บทความวิจัย

แผนภาพความดันสูญเสียการไหลของอากาศในท่อลมผ้าทอโพลีเอสเตอร์เคลือบพีวีซีอะคริลิก

กันต์ธกรณ์ เขาทอง*
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วีรชัย ชัยวรพฤกษ์
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เจษฎาภรณ์ ปริยดำกล
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 0 3435 5310 อีเมล: fengkkk@ku.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2019.04.002
รับเมื่อ 7 พฤศจิกายน 2561 แก้ไขเมื่อ 18 มีนาคม 2562 ตอบรับเมื่อ 26 มีนาคม 2562 เผยแพร่ออนไลน์ 9 เมษายน 2562
© 2019 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

ปัจจุบันเทคโนโลยีด้านเคมีสิ่งทอได้พัฒนาจนเกิดผ้าทอโพลีเอสเตอร์เคลือบพีวีซีอะคริลิกซึ่งมีคุณสมบัติเหมาะต่อการนำมาใช้ในระบบส่งลม งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการไหลของอากาศภายในท่อลมผ้าทอโพลีเอสเตอร์เคลือบพีวีซีอะคริลิก โดยผลการทดลองได้ถูกนำไปเปรียบเทียบกับผลการจำลองทางคอมพิวเตอร์ได้เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 3.26% สำหรับค่าความดันสูญเสีย อัตราการไหล ความเร็ว และขนาดท่อลม ถูกนำมาสร้างแผนภาพความดันสูญเสียการไหลของอากาศภายในท่อลมผ้าทอโพลีเอสเตอร์เคลือบพีวีซีอะคริลิก ด้วยวิธีการลอการิทึมที่เหมาะสมกับข้อมูล (Logarithm Curve Fitting) โดยแผนภาพที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้ออกแบบระบบส่งลมจากท่อลมผ้าทอโพลีเอสเตอร์เคลือบพีวีซีอะคริลิกได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: แผนภาพ ผ้าทอ ท่อลม ความดันสูญเสีย

การอ้างอิงบทความ: กันต์ธกรณ์ เขาทอง วีรชัย ชัยวรพฤกษ์ และ เจษฎาภรณ์ ปริยดำกล, "แผนภาพความดันสูญเสียการไหลของอากาศในท่อลมผ้าทอโพลีเอสเตอร์เคลือบพีวีซีอะคริลิก," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 29, ฉบับที่ 3, หน้า 445–453, ก.ค.–ก.ย. 2562.

Research Article

Pressure Loss Diagram of Air Flow in Polyester Fabric Duct Acrylic PVC Coated

Kunthakorn Khaothong*
Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering at Khamphengsean, Kasetsart University, Khamphengsean Campus, Nakhon Pathom, Thailand
Weerachai Chaiworapuek
Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University, Bangkhen Campus, Bangkok, Thailand
Jetsadaporn Priyadumkol
Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Mahidol University, Nakhon Pathom, Thailand

* Corresponding Author, Tel. 0 3435 5310, E–mail: fengkkk@ku.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2019.04.002
Received 7 November 2018; Revised 18 March 2019; Accepted 26 March 2019; Published online: 9 April 2019
© 2019 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

At present, technological advancement in textile chemistry leads to the innovative development of PVC-acrylic coated polyester fabrics with desirable properties for using in air-distribution systems. The objective of this research is to study variables relating to the air flow inside PVC-acrylic made air duct. The average percentage difference between the empirical result and the computational simulation was revealed at 3.26%. Pressure drops, flow rates, velocities and duct sizes were measured for constructing the diagrams revealing airflow pressure drop characteristics inside the PVC-acrylic coated air duct by using the Logarithm Curve Fitting method. As a result, the constructed diagrams can be utilized effectively for design optimization of air distribution systems.

Keywords: Diagram, Fabric, Duct, Pressure Loss

Please cite this article as: K. Khaothong, W. Chaiworapuek, and J. Priyadumkol , "Pressure loss diagram of air flow in polyester fabric duct acrylic PVC coated," *The Journal of KMUTNB*, vol. 29, no. 3, pp. 445–453, Jul.–Sep. 2019 (in Thai).

1. บทนำ

ระบบปรับอากาศมีความสำคัญต่อความสบายของมนุษย์ ประเทศในเขตร้อนใช้ระบบปรับอากาศแบบทำความเย็นเพื่อควบคุมอุณหภูมิพื้นที่ปรับอากาศให้มีความชื้นเหมาะสมเพื่อความสบายของผู้อาศัย ส่วนประกอบของระบบปรับอากาศประกอบด้วย เครื่องทำน้ำเย็น หอระบายความร้อน ระบบท่อน้ำ ระบบควบคุม ท่อลม แดมเปอร์ แผงกรองอากาศ ระบบควบคุมควัน หัวจ่ายลม และพัดลม [1] ท่อลม (Duct) ในระบบปรับอากาศเป็นอุปกรณ์ขนถ่ายลมจากพัดลมไปหัวจ่ายลม วัสดุที่นิยมนำมาสร้างท่อลม คือ แผ่นเหล็กเคลือบสังกะสี ซึ่งต้องสร้างตาม SMACNA (Sheet Metal and Air Conditioning Contractors National Association) กำหนด [2] การออกแบบส่งลมในระบบปรับอากาศต้องคำนึงถึงความดันสูญเสียที่เกิดจากความขรุขระผิวท่อซึ่งขึ้นกับกรรมวิธีการผลิตและการรั่วของอากาศภายในท่อลม โดยความดันสูญเสียเนื่องจากการรั่วไหลจะเกิดขึ้นมากบริเวณข้อต่อท่อลม ดังนั้นหากพิจารณาความดันสูญเสียการไหลของอากาศภายในท่อตรงจึงไม่จำเป็นต้องวิเคราะห์ถึงปัจจัยการรั่วไหล [3]

สำหรับการประกอบและติดตั้งท่อลมที่สร้างจากแผ่นเหล็กเคลือบสังกะสี ผู้ประกอบการต้องประสบปัญหาด้านต้นทุนการติดตั้ง เวลา และการใช้งาน เนื่องจาก 1) แผ่นเหล็กกล้าเคลือบสังกะสีมีราคาแกว่งไกวทำให้ผู้ประกอบการไม่สามารถคำนวณต้นทุนได้อย่างแม่นยำทำให้บางครั้งต้องขาดทุน 2) ขั้นตอนในการประกอบและติดตั้งท่อลมที่ทำจากแผ่นเหล็กเคลือบสังกะสีมีหลายขั้นตอนทำให้ต้องใช้แรงงานจำนวนมาก 3) ท่อเหล็กเคลือบสังกะสีไม่ทนต่อการกัดกร่อน 4) ต้องใช้หัวจ่ายลมซึ่งทำให้การกระจายลมในห้องปรับอากาศไม่สม่ำเสมอและไม่ทั่วถึง [4] 5) ท่อลมในระบบปรับอากาศถูกติดตั้งบนฝ้าเพดานซึ่งขึ้นกับงานสถาปัตยกรรม ซึ่งมักมีการปรับเปลี่ยนแบบตามความพึงพอใจของเจ้าของงาน ส่งผลให้ขนาดของท่อลมที่สร้างไว้ตามแบบก่อนนี้ไม่สามารถใช้งานได้จึงต้องสร้างท่อลมใหม่ [5]

ปัจจุบันวิทยาศาสตร์เคมีและกรรมวิธีผลิตเกี่ยวกับการเคลือบผิวได้พัฒนาอย่างรวดเร็ว โดยผู้ผลิตได้นำเส้นใยพลาสติกประเภทต่างๆ มาทอและเคลือบผิวด้วยพอลิเมอร์หลากชนิด ทำให้เส้นใยทอพลาสติกมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นและมีความทนไฟกว่าเส้นใยแบบเดิม จึงมีนักวิจัยหลายท่านได้นำผ้าทอเหล่านี้มาทดลองและวิจัยเป็นท่อส่งลม โดยทำการศึกษาตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการไหลภายในรวมถึงการออกแบบและติดตั้ง อาทิ Taweephong and Chirdpun [6] ได้อธิบายถึงความดันสูญเสียการไหลอากาศในท่อลมผ้าขึ้นกับอัตราส่วนพื้นที่รูเปิดต่อพื้นที่หน้าตัดท่อลมผ้าและความเร็วลม นอกจากนี้ยังได้อธิบายถึงลักษณะความคงรูปของท่อลมผ้าว่าขึ้นกับค่าความดันสถิตและเส้นผ่านศูนย์กลางท่อลม Chen *et al.* [7] ได้ศึกษาคุณลักษณะการไหลและความเร็วของอากาศในท่อผ้าพรุน ผลการศึกษาได้ข้อสรุปว่าความเร็วของอากาศบริเวณกลางท่อลดลงตามแนวทิศทางการไหล ส่วนอากาศที่ไหลผ่านรูพรุนจะมีความเร็วต่ำในทิศทางตั้งฉากกับรูพรุน ความดันภายในรวมและความดันพลศาสตร์จะลดลงตามความยาวท่อ ส่วนความดันสถิตภายในจะเพิ่มขึ้นตามแนวยาวของทิศทางการไหล นอกจากนี้ Chen *et al.* [8] ได้ศึกษาความเร็วและความดันของอากาศที่ไหลในท่อลมผ้าพรุนเพิ่มเติม โดยท่อผ้าที่มีความพรุนมากจะมีความดันและความเร็วของอากาศภายในท่อต่ำ และหากเพิ่มอัตราการไหลภายในท่อจะทำให้การกระจายตัวความเร็วของอากาศไม่สม่ำเสมอ Katarzyna [9] ทำการวัดการกระจายตัวของความเร็วของอากาศผ่านรูของท่อลมพลาสติก โดยอธิบายว่าความเร็วของอากาศเฉลี่ยตามแนวตัดตั้งฉากกับความยาวท่อจะแปรผกผันกับจำนวนรูของท่อ และความเร็วตามแนวแกนท่อสูงสุดจะเกิดขึ้นบริเวณกลางท่อและจะลดลงเป็นศูนย์บริเวณผนังท่อ

เพื่อให้การศึกษาพฤติกรรมการไหลของของอากาศภายในท่อมีความสมบูรณ์นักวิจัยมักแสดงให้เห็นถึงแถบสีของเส้นสายธารการไหลและเส้นเวกเตอร์ความเร็วโดยใช้วิธีการทางพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ เช่น Fontanini *et al.* [10] พบว่าประสิทธิภาพทางความร้อนการกระจายลมของท่อผ้าสูงกว่าหัวจ่ายลม (Ceiling Diffusers) Moujaes and Gundavelli [11] ทำการจำลองการรั่วของอากาศที่ไหลในท่อแผ่นเหล็กเคลือบสังกะสีสำหรับระบบปรับอากาศแบบ

HAVC ซึ่งผลการจำลองสามารถอธิบายพฤติกรรมดังกล่าวได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ Ambroziak and klosowski [12] พบว่าหากนำผ้าทอมาผ่านกรรมวิธีการเคลือบพีวีซีอะคริลิคจะได้ผ้าทอชนิดใหม่ที่มีสมบัติทางกลรับแรงดึงได้สูงกว่าผ้าทอแบบเดิมมาก Kunthakorn and Weerachai [13] จึงได้ทำการทดลองหาความสัมพันธ์ของตัวเลขเรย์โนลด์กับค่าแฟกเตอร์ความเสียดทาน ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับความดันสูญเสีย ที่เกิดจากการไหลของอากาศภายในท่อพีวีซีอะคริลิค โดย Kunthakorn [5] พบว่าท่อลมที่ทำจากผ้าทอเคลือบพีวีซีอะคริลิกมีจุดเด่นคือติดตั้งง่าย ทนต่อแสงแดดและความชื้น สีสันสวยงาม มีความเป็นฉนวนความร้อนสูงกว่าท่อเหล็กแผ่นเคลือบสังกะสีและท่อผ้าเพราะมีการเคลือบพีวีซีอะคริลิก อีกทั้งมีอายุการใช้งานยาวนาน ด้วยคุณสมบัติเด่นของผ้าทอเคลือบพีวีซีจึงสามารถนำวัสดุชนิดนี้มาเป็นท่อส่งลมได้ ประกอบกับในการออกแบบท่อลมนั้นวิศวกรจะใช้แผนภาพความดันสูญเสียที่เกิดขึ้นในท่อลมเพราะใช้ง่าย สะดวก และสามารถเปรียบเทียบตัวแปรที่ต้องการออกแบบได้ทั้งหมด ซึ่งจากต่างโปรแกรมคำนวณสำเร็จรูปที่พิจารณาได้เพียงท่อลมแต่ละขนาดเท่านั้น จากการตรวจเอกสารและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องผู้วิจัยพบว่ายังไม่มีงานวิจัยใดทำการศึกษาเกี่ยวกับการนำท่อลมผ้าทอโพลีเอสเตอร์เคลือบพีวีซีอะคริลิกมาใช้ส่งลม งานวิจัยนี้จึงศึกษาคุณลักษณะของความดันของอากาศที่ไหลในท่อผ้าทอเคลือบพีวีซีด้วยการทดลองและการจำลอง โดยนำเสนอแผนภาพความดันสูญเสีย เพื่อนำแผนภาพที่ได้จากการศึกษาไปใช้ในการออกแบบระบบส่งลมด้วยท่อผ้าทอเคลือบพีวีซีอะคริลิกต่อไป

1.1 ความดันสูญเสีย

การไหลภายในท่อเป็นการไหลแบบปั่นป่วนความดันสูญเสียหรือความดันลดลงเนื่องจากแรงเสียดทาน สามารถหาได้จากสมการ (1) [14]

$$H_f = f\frac{L}{D}x\frac{v^2}{2g} = \frac{\Delta P}{\rho g} \qquad (1)$$

f คือ ค่าแฟกเตอร์ความเสียดทานของดาร์ซีจะขึ้นอยู่กับความขรุขระของผิวภายในท่อต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ (ε/D) และตัวเลขเรย์โนลด์ (Re) โดย Miller ได้แสดงความสัมพันธ์เป็นไปตามสมการที่ (2)

$$f = 0.25\left[\log\left(\frac{\varepsilon}{3.7\mathrm{D}} + \frac{5.74}{\mathrm{Re}^{0.9}}\right)\right]^{-2} \qquad (2)$$

จากสมการที่ (2) แสดงให้เห็นว่าหากต้องการใช้พลังงานน้อยลงจะต้องทำให้ค่าแรงเสียดทานลดลงโดยการทำให้ผนังท่อส่งลมเรียบ เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อโตขึ้นและลดความเร็วลม

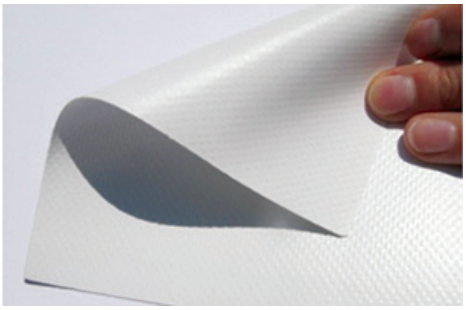
1.2 แผนภาพความดันสูญเสียการไหลของอากาศ

แผนภาพความดันสูญเสียการไหลของอากาศในท่อลมที่สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศสหรัฐอเมริกาแนะนำให้ใช้จะขึ้นกับความขรุขระของผิวภายในท่อ ซึ่งขึ้นกับกรรมวิธีการผลิตท่อลม โดยในแผนภาพจะมีตัวแปรที่ต้องพิจารณาคือ ความดันสูญเสีย ขนาดท่อลม ความเร็วลม และอัตราการไหลของลม การสร้างแผนภาพต้องทดลองหาตัวแปรที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปใช้กับสมการเบอร์นูลีแล้วนำสมการที่ได้ไปสร้างแผนภาพแผนภาพความดันสูญเสียการไหลของอากาศโดยใช้โมโนแกรม สำหรับงานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการสร้างแผนภาพความดันสูญเสียการไหลของอากาศในท่อลมโดยนำตัวแปรที่เกี่ยวข้องมาเขียนแผนภาพโดยตรงด้วยโปรแกรม Microsoft Excel โดยใช้วิธีการลอการิทึมที่เหมาะสมกับข้อมูล (Logarithm Curve Fitting) ซึ่งเป็นวิธีที่ง่าย สะดวกและไม่ซับซ้อน

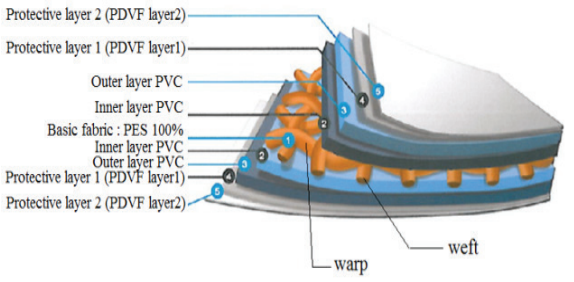
2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

2.1 ผ้าทอ

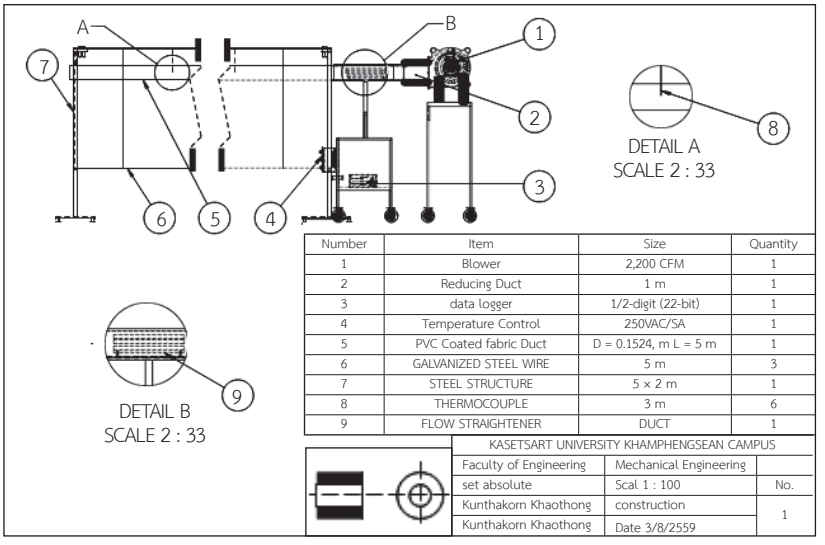
วัสดุที่ใช้สำหรับการทดลองคือผ้าทอโพลีเอสเตอร์เคลือบพีวีซีอะคริลิก ตามรูปที่ 1 โดยทอจากเส้นใย Polyester ตามแนว Warp และ Weft ทำให้สามารถรับแรงดึงได้ดี การเคลือบด้วย PVC ผสมสารป้องกันรังสี UV ทำให้กันน้ำได้ 100% และป้องกันแสงแดด ชั้นถัดมาเคลือบ Acrylic ทำให้มีความแข็งแรงและยืดหยุ่น ชั้นนอกสุดเคลือบ PVDF เพื่อป้องกันการเกิดเชื้อรา ตามรูปที่ 2



รูปที่ 1 ผ้าทอ



รูปที่ 2 โครงสร้างผ้าทอและสารเคลือบผิว



Number	Item	Size	Quantity
1	Blower	2,200 CFM	1
2	Reducing Duct	1 m	1
3	data logger	1/2-digit (22-bit)	1
4	Temperature Control	250VAC/SA	1
5	PVC Coated fabric Duct	D = 0.1524, m L = 5 m	1
6	GALVANIZED STEEL WIRE	5 m	3
7	STEEL STRUCTURE	5 × 2 m	1
8	THERMOCOUPLE	3 m	6
9	FLOW STRAIGHTENER	DUCT	1

KASETSART UNIVERSITY KHAMPHENGSEAN CAMPUS		
Faculty of Engineering	Mechanical Engineering	
set absolute	Scal 1 : 100	No.
Kunthakorn Khaothong	construction	1
Kunthakorn Khaothong	Date 3/8/2559	

รูปที่ 3 ชุดทดลอง

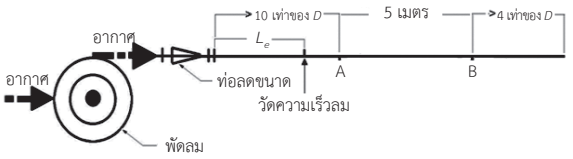
2.2 การทดลองความดันสูญเสีย

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้สร้างชุดทดลองเพื่อหาความดันสูญเสียการไหลของอากาศในท่อลมผ้าทอโพลีเอสเตอร์เคลือบพีวีซีอะคริลิก ซึ่งประกอบด้วยพัดลมสามเฟสยี่ห้อ SIROCCO รุ่น BO-SD ขนาด 3 กำลังม้าอัตราการไหลสูงสุด 2,956 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที ความดันสถิตสูงสุด 14 กิโลปาสคาล แท่งความร้อนอินฟาเรดแบบฮาโลเจนซึ่งสามารถสร้างอุณหภูมิที่ผิวหลอด 450 องศาเซลเซียส 235 โวลต์ กำลัง 2,000 วัตต์ เพื่อควบคุมอุณหภูมิอากาศ 30 องศาเซลเซียส ท่อลดขนาด อุปกรณ์สำหรับจัดเรียงการไหลของอากาศ ตามรูปที่ 3

การทดลองจะทำกับท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.1524, 0.1778, 0.2032, 0.2286, 0.2540, 0.2794, 0.3000, 0.3320 และ 0.3556 เมตร กำหนดจุดวัดความเร็วลมและจุดวัดความดันสถิต วัดความดันสูญเสียการไหลของอากาศในท่อตำแหน่ง A และ B ซึ่งมีระยะห่าง 5 เมตร ตามรูปที่ 4 เครื่องมือที่ใช้วัดความดันสูญเสียคือ แอนนิโมมิเตอร์ยี่ห้อ CEM รุ่น DT-8920 โดยทำการวัดที่ความเร็ว 5 ถึง 23 เมตรต่อวินาที การทดลองที่แต่ละความเร็วจะทำการทดลอง 5 ครั้ง แล้วทำหาค่าเฉลี่ยบันทึกผล

2.3 การจำลองความดันสูญเสีย

ผู้วิจัยใช้วิธีการพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณเพื่อหาค่าความดันสูญเสียด้วยแบบจำลองความปั่นป่วน k-ε ซึ่งมีฟังก์ชันการคำนวณในโปรแกรมสำเร็จรูป ANSYS โดยกำหนด



รูปที่ 4 ตำแหน่งติดตั้งเครื่องมือวัดความเร็วลมและความดันสถิต

รูปที่ 5 ชุดทดลองความขรุขระของผิว

ให้อากาศมีอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความหนืดจลน์การไหลเท่ากับ 16.04 เมตร^2/วินาที ความหนาแน่นของอากาศเท่ากับ 1.116 กิโลกรัม/เมตร^3 ส่วนค่าความขรุขระของผิวท่อผู้วิจัยทำการทดลองหาค่าความขรุขระของผิวท่อ ตามมาตรฐาน ISO 4287 โดยใช้เครื่องมือวัดสัมประสิทธิ์ความขรุขระยี่ห้อ Mitutoyo รุ่น SJ-301 ตามรูปที่ 5 ได้ค่าความขรุขระเท่ากับ 0.008 มิลลิเมตร

2.4 การสร้างแผนภาพความดันสูญเสียการไหลของอากาศ

แผนภาพความดันสูญเสียการไหลของอากาศในท่อลมที่สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศสหรัฐอเมริกาแนะนำให้ใช้จะขึ้นกับความขรุขระของผิวภายในท่อ โดยในแผนภาพจะมีตัวแปรที่ต้องพิจารณาคือ ความดันสูญเสีย ขนาดท่อลม ความเร็วลม และอัตราการไหลของลม การสร้างแผนภาพต้องทดลองหาตัวแปรที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปใช้กับสมการเบอร์นูลีแล้วนำสมการที่ได้ไปสร้างแผนภาพความดันสูญเสียการไหลของอากาศโดยใช้โมโนแกรม เนื่องจากสมการมีความซับซ้อนและมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องมากกว่าสามตัว งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการสร้างแผนภาพความดันสูญเสียการไหลของอากาศในท่อลมโดยนำตัวแปรที่เกี่ยวข้องมาเขียนแผนภาพโดยตรงด้วยโปรแกรม Microsoft Excel และใช้วิธีการ Logarithmic Scale Chart โดยวิธีการนำเข้าชุดข้อมูลมีดังนี้

1) นำข้อมูลผลการทดลองที่ความเร็วลม 5 เมตร/วินาที ของขนาดท่อ 0.1524, 0.1778, 0.2032, 0.2286, 0.2540, 0.2794, 0.3000, 0.3320 และ 0.3556 เมตร มาแสดงบนกราฟ โดยกำหนดแกน x ของกราฟคือ ความดันสูญเสีย และแกน y คืออัตราการไหล

2) ทำซ้ำข้อ 1) โดยเปลี่ยนความเร็วลมเป็น 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 17, 19, 21 และ 23 เมตร/วินาที ตามลำดับ

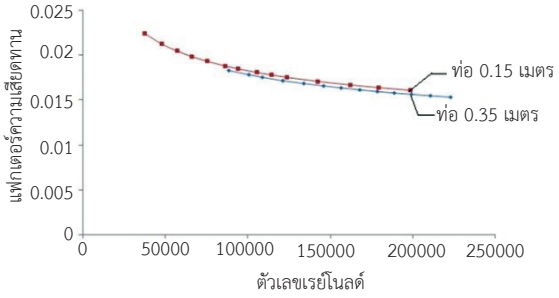
3) นำข้อมูลขนาดท่อ 0.1524 ที่ความเร็วลม เท่ากับ 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 17, 19, 21 และ 23 เมตร/วินาที ตามลำดับ มาแสดงบนกราฟ โดยแกน x ของกราฟคือ ความดันสูญเสีย และแกน y คืออัตราการไหล

4) ทำซ้ำข้อ 3) โดยเปลี่ยนขนาดท่อเป็น 0.1778, 0.2032, 0.2286, 0.2540, 0.2794, 0.3000, 0.3320 และ 0.3556 เมตร ตามลำดับ

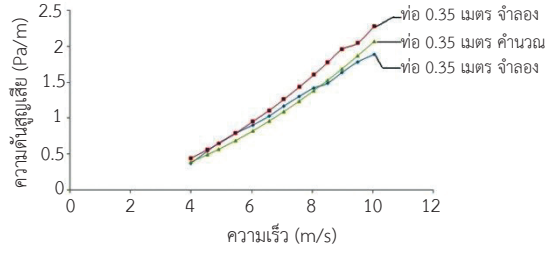
3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

เนื่องจากผลการทดลองและการจำลองมีข้อมูลจำนวนมาก ผู้วิจัยจึงนำเสนอผลการทดลอง และการจำลองของท่อขนาด 0.15 เมตร และ 0.35 เมตร ในช่วงตัวเลขเรย์โนลด์ 35,000 ถึง 240,000 เท่านั้น ผลการทดลองพบว่าค่าแฟกเตอร์ความเสียดทานการไหลของอากาศในท่อลมมีค่าผกผันกับตัวเลขเรย์โนลด์และท่อขนาดใหญ่จะมีค่าแฟกเตอร์ความเสียดทานน้อยกว่าท่อขนาดเล็กที่ตัวเลขเรย์โนลด์เดียวกันตามรูปที่ 6 ส่วนความดันสูญเสียจะแปรผันตามความเร็วแต่แปรผกผันกับเส้นผ่านศูนย์กลางท่อตามรูปที่ 7 และ 8 ซึ่งสอดคล้องกับสมการการไหลภายในท่อแบบปั่นป่วนที่สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งสหรัฐอเมริกา (ASHRE) แนะนำ

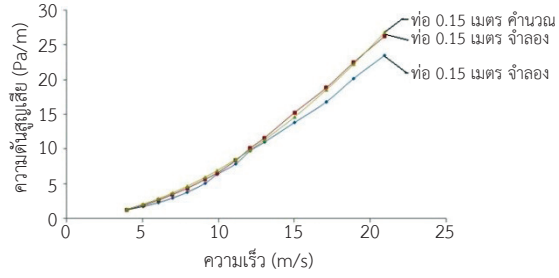
เมื่อเปรียบเทียบความดันสูญเสียจากผลการทดลอง การจำลองและการคำนวณ พบว่าผลการทดลองความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยจากผลการคำนวณ 3.41% ผลการทดลองความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยจากผลการจำลอง 3.26% ส่วนผลการคำนวณความคลาดเคลื่อนจากผลการจำลอง 3.15% รูปที่ 9 แสดงตัวอย่างระดับชั้นสีความดันสูญเสียการไหลของ



รูปที่ 6 ค่าแฟกเตอร์ความเสียดทานการไหลของอากาศในท่อลม



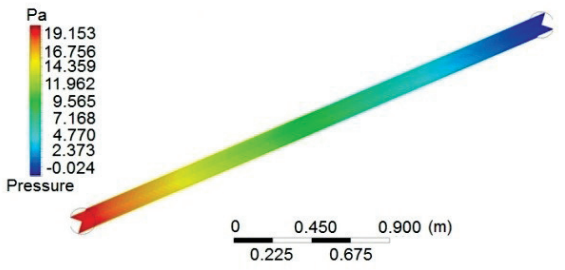
รูปที่ 7 ความดันสูญเสียจากการคำนวณ การทดลอง และการจำลองการไหลของอากาศในท่อลมขนาด 0.35 เมตร



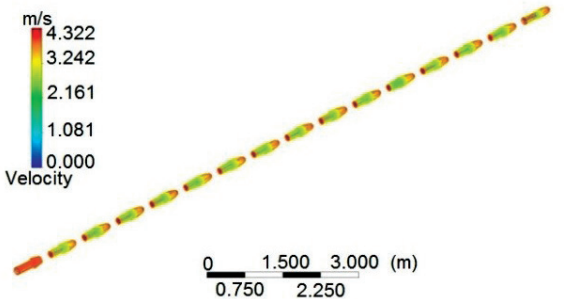
รูปที่ 8 ความดันสูญเสียจากการคำนวณ การทดลองและการจำลองการไหลของอากาศในท่อลมขนาด 0.15 เมตร

อากาศในท่อลมผ้าใบเคลือบพีวีซี รูปที่ 10 แสดงตัวอย่างระดับชั้นสีเวกเตอร์ความเร็วของอากาศในท่อลมผ้าใบเคลือบพีวีซี

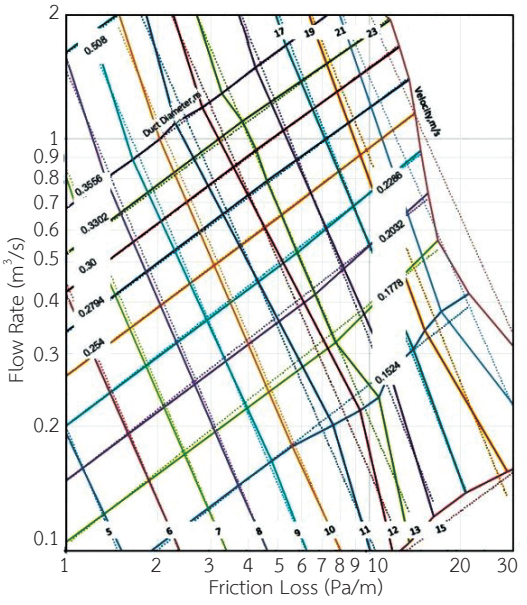
ข้อมูลความดันสูญเสีย (Friction Loss) ความเร็ว (Velocity) อัตราการไหล (Flow Rate) ของท่อแต่ละขนาด (Duct Diameter) จากผลการทดลองถูกนำมาสร้างแผนภาพความดันสูญเสียการไหลของอากาศด้วยแผนภาพลอการิทึม ตามรูปที่ 11 และรูปที่ 12 แสดงแผนภาพที่ทำการประมาณค่าเส้นด้วยวิธีการลอการิทึมที่เหมาะสมกับข้อมูล (Logarithm



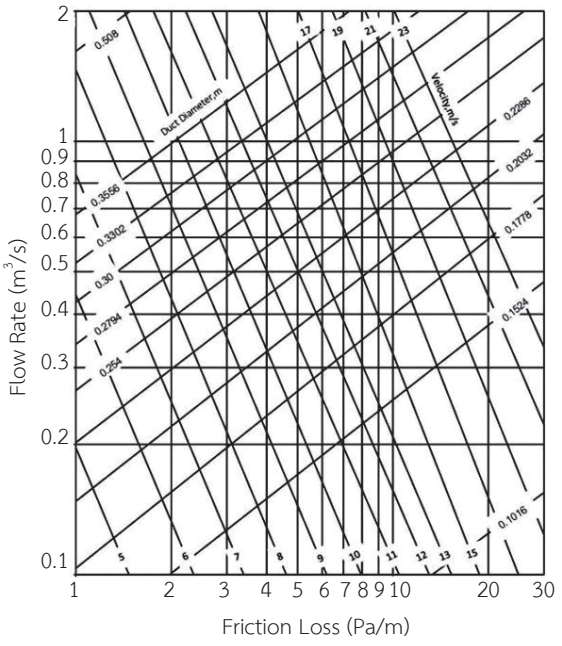
รูปที่ 9 ระดับชั้นสีความดันสถิตของท่อขนาด 0.1524 เมตร ที่ความเร็วเข้า 4 เมตร/วินาที



รูปที่ 10 ระดับชั้นสีเวกเตอร์ความเร็วของท่อขนาด 0.1524 เมตร ที่ความเร็วเข้า 4 เมตร/วินาที



รูปที่ 11 แผนภาพความดันสูญเสียต่อเมตรก่อนทำการประมาณค่าเส้นของท่อลม



รูปที่ 12 แผนภาพความดันสูญเสียต่อเมตรหลังทำการประมาณค่าเส้นของท่อลม

Curve Fitting) แล้ว โดยเส้นกราฟทุกเส้นมีค่า R^2 เท่ากับ 0.99 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าตัวแปรต่างๆ ในแผนภาพมีความสัมพันธ์กันอย่างดี จึงสามารถนำแผนภาพความดันสูญเสียที่ได้จากงานวิจัยนี้ไปใช้ในการออกแบบท่อลมผ้าโพลีเอสเตอร์เคลือบพีวีซีอะคริลิกในงานต่างๆ ได้

4. สรุป

งานวิจัยนี้ทำการออกแบบ ติดตั้งท่อลมผ้าทอโพลีเอสเตอร์เคลือบพีวีซีอะคริลิค เพื่อคำนวณหาค่าแฟกเตอร์ความเสียดทานการไหลของอากาศในท่อ ซึ่งพบว่ามีค่าผกผันกับตัวเลขเรย์โนลด์ และท่อขนาดใหญ่จะมีค่าแฟกเตอร์ความเสียดทานน้อยกว่าท่อขนาดเล็กที่ตัวเลขเรย์โนลด์เดียวกัน ส่วนความดันสูญเสียจะแปรผันตามความเร็วแต่แปรผกผันกับเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ ซึ่งสอดคลองกับสมการการไหลภายในท่อแบบปั่นป่วนที่สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งสหรัฐอเมริกา (ASHRE) แนะนำการเปรียบเทียบการทดลอง การจำลองและการคำนวณพบว่า ผลการทดลองความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยจากผลการคำนวณ 3.41% ผลการทดลองความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยจากผลการจำลอง 3.26% ส่วนผลการคำนวณความคลาดเคลื่อนจากผลการจำลอง 3.15%

ในทางปฏิบัติการออกแบบท่อส่งลมวิศวกรผู้ออกแบบท่อลมต้องกำหนดขนาดของท่อลม ทำให้การหาค่าแฟกเตอร์ความเสียดทานโดยใช้แผนภาพ Moody ซึ่งต้องทราบขนาดของท่อลมก่อนไม่มีความเหมาะสม งานวิจัยนี้จึงนำข้อมูลทั้งหมดจากการทดลองไปเขียนแผนภาพความดันสูญเสียการไหลของอากาศภายในท่อด้วยวิธีการลอการิทึมที่เหมาะสมกับข้อมูล โดยกราฟทุกเส้นมีความสัมพันธ์กับตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเป็นอย่างดีและแผนภาพนี้วิศวกรผู้ออกแบบสามารถกำหนดขนาดท่อลมได้โดยไม่ต้องทราบค่าแฟกเตอร์ความเสียดทาน ดังนั้นวิศวกรผู้ออกแบบสามารถนำแผนภาพนี้ไปใช้ออกแบบระบบท่อลมผ้าโพลีเอสเตอร์เคลือบพีวีซีอะคริลิกได้เป็นอย่างดี

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติผ่านทางสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่ง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (KURDI) และคณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยได้รับความช่วยเหลือจาก นางสาวชัชวรี แก้วเกลื่อน นายพงศพัศ จงฤทธิพร นายกษิดิศ ศรีบุญนาค และนายเมธวิน โพธิ์เจริญกิจ ช่วยเก็บผลการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

[1] W. F. Stoecker and J. W. Jones, *Refrigeration & Air Conditioning*, 2nd ed. New York: McGraw-Hill, 1982, pp. 88-95.

[2] *Hvac Duct Construction Standards Metal And Flexible*, SMACNA 006, 2006.

[3] C. Aydin and B. OzerdemSamir, “Air leakage measurement and analysis in duct systems,” *Energy and Buildings*, vol. 38, no. 3, pp. 207–213, 2006.

[4] K. Gladyszewska-Fiedoruk, A. B. Demianiuk, A. Gajewski, and A. Olow, "Measurement of velocity distribution for air flow through perforated plastic foil," *Energy and Buildings*, vol. 43, no. 2–3, pp. 374–378, 2011.

[5] K. Khaothong, "Design and development of canvas duct for air conditioning system," Research Report, Research and Development Institute Kasetsart University, Bangkok, Thailand, 2014 (in Thai).

[6] T. Sirikuttanon and C. Vitooraporn, "Study on fabric duct design method," in *Proceedings the 28th Conference of the Mechanical Engineering Network of Thailand*, 2014, pp. 1516–1568.

[7] F. Chen, H. Chen, J. Xie, Z. Shu, C. Zhang, and Y. Hua, "Characterizing airflow through fabric air dispersion system using a porous media model," *Energy and Buildings*, vol. 43, no. 2–3, pp. 665-670, 2011.

[8] F. Chena, H. Chenb, H. Wanga, S. Wanga, J. Wanga, X. Wanga, and Z. Qiana, "Parametrical analysis on characteristics of airflow generated by fabric air dispersion system in penetration mode," *Energy and Buildings*, vol. 67, pp. 365–373, 2013.

[9] K. Gladyszewska-Fiedoruk, A. B. Demianiuk, and A. Gajewski, "Measurement of velocity distribution for air flow through perforated plastic foil," *Energy and Buildings*, vol. 43, no. 2–3, pp. 374–378, 2011.

[10] A. Fontanini, M. G. Olsen, and B. Ganapathy subramanian, "Thermal comparison between ceiling diffusers and fabric ductwork diffusers for green buildings," *Energy and Buildings*, vol. 43, no. 11, pp. 2973–2987, 2011.

[11] S. Moujaes and R. Gundavelli, "CFD simulation of leak in residential HVAC ducts," *Energy and Buildings*, vol. 54, pp. 534–539, 2012.

[12] Andrzej Ambroziak and Pawel Klosowski, "Mechanical properties for preliminary design of structures made from PVC coated fabric," *Construction and Building Materials*, vol. 50, pp. 74–81, 2014.

[13] K. Khaothong and W. Chaiworapuek, "Study of air flow in PVC canvas duct," in *Building Innovation*, 1st ed. Nakhon pathom, Thailand, 2013, pp. 278–286 (in Thai).

[14] *ASHRAE HANDBOOK FUNDAMENTALS*, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers., Atlanta, GA, 2014, pp. 529–555.