

ขนาดประตูอลูมิเนียมกระจกที่เหมาะสมเพื่อลดความสูญเสียวัสดุส่วนเกิน

Optimum Size of Aluminium Glass Door for Saving Materials

รับบทความ 21/04/2022
แก้ไขบทความ 06/06/2022
ยอมรับบทความ 06/06/2022

ดุษฎี อังคนาวีศัลย์ บัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ภาควิชาสถาปัตย์กรรมศาสตร์ คณะสถาปัตย์กรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Dussadee Angkanawisal, Bundit Chulasai
Department of Architecture, Faculty of Architecture, Chulalongkorn University
ang.dussadee@gmail.com, bunditchulasai@yahoo.com

บทคัดย่อ

ประตูหน้าต่างเป็นส่วนประกอบสำคัญของอาคาร ที่มีมูลค่าถึง 15% ของค่าก่อสร้างทั้งหมด ราคาของประตูหน้าต่างอลูมิเนียมและกระจกที่กำลังเป็นที่นิยมจะมาจากค่าวัสดุประมาณ 3 ใน 4 ส่วนของต้นทุนทั้งหมด การศึกษาครั้งนี้จะหาขนาดประตูที่เหมาะสมกับขนาดวัตถุดิบที่ผลิตในประเทศและเหลือเศษน้อย โดยเลือกอาคารที่ทำการที่กรมโยธาธิการและผังเมืองออกแบบเป็นกรณีศึกษา

จากการศึกษาอาคาร จำนวน 18 หลัง พบว่ามีการออกแบบประตูหลายรูปแบบ ได้แก่ แบบบานเปิดเดี่ยว บานเปิดคู่ บานเลื่อนเดี่ยว บานเลื่อนคู่ บานเลื่อนสลับ แต่ละรูปแบบมีขนาดแตกต่างกัน เฉพาะประตูแบบบานเปิดเดี่ยว มีความกว้างตั้งแต่ 0.800 – 1.000 ม. และความสูงตั้งแต่ 2.050 – 3.000 ม. หรือมีถึง 9 ขนาด ดังนี้ 0.800x2.050, 0.800x2.500, 0.900x2.600, 1.000x2.200, 1.000x2.250, 1.000x2.500, 1.000x2.600, 1.000x2.900, 1.000x3.000 ม.

ปัจจุบันอลูมิเนียมที่ผลิตจากโรงงานจะมีความยาว 6.400 ม. แต่ใช้งานได้จริงเพียง 6.300 ม. ดังนั้นเมื่อนำประตูบานเปิดเดี่ยวมาพิจารณาร่วมกับความยาวของอลูมิเนียม จะได้ความกว้างและความสูงประตูที่เหมาะสม ไม่เหลือเศษ คือ กว้าง 0.900 และ 1.050 สูง 2.100 และ 3.150 ม. หรือ ขนาดประตู 4 ขนาด ดังนี้ 0.900x2.100, 1.050x2.100, 0.900x3.150 และ 1.050x3.150 ม.

ส่วนกระจกที่ออกแบบส่วนใหญ่ คือ กระจกใส หนา 6 มม. ปัจจุบันผลิตจากโรงงานมากถึง 11 ขนาด กว้างตั้งแต่ 1.524 - 3.048 ม. ยาวตั้งแต่ 1.829 - 5.080 ม. ได้แก่ 1.524x1.829, 1.829x2.134, 2.134x2.134, 1.829x 2.438, 1.829x3.048, 2.134x3.048, 2.438x3.048, 2.134x3.658, 2.438x3.658, 3.048x4.267, 3.048x5.080 ม.

ดังนั้นเมื่อนำประตู 4 ขนาดที่เหมาะสมกับอลูมิเนียม ไม่เหลือเศษ มาพิจารณากับขนาดกระจก พบว่าถ้าออกแบบประตูขนาด 0.900x2.100 ม. ให้ใช้กระจกขนาด 1.829x2.134 ม. หรือ 2.134x3.658 ม. จะเหลือเศษน้อยที่สุดคือ 3.15% ประตูขนาด 1.050x2.100 ม. ให้ใช้กระจกขนาด 2.134x2.134 ม. จะเหลือเศษน้อยที่สุดคือ 3.16% ประตูขนาด 0.900x3.150 ให้ใช้กระจกขนาด 2.134x3.658 ม. จะเหลือเศษน้อยที่สุดคือ 27.36% ประตูขนาด 1.050x3.150 ม. ให้ใช้กระจกขนาด 2.134x3.658 ม. จะเหลือเศษน้อยที่สุดคือ 15.26%

ทั้งนี้ เมื่อเปรียบเทียบราคาประตูอลูมิเนียมกระจกกระหว่างบานเปิดเดี่ยว 9 ขนาด และบานเปิดเดี่ยว 4 ขนาด จะมีทั้งราคาที่สูงกว่าและต่ำกว่า โดยหากเปรียบเทียบประตูขนาด 0.800x2.050 เมตร และขนาด 0.900x2.100 เมตร พบว่าขนาด 0.900x2.100 เมตร จะมีราคาสูงกว่า เนื่องจากใช้อลูมิเนียมและกระจกมากกว่า แต่จะได้ประตูขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งเป็นขนาดที่พอดีกับอลูมิเนียมและเหลือเศษกระจกน้อย และยังทำให้ประหยัดแรงงานในการตัดวัสดุส่วนเกินออกอีกด้วย นอกจากนี้ยังมีประตูขนาด 1.050x2.100, 0.900x3.150, 1.050x3.150 เมตร ที่มีความพอดีกับวัสดุและเหลือเศษน้อย

คำสำคัญ: ประตูอลูมิเนียม กระจก ขนาดประตู ขนาดวัสดุ เศษวัสดุ

Abstract

Doors and Windows are essential components of a building. with a value of up to 15% of the total construction cost prices for the popular aluminium and glass doors and windows are about three-quarters of the total cost of materials. This study will determine the optimum door size for the size of locally produced raw materials and with low scrap by choosing an office building designed by the Department of Public Works and Town & Country Planning as a case study.

From the study of 18 buildings, it was found that there were many types of door designs, including single-opening, double-opening, single-sliding, double-sliding, and alternating sliding doors. Each model has a different size. Single door opening only with width from 0.800 – 1.000 m. and height from 2.050 – 3.000 m. which have 9 sizes as follows 0.800x2.050, 0.800x2.500, 0.900x2.600, 1.000x2.200, 1.000x2.250, 1.000x2.500, 1.000x2.600, 1.000x2.900, 1.000x3.000 m.

Currently, factory-made aluminum has a length of 6.400 m. but only 6.300 m. is practical. Will get the width and height of the door that is optimum, no leftovers, width 0.900 and 1.050, height 2.100 and 3.150 m. or 4 door sizes: 0.900x2.100, 1.050x2.100, 0.900x3.150 and 1.050x3.150 m.

Most of the glass designed is clear glass, thickness 6 mm., currently produced from factories up to 11 sizes, width from 1.524 - 3.048 m., length from 1.829 - 5.080 m, including 1.524x1.829, 1.829x2.134, 2.134x2.134, 1.829x 2.438, 1.829x3.048, 2.134x3.048, 2.438x3.048, 2.134x3.658, 2.438x3.658, 3.048x4.267, 3.048x5.080 m.

Therefore, when taking 4 sizes of doors that are optimum for aluminium, no scraps are left, consider the size of the glass. It was found that if designing a door with a size of 0.900x2.100 m., use a glass of 1.829x2.134 m. or 2.134x3.658 m., the minimum waste will be 3.15%. A door with a size of 1.050x2.100 m. will use a glass of 2.134. x2.134 m., the least waste will be 3.16%. Door size 0.900x3.150, use a glass of 2.134x3.658 m., the least waste will be 27.36%. Door size 1.050x3.150 m., use a glass of 2.134x3.658 m., the smallest fraction is 15.26%.

However, when comparing the price of aluminium glass door between 9 sizes of single opening doors and 4 sizes of single opening doors, there will be both higher and lower prices. If comparing a door with a size of 0.800x2.050 meters and a size of 0.900x2.100 meters, it was found that the size 0.900x2.100 meters would have a higher price. because they use more aluminium and glass but will get a larger door which is the optimum size for aluminum and less glass fragments. It also saves labor in cutting off excess material. There are also doors sizes 1.050x2.100, 0.900x3.150, 1.050x3.150 m. that fit the material and are left with little scrap. Therefore, all 4 sizes of doors are the optimum sizes.

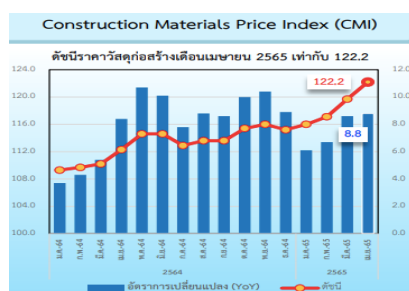
Keywords: Aluminium Door, Glass, Door size, Raw material size, Raw material scrap

บทนำ

ค่าก่อสร้างอาคารประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ คือ ส่วนที่เป็นค่าก่อสร้างโดยตรงที่เกิดจากค่าวัสดุและค่าแรงงาน เช่น งานโครงสร้าง งานสถาปัตยกรรม งานระบบประกอบอาคาร โดยมูลค่างานทั่วไปจะอยู่ระหว่าง 75-80% ส่วนที่เป็นค่าก่อสร้างทางอ้อม อันเกิดจากการบริหารจัดการ ค่าดำเนินการ กำไรและภาษี ซึ่งจะมีมูลค่างานประมาณ 20-30% ของค่าก่อสร้างอาคาร (อภิสิทธิ์ กุศลนันท์, 2550) ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างแยกตามประเภทของงานก่อสร้างที่พิกาศัย ได้แก่ งานโครงสร้าง งานสถาปัตยกรรม งานระบบไฟฟ้า งานระบบประปาและสุขาภิบาล โดยในหมวดงานสถาปัตยกรรมประกอบไปด้วย งานผนังและวัสดุปิดผิว งานพื้นและวัสดุปิดผิว งานฝ้าเพดาน งานประตุน้ำต่าง งานห้องน้ำและงานสี โดยงานประตุน้ำต่างคิดเป็น 13.9% - 14.6% ของค่าก่อสร้างอาคาร (ศิริชัย ศิลปศรี, 2549) และสัดส่วนในอาคารพักอาศัยรวม งานประตุน้ำต่างคิดเป็น 13.75% ของค่าก่อสร้างอาคาร (คณะกรรมการกำหนดราคากลาง, 2564) จึงอนุมานได้ว่าประตุน้ำต่างมีมูลค่าประมาณ 13% - 15% ของค่าก่อสร้างอาคารโดยรวม

ประตุน้ำต่างกระจกเป็นวัสดุก่อสร้างชนิดหนึ่งที่ใช้เป็นช่องเปิดปิดของผนัง และเป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญของอาคาร ไม่ว่าจะเป็นอาคารขนาดใหญ่จนถึงอาคารที่อยู่อาศัยขนาดเล็ก ประตุน้ำต่างกระจกได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพและความสวยงามให้กับอาคารหลายอย่าง (โสธิดา งามวิวัฒนสว่าง, 2551)

ประตุน้ำต่างต่าง ๆ แบ่งตามวิธีการเปิด ได้แก่ ประตูบานเปิด ประตูบานผลักสองทาง ประตูบานเลื่อน ประตูบานพับ ประตูบานหมุน ประตูบานม้วน ประตูบานยัด ประตูม่าน และชนิดหน้าต่าง ได้แก่ หน้าต่างบานเปิด หน้าต่างบานเลื่อน หน้าต่างบานกระทุ้ง หน้าต่างบานหมุน หน้าต่างบานเกล็ด ประตูหน้าต่างประกอบด้วย วงกบ บานกรอบและลูกฟัก วัสดุที่ใช้ทำประตุน้ำต่างแตกต่างกันออกไป ตามลักษณะของการใช้สอย มีทั้ง ไม้ ไม้อัด กระจก อลูมิเนียม เหล็กหรือพลาสติก เป็นต้น (บัณฑิต จุลาสัย และ สุรียน ศิริธรรมปิติ, 2547) ซึ่งปัจจุบันมีการนำอลูมิเนียมมาใช้ทำประตุน้ำต่างเป็นจำนวนมาก (โสธิดา งามวิวัฒนสว่าง, 2551) การศึกษาเบื้องต้นพบว่า ประตูหน้าต่างอลูมิเนียมประกอบด้วยวัสดุ 2 ชนิดคือ อลูมิเนียมและกระจก ซึ่งมีขั้นตอนกระบวนการผลิตจากโรงงาน และขั้นตอนการติดตั้งที่หน้างาน โดยโรงงานอลูมิเนียมและกระจกจะมีการผลิตขนาดวัสดุตามมาตรฐานผู้ผลิต จากนั้นผู้ติดตั้งประตูหน้าต่างอลูมิเนียมจะนำวัสดุทั้ง 2 ชนิดมาตัด ประกอบ และติดตั้งที่หน้างาน ซึ่งจะติดตั้งตามรูปแบบและขนาดที่สถาปนิกออกแบบไว้ ทั้งนี้ ราคาต้นทุนประตุน้ำต่างอลูมิเนียมและกระจกมาจากค่าวัตถุดิบและค่าแรงงาน โดยค่าวัตถุดิบและวัสดุสิ้นเปลืองที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเป็นต้นทุนหลักเฉลี่ยประมาณ 75% ของต้นทุนทั้งหมด (โสธิดา งามวิวัฒนสว่าง, 2551) หรือคิดเป็น 3 ใน 4 ส่วน ราคาต้นทุนวัตถุดิบของประตุน้ำต่างจะขึ้นอยู่กับขนาดประตุน้ำต่าง ดังนั้นขนาดประตุน้ำต่างที่เหมาะสมจะต้องสอดคล้องกับขนาดของอลูมิเนียมและกระจกที่ผลิต เพื่อให้เหลือเศษวัตถุดิบที่น้อยที่สุด เนื่องจากค่าวัสดุก่อสร้างเป็นองค์ประกอบที่มีผลต่อราคาค่าก่อสร้างมากที่สุด (สุพจน์ อุปรมาทร, 2550) ปัจจุบันราคาค่าวัสดุก่อสร้างเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง สาเหตุหลักที่สำคัญมาจากการสูงขึ้นของราคาค่าวัตถุดิบ เช่น น้ำมัน ถ่านหิน เหล็กและอลูมิเนียม เป็นต้น ซึ่งได้รับผลกระทบมาจากสถานการณ์ความรุนแรงในต่างประเทศ ประกอบกับการลดกำลังการผลิตของกลุ่มประเทศผู้ผลิต ส่งผลให้เกิดการขาดแคลนวัตถุดิบ และราคาค่าวัตถุดิบนำเข้าปรับตัวสูงขึ้น ดังแสดงในภาพ 1



ภาพ 1 ราคาค่าวัสดุก่อสร้าง กองดัชนีเศรษฐกิจการค้า

สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า กระทรวงพาณิชย์. 5 พฤษภาคม 2565.

ดังนั้นการควบคุมต้นทุนค่าวัสดุก่อสร้างจึงเป็นส่วนสำคัญที่ต้องคำนึงถึงในการลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้าง รวมถึงการเลือกใช้ขนาดวัสดุให้พอดีและเหลือเศษน้อยเพื่อลดแรงงานในการตัดเศษวัสดุทิ้ง

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ในการวิจัยเพื่อศึกษาขนาดประตูที่ออกแบบในปัจจุบันและเพื่อหาขนาดประตูอลูมิเนียมที่เหมาะสมกับขนาดของวัตถุดิบที่ผลิตจากโรงงานและเศษวัตถุดิบที่เหลือ โดยเลือกแบบประตูอลูมิเนียมของอาคารที่ทำการที่กรมโยธาธิการและผังเมืองออกแบบเป็นกรณีศึกษา จำนวน 18 อาคาร เนื่องจากมีแบบสถาปัตยกรรมที่สามารถเปิดเผยได้

การศึกษาและรวบรวมข้อมูล แบ่งเป็น ข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิ ในส่วนข้อมูลปฐมภูมิ ใช้วิธีสังเกตการณ์จากสถานที่จริง ถ่ายภาพ จดบันทึก และสัมภาษณ์ผู้เกี่ยวข้องของโรงงานผลิตอลูมิเนียม และโรงงานผลิตกระจก ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ใช้ในการทำประตูหน้าต่าง เพื่อทราบรายละเอียด ขั้นตอนของการผลิต ขนาดที่ผลิต รวมถึงศึกษาขนาดประตูหน้าต่างจากแบบสถาปัตยกรรม โดยศึกษาอาคารที่ทำการที่กรมโยธาธิการและผังเมืองออกแบบ ในส่วนของข้อมูลทุติยภูมิ ศึกษาข้อมูลจากหนังสือ งานวิจัยและวิทยานิพนธ์ที่เกี่ยวข้องกับงานประตูหน้าต่าง วัสดุอลูมิเนียมและกระจกที่ใช้ในงานประตูหน้าต่าง เมื่อศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากการสังเกตการณ์ การสัมภาษณ์จากโรงงานผลิต และจากข้อมูลอาคารกรณีศึกษา จึงนำข้อมูลทั้งหมดมาประมวลผล วิเคราะห์และสรุปอภิปรายผลเพื่อนำเสนองานวิจัย

ทั้งนี้ ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับในงานวิจัย เพื่อให้ทราบถึงขนาดประตูอลูมิเนียมกระจกที่เหลือเศษวัสดุน้อย ขนาดที่พอดีกับวัสดุที่ผลิตจากโรงงานและประหยัดแรงงานในการตัดเศษ เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบประตูหน้าต่างอลูมิเนียมกระจกที่เหมาะสมต่อไป

การศึกษาข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การสร้างประตูหน้าต่างมาตรฐานประเทศไทย

ตัวแปรหลักที่ทำให้ประตูหน้าต่างมีต้นทุนที่สูงคือ วัตถุดิบและวัสดุสิ้นเปลืองที่เกี่ยวข้องกับการผลิตซึ่งเป็นต้นทุนหลักเฉลี่ยประมาณ 75% ของต้นทุนทั้งหมดนั้นไม่ได้ถูกใช้อย่างเต็มประสิทธิภาพ อันเนื่องมาจากประตูหน้าต่างในประเทศไทยนั้นยังเป็นลักษณะการสั่งผลิต ทำให้เสียเศษวัสดุในการผลิตสูง ใช้แรงงานเป็นจำนวนมากและใช้ระยะเวลาในการผลิตที่ยาวนาน ผู้ออกแบบและเจ้าของอาคารไม่ทราบถึงปัจจัยหลักที่ทำให้ประตูหน้าต่างมีราคาสูง อีกทั้งไม่มีขนาดประตูหน้าต่างให้เลือกใช้ในท้องตลาด จึงจำเป็นต้องออกแบบขนาดประตูหน้าต่างตามความต้องการของตนเอง ทำให้เกิดเศษวัสดุหลักจากการผลิต คือกระจกและกรอบบานเหลือทิ้งเฉลี่ยสูงถึง 30% ของวัตถุดิบหลักทั้งหมดที่นำมาประกอบเป็นประตูหน้าต่าง เศษวัตถุดิบเหล่านี้นั้นจะกลายเป็นขยะสร้างปัญหาให้กับสังคมในการกำจัดและทำลายต่อไป (โสธิตา งามวิวัฒน์สว่าง, 2551)

เศษวัสดุในการก่อสร้าง

เศษวัสดุก่อสร้างเป็นความสูญเสียที่สำคัญในงานก่อสร้างที่ในท้ายที่สุดจะส่งผลถึงค่าใช้จ่ายของเจ้าของโครงการ และทำให้บริษัทผู้รับเหมาเสียความสามารถในการแข่งขันราคา ทั้งยังลดประสิทธิภาพและอัตราผลผลิตของบริษัท นอกจากนี้ยังส่งผลเสียต่อสภาพแวดล้อม (Kulatunga, et al., 2006) การบริหารเศษวัสดุก่อสร้าง โดยเฉพาะวัสดุก่อสร้างเชิงเส้นที่มีแนวโน้มการเกิดเศษจำนวนมากจากการใช้งาน จึงเป็นประเด็นที่สำคัญในงานวิจัย De Silva และ Vithana (2008) ได้แบ่งแนวทางการบริหารเศษวัสดุก่อสร้างออกเป็น 4 ประเภทคือ 1.avoid and reduction 2.reuse 3.recycle และ 4.disposal ซึ่งแนวทางที่เหมาะสมที่สุดที่ควรปฏิบัติคือ การหลีกเลี่ยงและการลดการเกิดเศษ เพราะเป็นแนวทางที่จัดการที่ต้นเหตุและสิ้นเปลืองน้อยที่สุด โดยใช้ต้นทุนเป็นเพียงการคิด วางแผนและการออกแบบการใช้วัสดุอย่างรอบคอบ (วรชภูมิ เบญจโอฬาร, 2556)

แนวทางการลดปริมาณขยะ

สาเหตุหนึ่งของความสูญเสียของวัสดุ เกิดจากการออกแบบไม่ลงตัวกับขนาดของวัสดุ ทำให้เกิดการตัดเศษวัสดุ กระบวนการลดปริมาณหรือกำจัดของเสียที่แหล่งกำเนิด สามารถช่วยลดการเกิดเศษวัสดุได้ ตั้งแต่การควบคุมแหล่งกำเนิด โดยเริ่มจากการเปลี่ยนวัตถุดิบที่เข้ามาใช้ในกระบวนการผลิต ซึ่งอาจเป็นการเปลี่ยนขนาดของวัสดุที่ใช้ให้มีความเหมาะสมกับแบบก่อสร้างมากขึ้น (สุชา กิตติวรารัตน์ และ ภูษิต เลิศวัฒนารักษ์, 2555)

การคาดการณ์ราคาอลูมิเนียมของโลก

สถาบันการเงินและหน่วยงานการลงทุนในออสเตรเลีย ได้ออกบทวิเคราะห์ คาดการณ์ทิศทางราคาอลูมิเนียมในช่วง ปี พ.ศ.2557 – พ.ศ.2563 โดยประเมินว่าแนวโน้มราคาโลหะ อลูมิเนียมจะปรับเพิ่มขึ้น โดยมีอิทธิพลจากความต้องการใช้ อลูมิเนียมในโลที่ยังคงปรับเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ประเมินว่า ความต้องการบริโภคของทั่วโลกจะขยายตัวเฉลี่ย 5.05% ต่อปี ตลอดช่วง ปี พ.ศ.2557 – พ.ศ.2563 ขณะที่ระดับการผลิตอลูมิเนียมของทั้งโลกจะขยายตัวในอัตราที่ต่ำกว่า 4.15% ต่อปี ตลอดช่วงเวลาเดียวกัน (สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย, 2557)



ขอบเขตของการวิจัย

- 1.ศึกษาเฉพาะประตูอลูมิเนียมของอาคารที่ออกแบบโดยกรมโยธาธิการและผังเมืองเท่านั้น
- 2.ศึกษาเฉพาะกระจกใส หนา 6 มิลลิเมตร เท่านั้น
- 3.ศึกษาเฉพาะประตูบานเปิดเดี่ยวเท่านั้น

กรมโยธาธิการและผังเมือง

กรมโยธาธิการและผังเมือง เป็นหน่วยงานราชการที่ออกแบบการก่อสร้างและการควบคุมการก่อสร้างอาคาร ดำเนินการและสนับสนุนองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในด้านการพัฒนาเมือง พื้นที่ และชนบท รวมทั้งการกำหนดคุณภาพและมาตรฐานการก่อสร้างด้านสถาปัตยกรรม วิศวกรรม และการผังเมือง โดยให้บริการและคำปรึกษาเกี่ยวกับงานออกแบบ งานก่อสร้าง และงานที่อยู่ในอำนาจหน้าที่ของกรมแก่หน่วยงานต่าง ๆ โดยในงานวิจัยเลือกแบบประตูหน้าต่างของอาคารที่ทำการที่กรมโยธาธิการและผังเมืองออกแบบเป็นกรณีศึกษา จำนวน 18 อาคาร ซึ่งเป็นอาคารที่ผู้วิจัยสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ เป็นอาคารหลายประเภท และมีประตูทั้งงานภายนอกภายในที่ทำจากวัสดุหลายชนิด คือ ไม้ ยูพีวีซี เหล็กและอลูมิเนียม โดยวัสดุที่มีใช้มากคือ ประตูอลูมิเนียมและกระจกใส หนา 6 มิลลิเมตร รวมทั้งยังมีประตูและหน้าต่างหลายรูปแบบตามการใช้งาน คือ แบบบานเปิดเดี่ยว บานเปิดคู่ บานเลื่อนเดี่ยว บานเลื่อนคู่ บานเลื่อนสลับ ผู้วิจัยได้เลือกกรณีศึกษาประตูอลูมิเนียมและกระจกใส หนา 6 มิลลิเมตร และศึกษาเฉพาะประตูบานเปิดเดี่ยวในทุกประเภทอาคารโดยคำนึงถึงขนาดที่สอดคล้องกับอลูมิเนียมและกระจกที่ผลิตจากโรงงาน รายชื่ออาคารกรณีศึกษา ตามตาราง 1

ตาราง 1 รายชื่ออาคารที่ออกแบบโดยกรมโยธาธิการและผังเมือง

ลำดับ	รายชื่ออาคาร
1	อาคารหอประชุมขนาด 300 คน
2	อาคารหอประชุมขนาด 500 คน
3	อาคารที่ว่าการอำเภอ กรมการปกครอง
4	อาคารสำนักงานคณะกรรมการการเลือกตั้งประจำจังหวัด
5	อาคารสำนักงาน ป.ป.ช. ประจำจังหวัด
6	อาคารชุดพักอาศัย ของสำนักงาน ป.ป.ช. ประจำจังหวัด
7	อาคารหอประชุมจังหวัดกาฬสินธุ์ อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์
8	อาคารสำนักงานสงเคราะห์ทหารผ่านศึก เขตลพบุรี
9	อาคารศูนย์บริการประชาชนและที่จอดรถบริเวณด้านหน้าอาคาร 1 สำนักงาน ป.ป.ช. จ.นนทบุรี
10	ปรับปรุงขยายอาคาร สำนักงานโยธาธิการและผังเมืองจังหวัดเชียงใหม่
11	สำนักงานอัยการจังหวัดชัยนาท อ.เมือง จ.ชัยนาท
12	อาคารอเนกประสงค์ ของสำนักงานประกันสังคม สาขาลองหลวง อำเภอลองหลวง จังหวัดปทุมธานี
13	ศาลากลางจังหวัดสุรินทร์ อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์
14	ต่อเติมศาลากลางจังหวัดนครนายก อำเภอเมือง จ.นครนายก
15	อาคารจอดรถและส่วนบริการ ศูนย์ราชการจังหวัดนนทบุรี อ.เมือง จ.นนทบุรี
16	ปรับปรุงอาคารหอพักนักศึกษาพยาบาล โรงเรียนพยาบาลรามาธิบดี ศาลายา
17	อาคารศูนย์ราชการ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
18	อาคารศูนย์นวัตกรรมเฉลิมพระเกียรติ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

ผลการศึกษา

จากการศึกษาอาคารที่ทำการที่กรมโยธาธิการและผังเมืองออกแบบ จำนวน 18 อาคาร พบว่ามีประตูลูมึเนียมทั้งภายนอกและภายในทั้งหมด 5 รูปแบบ คือ ประตูบานเปิดเดี่ยว บานเปิดคู่ บานเลื่อนเดี่ยว บานเลื่อนคู่ บานเลื่อนสลับ โดยแต่ละรูปแบบยังมีขนาดแตกต่างกันหลายขนาด ดังนี้ ประตูบานเปิดเดี่ยวมี 9 ขนาด ประตูบานเปิดคู่มี 24 ขนาด ประตูบานเลื่อนเดี่ยวมี 8 ขนาด ประตูบานเลื่อนคู่มี 5 ขนาด และประตูบานเลื่อนสลับมี 1 ขนาด

การศึกษาในครั้งนี้จะทำการศึกษาเฉพาะประตูลูมึเนียมและกระจกใส หนา 6 มิลลิเมตร ประเภทบานเปิดเดี่ยว โดยสรุปได้ 9 ขนาด ตามตาราง 2

1.ประตูบานเปิดเดี่ยว

ตาราง 2 ขนาดประตูบานเปิดเดี่ยว

บานที่	กว้าง (เมตร)	สูง (เมตร)
1	0.800	2.050
2	0.800	2.500
3	0.900	2.600
4	1.000	2.200
5	1.000	2.250
6	1.000	2.500
7	1.000	2.600
8	1.000	2.900
9	1.000	3.000

2.อลูมิเนียม

จากการศึกษากระบวนการผลิตอลูมิเนียมที่โรงงาน พบข้อมูลดังนี้ ในกระบวนการผลิต หลังจากที่ได้เส้นอลูมิเนียมถูกรีดผ่านเครื่องจักรออกมา จะเข้าสู่ขั้นตอนการตัดเส้นอลูมิเนียม โดยการใช้ใบเลื่อยตัด section (finish saw) เครื่องตัดจะถูกตั้งค่าในการตัดความยาวไว้และทำการตัดแบบอัตโนมัติ ซึ่งเครื่องจักรจะถูกตั้งค่าอัตโนมัติ โดยมีความยาว 6.400 เมตร หากต้องการความยาวที่มากขึ้นหรือน้อยลง จะต้องตั้งค่าระยะการตัดเครื่องอีกครั้ง ดังนั้นความยาวมาตรฐานที่ตัดเป็นจำนวนมากคือ 6.400 เมตร เมื่ออลูมิเนียมถูกตัดเรียบร้อยแล้วจะถูกยกไปใส่ตะกร้าเหล็กเพื่อเข้าสู่กระบวนการอบ และกระบวนการทำผิวต่อไป

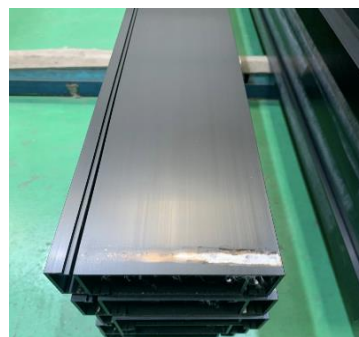


ภาพ 3 การตัดเส้นอลูมิเนียม ความยาว 6.400 เมตร

โดยการทำผิวอลูมิเนียมแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ การชุบสี และการพ่นสี การชุบสีเป็นกระบวนการเคลือบผิวอลูมิเนียมเพื่อป้องกันการผุกร่อนของอลูมิเนียม โดยการนำอลูมิเนียมลงในบ่อชุบ ในขั้นตอนนี้จะมีการติดชิ้นงานอลูมิเนียมก่อนนำลงบ่อชุบ โดยการตอกอุปกรณ์ยึดและใช้ลวดพันชิ้นงานอลูมิเนียมให้ยึดติดกับขาโหลตเพื่อยกชิ้นงานลงบ่อชุบในลักษณะแนวนอน โดยมีระยะยึดชิ้นงาน ทั้งด้านหัวและท้ายชิ้นงาน ด้านละประมาณ 3-5 เซนติเมตร ทำให้เส้นอลูมิเนียมมีรอยที่ผิวจากขั้นตอนการติดชิ้นงานนี้ รวมด้านหัวและท้ายประมาณ 6-10 เซนติเมตร จากนั้นจึงนำชิ้นงานลงบ่อล้างไขมัน บ่อกัดผิว บ่อล้างคราบ บ่อชุบสกรีนฟิล์ม บ่อชุบเติมสี และบ่อเคลือบฟิล์มปิดผิวชิ้นงาน แล้วจึงปลดชิ้นงานตามลำดับ ส่วนกระบวนการพ่นสี เป็นกระบวนการทำผิว โดยใช้วิธีการนำผงสีมาทำการพ่นลงบนผิวอลูมิเนียมในลักษณะแนวตั้ง ในขั้นตอนนี้จะมีการติดชิ้นงานโดยการเจาะรูที่ด้านหัวและท้ายชิ้นงาน ด้านละประมาณ 2-5 เซนติเมตร เพื่อยึดเส้นอลูมิเนียมด้านบนให้ติดกับขาโหลตที่ติดกับรางเคลื่อนที่อัตโนมัติ (conveyer) และด้านล่างมีการเจาะรูแนวไข เพื่อป้องกันการแกว่งของชิ้นงาน ทำให้เส้นอลูมิเนียมมีรอยเจาะรูทั้งด้านหัวและท้ายรวมประมาณ 4-10 เซนติเมตร จากนั้นนำเส้นอลูมิเนียมเข้าสู่กระบวนการพ่นสีและอบสีต่อไป



ภาพ 4 การตอกอุปกรณ์ยึดเส้นอลูมิเนียม



ภาพ 5 รอยการยึดอุปกรณ์

จากข้อมูลข้างต้น พบว่าอลูมิเนียมที่ผลิตจากโรงงาน แม้จะมีความยาว 6.400 เมตร แต่เมื่อผ่านกระบวนการทำผิวแล้ว จะมีรอยที่ด้านหัวและท้ายของเส้นอลูมิเนียมจากโรงงานผลิต ทำให้ในขั้นตอนการตัด ประกอบของผู้ติดตั้งประตูหน้าต่าง

จะตัดด้านหัวและท้ายเส้นอลูมิเนียมทั้งรวมประมาณ 10 เซนติเมตร ดังนั้นจึงเหลือความยาวอลูมิเนียมที่นำไปประกอบเป็น ประตูหน้าต่างได้เพียง 6.300 เมตร

3.กระจก

จากการศึกษาการผลิตกระจกที่โรงงาน พบว่ากระจกวัตถุดิบที่ใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้างมี 7 ประเภท ได้แก่ กระจก โพลต กระจกเทมเปอร์ กระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์ กระจกสภาพการแผ่รังสีต่ำ กระจกฉนวนกันความร้อน กระจกนิรภัย และ กระจกพิมพ์ลาย กระจกที่นิยมนำมาใช้ในงานก่อสร้างคือ กระจกโพลต ซึ่งมีทั้งแบบใสและแบบสี แบบที่มีต้นทุนในการผลิตต่ำ ที่สุดและเป็นที่ยอมรับคือกระจกโพลตใสหรือเรียกว่า กระจกใส ซึ่งสามารถผลิตได้ 10 ความหนา ตั้งแต่ 2 - 19 มิลลิเมตร ความ หนาที่มีการผลิตเป็นจำนวนมากและมีการใช้มากในอาคารกรณีศึกษา คือ กระจกใส ความหนา 6 มิลลิเมตร ซึ่งโรงงานจะผลิต ทั้งหมด 11 ขนาด ดังนี้ 1.524×1.829 , 1.829×2.134 , 2.134×2.134 , 1.829×2.438 , 1.829×3.048 , 2.134×3.048 , 2.438×3.048 , 2.134×3.658 , 2.438×3.658 , 3.048×4.267 , 3.048×5.080 เมตร

4.การตัด ประกอบ ติดตั้งประตูอลูมิเนียม

หลังจากการผลิตอลูมิเนียมและกระจกจากโรงงาน ผู้ติดตั้งประตูหน้าต่างจะนำวัสดุทั้ง 2 ชนิดไปตัด ประกอบ และ ติดตั้ง โดยมีขั้นตอนดังนี้

4.1 การตัดเส้นอลูมิเนียมให้ได้ความยาวตามแบบประตู และการตัดกระจกตามขนาดที่กำหนดในแบบ ปัจจุบันมักจะ ดำเนินการในโรงงานผู้ผลิตประตูหน้าต่าง เนื่องจากมีเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ทันสมัย ทำให้รอยตัดมีความเรียบร้อยและ แม่นยำมากขึ้น



ภาพ 6 การตัดเส้นอลูมิเนียม



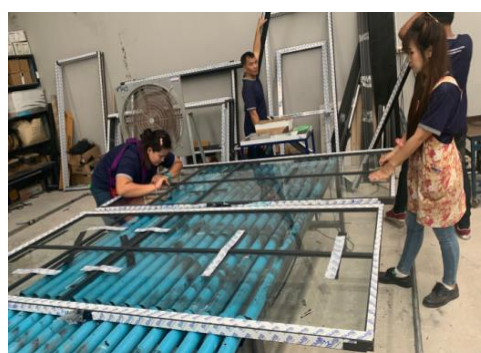
ภาพ 7 การตัดกระจก

4.2 การประกอบวงกบและกรอบบานอลูมิเนียมแต่ละเส้นเข้าด้วยกันเป็นโครงวงกบ และกรอบบาน โดยยึดแต่ละด้านด้วยสกรู

4.3 การใส่กระจกในกรอบบาน และขนส่งทั้งส่วนของโครงวงกบและกรอบบานกระจกไปที่โครงการสำหรับขั้นตอนในการ ติดตั้งต่อไป



ภาพ 8 การประกอบวงกบอลูมิเนียม



ภาพ 9 การใส่กระจกในกรอบบาน

4.4 การติดตั้งวงกบและกรอบบานกระจกที่โครงการ



ภาพ 10 การยึดวงกบกับผนังช่องเปิดที่โครงการ

วิเคราะห์ข้อมูล

จากผลการศึกษาประตูอลูมิเนียมและกระจกใส หนา 6 มิลลิเมตร ของอาคารที่กรมโยธาธิการและผังเมืองออกแบบ ศึกษาข้อมูลจากโรงงานผลิตอลูมิเนียมและโรงงานผลิตกระจก กรณีศึกษาประตูบานเปิดเดี่ยว มี 9 ขนาด อลูมิเนียมที่ผลิตจาก โรงงาน 6.400 เมตร ซึ่งในขั้นตอนการตัด ประกอบประตู จะมีการตัดด้านหัวและท้ายทั้งรวมประมาณ 10 เซนติเมตร จึงทำให้ มีความยาวเหลือใช้ 6.300 เมตร

เมื่อพิจารณาขนาดประตูบานเปิดเดี่ยว 9 ขนาดรวมกับความยาวอลูมิเนียม 6.300 เมตร โดยแบ่งเป็นความกว้างและ ความสูง คือ ความกว้าง 3 ระยะ ได้แก่ 0.800, 0.900, 1.000 เมตร และความสูง 7 ระยะ ได้แก่ 2.050, 2.200, 2.250, 2.500, 2.600, 2.900, 3.000 เมตร พบว่าความกว้าง 0.800 เมตร และ 1.000 เมตร เป็นระยะที่เหลือเศษอลูมิเนียม ในขณะที่ ความกว้าง 0.900 เมตร จะไม่เหลือเศษอลูมิเนียม จึงเสนอให้คงความกว้างที่ใช้คือ 0.900 เมตร ไว้ และหากต้องการใช้ระยะ ที่เพิ่มขึ้น ให้เลือกใช้ความกว้าง 1.050 เมตร ซึ่งไม่เหลือเศษอลูมิเนียมเช่นเดียวกัน ตามตาราง 3

ตาราง 3 เศษอลูมิเนียมที่เหลือของแต่ละความกว้าง

ความกว้าง (เมตร)	จำนวนเส้นที่ตัดได้	เศษเหลือ (เมตร)	% เศษเหลือ
0.800	7	0.70	11.11
0.900	7	ไม่เหลือเศษ	
1.000	6	0.30	4.76
1.050	6	ไม่เหลือเศษ	

จากความสูงทั้ง 7 ระยะ พบว่าเป็นความสูงที่เหลือเศษอลูมิเนียมในทุกระยะ จึงเสนอให้ใช้ความสูง 2.100 เมตร และหาก ต้องการใช้ขนาดประตูที่สูงขึ้นให้เลือกใช้ความสูง 3.150 เมตร เนื่องจากเป็นระยะที่ไม่เหลือเศษอลูมิเนียม ตามตาราง 4

ตาราง 4 เศษอลูมิเนียมที่เหลือของแต่ละความสูง

ความสูง (เมตร)	จำนวนเส้นที่ตัดได้	เศษเหลือ (เมตร)	% เศษเหลือ
2.050	3	0.150	2.38
2.200	2	1.900	30.16
2.250	2	1.800	28.57
2.500	2	1.300	20.63
2.600	2	1.100	17.46
2.900	2	0.500	7.94

3.000	2	0.300	4.76
2.100	3	ไม่เหลือเศษ	
3.150	2	ไม่เหลือเศษ	

ดังนั้นความกว้างและความสูงที่สอดคล้องกับอุณหภูมิความยาว 6.300 เมตร โดยไม่เหลือเศษคือ 0.900, 1.050, 2.100, 3.150 เมตร เมื่อนำระยะมาปรับเป็นขนาดด้านกว้างและด้านสูง (เมตร x เมตร) ของประตูบานเปิดเดี่ยว จะได้ 4 ขนาด คือ 0.900 x 2.100, 1.050 x 2.100, 0.900 x 3.150 และ 1.050 x 3.150 เมตร เป็นขนาดประตูบานเปิดเดี่ยวที่ไม่เหลือเศษอุณหภูมินิยม

จากนั้นพิจารณาขนาดกระจกที่เหมาะสมกับขนาดประตูบานเปิดเดี่ยวทั้ง 4 ขนาด โดยนำมาคำนวณเศษเหลือจากการใช้กระจกใส หนา 6 มิลลิเมตร ที่ผลิตจากโรงงาน 11 ขนาด ด้วยการหาจำนวนแผ่นกระจกที่สามารถตัดได้จากกระจกวัตถุดิบจากโรงงาน เพื่อหาปริมาณพื้นที่กระจกที่ใช้และเศษที่เหลือ โดยมีหน่วยเป็นตารางเมตร จากนั้นนำปริมาณพื้นที่เศษกระจกที่เหลือหารด้วยพื้นที่กระจกวัตถุดิบ คูณด้วย 100 จะได้เปอร์เซ็นต์ % เศษเหลือ

จากการคำนวณพบว่าประตูบานเปิดเดี่ยวขนาด 0.900 x 2.100 เมตร สามารถเลือกใช้กระจกได้ 10 ขนาด ดังนี้ 1.829 x 2.134, 2.134 x 2.134, 1.829 x 2.438, 1.829 x 3.048, 2.134 x 3.048, 2.438 x 3.048, 2.134 x 3.658, 2.438 x 3.658, 3.048 x 4.267 และ 3.048 x 5.080 เมตร โดยขนาดที่ตัดแล้วเหลือเศษวัตถุดิบที่น้อยที่สุด คือ 1.829 x 2.134 เมตร เหลือเศษ 0.123 ตารางเมตร คิดเป็น 3.15% และยังสามารถเลือกใช้กระจกขนาด 2.134 x 3.658 เมตร เหลือเศษ 0.246 ตารางเมตร คิดเป็น 3.15% เท่ากัน ตามตาราง 5

ตาราง 5 คำนวณเศษกระจกของประตูบานเปิดเดี่ยวขนาด 0.900 x 2.100 เมตร

บานที่	ขนาดกระจก (เมตร)	พื้นที่กระจก (ตร.ม.)	จำนวนที่ตัดได้ (แผ่น)	พื้นที่กระจกที่ใช้ (ตร.ม.)	เศษเหลือ (ตร.ม.)	เศษเหลือ (%)
1	1.524 x 1.829	2.787	ไม่สามารถตัดได้			
2	1.829 x 2.134	3.903	2	3.780	0.123	3.15
3	2.134 x 2.134	4.554	2	3.780	0.774	17.00
4	1.829 x 2.438	4.459	2	3.780	0.679	15.23
5	1.829 x 3.048	5.575	2	3.780	1.795	32.20
6	2.134 x 3.048	6.504	3	5.670	0.834	12.82
7	2.438 x 3.048	7.431	3	5.670	1.761	23.70
8	2.134 x 3.658	7.806	4	7.560	0.246	3.15
9	2.438 x 3.658	8.918	4	7.560	1.358	15.23
10	3.048 x 4.267	13.005	6	11.340	1.665	12.80
11	3.048 x 5.080	15.484	6	11.340	4.144	26.76

จากการคำนวณเศษเหลือจากการใช้กระจกวัตถุดิบกับประตูบานเปิดเดี่ยวขนาด 1.050 x 2.100 เมตร พบว่า สามารถเลือกใช้กระจกได้ 10 ขนาด ดังนี้ 1.829 x 2.134, 2.134 x 2.134, 1.829 x 2.438, 1.829 x 3.048, 2.134 x 3.048, 2.438 x 3.048, 2.134 x 3.658, 2.438 x 3.658, 3.048 x 4.267 และ 3.048 x 5.080 เมตร โดยขนาดที่ตัดแล้วเหลือเศษวัตถุดิบที่น้อยที่สุด คือ 2.134 x 2.134 เมตร เหลือเศษ 0.144 ตารางเมตร คิดเป็น 3.16% ตามตาราง 6

ตาราง 6 คำนวณเศษกระจกของประตูบานเปิดเดี่ยวขนาด 1.050 x 2.100 เมตร

บานที่	ขนาดกระจก (เมตร)	พื้นที่กระจก (ตร.ม.)	จำนวนที่ตัดได้ (แผ่น)	พื้นที่กระจกที่ใช้ (ตร.ม.)	เศษเหลือ (ตร.ม.)	เศษเหลือ (%)
1	1.524 x 1.829	2.787	ไม่สามารถตัดได้			
2	1.829 x 2.134	3.903	1	2.205	1.698	43.50
3	2.134 x 2.134	4.554	2	4.410	0.144	3.16
4	1.829 x 2.438	4.459	1	2.205	2.254	50.55
5	1.829 x 3.048	5.575	1	2.205	3.370	60.45
6	2.134 x 3.048	6.504	2	4.410	2.094	32.20
7	2.438 x 3.048	7.431	2	4.410	3.021	40.65
8	2.134 x 3.658	7.806	3	6.615	1.191	15.26
9	2.438 x 3.658	8.918	3	6.615	2.303	25.82
10	3.048 x 4.267	13.005	4	8.820	4.185	32.18
11	3.048 x 5.080	15.484	4	8.820	6.664	43.04

จากการคำนวณเศษเหลือจากการใช้กระจกวัดดูเทียบกับประตูบานเปิดเดี่ยวขนาด 0.900 x 3.150 เมตร พบว่าสามารถเลือกใช้กระจกได้ 4 ขนาด ดังนี้ 2.134 x 3.658, 2.438 x 3.658, 3.048 x 4.267 และ 3.048 x 5.080 เมตร โดยขนาดที่เหลือเศษวัดดูบิทั้งน้อยที่สุด คือ 2.134 x 3.658 เมตร เหลือเศษ 2.136 ตารางเมตร คิดเป็น 27.36% ตามตาราง 7

ตาราง 7 คำนวณเศษกระจกของประตูบานเปิดเดี่ยวขนาด 0.900 x 3.150 เมตร

บานที่	ขนาดกระจก (เมตร)	พื้นที่กระจก (ตร.ม.)	จำนวนที่ตัดได้ (แผ่น)	พื้นที่กระจกที่ใช้ (ตร.ม.)	เศษเหลือ (ตร.ม.)	เศษเหลือ (%)
1	1.524 x 1.829	2.787	ไม่สามารถตัดได้			
2	1.829 x 2.134	3.903	ไม่สามารถตัดได้			
3	2.134 x 2.134	4.554	ไม่สามารถตัดได้			
4	1.829 x 2.438	4.459	ไม่สามารถตัดได้			
5	1.829 x 3.048	5.575	ไม่สามารถตัดได้			
6	2.134 x 3.048	6.504	ไม่สามารถตัดได้			
7	2.438 x 3.048	7.431	ไม่สามารถตัดได้			
8	2.134 x 3.658	7.806	2	5.670	2.136	27.36
9	2.438 x 3.658	8.918	2	5.670	3.248	36.42
10	3.048 x 4.267	13.005	3	8.505	4.500	34.60
11	3.048 x 5.080	15.484	3	8.505	6.979	45.07

จากการคำนวณเศษเหลือจากการใช้กระจกวัดดูเทียบกับประตูบานเปิดเดี่ยวขนาด 1.050 x 3.150 เมตร พบว่าสามารถเลือกใช้กระจกได้ 4 ขนาด ดังนี้ 2.134 x 3.658, 2.438 x 3.658, 3.048 x 4.267 และ 3.048 x 5.080 เมตร โดยขนาดที่เหลือเศษวัดดูบิทั้งน้อยที่สุด คือ 2.134 x 3.658 เมตร เหลือเศษ 1.191 ตารางเมตร คิดเป็น 15.26% ตามตาราง 8

ตาราง 8 คำนวณเศษเหลือจากการใช้กระจกของประตูบานเปิดเดี่ยวขนาด 1.050 x 3.150 เมตร

บานที่	ขนาดกระจก (เมตร)	พื้นที่กระจก (ตร.ม.)	จำนวนที่ตัดได้ (แผ่น)	พื้นที่กระจกที่ใช้ (ตร.ม.)	เศษเหลือ (ตร.ม.)	เศษเหลือ (%)
1	1.524 x 1.829	2.787	ไม่สามารถตัดได้			
2	1.829 x 2.134	3.903	ไม่สามารถตัดได้			
3	2.134 x 2.134	4.554	ไม่สามารถตัดได้			
4	1.829 x 2.438	4.459	ไม่สามารถตัดได้			
5	1.829 x 3.048	5.575	ไม่สามารถตัดได้			

6	2.134 × 3.048	6.504	ไม่สามารถตัดได้			
7	2.438 × 3.048	7.431	ไม่สามารถตัดได้			
8	2.134 × 3.658	7.806	2	6.615	1.191	15.26
9	2.438 × 3.658	8.918	2	6.615	2.303	25.82
10	3.048 × 4.267	13.005	2	6.615	6.390	49.13
11	3.048 × 5.080	15.484	2	6.615	8.869	57.28

จากการศึกษาในส่วนของราคา วงกบอลูมิเนียม ขนาด 2 นิ้ว × 4 นิ้ว ความหนาไม่น้อยกว่า 1.5 มิลลิเมตร ราคา 270 บาท/เมตร กรอบบานอลูมิเนียม ราคา 310 บาท/เมตร กระจกใส หนา 6 มิลลิเมตร ราคา 19 บาท/ตารางฟุต (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ, 2565) ดังนั้นจะได้ราคาค่าวัสดุของประตูบานเปิดเดี่ยวในอาคารกรณีศึกษา 9 ขนาด ตามตาราง 9 และประตูบานเปิดเดี่ยวที่เหลือเศษวัสดุติดบานน้อย 4 ขนาด ตามตาราง 10 เมื่อเปรียบเทียบราคา พบว่ามีทั้งราคาที่สูงกว่าและต่ำกว่า โดยประตูขนาด 0.900 × 2.100 เมตร ราคาสูงกว่าประตูขนาด 0.800 × 2.050 เมตร และประตูขนาด 1.050 × 2.100 เมตร ราคาต่ำกว่าประตูขนาด 1.000 × 2.200 ม. ซึ่งประตูขนาด 0.900 × 2.100 เมตร ใช้อลูมิเนียมและกระจกมากกว่าประตูขนาด 0.800 × 2.050 เมตร จึงมีราคาสูงกว่าแต่เป็นขนาดที่ใช้วัสดุได้พอดีกับความยาวอลูมิเนียม เหลือเศษกระจกน้อย ได้ประตูขนาดใหญ่ขึ้นและยังประหยัดแรงงานในการตัดอลูมิเนียมส่วนเกินออกอีกด้วย ดังนั้นประตูขนาดที่พอดีกับวัสดุและเหลือเศษวัสดุน้อยจึงมีความเหมาะสมในการเลือกใช้

ตาราง 9 ราคาประตูบานเปิดเดี่ยว 9 ขนาด

ประตูอาคารกรณีศึกษา (เมตร)	ราคาอลูมิเนียม / ชุด (บาท)	ราคากระจก / ชุด (บาท)	ราคาอลูมิเนียมและกระจก (บาท)
0.800 × 2.050	3,306	335	3,641
0.800 × 2.500	3,828	409	4,237
0.900 × 2.600	4,060	478	4,538
1.000 × 2.200	3,712	450	4,162
1.000 × 2.250	3,770	460	4,230
1.000 × 2.500	4,060	511	4,571
1.000 × 2.600	4,176	532	4,708
1.000 × 2.900	4,524	593	5,117
1.000 × 3.000	4,640	613	5,253

ตาราง 10 ราคาประตูบานเปิดเดี่ยว 4 ขนาด

ประตูขนาดที่เหมาะสม (เมตร)	ราคาอลูมิเนียม / ชุด (บาท)	ราคากระจก / ชุด (บาท)	ราคาอลูมิเนียมและกระจก (บาท)
0.900 × 2.100	3,480	386	3,866
1.050 × 2.100	3,654	452	4,106
0.900 × 3.150	4,698	581	5,279
1.050 × 3.150	4,872	677	5,549

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

ปัจจุบันคำว่าวัสดุก่อสร้างปรับตัวสูงขึ้น และมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง เศรษฐกิจก่อสร้างเป็นความสูญเสียที่สำคัญในงานก่อสร้างซึ่งจะส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายของเจ้าของโครงการ โดยแนวทางที่เหมาะสมที่สุดในการบริหารเศรษฐกิจก่อสร้างคือ การหลีกเลี่ยงและการลดการเกิดเศษ เพราะเป็นแนวทางที่จัดการที่ต้นเหตุและสิ้นเปลืองน้อยที่สุด (วชรภูมิ เบญจโอฬาร, 2556) อีกทั้งกระบวนการลดปริมาณหรือกำจัดขยะตั้งแต่การออกแบบให้เกิดความลงตัวกับขนาดของวัสดุจะสามารถช่วยลดการเกิดเศษวัสดุได้

ประตูเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของอาคาร ปัจจุบันมีความนิยมใช้ประตูอลูมิเนียมกระจก ในการผลิตประตูอลูมิเนียมจะมีต้นทุนค่าวัสดุที่เป็นองค์ประกอบสำคัญ คือ อลูมิเนียมและกระจก และค่าแรงงาน โดยผู้ผลิตประตูจะตัดประกอบและติดตั้งตามรูปแบบและขนาดที่สถาปนิกออกแบบไว้ หากออกแบบขนาดที่มีความเหมาะสมกับวัสดุที่ผลิต จะทำให้เกิดเศษเหลือทิ้ง และประหยัดแรงงานในการตัดวัสดุส่วนเกิน ดังนั้นขนาดประตูที่เหมาะสมจะต้องมีความสอดคล้องกับขนาดของอลูมิเนียมและกระจกที่ผลิตจากโรงงาน

จากการศึกษาพบว่า ประตูบานเปิดเดี่ยว 9 ขนาดในอาคารกรณีศึกษา เป็นขนาดที่เหลือเศษอลูมิเนียมและกระจก ซึ่งเศษที่เหลือนับเป็นต้นทุนในการผลิตที่สำคัญ เนื่องจากนำกลับมาใช้งานได้ยาก เพราะมีขนาดเล็กและไม่ซ้ำกัน อีกทั้งยังต้องใช้พื้นที่ในการกองเก็บอีกด้วย

ผู้วิจัยจึงเสนอขนาดประตูบานเปิดเดี่ยวที่ไม่เหลือเศษอลูมิเนียม 4 ขนาด คือ ประตูขนาด 0.900x2.100, 1.050x2.100, 0.900x3.150 และ 1.050x3.150 เมตร

ในส่วนของกระจก พบว่าประตูขนาด 0.900 x 2.100 เมตร หากใช้กระจกขนาด 1.829 x 2.134 และ 2.134 x 3.658 เมตร จะเหลือเศษน้อยที่สุด ประตูขนาด 1.050 x 2.100 เมตร หากใช้กระจกขนาด 2.134 x 2.134 เมตร จะเหลือเศษน้อยที่สุด ประตูขนาด 0.900 x 3.150 เมตร หากใช้กระจกขนาด 2.134 x 3.658 เมตร จะเหลือเศษน้อยที่สุด และประตูขนาด 1.050 x 3.150 เมตร หากใช้กระจกขนาด 2.134 x 3.658 เมตร จะเหลือเศษน้อยที่สุด ตามตาราง 11

ตาราง 11 สรุปขนาดกระจกวัตถุดิบที่เหมาะสมกับขนาดของประตูบานเปิดเดี่ยวแต่ละขนาด

ลำดับ	ขนาดประตูบานเปิดเดี่ยว (เมตร)	จำนวนกระจกที่สามารถนำมาใช้ได้ (ขนาด)	ขนาดกระจกวัตถุดิบที่ใช้แล้วจะเหลือเศษน้อยที่สุด (เมตร)	% เศษเหลือ
1	0.900 x 2.100	10	1.829 x 2.134 และ 2.134 x 3.658	3.15
2	1.050 x 2.100	10	2.134 x 2.134	3.16
3	0.900 x 3.150	4	2.134 x 3.658	27.36
4	1.050 x 3.150	4	2.134 x 3.658	15.26

ทั้งนี้ จะเห็นได้ว่า ประตูขนาด 0.900 x 2.100 และ 1.050 x 2.100 เมตร สามารถเลือกใช้กระจกได้ 10 ขนาด และเหลือเศษกระจกใกล้เคียงกัน คือ 3.15% และ 3.16% ตามลำดับ ในขณะที่ประตูขนาด 0.900x 3.150 และ 1.050 x 3.150 เมตร เลือกใช้กระจกได้ 4 ขนาด และเหลือเศษ 27.36% และ 15.26% ตามลำดับ ดังนั้นระยะความสูงที่ 2.100 เมตร เป็นระยะที่สามารถเลือกใช้กระจกวัตถุดิบได้หลายขนาดและยังเหลือเศษวัตถุดิบที่น้อยกว่าระยะความสูงที่ 3.150 เมตร จึงเสนอให้เลือกใช้ประตูบานเปิดเดี่ยวขนาด 0.900 x 2.100 หรือ 1.050 x 2.100 เมตร ซึ่งเป็นขนาดที่เหมาะสมเนื่องจากประหยัดทั้งอลูมิเนียมและกระจกมากที่สุด หากมีความต้องการใช้ประตูขนาดที่มีความสูงมากขึ้น เพื่อให้ตรงกับความต้องการในการออกแบบ เสนอให้เลือกใช้ความสูง 3.150 เมตร เนื่องจากเป็นระยะที่ไม่เหลือเศษอลูมิเนียมเช่นเดียวกัน โดยประตูความสูง 3.150 เมตร สามารถแบ่งให้เป็นรูปแบบที่มีส่วนของช่องแสงด้านบนได้

เมื่อเปรียบเทียบราคาลูมิเนียมและกระจกของประตูบานเปิดเดี่ยว 9 ขนาด และประตูบานเปิดเดี่ยว 4 ขนาด พบว่ามีทั้งราคาที่สูงและต่ำกว่า โดยหากเปรียบเทียบประตูขนาด 0.800x2.050 เมตร แม้จะมีราคาต่ำกว่าประตูขนาด 0.900x2.100 เมตร เนื่องจากใช้ลูมิเนียมและกระจกน้อยกว่า แต่เป็นขนาดที่นอกจากจะเหลือเศษลูมิเนียมและกระจกมากกว่าแล้ว ยังต้องใช้แรงงานในการตัดเศษวัสดุทิ้งอีกด้วย หากใช้ประตูขนาด 0.900x2.100 เมตร จะได้ประตูขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งเป็นขนาดที่พอดีกับลูมิเนียม ทำให้ประหยัดแรงงานในการตัดลูมิเนียมส่วนเกินออก และยังเหลือเศษกระจกน้อย และประตูขนาด 1.050x 2.100 เมตร ราคาจะต่ำกว่าประตูขนาด 1.000x2.200 ม. ดังนั้นเมื่อพิจารณาเรื่องการลดเศษขยะในงานก่อสร้าง การออกแบบประตูให้ลงตัวกับวัสดุและการประหยัดแรงงานในการตัด จะพบว่าประตูขนาด 0.900x2.100, 1.050x2.100, 0.900x3.150 และ 1.050x3.150 เมตร เป็นขนาดของประตูลูมิเนียมกระจกที่มีความเหมาะสมในการลดความสูญเสียวัสดุส่วนเกิน ทั้งนี้ ประตูขนาดใหญ่ขึ้น จะส่งผลให้ต้นทุนลูมิเนียมและกระจกเพิ่มขึ้น แต่หากเป็นขนาดที่พอดีไม่เหลือเศษวัสดุก็จะทำให้ไม่ต้องใช้แรงงานในการตัดวัสดุส่วนเกินทิ้ง

การศึกษาครั้งนี้ เป็นตัวอย่างแนวทางในการวิเคราะห์ขนาดประตูลูมิเนียมกระจก ประเภทบานเปิดเดี่ยว โดยคำนึงถึงการใช้วัสดุลูมิเนียมและกระจกให้มีความพอดีกับขนาดของวัสดุ มีเศษเหลือทิ้งน้อย เพื่อให้เกิดขยะในการก่อสร้างน้อยลง และประหยัดแรงงานในการตัดเศษวัสดุส่วนเกิน

ในการเขียนแบบประตูหน้าต่าง มีวิธีบอกระยะ 2 แบบด้วยกัน คือ แบบระบุริมขอบนอก และแบบระบุริมขอบในงานวิจัยนี้ ให้ใช้วิธีบอกระยะแบบริมขอบนอกเท่านั้น เพื่อให้ได้ประตูบานเปิดเดี่ยวขนาด 0.900 x 2.100 เมตร หรือ 1.050 x 2.100 เมตร

นอกจากนี้ ความกว้างประตู 0.900 เมตร เมื่อหักระยะความกว้างวงกบด้านซ้ายและขวา ช่องเปิดจะเหลือความกว้างที่ 0.800 เมตร ส่วนความกว้างประตู 1.050 เมตร เมื่อหักระยะความกว้างวงกบ ช่องเปิดจะเหลือความกว้างที่ 0.950 เมตร ดังนั้นในอาคารประเภทบ้านพักอาศัย เสนอให้ใช้ประตูบานเปิดเดี่ยวขนาด 0.900 x 2.100 เมตร และในอาคารสาธารณะซึ่งเป็นอาคารที่ใช้เพื่อประโยชน์โดยทั่วไปหรือทำกิจกรรมต่าง ๆ ให้ใช้ขนาด 1.050 x 2.100 เมตร รวมถึงอาคารหรือบ้านพักที่มีการใช้รถเข็นผู้พิการในการเข้าออกประตูได้อย่างสะดวก หรือประตูห้องน้ำ ตามหลักของการออกแบบสภาพแวดล้อมให้กับคนทุกกลุ่ม ไม่ว่าจะเป็น คนปกติ ผู้พิการหรือผู้สูงอายุ (Universal Design) ในมาตรฐานด้านสถานที่ระบุไว้ว่า ห้องน้ำควรมีความกว้างสุทธิ 0.900 เมตร เพื่อให้มีขนาดพอที่จะให้รถเข็นเข้าได้ ดังนั้นจึงเสนอให้ใช้ประตูขนาด 1.050 x 2.100 เมตร เพื่อให้เกิดความเหมาะสมต่อการใช้งาน

การเลือกใช้ประตูขนาดที่พอดีกับวัสดุที่ผลิตจากโรงงาน ทำให้เหลือเศษวัสดุทิ้งน้อย ส่งผลให้เกิดขยะในงานก่อสร้างลดลง และประหยัดแรงงานในการตัดเศษ ซึ่งค่าแรงงานเป็นองค์ประกอบหนึ่งของต้นทุนค่าก่อสร้าง เมื่อออกแบบอาคารขนาดใหญ่ขึ้น การใช้ประตูหน้าต่างมีจำนวนมากขึ้น จะทำให้สามารถลดเศษขยะได้เพิ่มขึ้น ทั้งยังเป็นประโยชน์ในภาคอุตสาหกรรมก่อสร้างของประเทศในการลดความสูญเสียวัสดุส่วนเกินและช่วยลดปัญหาการเกิดเศษขยะในงานก่อสร้างที่เป็นปัญหาสำคัญในปัจจุบันอีกด้วย

บรรณานุกรม

- กระทรวงพาณิชย์ สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า. *ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างของประเทศ*. สืบค้นเมื่อ 10 พฤษภาคม 2565, จาก https://www.price.moc.go.th/price/fileuploader/file_csi/Csi.pdf
- กระทรวงศึกษาธิการ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. *บัญชีราคาค่าวัสดุก่อสร้างและค่าแรงงาน ประจำปี พ.ศ.2565*. สืบค้นเมื่อ 15 พฤษภาคม 2565, จาก <https://www.yotathai.com/yotanews/cost-build-65>
- คณะกรรมการกำหนดราคากลาง. (2564). *ประมาณราคาค่าก่อสร้าง แบบมาตรฐานอาคารพักอาศัยรวม 72 หน่วย*. กรุงเทพฯ: กรมโยธาธิการและผังเมือง.
- บัณฑิต จุลาลัย และ สุริยน ศิริธรรมปิติ. (2547). *วัสดุและการก่อสร้าง : ประตูและหน้าต่าง*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วชรภูมิ เบญจโอร. (2556). *การสร้างแผนการตัดวัสดุก่อสร้างเชิงเส้นเพื่อลดเศษในงานก่อสร้าง: รายงานการวิจัย*. [ม.ป.ท.]: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- ศิริชัย ศิลปรัตน์. (2549). *โครงสร้างเหล็ก สำหรับบ้านพักอาศัย*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย).
- ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางออกแบบสภาพแวดล้อมเพื่อทุกคน (Chula Universal Design Center). *กฎหมายใหม่ ที่ผู้ประกอบการสังหาริมทรัพย์สูงวัยต้องรู้*. สืบค้นเมื่อ 17 พฤษภาคม 2565, จาก <https://www.terrabbk.com/research/Long-Term-Care-facility-Regulations.pdf>
- สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย. (2557). *การสำรวจสถานภาพอุตสาหกรรมโลหะนอกกลุ่มเหล็ก อะลูมิเนียม: รายงานฉบับสมบูรณ์*. กรุงเทพมหานคร: สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย.
- สุชา กิตติวรรัตน์ และ ภูษิต เลิศวัฒนารักษ์. (2555). *การจัดการเพื่อลดเศษวัสดุก่อสร้างในงานสถาปัตยกรรมของบ้านพักอาศัยขนาดเล็ก*. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- สุพจน์ อุปรีมาตร. (2550). *การศึกษาเปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้างและการวิเคราะห์ปัจจัยการเสนอราคางานก่อสร้างอาคารของภาครัฐและเอกชน*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย).
- โสธิตา งามวิวัฒนสว่าง. (2551). *การจัดทำประตูหน้าต่างมาตรฐานของประเทศไทย*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย).
- อภิสิทธิ์ กุศลนันท์. (2550). *การวิเคราะห์เปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้างอาคารเพื่อหาสัดส่วนงานของโครงการชุดพักอาศัยที่เป็นอาคารสูงและอาคารขนาดใหญ่พิเศษในกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ.2548-2550*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- De Silva, N., & Vithana, S. (2008). Use of PC elements for waste minimization in the Sri Lankan construction industry. *Structural Survey*, 26(3), 188-198.
- Kulatunga, U., Amaratunga, D. Haigh, R., & Rameezdeen, R. (2006). Attitudes and perceptions of construction workforce on construction waste in Sri Lanka. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 17(1), 57-72.