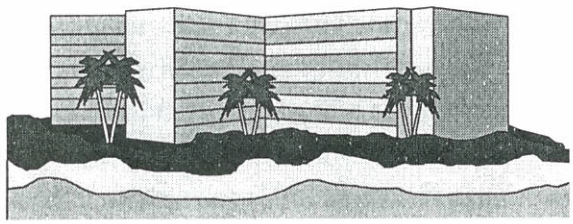
การใช้กระจกสองชั้นกับอาคารขนาดใหญ่



ดิกะ บุนนาค

บทนำ

ในปัจจุบันอาคารสำนักงานและอาคารศูนย์การค้าขนาดใหญ่มีการปลูกสร้างขึ้นมากมายในประเทศไทย รูปแบบภายนอกและภายในอาคารเหล่านี้โดยส่วนใหญ่มักออกแบบให้หรูหราสง่างามตามแบบของอาคารขนาดใหญ่ของต่างประเทศ เช่น ประเทศอังกฤษ, อเมริกา, ออสเตรเลีย เป็นต้น การสร้างอาคารที่หรูหราสง่างามเพียงอย่างเดียว โดยไม่ได้คำนึงถึงปัจจัยหลักทางกายภาพ ซึ่งส่งผลกระทบอย่างยิ่งทางด้านพลังงานนั่นคือ **สภาพภูมิอากาศของประเทศไทย** ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตอากาศร้อนชื้นสภาวะอากาศโดยส่วนใหญ่จะร้อนและมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง ซึ่งจะเกิดผลกระทบโดยตรงกับอาคารที่สร้างลอกเลียนแบบอาคารหรูหราจากต่างประเทศมาทั้งหมด เนื่องจากประเทศเหล่านั้นโดยส่วนใหญ่จะตั้งอยู่ในเขตอากาศหนาว ซึ่งจะต้องออกแบบอาคารให้รับแสงมากที่สุดเพื่อสร้างความสุขสบายและลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าลง เมื่อนำรูปแบบอาคารที่หรูหราสง่างามโดดเด่นเหล่านั้นมาสร้างในประเทศไทยจึงส่งผลให้**สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าในส่วนของระบบปรับอากาศมากที่สุด เนื่องจากความร้อนที่ผ่านเข้ามาทางกระจกและ skylight**

จากปัญหาการใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศที่ที่เพิ่มขึ้นทำให้ พรบ.อนุรักษ์พลังงานเกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2535 ซึ่งอาคารที่มีการใช้ไฟฟ้ามากกว่า 10 kVA ต้องถูกบังคับให้เป็นอาคารควบคุม ซึ่งต้องมีการตรวจสอบและแก้ไขตามระยะเวลาที่ พรบ. กำหนด การแก้ปัญหาส่วนใหญ่ของอาคารมักมองข้ามปัจจัยหลักที่สำคัญคือ การลดปริมาณความร้อนผ่านอาคารทางช่องรับแสงเนื่องจาก

---

* อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
: วศ.ม. (เทคโนโลยีคุณภาพ) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เจ้าของอาคารมักคิดว่าเป็นส่วนที่เป็นหน้าเป็นตา เป็นความหรูหราสง่างามทางสถาปัตยกรรมที่ลอกเลียนมาจากประเทศที่ศิวิลัยแล้ว (แต่อยู่ในเขตอากาศหนาว) อีกทั้งยังมีสถาปนิกผู้ออกแบบอาคารคอยสนับสนุนอยู่ ผลที่ได้ก็คือจะเกิดปัญหาอย่างหนักกับวิศวกรทางความร้อนที่ต้องแก้ไขปัญหาความร้อนสะสมในอาคาร ซึ่งเป็นภาระความเย็นของระบบปรับอากาศโดยที่ต้องไม่ไปยุ่งกับช่องรับแสงซึ่งเป็นที่มาใหญ่ของปัญหา ดังนั้นจึงทำได้เพียงลดปริมาณแสงที่ผ่านเข้ามาโดยใช้ฟิล์มกรองแสง, พ่นเคลือบด้วยที่สารสะท้อนความร้อนได้ดี หรือใช้กระจกสองชั้น (กรณีที่เป็นกระจกหน้าต่างเนื่องจากในต่างประเทศไม่นิยมใช้กระจกสองชั้นกับช่องรับแสงบนหลังคา)

พรบ. อนุรักษ์พลังงานปี พ.ศ. 2538 ระบุเงื่อนไขของการติดตั้งช่องรับแสงตามธรรมชาติไว้ดังนี้

"ในกรณีที่มีการออกแบบให้ใช้แสงธรรมชาติช่วยส่องสว่างและมีการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างที่สามารถหรี่ได้โดยอัตโนมัติถ้าหากทำให้ประจักษ์ได้ว่าสามารถลดการใช้ไฟฟ้าในส่วนของการใช้ไฟแสงสว่างลงได้เกินกว่าร้อยละ 25 ของค่าเกณฑ์ขั้นสูงของค่ากำลังไฟฟ้าสำหรับส่องสว่างในอาคารนั้นๆ ในบริเวณที่มีการใช้แสงธรรมชาติช่วยส่องสว่างให้ลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาในส่วนที่คำนวณลงได้ร้อยละ 15"

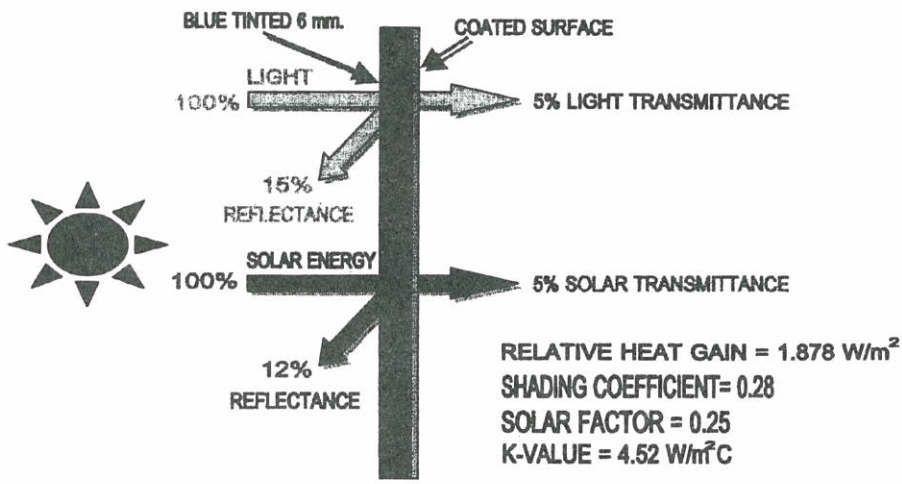
จากข้อกำหนดของ พรบ. อนุรักษ์พลังงานทำให้เกิดการแก้ไขอาคารขึ้นแต่เจ้าของก็ยังคงต้องการให้ยืดความหรูหราสง่างามของการที่มีช่องรับแสงบนหลังคาให้คนได้มองเห็นฟ้า (ทั้งๆ ที่ความจริงแทบจะไม่มีใครมองเพดานเวลามาเดินที่ศูนย์การค้า)

การใช้การควบคุมแสงที่กระจกและกระจกสองชั้นในการป้องกันความร้อนผ่านหน้าต่าง

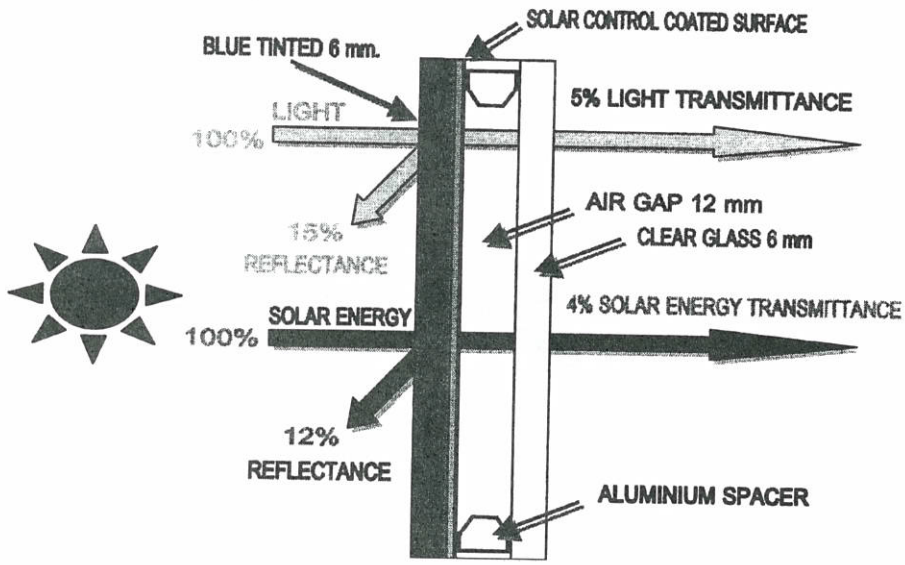
กระจกสองชั้นถูกออกแบบมาเพื่อใช้กับหน้าต่างของอาคารกระจกสมัยใหม่โดยให้มีฉนวนอากาศตรงกลางเพื่อยืดระยะเวลาของการถ่ายเทความร้อนโดยการพาความร้อนผ่านกระจกและหากติดตั้งฟิล์มหรือพ่นเคลือบสารที่มีคุณสมบัติสะท้อนรังสีอาทิตย์ก็จะสามารถลดภาระความร้อนผ่านกระจกหน้าต่างลงได้โดยยืดเวลาการถ่ายเทความร้อนของกระจกออกไป

1) ชนิดของการควบคุมแสงผ่านกระจกและกระจก 2 ชั้น โดยทั่วไปมี 7 แบบ ดังนี้

- **Solar Control Reflective Glass (Sapphire Blue on Blue)**

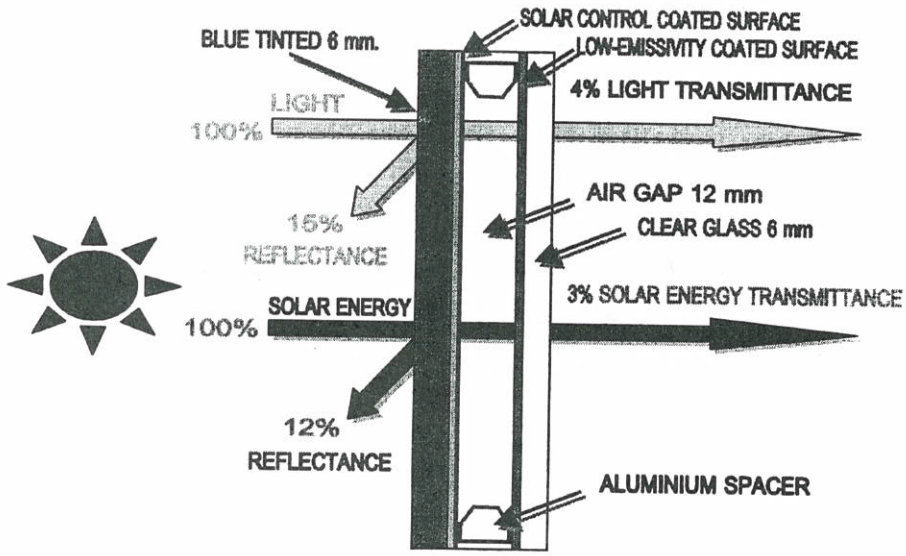


- **Insulating Double Glass unit with Sapphire Blue on Blue**



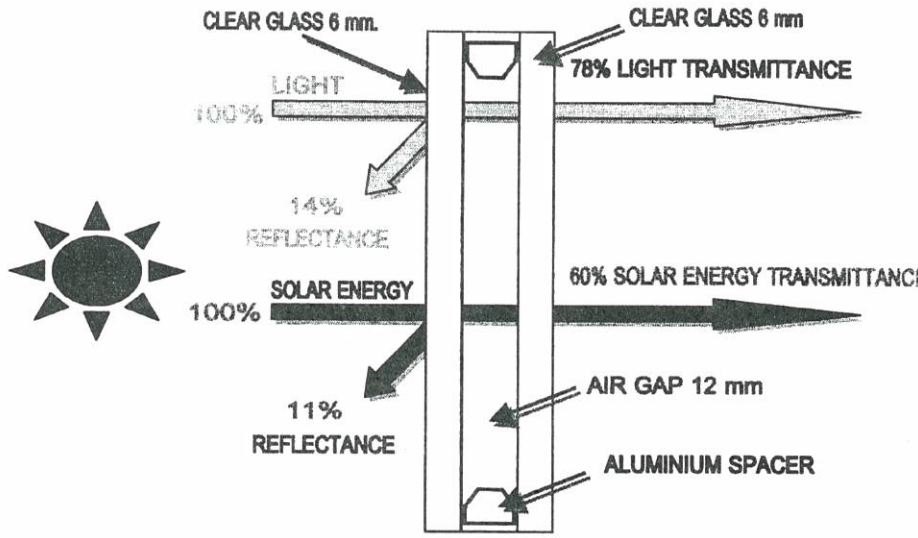
RELATIVE HEAT GAIN = 1.116 W/m^2
SHADING COEFFICIENT= 0.17
SOLAR FACTOR = 0.15
K-VALUE = 2.31 W/m^{2}C

- **Insulating Double Glass unit with Solar Control Reflective Glass Sapphire Blue on Blue and Low-Emissivity Coated Glass**



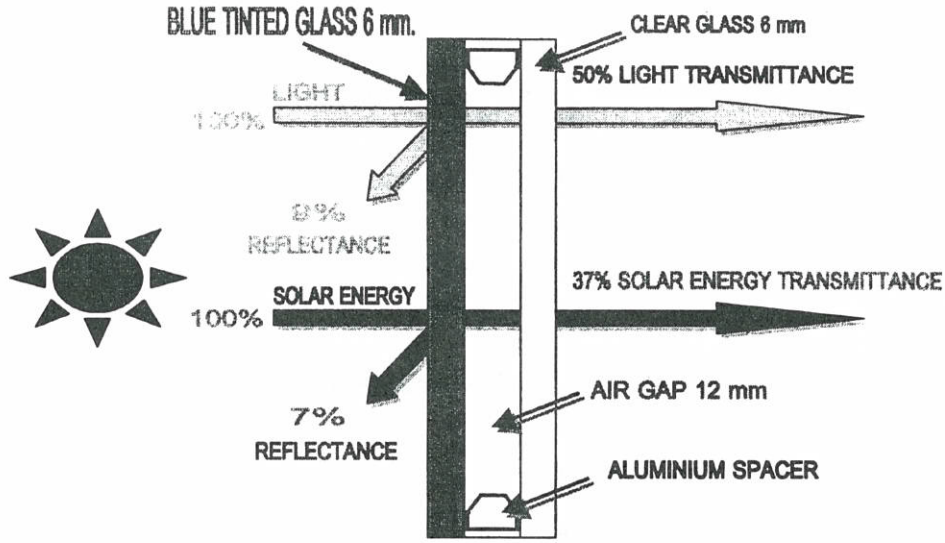
RELATIVE HEAT GAIN = 0.8438 W/m^2
SHADING COEFFICIENT= 0.13

- **Insulating Double Glass unit with Uncoated Clear Glass**



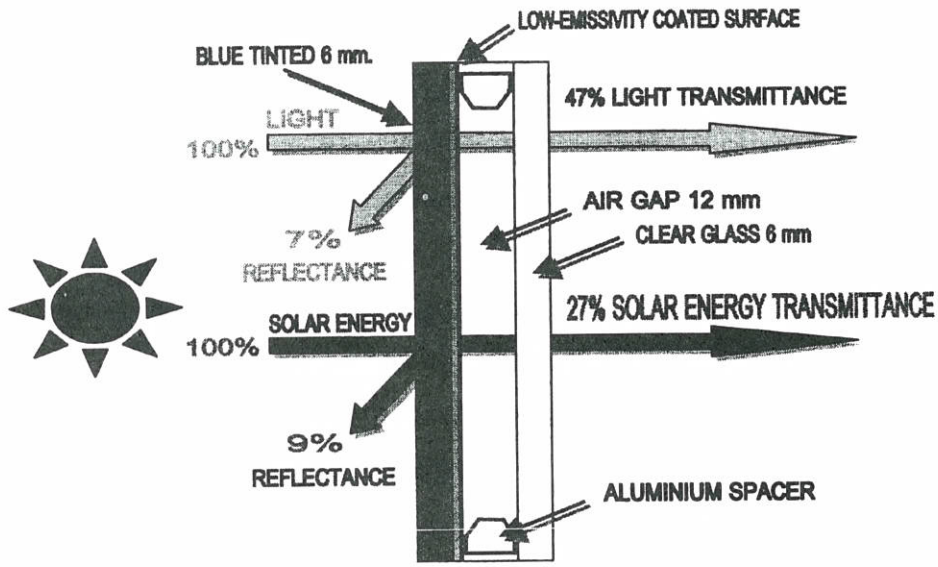
RELATIVE HEAT GAIN = 4.6275 W/m^2
SHADING COEFFICIENT= 0.81
SOLAR FACTOR = 0.70
K-VALUE = 2.74 W/m^{2}C

- **Insulating Double Glass unit with Uncoated Blue Tinted Glass**



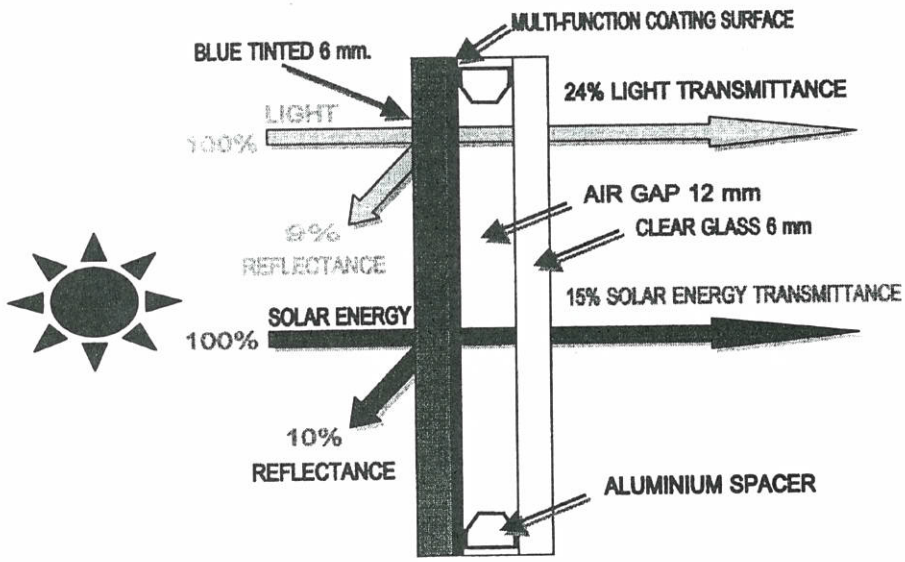
RELATIVE HEAT GAIN = 3.2937 W/m^2
SHADING COEFFICIENT= 0.57
SOLAR FACTOR = 0.49
K-VALUE = 2.74 W/m^{2}C

- **Insulating Double Glass unit with Low Emissivity Coating on Blue Tinted Glass**



RELATIVE HEAT GAIN = 2.3954 W/m^2
SHADING COEFFICIENT= 0.42
SOLAR FACTOR = 0.36
K-VALUE = 1.76 W/m^{2}C

- **Insulating Double Glass unit with Multi-function Coating on Blue Tinted Glass**

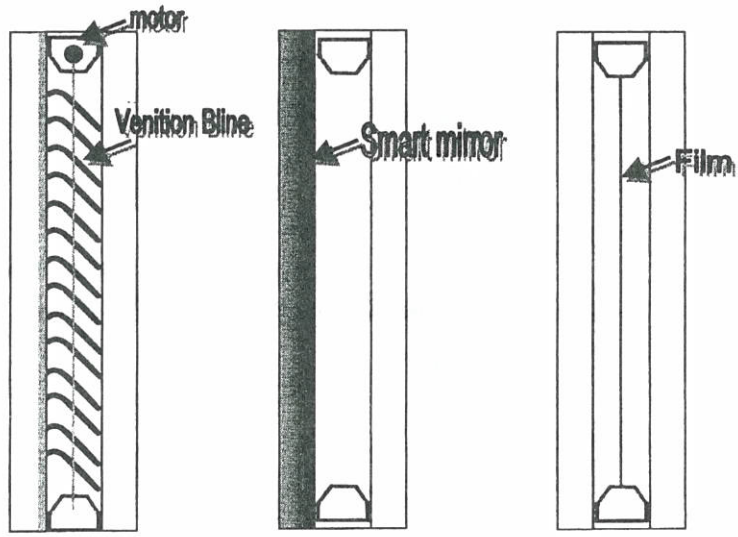


RELATIVE HEAT GAIN = 1.606 W/m^2
SHADING COEFFICIENT= 0.27
SOLAR FACTOR = 0.23
K-VALUE = 1.80 W/m C

2) กระจกสองชั้นแบบอื่นๆ

นอกเหนือจากกระจกสองชั้นแบบมาตรฐานที่มีใช้โดยทั่วไปในปัจจุบัน ยังมีกระจกสองชั้นแบบพิเศษ เช่น กระจกสองชั้นที่ติดตั้งมู่ลี่ปรับแสงไว้ภายในซึ่งสามารถปรับได้ทั้งแบบอัตโนมัติและแบบปรับด้วยมือ นอกจากนั้นยังมี Smart Mirror ซึ่งสามารถปรับความเข้มของการกรองแสงได้ตามปริมาณความเข้มของแสงที่ตกกระทบผิวของมัน

ปัจจุบันสถาปนิกผู้ออกแบบมักนิยมออกแบบให้อาคารใช้กระจกสองชั้น ซึ่งบางทีก็ลอกเลียนแบบโดยกำหนดตามมาตรฐานของต่างประเทศมา ซึ่งในการทดสอบหาประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของฟิล์มกรองแสงของต่างประเทศพบว่าเพื่อให้ระบบเกิดประสิทธิภาพสูงสุดควรจะขึงฟิล์มกรองแสงไว้ตรงกลางของชั้นอากาศเพื่อแบ่งให้ชั้นกลางของกาศเป็น 2 layer โดย layer บนจะร้อนก่อนแล้ว layer ล่างจึงร้อนตามส่งผลให้กระจกแผ่นล่างร้อนช้าลงไปอีกทำให้ลด load ของการปรับอากาศลงไปได้อีกแต่การทำแบบนี้มีทั้งผลดีและผลเสียกล่าวคือเมื่อนำมาใช้ในประเทศโซนร้อนอย่างประเทศไทยจะส่งผลให้กระจกบานบนยิ่งร้อนจัดมากขึ้นไปอีกเนื่องจากขนาดของ Air gap ที่เล็กลงครึ่งหนึ่งและฟิล์มที่อยู่ชั้นกลางสะท้อนความร้อนกลับออกไปแต่รังสีที่กลับออกไปเป็นคลื่นสั้นจึงกลับไปไม่ได้เกิดสภาพ Green House Effect ขึ้นความร้อนที่สะสมตัวที่ชั้นบนอย่างรวดเร็วนี้จะเป็นผลส่งในรูปการพาความร้อนผ่านลงสู่ layer ล่างและจะทำให้ layer ร้อนขึ้นจนในที่สุดเท่ากันทั้งหมด



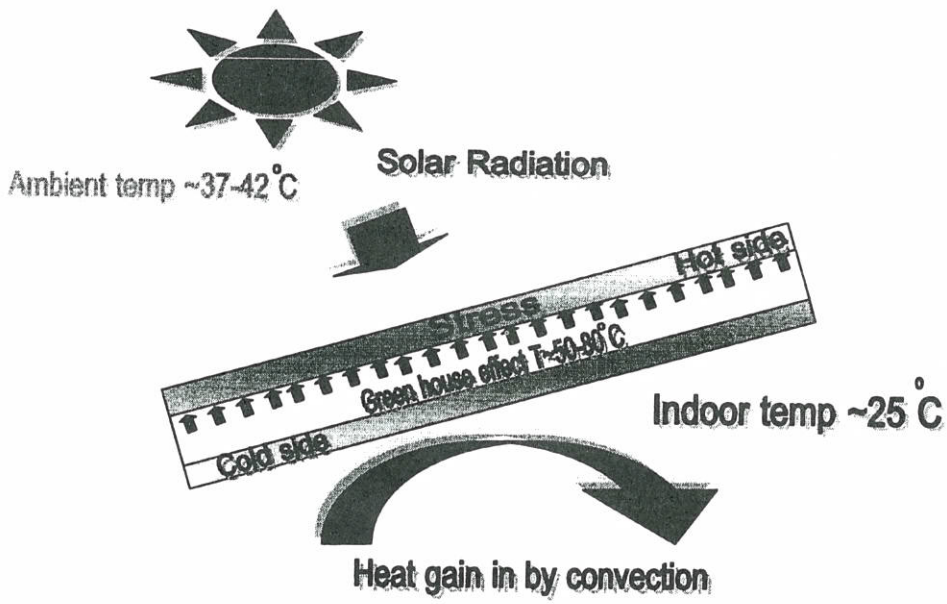
รูป แสดง กระจกสองชั้น แบบติดตั้งมู่ลี่ภายใน, แบบ Smart Mirror และ การติดฟิล์มที่กึ่งกลางกระจกสองชั้น

3) ข้อจำกัดบางประการของการใช้กระจกสองชั้นในประเทศไทย

การใช้กระจกสองชั้นป้องกันความร้อนผ่านอาคารและควบคุมแสงธรรมชาติเพื่อลดการใช้ไฟแสงสว่างในประเทศไทยนั้นมีข้อจำกัดอยู่ที่การติดตั้งบางประการหากติดในแนวตั้งคืออยู่ในช่วง 45-90 องศา เป็นกรอบอาคารซึ่งสามารถรับลมได้ดีจะไม่เป็นปัญหาเนื่องจากกระจกสองชั้นบางชนิด เช่น แบบ Insulating Double Glass unit with Sapphire Blue on Blue หรือ แบบ Insulating Double Glass unit with Solar Control Reflective Glass Sapphire Blue on Blue and Low-Emissivity Coated Glass เป็นกระจกสองชั้นที่ยอมให้ความร้อนและแสงผ่านเข้ามาน้อยอีกทั้งยังสะท้อนกลับออกไปน้อยผลที่ได้คือตัวกระจกและช่องอากาศจะรับความร้อนไว้ในตัวมันถึง 80-84% เมื่อช่องอากาศภายในเริ่มร้อนขึ้นเรื่อยๆ ความดันภายในกระจกจะสูงมากขึ้นตามถ้าหากกระจกติดตั้งในแนวที่รับลมได้ลมจะช่วยระบายความร้อนที่สะสมบริเวณผิวกระจกด้านนอกทำให้กระจกเย็นลงในขณะเดียวกันกระจกชั้นในติดอยู่กับพื้นที่ปรับอากาศจะร้อนช้าขึ้น ดังนั้นความร้อนสะสมที่ผิวด้านในกระจกชั้นในจะระบายเข้ามาเป็นภาระให้กับระบบปรับอากาศช้าลงไปอีกเป็นในช่วงเย็นแทนที่จะเป็นช่วงบ่ายหากติดตั้งในมุมที่ไม่รับลมเมื่อกระจกร้อนทั่วเท่ากันทั้งบานแล้ว ในช่วงบ่ายความร้อนจากกระจกบานล่างจะถ่ายเทเข้าสู่ภายในห้องเปรียบเสมือนไม่ได้ติดตั้งกระจกสองชั้นนอกจากนั้นความร้อนที่สะสมในอากาศชั้นกลางยังส่งผลให้กระจกสองชั้นที่ร้อนเต็มที่แล้วมีภาระความร้อนที่สูงกว่ากระจกชั้นเดียว

เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตอากาศร้อนชื้น ดังนั้นการใช้กระจกสองชั้นจึงมีข้อจำกัดบางประการกล่าวคือ หากติดตั้งกระจกสองชั้นในมุมที่ต่ำเกินไปประมาณ 0.30 องศา ในจุดที่อับลมหรือบริเวณที่ลมพัดเข้ามาไม่ถึงหรือไม่โดนลม เช่น บนหลังคา ที่กรอบโดยรอบ เป็นต้นจะเกิดปัญหาขึ้นกับกระจกบานบนคือ เมื่อมุมที่ติดตั้งต่ำเกินไปโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่มุมในช่วง 15 องศาซึ่งกระจกสองชั้นจะมีสภาพเป็น Enclosure ที่รับรังสีอาทิตย์เต็มที่โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อหันหน้าทางทิศใต้ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในตอนต้นว่าความร้อนที่สะสมอยู่ที่กระจกและอากาศนิ่งที่กึ่งกลางอีกทั้งสภาพที่เกิดกับ Enclosure ที่เป็นกระจกเมื่อรับรังสีอาทิตย์เต็มที่จะเกิดสภาพ Green house effect ขึ้นทำให้อากาศที่กึ่งกลางร้อนขึ้นเรื่อยๆ และจะถ่ายเทความร้อนให้กับกระจกทั้งสอง แต่กระจกบานล่างติดกับบริเวณที่มีการปรับอากาศจึงถูกระบายความร้อนออกไป แต่ก็เป็นการเพิ่มภาระของการปรับอากาศขึ้นอีกส่วนที่เป็นปัญหาที่สุดคือ กระจกแผ่นบน กระจกแผ่นบนอยู่ในบริเวณที่อับลมจึงไม่มีการระบายความร้อนเกิดขึ้นเลยผลที่ได้คือ กระจกแผ่นบนจะค่อยๆ ร้อนขึ้นเรื่อยๆ และจากผลของ Green house effect ที่เกิดขึ้นภายใน Enclosure ของกระจกสองชั้นแต่เนื่องจากกระจกแผ่นล่างอยู่ติดกับบริเวณปรับอากาศทำให้ความร้อนถ่ายเทไป

สู่บริเวณปรับอากาศเป็นภาระความร้อนของเครื่องปรับอากาศแต่แผ่นบนอยู่ในบริเวณที่ไม่ได้รับการระบายความร้อนทำให้อุณหภูมิสะสมค่อยๆ สูงขึ้น อีกทั้งผลจาก Green house effect ของอากาศภายในทำให้อุณหภูมิสามารถเพิ่มสูงขึ้นได้มากกว่าอุณหภูมิบรรยากาศ จากผลที่อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นความดันภายในจะเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วยผลที่ได้คือกระจกบานบนต้องรับแรงกดจากความดันที่เพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไปความเครียดภายในกระจกจะค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ในขณะเดียวกันความดันที่เกิดภายในระบบจะค่อยๆ ทำลายซีลของกระจกในจุดที่บอบบางที่สุดในรอยต่อจนกระทั่งรั่วเมื่อรั่งน้ำจะเข้ามาในระบบได้ ถ้ากระจกตั้งในมุมที่สูงพอน้ำที่รั่วเข้ามาจะไหลลงไปรวมกันที่ด้านล่างของกระจกแต่เนื่องจากกระจกถูกติดตั้งในมุมที่ต่ำเกินไปจะทำให้น้ำนองอยู่ที่กระจกแผ่นล่างเมื่อ อุณภูมิสูงขึ้น ความชื้นในระบบจะสูงตามจนในที่สุดฟิล์มหรือสารเคลือบจะเสียหายและกระจกแผ่นบนก็ยังคงรับความเครียดอยู่ เนื่องจากความดันที่สูงขึ้นแม้จะมีช่องระบายเล็กๆ แต่ผลต่างก็ยังสูงอยู่สิ่งที่ได้คือ เมื่อความเครียดในกระจกเพิ่มมากจนถึงจุดหนึ่งกระจกจะเกิดรอยร้าวเล็กๆ จากภายในและจะค่อยๆ ขยายตัวเพิ่มมากขึ้นจนแตกในที่สุดดังรูป

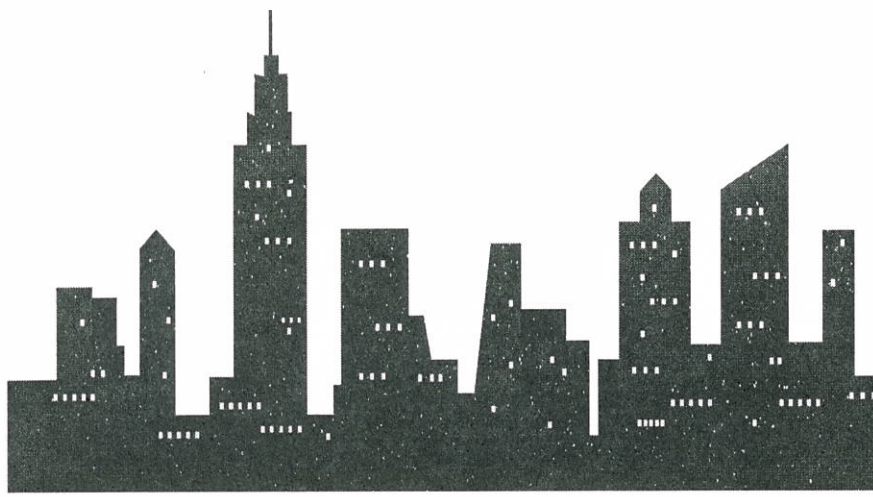


รูปแสดงการสะสมความร้อนและความเค้นที่เกิดที่กระจกแผ่นบนเมื่อวางกระจกสองชั้นต่ำไปและไม่มีการระบายอากาศที่เหนือผิวกระจก

บทสรุป

การป้องกันความร้อนผ่านอาคารทางช่องรับแสงธรรมชาติแบบทางตรงวิธีที่ดีวิธีหนึ่ง คือ การติดตั้งกระจกสองชั้นซึ่งกระจกสองชั้นที่มีในท้องตลาดปัจจุบันมี 7 แบบ ซึ่งแต่ละแบบจะยอมให้ความร้อนและแสงผ่านเข้ามาได้ต่างกันไป ซึ่งสถาปนิกผู้ออกแบบต้องเป็นผู้เลือกใช้ให้เหมาะสมกับลักษณะ, ทิศทางที่ติดตั้ง และความต้องการแสงธรรมชาติของภายในอาคารเพื่อลดการใช้ไฟแสงสว่างแต่ในการติดตั้งผู้ออกแบบควรต้องระวังข้อจำกัดต่างๆ อันเนื่องมาจากความแตกต่างทางภูมิอากาศของประเทศซึ่งจะส่งผลกระทบโดยตรงกับปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนของระบบปรับอากาศ ซึ่งเป็นการใช้ไฟฟ้าส่วนใหญ่ของอาคารในประเทศไทยหากติดตั้งกระจกสองชั้นในมุมที่ต่ำเกินไปหรืออยู่ในบริเวณที่อับลมหรือทั้งสองอย่างจะส่งผลเสียในระยะยาวกับกระจกแต่สำหรับระบบปรับอากาศจะส่งผลเกือบทันทีจากปริมาณความร้อนที่ส่งผ่านเข้ามาในช่วงบ่าย ซึ่งเป็นผลจาก Green house effect ที่เกิดขึ้นที่ช่องว่างกึ่งกลางของกระจก

ดังนั้นการใช้กระจกสองชั้นเป็นสิ่งที่ดีในการป้องกันความร้อนแบบทางตรงผ่านอาคาร แต่ต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมและรู้จักวิธีการใช้และข้อจำกัดบางประการของการใช้หากเข้าใจในรูปแบบต่างๆ ดีแล้วการติดตั้งกระจกสองชั้นจะช่วยลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งในส่วนของระบบปรับอากาศและระบบไฟแสงสว่างลงได้มาก แต่ถ้าหากใช้ไม่ถูกต้องแล้วนอกจากจะเป็นการเปลืองเงินไปแล้วโดยเปล่าประโยชน์ยังเป็นการเพิ่มภาระในการดูแลบำรุงรักษาและตามแก้ปัญหาทั้งตัวกระจกและภาระความร้อนของระบบปรับอากาศที่เกิดตามมาอีกด้วย ◈◈



บรรณานุกรม

การอนุรักษ์พลังงานในอาคาร, กรุงเทพฯ : ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย, 2538.

ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย, **การสัมมนาเรื่อง Thailand Energy Efficiency Conference' 95**, กรุงเทพฯ : 2538.

Incropera, Frank P. and Dewit, David P. **Introduction to heat transfer**, 2nd ed, New York : Wiley, 1990.

Khedari, Joseph, Hirunlabh, Jongjit and Bunnag, Tika. "Experimental study of a roff solar collector towards the natural ventilation of new houses", **Energy and Buildings**. 26, 2, 1997, pp. 159-164.

Pica and others. "An experimental investigation on natural convection of air in vertical channel", **International Journal of Heat and mass transfer**, 26, 3, 1993, pp. 611-616.

Wachirapuwadon, S. and others. "New Configuration of Roof Solar collector for maximizing Natural Ventilation", **SYRIA**, 1997, pp. 127 - 130.

Young and others, "Laminar natural-convection flow transitions in tilted three-dimensional longitudinal rectangular enclosure," **International Journal of Heat and mass transfer**, 30, 8, 1987, pp. 1637-1644.