บทที่ 2

ทฤษฎีที่มีผลต่อการวิจัย

ความเป็นมาและประโยชน์ของ Atrium

Atrium แปลตามศัพท์ คือโถงโล่งที่อยู่ภายในอาคารยุคโรมัน ข้อดีของ Atrium ที่เห็นได้ชัดเจนคือ ความหรูหรา และเป็นเอกลักษณ์อย่างหนึ่ง ซึ่งสามารถมีได้เฉพาะในโถงสูง แนวความคิดในการเปิด Atrium มีครั้งแรกในโรงแรมต่างๆเพื่อให้เกิดความน่าดู และข้อดีของ Atrium มีมากต่องานสถาปัตยกรรมสมัยใหม่

ประโยชน์ของ Atrium

1. ทางด้านวัฒนธรรม โถงโล่งมีผลต่อความรู้สึกและจิตใจของคนผู้ซึ่งเข้าไปสัมผัส ทำให้เกิดการเคลื่อนไหว เกิดกิจกรรม เช่น การเดินเล่น การเฝ้ามองของกิจกรรมภายในที่เกิดขึ้นในพื้นที่นั้นๆ ก่อให้เกิดธรรมชาติและชีวิตชีวาให้สังคม ทำให้เกิดการปลดปล่อยต่อสภาพกดดันของสภาวะภายในที่ทับตัน สื่อถึงสภาพภายนอกที่เป็นไปในปัจจุบัน และยังสามารถคงไว้ซึ่งวัฒนธรรม เป็นการเชื้อเชิญเปิดโลกทรรศใหม่ของวัฒนธรรม

2. ทางด้านเศรษฐกิจ อาคารที่มี Atrium คู่เหมือนจะแพงเมื่อเปรียบเทียบกับอาคารแบบดั่งเดิม แต่เป็นการลงทุนที่คุ้ม เมื่อเทียบกับความสำเร็จ เพราะ Atrium สามารถดึงดูดความสนใจให้คนเข้าไปใช้ โรงแรมที่มี Atrium แทบจะไม่มีห้องว่าง ร้านค้า และสำนักงานที่รายล้อม Atrium จะขายหมดในเวลาอันรวดเร็วทั้งยังได้ราคาดี เหมือนกับที่ Lours B

Cushman III,Texan realtor,พูดว่า"Atriums have sex appeal"[1] และผู้คนยอมจ่ายเพื่อซื้อมัน

อาคารที่มี Atrium จะมีประสิทธิภาพดีกว่าอาคารทั่วไป เพราะสามารถหลีกเลี่ยง เรื่องพื้นที่สำนักงานที่เล็กเกินไป ที่เป็นปัญหาไม่ว่าในตึกสูงหรือตึกเตี้ย แม้แต่อาคารทั่วไป

Atrium ทำให้เกิดความน่าสนใจได้อย่างมาก และสามารถแบ่งพื้นที่ได้ง่าย ซึ่งเป็นปัจจัยอย่างหนึ่งของความประหยัด การออกแบบ Atrium สามารถช่วยให้การนำอาคารเก่ากลับมาใช้ได้อย่างประสบความสำเร็จ ซึ่งเป็นการประหยัดค่าก่อสร้าง อาคารเก่าที่มีสนามกลางบ้านสามารถปรับเป็น Atriumได้ง่าย พื้นที่ที่ลึกสามารถใช้ให้มีประโยชน์ได้มากขึ้น

อาคารที่มี Atrium สามารถสร้างได้รวดเร็วกว่าอาคารแบบดั้งเดิม และมีลานโล่งภายในซึ่งมีหลังคาคลุม สวนภายในได้มีการถ่ายเทอากาศ รวมไปถึงระบบการป้องกันไฟและระบบสัญจรที่ดีกว่า มีพื้นที่ผิวรับแสงสว่างมากกว่า สร้างเร็วกว่าตึกสูง ทั้งในด้านการจัดการอาคาร อาคารที่มี Atrium จะประหยัดพลังงานกว่า เช่น เรื่อง ความสว่าง การดูดและคายความร้อน พลังงานแสงอาทิตย์สามารถใช้ให้มีประโยชน์ได้เหมาะสม

3. ทางด้านการกำบัง การกำบังลานภายใน ช่วยสร้างพื้นที่ภายในให้มีค่าน่าสนใจ สามารถใช้งานได้ทุกสภาพภูมิอากาศ ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างลานในกับพื้นที่ที่ถูกคลุมบัง Atrium สามารถนำแสงแดดเข้ามาใช้แต่ก็สามารถกักเก็บลม กันฝนกันความร้อนออกจาก Atrium (ดีสำหรับเมืองหนาว) ซึ่งเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการสร้างสภาวะน่าสบาย การกำบังจะมี

---

[1]Bill Hillier and Adrian Leamna,A New Approach to Architectural Reasearch, RIBA Journal, December 1972, P 577 et seq

ผลมากถ้า Atrium ไม่สามารถแก้ปัญหาเรื่องสภาวะน่าสบายในตัวมันเองได้ แต่ก็เป็นกำบังหรือกันชนของพื้นที่ระหว่างภายนอกและภายใน

4. ทางด้านความสะดวกสบาย เรื่องความสะดวกสบายเป็นสิ่งที่สำคัญในการออกแบบอาคาร ซึ่งที่ว่างรอบๆ Atrium ก็ตอบสนองเรื่องความสะดวกสบายนี้ได้ดี สามารถใช้แทนโถงรับรองหลัก เป็นพื้นที่สัญจรติดต่อไปยังส่วนต่างๆของอาคาร สามารถใช้เป็นภัตตาคาร ที่นั่งเล่น ที่จัดงานแสดงชั่วคราวหรือถาวร ทั้งยังใช้เป็นบริเวณขายสินค้าได้ ซึ่งประโยชน์แหล่งนี้ยังสัมพันธ์กับส่วนต่างๆได้ดี Richard Rogers' Lloyds Insuranse Building ที่ลอนดอน พื้นที่สามารถทำกิจกรรมเชื่อมต่อได้ถึง 6 ชั้นโดยที่ยังคงความเป็นกลุ่มก้อนของกิจกรรมนั้นๆ ที่ Hertzberger's Centraal Beheer offices ใน Apeldoorn ประเทศ Holland สำนักงาน 4 ชั้น สามารถให้ความรู้สึกเหมือนชั้นเดียว เพราะมี Atrium เป็นตัวเชื่อม ศูนย์การค้า 8 ชั้นที่ Water Tower Place,Chicgo ก็เช่นกัน ร้านต่างๆในทุกๆระดับให้มุมมองที่ดีและสะดวกสบาย[2]

ปริทัศน์วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ได้มีผู้ที่ศึกษาและทำวิจัยเกี่ยวกับเรื่อง Atrium มากมาย มีทั้งเป็นวิทยานิพนธ์ในระดับปริญญาเอก หรืองานวิจัย ซึ่งต่างก็มีเนื้อหาน่าสนใจ เช่น การศึกษาเกี่ยวกับแสงสว่างและความเย็นในอาคารที่มี Atrium ซึ่งอยู่ในภูมิอากาศเขตร้อน ถึงผลกระทบของหลังคาวัสดุโปร่งแสง และผลกระทบของพื้นที่ผิวของผนัง ศึกษาโดย (Morad Rachid ATIF) เป็นการวิจัยในระดับปริญญาเอก กล่าวถึง แสงแดดมีผลต่อความงามภายใน Atrium

---

[2]Richard Saxon,Atrium buildings,The Architectural Press, London, 1986.

แต่ก็สิ้นเปลืองในการทำความเย็นให้มัน แม้นจะสามารถลดค่าใช้จ่ายในเรื่องไฟแสงสว่าง การเพิ่มพื้นที่หลังคากระจกก็จะเป็นการเพิ่มภาระในการทำความเย็นแม้จะลดภาระด้านไฟฟ้าแสงสว่าง และการเพิ่มมวลของผนังใน Atrium จะลดอุณหภูมิที่สูงใน Atrium และลดภาระการทำความเย็นด้วย

การวิจัยใช้หุ่นจำลองสภาพท้องฟ้า ภูมิอากาศของเขตร้อนแสงสว่างจะมีการคำนวณจากเครื่องวัดแสง ลักษณะการทำความเย็นคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ TRN sys 13.1 หลังคาโปร่งแสง 2 ชนิดถูกทดสอบโดยหันปะทะด้านทิศใต้และผนังภายใน Atrium ก็มี 2 ชนิดคือผนังโครงเคร่าทั่วไปกับผนังคอนกรีตหนัก ทดสอบเป็นเปอร์เซนต์ ถึงผลกระทบของพื้นที่ของความทึบ ความสูงที่ให้ความสนใจคือความสูง 2-4 ชั้น และรูปร่างภายใน Atrium เป็นเหลี่ยมจัตุรัสและเส้นตรง ทดสอบเป็น 3 สภาวะอากาศเขนร้อน

การคาดเดาเรื่องแสงสว่างใน Atrium จะมีผลสืบเนื่องมาจากประสิทธิภาพการสะท้อนของผนังภายใน Atrium การเพิ่มมวลของผนังใน Atrium จะมีความสัมพันธ์หรือมีนัยสัมพันธ์กับการทดลองของอุณหภูมิภายใน Atrium จุดสูงสุดของอุณหภูมิภายใน Atrium และภาระการทำความเย็นภายใน ซึ่งผลกระทบนี้จะเพิ่มขึ้นเมื่อหลังคาโปร่งแสงหันทางด้านทิศใต้

หลังคาโปร่งแสงที่หันปะทะทางด้านทิศใต้หรือทิศใกล้เคียง ผลของส่วนโปร่งแสงนี้จะมีผลกว่า 50% ของภาระการทำความเย็นเมื่อเปรียบเทียบกับการเพิ่มของมวลของผนังใน Atrium ซึ่งผลของมวลนี้มีความสำคัญมากใน Atrium ในส่วนล่างควรจะมีผนังที่มีมวลมาก ผลจากการศึกษาและวิเคราะห์นี้เป็นผลรวมมาจากผลของหลังคาโปร่งแสงและมวลของผนังใน Atrium ที่อุณหภูมิภายในสูงสุด[3]

---

[3]Atif,Morad Rachid.Daylight and Cooling of Atrium building in worm Climate.Ph.D Thesis,Texas A&M University 1992.

งานวิจัยของ Bryn, Ida Hedvig

ยังมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและน่าสนใจอีกหลายเรื่อง เช่น งานวิจัยของ Bryn, Ida Hedvig เป็นงานวิจัยวิทยานิพนธ์ในระดับปริญญาเอก ในประเทศนอร์เวย์ เป็นการศึกษาเรื่อง การใช้ computer ในการคำนวณ และออกแบบ Atrium โดยเฉพาะ ช่วยศึกษาปรากฏการณ์ของ Atrium เพื่อช่วยในการออกแบบให้ Atrium อยู่ในสภาวะน่าสบายและประหยัดพลังงาน[4]

งานวิจัยของ Jacobson Terje

Jacobsen Terje ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับ Atrium เป็นงานวิจัยวิทยานิพนธ์ในระดับปริญญาเอก ในประเทศนอร์เวย์อีกเช่นกัน มีเนื้อหาประกอบด้วยการเจาะจงศึกษาเรื่อง พื้นที่รับแดดและทิศทางการเบี่ยงเบนของแสงแดด รวมไปถึงเรื่องกระจกที่คลุม Atrium ในอาคารพาณิชย์ต่างๆ

ข้อสำคัญในการศึกษาใช้การศึกษาจากหุ่นจำลองและเปรียบเทียบกับการวัดจริง เพื่อประเมินผล ประเมินคุณลักษณะของระบบทำความร้อนด้วยวิธีธรรมชาติ โดยการใช้หุ่นจำลองและศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทำความร้อนด้วยวิธีธรรมชาติที่เหมาะสมสำหรับตัวอย่างหลายรูปแบบ ซึ่งการวัดจากหุ่นจำลอง จะทำให้ทราบถึงหลักการที่จะทำความร้อนด้วยวิธีธรรมชาติได้อย่างไร

ในวิทยานิพนธ์นี้ประกอบด้วย 7 หัวข้อที่แยกจากกัน

ส่วนแรกเป็นการศึกษาถึง พื้นที่ของกระจกที่คลุม Atrium แต่เจาะจงเฉพาะสภาพอากาศของประเทศนอร์เวย์ กล่าวถึง การศึกษาข้อมูลที่

---

[4]Bryn, Ida Hedvig, An Energy Information System for Atrium Design, 1992.

เกี่ยวกับการใช้กระจก คลุม Atrium โดยปะทะแสงแดด

ส่วนที่ 2 กล่าวถึง การประเมินคุณลักษณะของอาคารที่ปรับร้อนด้วยวิธีธรรมชาติ มีข้อมูลเกี่ยวกับ ผลการทดลองของบ้านที่มีการปรับร้อนด้วยวิธีธรรมชาติที่ผ่านมา

ส่วนที่ 3 เป็นส่วนการวัดและการทดลอง กล่าวถึงการศึกษาเรื่องการเบี่ยงเบนของการปรับอากาศร้อนในประเทศนอร์เวย์ แสดงถึงคุณลักษณะการปรับร้อนด้วยวิธีธรรมชาติในสภาพต่างๆ และวิธีการเปรียบเทียบด้วยการจำลองสถานการณ์ เพื่อให้ทราบถึงผลของการแผ่รังสีของแดดที่มีผลกระทบต่ออาคาร

ส่วนที่ 4 วัดอุณหภูมิของสภาวะและอัตราการถ่ายเทอากาศใน Atrium ที่คลุมด้วยกระจก โดยปราศจากเครื่องกลช่วยในการถ่ายเทอากาศ ซึ่งสัมพันธ์กับสภาพการจำลองสถานการณ์จริง เปรียบเทียบกับอาคารที่ทำการวัดจริงกับอาคารที่จำลองด้วยหุ่นจำลอง

ส่วนที่ 5 ทำการศึกษาหุ่นจำลองขนาดเล็ก ที่จำลองสภาพปิด ภายใต้ผลกระทบอย่างรุนแรงของความร้อน ซึ่งมีข้อจำกัดในการที่เป็นหุ่นจำลอง แสดงให้เห็นว่าหุ่นจำลองที่มีขอบเขตเดียวจะถูกกำหนด เฉพาะการจำลองสถานการณ์จริงเท่านั้น

ส่วนที่ 6 ทำการศึกษาถึงผลกระทบของพลังงานความร้อนตลอดปี โดยการคำนวณและแสดงผล วิธีการคำนวณพลังงานตลอดปีที่อาคารต้องใช้ปริมาณความร้อนจะถูกมองข้ามไป ในวิธีนี้ ซึ่งก็ให้ผลดีในการสรุปผลสำหรับอาคารที่มีหน้าต่างแบบธรรมดาทั่วๆไป

ส่วนที่ 7 ศึกษาผลกระทบของความร้อนในตอนกลางคืน กล่าวถึงปริมาณความร้อนที่อาคารต้องการในการทำความร้อน[5]

---

[5]Jacobsen, Terte, Energy Saving and Thermal Climate in Passive Solar Heeated Buildings, 1989.

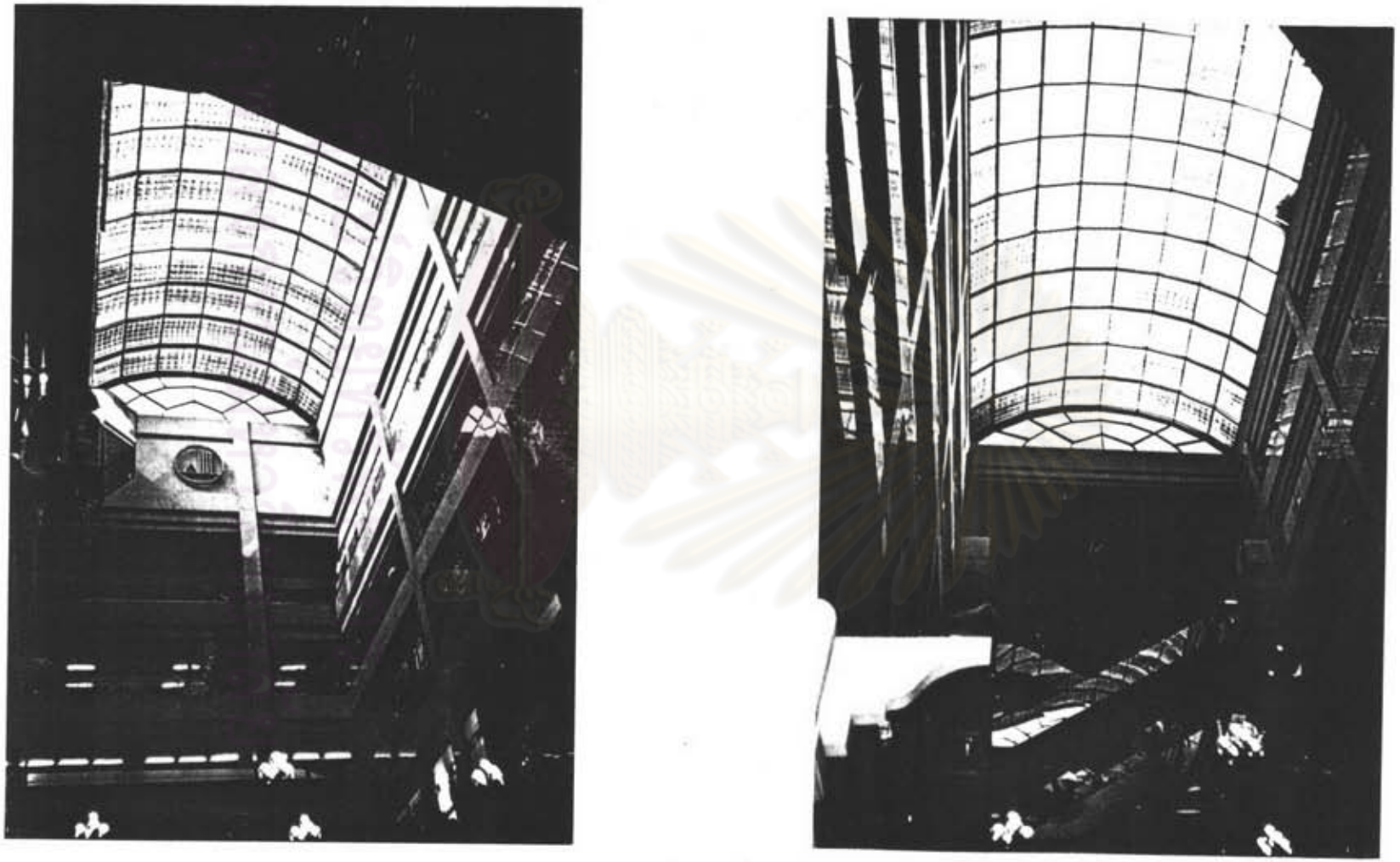
งานวิจัยของ Sassi, Mohamed mohamed

เป็นงานวิจัยในระดับปริญญาเอก ศึกษาถึงเรื่องลักษณะของอุณหภูมิและการแบ่งชั้นของความร้อน ในระบบปรับอากาศ รวมไปถึงอัตราการระบายความร้อน กล่าวว่า การคาดการณ์ถึงการแบ่งชั้นของความร้อนในระบบปรับอากาศในอาคารที่มีเพดานสูงเป็นไปได้ยาก เคยมีการศึกษาเรื่องทฤษฎีการประหยัดพลังงานและหาคุณลักษณะต่างๆของชั้นความร้อนในโถง แต่ก็ยังยากแก่การสรุปเพราะมีตัวแปรหลากหลายเกินไป ต้องใช้การคำนวณทางคณิตศาสตร์เข้ามาช่วยซึ่งก็พอจะมีผลสรุปได้บ้างจากการเปรียบเทียบผลการทดลองกับคอมพิวเตอร์ซึ่งก็เป็นสมการทางคณิตศาสตร์ทราบเพียงแต่ลักษณะของอุณหภูมิภายในเท่านั้น[6]

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

---

[6]Sassi, Mohamed Mohamed, Temperature Profile and load Distribution in Stratifile System Air Conditioning as A Function of Load Charateristics, 1981.



ตัวอย่างอาคารที่มีการเปิด Atrium

รูปที่ 2.1 แสดงบริเวณ Atrium ภายในศูนย์การค้ามาบุญครอง

รูปที่ 2.2 แสดงบริเวณ Atrium ภายในศูนย์การค้าโชโก้

รูปที่ 2.3 แสดงบริเวณ Atrium ภายในศูนย์การค้าริเวอร์ซิตี้

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ

การระบายอากาศ (Ventilation) มีรากศัพท์มาจากคำว่า ventus ในภาษาละติน ซึ่งหมายถึง การเคลื่อนที่ของอากาศ ศัพท์คำว่า การระบายอากาศนี้ ถูกบัญญัติขึ้นใช้ใน อุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศ ให้หมายถึง กระบวนการใส่อากาศเข้าไปหรือจำกัดอากาศออกจากที่ว่างเปล่า ไม่ว่าจะเป็นไปโดยธรรมชาติหรือใช้เครื่องจักรกลช่วยก็ตาม โดยปกติแล้วการระบายอากาศนี้ จะเกิดจากการถ่ายเทอากาศระหว่างที่ว่างเปล่าภายในห้อง กับ นอกห้อง การระบายอากาศจะช่วยควบคุมสภาพแวดล้อมของตัวอาคารไว้ 3 ประการ คือ

1) เพื่อให้มีปริมาณอากาศบริสุทธิ์ เพียงพอแก่ความต้องการของผู้อาศัย ("การระบายอากาศสำหรับสุขภาพ")

2) เพื่อเพิ่มอัตราการระเหยของความร้อนออกจากร่างกาย ("การระบายอากาศสำหรับความสบายกาย")

3) เพื่อทำให้ภายในตึกเย็น โดยการถ่ายเทความร้อนในตัวตึกกับอากาศภายนอกตึกที่เย็นกว่า("การระบายอากาศสำหรับโครงสร้างของตึก")

การพาความร้อน (Convection) มีรากศัพท์มากจากสำนวนในภาษาละติน หมายถึง "พกพา" ส่วนในสาขาฟิสิกส์ และวิศวกรรมศาสตร์ นั้นจะมีบรรยายถึงการถ่ายเทความร้อน โดยอาศัยการเคลื่อนไหวของของเหลวหรือก๊าซ การพาความร้อนในอากาศนั้นจะเกิดขึ้นไม่ได้ ถ้าปราศจากการเคลื่อนไหวของอากาศ แต่การเคลื่อนไหวของอากาศอาจจะเกิดขึ้นได้ โดยปราศจากการถ่ายเทความร้อน การพาความร้อนสามารถเกิดขึ้นได้ในระบบปิดอย่าง เช่น ห้องหรืออาคาร ที่ไม่สามารถถ่ายเทอากาศหรือความร้อนกับภายนอกได้

การระบายอากาศและการพาความร้อนแบบต่างๆ

อากาศจะเคลื่อนไหวเมื่อความหนาแน่น หรือความกดอากาศ ของสถานที่หนึ่ง แตกต่างกับอีกสถานที่หนึ่ง เมื่อมวลอากาศได้รับความร้อน ดังเช่น

ในเตาไฟ อากาศนั้นจะขยายตัว และความหนาแน่นลดลงแล้วลอยสูงขึ้น เป็นผลให้มวลอากาศเย็นซึ่งอยู่ระดับต่ำกว่า ไหลเข้าไปแทนที่อากาศร้อนที่ลอยสูงขึ้นไป เราเรียกสภาวการณ์เช่นนี้ว่า สภาพการเคลื่อนไหวของอากาศอันเนื่องมาจากการต่างของอุณหภูมิ เราเรียกว่า อากาศดูดทำให้เคลื่อนไหวโดยพลังงานความร้อน หรือเราเรียกว่า เกิดลมพัดโดยใช้พลังงานความร้อน (Thermal force) การลอยตัวของความร้อน (thermal buoyancy) หรือ buoyant draft เมื่อพลังความร้อนก่อให้เกิดการปล่อยให้อากาศออกจากตัวอาคารแล้วเราเรียกมันว่าผลกระทบแบบปล่องไฟ (Chimney effect or stack effect)

การพาความร้อนที่เกิดจากพลังความร้อนนั้น จะเรียกว่าเป็นการพาความร้อนอย่างอิสระ หรือ การพาความร้อนอย่างธรรมชาติ เมื่อมันเกิดขึ้นในระบบเปิด ดังเช่น อากาศร้อนที่ลอยขึ้นมาจากที่จอดรถ หรือ ควันบุหรี่ ที่ลอยสูงขึ้น ส่วนพลังความร้อนที่ก่อให้เกิดการพาความร้อนในระบบเปิด จะมีศัพท์เฉพาะทางสถาปัตยกรรมว่า thermosiphoning หรือ gravity circulation ระบบ thermosiphoming เป็นโครงสร้างทั่วๆไปในระบบสุริยะ ในขณะที่ gravity flow" จะบรรยายถึง การเกิดไอน้ำ และระบบการหมุนเวียนความร้อนในน้ำร้อนตามปกติ

ถ้าการพกพาความร้อนเกิดขึ้นจากความกดอากาศที่แตกต่างกันแล้วเราจะเรียกว่าเป็น forced convection ซึ่งอาจจะเกิดจาก ปั๊มน้ำ พัดลม หรือเครื่องเป่าลม หรืออาจจะเกิดจากแรงลมที่พัดมาปะทะกับผนังด้านนอกของตัวตึก (แม้ว่าลมจะเป็นการพาความร้อนตามธรรมชาติที่เกิดขึ้นเฉพาะขอบเขตก็ตาม) อีกแง่มุมหนึ่งของการระบายความร้อนนั้นจะกล่าวถึง จุดกำเนิดของแรงนั่นคือ การระบายความร้อนโดยอากาศ force หรือ dynamic draft ซึ่งเรียกได้ว่า เป็น cross ventilation กับ fan-forced หรือ power หรือ mechanical ventilation

การระบายความร้อนแบบธรรมชาตินี้ ประยุกต์ใช้กับ กระแสอากาศซึ่งถูกจับดัน โดยแรงกดอากาศ หรือแรงความร้อน ซึ่งก่อกำเนิด หรือแปรรูป

มาจากปรากฏการณ์ทางด้านดินฟ้าอากาศ สิ่งนี้ได้หมายรวมถึงทั้ง cross ventilation และ ventilation by stack effect การพาความร้อนอย่าง "ธรรมชาติ" ในความหมายของวิศวกรรม การถ่ายเทความร้อน นั้นจะหมายถึง การถ่ายทอดความร้อนจากการเคลื่อนไหวของอากาศซึ่ง ถูกพลังความร้อนกระตุ้นเท่านั้นในขณะที่ "การระบายความร้อนอย่างธรรมชาติ" นั้นอาจจะเกิดได้ทั้งจากลมและพลังความร้อน

<u>อัตราการเคลื่อนย้ายความร้อนที่เกิดจากการพาความร้อน</u>

ปริมาณความร้อนที่อากาศสามารถนำพาไปได้นั้น สามารถคำนวนได้จากฟังก์ชั่นง่ายๆ ของความจุความร้อนของอากาศ และอัตราการไหล (หน่วยปริมาตรต่อหน่วยเวลา) และความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างอากาศเข้ากับออกอัตราการถ่ายเทความร้อน ของอากาศระหว่าง ภายในกับภายนอก เป็นดังนี้ (Btu/hr)

$$q_{conv} = CFM\ (60)\ pc\ (T_o - T_i)$$

CFM = อัตราการไหลของอากาศ (ft^3/min)

60 = จำนวนนาทีใน 1 ชั่วโมง

p = ความหนาแน่นของอากาศ (lb/ft^3)

c = ความร้อนจำเพาะของอากาศ (Btu/(lb)F)

T_o = อุณหภูมิของอากาศภายนอก (F)

T_i = อุณหภูมิของอากาศภายใน (F)

ความจุความร้อน (pc) ของอากาศ นอกจากจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของตัวมันเองเป็นหลักแล้ว ก็ยังขึ้นกับความชื้นในตัวของมันอีกด้วย อากาศที่แห้งสนิทจะมีค่าความร้อนจำเพาะ เป็น 0.24 Btu/(lb) F ในขณะที่ไอน้ำจะมีค่าความร้อนจำเพาะเป็น 0.45 Btu/(lb)F ความชื้นของอากาศจะเป็นตัวกำหนดค่าความร้อน

จำเพาะซึ่งอาจจะคำนวนได้จากสูตรดังนี้

$$C = (0.24 + 0.45\ w)$$

C = ความร้อนจำเพาะของอากาศที่มีความชื้นอยู่ด้วย (Btu/(lb) F)

W = ความชื้นสัมพันธ์ (lb/lb)

ความชื้นสัมพันธ์ วัดได้จากจำนวนความชื้น หรือความชื้นสมบูรณ์ของอากาศ ซึ่งสามารถประมาณค่าได้ ถ้าทราบค่าของอุณหภูมิของอากาศรอบๆจุดที่ต้องการ (Td)

ความหนาแน่นของอากาศ ก็ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิเช่นกัน และเราสามารถพบค่าของมันได้โดยง่ายใน psychrometric chart ถ้าทราบค่าปัจจัยอื่นๆ ความหนาแน่นของอากาศมีส่วนสัมพันธ์กับสภาวะของการระบายอากาศที่ทำให้เย็นสบายในช่วง 0.071 ถึง 0.073 lb/ft^3 ค่าที่นิยมใช้กัน คือ 0.072 lb/ft^3 ซึ่งเป็นช่วงของอุณหภูมิประมาณ 75 F สำหรับอากาศชุ่มชื้นถึง 91F สำหรับอากาศแห้ง ในกรณีของการทำโครงสร้างให้เย็นนั้น เราจะพิจารณาถึงอุณหภูมิของอากาศที่ต่ำกว่าหรือเท่ากับช่วงจำกัดของอากาศสบาย ซึ่งหมายความว่าอากาศจะมีความหนาแน่นมากขึ้น ค่าที่มักจะใช้กัน (ASHRAE "standard" air) คือ 0.075 ซึ่งใช้แทนอากาศชุ่มชื้นที่ 60F และอากาศแห้งที่ 69F

สำหรับในสภาวะที่อุ่น และชื้นที่ Td = 70F และ 0.072 lb/ft^3 นั้นนิพจน์ q conv สามารถเขียนได้เป็น

$$q\ conv = 1.07CFM\ (T_o - T_i)\ [อุ่น, ชื้น]$$

ส่วนในสภาวะที่เย็นและแห้งที่ Td = 50F และ p = 0.075 bl/ft^3 นั้นจะเขียนสมการได้เป็น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$q_{conv} = 1.10\ CFM\ (T_o - T_i)\ [\text{เย็น, แห้ง}]$$

จะเห็นได้อย่างชัดเจนจากผลที่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ระหว่างสภาวะต่างๆ ที่แสดงไว้ ณ ที่นี้ว่า เราไม่สามารถรับประกันค่าที่แน่นอนของ pc ได้แต่ เราสามารถกำหนดหลักเกณฑ์ง่ายๆ ได้ว่า อัตราความเย็นเป็น Btu/hr นั้น มีค่าใกล้เคียงกับ อัตราการไหลของอากาศ จำนวน CFM เท่าของค่าอุณหภูมิที่ต่างกันเป็น F

Stack Effect

เราสามารถเข้าใจ stack effectได้ง่ายๆ ด้วยการมองภายในของตึกว่า เป็นแนวของอากาศ ซึ่งเชื่อมช่องเปิด 2 ชุด เข้าด้วยกัน ณ จุดที่ห่างกันตามแนวตั้งเป็นระยะทาง z เราตั้งข้อสมมุติว่า ภายในตึกนั้นมีอุณหภูมิเฉลี่ย T_i และความหนาแน่นเป็น p_i รอบๆ ตัวตึกก็เป็นอากาศภายนอกซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ต่ำกว่าเป็น T_o และมีความหนาแน่นมากกว่าเป็น p_o แนวของอากาศภายในที่ลอยอยู่ระหว่างช่องเปิดจะมีแรงกดดันเป็น $p_i(z)$ ลงบนระนาบตามแนวนอนที่พาดผ่านจุดศูนย์กลางของช่องเปิดที่อยู่ต่ำกว่า ในขณะที่อากาศทางช่องเปิดที่อยู่ด้านสูงจะมีแรงกดเป็น $p_i(z)$ เพราะว่าอากาศภายนอกที่หนักกว่าได้ผ่านเข้าไปภายใน มันจึงไปแทนที่อากาศภายในที่เบากว่า ซึ่งจะลอยออกไปทางช่องเปิดด้านบน แรงกดที่เกิดขึ้น และมีความแตกต่างกัน ΔP_{stack} นี้ เรียกว่า stack effect pressure หรือ buoyant draft พูดง่ายๆ มันก็คือ แรงกดของแนวอากาศภายในกับภายนอกที่แตกต่างกัน ณ ความสูง z นั่นเอง

$$\Delta P_{stack} = (p_o - p_i)z$$

ΔP_{stack} = ผลต่างของแรงกด (psf)

z = ระยะทางตามแนวตั้ง ระหว่างศูนย์กลางของช่องเปิด (ft)

p_o = ความหนาแน่นของอากาศภายนอก (pcf)

p_i = ความหนาแน่นของอากาศภายใน (pcf)

ภายใต้สภาวะการระบายอากาศในฤดูร้อน ความแตกต่างของความหนาแน่นระหว่างภายในกับภายนอกนั้น ก็คือ ฟังก์ชั่นของอุณหภูมิสัมบูรณ์เพียงอย่างเดียว ดังนั้นผลต่างของความหนาแน่น $(p_o - p_i)$ จึงเขียนได้ดังนี้

$$(p_o - p_i) = p_i[\hat{T}_i/\hat{T}_o] - p_i[\hat{T}_o/\hat{T}_o] = p_i[\hat{T}_i - T_o/\hat{T}_o]$$

$\hat{T}_i$ = อุณหภูมิสัมบูรณ์ของอากาศภายใน (R)

$\hat{T}_o$ = อุณหภูมิสัมบูรณ์ของอากาศภายนอก (R)

ปัจจัยที่สำคัญสำหรับสมการนี้คือผลต่างของความหนาแน่นของอากาศภายในกับภายนอก ม่ใช่ค่าสัมบูรณ์ของตัวมันเอง ดังนั้นเราจึงแทนค่าของ p_i (ซึ่งอยู่ในสภาวะปกติ เมื่อการระบายอากาศที่ต้องการนั้นมีค่าประมาณ 0.071 หรือ 1/14 pcf) ได้ดังนี้

$$\Delta P_{stack} = z\,[\hat{T}_i - \hat{T}_o/14\hat{T}_o]$$

นิพจน์นี้แสดงให้เห็นถึง

- stack effect จะแปรผันตรง ตามความสูงระหว่างช่องเปิด
- stack effect จะแปรตามผลต่างของอุณหภูมิของอากาศภายในกับอากาศภายนอก อย่างเป็นเส้นตรง ถ้าเราแทนค่า $z = 10$, $T_i = 85F(545\ R)$, $T_o = 75F(535\ R)$ แล้ว จะเกิดผลต่างของแรงกดเป็น 0.013 pcf ซึ่งเราจะได้เห็นในหัวข้อต่อไปว่ามันเป็นค่าที่น้อยมาก เมื่อเทียบกับแรงกดจาก ลมโชยอ่อนๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สำหรับการระบายอากาศในฤดูร้อนซึ่ง T_o และ T_i มีค่าใกล้ 80F อัตราการไหลของอากาศที่เป็นผลมาจาก stack โดยไม่คำนึงถึงแรงต้านทานแล้ว จะมีนิพจน์เป็น

$$CFM = KA\sqrt{z(T_i - T_o)/T_i}$$

CFM = อัตราการไหลของอากาศ (cfm)

A = เนื้อที่ว่างทางเข้าหรือทางออก ซึ่งสมมติว่ามีค่าเท่ากับ (ft^2)

z = ความสูงจากทางเข้าถึงทางออก (ft)

T_i = อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายใน ณ ระดับความสูง z (F)

T_o = อุณหภูมิของอากาศภายนอก (F)

K = ค่าคงที่ มีค่าจาก 9.4 ถึง 7.2

ในสูตรนี้ได้ตั้งข้อสมมติว่า ช่องทางเข้ากับทางออกเท่ากัน ค่าคงที่ 9.4 ได้รวมถึงประสิทธิภาพของช่องเปิดไว้ 65% ถ้าเงื่อนไขนี้ไม่เหมาะสมแล้ว เราอาจลดค่าประสิทธิภาพของช่องเปิดลงเหลือ 50% ซึ่งจะได้ค่า K เป็น7.2 อัตราการไหลต่อหน่วยพื้นที่ จะมีค่ามากที่สุดเมื่อทางออกกับทางเข้ามีขนาดเท่ากัน อย่างไรก็ตาม การเพิ่มขนาดของด้านใดด้านหนึ่ง ก็สามารถช่วยเพิ่มอัตราการไหลได้สูงสุดถึงเกือบๆ 40% จากอัตราเดิม อัตราการไหลของอากาศจะถูกบังคับโดยขนาดของช่องเปิดที่เล็กกว่า

---

[1]Donald Watson & Kenneth Labs, Climatic Design, McGraw-Hill Book Company, New York, 1983. pp.53-59.

รูปแบบนิพจน์ของ CFM นั้นได้ตั้งข้อสมมติไว้ว่า T_i มีค่ามากกว่า T_o ดังนั้นการเคลื่อนที่ของอากาศในปล่องจะลอยสูงขึ้น ถ้าอากาศภายในเย็นกว่าภายนอกแล้วทิศทางการไหลก็จะย้อนกลับ และค่าของ T_o ก็ควรจะถูกแทนด้วยT_i เพื่อให้เครื่องหมายของค่า ที่อยู่ภายในกรณฑ์เป็นบวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย