสูงในระยะแรก เพราะมีความละเอียดมากกว่าปูนปอร์ตแลนด์ธรรมดา เหมาะสำหรับการทำคอนกรีตที่ต้องการใช้งานเร็ว ลดเวลาการบ่มลงได้

หิน (Coarse Aggregate)

มาตรฐานหินที่ใช้ในการผลิตแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปแบบตัน โดยทั่วไปใช้หินขนาด 3/8 นิ้ว และควรมีค่า FM. อยู่ในช่วง 5.72-6.05 ขนาดของหินอาจเปลี่ยนแปลงตามการออกแบบ โดยให้อยู่ในดุลพินิจของวิศวกร แต่ต้องเป็นไปตาม มอก.566-2528

ทราย (Fine Aggregate)

มาตรฐานทรายที่ใช้ในการผลิตแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป ควรมีค่า FM. อยู่ในช่วง 2.50-3.50



หิน – ทราย ที่ใช้ในการผลิต

เหล็กเสริม ซึ่งขนาดของเหล็กที่ใช้มีขนาดตั้งแต่ 4 มม.-12 มม.



เครื่องผสมคอนกรีต (Concrete Mixing Machine)

1) Pan Type

เครื่องผสมแบบนี้ประกอบด้วย ส่วนสำคัญ คือ Circular Pan และมีใบกวนติดอยู่กับแกน และจะหมุนรอบแกนที่ตั้งฉากกับแกนของ Pan Mixer บางชนิด Pan จะหมุน บางชนิดใบกวนจะหมุน และมีบางชนิดที่หมุนทั้ง 2 อย่างสวนทางกัน



ภาพแสดงเครื่องผสมคอนกรีต
ชนิด Pan Type

2) Drum Type

เครื่องผสมแบบนี้ ตัว Drum จะไม่เคลื่อนที่ มีเพียงใบกวนด้านในที่เคลื่อนที่ เครื่องผสมชนิดนี้ประกอบด้วย ตัว Drum ทรงกระบอกวางอยู่ในแนวนอนและมีเพลาวางตัวอยู่ในแนวนอน โดยมีใบกวนติดอยู่ซึ่งอาจเป็นเพลาดียวหรือเพลาคู



ภาพแสดงเครื่องผสมคอนกรีต
ชนิด Drum Type

รถลำเลียงคอนกรีต (Concrete Transfer Car)



รถที่ใช้ในการลำเลียงคอนกรีตเพื่อไป
ปล่อยลงเครื่องผลิตหรือแบบผลิต

ชนิดของ Slump คอนกรีต (Type of Concrete Slump)

คอนกรีตที่ใช้ในกระบวนการผลิตจะเป็นคอนกรีตประเภทคอนกรีตสด หรืออาจเรียกว่า การเทแบบเปียก ซึ่งคอนกรีตที่ใช้จะมีค่า Slump



คอนกรีตชนิด Slump

ข้อดีของการทดสอบประเภทของ Slump

- ความสามารถในการไหลดีกว่า
- พื้นผิวเรียบ มัน
- ใช้วิธีการจีเขย่า เพื่อให้เกิดความแน่น

ข้อเสียของการทดสอบประเภทของ Slump

- มีน้ำส่วนเกินในคอนกรีต อาจทำให้เกิดรูพรุนในเนื้อคอนกรีต
- ถ้าเกิดรูพรุนกำลังอัดคอนกรีตจะลดลง
- ใช้เวลาในการบ่มนานกว่า

คอนกรีตที่ใช้เป็นคอนกรีตชนิด Slump Concrete โดยมีค่าของ Slump ดังตาราง

Non-Prestressed Product (Reinforce Concrete)	
1. ท่อคอนกรีต	7.5 ± 2.5
2. บ่อพัก	7.5 ± 2.5

โดยที่ระบบที่ใช้ในการผลิตสินค้าประเภทของท่อคอนกรีตสำเร็จรูปจะใช้รูปแบบของการผลิตระบบแบบหล่อ ซึ่งลักษณะของแบบที่ใช้ในการหล่อสินค้าจะมีลักษณะดังรูป



รูปแสดงรายละเอียดของ Mold และระบบ Hydraulic ที่ใช้ในการหล่อแบบท่อ

กระบวนการผลิตในระบบแบบหล่อ Line ผลิตสำหรับท่อระบายน้ำคอนกรีต

โดยที่ขั้นตอนที่ใช้ในการผลิตสินค้าประกอบไปด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้ คือ

1. เตรียมพื้นที่ของแบบหล่อให้เรียบร้อย ตามขนาด และชั้นคุณภาพที่ต้องการผลิต



รูปแสดงลักษณะของแบบหล่อท่อ

2. ทำการเตรียมเหล็กตะแกรง หรือลวดเหล็กเสริมท่อคอนกรีต กรณีที่ทำการผลิตท่อคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยที่จะต้องทำการเสริมเหล็กทางแนวตั้งอย่างน้อย 4 เส้น และเสริมเหล็กตามแนวนอนอย่างน้อย 8 เส้นสำหรับที่มีความยาวตั้งแต่ 60 ซม.ขึ้นไป



รูปแสดง ลักษณะการเชื่อมเหล็กตะแกรงโดยใช้ไฟฟ้า

3. ทำการเชื่อมเหล็ก Stud ขนาดยาว 5 ซม. จำนวน 8 จุด ต่อท่อ 1 ท่อน เพื่อป้องกันเรื่องของการระย้า Covering ของคอนกรีตต้องมีค่ามากกว่า 13 มม.สำหรับลวดวงใน และ 25 มม. สำหรับลวดวงนอก



รูปแสดง ลักษณะของ stud ที่ทำการเชื่อมติดกับเหล็กตะแกรง

4. ทำการลำเลียงวัสดุดิบ เพื่อที่จะนำมาใช้ในการผสมคอนกรีตผ่านทางระบบการผลิตใน สัดส่วนที่เหมาะสม และทำการวางเหล็กตะแกรงลงบนแบบหล่อให้เรียบร้อย



รูปแสดงรายละเอียดการผสมคอนกรีตผ่านเครื่องผสมคอนกรีต

5. ทำการเทคอนกรีตลงบนแท่นแบบหล่อ ตามลักษณะดังรูป



รูปแสดงลักษณะของการเทคอนกรีตลงบนแบบหล่อ

6. รอจนกระทั่งเครื่องจักรทำการเขย่าจนกระทั่งคอนกรีตเริ่มเกิดการ Set ตัวประมาณ 2-3 นาที และระบบทำการดันสินค้าขึ้นมา ซึ่งจะต้องทำการเตรียมอุปกรณ์ยกย้ายสินค้าเพื่อทำการ เคลื่อนย้ายสินค้าให้เรียบร้อย



รูปแสดง อุปกรณ์เพื่อการยกย้ายสินค้า



รูปแสดงรายละเอียดการยกสินค้าของระบบ Hydraulic



รูปแสดงการเก็บรายละเอียดเรื่องของผิวชิ้นงานให้เรียบร้อยก่อนทำการลำเลียง

7. ทำการลำเลียงสินค้าไปไว้ในพื้นที่เพื่อเตรียมการบ่มสินค้าให้เรียบร้อย



รูปแสดงรายละเอียดของการเคลื่อนย้ายท่อคอนกรีต

8. ทำแต่งผิวของสินค้าให้เรียบร้อย พร้อมลงรหัสของสินค้า และทำการบ่มอากาศประมาณ 1 วันจึงเคลื่อนย้ายไปยังพื้นที่กองเก็บ



รูปแสดง การนำชิ้นงานไปทำการบ่มด้วยอากาศ เพื่อเตรียมลงรหัสของสินค้า

9. เมื่อคอนกรีต Set ตัวให้ทำการเคลื่อนย้ายสินค้าไปเก็บไว้ยังพื้นที่ Stock สินค้า



รูปแสดง รายละเอียดของพื้นที่การกองเก็บท่อคอนกรีต

บทที่ 4

กระบวนการทดสอบและการควบคุมคุณภาพสินค้าที่คอนกรีตสำเร็จรูป

ในกระบวนการผลิตสินค้าในทุกประเภทมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการ กำหนดการ ทดสอบสินค้า และระบบการควบคุมคุณภาพของสินค้า เพื่อให้ได้สินค้าที่ตรงตามคุณภาพควบคุม เช่น มอก. เป็นต้น ดังตัวอย่างเช่น มอก. ที่มีข้อกำหนด สำหรับสินค้าในประเภทของกลุ่มงานงาน ท่อคอนกรีต สามารถที่จะแยกออกได้เป็น 2 ส่วนหลักได้แก่ เรื่องของคุณภาพของคอนกรีตที่ นำมาใช้ในการผลิตสินค้า และเรื่องของคุณภาพของสินค้าที่ทำการผลิต

1. การทดสอบขนาดละเอียดของหินและทราย (Sieve Analysis)

- การตรวจสอบหาขนาดละเอียดของหิน-ทราย ตามมาตรฐานที่ใช้ มอก. 566-2528

Quality Control

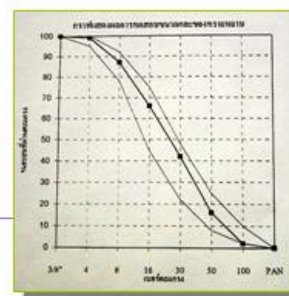
Sieve Analysis



TESTING FOR FINENESS MODULUS



DEMOISTURIZING SPECIMENS BY USING OVEN



ACCEPTING LIMIT

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

- 1) ชุดตะแกรงมาตรฐานเพื่อทดสอบขนาดละเอียดของมวลรวม (ASTM C33)
- 2) เตาอบ
- 3) ตัวอย่างหิน-ทราย

วิธีการทดสอบ

- 1) นำตัวอย่างหินหรือทรายมาแบ่งด้วยวิธีการแบ่งออกเป็นสี่ส่วน (Quartering Method)
- 2) นำทรายไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิประมาณ 110 °c จนได้น้ำหนักคงที่
- 3) นำทรายที่อบแห้งไปผ่านชุดของตะแกรงมาตรฐาน ขนาดต่างๆ ดังนี้ คือ 3/8 นิ้ว (เพื่อทำการกรองขยะ หรือสิ่งสกปรกที่ผ่านมากับตัวอย่างหินทราย) , ตะแกรงเบอร์ 4 , 8 , 16 , 30 , 50 และ 100
- 4) บันทึกน้ำหนักของทรายที่ค้างบนตะแกรงต่างๆ และคำนวณค่าร้อยละสะสมบนตะแกรงขนาดต่างๆ

2. กระบวนการตรวจสอบกำลังอัดของคอนกรีต

- การทำก้อนตัวอย่างรูปทรงลูกบาศก์ มาตรฐานที่ใช้ ตาม มอก. 1736 เล่ม 2-2542
- การทำก้อนตัวอย่างรูปทรงกระบอก มาตรฐานที่ใช้ ตาม มอก. 1736 เล่ม 2-2542

1. การทำก้อนตัวอย่างรูปทรงลูกบาศก์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

- 1) แบบหล่อก้อนตัวอย่างรูปทรงลูกบาศก์ 15 x 15 x 15 ซม.
- 2) เหล็กดำ หน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาดพื้นที่หน้าตัด 1 ตารางนิ้ว
- 3) ช้อนตัก, เกรียงเหล็ก

วิธีทำการทดสอบ

- 1) ทำความสะอาดแบบหล่อตัวอย่าง แล้วทาน้ำมันที่ผิวภายในทุกด้าน
- 2) ตักคอนกรีตใส่แบบ โดยแบ่งเป็น 3 ชั้น เท่าๆ กัน แต่ละชั้นตักด้วยเหล็กดำ 35 ที
- 3) เมื่อตักชั้นสุดท้ายเสร็จ ปาดผิวหน้าให้เรียบ

2. การทำก้อนตัวอย่างรูปทรงกระบอก

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

- 1) แบบหล่อก้อนตัวอย่างรูปทรงกระบอกขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 30 ซม.
- 2) เหล็กดำ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร ปลายกลมมน
- 3) ช้อนตัก, เกรียงเหล็ก

วิธีทำการทดสอบ

- 1) ทำความสะอาดแบบหล่อตัวอย่าง แล้วทาน้ำมันที่ผิวภายในทุกด้าน

- 2) ตักคอนกรีตใส่แบบ โดยแบ่งเป็น 3 ชั้น เท่า ๆ กัน แต่ละชั้นตาดด้วยเหล็กดำ 25 ที
- 3) เมื่อตาดชั้นสุดท้ายเสร็จ ปาดผิวหน้าให้เรียบ เตรียมการ Cap

วัตถุประสงค์ของการ Cap ก้อนตัวอย่างรูปทรงกระบอก

- 1) เพื่อให้ผิวทั้ง 2 ด้าน ของตัวอย่างเรียบ
- 2) เพื่อให้แนวแกนแท่งตัวอย่างตั้งได้ฉากกับแนวราบหลังจาก Cap เสร็จเรียบร้อยและก้ำมะถันแห้งดีแล้วก็สามารถนำก้อนตัวอย่างเข้าห้องทดสอบได้

วิธีการทดสอบ

- 1) นำก้อนตัวอย่าง วางกึ่งกลางของแท่นทดสอบ โดยให้แกนอยู่ในแนวศูนย์กลางของแท่นทดสอบ
- 2) เปิดเครื่องทดสอบโดย ในการทดสอบนี้จะต้องควบคุมน้ำหนักที่กด ให้มีอัตราสม่ำเสมอ อัตราที่ใช้คือ 1.4-3.4 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรต่อวินาที
- 3) กดก้อนตัวอย่างจนแตก บันทึกค่าน้ำหนักที่ได้
- 4) นำค่าน้ำหนัก และพื้นที่หน้าตัดที่ได้มาหาค่ากำลังอัดประลัย

$$\text{กำลังอัดประลัยของคอนกรีต} = \frac{\text{น้ำหนักกดประลัย}}{\text{พื้นที่หน้าตัดของก้อนตัวอย่าง}}$$

หน่วยที่ใช้ทั่วไปคือ

- 1) กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (ksc)
- 2) นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร (N/mm²)

Quality Control**Testing for Compressive Strength****CURING & CAPPING****SPECIMENS PREPARING****PRESSING****3. การตรวจสอบความชื้นเหลือของคอนกรีต**

- การทดสอบภายใต้มาตรฐาน มอก. 828-2546

มอก. 828-2546 กำหนดให้มีการทดสอบความชื้นเหลือของคอนกรีตที่นำไปใช้ในการผลิต

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

- 1) ชุดเครื่องมือมาตรฐานทดสอบ Vebe ที่ประกอบไปด้วย กรวยตัด และชุดเขย่ามาตรฐาน
- 2) แท่งดำคอนกรีต
- 3) นาฬิกาจับเวลา
- 4) ช้อนตัก , เครื่องเหล็ก

วิธีการทดสอบ

1) นำเครื่องวางบนพื้นที่เรียบ ได้ระนาบ และมั่นคง เอากรวย Slump วางลงในถังของเครื่อง หมุนกรวยบนมาวางประกบ

2) นำคอนกรีตสดแบ่งใส่ในกรวย เป็น 4 ชั้น แต่ละชั้นให้ทำการต่า 25 ครั้ง เสร็จแล้วยกกรวย Slump ออกอย่างระวัง



ภาพแสดงการตักคอนกรีตในกรวย

Slump

3) หมุนจานพลาสติกมาวางที่ผิวคอนกรีต ค่อยๆคลายสกรูที่แท่งยึดจานคอนกรีตอย่างช้าๆ วางจานที่ผิวคอนกรีต อ่านค่าที่ได้บนแท่งงานพลาสติกในหน่วย มิลลิเมตร



ภาพแสดงการเตรียมการทดสอบ

VB TEST

4) ตรวจสอบสกรูที่แท่งงานพลาสติกให้หลวมพอที่จะเลื่อนลงมาได้ง่าย เริ่มเปิดเครื่อง เขย่าและจับเวลา สังเกตถ้าผิวคอนกรีตถูกกดทับจนเต็มหน้างานพลาสติกให้หยุดเครื่องเขย่าและหยุดเวลา บันทึกเวลาและค่าที่อ่านได้บนแท่งงานพลาสติกอีกครั้ง

หมายเหตุ - ช่วงเวลาที่อยู่ในช่วง VB Test คือ 5-30 วินาที ถ้าน้อยหรือมากกว่านี้ถือว่าอยู่นอกเหนือความชันเหลวของวิธี VB Test ซึ่งวิธีนี้ไม่ควรที่ใช้กับส่วนผสมคอนกรีตที่มีมวลรวมขนาดใหญ่เกิน 1 นิ้วครึ่ง นอกจากนี้การใช้ความชำนาญในการบอกถึงเวลาที่ผิวล่างของแผ่นแก้วสัมผัสคอนกรีต ทั้งทั้งแผ่น ทำให้เวลา Vebe ที่ได้แตกต่างกันขึ้นอยู่กับผู้ทำการทดสอบ

4. การทดสอบขนาด และมิติ

4.1 มิติ

- เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน

วัดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในที่ปลายท่อตัวอย่างทั้ง 2 ด้าน ด้านละ 2 ตำแหน่ง ในแนวตั้งฉากกันแล้วหาค่าเฉลี่ยจากการวัดทั้ง 4 ครั้ง

- ความหนาของผนังท่อ

วัดความหนาของผนังท่อที่ปลายท่อตัวอย่างทั้ง 2 ด้าน ด้านละ 2 ตำแหน่ง ในแนวนอนตั้งฉากกัน แล้วหาค่าเฉลี่ยจากการวัดทั้ง 4 ครั้ง

- ความยาว ให้ใช้สายวัดคโลหะซึ่งยาวพอที่จะวัดความยาวของท่อไปตลอดในครั้งเดียว วัดความยาวของท่อตัวอย่าง 2 ตำแหน่ง ที่ด้านตรงข้ามกันแล้วหาค่าเฉลี่ย

4.2 ปริมาณเหล็กเสริมตามขวาง

ให้สุ่มวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเสริมตามขวาง 5 ครั้ง ตามช่วงความยาวของท่อ ตัวอย่างหาค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลาง แล้วคำนวณเป็นพื้นที่หน้าตัด

- นับจำนวนวงหรือรอบเหล็กเสริมตามขวาง

- คำนวณหาค่าปริมาณเหล็กเสริมตามขวางจากสูตร

$$\frac{\text{ปริมาณเหล็กเสริมตามขวาง}}{\text{ตารางมิลลิเมตรต่อความยาวท่อ 1 เมตร}} = \frac{nA}{L}$$

เมื่อ n คือ จำนวนวงหรือรอบเหล็กเสริมตามขวาง

A คือ พื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริมตามขวาง เป็นตารางมิลลิเมตร

L คือ ความยาวท่อ เป็นเมตร

4.3 คอนกรีตหุ้ม

ให้สุ่มวัดคอนกรีตหุ้มของเหล็กเสริมตามขวาง 5 ครั้ง ในแนวเดียวกัน ตามช่วงความยาวของท่อตัวอย่างช่วงใดช่วงหนึ่ง

4.4 ระยะเวลาของเหล็กเสริมตามขวาง

ให้สุ่มวัดระยะเวลาของเหล็กเสริมตามขวาง 5 ครั้ง ในแนวเดียวกัน ตามช่วงความยาวของท่อตัวอย่างช่วงใดช่วงหนึ่งแล้วหาค่าเฉลี่ย

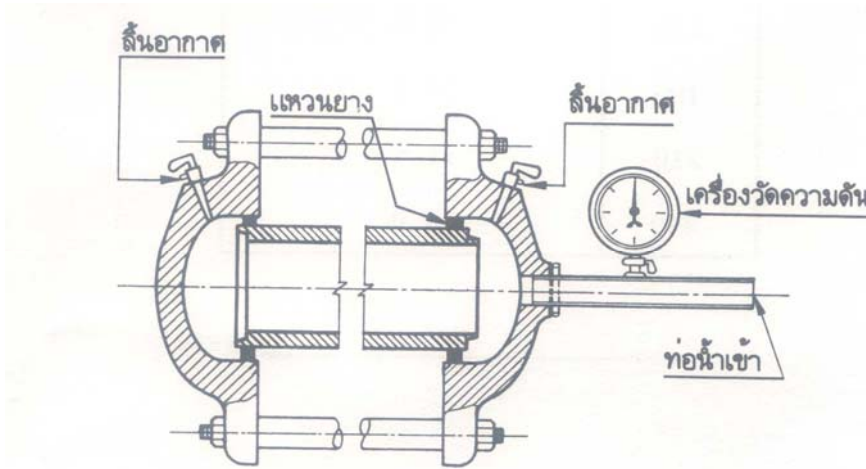
4.5 ความทนความดันทดสอบทางไฮดรอลิก

- เครื่องมือ

เครื่องทดสอบความดันภายในทางไฮดรอลิก

- วิธีทดสอบ

ใช้ฝาครอบที่เหมาะสมครอบหัวท้ายของท่อตัวอย่างให้แน่นสนิท แล้วต่อเข้ากับเครื่องทดสอบความดันภายในทางไฮดรอลิก ดังรูป



รูปแสดง รายละเอียดของเครื่องทดสอบความดัน ไฮดรอลิก
รายละเอียดและขั้นตอนที่ใช้ในการทดสอบ

เพิ่มความดันทีละน้อยในอัตราที่สม่ำเสมอจนได้ความดันตามที่กำหนด ในตารางแสดงการรักษาระดับความดันนั้นไว้ตามระยะเวลาที่กำหนดในตาราง แล้วตรวจสอบท่อตัวอย่างว่ามีรอยแตกหรือรั่วของน้ำตามผิวท่อหรือไม่ ในกรณีที่มีความชื้นที่ผิวก็ถือว่าไม่แตกหรือรั่ว แต่ถ้าปรากฏเป็นหยดน้ำเล็กน้อยให้หยุด และทำการทดสอบใหม่กับท่อตัวอย่างเดิม และเมื่อทดสอบแล้วต้องไม่แตกหรือรั่ว

ขนาดระบุ	ชั้นคุณภาพ							
	คสล. 1		คสล. 2		คสล. 3		คสล. 4	
	แรงที่ทำให้ท่อแยกไม่น้อยกว่า นิวตันต่อเมตร	แรงกดสูงสุดแยกไม่น้อยกว่า นิวตันต่อเมตร	แรงที่ทำให้ท่อแยกไม่น้อยกว่า นิวตันต่อเมตร	แรงกดสูงสุดแยกไม่น้อยกว่า นิวตันต่อเมตร	แรงที่ทำให้ท่อแยกไม่น้อยกว่า นิวตันต่อเมตร	แรงกดสูงสุดแยกไม่น้อยกว่า นิวตันต่อเมตร	แรงที่ทำให้ท่อแยกไม่น้อยกว่า นิวตันต่อเมตร	แรงกดสูงสุดแยกไม่น้อยกว่า นิวตันต่อเมตร
300	42,000	52,500	30,000	45,000.00	19,500.00	30,000		
400	56,000	70,000	40,000	60,000.00	26,000.00	40,000		
500	70,000	87,500	50,000	75,000.00	32,500.00	50,000		
600	84,000	105,000	60,000	90,000.00	39,000.00	60,000		
800	112,000	140,000	80,000	120,000.00	52,000.00	80,000	40,000.00	60,000.00
1000	140,000	175,000	100,000	150,000.00	65,000.00	100,000	50,000.00	75,000.00
1200	168,000	210,000	120,000	180,000.00	78,000.00	120,000	60,000.00	90,000.00
1500			150,000	225,000.00	97,500.00	150,000	75,000.00	112,500.00
1750			175,000	262,500.00	113,750.00	175,000	87,500.00	131,250.00
2000					130,000.00	200,000.00	100,000.00	150,000.00
2250					146,250.00	225,000.00	112,500.00	168,750.00
2500					162,500.00	250,000.00	125,000.00	187,500.00

ตารางแสดง ระยะเวลารักษาระดับความดัน

ความหนา มิลลิเมตร	ระยะเวลารักษาระดับความดัน นาที
50	3.5
60	4.0
70	4.5
75	5.0
95	6.0
110	6.5
125	7.5
150	8.5
170	9.5
190	10.5
210	11.5
240	13.0

บทที่ 5**วิธีการขนส่ง และขั้นตอนการติดตั้งงานท่อคอนกรีต**

ปัญหาเรื่องของความเสียหายของงานสินค้ากลุ่มของท่อคอนกรีต จัดได้ว่าส่วนใหญ่มาจากกระบวนการที่เกิดขึ้นจากงานขนส่งและกระบวนการเคลื่อนย้ายสินค้า เนื่องจากว่าสินค้าในกลุ่มของท่อคอนกรีตจะเป็นสินค้าที่มีความยาวค่อนข้างมาก จึงอาจจะก่อให้เกิดความเสียหายระหว่างการขนส่งได้

ระบบการขนส่งสินค้า

กระบวนการขนส่งสินค้า สามารถที่จะทำการจำแนกออกได้เป็น 3 กลุ่มหลัก คือ

1. การขนส่งโดยใช้รถ 6 ล้อ ขนาดเล็ก
2. การขนส่งโดยใช้รถ 6 ล้อ ติด Hiab
3. การขนส่งโดยใช้รถ Trailer



รูป การขนส่งโดยใช้รถ 6 ล้อ ขนาดเล็ก



การขนส่งโดยใช้รถ 6 ล้อ ติด Hiab



การขนส่งโดยใช้รถ Trailer

รูปแบบการขนส่งและการเก็บ Stock สินค้า สามารถแสดงรายละเอียด ได้ดังนี้ คือ