

ประสิทธิภาพการระบายอากาศของบานเลื่อนขอบ ประตู (Air Post) ในอาคารชุดพักอาศัยแนวตั้ง

อรรจน์ เศรษฐบุตร*

ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

atch.s@chula.ac.th

บทคัดย่อ

อาคารชุดพักอาศัยแนวตั้งในเขตเมืองมักถูกออกแบบวางผังโดยไม่ได้เน้นทางด้าน การระบายอากาศธรรมชาติ เนื่องจากขนาดที่ดินที่จำกัด ขนาดห้องชุดที่มีขนาดเล็ก มีพื้นที่หน้าต่างน้อย ไม่มีชายคากันแดดกันฝน รวมทั้งการใช้วัสดุเปลือกอาคารที่ไม่สามารถป้องกันความร้อนได้อย่างเต็มที่ ส่งผลให้เกิดปัญหาความร้อนสะสมในช่วงเวลากลางวันจากแสงแดดภายนอกที่ทะลุผ่านกระจกหน้าต่างด้วยปรากฏการณ์เรือนกระจก (greenhouse effect) และสะสมความร้อนในห้องน้ำจากการอาบน้ำในเวลาเช้าแล้วต้องปิดห้องออกไปทำงานนอกบ้าน นอกจากนี้ผู้อยู่อาศัยก็ไม่ต้องการเปิดหน้าต่างทิ้งไว้ในระหว่างวันเพราะเกรงว่าถ้าฝนตก ฝนจะสาดเข้าห้องโดยไม่มีใครปิดหน้าต่างให้ การสะสมความร้อนและความชื้นตลอดเวลากลางวันได้ส่งผลให้พื้นที่ภายในห้องพักมีอุณหภูมิสูงขึ้นมากจนเวลาหัวค่ำซึ่งเป็นในเวลา ที่ผู้อยู่อาศัยกลับมาถึงแล้วต้องเปิดเครื่องปรับอากาศเพื่อทำความเย็นและลดความชื้นให้แก่โครงสร้างและพื้นที่อาคารโดยไม่จำเป็น ด้วยเหตุนี้ จึงได้มีแนวคิดการออกแบบที่นำสภาพแวดล้อมโดยรอบของอาคารสูงมาปรับใช้ในพื้นที่ของอาคาร ให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด โดยการนำหลักการถ่ายเทอากาศตามธรรมชาติมาใช้เพื่อสร้างสภาวะน่าสบาย ลดความชื้นในห้องน้ำ และเพิ่มคุณภาพอากาศภายในอาคาร ทีมงานผู้พัฒนาโครงการคอนโดมิเนียมจึงได้ออกแบบอุปกรณ์ที่ช่วยในการถ่ายเทอากาศจากบริเวณทางเดินส่วนกลางของอาคารไปยังในแต่ละยูนิต โดยเรียกชื่อว่า Air Post ซึ่งเป็นเหมือนกล่องเหล็กตู้ใส่จดหมายที่มีขนาดตามยาวตามประตูทางเข้าห้อง โดยมีช่องระบายอากาศเป็นบานเลื่อนเปิดปิดเพื่อการถ่ายเทอากาศจากบริเวณโถงทางเดินกลางไปสู่ภายในห้องพักแต่ละยูนิต ผู้อยู่อาศัยสามารถเลื่อนเปิดให้ระบายอากาศได้ทั้งในเวลาที่พักอยู่ในห้องในขณะที่ไม่เปิดเครื่องปรับอากาศ ในเวลานอน ในฤดูหนาว หรือแม้แต่ในเวลากลางวันที่ไม่มีความชื้นในห้องพัก เพื่อช่วยระบายความร้อน และความชื้นที่สะสมในห้องชุดในเวลากลางวัน ทั้งนี้เพื่อความแม่นยำและการพัฒนาโครงการต่อไปในอนาคต ทีมผู้ออกแบบจึงได้ทำการทดสอบอัตราการไหลเวียนของอากาศระหว่างภายในและภายนอกจากอุปกรณ์ Air Post โดยศึกษาค่าการแลกเปลี่ยนอากาศ (air change rate) ของห้องพักเมื่อติดตั้ง Air Post โดยใช้อุปกรณ์ Blower Door ทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM E779-03: Standard Test Method for Determining Air Leakage Rate by Fan Pressurization ผลการทดสอบพบว่า การติดตั้ง Air Post สามารถช่วยเพิ่มอัตราการระบายอากาศได้ 37% โดยสามารถเพิ่มอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ (Air Exchange Rate) จาก 1.73 ACH เป็นที่ 2.38 ACH ซึ่งมากเพียงพอที่จะนำ Air Post มาใช้ติดตั้งจริงในโครงการคอนโดมิเนียมต่อไป

คำสำคัญ : การทดสอบประตูอัดลม อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ การระบายอากาศธรรมชาติ อาคารชุดพักอาศัยแนวตั้ง

* ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.

Ventilation Effectiveness of Door-sided Operable Shutter (Air Post) in High-rise Residential Building

Atch Sreshthaputra *

Department of Architecture, Faculty of Architecture, Chulalongkorn University
atch.s@chula.ac.th

ABSTRACT

High-rise residential buildings in the city are typically designed without taking serious consideration of natural ventilation. The reasons behind this are the limited size of lands, small-size living units, small window exposures, no shading for sun and rain, and poor thermal performance of the envelope. The results are the excessive accumulation of solar heat gain through unprotected glazed windows thus causing the “Green House Effect” and humidity buildup in the bathrooms as the residents leave for work after taking a bath in the morning. In addition, residents do not prefer to leave windows open for ventilation during daytime for fear of rain. That makes the matters worse as the solar heat has caused the inside to be warm up until the evening when the residents come back and need to turn on air-conditioners at full power. There is an idea to bring natural ventilation to use in high-rise residential buildings more effectively for thermal comfort and good indoor air quality. The design team has developed ‘Air Post’, a Door-sided Operable Shutter installed at the entry of every living unit in order to allow natural ventilation from the units to corridors. Air Post is simply a metal mailbox put along the height of the door; however, the lower half of the box is equipped with metal shutters of which the resident can open or close the lid from the inside. By using Air Post, the resident can enjoy natural ventilation at night or when the air-conditioner is off as the outside weather is comfortable. Even during the day when nobody is inside, Air Post can be opened in order to help ventilating the warm and humid air out of the room.

To ensure that Air Post can successfully enhance thermal comfort and indoor air quality, the developer team then needed to perform a test for air exchange and ventilation effectiveness using a Blower Door method based on the ASTM E779-03: Standard Test Method for Determining Air Leakage Rate by Fan Pressurization. The test showed that Air Post can help increase the ventilation rate by 37%. The air exchange rate increases from 1.73 ACH to 2.38 ACH. The successful test results have brought Air Post to be in use for every high-rise residential condominium in the future.

Keywords: Blower Door Test, Air Exchange Rate, Natural Ventilation, High-rise residential buildings

* Assistant Professor, Ph.D.

ความเป็นมา

การเจริญเติบโตของกรุงเทพมหานครเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา ที่ดินในเขตเมืองมีราคาสูงขึ้นอย่างมาก ในขณะที่ระบบขนส่งมวลชนออกไปนอกตัวเมืองยังไม่แล้วเสร็จสมบูรณ์ และรวมทั้งปัจจัยราคาน้ำมันที่สูงขึ้นมากประกอบกับความไม่มั่นใจของประชาชนที่จะออกมาพักอาศัยนอกเมืองจากเหตุการณ์น้ำท่วมใหญ่ในเขตปริมณฑลของกรุงเทพมหานครในปี พ.ศ. 2554 ด้วยเหตุดังกล่าว ผู้ที่ต้องการซื้อบ้านจึงนิยมไปซื้ออาคารชุดพักอาศัยแนวตั้ง เกิดโครงการอาคารคอนโดมิเนียมสูงจำนวนมากในเขตเมือง ซึ่งห้องชุดขนาด 1 ห้องนอน พื้นที่ห้องประมาณ 30-50 m² ราคาประมาณ 2-4 ล้านบาท มักเป็นที่นิยมสำหรับคนชั้นกลางรุ่นใหม่ที่เพิ่งเริ่มต้นทำงาน ซึ่งใช้ห้องชุดเป็นที่พักอาศัยนอน หรือมีแผนนั้นก็จะเป็นห้องพักให้ลูกหลานใช้อาศัยระหว่างเรียนหนังสือในวันธรรมดา และเมื่อวันหยุดเสาร์อาทิตย์ก็จะออกไปอยู่บ้านเดี่ยวชานเมืองกับครอบครัว จากการศึกษาของสถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2549) ดนุสรณ์ บัวขจร (2554) และอภิภิญญา บุญมา (2555) พบว่าผู้อยู่อาศัยในอาคารชุดพักอาศัยแนวตั้งในเขตเมืองส่วนใหญ่จะอยู่ในห้องชุดในเวลากลางวัน เพราะในเวลากลางวันจะออกไปทำงานหรือเรียนหนังสือ ซึ่งทำให้มีการเปิดเครื่องปรับอากาศส่วนใหญ่ในเวลากลางวัน

นอกจากนี้ จากการศึกษาของสริน พิณีจ (2553) ก็พบว่าอาคารชุดพักอาศัยแนวตั้งในเขตเมืองมักถูกออกแบบวางผังโดยไม่ได้เน้นทางด้านการระบายอากาศธรรมชาติ เนื่องจากขนาดที่ดินที่จำกัด ขนาดห้องชุดที่มีขนาดเล็ก มีพื้นที่หน้าต่างน้อย ไม่มีชายคากันแดดกันฝน รวมทั้งการใช้วัสดุเปลือกอาคารที่ไม่มีประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนได้อย่างดี ส่งผลให้เกิดปัญหาความร้อนสะสมในช่วงเวลากลางวันจากแสงแดดภายนอกที่ทะลุผ่านกระจกหน้าต่างด้วยปรากฏการณ์เรือนกระจก (greenhouse effect) นอกจากนี้ผู้อยู่อาศัยก็ไม่ต้องเปิดหน้าต่างทิ้งไว้ในระหว่างวันเพราะเกรงว่าถ้าฝนตก ฝนจะสาดเข้าห้อง โดยไม่มีใครปิดหน้าต่างให้ ผลการศึกษานี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยการประหยัดพลังงานในอาคาร

พักอาศัยของอรรถน์ เศรษฐบุตร และ ธนิต จินดาวงนิค (2550) อรรถน์ เศรษฐบุตร (2551) และประวีตร กิติชาญธิระ (2553) ที่ได้เสนอว่าหากอาคารพักอาศัยในเขตเมืองขึ้นไม่มีอุปกรณ์กันแดดและปล่อยให้รังสีอาทิตย์ส่งผ่านหน้าต่างกระจกเกิดเป็นการสะสมความร้อนตลอดเวลา กลางวัน จะทำให้พื้นที่ภายในอาคารพักอาศัยมีอุณหภูมิสูงขึ้นมากจนเวลาพลบค่ำซึ่งเป็นในเวลาที่มีผู้อยู่อาศัยกลับมาถึง แล้วต้องเปิดเครื่องปรับอากาศเพื่อทำความเย็นให้แก่โครงสร้างอาคารโดยไม่จำเป็น ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานอย่างมาก ในขณะที่การเพิ่มฉนวนกันความร้อนที่ผนังบ้านพักอาศัยเหล่านั้นก็กลับกลายเป็นการเพิ่มภาระการทำความเย็นให้ห้องด้วยปรากฏการณ์ที่เรียกว่า ‘กระดิกน้ำร้อน’ และพบว่าพื้นที่พักอาศัยที่ใช้งานในเวลากลางวันเป็นส่วนใหญ่ ควรออกแบบให้มีการระบายอากาศร้อนได้ดีตลอดเวลากลางวัน พร้อมกับมีการบังแดดที่ดีและมีวัสดุเปลือกอาคารที่ไม่สะสมความร้อน ซึ่งเป็นแนวทางการออกแบบเรือนไทยนั่นเอง

จากงานวิจัยเกี่ยวกับอาคารพักอาศัยเขตร้อนชื้นที่ผู้อยู่อาศัยใช้งานอาคารส่วนใหญ่ในเวลากลางวัน คำรณ สุทธิ (2554) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับค่าการรั่วซึมของอากาศ (Air Infiltration) ที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคารบ้านพักอาศัย 3 ประเภท ได้แก่บ้านจัดสรรสมัยใหม่ บ้านไทยร่วมสมัย และเรือนไทยประเพณี (เรือนไทยจุฬาฯ) โดยใช้การทดสอบอุปกรณ์ Blower Door ตามมาตรฐาน ASTM E779-03: Standard Test Method for Determining Air Leakage Rate by Fan Pressurization เพื่อนำค่าการแลกเปลี่ยนอากาศ (Air Exchange Rate) จากการทดสอบนี้ไปป้อนค่าในโปรแกรมจำลองการใช้พลังงาน DOE-2.1E พบว่าค่าการแลกเปลี่ยนอากาศของบ้านจัดสรรสมัยใหม่จะอยู่ที่ 0.56 ACH ในขณะที่เรือนไทยประเพณีจะมีค่าสูงถึง 1.89 ACH เพราะเรือนไทยประเพณีมีการใช้วัสดุเปลือกอาคารและช่องเปิดเป็นไม้ทั้งหลัง จึงมีการรั่วซึมของอากาศมากกว่าบ้านจัดสรรสมัยใหม่ สิ่งที่น่าสนใจนี้เสนออีกคือ สำหรับอาคารที่เปิดเครื่องปรับอากาศส่วนใหญ่ในเวลากลางวัน ค่าการรั่วซึมอากาศที่สูงของบ้านจะช่วยระบายอากาศร้อนที่สะสมในเวลากลางวันด้วยปรากฏการณ์เรือนกระจกออกไป

ในขณะที่ในเวลากลางวัน เมื่อทำการเปิดเครื่องปรับอากาศในบ้าน ค่าการรั่วซึมอากาศมีสูงขึ้นมีผลน้อยมากต่อภาระการทำความเย็นในเวลากลางวัน ทั้งนี้เพราะอุณหภูมิอากาศภายนอกจะไม่สูงเท่าในเวลากลางวันและความเร็วลมภายนอกในเวลากลางวันก็จะต่ำกว่า ทำให้ผลกระทบจากการรั่วซึมอากาศต่อบ้านไทยมีน้อยมาก นอกจากนี้งานวิจัยนี้ยังพบว่า ถึงแม้จะทำการติดตั้งเครื่องปรับอากาศในเรือนไทยประเพณี การใช้พลังงานการทำความเย็นในเรือนไทยประเพณีก็ยังมีค่าต่ำกว่าในบ้านจัดสรรสมัยใหม่ ซึ่งจากผลการศึกษาของ Sreshthaputra, Haberl and Andrews (2004) ก็ยืนยันว่าการออกแบบของอาคารในเขตร้อนชื้นให้มีความน่าสบายและประหยัดพลังงานจำเป็นต้องสร้างสมดุลของปัจจัย 3 อย่าง ได้แก่ 1. มวลอุณหภาพ (thermal mass) 2. อัตราการระบายอากาศ (ventilation rate) และ 3. ช่วงเวลาเปิดปิดหน้าต่างให้ได้อย่างพอดีเพื่อให้อุณหภูมิภายในอาคารอยู่ใกล้เคียงเขตสภาวะน่าสบายที่สุด ซึ่งอาคารที่ใช้งานกลางวัน เช่น บ้านพักอาศัยจะต้องมีความแตกต่างของปัจจัยทั้งสามจากอาคารที่ใช้งานเวลากลางวัน เช่น สำนักงาน โรงเรียน หรือโบสถ์

จากผลงานวิจัยที่ได้กล่าวมา ทำให้เกิดแนวคิดที่ว่าอาคารพักอาศัยในเขตร้อนชื้นที่มีการใช้งานส่วนใหญ่ในเวลากลางวัน ควรจะมีการระบายอากาศร้อนมิให้สะสมในอาคารตลอดช่วงเวลากลางวันจนกว่าผู้ใช้อาคารจะกลับมาในเวลาพลบค่ำและเปิดใช้เครื่องปรับอากาศ ซึ่งหากเป็นอาคารสูงที่ความเร็วลมภายนอกสูงกว่าอาคารแนวราบ ค่าการแลกเปลี่ยนของอากาศก็จะสูงในเวลากลางวันแต่อาจจะสูงจนส่งผลกระทบต่อภาระการทำความเย็นในเวลากลางวันได้ ดังนั้น แนวคิดของการออกแบบอาคารชุดพักอาศัยแนวตั้งก็ควรจะให้มีการระบายอากาศร้อนจากห้องชุดตลอดทั้งวัน และควบคุมการรั่วซึมในขณะที่เปิดเครื่องปรับอากาศในเวลากลางวันได้ด้วย ซึ่งเป็นที่มาของนวัตกรรมการออกแบบอุปกรณ์ บ้านเลื่อนขอบประตู หรือ Air Post

Air Post (แสดงในภาพที่ 1 และ 2) เป็นนวัตกรรมการออกแบบอาคารชุดพักอาศัยประเภทคอนกรีตเสริมคอนกรีต

เขตเมือง (สิทธิบัตรการออกแบบเลขที่ 1002001938, อนุสิทธิบัตรเลขที่ 5941) ที่เน้นการส่งเสริมคุณภาพอากาศภายใน (indoor air quality) ในอาคารชุดพักอาศัยแนวตั้งที่ไม่มีหน้าต่างทะเล 2 ด้าน โดยออกแบบเป็นอุปกรณ์คล้ายกล่องใส่จดหมายที่มีขนาดตามยาวตามประตูทางเข้าห้อง โดยมีช่องระแนงระบายอากาศอยู่ภายนอกทั้งสองฝั่งโดยมีอุปกรณ์เลื่อนเปิดปิด เพื่อการถ่ายเทอากาศจากบริเวณโถงทางเดินไปสู่ภายในห้อง ผู้อาศัยสามารถเลื่อนเปิดให้ระบายอากาศได้ทั้งในเวลาที่พักอยู่ในห้องในขณะที่ไม่เปิดเครื่องปรับอากาศ ในเวลานอน หรือแม้แต่ว่าในเวลากลางวันที่ไม่มีคนอยู่ในห้องพัก เพื่อช่วยระบายอากาศและความร้อนที่สะสมในห้องชุดในเวลากลางวันที่อาคารได้รับแสงแดด โดยอุปกรณ์นี้ใช้หลักการ passive ventilation เพื่อช่วยให้มีการไหลเวียนของอากาศตลอดเวลาที่เปิดใช้

เพื่อความแม่นยำและการพัฒนาต่อไปในอนาคต ทีมผู้ออกแบบจึงได้มอบหมายให้คณะผู้วิจัย ทำการทดสอบอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศของห้องชุดอันเนื่องมาจากการติดตั้งอุปกรณ์ Air Post โดยศึกษาค่าการรั่วซึมของอากาศ (air infiltration rate) ของห้องชุดหากติดตั้ง Air Post โดยใช้มาตรฐาน ASTM E779-03: Standard Test Method for Determining Air Leakage Rate by Fan Pressurization ซึ่งตามมาตรฐานนี้ จะต้องทำการติดตั้งพัดลมขนาดใหญ่เพื่อเป่าอัดลมแรงเข้าไปในห้องชุด และทำการวัดค่าความดันอากาศแตกต่างในห้องและนอกห้องในขณะนั้น (Kootin-Sanwu, Sreshthaputra and Haberl (2000)) ในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2556 ที่ปรึกษาได้ทดลองติดตั้ง Air Post ในอาคารชุดพักอาศัยแห่งหนึ่ง และใช้พัดลม Blower ที่มีกำลังอัดลมได้ถึง 6,500 ลูกบาศก์ฟุตต่ออนาที (CFM) ติดตั้งชุดควบคุมปรับเปลี่ยนความเร็วรอบของมอเตอร์พัดลม (variable speed drive) เพื่อปรับอัตราการไหลของลมจากอัตราต่ำสุดไปสูงสุด และวัดค่าความดันอากาศระหว่างอากาศภายในห้องและภายนอกห้องด้วยเครื่องนาโนมิเตอร์ เมื่อได้ค่าที่ตรวจวัดแล้วจึงนำมาคำนวณเป็นค่าการรั่วซึมของอากาศเพื่อดำเนินการสรุปผลและให้ข้อเสนอแนะ (ASTM 2003).



ภาพที่ 1 Air Post ที่ทำการติดตั้งที่ขอบประตูห้องชุดคอนโดมิเนียม



ภาพจากภายนอกห้อง



ภาพจากภายในห้อง ด้านในเป็นชั้นวางกุญแจ
บ้าน กุญแจรถยนต์ และอุปกรณ์อื่นๆ



ช่องระบายอากาศด้านล่าง สามารถเลื่อนแถบขึ้น-ลง
เมื่อเปิด-ปิด ช่องระบายอากาศ และสามารถถอดทำ
ความสะอาดได้ง่ายได้ ภายในกรุฉนวนดูดซับเสียง



สามารถติด magnet หรือน็อตกันลื่นได้

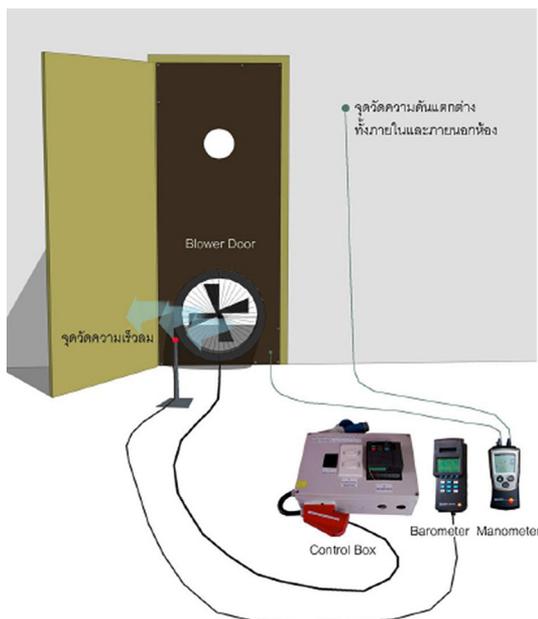
ภาพที่ 2 การสาธิตการใช้งาน Air Post ที่ทำการติดตั้งที่ขอบประตูห้องชุดคอนโดมิเนียม

วัตถุประสงค์

ทำการทดสอบเพื่อหาค่าอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศของอุปกรณ์ Air Post ด้วยวิธีทดสอบตามมาตรฐาน ASTM E779-03: Standard Test Method for Determining Air Leakage Rate by Fan Pressurization

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. อุปกรณ์ blower door เป็นประตูผ้าใบที่ปิดประตูได้สนิท เหลือเพียงช่องที่เจาะให้ลมจากพัดลมอัดเข้าสู่ภายในห้อง (แสดงในภาพที่ 3)
2. พัดลม blower ขนาด 6,500 CFM ที่ติดตั้งอุปกรณ์ที่ปรับเปลี่ยนรอบของมอเตอร์ได้ตามที่ต้องการ
3. เครื่องวัดความเร็วลม (anemometer) เพื่อวัดความเร็วลมจากพัดลมและนำมาคำนวณค่าปริมาณการไหลของลม



ภาพที่ 3 การติดตั้ง blower door test (ที่มา: คำรณ สุทธิ 2554)



ภาพที่ 4 เครื่องวัดความดันอากาศแตกต่างระบบดิจิทัล differential pressure manometer รุ่น TESTO 510

4. เครื่องวัดความดันอากาศแตกต่างแบบดิจิทัล (digital manometer) รุ่น Testo 510 เพื่อวัดความดันอากาศแตกต่างระหว่างภายในห้องและภายนอกห้อง (differential pressure) (แสดงในภาพที่ 4)

วิธีดำเนินการทดสอบ

1. ทำการสำรวจพื้นที่ก่อนการติดตั้ง ซึ่งโครงการที่เข้าไปทำการทดสอบคือ โครงการคอนโดมิเนียมแห่งหนึ่งในเขต สาทร-ราชพฤกษ์ ห้องที่ทำการทดสอบเป็นห้องชุดบนชั้น 10 ขนาด 1 ห้องนอน มีพื้นที่ห้อง 32 m² มีความสูงเพดาน 2.4 m ดังนั้น จึงมีปริมาตรห้องเท่ากับ 76.8 m³
2. ทำการติดตั้ง Air Post เข้ากับประตูห้องพัก ทำการยาแนวอุดรอยต่อให้เหมือนกับการติดตั้งจริง (แสดงในภาพที่ 5)
3. ปิดเครื่องปรับอากาศ ปิดพัดลมระบายอากาศครัว ปิดประตูระเบียง และหน้าต่างภายนอกให้เสมือนกับเป็นช่วงเวลากลางวันที่ไม่มีผู้พักอาศัย ทำการติดตั้งอุปกรณ์ blower door ที่ประตูทางเข้าจากทางเดินกลาง ติดตั้งพัดลมและชุดควบคุมความเร็ว



ภาพที่ 5 Air Post ที่ทำการติดตั้งที่ขอบประตูห้องชุด คอนโดมิเนียมที่ทำการทดลอง



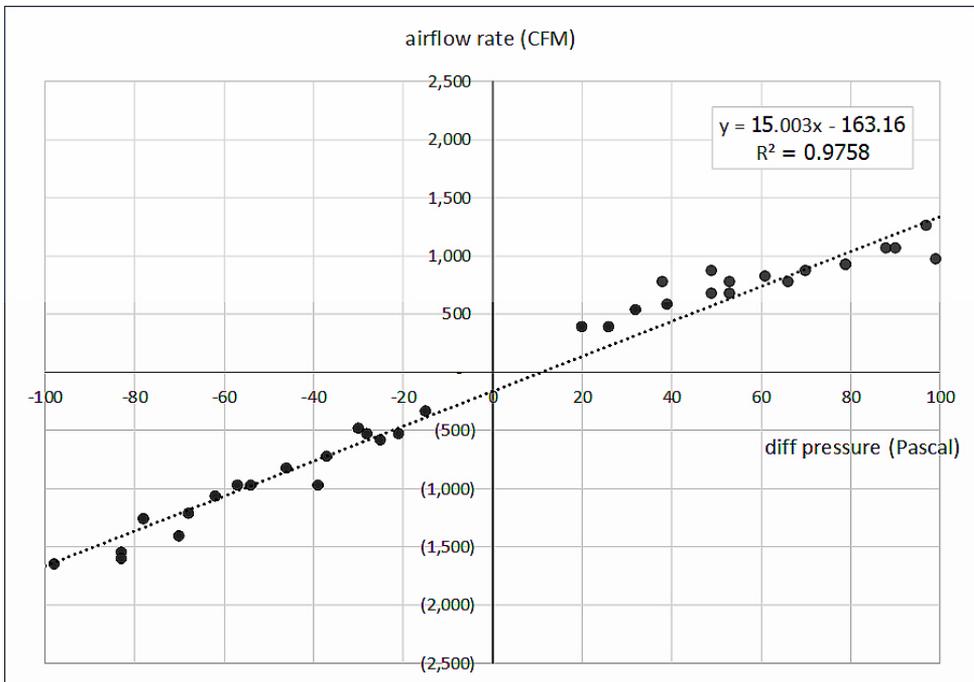
ภาพที่ 6 การติดตั้งอุปกรณ์ blower door เข้าไปในห้องชุด เพื่อวัดความดันอากาศ

รอบของพัดลมจากภายนอกห้อง ปิดแนวรอยต่อของ blower door และช่องประตูห้องด้วยเทปผ้าอย่างแน่นหนา ควบคุมให้มีลมซึมออกน้อยที่สุด (แสดงในภาพที่ 6)

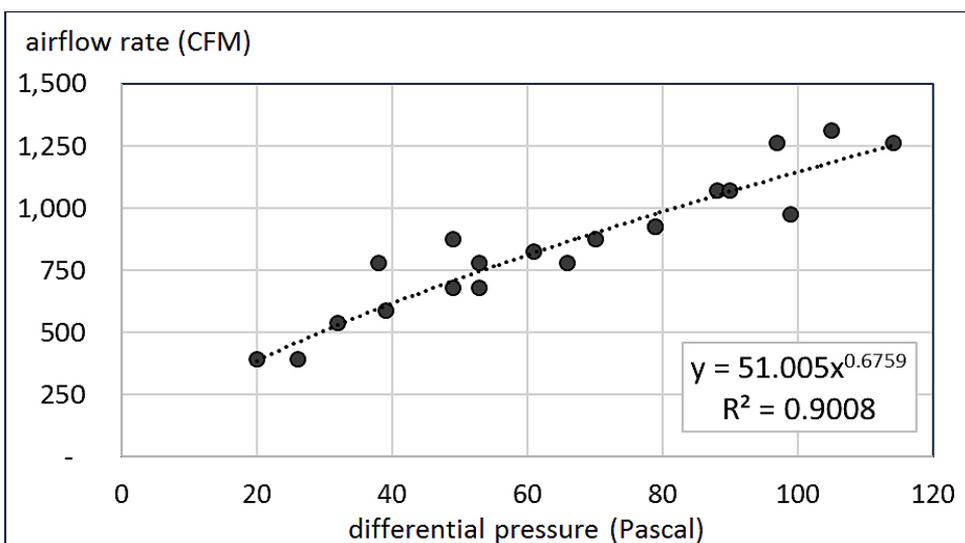
- ติดตั้งเครื่องวัดความดันอากาศแตกต่าง (differential pressure manometer) โดยอุปกรณ์นี้จะมี 2 หัว หัวแรกวัดภายในห้องโดยใช้สายยางสอดเข้าสู่ภายในห้อง และหัวที่สองวัดความดันอากาศบริเวณทางเดินภายนอกห้อง ผลการวัดจะได้ค่าความดันแตกต่างในหน่วย Pascal
- เดินเครื่องพัดลม ทำการเป่าลมเข้าห้อง (pressurization) และดูดลมออกห้อง (depressurization) ในแต่ละช่วงความเร็วรอบของพัดลม พร้อมกับวัดค่าความเร็วลม (flow speed) ที่ถูกเป่า (และดูดออก) ที่หน้าตัดของพัดลม ทำการคำนวณพื้นที่หน้าตัดของ

พัดลมได้ 0.229 m^2 เมื่อวัดความเร็วลมและนำมาคูณกับพื้นที่หน้าตัดนี้ก็จะได้อัตราการไหลของอากาศ (airflow rate) อันเนื่องมาจากพัดลม

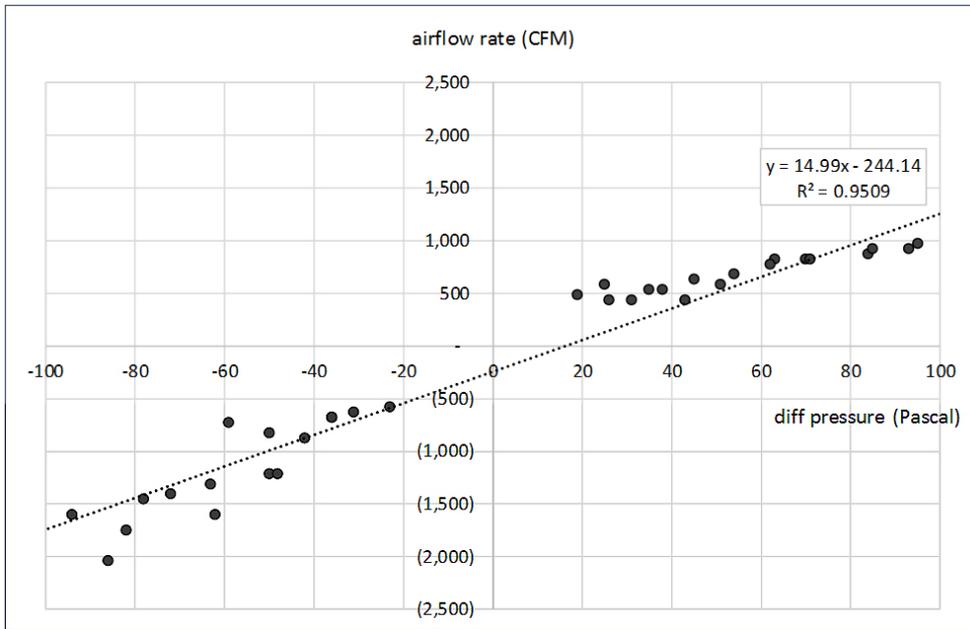
- ในแต่ละช่วงความเร็วรอบของพัดลม ทำการวัดความดันแตกต่างทุกช่วงความดัน 5-10 Pa พร้อมกับวัดความเร็วลมเพื่อนำมาคำนวณอัตราการไหลของอากาศโดยทดสอบในกรณีก่อนติดตั้งและหลังติดตั้ง Air Post ทำการบันทึกผลในแต่ละการทดสอบทั้ง pressurization และ depressurization สร้างสมการถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงเส้น (linear regression) ระหว่างอัตราการไหลของลม (CFM) และค่าความดันอากาศแตกต่าง (Pascal) (ตามแผนภูมิที่ 1 และ 3) โดยทั้งนี้ มาตรฐาน ASTM E779-03 กำหนดว่าค่า R-square จะต้องมากกว่า 0.95 มิฉะนั้นจะต้องเดินเครื่องพัดลมและทำการวัดใหม่จนกว่าจะได้ค่าที่กำหนด



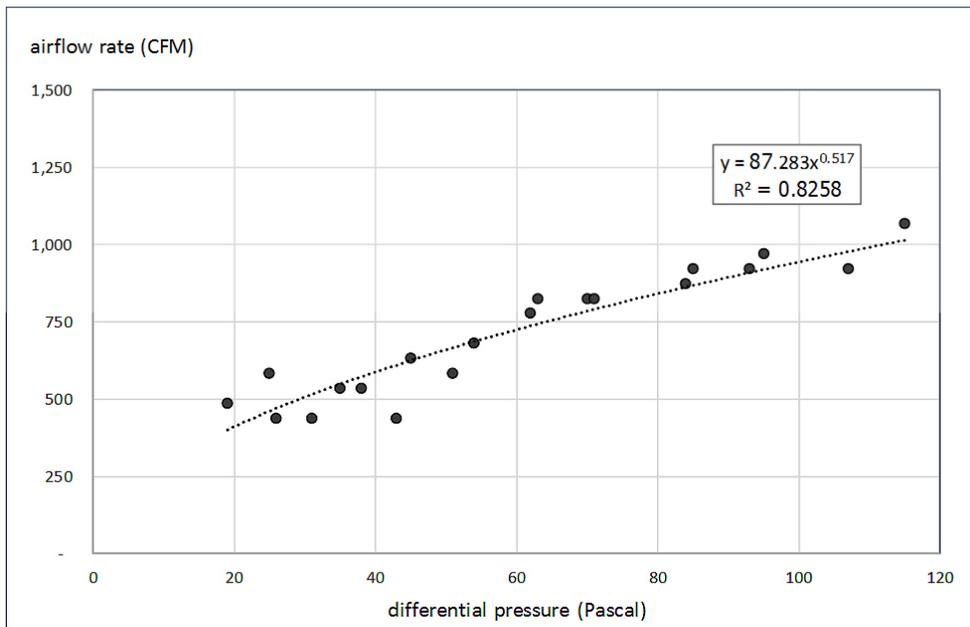
แผนภูมิที่ 1 ผลการทดสอบ Pressurization/Depressurization จากการใช้พัดลมอัดอากาศและดูดอากาศเข้าห้องทดสอบ แสดงปริมาณค่าการไหลของอากาศเข้าสู่ห้องในหน่วย ft^3/min หรือ CFM (แกน Y) เทียบกับความดันอากาศแตกต่างระหว่างภายในและภายนอกห้องในหน่วย Pascal (แกน X): กรณีก่อนติดตั้ง Air Post



แผนภูมิที่ 2 ผลการวิเคราะห์สมการถดถอย (regression) ของผลการทำ Pressurization/Depressurization แสดงปริมาณค่าการไหลของอากาศเข้าสู่ห้องในหน่วย ft^3/min หรือ CFM (แกน Y) เทียบกับความดันอากาศแตกต่างระหว่างภายในและภายนอกห้องในหน่วย Pascal (แกน X): กรณีก่อนติดตั้ง Air Post



แผนภูมิที่ 3 ผลการทดสอบ Pressurization/Depressurization จากการใช้พัดลมอัดอากาศและดูดอากาศเข้าห้องทดสอบ แสดงปริมาณค่าการไหลของอากาศเข้าสู่ห้องในหน่วย ft^3/min หรือ CFM (แกน Y) เทียบกับความดันอากาศแตกต่างระหว่างภายในและภายนอกห้องในหน่วย Pascal (แกน X): กรณีหลังติดตั้ง Air Post



แผนภูมิที่ 4 ผลการวิเคราะห์สมการถดถอย (regression) ของผลการทำ Pressurization/Depressurization แสดงปริมาณค่าการไหลของอากาศเข้าสู่ห้องในหน่วย ft^3/min หรือ CFM (แกน Y) เทียบกับความดันอากาศแตกต่างระหว่างภายในและภายนอกห้องในหน่วย Pascal (แกน X): กรณีหลังติดตั้ง Air Post

7. นำข้อมูลที่ได้วัดได้มาสร้างสมการถดถอยเชิงเส้นแบบ Log-linearized (ตามแผนภูมิที่ 2 และ 4) โดยใช้สมการต่อไปนี้

$$Q = C(dP)^n \quad (1)$$

- Q คือ airflow rate ในหน่วยลูกบาศก์ฟุตต่อ นาที (CFM)
 dP คือ differential air pressure ในหน่วย Pascal (Pa)
 C คือ air leakage coefficient ซึ่งจะได้จากการแก้สมการถดถอย
 n คือ pressure exponent ซึ่งจะได้จากการแก้สมการถดถอย Log-linearized

ทั้งนี้ตามมาตรฐาน ASTM E779-03 ค่า n ที่ได้จะต้องอยู่ระหว่าง 0.5 และ 1.0 มิฉะนั้นจะต้องทำการทดสอบใหม่ ซึ่งในการทดสอบนี้ได้ค่า n เท่ากับ 0.6759 และ 0.517 สำหรับกรณีก่อนติดตั้งและหลังติดตั้ง Air Post ตามลำดับ จึงถือว่าการติดตั้งอุปกรณ์และการวัดค่าต่างๆ มีความถูกต้องแม่นยำได้มาตรฐาน

8. ในการพิจารณาหาค่าอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศจะต้องคำนวณเทียบกับค่าความกดอากาศมาตรฐาน ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้ค่า 50 Pascal ซึ่งหมายถึง อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศที่ความกดอากาศภายนอกที่ 50 Pascal หรือ ACH@50 Pa ซึ่งความกดอากาศที่ 50 Pa หรือ 5.0985 Kg/m² จะมีความเร็วลมตามสมการต่อไปนี้

$$P = 0.5pV^2 \quad (2)$$

- P คือ ค่าความกดอากาศ ในที่นี้คือ 50 Pascal หรือเท่ากับ 5.0985 kg/m²
 p คือ ค่าความหนาแน่นของอากาศเท่ากับ 1.164 kg/m³
 V คือ ค่าความเร็วลม (m/s) ที่ความกดอากาศ P

จากสมการ 2 นี้พบว่าค่าความเร็วลมที่ความกดอากาศ 50 Pascal จะเท่ากับ 2.959 m/s

9. ที่ความกดอากาศมาตรฐานที่ 50 Pascal จะมีความเร็วลมมาตรฐานที่ 2.959 m/s เมื่อคูณด้วยพื้นที่หน้าตัดพัดลมที่ 0.229 m² ตามสมการ Q = VA จะได้ค่าอัตราการไหลของลมจากพัดลม Blower ที่ 0.6779 m³/s หรือ 1,436 CFM เมื่อนำไปแทนค่าในสมการถดถอยในแผนภูมิที่ 1 และ 3 จะได้ค่าความดันอากาศแตกต่างระหว่างภายในและภายนอก (dP) เท่ากับ 112.08 Pascal ในกรณีที่มี Air Post และ 106.59 Pascal ในกรณีที่ไม่มี Air Post

10. อนึ่ง ในแผนภูมิ 1 – 4 จะดูเหมือนปริมาณการไหลของอากาศเมื่อมี Air Post จะน้อยกว่าเมื่อไม่มี Air Post แต่อย่างไรก็ดี ยังไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกันเพื่อสังเกตค่าการรั่วซึมระหว่างมีและไม่มี Air Post ได้ในตอนนี เพราะต้องนำมาทำ Normalization เพื่อปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การไหลในแผนภูมิ 1-4 เสียก่อน ในขั้นตอนต่อมาจึงได้ทำการปรับแก้ค่า air leakage coefficient (C) และ pressure exponent (n) ในสมการ 1 โดยพิจารณาปรับแก้ตามค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) และค่าความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (variance) ตามวิธีการที่ระบุใน ASTM E779 – 03 จนในที่สุด จึงได้ค่าอัตราการไหลของอากาศ airflow rate ที่ความดันแตกต่าง 50 Pascal (Q₅₀) เท่ากับ 2,150 CFM และ 1,567 CFM สำหรับกรณีที่มี Air Post และไม่มี Air Post ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่เปรียบเทียบกันได้ระหว่างก่อนและหลังติดตั้ง Air Post หลังจากนั้นจึงทำการแปลงค่า airflow rate @ 50 Pa นี้ให้เป็นค่าอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศต่อชั่วโมงที่ความกดอากาศ 50 Pascal (air change per hour @ 50 Pa) ด้วยสมการต่อไปนี้

$$ACH@50 = (Q_{50} \times 60)/Vol \quad (3)$$

Q_{50} คือ ค่า airflow rate ที่ 50 Pascal ในหน่วย CFM (เท่ากับ 2,150 CFM และ 1,567 CFM)
Vol คือ ปริมาตรของห้องในหน่วย ft^3 (เท่ากับ $2,711 ft^3$ หรือ $76.8 m^3$)

จากสมการที่ 3 จะพบว่าค่า ACH@50 ของกรณีไม่มี Air Post คือ 34.69 ACH และกรณีที่มี Air Post จะได้ ค่าเท่ากับ 47.57 ACH

- ค่า ACH@50 Pa นี้ถือว่าเป็นค่ามาตรฐานทางอุตสาหกรรมใช้เพื่อเปรียบเทียบค่าการรั่วซึมอากาศภายใต้สภาวะการวัดความกดอากาศเดียวกันที่ 50 Pascal ซึ่งมักจะไม่มีเกิดขึ้นในสถานการณ์ปกติ เพราะความกดอากาศ 50 Pascal จะหมายถึง อาคารถูกลมภายนอกพัดเข้าทุกทิศทางด้วยความเร็วลมประมาณ 40 km/hr หรือ 11.25 m/s ดังนั้น Sherman (1987) ได้เสนอวิธีของการปรับค่า ACH@50 Pa ให้เป็นค่าเฉลี่ยรายปี (annual average air Exchange หรือ ACHnat) โดยให้นำค่า ACH@50 Pa ทหารด้วย 20 ซึ่งทำให้ได้ค่าการแลกเปลี่ยนอากาศในสภาวะการวัดปกติสำหรับอาคารทั่วไป ซึ่งสำหรับกรณีนี้ การติดตั้ง Air Post จะทำให้ได้ค่า ACH เท่ากับ 2.38 และหากไม่ได้ติดตั้ง Air Post จะได้ค่า ACH เท่ากับ 1.73 ซึ่งหมายความว่า การติดตั้ง Air Post จะช่วยให้เกิดการระบายอากาศในห้องพักคอนโดมิเนียมนี้เพิ่มขึ้นประมาณ 37%

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การทดสอบการระบายอากาศของอุปกรณ์ Air Post ด้วย blower door ตามมาตรฐาน ASTM E779-03 นี้ ห้องชุดที่ทำการทดลองจะถูกปิดสนิททั้งหมด ในขณะที่ทำการเดินเครื่องพัดลมเป่าอัดลมเข้าไปในห้องชุดก็จะทำการวัดความดันอากาศภายในห้อง 2 กรณี ได้แก่ ก่อนติดตั้งและหลังติดตั้ง Air Post นำข้อมูลมาทำการเปรียบเทียบผลของความดันอากาศที่แตกต่างกัน เมื่อทำการแปลงค่าความดันอากาศเป็นค่าการรั่วซึมของอากาศผ่าน Air Post

ในหน่วย CFM จะพบว่า ในห้องพักทั่วไปที่ไม่ได้ใช้ Air Post จะมีค่าอัตราการรั่วซึมอากาศเท่ากับ 1,567 CFM ในขณะที่ห้องพักเดียวกันนี้ เมื่อติดตั้ง Air Post จะพบว่ามีค่าอัตราการรั่วซึมอากาศเท่ากับ 2,150 CFM ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้น 583 CFM หรือคิดเป็นอัตราการรั่วซึมอากาศที่เพิ่มขึ้นเป็น 37% และเมื่อทำการคำนวณอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศในหน่วยค่าปริมาตรการเปลี่ยนแปลงอากาศในหนึ่งชั่วโมง (air change per hour: ACH) จะพบว่าเมื่อติดตั้ง Air Post จะได้ค่า ACH เท่ากับ 2.38 ซึ่งค่าระบายอากาศที่เพิ่มขึ้นนี้ จะช่วยให้ห้องชุดพักอาศัยที่ติดตั้ง Air Post ได้ประโยชน์เหนือห้องพักทั่วไปดังต่อไปนี้

- สามารถระบายความร้อนและความชื้นที่สะสมภายในห้องตอนกลางวันในเวลาที่ไม่มีการอยู่อาศัยและไม่ได้เปิดแอร์ เมื่อผู้อยู่อาศัยกลับถึงห้องพักในเวลาหัวค่ำ ห้องจะไม่ร้อนและชื้นจนเกินไป ทำให้ลดภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ช่วยประหยัดพลังงานและลดความชื้นสะสม แต่อย่างไรก็ดี จากการศึกษาของ มณีนาถ ลินวิวัฒนา และอรุณจรรย์ เศรษฐบุต (2559) พบว่าการจะลดอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องลงได้ 1 องศาเซลเซียส ควรจะต้องใช้อัตราการระบายอากาศที่ 5 ACH ดังนั้น อุปกรณ์ Air Post นี้จึงไม่ใช่อุปกรณ์หลักที่ใช้เพื่อลดความร้อนสะสมในอาคาร แต่ละเป็นการช่วยระบายอากาศและความชื้นสะสมที่ส่งผลต่อคุณภาพอากาศภายใน และการป้องกันเชื้อรา
- สามารถระบายกลิ่นอันไม่พึงประสงค์ที่คั่งในห้องพักให้ออกไปเร็วขึ้น ในกรณีที่มีการทำอาหาร
- สามารถช่วยระบายความชื้นจากภายในห้องได้ดี ทั้งนี้เพราะผู้อยู่อาศัยคอนโดมิเนียมจะอาบน้ำแต่งตัวในเวลาเช้าแล้วออกไปทำงาน โดยทิ้งให้ห้องน้ำที่ยังเปียกชื้นอยู่ไม่ได้รับการระบายความชื้นออกไป ประกอบกับการออกแบบคอนโดมิเนียมสมัยใหม่จะไม่จัดวางห้องน้ำไว้ติดหน้าต่างภายนอก ทำให้ไม่ได้รับแดดในเวลากลางวัน แต่การตรวจวัดปริมาณความชื้นที่ลดลงได้จากการติดตั้ง Air Post ยังอยู่ระหว่างการศึกษาวิจัย

- สามารถช่วยให้เกิดการระบายอากาศเพื่อสภาวะน่าสบายที่ดีขึ้น เมื่อภายนอกมีอากาศเย็น เช่น ช่วงฤดูหนาว หรือฤดูฝนในขณะที่ฝนตก หรือในเวลา กลางคืนที่อากาศน่าสบาย ผู้อยู่อาศัยสามารถเลือก ปิดเครื่องปรับอากาศ เปิดหน้าต่าง และเปิด Air Post ไว้เพื่อให้ลมจากหน้าต่างสามารถเข้าและออก ผ่านทางช่องเปิดของ Air Post ได้
- เมื่อห้องพักที่อยู่บนชั้นที่สูงกว่า ประสิทธิภาพการระบายอากาศด้วย Air Post ก็จะมีสูงขึ้น ในการทดสอบนี้จะมีค่าความเร็วลมภายนอกที่ประมาณ 2-3 m/s ซึ่งเป็นความเร็วลมภายนอกที่สูงกว่า ความเร็วลมที่ 10 ของอาคารที่ทดสอบ

อย่างไรก็ดี มีประเด็นที่ต้องคำนึงถึงในการใช้ Air Post ดังนี้

- การเปิดระบายอากาศจากห้องพักออกมาสู่ระเบียง ทางเดินกลางอาจนำมาซึ่งฝุ่นละออง หรือสิ่งสกปรก จากทางเดินกลางที่จะเล็ดลอดเข้าไปข้างในห้องพัก ผ่าน Air Post หากภายในห้องพักไม่มีความดันอากาศเป็นบวก (positive air pressure)
- การใช้ Air Post อาจจะทำให้เกิดปัญหาการควบคุมเสียงรบกวนจากทางเดินกลางเข้าไปสู่ภายในห้อง
- การใช้ Air Post อาจจะทำให้เกิดช่องที่ทำให้เกิดการระบายควันจากการทำอาหารในห้องพักออกมาสู่ทางเดินกลางได้ รวมทั้งอาจมีการไหลของควันไฟ หากเกิดเพลิงไหม้ ดังนั้น การใช้ Air Post จะต้องใช้กับอาคารพักอาศัยที่มีทางเดินกลางที่เปิดโล่ง และมีการระบายอากาศธรรมชาติที่ดี ไม่ใช่ทางเดินกลางที่มีการปิดล้อมและมีการปรับอากาศแบบโรงแรม หรือพื้นที่ทางเดินที่ถูกจัดเตรียมให้เป็น Fire Corridor
- การใช้ Air Post นี้ ก็เพื่อช่วยระบายอากาศในอาคารให้มีปริมาณอากาศบริสุทธิ์ที่เพิ่มขึ้นในอาคารชุดพักอาศัยที่เป็นห้องพักขนาดเล็กที่มีหน้าต่างด้านเดียว ซึ่งหากสามารถทำให้มีหน้าต่าง 2 ด้านได้ โดยไม่ต้องระบายอากาศเข้าสู่ทางเดินกลาง และหน้าต่างสามารถเปิดได้ตลอดทั้งวันโดยไม่มีปัญหาฝนสาด ก็จะเป็นทางเลือกที่ดีกว่าการใช้ Air Post

กิตติกรรมประกาศ

การทดสอบนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากบริษัท แลนด์ แอนด์ เฮาส์ จำกัด (มหาชน) โดยได้รับการอนุเคราะห์ให้ใช้พื้นที่ห้องชุดคอนโดมิเนียมโครงการ The Key สาทร-ราชพฤกษ์ เป็นสถานที่จริงเพื่อทดสอบและติดตั้งอุปกรณ์ Air Post โดยทั้งนี้ก็มีคณะผู้ช่วยทดสอบและติดตั้งอุปกรณ์จากบริษัท แอฟริคัส จำกัด ได้แก่ คุณพิชยะ เพียรพัฒนางกูร คุณพงษ์พิชญ์ จงศุภางค์รัตน์ คุณธนะชัย ถาวรวัฒน์สกุล คุณชญานี เลิศสัจจามันท์ และคุณณัฐณี วงศ์วิระนนท์ชัย ซึ่งเป็นผู้ช่วยดำเนินการทดสอบ blower door ตามมาตรฐาน ASTM E779-03

บรรณานุกรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. *รายงานฉบับสุดท้าย เล่ม 1 หลักเกณฑ์การอนุรักษ์พลังงานในอาคาร โครงการจัดทำหลักเกณฑ์และแนวทางการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร เรื่องข้อกำหนดและแนวทางการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานในอาคารขนาดต่ำกว่าอาคารควบคุมขนาดใหญ่พิเศษ ตาม พ.ร.บ. ควบคุมอาคาร และ อาคารที่พักอาศัย.* กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2549.

คำรน สุทธิ. *“ผลกระทบของการรั่วซึมของอากาศต่อผลการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศของเรือนไทยและบ้านร่วมสมัย.”* วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2554.

دنورรณ์ บัวจระ. *“การพัฒนาวิธีการประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมและการใช้พลังงานรวมของอาคารชุดพักอาศัยในกรุงเทพมหานคร.”* วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2554.

ประวิตร กิติชาญธีระ. “ประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานของอุปกรณ์กันแดดแบบผนัง 2 ชั้น กรณีศึกษาอาคารพักอาศัยในกรุงเทพมหานคร.” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2553.

มณีนารถ ลินวัฒนา และอรรรจน์ เศรษฐบุตร. “แนวทางการออกแบบช่องเปิดประเภทเกล็ดระบายอากาศ เพื่อลดการใช้พลังงานสำหรับอาคารชุดพักอาศัยแบบผังทางเดินร่วม.” เอกสารประกอบการประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 12 ณ โรงแรมวังจันทร์ ริเวอร์วิว จ.พิษณุโลก, 8 - 10 มิถุนายน 2559.

สริน พิณีจ. “การระบายอากาศโดยธรรมชาติ แนวทางการออกแบบปรับปรุงผังอาคารชุดพักอาศัย: กรณีศึกษาโครงการบ้านเอื้ออาทร.” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2553.

อภิญา บัญญา. “ผลกระทบจากการกำหนดค่าการใช้พลังงานรวมของอาคารตามกฎหมายที่มีต่อการออกแบบคอนโดมิเนียม.” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2555.

อรรรจน์ เศรษฐบุตร. “การพัฒนาเกณฑ์ขั้นต่ำของคุณสมบัติการป้องกันความร้อนของเปลือกอาคารในอาคารทาวน์เฮ้าส์.” *JARS* 5, 1 (2007): 29-51.

อรรรจน์ เศรษฐบุตร และ ธนิต จินดาวงศ์. “การพัฒนาเกณฑ์ขั้นต่ำของคุณสมบัติการป้องกันความร้อนของเปลือกอาคารในอาคารบ้านเดี่ยว.” เอกสารประกอบการประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 3 โรงแรมใบหยกสกาย กรุงเทพฯ, 23-25 พฤษภาคม 2550.

ASTM. *Standard Test Method for Determining Air Leakage Rate by Fan Pressurization; ASTM E779-03.* West Conshohocken, PA.: American Society for Testing and Materials, 2003.

Kootin-Sanwu, V., Sreshthaputra, A., and Haberl, J. “Short-term Monitoring to Diagnose Comfort Problems in a Residence in Central Texas.” Proceeding of the Twelfth Symposium on Improving Building Systems in Hot and Humid Climates, College Station, Texas, Texas A&M University, May 15-17, 2000.

Sherman, M. “Estimation of Infiltration from Leakage and Climate Indicators.” *Energy and Buildings* 10, 1 (February 1987): 81-86.

Sreshthaputra, A., Haberl, J., and Andrews, M.J. “Improving Building Design and Operation of a Thai Buddhist Temple Using Transient Coupled DOE-2/CFD Simulations.” *Energy and Buildings* 36, 6 (June 2004): 481-494.