

การพัฒนาโปรแกรมออกแบบระบบผนังกระจก และถอดปริมาณวัสดุ<sup>1</sup>Curtain Wall 3D Modelling and Material Take-Off  
Programme Development ( SketchUp plugin )จิระวรรณ บุตรศรี<sup>2</sup>

## บทคัดย่อ

จากการสำรวจข้อมูลพบว่าการออกแบบระบบผนังกระจก ( Curtain Wall ) มีปัญหา คือ รูปแบบทางสถาปัตยกรรมมีความหลากหลาย โดยเฉพาะการออกแบบที่เปลี่ยนแปลงจากรูปทรงพื้นฐานมาเป็นรูปทรงอิสระ ( Free Form ) ทำให้สถาปนิกต้องใช้เวลาในขั้นตอนการขึ้นโมเดล 3 มิติ เพื่อให้เห็นภาพที่ชัดเจนของงานออกแบบโครงสร้างระบบผนังกระจก ( Curtain Wall ) ปัญหาต่อมาคือการใช้ระยะเวลานานในการถอดปริมาณวัสดุโครงสร้าง ในกรณีที่โครงสร้างไม่สามารถวัดขนาดจากแบบ 2 มิติได้ ทำให้มีโอกาสเกิดความคลาดเคลื่อนสูงจากข้อมูลโมเดลอาคาร

ปัจจุบันนิยมนำโปรแกรม SketchUp มาใช้ในการขึ้นแบบจำลองอาคาร และส่งไฟล์งานระหว่างบริษัทสถาปนิกและบริษัทออกแบบระบบผนังกระจก เพราะเป็นโปรแกรมที่ขึ้นโมเดลได้ง่าย มีเครื่องมือในการวัดขนาดของโมเดล แต่ยังขาดโปรแกรมเสริม ( Plugin ) ตามความต้องการของผู้ออกแบบระบบผนังกระจก ( Curtain Wall ) การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมเสริม ( Plugin ) ของโปรแกรม SketchUp เพื่อแก้ไขปัญหาในการออกแบบระบบผนังกระจก ( Curtain Wall Design ) และการถอดปริมาณวัสดุ ( Material Take-Off ) ตามที่กล่าวถึงข้างต้น

ผลจากการพัฒนาโปรแกรมเสริม ( Plugin ) โดยใช้พื้นฐานภาษาคอมพิวเตอร์ Ruby ร่วมกับ SketchUp Ruby API (Application Programming Interface) ปรากฏว่า โปรแกรมสามารถตอบสนองความต้องการในการจำลองงานออกแบบทั่วไปของสถาปนิกในขั้นตอนการพัฒนาแบบเบื้องต้น และงานออกแบบตามประเภทโครงสร้างของระบบผนังกระจก ( Curtain Wall ) ซึ่งประกอบด้วยระบบแยกโครงกรอบ ( Stick System ) และระบบผนังกระจกสำเร็จรูป ( Unitised System ) โดยบริษัทออกแบบระบบผนังกระจกสามารถเลือกประเภทการขึ้นโมเดลจากรูปแบบอาคารเพื่อใช้ในการนำเสนอรูปแบบโครงสร้าง และลดระยะเวลาในการคำนวณปริมาณวัสดุ

**คำสำคัญ** ระบบผนังกระจก การถอดปริมาณวัสดุ แบบ 2 มิติ และแบบ 3 โปรแกรม SketchUp ภาษาโปรแกรม Ruby

<sup>1</sup> วัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาโปรแกรมสำหรับการขึ้นโครงสร้างผนังกระจก ( Curtain Wall ) บนโมเดล 3 มิติ และจัดทำรายการวัสดุที่เรียกว่า “ Material Take-off ” ของระบบโครงแยกกรอบ ( Stick System ) และระบบผนังกระจกสำเร็จรูป ( Unitised System ) เพื่อช่วยให้ผู้ออกแบบเห็นลักษณะโครงสร้างที่ออกแบบได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งจะช่วยให้การตัดสินใจด้านการออกแบบมีความชัดเจนยิ่งขึ้น

<sup>2</sup> สาขาวิชาคอมพิวเตอร์เพื่อการออกแบบทางสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ถนนหน้าพระลาน พระนคร กทม. 10200 อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ. รุติพัฒน์ ประทานทรัพย์ , อาจารย์ประยุทธ์ พันธูลาภ.

## Abstract

From the research of curtain wall construction, the problem faced with the remarkably diverse façade in architectural design, in particular with the basic form has become increasingly changed to the free form. This “ wide area design ” creates the consuming time of architect to computerize their design practices in 3D Modelling to see the life-size visualization of curtain wall systems. In addition, the designers would exploit the time to do a material take-off in case of the complex geometry which is difficult to extract data from 2D Drawings. Accordingly, all the current design processes made the possibility of inaccurate design information.

At present, the SketchUp software to do 3D visualization has become increasingly being used in general architects to collaborate with the façade consulting engineers owing to the easy modelling and measuring tool of model's dimensions; however, there is no developed plugin from the user's requirement. Accordingly, The research aimed to develop an additional plugin to aid the curtain wall's designers of structural systems, meanwhile fully linked to fast overview of material quantity.

The result of plugin development by using the Ruby computer language with SketchUp Ruby API (Application Programming Interface) embraces the workflow from the architect's design through the façade consulting engineers. The plugin's functions for architects are able to respond to the need of 3D modelling in facade development during the schematic phase, and the curtain wall 3D modelling systems consisting of stick system, and unitised system are used to drive design decisions by façade consultant. The process of working can now bring the speed of compelling presentations with integrated the material take-off that ready to win the job.

**Keywords :** Curtain Wall System, Material Take-Off, 2D Drawings and 3D Modeling, SketchUp Software, Ruby Programming language

## บทนำ

การออกแบบงานสถาปัตยกรรมในปัจจุบันมีความต้องการโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับขึ้นรูปทรงโครงสร้างเพื่อตอบสนองการทำงานออกแบบอาคารที่เปลี่ยนแปลงจากรูปทรงพื้นฐานมาเป็นรูปทรงอิสระ ( Free Form ) โดยเฉพาะโครงการที่ใช้เปลือกอาคารเป็นระบบผนังกระจก จากการสำรวจข้อมูลจากบริษัทที่ทำงานทางด้านนี้<sup>3</sup> และผู้ออกแบบที่เป็นสถาปนิก<sup>4</sup> พบว่าการส่งไฟล์งานในรูปแบบ 3 มิติ ของโปรแกรม SketchUp ไปให้ผู้เกี่ยวข้องจะมีการส่งงานพร้อมกับแบบก่อสร้าง มีปัญหาที่สำคัญ 2 เรื่อง คือ

---

<sup>3</sup> บริษัท กัมพูเส็งค้ากระจก จำกัด ( KIM YOO SENG Co.Ltd ), บริษัท Teasco ( Thailand ) Co.,Ltd , บริษัท Y.H.S. INTERNATIONAL CO., LTD , บริษัท Arup Facade Engineering, บริษัท Meinhardt (Thailand) Ltd., บริษัท Global Façade System Co., Ltd.

## 1. การขึ้นรูปโมเดลโครงสร้างผนังกระจก

ปัญหาความซับซ้อนในการขึ้นรูปทรงผนังกระจกจากรูปทรง ( Form ) ที่คิดขึ้นโดยผู้ออกแบบ และความต้องการเห็นภาพที่ชัดเจนของงานออกแบบโครงสร้างระบบผนังกระจก ( Curtain Wall ) คือ ชนิดของรูปทรงและหน้าตัดของอลูมิเนียม ( Aluminium Profile ) ของระบบโครงแยกกรอบ ( Stick System ) และระบบผนังกระจกสำเร็จรูป ( Unitised System ) ซึ่งกระบวนการนี้มีความจำเป็นต้องใช้ในการทำงานนำเสนอ ( Visualization )

## 2. ใช้ระยะเวลานานในการถอดปริมาณวัสดุโครงสร้าง

ผู้ออกแบบระบบผนังกระจก ( Curtain Wall Design ) มีความต้องการลดระยะเวลาในการนับจำนวนวัสดุ การคำนวณหาความยาวของโครงต่างๆ ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญของผู้ออกแบบผนังกระจก ในกรณีโครงสร้างที่เป็นรูปทรงอิสระจะทำให้ยากและไม่สามารถวัดขนาดจากแบบ 2 มิติได้ มีโอกาสเกิดความคลาดเคลื่อนในการคำนวณพื้นที่ของผนังภายนอก ประกอบกับการกำหนดชื่อองค์ประกอบของโครงสร้าง ( Part Number ) สำหรับใช้กับการนับจำนวนโครงกรอบอลูมิเนียม และแผ่นกระจกของแต่ละส่วนมีจำนวนมาก บางส่วนมีขนาดและใช้วัสดุต่างกันทำให้การตั้งชื่อต่างกัน หรือการทำรายการวัสดุสำหรับการผลิต ( Material Lists / Fabrication List ) ของบริษัทออกแบบระบบผนังกระจก ( Curtain Wall ) จากแบบ 3 มิติ มาเป็นแบบ 2 มิติ มีโอกาสเกิดความคลาดเคลื่อนสูงจากข้อมูลโมเดลอาคารที่มีความซับซ้อน ( Complex Geometry )

ทั้งนี้มีการกล่าวถึงปัญหาในการทำงานออกแบบระบบผนังกระจกและความต้องการ คือ “ การแปลงข้อมูลจากแบบ 3 มิติมาเป็นแบบ 2 มิติ สามารถเกิดความคลาดเคลื่อนของขนาดวัสดุจากงานออกแบบ และการขึ้นโมเดลแบบ 3 มิติ ตามรูปแบบความต้องการในการผลิตวัสดุ สามารถช่วยให้สถาปนิกทำงานออกแบบตามความเป็นจริงมากกว่าการออกแบบนามธรรม ” <sup>5</sup> ซึ่งสอดคล้องกับข้อเท็จจริงที่ได้จากการศึกษากระบวนการทำงานของบริษัทออกแบบระบบผนังกระจก ( Curtain Wall ) คือ “ กระบวนการทำงานจะต้องมีการประสานงานทั้ง 2 ฝ่าย คือเจ้าของงานหรือสถาปนิกจะต้องมีรูปทรงอาคารและโครงสร้างของผนังกระจกแบบ 2 มิติ หรือแบบ 3 มิติ หากงานมีโครงสร้างซับซ้อน และระบุขนาดความกว้างและความยาวโครงสร้าง ทางบริษัทออกแบบระบบผนังกระจก ( Curtain Wall ) จะพิจารณาความเป็นไปได้ของโครงสร้าง ซึ่งต้องมีการปรับเปลี่ยนหรือเพิ่มความแข็งแรงโดยใช้วัสดุขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของงานออกแบบที่ได้ระบุไว้ในรายการประกอบแบบ ( Specifications ) ระบบการทำงานแบบนี้จะมีการแก้ไขชนิดและขนาดของโครงสร้างระบบผนังกระจก หลังจากนั้นจะรวบรวมข้อมูลการถอดแบบส่งให้ฝ่ายประมาณราคา ( Cost Estimator ) ถ้ามีโปรแกรมที่สามารถช่วยสถาปนิกทำงานออกแบบโครงสร้าง 3 มิติ แล้วส่งต่อไปให้บริษัทออกแบบระบบผนังกระจก ( Curtain Wall ) ทำการแก้ไขแบบโครงสร้างจะช่วยให้มองเห็นภาพชัดเจนขึ้นในการปรับเปลี่ยนขนาดของเฟรมและกระจกทำให้สามารถใช้กับแบบก่อสร้าง ( Shop Drawings ) และช่วยในการคำนวณขนาดและปริมาณวัสดุของโครงการ เพื่อส่งรายการวัสดุให้กับโรงงานผลิตกระจก ” <sup>6</sup>

<sup>4</sup> บริษัท สตูดิโอมิติ จำกัด , บริษัท Designscoop Co.,Ltd , บริษัท Siamese Asset Co.,Ltd , บริษัท Palmer and turner Co., Ltd. , บริษัท Atime architect and design Co.,Ltd.

<sup>5</sup> Kenfield A. Griffith. , “ Design Computing of Complex-Curved Geometry using Digital Fabrication Methods ” , Master of Science in Architecture Studies at The Massachusetts Institute of Technology , 2006

<sup>6</sup> บริษัท กัมพูเสียงค์ค้ากระจก จำกัด ( KIM YOO SENG Co.Ltd ) , บริษัท Teasco ( Thailand ) Co.,Ltd. , บริษัท Y.H.S. INTERNATIONAL CO., LTD. , บริษัท Arup Facade Engineering, บริษัท Meinhardt (Thailand) Ltd , บริษัท Global Façade System Co., Ltd.

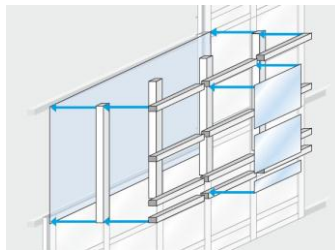
จากปัญหาดังกล่าวจึงมีความต้องการศึกษาการนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาประยุกต์เพื่อช่วยในงานออกแบบทางสถาปัตยกรรมให้มีความสะดวกมากขึ้นในกระบวนการออกแบบอาคารในการขึ้นรูปทรงของระบบผนังกระจก (Curtain Walling Design) เพื่อให้สามารถขึ้นรูปทรงโมเดล 3 มิติ ตามประเภทของระบบผนังกระจก และการจัดทำข้อมูลวัสดุก่อสร้าง (Material take-off) เพื่อช่วยในงานออกแบบที่มีความยากในการวิเคราะห์จำนวนวัสดุและพื้นที่จากแบบ 2 มิติ โดยโปรแกรมจะอำนวยความสะดวกในการมองภาพและการนำเสนอให้กับผู้ร่วมงาน

## วิธีการศึกษา

### 1. ศึกษางานก่อสร้างของระบบผนังกระจก (Curtain Wall) เพื่อนำมากำหนดแนวทาง และวิธีการศึกษาวิจัย

การก่อสร้างระบบผนังกระจก (Curtain Wall) ในปัจจุบันที่นิยมใช้มี 2 ระบบ คือ

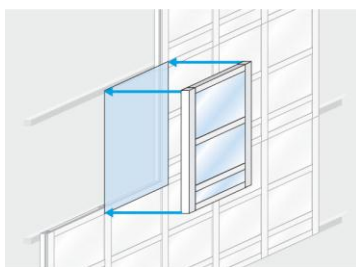
**1.1 ระบบแยกโครงกรอบ (Stick System)** เป็นระบบที่ขึ้นส่วนของโครงกรอบ (Frame) และกระจก (Glass) จะถูกตัดตามขนาดที่ต้องการ และขนส่งมาประกอบติดตั้งในสถานที่ก่อสร้าง โดยต้องอาศัยการติดตั้งจากภายนอกอาคาร ซึ่งจะเหมาะกับงานก่อสร้างขนาดเล็ก (Small) และโครงสร้างซับซ้อน



รูปที่ 1 วิธีการติดตั้งระบบแยกโครงกรอบ (Stick System) <sup>7</sup>

**1.2 ระบบผนังกระจกสำเร็จรูป (Unitised System)** เป็นระบบที่ขึ้นส่วนจะประกอบเป็นแผ่นผนังสำเร็จรวมอยู่ในแผ่นเดียวกันนำมาติดตั้งที่สถานที่ก่อสร้างและเป็นที่นิยมใช้มากในปัจจุบัน เพราะ สามารถตรวจสอบคุณภาพก่อนจะส่งตรงถึงหน้างาน ซึ่งจะเหมาะกับงานก่อสร้างขนาดใหญ่ (Large) และโครงสร้างธรรมดาสำหรับการติดตั้งพื้นผิวผนังกระจกจำนวนมาก <sup>7</sup>

<sup>7</sup> University of Bath, Claverton Down, **Technical Note No. 14 CURTAIN WALL TYPES** - The choice of curtain wall type เข้าถึงเมื่อ 25 พฤษภาคม พ.ศ.2556 เข้าถึงได้จาก [www.cwct.co.uk](http://www.cwct.co.uk)



## รูปที่ 2 วิธีการติดตั้งระบบผนังกระจกสำเร็จรูป ( Unitised System )

การเลือกใช้ระบบผนังกระจก ( Curtain Wall ) แบบใดนั้นผู้ออกแบบของบริษัทที่ทำงานทางด้านการออกแบบระบบผนังกระจก จะเป็นผู้เปรียบเทียบเพื่อนำไปใช้ให้เหมาะสมกับแต่ละอาคาร ภายหลังจากที่รับแบบก่อสร้างอาคารจากบริษัทสถาปนิก รวมทั้งการแก้ไขแบบขนาดของโครงสร้างให้มีความแข็งแรงและทำการถอดปริมาณเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณงบประมาณราคาวัสดุและการประกอบติดตั้ง

### 2. ศึกษาจากการสอบถามผู้ออกแบบ และผู้ทำงานออกแบบระบบผนังกระจก ( Curtain Wall ) เพื่อทราบข้อมูลความต้องการกับงานที่ทำอยู่

**2.1 บริษัทสถาปนิก** มีกระบวนการออกแบบแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนที่ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์มาช่วยในการออกแบบระบบผนังกระจก ( Curtain Wall ) คือ การออกแบบขั้นแนวคิดเบื้องต้น ( Conceptual Design ) , การพัฒนาแบบรายละเอียด ( Design Development ) , การทำแบบขั้นสุดท้าย ( Final Design ) โปรแกรมที่ใช้จะมีหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับความถนัดของผู้ออกแบบ แต่ปัจจุบันโปรแกรม SketchUp ได้เข้ามามีบทบาทในกระบวนการออกแบบเพราะเป็นโปรแกรมที่สามารถขึ้นโมเดลได้ง่ายกว่าโปรแกรมทั่วไป และไฟล์งานสามารถเชื่อมต่อกับโปรแกรมอื่นเพื่อใช้ในการเขียนแบบไฟล์นามสกุล .DWG แต่มีข้อจำกัดของรูปแบบการขึ้นโมเดลทั่วไปจากฟังก์ชันพื้นฐานของโปรแกรม คือจะไม่มีความจริงของรูปแบบโครงสร้าง หากผู้ออกแบบไม่มีความรู้เกี่ยวกับงานโครงสร้าง เช่นระบบผนังกระจก ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องมีโปรแกรมที่สามารถช่วยในการทำโครงสร้างของระบบผนังกระจก ( Curtain Wall )

**2.2 บริษัทออกแบบระบบผนังกระจก ( Curtain Wall )** มีกระบวนการทำงานโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์มาช่วยในการออกแบบระบบผนังกระจก ( Curtain Wall ) แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ

- การออกแบบขั้นแนวคิดเบื้องต้น ( Conceptual Design ) คือการรับแบบก่อสร้างไฟล์ DWG, PDF และไฟล์ 3D ซึ่งจะทำให้การขึ้นโมเดลเฉพาะบางส่วนเพื่อทำการออกแบบระบบผนังอาคาร ( Façade ) , วาดแบบรูปตัด ( Typical Sections ) และนำเสนอรายการตัวอย่างวัสดุ ( Product Sample ) พร้อมทั้งราคาวัสดุ ให้กับทางสถาปนิกนำเสนอลูกค้าประกอบการพิจารณาเลือกแบบอลูมิเนียม,กระจก และวัสดุอื่นๆ

- การพัฒนาแบบ ( Design Development ) คือการพัฒนาแบบโดยการวิเคราะห์โครงสร้าง เพื่อพิจารณาขนาดของโครงสร้าง โดยใช้โปรแกรมทางวิศวกรรม เพื่อทำการสรุปขนาดของโครงสร้าง จากนั้นจะทำการพัฒนาแบบ 3D ทั้งอาคาร และแบบรายละเอียด ( Detailed Drawings )

- การถอดปริมาณวัสดุ ( Material Take-Off ) คือการถอดปริมาณวัสดุ จากไฟล์แบบก่อสร้าง DWG หรือ 3D และทำการคำนวณราคาในโปรแกรม Microsoft Excel หลังจากนั้นจะจัดเตรียมเอกสารการประมูล ( Tender Drawings ) ส่งให้กับบริษัทสถาปนิก

- การทำแบบก่อสร้าง ( Shop Drawings and Fabrication Drawings ) คือการทำแบบก่อสร้างจริงและแบบที่ใช้ในการผลิต ซึ่งในแบบก่อสร้าง ( Shop Drawings ) จะมีทั้งแบบ 2 มิติ ที่แสดงตัวอย่างผนังกระจก 1 แผ่น (Panel) และตารางรายการวัสดุอยู่ในแบบก่อสร้างที่มีความละเอียดของชิ้นส่วนในส่วนแบบ 3 มิติ ( Axonometric Drawings ) จะเป็นรูปภาพโดยรวมของโครงสร้างส่วนหนึ่งของระบบผนังอาคาร , โครงสร้างเหล็ก , โครงสร้างอลูมิเนียม และข้อรหัสวัสดุแบบก่อสร้าง

ปัญหาในการทำงาน คือ การขึ้นโมเดลของระบบผนังกระจก ( Curtain Wall ) ซึ่งต้องใช้ในกระบวนการออกแบบโครงสร้างที่มีความเป็นไปได้ และการถอดปริมาณวัสดุ ( Material Take-off ) จากแบบก่อสร้างที่เป็นโมเดล 3D เพื่อใช้ในการคำนวณงบประมาณก่อสร้างในช่วงพัฒนาแบบ

## ผลการศึกษา

จากการศึกษาข้อมูลของกลุ่มผู้ใช้คือบริษัทสถาปนิกและบริษัทออกแบบระบบผนังกระจก รวมถึงการศึกษาหลักการของเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์จากโปรแกรมตัวอย่าง สามารถแบ่งแนวทางในการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมช่วยในการออกแบบระบบผนังกระจก ดังนี้

### 1. ความต้องการของบริษัทสถาปนิก

การทำงานในทุกช่วงกระบวนการออกแบบตั้งแต่แนวความคิดเบื้องต้น การพัฒนาแบบและการทำแบบขั้นสุดท้ายของสถาปนิกจำเป็นต้องใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่องานดังนี้

#### 1.1 3D Modeling

การขึ้นรูปอาคารเป็นแบบ 3 มิติ เพื่อให้เห็นรูปทรงของเปลือกอาคาร และขนาดวัสดุมาตรฐานของโครงสร้างให้ลูกค้าเลือกตามความพึงพอใจ

#### 1.2 Design Change

การปรับเปลี่ยนรูปแบบของหน้าต่างอลูมิเนียมในภายหลังตามความต้องการของผู้ออกแบบระบบผนังกระจก ( Curtain Wall )

#### 1.3 Design Compare

การบันทึกโมเดลในช่วงการพัฒนาแบบก่อสร้าง โดยการจัดเลย์เออร์คัดแยกและสามารถเปิดเลย์เออร์ดูในภายหลัง และอำนวยความสะดวกให้กับบริษัทออกแบบระบบผนังกระจก ( Curtain Wall ) เมื่อต้องการปิดเลย์เออร์ที่ไม่ต้องการ เพื่อทำการแก้ไขโมเดล

### 2. ความต้องการของบริษัทออกแบบระบบผนังกระจก

จากการสำรวจพบว่าแต่ละบริษัทมีรูปแบบการทำงานแตกต่างกันในเรื่องของขั้นตอนในการออกแบบ , การรับไฟล์งาน , การใช้โปรแกรมในการออกแบบโครงสร้าง 3 มิติ,การใช้โปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้าง แต่มีความต้องการลักษณะเดียวกัน คือ

#### 2.1 3D Modeling

การขึ้นโมเดลในกระบวนการออกแบบแนวความคิด ( Conceptual Design ) และการพัฒนาแบบโครงสร้าง ( Design Development ) หรือการปรับแก้ไขโมเดลจากบริษัทสถาปนิก

## 2.2 Material Take-Off

การถอดขนาดและปริมาณวัสดุจากแบบ 3 มิติ ของระบบผนังกระจก ( Curtain Wall ) ในช่วงกระบวนการออกแบบเพื่อนำไปใช้คำนวณงบประมาณของโครงการก่อสร้าง และจำนวนชิ้นส่วนวัสดุที่ต้องใช้ในการผลิต ( Fabrication )

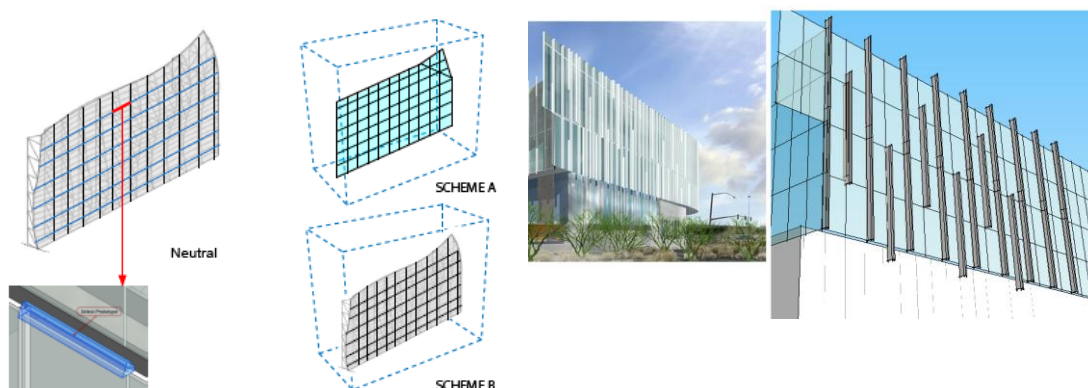
รูปแบบตารางถอดปริมาณวัสดุ ( Material Take-off ) ของระบบผนังกระจกทั้ง 2 ระบบจะใช้ตารางรูปแบบที่มีความแตกต่างกันในการถอดปริมาณวัสดุเพื่อคำนวณงบประมาณของโครงการโดยระบบแยกโครงกรอบ ( Stick System ) จะมีตารางสรุปของอลูมิเนียมและกระจกแบบแยกชิ้นส่วน ส่วนระบบผนังกระจกสำเร็จรูป ( Unitised System ) จะมีตารางสรุปประเภทของแผ่นกระจก ( Panel Schedule ) ของผนังกระจกในภาพรวมและอ้างอิงกับชื่อแบบก่อสร้าง ( Shop Drawings and Fabrication Drawings ) และตารางรายการสรุปรูปแบบตัว ( Component Schedule : Cap ) หากมีในงานออกแบบของระบบผนังกระจกสำเร็จรูป

### ผลการออกแบบโปรแกรม

จากข้อมูลความต้องการที่กล่าวไปแล้วข้างต้นมีแนวทางแก้ปัญหากระบวนการทำงานออกแบบระบบผนังกระจก ( Curtain Wall ) ด้วยการออกแบบโปรแกรมที่ตอบสนองการทำงาน ให้สถาปนิกใช้ในการขึ้นโมเดลเพื่อลดขั้นตอนการทำงานออกแบบทั่วไป ที่จะส่งต่อไปให้กับบริษัทออกแบบระบบผนังกระจก ( Curtain Wall ) เพื่อไม่ต้องขึ้นโมเดลใหม่ คือ

#### 1. โปรแกรมของกลุ่มบริษัทสถาปนิก ( Architect's Programme )

ในกระบวนการออกแบบของสถาปนิกจะมีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบ ดังนั้นโปรแกรมจึงต้องมีฟังก์ชันในการเปลี่ยนรูปแบบหน้าต่างอลูมิเนียม และเปลี่ยนสีกระจก ส่วนที่มีการเปรียบเทียบงานออกแบบจะสามารถเก็บข้อมูลงานต้นฉบับ และงานใหม่ ซึ่งขั้นตอนแรกโปรแกรมจะมีขั้นตอนการแบ่งประเภทงานออกแบบเป็น Scheme A , B, C โดยโปรแกรมจะจัดหมวดหมู่ของโมเดลไว้ในแต่ละประเภท เมื่อสถาปนิกส่งงานให้กับบริษัทออกแบบระบบผนังกระจก ผู้ที่ทำงานต่อสามารถดึงข้อมูลเฉพาะส่วนที่ต้องการใช้ได้



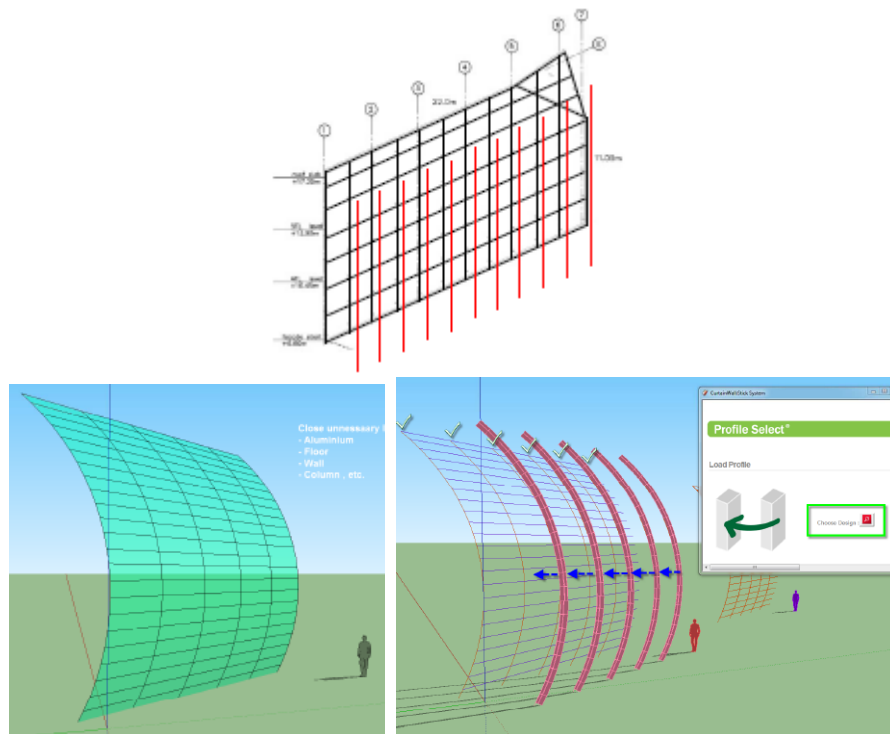
รูปที่ 3 ผลการขึ้นโมเดล 3 มิติจากโปรแกรมเสริมที่ช่วยในการออกแบบระบบผนังกระจกของบริษัทสถาปนิก



## 2. โปรแกรมของกลุ่มบริษัทออกแบบระบบผนังกระจก ( Façade Consulting Engineer's Programme )

การใช้งานโปรแกรมของกลุ่มบริษัทออกแบบระบบผนังกระจกเป็นโปรแกรมที่ใช้ในการทำงานต่อเนื่องจากบริษัทสถาปนิก ในขั้นตอนแรกผู้ใช้โปรแกรมจะเลือกระบบผนังกระจกสำหรับโครงการก่อน โดยพิจารณาว่าจะเลือกใช้ระบบผนังกระจกแบบระบบแยกโครงกรอบ ( Stick System ) หรือระบบผนังกระจกสำเร็จรูป ( Unitised System )

### 2.1 ในกรณีเลือกระบบแยกโครงกรอบ ( Stick System )



รูปที่ 4 ผลการขึ้นโมเดล 3 มิติจากโปรแกรมเสริมที่ช่วยในการออกแบบ

#### 2.1.1 การขึ้นโมเดลของระบบแยกโครงกรอบ (Stick System Modeling)

การขึ้นโมเดลของระบบแยกโครงกรอบ (Stick System) จะใช้วิธีเช่นเดียวกับการประกอบติดตั้งหน้างานก่อสร้าง ซึ่งเป็นการแยกชิ้นส่วนของอลูมิเนียมกับกระจก และมีลักษณะขั้นตอนการขึ้นโมเดลเช่นเดียวกันกับของบริษัทสถาปนิก เพราะเป็นระบบแยกส่วนของโครงสร้างระหว่างโครงสร้างอลูมิเนียมและกระจก เมื่อรับแฟ้มข้อมูลโมเดลจากสถาปนิก ผู้ออกแบบสามารถแก้ไขโดยการปิดข้อมูลหน้าตัดอลูมิเนียมและทำการขึ้นโมเดลเพื่อเปลี่ยนขนาดของโครงสร้าง ตลอดจนการถอดปริมาณวัสดุของอลูมิเนียม และกระจก



## 2.1.2 การถอดปริมาณวัสดุของระบบแยกโครงกรอบ (Stick System Material Take-Off)

### ALUMINIUM REPORT :

| 1. Aluminium |                          |                |         |               |                |            |                  |
|--------------|--------------------------|----------------|---------|---------------|----------------|------------|------------------|
| Item         | Name                     | Thickness (mm) | DIE No. | Weight/M (kg) | Quantity (Pcs) | Length (m) | Weight/Item (kg) |
| 1            | M50X125.5_Cap-Rectangle  | 2.00           | 3050.00 | 1.45          | 10             | 14.50      | 210.25           |
| 2            | T50X130.2_Cap-Finned     | 2.00           | 3050.00 | 1.45          | 30             | 43.50      | 1,892.25         |
| 3            | M80X125.5_Cap-Semicircle | 2.00           | 3050.00 | 1.45          | 25             | 36.25      | 1,314.06         |

|                     |   |          |
|---------------------|---|----------|
| SUB-TOTAL OF WEIGHT | = | 3,517.46 |
|---------------------|---|----------|

| 1. Glass |       |                |            |             |                |              |                    |
|----------|-------|----------------|------------|-------------|----------------|--------------|--------------------|
| Item     | Name  | Thickness (mm) | Width (mm) | Height (mm) | Quantity (Pcs) | Area (Sq.f.) | Total Area (Sq.f.) |
| 1        | GL-01 | 6.00           | 2000       | 4000        | 7              | 30           | 210.00             |
| 2        | GL-02 | 6.00           | 2050       | 4200        | 6              | 50           | 300.00             |
| 3        | GL-03 | 6.00           | 2040       | 4300        | 6              | 34           | 204.00             |

|                   |   |          |
|-------------------|---|----------|
| SUB-TOTAL OF AREA | = | 2,262.00 |
|-------------------|---|----------|

### รูปที่ 5 ตารางถอดปริมาณวัสดุของระบบแยกโครงกรอบ ( Stick System )

(1) ตารางรายงานอลูมิเนียม (Aluminium) จะประกอบด้วย เลขที่ประจำหน้าต่างอลูมิเนียม (Name) , ความหนา (Thickness) , รหัสวัสดุ (DIE. No.) , น้ำหนัก (Weight) , จำนวน (Quantity) , ความยาว (Length) , น้ำหนักรวม (Weigh/Item)

(2) ตารางรายงานกระจก (Glass) จะประกอบด้วย เลขที่กระจก (Name) , ความหนา(Thickness), ความกว้าง (Width), ความสูง (Height), จำนวน (Quantity) , พื้นที่ (Area) , พื้นที่รวม (Total Area)

เนื่องจากบริษัทผู้ผลิตวัสดุอลูมิเนียมมีการตั้งชื่อรหัสวัสดุแตกต่างกัน ดังนั้นในการออกแบบโปรแกรมจึงใช้ชื่อโดยทั่วไปที่มีความเข้าใจถูกต้องตรงกันของผู้ออกแบบระบบผนังกระจก (Curtain Wall) คือ

#### - ตารางวัสดุอลูมิเนียม (Aluminium)

T50X130.2\_Cap-Finned

ส่วนที่ 1 บอกประเภทของโครงสร้างโดยใช้อักษรย่อ : M = Mullion , T = Transom

ส่วนที่ 2 บอกขนาดของวัสดุ : 50X125.5

ส่วนที่ 3 รูปแบบของคิ้ว : \_Cap- Finned

#### - ตารางวัสดุกระจก ( Glass )

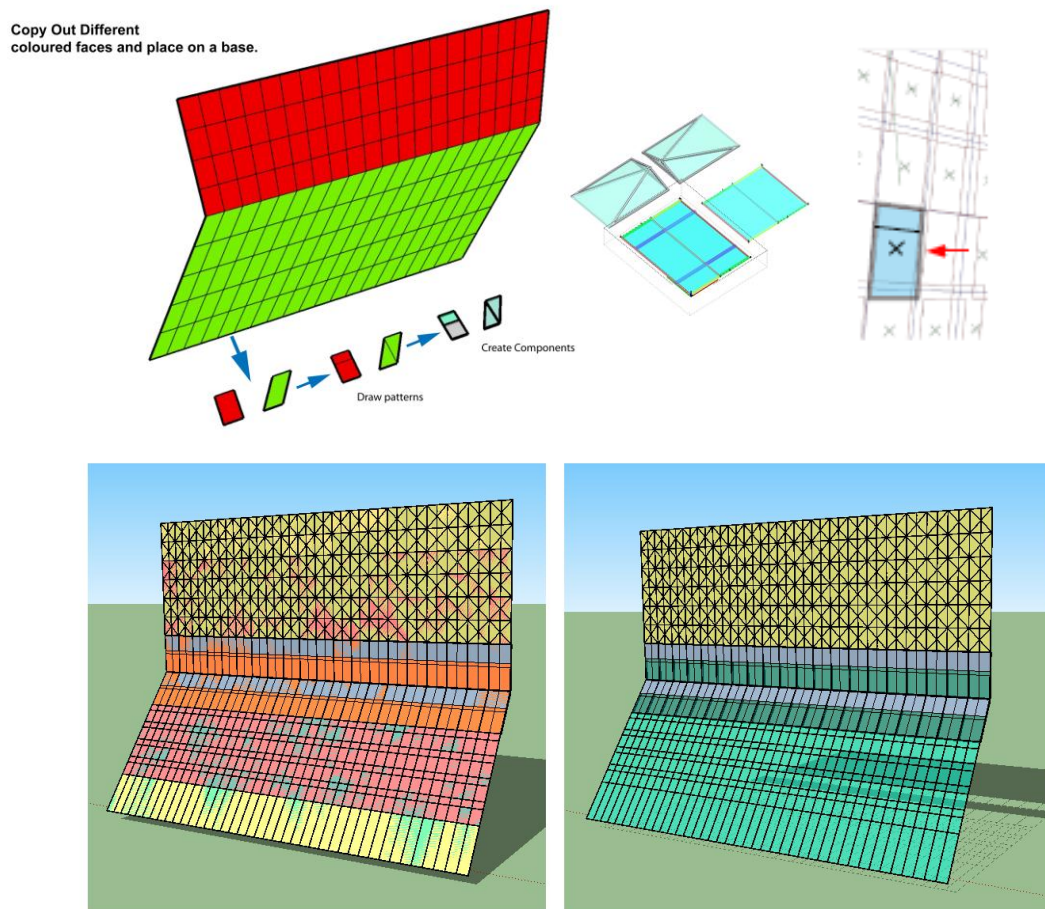
GL-01

ส่วนที่ 1 บอกประเภทของโครงสร้างโดยใช้อักษรย่อ : GL = Glass

ส่วนที่ 2 บอกรหัสตัวเลขที่คัดแยกขนาดกระจกจากโปรแกรม : -01 , -02 , -03

## 2.2 ในกรณีเลือกระบบผนังกระจกสำเร็จรูป (Unitised System)

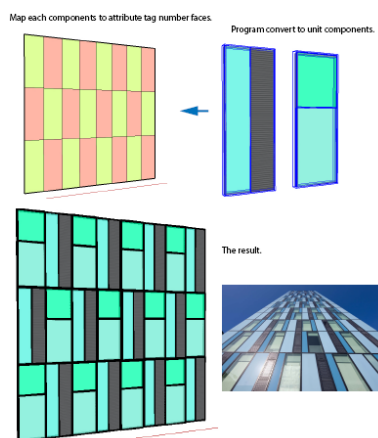
### 2.2.1 การขึ้นโมเดลของระบบผนังกระจกสำเร็จรูป (Unitised System Modeling)



รูปที่ 6 ผลการขึ้นโมเดล 3 มิติจากโปรแกรมเสริมที่ช่วยในการออกแบบ

การขึ้นโมเดลของระบบผนังกระจกสำเร็จรูป ( Unitised System ) จะใช้วิธีเช่นเดียวกับการประกอบติดตั้งหน้างานก่อสร้าง ซึ่งเป็นแผ่นผนังสำเร็จรวมอยู่ในแผ่นเดียวกัน หลักการทำงานของโปรแกรมจะจัดวางแผ่นผนังกระจกบนผิวโมเดล โดยการเลือกพื้นผิวที่มีการกำหนดชื่อรหัสวัสดุ ( Part-Number ) ที่มีการตั้งชื่อแบบเดียวกัน และทำการวางชิ้นส่วนของผนังกระจกบนพื้นผิวในแต่ละช่องของโมเดลที่มีการแบ่งพื้นผิว ( Sub-Dividing Unit ) และทำการถอดปริมาณวัสดุของแผ่นผนังกระจก และคำนวณหาการเพิ่มการตกแต่ง

### 2.2.2 การถอดปริมาณวัสดุของระบบผนังกระจกสำเร็จรูป (Unitised System Material Take-Off)



PANEL SCHEDULE:

| Building A – East Elevation |            |          |         |         |       |
|-----------------------------|------------|----------|---------|---------|-------|
| ITEM                        | PANEL TYPE | QUANTITY | WIDTH   | HEIGHT  | GLASS |
| 1                           | CW-1       | 20       | 1162.00 | 4000.00 | 3     |
| 2                           | CW-2       | 20       | 1162.00 | 4000.00 | 4     |
| 3                           | CW-3       | 20       | 1162.00 | 4000.00 | 2     |
| GRAND TOTAL ( PANELS )      |            |          |         | =       | 60    |

COMPONENT SCHEDULE :

| CAPPING              |           |                 |          |        |
|----------------------|-----------|-----------------|----------|--------|
| ITEM                 | THUMBNAIL | CAP TYPE        | QUANTITY | LENGTH |
| 1                    |           | C-50_ Trapezoid | 50       | 1640   |
| 2                    |           | C-50_ Ellipse   | 20       | 1640   |
| GRAND TOTAL ( CAPS ) |           |                 |          | = 70   |

รูปที่ 7 ตารางถอดปริมาณวัสดุของระบบระบบผนังกระจกสำเร็จรูป ( Unitised System )

- ตารางรายงานแผ่นผนังกระจก ( Panel Schedule )

ตารางแผ่นผนังกระจก จะประกอบด้วย รหัสชื่อย่อ ( Panel type ) , จำนวน ( Quantity ) , ความกว้าง ( Width ) , ความสูง ( Height ) , จำนวนกระจก ( Glass )

- ตารางรายงานคิ้ว ( Cap Schedule )

ตารางแผ่นผนังกระจก จะประกอบด้วย ชื่อคิ้ว ( Cap type ) , จำนวน ( Quantity ) , ความยาว ( Length )

หลักการตั้งชื่อแผ่นผนังกระจกจะขึ้นอยู่กับข้อกำหนดชื่อโดยผู้ออกแบบระบบผนังกระจก เช่น

- ชื่อผนังกระจก ( Panel Type )

CW-1

ส่วนที่ 1 บอกประเภทของโครงสร้างของแผงผนังกระจกโดยใช้อักษรย่อ

CW= Curtain Wall

ส่วนที่ 2 บอกรหัสตัวเลขที่คัดแยกขนาดกระจกจากโปรแกรม

-1 , -2 , -3

#### - ชื่อคิ้ว ( Cap Type )

C-50\_Trapezoid

ส่วนที่ 1 บอกประเภทของของโครงสร้างคิ้วใช้อักษรย่อ

C= Cap

ส่วนที่ 2 บอกขนาดความกว้างของหน้าตัด

-50 , -60 , C-80

### สรุปผล

การศึกษาเพื่อพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบการขึ้นโมเดล 3 มิติของโครงสร้างผนังกระจก ( Curtain Wall ) และตารางการถอดปริมาณวัสดุ เป็นการพัฒนาเพื่อเป็นแนวทางหรือเป็นต้นแบบสำหรับใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการทำงานของผู้ออกแบบและผู้เกี่ยวข้องทางด้านการคำนวณปริมาณวัสดุ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการคิดประมาณราคาค่าก่อสร้าง โดยโปรแกรมสามารถตอบสนองขั้นตอนการทำงานของ บริษัทสถาปนิก บริษัทออกแบบระบบผนังกระจก และช่วยลดระยะเวลาในงานออกแบบโครงสร้าง

การพัฒนาคุณสมบัติโปรแกรมยังมีข้อจำกัดในบางกรณี ทั้งนี้หากต้องการให้โปรแกรมสามารถใช้ได้ในกรณีอื่นนอกเหนือวัตถุประสงค์ในการศึกษาครั้งนี้สามารถพัฒนาประสิทธิภาพของโปรแกรมเพิ่มเติมดังนี้

1. การพัฒนาวิธีการขึ้นโมเดลในช่วงกระบวนการพัฒนาแบบ ( Schematic Design ) และระบบแยกโครงกรอบให้มีการเปลี่ยนรูปแบบได้ในคราวเดียว ไม่ต้องมีการแยกวิธีการขึ้นโมเดลของโครงสร้างอลูมิเนียมกับกระจก
2. การพัฒนาการเก็บรูปแบบหน้าตัดอลูมิเนียมเมื่อผู้ใช้งานมีความต้องการงานออกแบบลักษณะใหม่ และสามารถขึ้นรูปทรงได้อย่างรวดเร็ว
3. การพัฒนารูปแบบการถอดปริมาณของระบบแผ่นผนังกระจกสำเร็จรูป ที่สามารถนับจำนวนองค์ประกอบชิ้นส่วนของอลูมิเนียม และในโมเดลของระบบผนังกระจกสำเร็จรูปได้

### เอกสารอ้างอิง

#### ภาษาไทย

ชาติรี บัวคล. ปฏิวัติโลกธุรกิจหลังสมัยใหม่ ด้วย “DESIGN” Creative & Design Revolution เข้าถึง

เมื่อ 25 ตุลาคม 2556.เข้าถึงได้จาก <http://www.ejournal.su.ac.th/journalinfo.php?id=625>

ธรา จาเนียรดำรงการ. การพัฒนาโปรแกรมประมาณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอก อาคาร (OTTV) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV) เข้าถึงเมื่อ 25 ตุลาคม

2556. เข้าถึงได้จาก <http://www.ejournal.su.ac.th/journalinfo.php?id=612>

รองศาสตราจารย์ สมสิทธิ์ นิตยะ , ระบบผนัง Curtain Wall , พิมพ์ครั้งที่ 1, โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์

มหาวิทยาลัย , ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์

มหาวิทยาลัย , กรุงเทพฯ ฯ , 2547

- สัมภาษณ์ เจริญพงษ์ สุขสวัสดิ์ , Manager , บริษัท Malee Façade Engineering Service Co. , Ltd ,  
แบบก่อสร้าง ( Shop Drawings ) , 7 มิถุนายน 2555
- สัมภาษณ์ ประพันธ์ศักดิ์ รักษาไชยวรรณ , Design Manager , บริษัท Global Façade System Co., Ltd  
กระบวนการทำงานของบริษัทออกแบบระบบผนังกระจก ( Curtain Wall ) และความต้องการ  
ในการขึ้นโครงสร้างและถอดปริมาณวัสดุ , 31 พฤษภาคม 2555
- สัมภาษณ์ สันติวัฒน์ นิยมธรรม , วิศวกรโครงสร้าง , บริษัท KIM YOO SENG CO, LTD , กระบวนการ  
ทำงานของบริษัทออกแบบระบบผนังกระจก ( Curtain Wall ) และการใช้โปรแกรม  
คอมพิวเตอร์, 29 ตุลาคม 2555
- สัมภาษณ์ บัญชา วงษ์บัณฑิต , สถาปนิก, บริษัท Y.H.S. INTERNATIONAL CO., LTD, กระบวนการทำงาน  
ของบริษัทออกแบบระบบผนังกระจก ( Curtain Wall ) และความต้องการฟังก์ชันเพิ่มเติม  
ของโปรแกรม SketchUp , 7 พฤศจิกายน 2555
- สัมภาษณ์ ภมรศักดิ์ หนูจิตร , C&S / Façade Engineer , สมชาย เกิดแก่นแก้ว , Architect , บริษัท Arup  
Facade Engineering , กระบวนการทำงานของบริษัทออกแบบระบบผนังกระจก ( Curtain  
Wall ) และความต้องการฟังก์ชันเพิ่มเติมของโปรแกรม SketchUp , 28 พฤศจิกายน 2555
- ภาษาต่างประเทศ**
- Kenfield A. Griffith. , “ Design Computing of Complex-Curved Geometry using Digital  
Fabrication Methods ” , Master of Science in Architecture Studies at The  
Massachusetts Institute of Technology , 2006
- Seegers,Jesse and Jean Choi,“Technically Speaking: Marc Simmon interviewed by Jesse  
Seegers and Jean Choi.” , (Fall 2008) , Volume:Content Management 17
- Lubow , Arthur. , “Face Value” The New York Times Magazine: The Next City ,  
June 8,2008
- Kolarevic,Branko and Kevin Klinger,eds, “ Material Collaborations: Front Inc./Marc  
Simmons.” In *Manufacturing Material Effects* , 2008
- Eastman, Chuck. , “ 100 11<sup>th</sup> Avenue,New York City” In *BIM Handbook : A Guide to  
Building Information Modeling for Owners , Managers , Designers , Engineers  
and Contractors* , by Chuck Eastman , Paul Teicholz, Rafael Sacks,Kathleen Liston,  
405-417. Hoboken,New Jersey:John Wiley & Sons,Inc., 2008
- Bernstein , Phillip and Peggy Deamer,eds , *Building in the Future : Recasting Labor in  
Architecture*, New York : Princeton Architectural Press , 2009
- Crosbie , Micheal ,“Curtain Walls : Recent development by Cesar Pelli and Associates”,  
Walter de Gruyter, 2013
- Interview with Adam Lee, Managing Director, Professor Torsten Calvi Corporation (PTCC),  
*Fabrication List*, June 11, 2013.

Interview with Peter Bouras , Associate Director – Façade , Meinhardt (Thailand) Ltd.,

**Curtain Wall Structure and Programme Requirements** , July 12, 2013

Interview with Stephen Rice, Director of Glazing , Glass and Glazing Federation (GGF)

**Product Catalogs** , July 18, 2013.

Interview with Gerry Henderson , Managing Director, Teasco (Thailand) Co., Ltd.

**Curtain Wall Material Data**, September 23, 2013.