

บทที่ 4

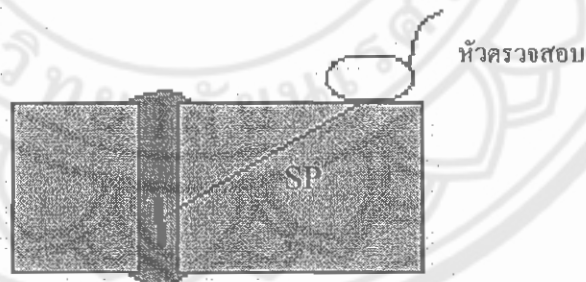
ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์

4.1 การประเมินข้อบกพร่อง

การประเมินว่าข้อบกพร่องจะจัดอยู่ในระดับใดจะต้องนำค่าที่ได้จากการตรวจสอบมาคำนวณตามสมการที่ 4.1

$$D = A - B - C \quad \dots\dots\dots (\text{สมการที่ 4.1})$$

- โดยที่ A คือ ค่าที่ได้จากการตรวจสอบ (ค่าความถี่คลื่น (dB) ที่ปรับลดลงเหลือ 80%)
B คือ ระดับอ้างอิงเทียบกับรู 1.5 มิลลิเมตร (ค่าความถี่คลื่นได้ทดสอบเทียบกับจุด F บนแท่ง CALIBRATION BLOCK V 1 ดังแสดงในรูป 3.1) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 46 dB
C คือ ค่าที่ได้จากการนำระยะทางที่คลื่นเดินทางจากหัวตรวจสอบจนถึงความบกพร่องในแนวเชื่อม (Sound Path) ซึ่งใช้สัญลักษณ์แทนว่า SP ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ซึ่งค่า C สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 4.2



รูปที่ 4.1 แสดงระยะทางที่คลื่นเดินทางจากหัวตรวจสอบจนถึงข้อบกพร่องในแนวเชื่อม

$$C = [(SP/25) - 1] \times 2 \quad \dots\dots\dots (\text{สมการที่ 4.2})$$

D คือ ระดับบ่งชี้ที่จะนำไปใช้ในการประเมินผลว่ายอมรับข้อบกพร่องได้หรือไม่ โดยจะนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับตารางที่ 4.1

4.2 วิธีการใช้ตาราง

จากสมการที่ 4.1 หลังจากที่ได้คำนวณค่าระดับบ่งชี้หรือค่า D ได้แล้วเราจะนำไปเปรียบเทียบกับตารางที่ 4.1 ซึ่งเป็นตารางที่ใช้ในการแบ่งระดับความบกพร่องที่ไม่ใช่ห่อกลมและไม่สันสะท้อนตามตารางที่ 4.1 เพื่อที่จะนำไปใช้ในการประเมินผลว่ายอมรับข้อบกพร่องได้หรือไม่ โดยมีขั้นตอนการแบ่งระดับความบกพร่องดังนี้

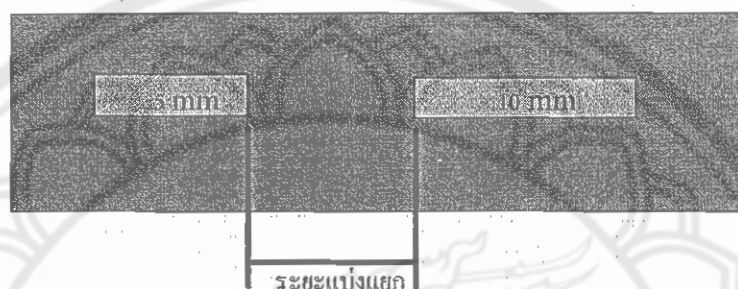
1. นำค่า D ที่ได้มาเปรียบเทียบกับตารางที่ 4.1 โดยเริ่มต้นต้องดูก่อนว่าชิ้นงานที่ตรวจสอบมีความหนาเท่าใดและองศาของหัวตรวจสอบที่ใช้ในการตรวจสอบมีขนาดกี่องศาแล้วนำค่า D ที่ได้จากสมการที่ 4.1 มาเทียบที่ช่วงความหนาของชิ้นงานที่ตรวจสอบและองศาของหัวตรวจสอบที่ใช้ว่าค่า D ที่คำนวณได้จัดอยู่ในระดับใด โดยในส่วนที่นำมาใช้ในการเปรียบเทียบได้ถูกแสดงไว้ในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงข้อมูลในตารางในส่วนที่ถูกนำมาใช้ในการเปรียบเทียบ (ที่มา : คู่มือการทำงาน บริษัทเอสทีพี แอนด์ ไอ จำกัด (มหาชน))

Discontinuity	Weld Thickness *in in.(mm) and Search Unit Angle											
Severity	5/16(8) >3/4(20)		> 1-1/2(38)			> 2-1/2(65)			> 4(100)			
Class	through	through	through			through			through			
	3/4(20)	1-1/2(38)	2-1/2(65)			4(100)			8(200)			
	70°	70°	70°	60°	45°	70°	60°	45°	70°	60°	45°	
Class A	+5& lower	+2& lower	-2& lower	+1& lower	+3& lower	-5& lower	-2& lower	0 & lower	-7& lower	-4& lower	-1& lower	
Class B	+6	+3	-1 0	+2 +3	+4 +5	-4 -3	-1 0	+1 +2	-6 -5	-3 -2	0 +1	
Class C	+7	+4	+1 +2	+4 +5	+6 +7	-2 to +2	+1 +2	+3 +4	-4 to +2	-1 to +2	+2 +3	
Class D	+8 & up	+5 & up	+3 & up	+6 & up	+8 & up	+3 & up	+3 & up	+5 & up	+3 & up	+3 & up	+4 & up	

2. เมื่อทราบแล้วว่าจัดอยู่ในระดับใดแล้ว (จากข้อที่ 1) จะนำมาเปรียบเทียบว่าสามารถยอมรับได้หรือไม่กับคำอธิบายต่อไปนี้

2.1 ความบกพร่องในระดับ B และระดับ C จะต้องห่างกันอย่างน้อย $2L$ เมื่อ L คือความยาวของความบกพร่องที่ยาวที่สุด เว้นแต่จะมีความบกพร่องมากกว่าหนึ่งความบกพร่องจะต้องมีระยะห่างกันน้อยที่สุด $2L$ แต่เมื่อรวมความยาวความบกพร่องและระยะแบ่งแยกมีค่าเท่ากับหรือน้อยกว่าความยาวที่ยอมรับได้มากที่สุด ได้ข้อกำหนดในระดับ B และระดับ C ความบกพร่องดังกล่าวได้รับการพิจารณาให้เป็นความบกพร่องแบบเดี่ยวที่ยอมรับได้ดังแสดงในรูปที่ 4.2

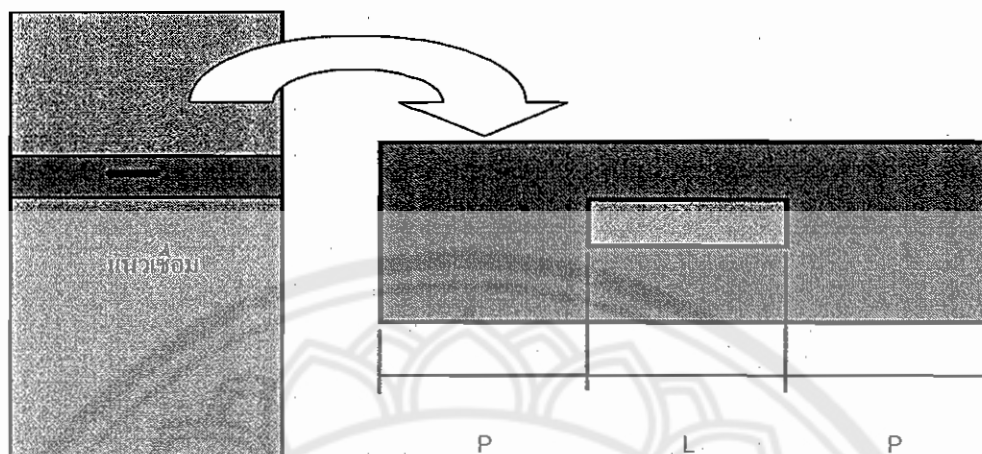


รูปที่ 4.2 แสดงความบกพร่องในแนวเชื่อม

สมมติว่าความบกพร่องข้างบนเป็นระดับ B ซึ่งกำหนดว่าถ้ามีความยาวมากกว่า 20 มิลลิเมตร จะไม่ยอมรับ ดังแสดงในรูปที่ 4.3 ถ้าระยะแบ่งแยกเท่ากับ 5 มิลลิเมตร เมื่อรวมกับความบกพร่องทั้งสอง $5+5+10 = 20$ มิลลิเมตร ถือว่าความบกพร่องข้างบนนี้ประเมินค่าเป็นแบบเดี่ยวซึ่งยอมรับได้ แต่ถ้าความบกพร่องสองอันหรือมากกว่ารวมกับระยะแบ่งแยกแล้วมากกว่า 20 มิลลิเมตร จะไม่ยอมรับ ถ้าระยะแบ่งแยกเท่ากับ 8 มิลลิเมตร เมื่อรวมกับความบกพร่องทั้งสอง $5+8+10 = 23$ มิลลิเมตร จะไม่ยอมรับ

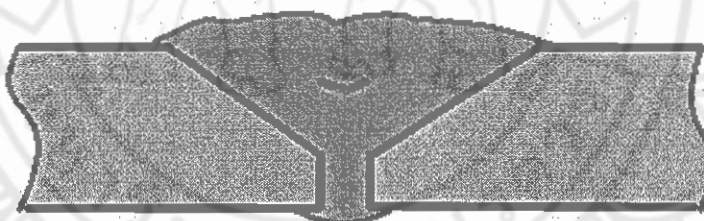
หมายเหตุ ในหัวข้อนี้จะไม่กล่าวอ้างถึง ระดับ A เพราะว่า ถ้าพบความบกพร่องจะไม่ยอมรับทั้งหมดไม่เลือกความยาวหรือตำแหน่ง

1. ความบกพร่องในระดับ B และ ในระดับ C จะต้องไม่เริ่มต้นที่ระยะ $2L$ จากด้านปลายของงานเชื่อมซึ่งนำไปสู่แรงดึงเกิน เมื่อ L คือความยาวของความบกพร่องที่ยาวที่สุด ความยาวของความบกพร่อง จะต้องน้อยกว่าระยะ P จะต้องไม่เริ่มต้นที่ $2L$ ถ้าเริ่มที่ $2L$ จะไม่ยอมรับดังแสดงในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.3 แสดงระยะความบกพร่องในแนวเชื่อม

2. ความบกพร่องซึ่งตรวจพบในผิวหน้าของรอยต่อชนคู่ปาก ต้องประเมินโดยใช้อัตราประเมินผลที่มีความไวมากขึ้น 4 dB เมื่องานการเชื่อมกำหนดให้เป็นงานเชื่อมแบบ Tensile โดยหักลบออก 4 dB ตอนคำนวณ



รูปที่ 4.4 แสดงความบกพร่องในแนวเชื่อมรอยต่อชนคู่ปาก

3. งานเชื่อมแก๊สความบกพร่องที่ตรวจพบที่มีความยาวเกิน 50 มิลลิเมตร ซึ่งคาดว่าเป็น ฟองอากาศฝังตัวอยู่ในรูปตัวหนอน ต้องได้รับการประเมินอีกครั้งด้วยการตรวจสอบโดยใช้ภาพถ่ายรังสี

หมายเหตุ ในกรณีที่มีความหนาของเหล็กที่นำมาเชื่อมมีความหนาแตกต่างกันจะต้องเลือกทดสอบชิ้นที่มีความหนาน้อยกว่า

4.2.1 การแบ่งระดับของความบกพร่อง

ระดับ A: ความไม่ต่อเนื่องขนาดใหญ่

จะไม่ยอมรับความบกพร่องที่พบในแนวเชื่อมทั้งหมด

ระดับ B: ความไม่ต่อเนื่องขนาดปานกลาง

จะไม่ยอมรับความบกพร่องที่พบในแนวเชื่อมที่มีความยาวมากกว่า 20 มิลลิเมตร

ระดับ C: ความไม่ต่อเนื่องขนาดเล็ก

จะไม่ยอมรับความบกพร่องที่พบในแนวเชื่อมที่มีความยาวมากกว่า 50 มิลลิเมตร

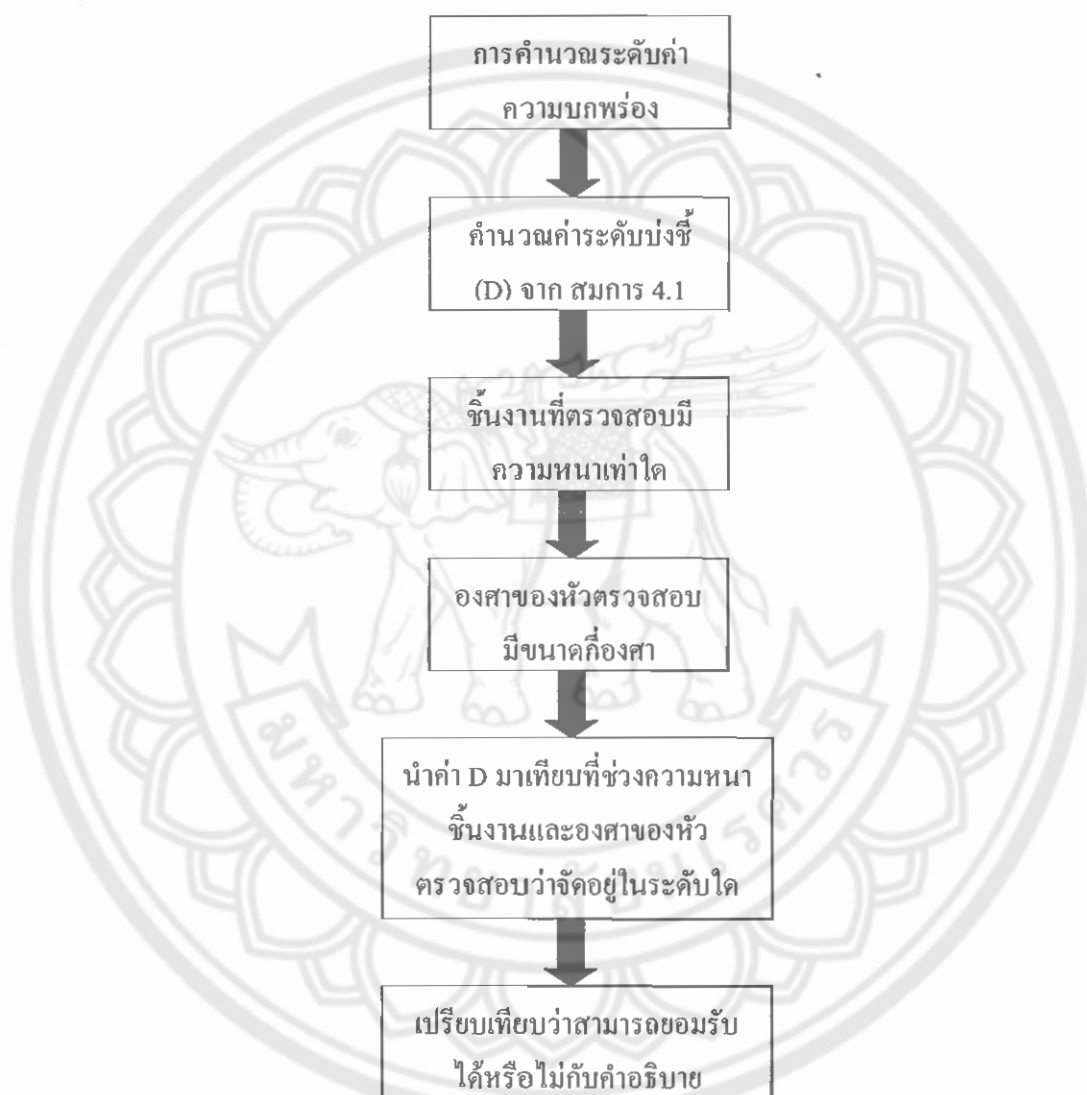
ระดับ D: ความไม่ต่อเนื่องขนาดเล็กมาก ๆ

จะยอมรับความบกพร่องที่พบในแนวเชื่อมทั้งหมดโดยไม่คำนึงถึงความยาว



4.3 ตัวอย่างการคำนวณ

ในการหาความบกพร่องของแนวเชื่อมนั้นสามารถสรุปเป็นขั้นตอนต่าง ๆ เป็นแผนภาพได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 แสดงแผนภาพขั้นตอนในการประเมินความบกพร่องของรอยเชื่อม

และเพื่อความเข้าใจที่มากขึ้นจะยกตัวอย่างการคำนวณหาระดับบ่งชี้และสามารถยอมรับได้หรือไม่ ดังนี้

4.3.1 ตัวอย่างของระดับความบกพร่องที่ยอมรับได้

แนวเชื่อมหนา 45 มิลลิเมตรเมื่อเจอความบกพร่องแล้วปรับสัญญาณลงมาที่ 80% แล้วอ่านค่าสัญญาณได้ 55 dB (ให้เป็นค่า A) ค่า B เท่ากับ 46 dB ที่ได้ตอนสอบเทียบกับรู 1.5 มิลลิเมตร อ่านระยะทางที่เคลื่อนเดินทางจากหัวทดสอบจนถึงข้อบกพร่องในแนวเชื่อม (SP) ได้ 75 มิลลิเมตร แล้วหาค่า D และหาว่าอยู่ในระดับใดยอมรับได้หรือไม่ โดยใช้หัวตรวจสอบมุม 70°

$$\text{สมการที่ 4.2} \quad C = [(SP/25) - 1] \times 2$$

แทนค่า SP ลงในสมการที่ 4.2

$$C = [(75/25) - 1] \times 2$$

$$C = 4$$

แทนค่า A = 60, B = 46, C = 4 ลงในสมการที่ 4.1

$$D = A - B - C$$

$$D = 55 - 46 - 4$$

$$D = 5$$

เมื่อนำค่า D ไปเทียบกับตาราง 4.1 ที่ความหนาของแนวเชื่อม 38 - 65 มิลลิเมตร หัวตรวจสอบมุม 70° จะตรงกับระดับ D

ผลการทดสอบคือ ยอมรับได้ เพราะ ระดับ D ระบุไว้ว่าถ้าเจอความบกพร่องจะยอมรับความบกพร่องที่พบในแนวเชื่อมทั้งหมดโดยไม่คำนึงถึงความยาว

4.3.2 ตัวอย่างของระดับความบกพร่องที่ยอมรับไม่ได้

แนวเชื่อมหนา 25 มิลลิเมตรเมื่อเจอความบกพร่องแล้วปรับสัญญาณลงมาที่ 80% แล้วอ่านค่าสัญญาณได้ 50 dB (ให้เป็นค่า A) ค่า B เท่ากับ 46 dB ที่ได้ตอนสอบเทียบกับรู 1.5 มิลลิเมตร อ่านระยะทางที่เคลื่อนเดินทางจากหัวทดสอบจนถึงข้อบกพร่องในแนวเชื่อม (SP) ได้ 50 มิลลิเมตร แล้วหาค่า D และหาว่าอยู่ในระดับใดยอมรับได้หรือไม่ โดยใช้หัวตรวจสอบมุม 70°

$$\text{สมการที่ 4.2} \quad C = [(SP/25) - 1] \times 2$$

แทนค่า SP ลงในสมการที่ 4.2

$$C = [(50/25) - 1] \times 2$$

$$C = 2$$

แทนค่า $A = 50$, $B = 46$, $C = 2$ ลงในสมการที่ 4.1

$$D = A - B - C$$

$$D = 50 - 46 - 2$$

$$D = 2$$

เมื่อนำค่า D ไปเทียบกับตาราง 4.1 ที่ความหนาของแนวเชื่อม 20-38 มิลลิเมตร หัวตรวจสอบมุม 70° จะตรงกับระดับ A

ผลการทดสอบคือ ไม่ยอมรับ เพราะ ระดับ A ระบุไว้ว่าถ้าเจอความบกพร่องจะไม่ยอมรับทั้งหมดไม่เลือกขนาดของความบกพร่องหรือตำแหน่งที่พบ

4.4 ผลการตรวจสอบ

จากการที่ได้ตรวจสอบแนวเชื่อมของโครงสร้างเหล็กหลังการเชื่อมด้วยวิธีการตรวจสอบแบบไม่ทำลายโดยใช้คลื่นความถี่สูงจำนวน 34 ชิ้นงาน สามารถแสดงผลการตรวจสอบได้เป็นตารางดังตารางที่ 4.2

ตาราง 4.2 แสดงผลการตรวจสอบแบบไม่ทำลายโดยใช้คลื่นความถี่สูง

ชนิดของ ชิ้นงาน	จำนวน ชิ้นงาน	จำนวนชิ้นงานที่ไม่ พบความบกพร่อง	จำนวนชิ้นงานที่ พบความบกพร่อง	เปอร์เซ็นต์ของ ความบกพร่อง (%)	หมายเหตุ
Beam	23	22	1	4.35	
V-Bracing	11	9	2	18	
รวม	34	31	3	8.82	

จากตาราง 4.2 พบว่าชิ้นงานชนิด V-Bracing มีชิ้นงานที่พบความบกพร่องมากกว่า Beam เนื่องจากการเชื่อมที่ยากกว่าการเชื่อมชิ้นงานชนิด Beam โดยที่ Beam จะทำการเชื่อมต่อความยาวก่อนจะประกอบเป็นตัวชิ้นงานซึ่งจะง่ายต่อการเชื่อม ส่วน V-Bracing เป็นชิ้นงานสำเร็จรูปการเชื่อมจึงมีความบกพร่องมากกว่า ซึ่งผลการตรวจสอบความบกพร่องของแนวเชื่อมสามารถแยกตามความหนาของชิ้นงานและตำแหน่งของแนวเชื่อมบนชิ้นงานดังตาราง 4.3 และ 4.4

ตารางที่ 4.3 แสดงความหนาชิ้นงานและตำแหน่งแนวเชื่อมที่ทำการตรวจสอบของชิ้นงานชนิด

V-Bracing

Record No.	Sketch of Examined Location	Exm. Location (WEB)	Exm. Location (TF&BF)	Thickness (mm.)	Remark
131	FN-6VB30	-	1TF	19	ACC
		1WEB	-	12	ACC
		-	1BF	19	ACC
		-	2TF	19	ACC
		2WEB	-	12	ACC
		-	2BF	19	ACC
134	FN-6VB22	-	1TF	21	REJECT
		1WEB	-	13	ACC
		-	1BF	21	ACC
136	FN-6VB42	-	1TF	19	REJECT
		1WEB	-	12	ACC
		-	1BF	19	ACC
		-	2TF	19	ACC
		2WEB	-	12	ACC
		-	2BF	19	ACC
141	FN-6VB39	-	1TF	19	ACC
		1WEB	-	12	ACC
		-	1BF	19	ACC
146	FN-6VB59	-	1TF	19	ACC
		1WEB	-	12	ACC
		-	1BF	19	ACC
151	FN-1VB34	-	1TF	19	ACC
		1WEB	-	12	ACC
		-	1BF	19	ACC
153	FN-5VB32	-	1TF	12	ACC
		1WEB	-	8	ACC
		-	1BF	12	ACC

ตารางที่ 4.3 แสดงความหนาชิ้นงานและตำแหน่งแนวเชื่อมที่ทำการตรวจสอบของชิ้นงานชนิด
V-Bracing (ต่อ)

Record No.	Sketch of Examined Location	Exm. Location (WEB)	Exm. Location (TF&BF)	Thickness (mm.)	Remark
154	FN-5VB33	-	1TF	12	ACC
		-	-	8	ACC
		-	1BF	12	ACC
161	FN-1VB33	1WEB	1TF	19	ACC
		1WEB	-	12	ACC
		-	1BF	19	ACC
173	FN-2VB13	-	1TF	21	ACC
		1WEB	-	13	ACC
		-	1BF	21	ACC
180	FN-3VB36	-	1TF	19	ACC
		1WEB	-	12	ACC
		-	1BF	19	ACC

จากตาราง 4.3 จะเห็นได้ว่าพบความบกพร่องที่ชิ้นงาน FN-6VB22 และ FN-6VB2 บริเวณ Top Flank ที่มีความหนา 21 มิลลิเมตร และ 19 มิลลิเมตร ตามลำดับ

ตารางที่ 4.4 แสดงความหนาชิ้นงานและตำแหน่งแนวเชื่อมที่ทำการตรวจสอบของชิ้นงานชนิด

Beam

Record No.	Sketch of Examined Location	Exm. Location (WEB)	Exm. Location (TF&BF)	Thickness (mm.)	Remark
130	FN-3B277	1WEB	-	16	ACC
		2WEB	-	16	ACC
135	FN-5B51	-	1TF	18	ACC
		1WEB	-	11	ACC
		-	1BF	18	ACC
139	FN-1B18	1WEB	-	25	ACC
		2WEB	-	25	ACC
139-01	FN-1B18	-	3TF	45	ACC
		-	3BF	45	ACC
		-	4TF	45	ACC
		-	4BF	45	ACC
143	FN-8B178	-	1TF	18	ACC
		1WEB	-	11	ACC
		-	1BF	18	ACC
145	FN-8B197	-	1TF	18	ACC
		1WEB	-	11	ACC
		-	1BF	18	ACC
147	FN-4B22	-	1TF	9	ACC
		-	2BF	9	ACC
148	FN-5B38	-	1TF	9	REJECT
		-	1BF	9	ACC
149	FN-5B39	-	1TF	9	ACC
		-	1BF	9	ACC
150	FN-6B10	-	1TF	20	ACC
		1WEB	-	12	ACC
		-	1BF	20	ACC

ตารางที่ 4.4 แสดงความหนาชิ้นงานและตำแหน่งแนวเชื่อมที่ทำการตรวจสอบของชิ้นงานชนิด

Beam (ต่อ)

Record No.	Sketch of Examined Location	Exm. Location (WEB)	Exm. Location (TF&BF)	Thickness (mm.)	Remark
152	FN-8B2	-	1TF	20	ACC
		1WEB	-	12	ACC
		-	1BF	20	ACC
156	FN-5B55	-	1TF	18	ACC
		1WEB	-	11	ACC
		-	1BF	18	ACC
158	FN-9B1	1WEB	-	20	ACC
160	FN-5B69	-	1TF	13	ACC
		1WEB	-	8	ACC
		-	1BF	13	ACC
163	FN-3B1	1WEB	-	16	ACC
		2WEB	-	16	ACC
164	FN-3B115	1WEB	-	20	ACC
		2WEB	-	20	ACC
165	FN-3B209	1WEB	-	45	ACC
		2WEB	-	45	ACC
166	FN-3B219	1WEB	-	45	ACC
		2WEB	-	45	ACC
167	FN-3B243	2WEB	-	20	ACC
167-01	FN-3B243	-	1TF	60	ACC
168	FN-3B330	1WEB	-	16	ACC
		2WEB	-	16	ACC
179	FN-4B18	1WEB	-	16	ACC
		4WEB	-	16	ACC
179-01	FN-4B18	-	2TF	50	ACC
		-	3BF	50	ACC

ตารางที่ 4.4 แสดงความหนาชิ้นงานและตำแหน่งแนวเชื่อมที่ทำการตรวจสอบของชิ้นงานชนิด
Beam (ค้อ)

Record No.	Sketch of Examined Location	Exm. Location (WEB)	Exm. Location (TF&BF)	Thickness (mm.)	Remark
181	FN-3B146	1WEB	-	45	ACC
		2WEB	-	45	ACC
181-01	FN-3B146	-	3TF	75	ACC
		-	4BF	75	ACC
		-	5TF	75	ACC
		-	6BF	75	ACC
182	FN-3B116	1WEB	-	20	ACC
182-01	FN-3B116	-	2TF	60 °	ACC
183	FN-3B156	2WEB	-	45	ACC
183-01	FN-3B156	-	1BF	75	ACC
		-	3TF	75	ACC
		-	4TF	75	ACC

จากตาราง 4.4 จะเห็นได้ว่าพบความบกพร่องที่ชิ้นงาน FN-5B38 บริเวณ Top Flank ที่ความหนา 9 มิลลิเมตร

จากตาราง 4.2-4.4 สามารถนำข้อมูลทั้งหมดมาสรุปได้ตามตาราง 4.5 และ 4.6 ดังนี้

ตารางที่ 4.5 ตารางสรุปรายละเอียดการตรวจสอบแบบไม่ทำลายโดยใช้คลื่นความถี่สูงของชิ้นงาน

ชนิด V-Bracing

ความหนา (มม.)		จำนวน ชิ้นงาน	ผลการตรวจสอบแนว เชื่อม		ผลการทดสอบหลัง การซ่อมแนวเชื่อม		หมายเหตุ
Web	Flang		ไม่พบ ความ บกพร่อง	พบความ บกพร่อง	ไม่พบ ความ บกพร่อง	พบความ บกพร่อง	
8	12	2	2	0	0	0	
12	19	7	6	1	1	0	FN-6VB42 ที่ตำแหน่ง 1TF
13	21	2	1	1	1	0	FN-6VB22 ที่ตำแหน่ง 1TF
รวม		11	9	2	2	0	

ตารางที่ 4.6 ตารางสรุปรายละเอียดการตรวจสอบแบบไม่ทำลายโดยใช้คลื่นความถี่สูงของชิ้นงาน

ชนิด Beam

ความหนา (มม.)		จำนวน ชิ้นงาน	ผลการตรวจสอบ		ผลการตรวจสอบ หลังการซ่อมแนว เชื่อม		หมายเหตุ
Web	Flang		ไม่พบ ความ บกพร่อง	พบความ บกพร่อง	ไม่พบ ความ บกพร่อง	พบความ บกพร่อง	
6	9	3	2	1	1	0	FN-5B38 ที่ตำแหน่ง 1TF
8	13	1	1	0	0	0	
11	18	4	4	0	0	0	
12	20	2	2	0	0	0	
16	50	4	4	0	0	0	
20	60	4	4	0	0	0	
25	45	1	1	0	0	0	
45	75	4	4	0	0	0	
รวม		23	22	1	0	0	