

การศึกษาพฤติกรรมการไหลของอากาศผ่านอาคารผนังสองชั้น Study on Air Flow Behavior Through Double-Wall Building

จารุณี เข้มพิลลา

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

833 ถนนพระราม 1 เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์: 08-9049-8098 E-mail: Jarunee.kh@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของความเข้มรังสีอาทิตย์ ความกว้างของช่องระบายอากาศและขนาดของช่องเปิดอากาศทั้งขาเข้าและออกจากผนังอาคารสองชั้น ที่มีต่อการกระจายตัวของอุณหภูมิและความเร็วของอากาศ โดยใช้เทคนิคคำนวณพลศาสตร์ของไหล ผนังอาคารสองชั้นที่ทำการศึกษา มีช่องเปิดอากาศขาเข้าอยู่ที่ด้านบนและขาออกอยู่ที่ด้านล่างของผนังอาคารชั้นใน โดยกำหนดให้ผนังชั้นในมีอุณหภูมิคงที่เท่ากับอุณหภูมิห้อง ส่วนผนังชั้นนอกกำหนดให้ได้รับความเข้มรังสีอาทิตย์ในปริมาณที่สม่ำเสมอ ซึ่งเมื่ออากาศที่ไหลเข้าทางช่องเปิดด้านล่างได้รับปริมาณพลังงานความร้อนจากการนำผ่านผนังอาคารชั้นนอก จะส่งผลให้อากาศลอยตัวสูงขึ้นออกทางช่องเปิดด้านบน จากการศึกษาพบว่า ความเร็วและอุณหภูมิของอากาศภายในช่องระบายอากาศมีค่าเพิ่มขึ้นตามความเข้มรังสีอาทิตย์ แต่ความเร็วอากาศที่ขอบผนังมีค่าเป็นศูนย์เนื่องจากความฝืดของผนังอาคารและความหนืดของอากาศ อีกทั้งการเพิ่มขนาดของช่องระบายอากาศส่งผลต่อการลดลงของค่าความเร็วอากาศเป็นอย่างมาก เนื่องจากแรงลอยตัวมีค่าต่ำลง และการเพิ่มขนาดของช่องเปิดอากาศที่ผนังชั้นในส่งผลให้ค่าความเร็วอากาศสูงขึ้น แต่อุณหภูมิอากาศมีค่าลดต่ำลงเนื่องจากอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศมีค่าสูงขึ้น

คำสำคัญ: พลศาสตร์ของไหล, การระบายอากาศ, อาคารผนังสองชั้น

Abstract

The purpose of this research is to study the influence of solar intensity, air gap width and size of inlet/outlet opening to temperature and velocity distribution in double-wall building by computational fluid dynamics technique. It has inlet opening at the bottom and outlet opening at the top of inner wall which is kept at uniform temperature. The outer wall is heated with uniform heat flux. When the air enters the spacing between walls from the bottom opening, it is heated up by the conduction through the outer wall and then flow upward through the top opening due to buoyancy effect. The results indicates that the velocity and temperature of the air within air gap increases with the increasing of solar intensity but the velocity

of air at the edge of the wall is zero because the roughness of the wall and the viscosity of the air. Moreover, increasing the size of the vents, decreasing the velocity of the air due to buoyancy force. In addition, the velocity of the air increases when the size of opening is increased but the temperature of the air is decrease due to the increasing of mass flow rate.

Keywords: Fluid Dynamics, Ventilation, Double-Wall Building

1. คำนำ

การรั่วไหลของอากาศเย็นที่ออกจากห้องปรับอากาศ ทั้งทางช่องว่างระหว่างประตู หน้าต่างหรือการเปิดพัดลมระบายอากาศ ย่อมส่งผลต่อการปรับอากาศที่เพิ่มมากขึ้น โดยสูญเสียอากาศเย็นนั้นโดยเปล่าประโยชน์ หากเรานำมาประยุกต์ใช้กับอาคารผนังสองชั้นที่มีการปรับอากาศโดยเว้นระยะห่างเพื่อให้เกิดช่องว่างระหว่างผนังชั้นในกับผนังชั้นนอก และมีช่องเปิดอากาศเข้าและออกทำให้การเคลื่อนที่ของอากาศที่เข้าทางช่องเปิดขาเข้าสามารถพาความร้อนออกไปก่อนที่จะผ่านผนังชั้นในเข้าสู่อาคารทำให้สามารถลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศลงได้อีกทางหนึ่ง ซึ่งการระบายอากาศทางอ้อมโดยเปลี่ยนให้อากาศเย็นที่รั่วไหลโดยเปล่าประโยชน์มาระบายภายในช่องระบายอากาศด้วยวิธีนี้สามารถนำหลักการของความแตกต่างของอุณหภูมิ (Stack Effect) ซึ่งเป็นการระบายอากาศแบบธรรมชาติ (Natural Ventilation) โดยไม่จำเป็นต้องใช้พัดลมระบายอากาศช่วยลดพลังงานไฟฟ้าลงได้ แต่อย่างไรก็ตามยังมีความจำเป็นที่จะต้องควบคุมปริมาณการระบายอากาศออกจากผนังสองชั้นไม่ให้มากเกินไป เนื่องจากอาจเป็นการเพิ่มภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศและส่งผลให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในปริมาณที่มากขึ้น จากเหตุผลดังกล่าวในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการจำลองการไหลของอากาศในเบื้องต้นเพื่อศึกษาพฤติกรรมการไหลของอากาศภายในช่องว่างระหว่างผนังสองชั้นเมื่อทำการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรต่างๆ ที่ส่งผลต่อรูปแบบการไหลของอากาศ—คือความกว้างของช่องระบายอากาศ ขนาดของช่องเปิดและปริมาณพลังความร้อนที่ตกกระทบบนผนังอาคาร เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการออกแบบอาคารเพื่อประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้โดยเครื่องปรับอากาศในอนาคตต่อไป

การจำลองการไหลด้วยโปรแกรม Computational Fluid Dynamics (CFD) เป็นการวิเคราะห์พลศาสตร์ของไหลด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์ ซึ่งอาศัยความสามารถของคอมพิวเตอร์สมัยใหม่ช่วยในการคำนวณโดยใช้วิธีไฟไนต์อีลิเมนต์ (Finite Element Method) ช่วยให้อวิเคราะห์พลศาสตร์ของไหลได้ในระยะเวลาอันสั้นเพียงไม่กี่ชั่วโมง ทำให้

กระบวนการออกแบบมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการแบบเดิมๆ ที่ทำการทดลองในอุโมงค์ลม อีกทั้งทำนายพฤติกรรมการไหลของของไหลได้ ช่วยลดค่าใช้จ่ายก่อนการสร้างชิ้นงานจริง หากแต่ต้องขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้ใช้งานที่ต้องมีความรู้ความเข้าใจปัญหาที่กำลังศึกษา สมการที่ใช้คำนวณ และขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม CFD อย่างแท้จริง เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อที่จะได้นำมาประยุกต์และเป็นแนวทางแก้ไขปัญหาในการศึกษา ดังตัวอย่างงานวิจัยที่นำเสนอต่อไปนี้

Habib และคณะ[1] ทำการศึกษาการพาความร้อนแบบธรรมชาติในแผ่นราบคู่ขนานโดยเว้นระยะห่างระหว่างแผ่นทำให้เกิดการลอยตัวของอากาศขึ้นทั้งในลักษณะสมมาตรและไม่สมมาตร ซึ่งในกรณีหลังนี้พบว่าอากาศมีความเร็วสูงขึ้นใกล้กับผิวของแผ่นราบที่มีอุณหภูมิสูง ส่วนอากาศที่อยู่บริเวณใกล้กับผนังด้านที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจะเกิดการไหลย้อนกลับ Burek และ Habeb [2] ทำการศึกษาการถ่ายเทความร้อนในปล่องรังสีอาทิตย์ พบว่า รูปแบบการกระจายอุณหภูมิในแนวราบภายในปล่องมีลักษณะค่อนข้างแบนนั่นคือมีความสม่ำเสมอ Ong และ Chow [3] สร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของปล่องรังสีอาทิตย์ซึ่งพบว่า ความเร็วและอุณหภูมิของอากาศมีค่าเพิ่มขึ้นตามความเข้มรังสีอาทิตย์ Gan [4] ทำการศึกษาปล่องรังสีอาทิตย์เพื่อนำมาช่วยเพิ่มการระบายอากาศแบบธรรมชาติให้กับอาคารโดยอาศัยหลักการ Stack effect ซึ่งทำการศึกษาผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD พบว่า ความเร็วและอุณหภูมิของอากาศที่ช่องเปิดขาออกมีค่าลดลงเมื่อความกว้างของปล่องมีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของอัตราการไหลของอากาศ

2. ทฤษฎี

2.1 ผนังปล่องรังสีอาทิตย์

แสงแดดเมื่อตกกระทบผิวนอกของผนังอาคารจะเกิดการนำความร้อนผ่านวัสดุผนังเข้ามาที่ช่องระบายอากาศเนื่องจากผลของความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างผิวในและผิวนอกของผนังอาคาร ทำให้อากาศที่อยู่ภายในช่องระบายอากาศได้รับปริมาณพลักซ์ความร้อนดังกล่าวและเกิดการลอยตัวสูงขึ้นเนื่องจากความหนาแน่นมีค่าลดลงผ่านช่องเปิดออกไปสู่ภายนอกช่องระบายอากาศ อากาศภายนอกซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าก็จะไหลเข้ามาแทนที่ผ่านช่องเปิดด้านล่างสำหรับให้อากาศไหลเข้าจนกระทั่งไหลออกที่ช่องเปิดด้านบน การไหลของอากาศจะเกิดเป็นวัฏจักรเช่นนี้ไปเรื่อยๆ ระบายเท่าที่ผนังยังได้รับปริมาณพลักซ์ความร้อนจากแสงอาทิตย์ ซึ่งอากาศภายนอกที่ไหลเข้าและออกจากช่องระบายอากาศจะนำความร้อนออกไปด้วยซึ่งช่วยลดปริมาณพลักซ์ความร้อนที่จะถ่ายเทเข้าสู่ภายในอาคารได้อีกทางหนึ่ง

2.2 สมการการพาความร้อน [5]

เทคนิคคำนวณพลศาสตร์ของไหลเป็นการวิเคราะห์แก้ปัญหาในระบบสมการอนุพันธ์ด้วยระบบสมการพีชคณิตซึ่งมีหลากหลายวิธีให้เลือกใช้ได้อย่างเหมาะสมขึ้นอยู่กับปัญหาที่สนใจศึกษา ซึ่งการไหลของ

อากาศที่เกิดขึ้นควบคุมโดยสมการความต่อเนื่อง สมการนาเวียร์-สโตกส์ และสมการพลังงาน สามารถเขียนในรูปทั่วไปได้ดังนี้

สมการความต่อเนื่อง

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

สมการโมเมนตัมในแนวแกน x

$$\frac{\partial(\rho uu)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho uv)}{\partial y} = -\frac{\partial P}{\partial x} + \left[\frac{\partial}{\partial x} \mu \left[\frac{\partial u}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \mu \left[\frac{\partial u}{\partial y} \right] \right] + B_x \quad (2)$$

สมการโมเมนตัมในแนวแกน y

$$\frac{\partial(\rho uv)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho vv)}{\partial y} = -\frac{\partial P}{\partial y} + \left[\frac{\partial}{\partial x} \mu \left[\frac{\partial v}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \mu \left[\frac{\partial v}{\partial y} \right] \right] + (\rho - \rho_0)g + B_y \quad (3)$$

สมการพลังงาน

$$\rho C_p \left[\frac{\partial(ut)}{\partial x} + \frac{\partial(vt)}{\partial y} \right] = \frac{\partial}{\partial x} \left[k \frac{\partial T}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[k \frac{\partial T}{\partial y} \right] + \mu \Phi + \dot{q} \quad (4)$$

ร่วมกับทฤษฎีประมาณการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของบัสซิเนส (Boussinesq approximation) ซึ่งต้องนำค่าความแตกต่างของความหนาแน่นมาคิดในการหาแรงลอยตัว ทั้งนี้เพราะเป็นผลทำให้เกิดการไหลและเลือกใช้แบบจำลองความปั่นป่วน Standard k-ε ในการจำลองการไหลของอากาศเนื่องจากการไหลของอากาศภายในช่องระบายอากาศเป็นทั้งการไหลแบบราบเรียบและปั่นป่วน ซึ่งแบบจำลองนี้ถือได้ว่าเป็นแบบจำลองชนิด 2-equation turbulence model ที่นิยมใช้ในการคำนวณการไหลแบบปั่นป่วน ซึ่งประกอบด้วยสมการ Transport และ Dissipation rate ของ Turbulent kinetic energy

2.3 กระบวนการในการหาผลเฉลย

ในการแก้สมการอนุพันธ์โมเมนตัม ผลเฉลยของสมการการไหลที่ได้จะมีค่าที่ไม่สอดคล้องกับสมการอนุพันธ์มวลและเพื่อให้ค่าที่ได้จากสมการนี้มีความสอดคล้องกัน เราจะใช้ขั้นตอนวิธีที่เรียกว่า SIMPLE (Semi-Implicit Method for Pressure-Linked Equation) ซึ่งพัฒนาโดย Patankar and Spalding (1972) ซึ่งขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการแก้ปัญหาสมการการไหล โดยการสมมติค่าความดันและความเร็วในขอบเขตของปัญหาที่สนใจ แล้วคำนวณหาความเร็วและความดันสมมติเพื่อที่จะนำค่าความเร็วที่คำนวณได้ไปหาความดันอีกครั้ง โดยใช้ Pressure correction method เพื่อช่วยในการคำนวณความดันที่ถูกต้อง ซึ่งค่า pressure-correction ที่ได้นี้จะถูกนำกลับมาหาความเร็วและทำซ้ำตามขั้นตอนดังกล่าวจนกระทั่งผลเฉลยเข้าสู่ค่าใดค่าหนึ่ง ซึ่งวิธีนี้เป็นการช่วยให้ค่าความเร็วและความดันมีความสัมพันธ์เป็นไปตามการอนุรักษ์โมเมนตัมและการอนุรักษ์มวล โดยวิธีในโปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้เป็นวิธีที่ใช้กับกริดแบบเอียงกัน (Staggered grid) เป็นการแบ่งกริดเพื่อให้กริดของความเร็วยูระหว่างจุดต่อของตัวแปรสเกลาร์ ทั้งนี้เพื่อให้สอดคล้องกับสมการความต่อเนื่องและแก้ปัญหาการเกิด Checker-board effect อันจะก่อให้เกิดความผิดพลาดในการคำนวณเชิงตัวเลข

3. วิธีดำเนินการวิจัย

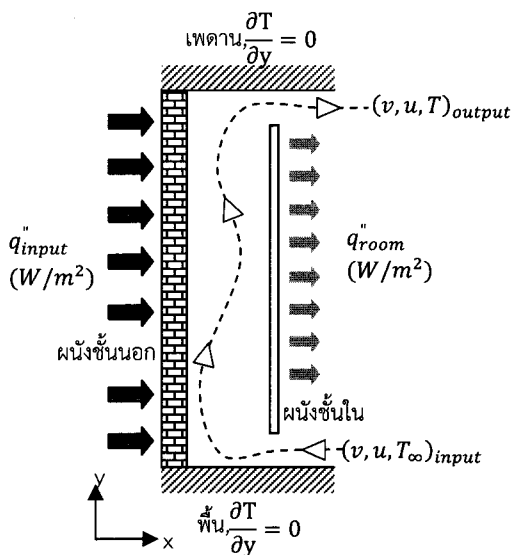
ลักษณะทางกายภาพของระบบระบายอากาศของอาคารผนังสองชั้นที่ทำการศึกษามีได้พิจารณาจากลักษณะของขนาดอาคารที่เป็นที่พักอาศัยและสำนักงานของประเทศไทย ซึ่งโดยทั่วไปออกแบบให้สูง 2.5 เมตร มีผนังชั้นนอกรับปริมาณพลั๊กความร้อนจากแสงอาทิตย์ และมีผนังชั้นในทำหน้าที่กั้นความร้อนที่ส่งผ่านเข้าสู่อาคาร โดยมีช่องเปิดอากาศที่ด้านบนและด้านล่างของผนังชั้นใน จากความเข้าใจถึงปัญหาการไหลของอากาศภายในช่องระบายอากาศ จึงกำหนดสภาวะเพื่อการจำลองปัญหา ดังนี้

1. จากสภาพผิวภายในช่องระบายอากาศที่ขรุขระ อาจเกิดการรบกวนขยายตัวขึ้นจนก่อให้เกิดความปั่นป่วน ดังนั้นจึงสมมติให้การไหลเป็นแบบปั่นป่วนเพื่อรองรับผลดังกล่าว
2. เนื่องจากความยาวของผนังมีค่ามากกว่าความกว้างของช่องระบายมาก จึงกำหนดให้การจำลองการไหลเป็นแบบ 2 มิติ
3. เนื่องจากผนังได้รับปริมาณพลั๊กความร้อนจากแสงอาทิตย์เป็นระยะเวลานานมากพอที่จะพิจารณาการไหลของอากาศภายในช่องระบายอากาศเป็นการไหลแบบคงตัว
4. สมมติให้เพดานและพื้นเป็นฉนวนโดยสมบูรณ์ เนื่องจากในงานวิจัยมีจุดประสงค์เพื่อสังเกตพฤติกรรมการไหลในภาพรวม

โดยสร้างแบบจำลองที่มีลักษณะดังรูปที่ 1 ซึ่งสูง 2.5 m และทำการศึกษาค่าปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระบบดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าตัวแปรที่ทำการศึกษา

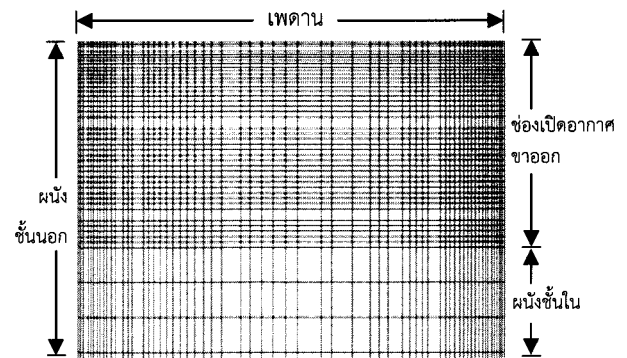
ตัวแปรที่ทำการศึกษา	ค่าตัวแปรที่ทำการศึกษา
ความเข้มรังสีอาทิตย์	100 และ 700 W/m ²
ความกว้างช่องระบายอากาศ	ตั้งแต่ 0.05 ถึง 0.30 m
ขนาดช่องเปิด	0.05, 0.10 และ 0.15 m



รูปที่ 1 ลักษณะทางกายภาพและเงื่อนไขขอบเขตของช่องระบายอากาศ

เนื่องจากระเบียบวิธีเชิงตัวเลขเป็นการประมาณค่าของสมการอนุพันธ์ด้วยวิธีการลดผลลัพท์หรือทำซ้ำซึ่งไม่มีคำตอบที่ถูกต้องที่สุด จึงจำเป็นต้องมีเงื่อนไขเพื่อป้องกันค่าคำตอบของผลลัพท์นั้นถูกต้องในทางตัวเลขและสิ้นสุดการทำซ้ำ ซึ่งก็คือการรู้เข้าสู่คำตอบ (Convergence) ซึ่งในงานวิจัยนี้ทำการวิเคราะห์ผลโดยตั้งอยู่บนพื้นฐานของ 2 ปัจจัยคือ ส่วนตกค้าง (Residual) และผลลัพท์ต้องไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเพิ่มจำนวนรอบในการทำซ้ำ ซึ่งคำตอบที่ถูกต้องควรมีค่าส่วนตกค้างสุดท้ายที่ได้จากการคำนวณมีค่าน้อยๆ อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ และเป็นค่าที่สภาวะคงตัวที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงแล้ว

จากที่รูปร่างลักษณะของช่องระบายอากาศซึ่งเป็นปัญหาของงานวิจัยนี้มีความไม่สลับซับซ้อน ดังนั้นจึงเลือกใช้เมช (Mesh) แบบสี่เหลี่ยม โดยกำหนดให้เมชในแนวแกน y มีการขยายตัวเพื่อรองรับพฤติกรรมการไหลของชั้นอากาศที่อยู่ติดขอบและบริเวณชั้นผิวบางของผนังอาคารซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 เมชสี่เหลี่ยมแบบละเอียดที่ใช้ในการจำลอง

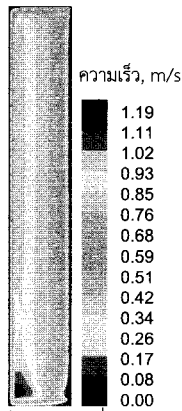
4. การวิจัยและการวิเคราะห์ผล

4.1 ผลกระทบจากความเข้มรังสีอาทิตย์

การวิจัยในหัวข้อนี้ต้องการศึกษาผลกระทบจากปริมาณพลั๊กความร้อนที่ผนังอาคารที่มีต่อลักษณะการกระจายตัวของความเร็วและอุณหภูมิอากาศ โดยทำการจำลองการไหลของอากาศผ่านช่องระบายอากาศเมื่อปริมาณพลั๊กความร้อนที่ผนังมีค่า 100 และ 700 W/m² เมื่อช่องระบายอากาศกว้าง 0.05 m ช่องเปิดอากาศเข้าและออกมีขนาด 0.05 m

4.1.1 การกระจายตัวของความเร็วอากาศภายในช่องระบายอากาศ

จากรูปที่ 3 ซึ่งแสดงคอนทัวร์ของความเร็วอากาศ เมื่อช่องระบายอากาศกว้าง 0.05 m ช่องเปิดอากาศเข้าและออกมีขนาด 0.05 m ปริมาณพลั๊กความร้อนที่ผนังอาคารมีค่าเป็น 700 W/m² พบว่าการเพิ่มขึ้นของค่าปริมาณพลั๊กความร้อนที่ผนังอาคารส่งผลให้ความเร็วอากาศในช่องระบายอากาศมีค่าสูงขึ้นเนื่องจากความหนาแน่นอากาศมีค่าน้อยลงทำให้เกิดความแตกต่างของความหนาแน่นของอากาศที่ช่องเปิดอากาศเข้าออกมีค่ามากขึ้น

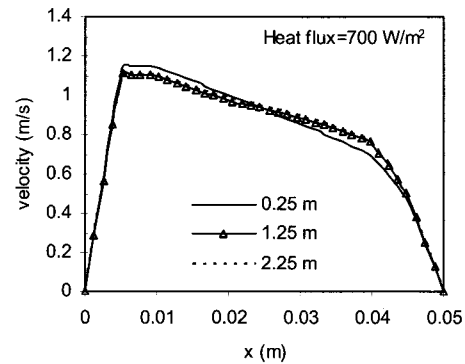
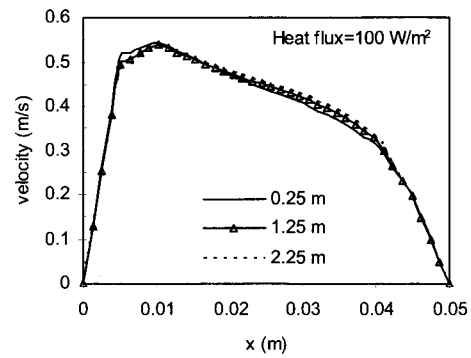


รูปที่ 3 คอนทัวร์ของความเร็วอากาศ เมื่อช่องระบายอากาศกว้าง 0.05 m ปริมาณฟลักซ์ความร้อนที่ผนังอาคารมีค่าเป็น 700 W/m^2

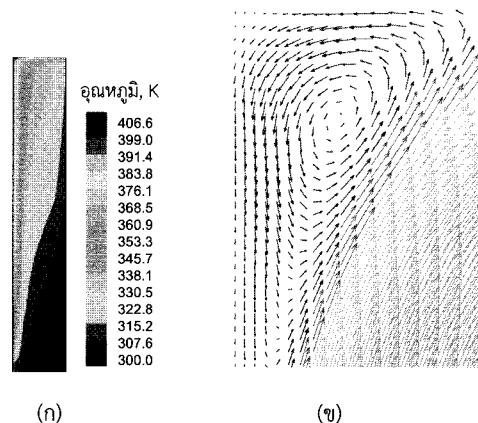
จากรูปที่ 4 ซึ่งแสดงความเร็วของอากาศที่ระดับความสูงของช่องระบายอากาศเป็น 0.25 1.25 และ 2.25 เมตร เมื่อช่องระบายอากาศกว้าง 0.05 m ช่องเปิดอากาศเข้าและออกมีขนาด 0.05 m ปริมาณฟลักซ์ความร้อนที่ผนังอาคารได้รับอย่างสม่ำเสมอมีค่าเป็น 100 และ 700 W/m^2 จะเห็นว่าการกระจายความเร็วของอากาศมีลักษณะไม่สมมาตร นั่นคือไม่มีความสม่ำเสมอในแนวระดับเดียวกัน เนื่องจากความแตกต่างของลักษณะทางกายภาพของผนังอาคารทั้งสองชั้นที่กำหนดให้ผนังชั้นนอกได้รับฟลักซ์ความร้อนในปริมาณสม่ำเสมอ ในขณะที่ผนังชั้นในมีอุณหภูมิเท่ากับอากาศภายในห้องที่มีการปรับอากาศ ดังนั้นอากาศที่อยู่ใกล้กับผนังชั้นนอกจึงมีความเร็วอากาศสูงกว่าอากาศที่ใกล้กับผนังชั้นใน เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากปริมาณฟลักซ์ความร้อนส่งผลให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น ค่าความหนาแน่นอากาศมีค่าลดลง ทำให้เกิดแรงลอยตัวที่สูงขึ้น อีกทั้งจะเห็นว่าความเร็วอากาศที่อยู่ติดกับขอบผนังทั้งสองด้านมีค่าเป็นศูนย์เนื่องจาก ผนังมีความเสียดทานซึ่งความหนืดของอากาศจะทำให้อนุภาคของอากาศที่อยู่ติดกับผนังเกาะติดกับขอบของผนังจึงทำให้ความเร็วอากาศที่ตำแหน่งนี้มีค่าเป็นศูนย์ ซึ่งอากาศในส่วนนี้จะเป็นตัวหน่วงให้อากาศที่อยู่ชั้นติดกันไหลช้าลงและส่งผลต่อการหมุนวนในชั้นถัดๆ ไปให้ไหลช้าลงเช่นกัน

4.1.2 การกระจายตัวของอุณหภูมิอากาศภายในช่องระบายอากาศ

จากรูปที่ 5 ซึ่งคอนทัวร์ของอุณหภูมิอากาศ เมื่อช่องระบายอากาศกว้าง 0.05 m ช่องเปิดอากาศเข้าและออกมีขนาด 0.05 m ปริมาณฟลักซ์ความร้อนที่ผนังอาคารมีค่าเป็น 700 W/m^2 พบว่าการกระจายอุณหภูมิของอากาศที่มุมบนซ้ายของช่องระบายอากาศ เนื่องจากเป็นจุดที่ไม่มีการถ่ายเทของอากาศอีกทั้งจากสมมติฐานในการจำลองที่ให้เพดานเป็นฉนวนแบบสมบูรณ์และผนังชั้นนอกได้รับปริมาณฟลักซ์ความร้อนในปริมาณสม่ำเสมอจึงส่งผลให้จุดดังกล่าวมีค่าสูงที่สุด

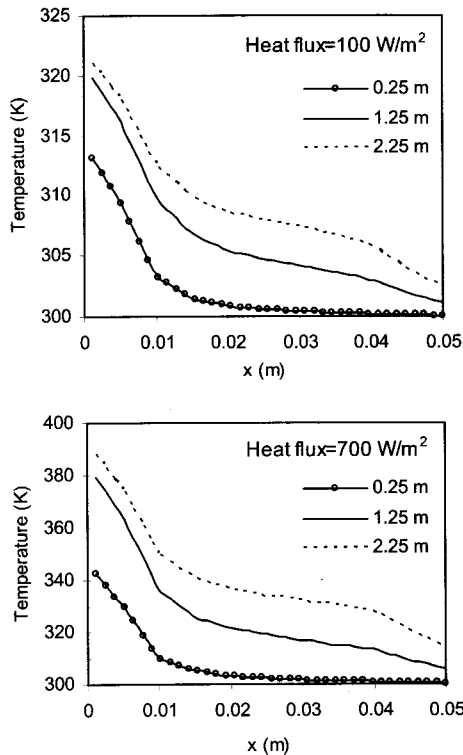


รูปที่ 4 การกระจายตัวของความเร็วอากาศ เมื่อช่องระบายอากาศกว้าง 0.05 m ปริมาณฟลักซ์ความร้อนที่ผนังอาคารมีค่าเป็น 100 และ 700 W/m^2



รูปที่ 5 (ก) คอนทัวร์ของอุณหภูมิอากาศ (ข) เวกเตอร์ความเร็วของอากาศ ซึ่งเกิดการหมุนวนที่มุมบนซ้ายภายในช่องระบายอากาศ

จากรูปที่ 6 ซึ่งแสดงการกระจายตัวของอุณหภูมิ ปริมาณฟลักซ์ความร้อนที่ผนังอาคารมีค่าเป็น 100 และ 700 W/m^2 พบว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณฟลักซ์ความร้อนที่ผนังชั้นนอกอาคารส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศ ณ ตำแหน่งต่างๆ ภายในช่องระบายอากาศ และสังเกตเห็นว่า อากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้นตามระดับความสูง นั่นคือที่ระดับต่ำ 0.25 m อากาศได้รับอิทธิพลจากมวลอากาศเย็นที่เข้าทางช่องเปิดขาเข้า ส่วนที่ระดับสูงขึ้นไปคือ 1.25 และ 2.25 m อุณหภูมิอากาศมีค่าสูงขึ้นเนื่องจากมีการผสมกันของอากาศที่ได้รับการถ่ายโอนความร้อนจากผนังอาคาร



รูปที่ 6 การกระจายตัวของอุณหภูมิอากาศ เมื่อช่องระบายอากาศกว้าง 0.05 m ปริมาณฟลักซ์ความร้อนที่ผนังอาคารมีค่าเป็น 100 และ 700 W/m^2

4.2 ผลกระทบจากความกว้างของช่องระบายอากาศ

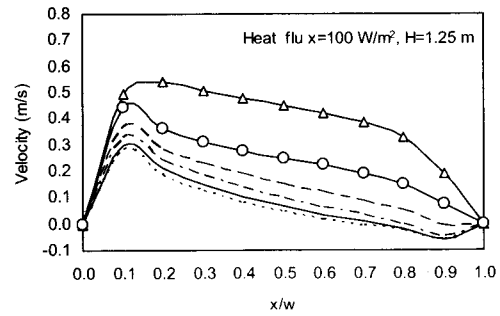
4.2.1 การกระจายตัวของความเร็วอากาศภายในช่องระบายอากาศ

จากรูปที่ 7 ซึ่งแสดงการกระจายตัวของความเร็วอากาศที่ระดับความสูง 1.25 m เมื่อความกว้างของช่องระบายอากาศ (w) มีค่าในช่วง 0.05 ถึง 0.30 m โดยได้รับปริมาณฟลักซ์ความร้อนที่ผนังอาคารมีค่าเป็น 100 W/m^2 พบว่าที่ระดับความสูงเดียวกัน ช่องระบายอากาศที่แคบกว่าส่งผลต่อค่าความเร็วอากาศที่แตกต่างเล็กน้อยกว่าเมื่อเทียบกับกรณีที่มีช่องระบายอากาศมีขนาดความกว้างมากขึ้นนั่นคือกรณีช่องระบายอากาศมีขนาดแคบกว่าส่งผลให้มีความสม่ำเสมอของการกระจายตัวของความเร็วอากาศดีกว่า ทั้งนี้เนื่องจากในช่องระบายอากาศที่กว้าง จะมีอากาศส่วนหนึ่งคือส่วนที่อยู่ติดกับผนังชั้นในที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจะเกิดการเคลื่อนที่ย้อนกลับในทิศทางซีกล่าง ส่งผลได้จากค่าความเร็วที่ติดลบ เป็นผลมาจากแรงลอยตัวมีอิทธิพลน้อยกว่าแรงโน้มถ่วงของโลกและแรงเสียดทานที่ผนังอาคาร

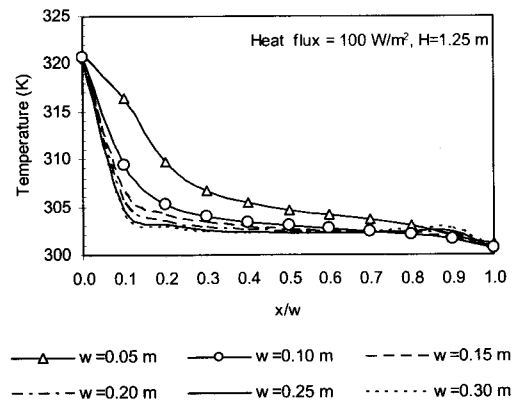
4.2.2 การกระจายตัวของอุณหภูมิอากาศภายในช่องระบายอากาศ

จากรูปที่ 8 ซึ่งแสดงการกระจายตัวของอุณหภูมิอากาศที่ระดับความสูง 1.25 m เมื่อความกว้างของช่องระบายอากาศ (w) มีค่าในช่วง 0.05 ถึง 0.30 m โดยได้รับปริมาณฟลักซ์ความร้อนที่ผนังอาคารมีค่าเป็น 100 W/m^2 พบว่าที่ระดับความสูงเดียวกัน อุณหภูมิอากาศมีค่า

ลดต่ำลงเมื่อช่องระบายอากาศมีค่าความกว้างมากขึ้นซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน



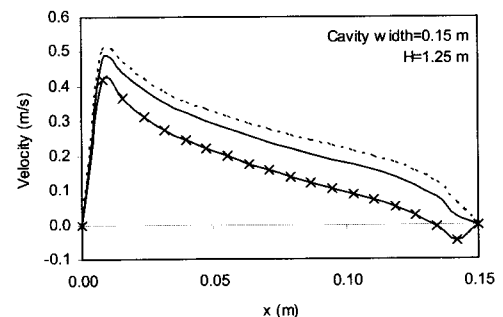
รูปที่ 7 การกระจายตัวของความเร็วอากาศที่ระดับความสูง 1.25 m เมื่อความกว้างของช่องระบายอากาศ (w) มีค่าในช่วง 0.05 ถึง 0.30 m



รูปที่ 8 การกระจายตัวของอุณหภูมิอากาศที่ระดับความสูง 1.25 m เมื่อความกว้างของช่องระบายอากาศ (w) มีค่าในช่วง 0.05 ถึง 0.30 m

4.3 ผลกระทบจากขนาดของช่องเปิด

4.3.1 การกระจายตัวของความเร็วอากาศภายในช่องระบายอากาศ



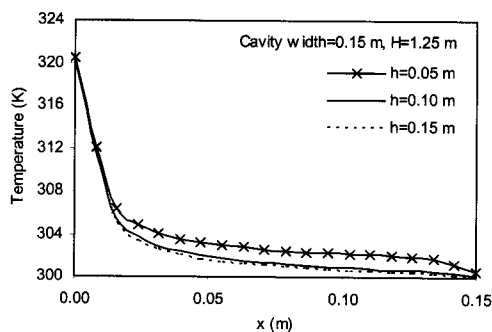
รูปที่ 9 การกระจายตัวของความเร็วอากาศเมื่อช่องเปิดอากาศเข้าและออกมีขนาดเท่ากันคือ 0.05 0.10 และ 0.15 m

จากรูปที่ 9 ซึ่งแสดงการกระจายตัวของความเร็วอากาศเมื่อช่องเปิดอากาศมี 3 ขนาดคือ 0.05 0.10 และ 0.15 m ซึ่งมีขนาดเท่ากันทั้งขาเข้า

และออก พบว่าที่ระดับความสูงเดียวกันภายในช่องระบายอากาศ เมื่อเพิ่มขนาดของช่องเปิดจะส่งผลต่อค่าความเร็วของอากาศที่สูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการตั้งสมมติฐานในการจำลองที่กำหนดการไหลของอากาศเป็นการไหลแบบคงตัวเนื่องจากได้รับปริมาณฟลักซ์ความร้อนที่ผนังอาคารอย่างสม่ำเสมอ ดังนั้นการเพิ่มขนาดของช่องเปิดเปรียบเสมือนการเพิ่มพื้นที่หน้าตัดในการไหลทำให้อากาศไหลเข้าสู่ช่องระบายอากาศได้มาก ทำให้อากาศมีค่าความเร็วสูงขึ้นซึ่งสอดคล้องกับการอนุรักษ์มวล

4.3.2 การกระจายตัวของอุณหภูมิอากาศภายในช่องระบายอากาศ

จากรูปที่ 10 ซึ่งแสดงการกระจายตัวของอุณหภูมิอากาศเมื่อช่องเปิดอากาศมี 3 ขนาดคือ 0.05 0.10 และ 0.15 m ซึ่งมีขนาดเท่ากันทั้งขาเข้าและออก ความร้อนที่ผนังอาคารเป็น 100 W/m^2 ที่ระดับความสูงช่องระบายอากาศ 1.25 m พบว่าที่ระดับความสูงเดียวกัน เมื่อเพิ่มขนาดของช่องเปิดอากาศส่งผลต่อการลดลงของอุณหภูมิอากาศ ณ ตำแหน่งต่างๆ ภายในช่องระบายอากาศ ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มขนาดของช่องเปิดส่งผลให้อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศมีค่าสูงขึ้นและเพื่อให้สอดคล้องกับกฎการอนุรักษ์พลังงาน เมื่อปริมาณฟลักซ์ความร้อนที่ผนังอาคารได้รับมีค่าเท่าเดิม อุณหภูมิอากาศจึงต้องมีค่าลดลง



รูปที่ 10 การกระจายตัวของอุณหภูมิอากาศเมื่อช่องเปิดอากาศขาเข้าและออกมีขนาดเท่ากันคือ 0.05 0.10 และ 0.15 m

4. สรุป

จากการศึกษาข้างต้นจะเห็นว่า ความเร็วและอุณหภูมิของอากาศ ณ จุดต่างๆ ภายในช่องระบายอากาศมีค่าเพิ่มขึ้นตามความเข้มรังสีอาทิตย์ เนื่องจากได้รับปริมาณฟลักซ์ความร้อนที่เพิ่มขึ้นในขณะที่ปริมาตรควบคุม (ช่องระบายอากาศ) มีค่าเท่าเดิม ตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน อุณหภูมิอากาศภายในช่องระบายอากาศจึงมีค่าสูงขึ้นทำให้ความหนาแน่นอากาศมีค่าลดลงและด้วยแรงลอยตัวที่เพิ่มมากขึ้นจึงส่งผลให้ความเร็วอากาศมีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย แต่ความเร็วอากาศที่ขอบผนังมีค่าเป็นศูนย์เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากความเสียดทานของผนังอาคาร

การเพิ่มขนาดของช่องระบายอากาศส่งผลต่อการลดลงของอุณหภูมิและความเร็วอากาศเนื่องจากการเพิ่มปริมาตรควบคุมในขณะที่ได้รับปริมาณฟลักซ์ความร้อนเท่าเดิม อีกทั้งส่งผลให้เกิดความไม่สม่ำเสมอของการกระจายตัวของความเร็วอากาศเนื่องจากในช่องระบายอากาศที่กว้างมากขึ้นทำให้อากาศเกิดการไหลย้อนกลับใกล้กับผนังขึ้นใน

การเพิ่มขนาดของช่องเปิดเป็นการเพิ่มพื้นที่หน้าตัดในการไหลทำให้อากาศไหลเข้าสู่ช่องระบายอากาศได้มาก ส่งผลให้ค่าความเร็วอากาศสูงขึ้นเนื่องจากการไหลแบบคงตัว แต่ส่งผลต่อการลดลงของค่าอุณหภูมิอากาศเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศในขณะที่ปริมาณฟลักซ์ความร้อนที่ผนังอาคารได้รับมีค่าเท่าเดิมซึ่งตามกฎการอนุรักษ์มวล อุณหภูมิอากาศจึงต้องมีค่าลดลง

เอกสารอ้างอิง

- [1] M. A. Habib, S. A. M. Said, S. A. Ahmed and A. Asghar, "Velocity characteristics of turbulent natural convection in symmetrically and asymmetrically heated vertical channels," *Experimental Thermal and Fluid Science*, vol. 26, pp. 77-87, 2002.
- [2] S. A.M. Burek and A. Habeb, "Air flow and thermal efficiency characteristics in solar chimneys and Trombe Walls," *Energy and Buildings*, Vol. 39, pp. 128-135, 2007.
- [3] Ong, K.S. and Chow, C.C., "Performance of a solar chimney" *Solar Energy*, Vol. 74, pp. 1-17, 2003.
- [4] Guohui Gan, "Simulation of buoyancy-induced flow in open cavities for natural ventilation," *Energy and Buildings*, Vol. 38, pp. 410-420, 2006.
- [5] Holman, J.P. "Heat Transfer" McGraw-Hill, 9th Edition, Singapore, pp. 322-323, 2002.

ประวัติผู้เขียนบทความ



นางสาวจรรุณี เข้มพิลา

ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

งานวิจัยที่สนใจ Solar powered adsorption refrigeration, Solar ice maker, Solar application