บทที่ 4

การเปรียบเทียบและประเมินผล

ในบทนี้จะกล่าวถึง การเปรียบเทียบระหว่างวิธีการในการคำนวณหาจำนวนแผ่นสังกะสีที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน และ วิธีการคำนวณหาจำนวนแผ่นสังกะสีโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งทางผู้วิจัยได้นำแบบตัวอย่างระบบท่อลมที่มีลักษณะแตกต่างกัน 3 ลักษณะ มาใช้ในการเปรียบเทียบระหว่างวิธีทั้งสองข้างต้น ตัวอย่างระบบท่อลมนี้จะแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในด้านการประมวลผลที่มีจำนวนข้อมูลมากและหลากหลาย รวมถึงการแสดงผลลัพธ์ของรูปแบบแผ่นคลี่ที่ชัดเจนซึ่งสามารถนำผลลัพธ์ดังกล่าวไปตัดลงบนแผ่นสังกะสีจริงเพื่อนำไปใช้ในการขึ้นรูปทำท่อลม

<u>ลักษณะของวิธีการคำนวณหาจำนวนแผ่นสังกะสีในปัจจุบัน</u>

ในการคำนวณหาจำนวนแผ่นสังกะสีที่ใช้ วิศวกรผู้รับเหมาจะทำการวัดจากแบบเพื่อให้ได้ข้อมูลความกว้าง (W), ความลึก (D) และความยาว (L) ของท่อลมตรงขนาดต่าง ๆ ในแบบ ในขณะที่ท่อลมส่วนที่เป็นท่อโค้ง (Elbow) , ท่อแยก (Branch) , ข้อต่อเปลี่ยนขนาด (Transition) และข้อต่อเปลี่ยนรูป (Tranformer) จะคิดในลักษณะที่เป็นท่อลมตรงทั้งหมด จากนั้นจะจัดกลุ่มท่อลมตามเบอร์สังกะสี แล้วจึงคำนวณหาพื้นที่ของขนาดท่อลมต่าง ๆ ในเบอร์สังกะสีเดียวกัน และ คำนวณหาจำนวนแผ่นสังกะสีที่ใช้ในแต่ละเบอร์สังกะสี โดยการนำขนาดพื้นที่ของสังกะสีในหนึ่งแผ่นไปหารพื้นที่ท่อลมที่คำนวณได้ กล่าวคือ การคำนวณในลักษณะนี้หมายความว่าสังกะสีทุกแผ่นถูกสมมติว่าใช้เต็มพื้นที่โดยไม่มีเศษเหลือ ซึ่งในทางปฏิบัติเป็นไปไม่ได้ และ วิศวกรผู้คำนวณรวมถึงผู้รับเหมาก็ทราบถึงเหตุผลข้อนี้ดี จึงได้มีการเผื่อเหลือจำนวนแผ่นสังกะสีไว้สำหรับส่วนนี้ รวมทั้งรูปแบบการตัดสังกะสีที่ไม่แน่นอนทำให้ต้องเผื่อจำนวนแผ่นสังกะสีที่อาจถูกตัดเสียด้วย ซึ่งทางวิศวกรผู้รับเหมา และ ช่างตัดสังกะสีจะทำการตกลงกัน เพื่อให้ได้จำนวนแผ่นสังกะสีรวมถึงจำนวนแผ่นสังกะสีที่กล่าวถึงข้างต้น ซึ่งเป็นที่ยอมรับของทั้งสองฝ่าย โดยทั่วไปค่าเปอร์เซนต์ในการประมาณเพิ่มจากจำนวนแผ่นสังกะสีทางอินตภาพจะอยู่ในช่วง 25 - 30 เปอร์เซนต์

ลักษณะของวิธีการคำนวณหาจำนวนแผ่นสังกะสีโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

ในการคำนวณหาจำนวนแผ่นสังกะสีที่ใช้จริง โปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้แบ่งการคำนวณออกเป็น 5 กลุ่ม คือ

1. ท่อลมตรง (Straight Duct)

ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ คือ ความกว้าง (W_n), ความลึก (D_n), ความยาว (L_{nt}) และความดันสถิต (Static Pressure) ของท่อลมในระบบ โดยความยาวที่ใช้ในหัวข้อนี้เป็นความยาวของท่อลมตรงเท่านั้น และ ถ้าผู้ใช้ต้องการความถูกต้องและแม่นยำในการคำนวณมากขึ้น ผู้ใช้ควรป้อนข้อมูลของความยาวในส่วนของท่อลมที่มีขนาดหน้าตัดท่อลมเท่ากันแต่ไม่ต่อเนื่องกัน ในลักษณะที่แยกจากกันเพื่อให้ได้แผ่นคลี่ที่ถูกต้องตามแบบแปลนทุกประการ สำหรับการเลือกเบอร์สังกะสีในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้กำหนดหลักเกณฑ์ตามมาตราฐานของ SMACNA หรือ ผู้ใช้สามารถกำหนดหลักเกณฑ์ในการเลือกเบอร์สังกะสีตามหลักเกณฑ์ที่เหมาะสมของผู้ใช้ รวมทั้งรูปแบบและความยาวของตะเข็บข้าง (Longituditional Seam) และ ความยาวตะเข็บปลาย (Transverse Seam) ได้มีการกำหนดไว้ตามมาตราฐานการขึ้นรูปทำท่อลมหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยม รูปแบบและลักษณะในการพับตะเข็บดังกล่าวผู้ใช้สามารถดูได้ทางหน้าจอภาพ เพื่อให้เข้าใจและสามารถเลือกรูปแบบให้เหมาะสมกับลักษณะของการดำเนินการระบบท่อลม

2. ข้อต่อเปลี่ยนขนาด (Transition Joint)

ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ คือ ความกว้างของท่อลมใหญ่ (W_1), ความลึกของท่อลมใหญ่ (D_1) ความกว้างของท่อลมเล็ก (W_2) และ ความลึกของท่อลมเล็ก (D_2) รวมทั้งชนิดข้อต่อเปลี่ยนขนาด สำหรับการคำนวณค่าความยาวโปรแกรมคอมพิวเตอร์มีค่ามาตราฐานของอัตราส่วนการเปลี่ยนขนาด คือ 4 เท่าของผลต่างระหว่าง $W_1 - W_2$ หรือ $D_1 - D_2$ ซึ่งเป็นค่ามาตราฐานในการหาความยาวของข้อต่อเปลี่ยนขนาด รวมทั้งรูปแบบและความยาวของตะเข็บข้าง (Longituditional Seam) และความยาวตะเข็บปลาย (Transverse Seam) ได้มีการกำหนดไว้ตามมาตราฐานการขึ้นรูปทำท่อลมหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยม รูปแบบและลักษณะของข้อต่อเปลี่ยนขนาดชนิดต่าง ๆ ผู้ใช้สามารถดูได้ทางหน้าจอภาพเพื่อให้เข้าใจและสามารถเลือกรูปแบบให้เหมาะสมกับลักษณะของการดำเนินการระบบท่อลม

3. <u>ข้อต่อเปลี่ยนรูป</u> (Transformer Joint)

ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ คือ ความกว้างของท่อลมที่ 1 (W_1), ความลึกของท่อลมที่ 1 (D_1) ความกว้างของท่อลมที่ 2 (W_2) และ ความลึกของท่อลมที่ 2 (D_2) รวมทั้งชนิดข้อต่อเปลี่ยนรูป สำหรับการคำนวณค่าความยาวโปรแกรมคอมพิวเตอร์มีค่ามาตราฐานของอัตราส่วนในการเปลี่ยนรูป คือ 4 เท่าของผลต่างระหว่าง $W_1 - W_2$ หรือ $D_1 - D_2$ ซึ่งเป็นค่ามาตราฐานในการหาความยาวของข้อต่อเปลี่ยนรูป รวมทั้งรูปแบบและความยาวของตะเข็บข้าง (Longituditional Seam) และความยาวตะเข็บปลาย (Transverse Seam) ได้มีการกำหนดไว้ตามมาตราฐานการขึ้นรูปทำท่อลมหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยม รูปแบบและลักษณะของข้อต่อเปลี่ยนรูปชนิดต่าง ๆ ผู้ใช้สามารถดูได้ทางหน้าออภาพเพื่อให้เข้าใจ และสามารถเลือกรูปแบบให้เหมาะสมกับลักษณะของการดำเนินการระบบท่อลม

4. <u>คอหัวจ่ายลม</u> (Booting)

ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ คือ ความยาว (L), ความกว้าง (W), ความสูง (H), รัศมี (R) รูปแบบแผ่นคลี่และชนิดของคอหัวจ่ายลม รวมถึงความยาวของตะเข็บข้าง (Longituditional Seam) และความยาวตะเข็บปลาย (Transverse Seam) ได้มีการกำหนดไว้ตามมาตราฐานของ SMACNA ซึ่งผู้ใช้สามารถดูลักษณะและรูปแบบแผ่นคลี่ได้ทางหน้าออภาพ

5. <u>ท่อโค้งและท่อแยก</u> (Elbow & Branch)

สำหรับการคำนวณในหัวข้อนี้ โปรแกรมคอมพิวเตอร์มิได้แสดงรูปแบบแผ่นคลี่ท่อโค้งและท่อแยกไว้ แต่มีการประมาณหาพื้นที่บองท่อโค้งและท่อแยกโดยข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณในหัวข้อนี้ คือ ความกว้างของหน้าตัดท่อลม (W_1, W_2, W_3, W_4) และ ความลึกของหน้าตัดท่อลม (D) รวมทั้งชนิดของท่อโค้งและท่อแยก ซึ่งโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้แสดงถึงรูปแบบต่าง ๆ บองท่อโค้งและท่อแยกโดยผู้ใช้สามารถเรียกดูได้ทางออภาพเพื่อความถูกต้องในการคำนวณ

<u>ตัวอย่างระบบท่อลมที่ 1</u>

ตัวอย่างระบบท่อลมในหัวข้อนี้ ผู้วิจัยได้ออกแบบระบบท่อลมตามหลักการของการคำนวณ

ภาระโหลดความเย็น (Cooling Load Capacity) และ การหาปริมาณอากาศส่งเข้าห้องปรับอากาศ รวมทั้งใช้วิธีการความเสียดทานเท่ากัน (Equal Friction Method) ในการหาขนาดท่อลมของระบบ ลักษณะเด่นของตัวอย่างระบบท่อลมนี้ คือ มีท่อลมส่วนใหญ่เป็นท่อลมตรงและมีลักษณะของหัวจ่ายลมแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส (Square Diffuser) ซึ่งนิยมใช้ในงานระบบท่อลมโดยทั่วไป

รายละเอียดต่าง ๆ ของข้อมูลในตัวอย่างระบบท่อลมที่ใช้ในการคำนวณหาจำนวนแผ่นสังกะสีที่ใช้จริงของตัวอย่างระบบท่อลมที่ 1 โดยวิธีการคำนวณที่ใช้ในปัจจุบัน มีดังนี้

ตารางที่ 4.1 รายละเอียดของข้อมูลระบบท่อลมจากตัวอย่างระบบท่อลมที่ 1

เบอร์สังกะสี (Gage)	ขนาดท่อลม (in x in)	ความยาวท่อลม (M)	พื้นที่ของท่อลม (ft^2)
<u>เบอร์ 26</u>	14 x 8	8.4	101.1
	16 x 10	5	71.11
	20 x 10	5	82.05
	22 x 8	61.5	1,009.22
	22 x 22	4.5	108.3
	24 x 12	4	78.77
	26 x 12	42.1	875.1
	26 x 14	3	65.64
<u>เบอร์ 24</u>	30 x 22	10	284.44
	34 x 16	14.1	385.64
	34 x 22	10	306.32
	38 x 16	5	147.7
	42 x 16	11.8	374.37

เบอร์สังกะสี (Gage)	ขนาดท่อลม (in x in)	ความยาวท่อลม (M)	พื้นที่บองท่อลม (ft^2)
<u>เบอร์ 24</u>	46 x 20	6	216.61
	46 x 22	26	967.1
<u>เบอร์ 22</u>	48 x 24	19	748.3
	50 x 24	9.7	392.64
	60 x 20	20	875.2

ความดันสถิต (Static Pressure, S.P.) ในตัวอย่างระบบท่อลมนี้มีค่าเท่ากับ 1 นิ้วน้ำ ซึ่งเป็นค่าความดันสถิตปกติในระบบปรับอากาศโดยทั่วไป เพราะฉะนั้น การจัดกลุ่มท่อลมตามขนาดเบอร์สังกะสีเป็นไปตามตาราง บ.7 1" W.G. Narrowscope Duct Construction ในภาคผนวก บ. และ ในการหาพื้นที่บองท่อลมขนาดต่าง ๆ ในหน่วยตารางฟุต ใช้สมการข้างล่างนี้

$$DuctArea(ft^2) = 0.547(W+D)L \qquad (4.1)$$

โดย W คือ ความกว้างบองหน้าตัดท่อลม, นิ้ว

D คือ ความลึกบองหน้าตัดท่อลม, นิ้ว

L คือ ความยาวบองท่อลม, เมตร

ขนาดบองแผ่นสังกะสีมาตราฐานที่ใช้ คือ 8 ฟุต x 4 ฟุต มีขนาดพื้นที่เท่ากับ 32 ตารางฟุต ดังนั้น การคำนวณหาจำนวนแผ่นสังกะสีทางอินตภาพในแต่ละเบอร์สังกะสีมีรายละเอียดดังนี้

เบอร์ 26 :

พื้นที่บองท่อลมทั้งหมด = 101.1 + 71.11 + 82.05 + 1009.22 + 108.3 + 78.77 + 875.1 + 65.64

= 2391.29 ตารางฟุต

จำนวนแผ่นสังกะสีทางอินตภาพ = $\frac{2391.29}{32}$ = 74.73 $\cong$ 75 แผ่น

เบอร์ 24 :

พื้นที่บองท่อลมทั้งหมด = 284.44 + 385.64 + 306.32 + 147.7 + 374.37
+ 216.61 + 967.1
= 2682.18 ตารางฟุต

จำนวนแผ่นสังกะสีทางอินตภาพ = $\frac{2682.18}{32}$ = 83.82 ≅ 84 แผ่น

เบอร์ 22 :

พื้นที่บองท่อลมทั้งหมด = 748.3 + 392.64 + 875.2
= 2016.14 ตารางฟุต

จำนวนแผ่นสังกะสีทางอินตภาพ = $\frac{2016.14}{32}$ ≅ 63 แผ่น

ในการคำนวณหาจำนวนแผ่นสังกะสีที่ใช้จริง สำหรับตัวอย่างระบบท่อลมนี้ใช้ค่าเปอร์เซนต์ในการประมาณเท่ากับ 27 เปอร์เซนต์ ดังนั้น จำนวนแผ่นสังกะสีที่ใช้จริงในแต่ละเบอร์สังกะสีมีดังนี้

เบอร์ 26 :
จำนวนแผ่นสังกะสีที่ใช้จริง = 1.27 x 75 ≅ 96 แผ่น

เบอร์ 24 :
จำนวนแผ่นสังกะสีที่ใช้จริง = 1.27 x 84 ≅ 107 แผ่น

เบอร์ 22 :
จำนวนแผ่นสังกะสีที่ใช้จริง = 1.27 x 63 ≅ 80 แผ่น

จากแบบแปลนตัวอย่างของระบบท่อลมชิ้นส่วนของระบบท่อลมที่มิได้นำมาคำนวณในขั้นตอนบ้างต้น คือ คอหัวจ่ายลมแบบสี่เหลี่ยม (Rectangular Booting) บองท่อลมกลับ (Return Duct) ซึ่งมีขนาดความกว้าง (W) = 22 นิ้ว, ความยาว (L) = 40 นิ้ว และ ความสูง (H) = 20 นิ้ว จำนวนทั้งหมด 9 ชิ้น จากตาราง ข.7 เบอร์สังกะสีที่ใช้สำหรับคอหัวจ่ายลมที่มีด้านที่กว้างที่สุดเท่ากับ 40 นิ้ว

คือ เบอร์ 24 ดังนั้น การประมาณพื้นที่ทางอินตภาพจึงใช้สูตรการหาพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมคางหมู

$$\text{พื้นที่ทางอินตภาพของคอหัวจ่ายลมแบบสี่เหลี่ยม} = 9 \times [2 \times \tfrac{1}{2}(40+20)20 + 2 \times \tfrac{1}{2}(22+20)20]$$

$$= 18360 \quad \text{ตารางนิ้ว}$$

$$= 127.5 \quad \text{ตารางฟุต}$$

$$\text{จำนวนแผ่นสังกะสีทางอินตภาพ} = \frac{127.5}{32} \cong 4 \quad \text{แผ่น}$$

$$\text{จำนวนแผ่นสังกะสีที่ใช้จริง} = 1.27 \times 4 \cong 6 \text{ แผ่น}$$

ดังนั้น ผลรวมของจำนวนแผ่นสังกะสีที่ใช้จริงในแต่ละเบอร์สังกะสี ซึ่งคำนวณโดยวิธีที่ใช้กันในปัจจุบัน มีผลสรุปดังนี้คือ เบอร์ 26 = 98 แผ่น, เบอร์ 24 = 113 แผ่น, เบอร์ 22 = 80 แผ่น

ขั้นตอนต่อไปจะแสดงถึงลักษณะข้อมูลของชิ้นส่วนระบบท่อลมต่าง ๆ ที่จะนำไปใช้ในการคำนวณหารูปแบบแผ่นคลี่ของชิ้นส่วนท่อลม และ จำนวนแผ่นสังกะสีที่ใช้จริงของท่อลมในตัวอย่างระบบท่อลมที่ 1 โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการคำนวณ และนำรูปแบบแผ่นคลี่ที่ได้มาตัดลงบนแผ่นกระดาษซึ่งใช้แทนแผ่นสังกะสีขนาด 8 ฟุต x 4 ฟุต โดยใช้อัตราส่วน 1 เซนติเมตร ต่อ 1 ฟุต จากนั้นนำแผ่นคลี่ของท่อลมทั้งหมดที่ได้มาทำการขึ้นรูปทำท่อลม และ สร้างแบบจำลองระบบท่อลม (Duct Model System) เพื่อตรวจสอบความถูกต้องในการประมวลผลของโปรแกรม และ สามารถนำแผ่นคลี่ที่ได้จากการประมวลผลนี้ไปใช้ในการขึ้นรูปทำระบบท่อลมได้จริง

1. รายละเอียดของข้อมูลในตัวอย่างระบบท่อลมที่ 1 ในส่วนของท่อลมตรงทั้งหมดที่ใช้ในการคำนวณหารูปแบบแผ่นคลี่ และ จำนวนแผ่นสังกะสีที่ใช้จริง โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ มีดังนี้

ตารางที่ 4.2 รายละเอียดของข้อมูลท่อลมตรงจากตัวอย่างระบบท่อลมที่ 1

ขนาดท่อลม (in x in)	ความยาวท่อลม (M)
14 x 8	4, 2.05, 1.5

ขนาดท่อลม (in x in)	ความยาวท่อลม (M)
16 x 10	4.35
20 x 10	4.5
22 x 8	2.75, 2.75, 2.75, 2.75, 2.75, 2.75, 2.75, 2.9, 2.9, 2.9, 2.9, 2.9, 2.9, 5.7, 5.7, 5.7
22 x 22	3.55
24 x 12	2.9
26 x 12	1.2, 1.65, 1.75, 1.75, 1.75, 2.65, 2.65, 2.75, 7.9, 8.2
26 x 14	1.55
30 x 22	8.4
34 x 16	1.4, 4.15, 4.75
34 x 22	8.6
38 x 16	3.6
42 x 16	10.5
46 x 20	4.5
46 x 22	14.9, 8.5
48 x 24	12.6, 4.3
50 x 24	1.75, 2.75, 3.35
60 x 24	8.35, 8.7

ความดันสถิต (Static Pressure, S.P.) ในตัวอย่างระบบท่อลมนี้มีค่าเท่ากับ 1 นิ้วน้ำ

ดังนั้น การเลือกเบอร์สังกะสีเป็นไปตามตาราง ข.1 ในภาคผนวก ข. ซึ่งตารางมาตราฐานต่าง ๆ ได้กำหนดไว้ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำหรับรูปแบบและลักษณะของตะเข็บที่ใช้ในตัวอย่างระบบท่อลม คือ แบบ Pittburgh ซึ่งเป็นตะเข็บข้าง (Longituditional Seam) ที่นิยมใช้ในการทำท่อลม มีค่าความยาวของตะเข็บทั้ง 2 ด้าน $S_1 = \frac{3}{16}$ นิ้ว, $S_2 = 1\frac{5}{16}$ นิ้ว และแบบ Drive Cleat ซึ่งเป็นตะเข็บปลาย (Transverse Seam) มีค่าความยาวของตะเข็บทั้ง 2 ด้าน $S_3 = \frac{1}{2}$ นิ้ว, $S_4 = \frac{1}{2}$ นิ้ว

2. รายละเอียดของข้อมูลตัวอย่างระบบท่อลมที่ 1 ในส่วนของข้อต่อเปลี่ยนขนาดที่ใช้ในการคำนวณหารูปแบบแผ่นคลี่ และ จำนวนแผ่นสังกะสีที่ใช้จริง โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำหรับการเลือกชนิดของข้อต่อเปลี่ยนขนาด ผู้ใช้จะเลือกตามแบบของระบบท่อลม มีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4.3 รายละเอียดของข้อมูลข้อต่อเปลี่ยนขนาดจากตัวอย่างระบบท่อลมที่ 1

ชนิดของข้อต่อเปลี่ยนขนาด (Type of Transition Joint)	W_1 x D_1 (in x in)	W_2 x D_2 (in x in)
1. ชนิดมีด้านตรง 1 ด้านแบบ F.O.B	26 x 12 26 x 12 26 x 12	22 x 8 22 x 8 22 x 8
2. ชนิดมีด้านตรง 2 ด้านแบบ F.O.T & F.O.B	22 x 8 50 x 24	14 x 8 48 x 24
3. ชนิดมีด้านตรง 2 ด้านแบบ F.O.B	48 x 24	34 x 22
4. ชนิดมีด้านตรง 2 ด้านแบบ F.O.T	30 x 22	20 x 10
5. ชนิดมีด้านตรง 3 ด้านแบบ F.O.B	34 x 22 46 x 22	22 x 22 30 x 22

ความดันสถิต (Static Pressure, S.P.) ในตัวอย่างระบบท่อลมนี้มีค่าเท่ากับ 1 นิ้วน้ำ

ดังนั้น การเลือกเบอร์สังกะสีเป็นไปตามตาราง ข.1 ในภาคผนวก ข. ซึ่งตารางมาตราฐานต่าง ๆ ได้กำหนดไว้ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำหรับรูปแบบและลักษณะของตะเข็บที่ใช้ในตัวอย่างระบบท่อลม

คือ แบบ Pittburgh ซึ่งเป็นตะเข็บข้าง (Longituditional Seam) ที่นิยมใช้ในการทำท่อลม มีค่าความยาวของตะเข็บทั้ง 2 ด้าน $S_1 = \frac{3}{16}$ นิ้ว, $S_2 = 1\frac{5}{16}$ นิ้ว และแบบ Drive Cleat ซึ่งเป็นตะเข็บปลาย (Transverse Seam) มีค่าความยาวของตะเข็บทั้ง 2 ด้าน $S_3 = \frac{1}{2}$ นิ้ว, $S_4 = \frac{1}{2}$ นิ้ว

3. รายละเอียดของข้อมูลในตัวอย่างระบบท่อลมที่ 1 ในส่วนของคอหัวจ่ายลมที่ใช้คำนวณหารูปแบบแผ่นคลี่ และ จำนวนแผ่นสังกะสีที่ใช้จริง โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำหรับชนิดของคอหัวจ่ายลมในตัวอย่างระบบท่อลมนี้ คือ คอหัวจ่ายลมแบบเปลี่ยนจากหน้าตัดสี่เหลี่ยมเป็นวงกลม ในการเลือกคอหัวจ่ายลมชนิดนี้ ผู้ใช้สามารถเลือกได้ 2 ชนิด คือ ชนิดคอหัวจ่ายลมที่มีแผ่นคลี่ 2 ส่วน และชนิดคอหัวจ่ายลมที่มีแผ่นคลี่ 4 ส่วน ซึ่งคอหัวจ่ายลมชนิดแรกจะเหมาะสำหรับคอหัวจ่ายลมขนาดเล็ก และ คอหัวจ่ายลมชนิดที่สองจะเหมาะสำหรับคอหัวจ่ายลมขนาดใหญ่ มีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4.4 รายละเอียดของข้อมูลคอหัวจ่ายลมจากตัวอย่างระบบท่อลมที่ 1

ชนิดของคอหัวจ่ายลม (Type of Booting)	L (in)	W (in)	H (in)	R (in)
Rectangular to Round	40	22	20	10
	40	22	20	10
	40	22	20	10
	40	22	20	10
	40	22	20	10
	40	22	20	10
	40	22	20	10
	40	22	20	10
	40	22	20	10

ความดันสถิต (Static Pressure, S.P.) ในตัวอย่างระบบท่อลมนี้มีค่าเท่ากับ 1 นิ้วน้ำ ดังนั้น การเลือกเบอร์สังกะสีเป็นไปตามตาราง ข.1 ในภาคผนวก ข. ซึ่งตารางมาตราฐานต่าง ๆ ได้

กำหนดไว้ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำหรับค่าความหนาของ Collar มีค่าเท่ากับ 2 นิ้ว ตามลักษณะการทำคอหัวจ่ายลมโดยทั่วไป รูปแบบและลักษณะของตะเข็บคอหัวจ่ายลมที่ใช้ในตัวอย่างระบบท่อลม คือ แบบ Rivet Lap ซึ่งเป็นตะเข็บข้าง (Longituditional Seam) มีค่าความยาวของตะเข็บ $S_1 = \frac{1}{4}$ นิ้ว, $S_2 = \frac{1}{4}$ นิ้ว และ แบบ Rivet Tap ซึ่งเป็นตะเข็บปลาย (Transverse Seam) มีค่าความยาวของตะเข็บ $S_3 = \frac{3}{16}$ นิ้ว, $S_4 = \frac{1}{2}$ นิ้ว

รายละเอียดต่าง ๆ ของข้อมูลในตัวอย่างระบบท่อลมที่ 1 ที่กล่าวมาข้างต้น เป็นข้อมูลซึ่งโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะนำไปประมวลผลโดยแบ่งการคำนวณออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของท่อลมตรง และส่วนของข้อต่อเปลี่ยนขนาด (Transition), ข้อต่อเปลี่ยนรูป (Transformer) และ คอหัวจ่ายลม (Booting) จากนั้นโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะแสดงรูปแบบแผ่นคลี่ของชิ้นส่วนท่อลมต่าง ๆ ลงบนแผ่นสังกะสีจำลองทางจอภาพ และผู้ใช้สามารถพิมพ์ผลลัพธ์ดังกล่าวออกมาทางเครื่องพิมพ์ ซึ่งมาตราส่วนของรูปแบบแผ่นคลี่จำลองที่ได้ต่อรูปแบบแผ่นคลี่จริง คือ 1 เซนติเมตร ต่อ 6 นิ้ว และในผลลัพธ์ดังกล่าวได้บอกถึงขนาดความยาวต่าง ๆ ที่จำเป็นในการนำไปสร้างแผ่นคลี่ลงบนแผ่นสังกะสีจริง เพื่ออำนวยความสะดวกในการสร้างท่อลม

4. รายละเอียดของข้อมูลตัวอย่างระบบท่อลมที่ 1 ในส่วนของท่อโค้งและท่อแยกที่ใช้ในการคำนวณหาจำนวนแผ่นสังกะสีที่ใช้จริง โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ มีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4.5 รายละเอียดของข้อมูลท่อโค้งและท่อแยกจากตัวอย่างระบบท่อลมที่ 1

ชนิดของท่อโค้งและท่อแยก (Type of Elbow&Branch)	W_1 (in)	W_2 (in)	W_3 (in)	W_4 (in)	D (in)
1. 90 Elbow	16	-	-	-	10
	26	-	-	-	12
	46	-	-	-	22
	48	-	-	-	24
	50	-	-	-	24

ชนิดของท่อโค้งและท่อแยก (Type of Elbow&Branch)	W_1 (in)	W_2 (in)	W_3 (in)	W_4 (in)	D (in)
2. Tee Diverging Branch	34	26	26	-	12
	42	26	34	-	16
	46	34	34	-	16
	60	42	38	-	16
	60	46	26	-	20
3. Wye Dovetail Branch	16	14	14	-	8
	26	22	22	-	8
	26	22	22	-	8
	26	22	22	-	8
	26	22	22	-	8
	26	22	22	-	8
	26	22	22	-	8
	26	24	22	-	12
	34	26	26	-	12
	34	26	26	-	12
	38	26	26	-	14

ความดันสถิต (Static Pressure, S.P.) ในตัวอย่างระบบท่อลมนี้มีค่าเท่ากับ 1 นิ้วน้ำ ดังนั้น การเลือกเบอร์สังกะสีเป็นไปตามตาราง บ.1 ในภาคผนวก บ. ซึ่งตารางมาตราฐานต่าง ๆ ได้กำหนดไว้ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำหรับรูปแบบและลักษณะของตะเข็บที่ใช้ในตัวอย่างระบบท่อลม คือ แบบ Pittburgh ซึ่งเป็นตะเข็บข้าง (Longituditional Seam) ที่นิยมใช้ในการทำท่อลม มีค่าความยาวของตะเข็บทั้ง 2 ด้าน $S_1 = \frac{3}{16}$ นิ้ว, $S_2 = 1\frac{5}{16}$ นิ้ว และแบบ Drive Cleat ซึ่งเป็นตะเข็บปลาย (Transverse Seam) มีค่าความยาวของตะเข็บทั้ง 2 ด้าน $S_3 = \frac{1}{2}$ นิ้ว, $S_4 = \frac{1}{2}$ นิ้ว

ป้อนข้อมูลของท่อโค้งและท่อแยกลงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อคำนวณหาจำนวนแผ่นสังกะสีสำหรับท่อโค้งและท่อแยกในตัวอย่างระบบท่อลมที่ 1 ซึ่งสมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการคำนวณของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ คือ สมการ (3.36), (3.37), (3.38) และ (3.39) ผลลัพธ์ที่ได้ คือ จำนวนแผ่นสังกะสีเบอร์ 26 = 15 แผ่น, จำนวนแผ่นสังกะสี เบอร์ 24 = 25 แผ่น, จำนวนแผ่นสังกะสีเบอร์ 22 = 21 แผ่น

<u>การเปรียบเทียบและการวิเคราะห์ผลลัพธ์จากตัวอย่างระบบท่อลมที่ 1</u>

จากการประมวลผลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของตัวอย่างระบบท่อลมที่ 1 ซึ่งได้แสดงผลลัพธ์ของรูปแบบแผ่นคลี่ท่อลมและจำนวนแผ่นสังกะสีที่ใช้ ไว้ในส่วนท้ายของตัวอย่างระบบท่อลมนี้ โดยจำแนกผลลัพธ์ดังกล่าวตามเบอร์สังกะสีและลักษณะของชิ้นส่วนท่อลม ดังนั้น จำนวนแผ่นสังกะสีทั้งหมดที่ใช้ในตัวอย่างระบบท่อลมที่ 1 ซึ่งคำนวณโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ มีผลสรุปดังนี้

ตารางที่ 4.6 จำนวนแผ่นสังกะสีทั้งหมดที่ใช้ในตัวอย่างระบบท่อลมที่ 1 ซึ่งคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

ลักษณะของชิ้นส่วนท่อลม	เบอร์ 26	เบอร์ 24	เบอร์ 22
1. ท่อลมตรง	72 แผ่น	78 แผ่น	70 แผ่น
2. ข้อต่อเปลี่ยนขนาดและคอหัวจ่ายลม	2 แผ่น	18 แผ่น	3 แผ่น
3. ท่อโค้งและท่อแยก	15 แผ่น	25 แผ่น	21 แผ่น
จำนวนแผ่นสังกะสีทั้งหมด	89 แผ่น	121 แผ่น	94 แผ่น

เมื่อนำผลลัพธ์จากตารางที่ 4.6 ซึ่งเป็นผลที่ได้จากการคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์มาเปรียบเทียบกับจำนวนแผ่นสังกะสีซึ่งคำนวณโดยวิธีที่ใช้ในปัจจุบัน จะมีค่าความแตกต่างของจำนวนแผ่นสังกะสีที่ต้องการ ดังผลสรุปตามตารางที่ 4.7 ดังนี้

ตารางที่ 4.7 ผลการเปรียบเทียบระหว่างจำนวนแผ่นสังกะสีซึ่งคำนวณโดยวิธีที่ใช้ในปัจจุบัน กับจำนวนแผ่นสังกะสีซึ่งคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำหรับตัวอย่างระบบท่อลมที่ 1

ข้อมูล	เบอร์ 26	เบอร์ 24	เบอร์ 22
1. จำนวนแผ่นสังกะสีซึ่งคำนวณโดยวิธีที่ใช้ในปัจจุบัน	96 แผ่น	113 แผ่น	80 แผ่น
2. จำนวนแผ่นสังกะสีซึ่งคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์	89 แผ่น	121 แผ่น	94 แผ่น
ผลต่างระหว่าง 1 และ 2	7 แผ่น	- 8 แผ่น	- 14 แผ่น

จากผลการเปรียบเทียบในตารางที่ 4.7 จะเห็นได้ว่าจำนวนแผ่นสังกะสีซึ่งคำนวณโดยวิธีที่ใช้กันในปัจจุบัน (วิธีที่ 1) สำหรับแผ่นสังกะสีเบอร์ 26 จะมีค่ามากกว่าจำนวนแผ่นสังกะสีซึ่งคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (วิธีที่ 2) แต่สำหรับแผ่นสังกะสีเบอร์ 24 และ เบอร์ 22 จำนวนแผ่นสังกะสีซึ่งคำนวณจากวิธีที่ 1 มีค่าน้อยกว่าจำนวนแผ่นสังกะสีซึ่งคำนวณจากวิธีที่ 2 สาเหตุที่ทำให้ผลลัพธ์ของแผ่นสังกะสีเบอร์ 24 และ เบอร์ 22 แตกต่างจากแผ่นสังกะสีเบอร์ 26 เนื่องจากแผ่นสังกะสีเบอร์ 24 มีจำนวนของข้อต่อเปลี่ยนขนาด (Transition) รวมถึงจำนวนของท่อโค้ง และท่อแยก (Elbow & Branch) เป็นจำนวนมาก โดยในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้ใช้ค่าอัตราส่วนของผลต่างด้านกว้าง ($W_1 - W_2$) หรือ ผลต่างด้านลึก ($D_1 - D_2$) ต่อ ความยาวของข้อต่อความยาวของข้อต่อเปลี่ยนขนาดมีค่าเท่ากับ 1 : 4 ตามมาตราฐานของ SMACNA สำหรับการคำนวณหาพื้นที่ในส่วนของท่อโค้งและท่อแยก (สมการ (3.36), (3.37), (3.38) และ (3.39)) โปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้กำหนดค่าความยาวรัศมี (R) ของท่อโค้ง มีค่าเท่ากับ 1.5 เท่าของความยาวด้านกว้างของท่อลม (W) โดยวัดจากจุดศูนย์กลางของท่อโค้งไปยังเส้นกึ่งกลางระหว่างรัศมีวงในและรัศมีวงนอกของท่อโค้ง ดังรูป 3.17 ตามมาตราฐานของ SMACNA ซึ่งในการทำข้อต่อเปลี่ยนขนาด (Transition) หรือท่อโค้งและท่อแยก (Elbow&Branch) ในหน้างานจริง ช่างสังกะสีจะสร้างแผ่นคลี่และตัดสังกะสีในส่วนนี้ตามเศษสังกะสีและจำนวนแผ่นสังกะสีที่เหลืออยู่จากการทำท่อลมตรง จึงทำให้ค่าอัตราส่วนของข้อต่อเปลี่ยนขนาด และ ค่าความยาวรัศมีของท่อโค้งและท่อแยกมีค่าน้อยกว่าค่าอัตราส่วนตามมาตราฐานของ

SMACNA ซึ่งค่าความยาวรัศมีที่ช่างสังกะสีใช้ในการสร้างแผ่นคลี่ของท่อโค้งและท่อแยก โดยวัดจากจุดศูนย์กลางของท่อโค้งไปยังรัศมีวงในของท่อโค้งมักจะใช้ประมาณ 12 นิ้ว หรือ 1 ฟุต ข้อสังเกตุอีกประการหนึ่งสำหรับในกรณีนี้ก็คือ ในบางครั้งการสร้างท่อโค้งและท่อแยก หรือข้อต่อเปลี่ยนขนาด ให้เป็นไปตามมาตราฐานของ SMACNA ในสภาพหน้างานอริงอาจจะกระทำไม่ได้ เนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องของสถานที่ติดตั้งท่อลม ดังนั้น ช่างทำท่อลมจึงต้องลดขนาดรัศมีความโค้งลงให้มีค่าน้อยกว่าเดิม

สำหรับแผ่นสังกะสีเบอร์ 22 แม้ว่าจำนวนข้อมูลในส่วนของท่อโค้งและท่อแยกจะมีจำนวนน้อย แต่เนื่องจากเป็นท่อโค้งและท่อแยกขนาดใหญ่ จึงมีผลทำให้ความยาวรัศมี (R) ซึ่งใช้เป็นตัวแปรในการหาพื้นที่ของท่อโค้งและท่อแยก มีค่ามากกว่าค่าความยาวรัศมีที่ใช้ในหน้างานอริงหลายเท่าตัวและอีกเหตุผลหนึ่ง คือ ในส่วนของท่อลมตรงจะมีเศษสังกะสีที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการสร้างแผ่นคลี่ของข้อต่อเปลี่ยนขนาดหรือท่อโค้งและท่อแยกได้ เศษสังกะสีที่เหลือในส่วนนี้เกิดขึ้นเนื่องจากความไม่ลงตัวของข้อมูลขนาดท่อลมที่ต้องใช้แผ่นสังกะสีเบอร์ 22 และการสร้างแผ่นคลี่ของโปรแกรมคอมพิวเตอร์มีความจำเป็นต้องแยกการคำนวณออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่หนึ่ง คือ ส่วนของท่อลมตรง (Straight Duct) และส่วนที่สอง คือ ส่วนของข้อต่อเปลี่ยนขนาด (Transition), ข้อต่อเปลี่ยนรูป (Transformer), คอหัวจ่ายลม (Booting)ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะของข้อมูลและการสร้างแผ่นคลี่ของทั้งสองส่วนมีความแตกต่างกันโดยสิ้นเชิง รวมถึงการแบ่งส่วนข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณเพื่อให้สามารถป้อนจำนวนข้อมูลได้มากขึ้น ตลอดจนประโยชน์ในการแบ่งเนื้องานออกเป็นสองส่วนเพื่อลดเวลาและขจัดความสับสนในการสร้างแผ่นคลี่และการตัดสังกะสีเพื่อทำท่อลมในหน้างานอริง

จากการวิเคราะห์บ้างต้น สามารถแสดงผลทางด้านตัวเลขโดยแยกการเปรียบเทียบผลของจำนวนแผ่นสังกะสีซึ่งคำนวณโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ออกเป็น 2 ส่วน คือ จำนวนแผ่นสังกะสีที่ใช้สำหรับท่อลมตรงเพียงอย่างเดียว และ จำนวนแผ่นทั้งหมดที่ใช้ในตัวอย่างระบบท่อลมที่ 1 (คือ จำนวนแผ่นสังกะสีซึ่งเป็นผลรวมของท่อลมตรง, ข้อต่อเปลี่ยนขนาด, ข้อต่อเปลี่ยนรูป, คอหัวจ่ายลม, ท่อโค้งและท่อแยก) โดยเปรียบเทียบจากจำนวนแผ่นสังกะสีทางอินตภาพ (N_t) และ จำนวนแผ่นสังกะสีที่คำนวณจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (N_{Act}) ของทั้งสองกรณี ดังรายละเอียดในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 การวิเคราะห์ผลลัพธ์จากตารางที่ 4.7 โดยแยกการเปรียบเทียบออกเป็น 2 ส่วน คือ จำนวนแผ่นสังกะสีที่ใช้สำหรับท่อลมตรงเพียงอย่างเดียว และจำนวนแผ่นสังกะสีทั้งหมดที่ใช้ สำหรับตัวอย่างระบบท่อลมที่ 1

เบอร์สังกะสี	จำนวนแผ่นสังกะสีที่ใช้สำหรับท่อตรง			จำนวนแผ่นสังกะสีทั้งหมดที่ใช้		
	N_t	N_{Act}	$(\frac{N_{Act} - N_t}{N_t})\%$	N_t	N_{Act}	$(\frac{N_{Act} - N_t}{N_t})\%$
เบอร์ 26	66 แผ่น	72 แผ่น	9.1 %	75 แผ่น	89 แผ่น	18.7 %
เบอร์ 24	76 แผ่น	78 แผ่น	2.6 %	88 แผ่น	121 แผ่น	37.5 %
เบอร์ 22	58 แผ่น	70 แผ่น	20.6 %	63 แผ่น	94 แผ่น	49.2 %

หมายเหตุ : จำนวนแผ่นสังกะสีทางอินตภาพ (N_t) ที่ใช้สำหรับท่อลมตรง เป็นผลลัพธ์ที่ได้มาจากการคำนวณของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยใช้สมการ (2.15) ที่กล่าวไว้ในบทที่ 2

จากตารางที่ 4.8 จะเห็นได้ว่าจำนวนแผ่นสังกะสีที่ใช้ในส่วนของท่อลมตรงซึ่งคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ จะมีค่าเข้าใกล้จำนวนแผ่นสังกะสีทางอินตภาพของท่อลมตรง ดังจะเห็นได้จากในแผ่นสังกะสีเบอร์ 26 และ เบอร์ 24 จะมีจำนวนแผ่นสังกะสีที่คำนวณโดยโปรแกรมสำหรับท่อลมตรงมากกว่าจำนวนแผ่นสังกะสีทางอินตภาพของท่อลมตรง คิดเป็นเปอร์เซนต์เท่ากับ 9.1% และ 2.6% ตามลำดับ สำหรับแผ่นสังกะสีเบอร์ 22 ซึ่งค่อนข้างจะมีจำนวนแผ่นสังกะสีที่คำนวณโดยใช้โปรแกรมสำหรับท่อลมตรง มีค่ามากกว่าจำนวนแผ่นสังกะสีทางอินตภาพของท่อลมตรงค่อนข้างมาก สาเหตุเนื่องมาจากความไม่ลงตัวของข้อมูลขนาดท่อลมตรงในส่วนของค่าความยาวด้านกว้าง (W) และด้านลึก (D) อาทิเช่น ท่อลมขนาด 48" x 24" เป็นท่อลมชนิด 4 ฉุดต่อ (4 joint) จึงมีขนาดของแผ่นคลี่เมื่อรวมค่าความยาวตะเข็บข้าง (S_1 และ S_2) เท่ากับ 49.5 นิ้ว และ 25.5 นิ้ว ตามลำดับ ซึ่งในส่วนของขนาดแผ่นคลี่ 49.5 นิ้ว เมื่อนำไปตัดบนแผ่นสังกะสีจะทำให้เหลือเศษสังกะสีในด้านความยาว 8 ฟุต (96 นิ้ว) เท่ากับ 47.5 นิ้ว ซึ่งทำให้ไม่สามารถตัดแผ่นคลี่ท่อลมขนาดเดิมได้ เป็นต้น จากสาเหตุดังกล่าว จึงทำให้ค่าเปอร์เซนต์เปรียบเทียบที่ได้มีค่าแตกต่างจากค่าของแผ่นสังกะสีเบอร์ 26 และ แผ่นสังกะสีเบอร์ 24

สำหรับจำนวนแผ่นสังกะสีทั้งหมดซึ่งคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์มีค่ามากกว่าจำนวนแผ่นสังกะสีทางอินตภาพของระบบท่อลมทั้งหมด และมากกว่าจำนวนแผ่นสังกะสีทั้งหมดซึ่งคำนวณโดยวิธีที่ใช้ในปัจจุบัน ตามผลสรุปในตารางที่ 4.7 สาเหตุและเหตุผลต่าง ๆ ได้กล่าวไว้โดยละเอียดในการวิเคราะห์บ้างต้น สำหรับรูปแบบแผ่นคลี่ของตัวอย่างระบบท่อลมที่ 1 ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ง

ตัวอย่างระบบท่อลมที่ 2

ตัวอย่างระบบท่อลมในหัวข้อนี้ ผู้วิจัยได้นำแบบแปลนระบบท่อลมของร้านอาหารแห่งหนึ่ง ซึ่งมีการเสนอราคา และคำนวณหาจำนวนแผ่นสังกะสีที่ใช้สำหรับงานระบบท่อลมโดยวิศวกรผู้รับเหมา ทำการประเมินด้วยตนเอง และ นำผลสรุปของจำนวนแผ่นสังกะสีที่เสนอมาไปใช้ในการสร้างระบบท่อลมจริง ดังนั้น ผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินผลของตัวอย่างระบบท่อลมนี้ จึงสามารถใช้เป็นเหตุผลสนับสนุนประโยชน์ที่พึงได้รับจากการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้ ในการนำไปใช้ทำระบบท่อลมจริง

จากแบบแปลนของตัวอย่างระบบท่อลมที่ 2 จะเห็นได้ว่า ลักษณะพิเศษของตัวอย่างระบบท่อลมที่ 2 ซึ่งแตกต่างจากตัวอย่างระบบท่อลมที่ 1 คือ มีท่อลมส่วนใหญ่เป็นท่อโค้งและท่อแยก และมีลักษณะของหัวจ่ายลมแบบแถบยาว (Slot Diffuser) รวมทั้งมีการเลือกเบอร์สังกะสีตามมาตราฐานของ ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers) ซึ่งแตกต่างจากการเลือกเบอร์สังกะสีตามมาตราฐานของ SMACNA โดยในโปรแกรมได้เพิ่มเติมลักษณะเฉพาะในส่วนนี้ไว้โดยผู้ใช้สามารถใช้หลักเกณฑ์ หรือ มาตราฐานอื่น ๆ ที่ใช้ในการกำหนดเบอร์สังกะสีได้

ตารางที่ 4.9 เกณฑ์ที่ใช้ในการเลือกเบอร์สังกะสีสำหรับตัวอย่างระบบท่อลมที่ 2

ช่วงความยาวที่ใช้ในการเลือกเบอร์สังกะสี สำหรับด้านที่กว้างที่สุดของท่อลม (นิ้ว)	เบอร์สังกะสีที่ใช้ (Gage)
1" - 12"	เบอร์ 26
13" - 30"	เบอร์ 24
31" - 54"	เบอร์ 22
55" - 84"	เบอร์ 20
85" - 96"	เบอร์ 18
96" ขึ้นไป	เบอร์ 16

ตารางที่ 4.10 จำนวนแผ่นสังกะสีทั้งหมดที่ผู้รับเหมาเสนอมา เพื่อใช้สำหรับตัวอย่างระบบท่อลมที่ 2

เบอร์สังกะสีที่ใช้	จำนวนแผ่นสังกะสีที่ใช้
เบอร์ 26	47 แผ่น
เบอร์ 24	118 แผ่น
เบอร์ 22	128 แผ่น
เบอร์ 20	22 แผ่น

ขั้นตอนต่อไปจะแสดงถึงลักษณะข้อมูลของชิ้นส่วนระบบท่อลมต่าง ๆ ที่จะนำไปใช้ในการคำนวณหารูปแบบแผ่นคลี่ของชิ้นส่วนท่อลม และ จำนวนแผ่นสังกะสีที่ใช้จริงของท่อลมในตัวอย่างระบบท่อลมที่ 2 โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการคำนวณและนำผลลัพธ์ที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลของจำนวนแผ่นสังกะสีในตารางที่ 4.10

1. รายละเอียดของข้อมูลในตัวอย่างระบบท่อลมที่ 2 ในส่วนของท่อลมตรงทั้งหมดที่ใช้ในการคำนวณหารูปแบบแผ่นคลี่ และ จำนวนแผ่นสังกะสีที่ใช้จริง โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ มีดังนี้

ตารางที่ 4.11 รายละเอียดของข้อมูลท่อลมตรงจากตัวอย่างระบบท่อลมที่ 2

ขนาดท่อลม (in x in)	ความยาวท่อลม (M)
8 x 8	1
10 x 6	0.5
10 x 8	0.3, 0.65, 0.4, 0.4
12 x 8	0.4, 1.8, 0.3, 0.2, 0.2, 0.2, 0.2
12 x 10	0.8, 0.3, 1, 0.4, 0.7, 1.4, 0.45, 0.6, 0.6, 0.8, 0.25, 0.25, 0.8, 4

ขนาดท่อลม (in x in)	ความยาวท่อลม (M)
14 x 12	0.6, 0.3, 0.7, 0.6, 0.6
16 x 12	2.15, 1.4, 0.2, 0.4, 0.8
16 x 14	0.3
16 x 16	1
18 x 12	1.3, 4.1, 0.6
18 x 14	0.5
20 x 14	0.8
20 x 16	1, 3.4, 3.2, 1
20 x 20	0.65, 1.8, 0.9, 0.8
22 x 14	3.6, 0.4, 0.9
24 x 12	2.2, 2.75
24 x 14	1.2
24 x 22	0.3
28 x 14	1.5
32 x 14	1.8, 1.2, 0.6, 0.4
32 x 24	3.8, 3.4, 2, 1.15
34 x 14	1.6
34 x 20	1.6, 2.5
38 x 14	1.4
40 x 18	5.2
44 x 28	2.6
46 x 14	2.1

บนาดท่อลม (in x in)	ความยาวท่อลม (M)
48 x 14	1.65, 1.2, 0.7, 0.6

หลักเกณฑ์ในการเลือกเบอร์สังกะสีเป็นไปตามตารางที่ 4.9 สำหรับรูปแบบของตะเข็บที่ใช้ในตัวอย่างระบบท่อลมที่ 2 คือ แบบ Pittburgh เป็นตะเข็บข้าง (Longituditional Seam) ที่นิยมใช้ในการทำท่อลม มีค่าความยาวของตะเข็บข้างทั้งสองด้าน $S_1 = \frac{3}{16}$ นิ้ว, $S_2 = 1\frac{5}{16}$ นิ้ว และสำหรับรูปแบบตะเข็บปลาย (Transverse Seam) จะใช้แบบ Drive Cleat สำหรับท่อลมที่มีค่าความยาวด้านกว้างของท่อลม (W) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 30 นิ้ว ซึ่งมีค่าความยาวของตะเข็บทั้งสองด้าน $S_3 = \frac{1}{2}$ นิ้ว, $S_4 = \frac{1}{2}$ นิ้ว และ ใช้แบบ Angle Slip สำหรับท่อลมที่มีค่าความยาวด้านกว้างของท่อลม (W) มากกว่า 30 นิ้ว ซึ่งมีค่าความยาวของตะเข็บทั้งสองด้าน $S_3 = 1$ นิ้ว, $S_4 = 1$ นิ้ว

2. รายละเอียดของข้อมูลตัวอย่างระบบท่อลมที่ 2 ในส่วนของข้อต่อเปลี่ยนขนาดที่ใช้ในการคำนวณหารูปแบบแผ่นคลี่ และ จำนวนแผ่นสังกะสีที่ใช้จริง โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำหรับการเลือกชนิดของข้อต่อเปลี่ยนขนาด ผู้ใช้จะเลือกตามแบบของระบบท่อลม มีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4.12 รายละเอียดของข้อมูลข้อต่อเปลี่ยนขนาดจากตัวอย่างระบบท่อลมที่ 2

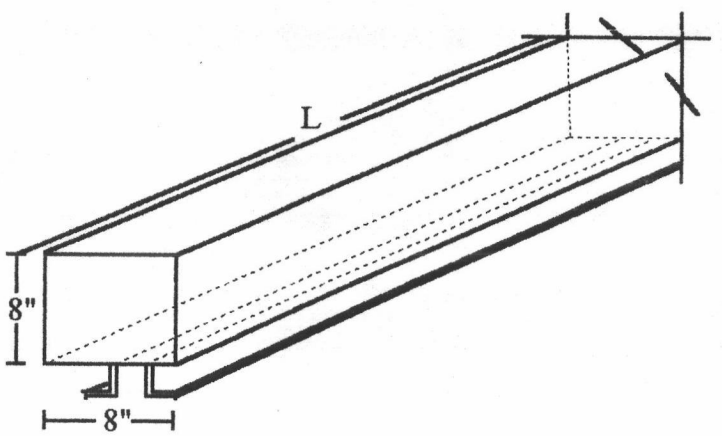
ชนิดของข้อต่อเปลี่ยนขนาด (Type of Transition Joint)	W_1 x D_1 (in x in)	W_2 x D_2 (in x in)
1. ชนิดมีด้านตรง 1 ด้านแบบ F.O.B	32 x 14	20 x 20
	32 x 14	20 x 20
	40 x 18	28 x 14

หลักเกณฑ์ในการเลือกเบอร์สังกะสีเป็นไปตามตารางที่ 4.9 ซึ่งได้กำหนดหลักเกณฑ์ดังกล่าวไว้ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำหรับรูปแบบของตะเข็บที่ใช้ในตัวอย่างระบบท่อลมที่ 2 คือ

แบบ Pittburgh ซึ่งเป็นตะเข็บข้าง (Longituditional Seam) ที่นิยมใช้ในการทำท่อลม มีค่าความยาวของตะเข็บข้างทั้งสองด้าน $S_1 = \frac{3}{16}$ นิ้ว, $S_2 = 1\frac{5}{16}$ นิ้ว และ สำหรับรูปแบบตะเข็บปลาย (Transverse Seam) จะใช้แบบ Drive Cleat สำหรับท่อลมที่มีค่าความยาวด้านกว้างของท่อลม (W) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 30 นิ้ว ซึ่งมีค่าความยาวของตะเข็บทั้งสองด้าน $S_3 = \frac{1}{2}$ นิ้ว, $S_4 = \frac{1}{2}$ นิ้ว และ ใช้แบบ Angle Slip สำหรับท่อลมที่มีค่าความยาวด้านกว้างของท่อลม (W) มากกว่า 30 นิ้ว ซึ่งมีค่าความยาวของตะเข็บทั้งสองด้าน $S_3 = 1$ นิ้ว, $S_4 = 1$ นิ้ว

3. รายละเอียดของข้อมูลในตัวอย่างระบบท่อลมที่ 2 ในส่วนของคอหัวจ่ายลมที่ใช้คำนวณหารูปแบบแผ่นคลี่ และ จำนวนแผ่นสังกะสีที่ใช้จริง โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำหรับชนิดของคอหัวจ่ายลมในตัวอย่างระบบท่อลมนี้ มี 2 ชนิด คือ คอหัวจ่ายลมแบบแถบยาว (Slot Diffuser) และ คอหัวจ่ายลมแบบเปลี่ยนจากหน้าตัดสี่เหลี่ยมเป็นวงกลม (Rectangular to Round Booting)

สำหรับคอหัวจ่ายลมแบบแถบยาว ผู้วิจัยได้วัดความยาวของคอหัวจ่ายจากแบบท่อลมโดยตรง และ ใช้แผ่นสังกะสีเบอร์ 26 เนื่องจากจะใช้ค่าความกว้าง และ ความสูงของคอหัวจ่ายลมบนาด 8 x 8 นิ้ว ซึ่งเป็นค่าที่ช่างทำท่อลมใช้ในการทำคอหัวจ่ายลมชนิดนี้ จากการคำนวณหาจำนวนแผ่นสังกะสีเบอร์ 26 ที่ใช้สำหรับการทำคอหัวจ่ายลมชนิดแถบยาว โดยใช้สูตรการคำนวณหาพื้นที่ของกล่องสี่เหลี่ยม จะได้จำนวนแผ่นสังกะสีเบอร์ 26 ที่ใช้มีค่าเท่ากับ 15 แผ่น



รูปที่ 4.1 ลักษณะของคอหัวจ่ายลมแบบแถบยาว (Slot Diffuser)

สำหรับชนิดของคอหัวจ่ายลมแบบเปลี่ยนจากหน้าตัดสี่เหลี่ยมเป็นวงกลมที่ใช้ในตัวอย่างนี้เป็นคอหัวจ่ายลมขนาดเล็ก จึงเลือกใช้คอหัวจ่ายลมชนิดที่มีแผ่นคลี่ 2 ส่วน มีรายละเอียดของข้อมูลขนาดคอหัวจ่ายลมแสดงไว้ตามตารางที่ 4.13 ดังนี้

ตารางที่ 4.13 รายละเอียดของข้อมูลคอหัวจ่ายลมจากตัวอย่างระบบท่อลมที่ 2

ชนิดของคอหัวจ่ายลม (Type of Booting)	L (in)	W (in)	H (in)	R (in)
1. Square to Round	8	8	12	4
2. Rectangular to Round	10	6	12	5
	10	8	12	5
	10	8	12	5
	10	8	12	5
	10	8	12	5
	10	8	12	5
	10	8	12	5
	12	8	12	5
	12	8	12	5
	12	8	12	5
	12	8	12	5
	12	8	12	5
	12	8	12	5
	12	8	12	5
	12	8	12	5
	12	8	12	5
	12	8	12	5

ชนิดของคอหัวจ่ายลม (Type of Booting)	L (in)	W (in)	H (in)	R (in)
2. Rectangular to Round	12	8	12	5
	12	8	12	5
	12	8	12	5
	12	8	12	5
	12	8	12	5
	12	8	12	5
	12	8	12	5
	12	8	12	5
	12	10	12	5
	12	10	12	5
	12	10	12	5
	12	10	12	5
	12	10	12	5
	12	10	12	5
	12	10	12	5
	12	10	12	5
	12	10	12	5
	12	10	12	5
	12	10	12	5
	12	10	12	5
	12	10	12	5
	12	10	12	5
	12	10	12	5

ชนิดของคอหัวจ่ายลม (Type of Booting)	L (in)	W (in)	H (in)	R (in)
2. Rectangular to Round	12	10	12	5
	12	10	12	5
	12	10	12	5
	12	10	12	5
	12	10	12	5
	12	10	12	5

หลักเกณฑ์ในการเลือกเบอร์สังกะสีเป็นไปตามตารางที่ 4.9 สำหรับรูปแบบตะเข็บของคอหัวจ่ายลมที่ใช้ในตัวอย่างระบบท่อลมที่ 2 คือ ใช้ตะเข็บแบบ Rivet Lap เป็นทั้งตะเข็บข้าง (Longituditional Seam) และ ตะเข็บปลาย (Transverse Seam) ซึ่งมีค่าความยาวของตะเข็บ $S_1 = S_2 = \frac{1}{4}$ นิ้ว, $S_3 = \frac{3}{16}$ นิ้ว, $S_4 = \frac{1}{2}$ นิ้ว และ สำหรับค่าความหนาของ Collar มีค่าเท่ากับ 2 นิ้ว ตามลักษณะการทำคอหัวจ่ายลมโดยทั่วไป

รายละเอียดต่าง ๆ ของข้อมูลในตัวอย่างระบบท่อลมที่ 2 ที่กล่าวมาข้างต้น เป็นข้อมูลซึ่งโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะนำไปประมวลผลโดยแบ่งการคำนวณออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของท่อลมตรง และส่วนของข้อต่อเปลี่ยนขนาด (Transition), ข้อต่อเปลี่ยนรูป (Transformer) และ คอหัวจ่ายลม (Booting) จากนั้นโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะแสดงรูปแบบแผ่นคลี่ของชิ้นส่วนท่อลมต่าง ๆ ลงบนแผ่นสังกะสีจำลองทางจอภาพ และผู้ใช้สามารถพิมพ์ผลลัพธ์ดังกล่าวออกมาทางเครื่องพิมพ์ ซึ่งมาตราส่วนของรูปแบบแผ่นคลี่จำลองที่ได้ต่อรูปแบบแผ่นคลี่จริง คือ 1 เซนติเมตร ต่อ 6 นิ้ว และในผลลัพธ์ดังกล่าวได้บอกถึงขนาดความยาวต่าง ๆ ที่จำเป็นในการนำไปสร้างแผ่นคลี่ลงบนแผ่นสังกะสีจริง เพื่ออำนวยความสะดวกในการสร้างท่อลม

4. รายละเอียดของข้อมูลตัวอย่างระบบท่อลมที่ 2 ในส่วนของท่อโค้งและท่อแยกที่ใช้ในการคำนวณหาจำนวนแผ่นสังกะสีที่ใช้จริง ซึ่งคำนวณโดยใช้สมการ (3.36), (3.37), (3.38), (3.39) ซึ่งเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ มีรายละเอียดของข้อมูล ดังนี้

ตารางที่ 4.14 รายละเอียดของข้อมูลท่อโค้งและท่อแยกจากตัวอย่างระบบท่อลมที่ 2

ชนิดของท่อโค้งและท่อแยก (Type of Elbow&Branch)	W_1 (in)	W_2 (in)	W_3 (in)	W_4 (in)	D (in)
1. 90 Elbow	10	-	-	-	8
	10	-	-	-	8
	12	-	-	-	8
	12	-	-	-	8
	12	-	-	-	10
	12	-	-	-	10
	12	-	-	-	10
	12	-	-	-	10
	12	-	-	-	10
	12	-	-	-	10
	12	-	-	-	10
	12	-	-	-	10
	18	-	-	-	12
	20	-	-	-	20
	24	-	-	-	12
	32	-	-	-	24
	34	-	-	-	20
	48	-	-	-	14
2. Tee Diverging Branch	12	10	10	-	10
	12	10	10	-	10
	12	10	12	-	10

ชนิดของท่อโค้งและท่อแยก (Type of Elbow&Branch)	W_1 (in)	W_2 (in)	W_3 (in)	W_4 (in)	D (in)
2. Tee Diverging Branch	14	12	12	-	12
	14	12	12	-	12
	14	12	12	-	12
	14	12	12	-	12
	14	12	12	-	12
	14	12	10	-	12
	16	12	12	-	12
	16	12	12	-	12
	16	12	12	-	12
	16	14	12	-	14
	16	12	14	-	12
	16	12	14	-	12
	16	14	10	-	14
	16	12	12	-	12
	16	12	12	-	12
	16	12	12	-	12
	16	12	12	-	12
	18	14	12	-	12
	18	12	14	-	12
	20	18	12	-	14
	32	18	24	-	14
	32	34	16	-	24

ชนิดของท่อโค้งและท่อแยก (Type of Elbow&Branch)	W_1 (in)	W_2 (in)	W_3 (in)	W_4 (in)	D (in)
2. Tee Diverging Branch	38	34	12	-	14
	32	24	48	-	24
	46	38	16	-	14
	48	46	12	-	14
	48	48	16	-	14
	48	48	8	-	14
3. Wye Dovetail Branch	16	12	12	-	12
	18	16	12	-	14
	22	12	16	-	14
	22	16	16	-	14
	22	16	16	-	14
	24	16	16	-	14
	34	20	16	-	14
4. Three Ways Branch	34	22	22	22	20

หลักเกณฑ์ในการเลือกเบอร์สังกะสีเป็นไปตามตารางที่ 4.9 สำหรับรูปแบบของตะเข็บที่ใช้ในตัวอย่างระบบท่อลมที่ 2 คือ แบบ Pittburgh เป็นตะเข็บข้าง (Longituditional Seam) ที่นิยมใช้ในการทำท่อลม มีค่าความยาวของตะเข็บข้างทั้งสองด้าน $S_1 = \frac{3}{16}$ นิ้ว, $S_2 = 1\frac{5}{16}$ นิ้ว และสำหรับรูปแบบตะเข็บปลาย (Transverse Seam) จะใช้แบบ Drive Cleat สำหรับท่อลมที่มีค่าความยาวด้านกว้างของท่อลม (W) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 30 นิ้ว จะมีค่าความยาวของตะเข็บทั้งสองด้าน $S_3 = \frac{1}{2}$ นิ้ว, $S_4 = \frac{1}{2}$ นิ้ว และ ใช้แบบ Angle Slip สำหรับท่อลมที่มีค่าความยาวด้านกว้างของท่อลม (W) มากกว่า 30 นิ้ว จะมีค่าความยาวของตะเข็บทั้งสองด้าน $S_3 = 1$ นิ้ว, $S_4 = 1$ นิ้ว โดยรูปแบบตะเข็บทั้งสองเป็นชนิดที่นิยมใช้ในการทำท่อลมจริง

ป้อนข้อมูลของท่อโค้งและท่อแยกลงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อคำนวณหาจำนวนแผ่นสังกะสีสำหรับท่อโค้งและท่อแยกในตัวอย่างระบบท่อลมที่ 2 ซึ่งสมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการคำนวณของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ คือ สมการ (3.36), (3.37), (3.38) และ (3.39) ผลลัพธ์ที่ได้ คือ จำนวนแผ่นสังกะสีเบอร์ 26 = 6 แผ่น, จำนวนแผ่นสังกะสี เบอร์ 24 = 29 แผ่น, จำนวนแผ่นสังกะสีเบอร์ 22 = 39 แผ่น

การคำนวณหาจำนวนแผ่นสังกะสีที่ใช้สำหรับกล่องอากาศ (Air Plenum) ผู้รับเหมาได้เลือกใช้แผ่นสังกะสีเบอร์ 20 ในการทำท่อลมส่วนนี้ และ จำนวนแผ่นสังกะสีที่ใช้สำหรับกล่องอากาศมีค่าเท่ากับ 22 แผ่น ทางผู้วิจัยได้ทำการวัดขนาดของกล่องอากาศตามแบบท่อลม และคำนวณหาจำนวนแผ่นสังกะสีที่ใช้โดยใช้วิธีเดียวกัน ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้มีค่าเท่ากับ 22 แผ่น เช่นกัน

<u>การเปรียบเทียบและการวิเคราะห์ผลลัพธ์จากตัวอย่างระบบท่อลมที่ 2</u>

จากการประมวลผลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของตัวอย่างระบบท่อลมที่ 2 ซึ่งได้แสดงผลลัพธ์ของรูปแบบแผ่นคลี่ท่อลมและจำนวนแผ่นสังกะสีที่ใช้ ไว้ในส่วนท้ายของตัวอย่างระบบท่อลมนี้ โดยจำแนกผลลัพธ์ดังกล่าวตามเบอร์สังกะสีและลักษณะของชิ้นส่วนท่อลม ดังนั้น จำนวนแผ่นสังกะสีทั้งหมดที่ใช้ในตัวอย่างระบบท่อลมที่ 2 ซึ่งคำนวณโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ มีผลสรุปดังนี้

ตารางที่ 4.15 จำนวนแผ่นสังกะสีทั้งหมดที่ใช้ในตัวอย่างระบบท่อลมที่ 2 ซึ่งคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

ลักษณะของชิ้นส่วนท่อลม	เบอร์ 26	เบอร์ 24	เบอร์ 22	เบอร์ 20
1. ท่อลมตรง	8 แผ่น	32 แผ่น	43 แผ่น	-
2. ข้อต่อเปลี่ยนขนาด	-	-	3 แผ่น	-
3. คอหัวจ่ายลม				
- Slot Diffuser	15 แผ่น	-	-	-
- Rectangular to Round	7 แผ่น	-	-	-

ลักษณะของชิ้นส่วนท่อลม	เบอร์ 26	เบอร์ 24	เบอร์ 22	เบอร์ 20
4. ท่อโค้งและท่อแยก	6 แผ่น	29 แผ่น	39 แผ่น	-
5. Air Plenum	-	-	-	22 แผ่น
จำนวนแผ่นสังกะสีทั้งหมด	36 แผ่น	61 แผ่น	85 แผ่น	22 แผ่น

เมื่อนำผลลัพธ์จากตารางที่ 4.15 ซึ่งเป็นผลที่ได้จากการคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์มาเปรียบเทียบกับจำนวนแผ่นสังกะสีทั้งหมดที่ผู้รับเหมาเสนอมาตามตารางที่ 4.10 จะมีผลสรุปตามรายละเอียดในตารางที่ 4.16 ดังนี้

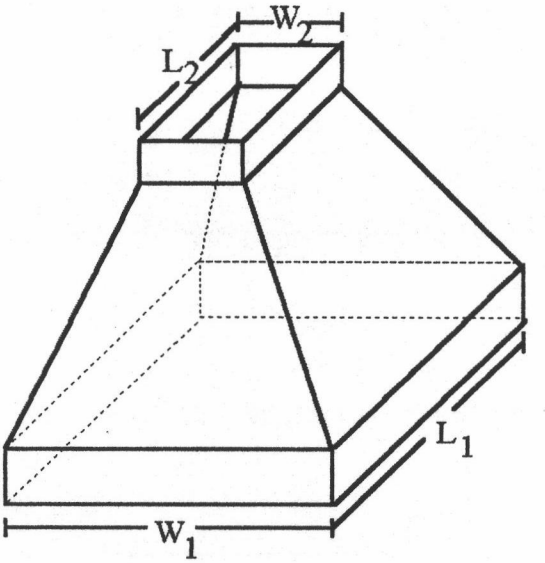
ตารางที่ 4.16 ผลการเปรียบเทียบระหว่างจำนวนแผ่นสังกะสีทั้งหมดที่ผู้รับเหมาเสนอมา กับ จำนวนแผ่นสังกะสีซึ่งคำนวณโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำหรับตัวอย่างระบบท่อลมที่ 2

ข้อมูล	เบอร์ 26	เบอร์ 24	เบอร์ 22	เบอร์ 20
1. จำนวนแผ่นสังกะสี ที่ผู้รับเหมาเสนอมา	47 แผ่น	118 แผ่น	128 แผ่น	22 แผ่น
2. จำนวนแผ่นสังกะสี ซึ่งคำนวณโดยใช้โปรแกรม	36 แผ่น	61 แผ่น	85 แผ่น	22 แผ่น
ผลต่างระหว่าง 1 และ 2	11 แผ่น	57 แผ่น	43 แผ่น	0 แผ่น

จากผลการเปรียบเทียบในตารางที่ 4.16 จะเห็นได้ว่าจำนวนแผ่นสังกะสีเบอร์ 26, เบอร์ 24 และ เบอร์ 22 ที่ผู้รับเหมาเสนอมาสำหรับใช้ในตัวอย่างระบบท่อลมนี้ มีค่ามากกว่าจำนวนแผ่นสังกะสีซึ่งคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์อยู่มาก ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะว่า ผู้รับเหมามีการเผื่อจำนวนแผ่นสังกะสีในส่วนที่เป็นท่อโค้งและท่อแยกมากเกินความจำเป็น รวมทั้งเผื่อจำนวนแผ่นสังกะสีสำหรับการตัดเสียค่อนข้างมาก จะเห็นได้ว่าในส่วนของแผ่นสังกะสีเบอร์ 24 และ เบอร์ 22 ซึ่งนำมาใช้ในการทำท่อโค้งและท่อแยก จะมีค่าความแตกต่างค่อนข้างมาก สำหรับรูปแบบแผ่นคลี่ท่อลมของตัวอย่างระบบท่อลมที่ 2 ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ง

ตัวอย่างระบบท่อลมที่ 3

ตัวอย่างระบบท่อลมในหัวข้อนี้ ผู้วิจัยได้ออกแบบระบบท่อลมที่ใช้ในห้องครัวของร้านอาหารโดยทั่วไป ซึ่งระบบท่อลมชนิดนี้มีลักษณะพิเศษ คือ จะมีหน้ากากดูดควัน (Hood) ที่ใช้สำหรับดูดควันที่เกิดจากการทำอาหาร ผ่านท่อลมไปทิ้งยังภายนอกอาคาร ซึ่งลักษณะแผ่นคลี่ของหน้ากากดูดควันจะมีลักษณะเหมือนกับแผ่นคลี่ของข้อต่อเปลี่ยนขนาดที่มีด้านทุกด้านเป็นด้านเอียง (Transition Joint with All Side Tapering) จะมีเพียงค่าความสูง (H) ของแผ่นคลี่ทั้งสองที่มีความแตกต่างกัน โดยค่าความสูงของแผ่นคลี่ข้อต่อเปลี่ยนขนาดจะถูกกำหนดโดยผลต่างของค่าความยาวด้านกว้าง (W_1 - W_2) หรือ ค่าความยาวด้านลึก (D_1 - D_2) ของท่อลม ซึ่งผู้ใช้ไม่สามารถกำหนดได้ด้วยตนเอง แต่สำหรับค่าความสูงของหน้ากากดูดควัน (H) ผู้ใช้สามารถกำหนดได้ตามความเหมาะสมกับลักษณะของงานที่จะนำไปใช้ รูปร่างลักษณะของหน้ากากดูดควัน (Hood) เป็นดังรูป 4.2



รูปที่ 4.2 ลักษณะของหน้ากากดูดควัน (Hood)

โดยทั่วไปวัสดุที่ช่างท่อลมใช้ในการขึ้นรูปทำหน้ากากดูดควัน คือ อลูมิเนียม หรือ สเตนเลสสตีล และ เลือกใช้เบอร์วัสดุที่มีความหนาค่อนข้างมาก เพราะลักษณะการใช้งานของหน้ากากดูดควันจะสัมผัสกับอากาศที่สกปรกซึ่งจะทำให้เกิดสนิมได้ง่าย และ การติดตั้งหน้ากากดูดควันจะติดตั้งใกล้กับท่อทางดูดของพัดลม จึงจำเป็นต้องใช้วัสดุที่ไม่เป็นสนิมและมีความหนาค่อนข้างมาก

สำหรับในตัวอย่างระบบท่อลมที่ 3 จะประยุกต์ใช้สังกะสีในการแสดงแผ่นคลี่ของหน้ากากดูดควัน และใช้หลักเกณฑ์ในการเลือกเบอร์สังกะสีตามตารางที่ 4.9 ในตัวอย่างระบบท่อลมที่ 2 เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการจัดกลุ่มเพื่อแสดงแผ่นคลี่ของระบบท่อลมทั้งหมดในตัวอย่างระบบท่อลมที่ 3

รายละเอียดต่าง ๆ ของข้อมูลในตัวอย่างระบบท่อลมที่ใช้ในการคำนวณหาจำนวนแผ่นสังกะสีของตัวอย่างระบบท่อลมที่ 3 โดยวิธีการคำนวณที่ใช้ในปัจจุบัน มีดังนี้

ตารางที่ 4.17 รายละเอียดของข้อมูลระบบท่อลมจากตัวอย่างระบบท่อลมที่ 3

เบอร์สังกะสี (Gage)	ขนาดท่อลม (in x in)	ความยาวท่อลม (M)	พื้นที่ของท่อลม (ft^2)
<u>เบอร์ 26</u>	10 x 10	3.8	42
<u>เบอร์ 24</u>	14 x 14	5.3	81
	18 x 14	3	53
	20 x 20	6	132
	24 x 14	9	187
	24 x 18	5.8	133
	24 x 20	16.4	395
<u>เบอร์ 22</u>	34 x 20	3.9	115
	40 x 20	15.1	496

จากตารางที่ 4.17 นำพื้นที่ที่คำนวณได้จากสมการ (4.1) มาคำนวณหาจำนวนแผ่นสังกะสีที่ใช้สำหรับตัวอย่างระบบท่อลมที่ 3 (ยกเว้นแผ่นสังกะสีที่ใช้ทำหน้ากากดูดลม) โดยการหารด้วยพื้นที่ของแผ่นสังกะสีหนึ่งแผ่นซึ่งมีค่าเท่ากับ 32 ตารางฟุต ผลลัพธ์ของจำนวนแผ่นสังกะสีทางอินดภาพที่ได้ คือ เบอร์ 26 = 2 แผ่น, เบอร์24 = 31 แผ่น, เบอร์ 22 = 19 แผ่น สำหรับรายละเอียดของข้อมูลหน้ากากดูดควันในตัวอย่างระบบท่อลมที่ 3 แสดงไว้ในตารางที่ 4.18 ดังนี้

ตารางที่ 4.18 รายละเอียดของข้อมูลหน้ากากดูดควันจากตัวอย่างระบบท่อลมที่ 3

เบอร์สังกะสี (Gage)	W_1 (in)	L_1 (in)	W_2 (in)	L_2 (in)	H (in)
<u>เบอร์ 22</u>	34	40	10	10	36
	34	40	10	10	36
	40	40	14	14	36
	40	52	20	20	36
	40	52	20	20	36
	40	52	20	20	36
	40	52	20	20	36

การคำนวณหาพื้นที่ของหน้ากากดูดควัน (Hood) จะใช้สูตรพื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้าในการหาพื้นที่ของแผ่นคลี่ทั้งสี่ด้าน โดยใช้ความกว้าง (W_1), ความยาว (L_1) และความสูง (H) เป็นตัวแปรในสมการคำนวณหาพื้นที่ มีรายละเอียดการคำนวณดังนี้

พื้นที่ทางอินตภาพของหน้ากากดูดควันทั้งหมด $= 2 \times 2(34+40) \times 36 + 2(40+40) \times 36$

$+4 \times 2(40+52) \times 36$

$= 42912$ ตารางนิ้ว

คิดเป็นจำนวนแผ่นสังกะสี $= 9.31$ แผ่น ≈ 10 แผ่น

ผลรวมของจำนวนแผ่นสังกะสีทางอินตภาพที่ได้จากตารางที่ 4.17 และ จำนวนแผ่นสังกะสีทางอินตภาพของหน้ากากดูดควัน ซึ่งคำนวณโดยวิธีที่ใช้ในปัจจุบัน และใช้เกณฑ์การเลือกเบอร์สังกะสีเช่นเดียวกับตัวอย่างระบบท่อลมที่ 2 ดังนั้น เบอร์สังกะสีที่ใช้สำหรับหน้ากากดูดควันในตัวอย่างนี้ คือ แผ่นสังกะสีเบอร์ 22 ผลรวมของจำนวนแผ่นสังกะสีทางอินตภาพแสดงไว้ในตารางที่ 4.19 ดังนี้

ตารางที่ 4.19 จำนวนแผ่นสังกะสีทางอินตภาพทั้งหมดที่ใช้ในตัวอย่างระบบท่อลมที่ 3

เบอร์สังกะสีที่ใช้	จำนวนแผ่นสังกะสีที่ใช้
เบอร์ 26	2 แผ่น
เบอร์ 24	31 แผ่น
เบอร์ 22	29 แผ่น

และ เมื่อนำผลลัพธ์จำนวนแผ่นสังกะสีทางอินตภาพในตารางที่ 4.19 มาคำนวณหาจำนวนแผ่นสังกะสีที่ใช้จริง โดยการประมาณเพิ่มจากจำนวนแผ่นสังกะสีทางอินตภาพ เพื่อเผื่อจำนวนแผ่นแผ่นสังกะสีสำหรับการตัดเสีย และอื่น ๆ คิดเป็นเปอร์เซนต์เท่ากับ 27 % ผลลัพธ์ที่ได้ คือ สังกะสีเบอร์ 26 = 3 แผ่น, เบอร์ 24 = 39 แผ่น และ เบอร์ 22 = 37 แผ่น

ขั้นตอนต่อไปจะแสดงถึงลักษณะข้อมูลของชิ้นส่วนระบบท่อลมต่าง ๆ ที่จะนำไปใช้ในการคำนวณหารูปแบบแผ่นคลี่ของชิ้นส่วนท่อลม และ จำนวนแผ่นสังกะสีที่ใช้จริงของท่อลมในตัวอย่างระบบท่อลมที่ 3 โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการคำนวณและนำผลลัพธ์ที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลของจำนวนแผ่นสังกะสีทางอินตภาพในตารางที่ 4.19

1. รายละเอียดของข้อมูลในตัวอย่างระบบท่อลมที่ 3 ในส่วนของท่อลมตรงทั้งหมดที่ใช้ในการคำนวณหารูปแบบแผ่นคลี่ และ จำนวนแผ่นสังกะสีที่ใช้จริง โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ มีดังนี้

ตารางที่ 4.20 รายละเอียดของข้อมูลท่อลมตรงจากตัวอย่างระบบท่อลมที่ 3

ขนาดท่อลม (in x in)	ความยาวท่อลม (M)
10 x 10	0.75, 1.5, 1.5
14 x 14	1.5, 3.2
18 x 14	1.75

ขนาดท่อลม (in x in)	ความยาวท่อลม (M)
20 x 20	1.5, 1.5, 1.5, 1.5
24 x 14	4.5
24 x 18	0.75, 1.6
24 x 20	1.9, 2.4, 2.75, 3, 5
34 x 20	2.6
40 x 20	0.8, 1.9, 2.3

หลักเกณฑ์ในการเลือกเบอร์สังกะสีเป็นไปตามตารางที่ 4.9 สำหรับรูปแบบของตะเข็บที่ใช้ในตัวอย่างระบบท่อลมที่ 3 คือ แบบ Pittburgh เป็นตะเข็บข้าง (Longituditional Seam) ที่นิยมใช้ในการทำท่อลม มีค่าความยาวของตะเข็บข้างทั้งสองด้าน $S_1 = \frac{3}{16}$ นิ้ว, $S_2 = 1\frac{5}{16}$ นิ้ว และสำหรับรูปแบบตะเข็บปลาย (Transverse Seam) จะใช้แบบ Drive Cleat สำหรับท่อลมที่มีค่าความยาวด้านกว้างของท่อลม (W) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 30 นิ้ว ซึ่งมีค่าความยาวของตะเข็บทั้งสองด้าน $S_3 = \frac{1}{2}$ นิ้ว, $S_4 = \frac{1}{2}$ นิ้ว และ ใช้แบบ Angle Slip สำหรับท่อลมที่มีค่าความยาวด้านกว้างของท่อลม (W) มากกว่า 30 นิ้ว ซึ่งมีค่าความยาวของตะเข็บทั้งสองด้าน $S_3 = 1$ นิ้ว, $S_4 = 1$ นิ้ว

2. รายละเอียดของข้อมูลตัวอย่างระบบท่อลมที่ 3 ในส่วนของข้อต่อเปลี่ยนขนาดที่ใช้ในการคำนวณหารูปแบบแผ่นคลี่ และ จำนวนแผ่นสังกะสีที่คำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำหรับการเลือกชนิดของข้อต่อเปลี่ยนขนาด ผู้ใช้จะเลือกตามแบบของระบบท่อลม มีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4.21 รายละเอียดของข้อมูลข้อต่อเปลี่ยนขนาดจากตัวอย่างระบบท่อลมที่ 3

ชนิดของข้อต่อเปลี่ยนขนาด (Type of Transition Joint)	W_1 x D_1 (in x in)	W_2 x D_2 (in x in)
1. ชนิดมีด้านตรง 2 ด้านแบบ F.O.B & F.O.T	18 x 14	14 x 14

หลักเกณฑ์ในการเลือกเบอร์สังกะสีเป็นไปตามตารางที่ 4.9 สำหรับรูปแบบของตะเข็บที่ใช้ในตัวอย่างระบบท่อลมที่ 3 คือ แบบ Pittburgh เป็นตะเข็บข้าง (Longituditional Seam) ที่นิยมใช้ในการทำท่อลม มีค่าความยาวของตะเข็บข้างทั้งสองด้าน $S_1 = \frac{3}{16}$ นิ้ว, $S_2 = 1\frac{5}{16}$ นิ้ว และสำหรับรูปแบบตะเข็บปลาย (Transverse Seam) จะใช้แบบ Drive Cleat สำหรับท่อลมที่มีค่าความยาวด้านกว้างของท่อลม (W) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 30 นิ้ว ซึ่งมีค่าความยาวของตะเข็บทั้งสองด้าน $S_3 = \frac{1}{2}$ นิ้ว, $S_4 = \frac{1}{2}$ นิ้ว และ ใช้แบบ Angle Slip สำหรับท่อลมที่มีค่าความยาวด้านกว้างของท่อลม (W) มากกว่า 30 นิ้ว ซึ่งมีค่าความยาวของตะเข็บทั้งสองด้าน $S_3 = 1$ นิ้ว, $S_4 = 1$ นิ้ว

3. รายละเอียดของข้อมูลตัวอย่างระบบท่อลมที่ 2 ในส่วนของข้อต่อเปลี่ยนรูปที่สำหรับการคำนวณหารูปแบบแผ่นคลี่ และ จำนวนแผ่นสังกะสีที่คำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำหรับการเลือกชนิดของข้อต่อเปลี่ยนรูป ผู้ใช้จะเลือกตามแบบของระบบท่อลม มีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4.22 รายละเอียดของข้อมูลข้อต่อเปลี่ยนรูปจากตัวอย่างระบบท่อลมที่ 3

ชนิดของข้อต่อเปลี่ยนรูป (Type of Transformer Joint)	W_1 x D_1 (in x in)	W_2 x D_2 (in x in)
1. ชนิดมีด้านตรง 1 ด้าน	40 x 20	28 x 28
	40 x 20	32 x 24
2. ชนิดมีด้านตรง 2 ด้านแบบ F.O.B	40 x 20	32 x 24

หลักเกณฑ์ในการเลือกเบอร์สังกะสีเป็นไปตามตารางที่ 4.9 สำหรับรูปแบบของตะเข็บที่ใช้ในตัวอย่างระบบท่อลมที่ 3 คือ แบบ Pittburgh เป็นตะเข็บข้าง (Longituditional Seam) ที่นิยมใช้ในการทำท่อลม มีค่าความยาวของตะเข็บข้างทั้งสองด้าน $S_1 = \frac{3}{16}$ นิ้ว, $S_2 = 1\frac{5}{16}$ นิ้ว และสำหรับรูปแบบตะเข็บปลาย (Transverse Seam) จะใช้แบบ Drive Cleat สำหรับท่อลมที่มีค่าความยาวด้านกว้างของท่อลม (W) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 30 นิ้ว ซึ่งมีค่าความยาวของตะเข็บทั้งสองด้าน $S_3 = \frac{1}{2}$ นิ้ว, $S_4 = \frac{1}{2}$ นิ้ว และ ใช้แบบ Angle Slip สำหรับท่อลมที่มีค่าความยาวด้านกว้างของท่อลม (W) มากกว่า 30 นิ้ว ซึ่งมีค่าความยาวของตะเข็บทั้งสองด้าน $S_3 = 1$ นิ้ว, $S_4 = 1$ นิ้ว

4. รายละเอียดของข้อมูลในตัวอย่างระบบท่อลมที่ 3 ในส่วนของหน้ากากดูดควันที่ใช้เป็น

ข้อมูลในการคำนวณหารูปแบบแผ่นคลี่ และจำนวนแผ่นสังกะสีที่คำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ มีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4.23 รายละเอียดของข้อมูลหน้ากากดูดควันจากตัวอย่างระบบท่อลมที่ 3

ชนิดของคอหัวจ่ายลม (Type of Booting)	W_1 (in)	L_1 (in)	W_2 (in)	L_2 (in)	H (in)
1. Hood	34	40	10	10	36
	34	40	10	10	36
	40	40	14	14	36
	40	52	20	20	36
	40	52	20	20	36
	40	52	20	20	36
	40	52	20	20	36

หลักเกณฑ์ในการเลือกเบอร์สังกะสีเป็นไปตามตารางที่ 4.9 สำหรับรูปแบบของตะเข็บที่ใช้สำหรับหน้ากากดูดควัน (Hood) คือ แบบ Pittburgh เป็นตะเข็บข้าง (Longitudiional Seam) ที่นิยมใช้ทำท่อลมมีค่าความยาวของตะเข็บข้างทั้งสองด้าน $S_1 = \frac{3}{16}$ นิ้ว, $S_2 = 1\frac{5}{16}$ นิ้ว และสำหรับรูปแบบตะเข็บปลาย (Transverse Seam) จะใช้แบบ Rivet Lap สำหรับการทำตะเข็บระหว่างหน้ากากดูดควันกับส่วนของขอบฐาน (Collar) ซึ่งมีค่าความยาวตะเข็บทั้งสองด้าน $S_3 = \frac{1}{2}$ นิ้ว, $S_4 = \frac{1}{2}$ นิ้ว

รายละเอียดต่าง ๆ ของข้อมูลในตัวอย่างระบบท่อลมที่ 3 ที่กล่าวมาข้างต้น เป็นข้อมูลซึ่งโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะนำไปประมวลผลโดยแบ่งการคำนวณออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของท่อลมตรง และส่วนของข้อต่อเปลี่ยนขนาด (Transition), ข้อต่อเปลี่ยนรูป (Transformer) และ คอหัวจ่ายลม (Booting) จากนั้นโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะแสดงรูปแบบแผ่นคลี่ของชิ้นส่วนท่อลมต่าง ๆ ลงบนแผ่นสังกะสีจำลองทางจอภาพ และผู้ใช้สามารถพิมพ์ผลลัพธ์ดังกล่าวออกมาทางเครื่องพิมพ์ ซึ่งมาตราส่วนของรูปแบบแผ่นคลี่จำลองที่ได้ต่อรูปแบบแผ่นคลี่จริง คือ 1 เซนติเมตร ต่อ 6 นิ้ว และ

ในผลลัพธ์ดังกล่าวได้บอกถึงขนาดความยาวต่าง ๆ ที่จำเป็นในการนำไปสร้างแผ่นคลี่ลงบนแผ่นสังกะสีจริง เพื่ออำนวยความสะดวกในการสร้างท่อลม

5. รายละเอียดของข้อมูลตัวอย่างระบบท่อลมที่ 3 ในส่วนของท่อโค้งและท่อแยกที่ใช้ในการคำนวณหาจำนวนแผ่นสังกะสีที่ใช้จริง ซึ่งคำนวณโดยใช้สมการ (3.36), (3.37), (3.38), (3.39) ซึ่งเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ มีรายละเอียดของข้อมูล ดังนี้

ตารางที่ 4.24 รายละเอียดของข้อมูลท่อโค้งและท่อแยกจากตัวอย่างระบบท่อลมที่ 3

ชนิดของท่อโค้งและท่อแยก (Type of Elbow&Branch)	W_1 (in)	W_2 (in)	W_3 (in)	W_4 (in)	D (in)
1. 90 Elbow	24	-	-	-	20
	24	-	-	-	18
	40	-	-	-	20
	40	-	-	-	20
2. Tee Diverging Branch	24	24	10	-	20
	40	34	18	-	20
3. Wye Dovetail Branch	34	24	24	-	20
	40	24	24	-	20

หลักเกณฑ์ในการเลือกเบอร์สังกะสีเป็นไปตามตารางที่ 4.9 สำหรับรูปแบบของตะเข็บที่ใช้ในตัวอย่างระบบท่อลมที่ 3 คือ แบบ Pittburgh เป็นตะเข็บข้าง (Longituditional Seam) ที่นิยมใช้ในการทำท่อลม มีค่าความยาวของตะเข็บข้างทั้งสองด้าน $S_1 = \frac{3}{16}$ นิ้ว, $S_2 = 1\frac{5}{16}$ นิ้ว และสำหรับรูปแบบตะเข็บปลาย (Transverse Seam) จะใช้แบบ Drive Cleat สำหรับท่อลมที่มีค่าความยาวด้านกว้างของท่อลม (W) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 30 นิ้ว ซึ่งมีค่าความยาวของตะเข็บทั้งสองด้าน $S_3 = \frac{1}{2}$ นิ้ว, $S_4 = \frac{1}{2}$ นิ้ว และ ใช้แบบ Angle Slip สำหรับท่อลมที่มีค่าความยาวด้านกว้างของท่อลม (W) มากกว่า 30 นิ้ว ซึ่งมีค่าความยาวของตะเข็บทั้งสองด้าน $S_3 = 1$ นิ้ว, $S_4 = 1$ นิ้ว

ป้อนข้อมูลของท่อโค้งและท่อแยกลงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อคำนวณหาจำนวนแผ่นสังกะสีสำหรับท่อโค้งและท่อแยกในตัวอย่างระบบท่อลมที่ 3 ซึ่งสมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการคำนวณของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ คือ สมการ (3.36), (3.37), (3.38) และ (3.39) ผลลัพธ์ที่ได้ คือ จำนวนแผ่นสังกะสี เบอร์ 24 = 5 แผ่น, จำนวนแผ่นสังกะสีเบอร์ 22 = 15 แผ่น

<u>การเปรียบเทียบและการวิเคราะห์ผลลัพธ์จากตัวอย่างระบบท่อลมที่ 3</u>

จากการประมวลผลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของตัวอย่างระบบท่อลมที่ 3 ซึ่งได้แสดงผลลัพธ์ของรูปแบบแผ่นคลี่ท่อลมและจำนวนแผ่นสังกะสีที่ใช้ ไว้ในส่วนท้ายของตัวอย่างระบบท่อลมนี้ โดยจำแนกผลลัพธ์ดังกล่าวตามเบอร์สังกะสีและลักษณะของชิ้นส่วนท่อลม ดังนั้น จำนวนแผ่นสังกะสีทั้งหมดที่ใช้ในตัวอย่างระบบท่อลมที่ 3 ซึ่งคำนวณโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ มีผลสรุปดังนี้

ตารางที่ 4.25 จำนวนแผ่นสังกะสีทั้งหมดที่ใช้ในตัวอย่างระบบท่อลมที่ 3 ซึ่งคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

ลักษณะของชิ้นส่วนท่อลม	เบอร์ 26	เบอร์ 24	เบอร์ 22
1. ท่อลมตรง	2 แผ่น	27 แผ่น	10 แผ่น
2. ข้อต่อเปลี่ยนขนาด, ข้อต่อเปลี่ยนรูป และ หน้ากากดูดควัน (Hood)	-	1 แผ่น	17 แผ่น
3. ท่อโค้งและท่อแยก	-	5 แผ่น	15 แผ่น
จำนวนแผ่นสังกะสีทั้งหมด	<u>2 แผ่น</u>	<u>33 แผ่น</u>	<u>42 แผ่น</u>

เมื่อนำผลลัพธ์จากตารางที่ 4.25 ซึ่งเป็นผลที่ได้จากการคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์มาเปรียบเทียบกับจำนวนแผ่นสังกะสีซึ่งคำนวณโดยวิธีที่ใช้ในปัจจุบัน ผลการเปรียบเทียบแสดงไว้ในตารางที่ 4.26 ดังนี้

ตารางที่ 4.26 ผลการเปรียบเทียบระหว่างจำนวนแผ่นสังกะสีซึ่งคำนวณโดยวิธีที่ใช้ในปัจจุบัน กับจำนวนแผ่นสังกะสีซึ่งคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำหรับตัวอย่างระบบท่อลมที่ 3

ข้อมูล	เบอร์ 26	เบอร์ 24	เบอร์ 22
1. จำนวนแผ่นสังกะสีซึ่งคำนวณโดยวิธีที่ใช้ในปัจจุบัน	3 แผ่น	39 แผ่น	37 แผ่น
2. จำนวนแผ่นสังกะสีซึ่งคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์	2 แผ่น	33 แผ่น	42 แผ่น
ผลต่างระหว่าง 1 และ 2	1 แผ่น	6 แผ่น	- 5 แผ่น

การวิเคราะห์ผลลัพธ์จากตารางที่ 4.26 สำหรับผลต่างระหว่างจำนวนแผ่นสังกะสีซึ่งคำนวณโดยวิธีที่ใช้ปัจจุบัน และ จำนวนแผ่นสังกะสีซึ่งคำนวณโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ของแผ่นสังกะสีทั้งสามเบอร์ จะมีลักษณะการวิเคราะห์และสรุปผลเช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์ในตัวอย่างระบบท่อลมที่ 1 เนื่องจากสาเหตุที่ทำให้เกิดผลลัพธ์ตามตารางที่ 4.26 เกิดมาจากสาเหตุเดียวกัน คือ อัตราส่วนของค่าผลต่างความยาวด้านกว้าง (W_1 - W_2) หรือ ด้านลึก (D_1 - D_2) ของข้อต่อเปลี่ยนขนาดและข้อต่อเปลี่ยนรูป รวมทั้งค่าความยาวรัศมี (R) ของท่อโค้งและท่อแยกที่ใช้ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ซึ่งยึดถือตามมาตราฐานของ SMACNA มีความแตกต่างไปจากค่าที่ใช้ในการทำท่อลมจริง ดังที่กล่าวไว้โดยละเอียดในตัวอย่างระบบท่อลมที่ 1 สำหรับรูปแบบแผ่นคลี่ชิ้นส่วนต่าง ๆ ของท่อลม และ จำนวนแผ่นสังกะสีที่ใช้ในตัวอย่างระบบท่อลมที่ 3 ได้แสดงไว้โดยละเอียดในภาคผนวก ง