การพัฒนาระบบการวางแผนและติดตามผนังคอนกรีตมวลเบา ด้วยแนวคิดโมเดลข้อมูลสารสนเทศอาคาร

น.ส.กมลทิพย์ พรชัยธเนศกุล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Development of Planning and Monitoring System for Lightweight Concrete Wall using Building Information Modeling Concept

Miss Kamoltip Pornchaitaneskul

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Civil Engineering
Department of Civil Engineering
FACULTY OF ENGINEERING
Chulalongkorn University
Academic Year 2022

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาระบบการวางแผนและติดตามผนังคอนกรีตมวลเบาด้วยแนวคิดโมเดลข้อมูลสารสนเทศอาคาร
โดย	น.ส.กมลทิพย์ พรชัยธเนศกุล
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.วัชระ เพียรสุภาพ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธนิต ธงทอง)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.วัชระ เพียรสุภาพ)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.นคร กกแก้ว)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.กองกูณฑ์ โตชัยวัฒน์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กมลทิพย์ พรชัยธเนศกุล : การพัฒนาระบบการวางแผนและติดตามผนังคอนกรีตมวลเบาด้วยแนวคิดโมเดลข้อมูลสารสนเทศอาคาร. (Development of Planning and Monitoring System for Lightweight Concrete Wall using Building Information Modeling Concept) อ.ที่ปรึกษาหลัก : รศ. ดร.วัชระ เพียรสุภาพ

แผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาถูกนำมาสร้างเพื่อใช้สำหรับการแบ่งพื้นที่ภายในอาคาร ซึ่งมีความรวดเร็วกว่าการก่อฉาบผนังอิฐแบบทั่วไป การวางแผนแผ่นผนังมักจะใช้การถอดปริมาณจากพื้นที่ผนังอาคารที่ต้องการติดตั้งเทียบกับพื้นที่ของแผ่นผนัง โดยความแม่นยำของการคำนวณจำนวนแผ่นผนังขึ้นอยู่กับความชำนาญของผู้วางแผนที่ส่งผลให้ปริมาณแผ่นผนังแตกต่างจากการใช้งานจริง และการติดตามสถานะแผ่นผนังในปัจจุบันเป็นเพียงการติดตามโดยประมาณเฉพาะพื้นที่ที่ดำเนินการแล้วเสร็จเทียบกับพื้นที่ทั้งหมดซึ่งระบุเป็นร้อยละ ดังนั้นการระบุสถานะและรายละเอียดแผ่นผนังในตำแหน่งต่างๆ ไม่สามารถทำได้อย่างตรงจุด บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอระบบการวางแผนติดตั้งแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา เพื่อลดระยะเวลาในการวางแผนและเพิ่มความแม่นยำในการคำนวณจำนวนแผ่นผนัง รวมถึงพัฒนาเครื่องมือในการติดตามสถานะ เพื่อระบุตำแหน่งที่ติดตั้งและแก้ไขที่ชัดเจนของแผ่นผนัง โดยระบบที่พัฒนาประยุกต์ใช้แนวคิดโมเดลข้อมูลอาคารสารสนเทศสำหรับการเตรียมการติดตั้งแผ่นผนัง ซึ่งการพัฒนาระบบประกอบด้วยการกรองค่าโมเดลแผ่นผนังผ่าน Dynamo Code การวางแผ่นผนังในโมเดลอาคาร การแสดงผลข้อมูลผ่านโมเดลสามมิติ การเตรียมข้อมูลเพื่อสร้าง Tag ของแผ่นผนัง การกำหนดแผนระยะเวลาของการติดตั้งผ่าน Dynamo Player ซึ่งเป็นเครื่องมือสำหรับกรอกข้อมูล การติดตามสถานะผ่าน Google Form การสรุปข้อมูลติดตามผ่านโมเดลสามมิติและสเปรดชีต ผลการวิจัยจากกรณีศึกษาพบว่าระบบการวางแผนและติดตามแผ่นผนังสามารถวางแผนผนังตามช่วงผนังอาคารได้อย่างถูกต้องทั้งในกรณีของการวางแผ่นผนังขนาดเดียวกันและกรณีของการวางผสมผสานของแผ่นผนังที่มีขนาดแตกต่างกัน โดยการติดตามแผ่นผนังสามารถแสดงภาพให้เห็นได้ชัดเจนและรวดเร็วกว่าการวางแผนในรูปแบบเดิม รวมถึงสามารถระบุตำแหน่งและสถานะแผ่นผนังได้อย่างชัดเจนและถูกต้องตามตำแหน่งที่วางแผ่นผนัง

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2565 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6170103221 : MAJOR CIVIL ENGINEERING

KEYWORD: Lightweight Concrete Wall, Building information modeling (BIM)

Kamoltip Pornchaitaneskul : Development of Planning and Monitoring System for Lightweight Concrete Wall using Building Information Modeling Concept. Advisor: Assoc. Prof. Vachara Peansupap, Ph.D.

Lightweight concrete wall is used for dividing the interior of buildings, which are faster than conventional wall. Installation planning usually uses the quantity take off from wall area of building to be installed relative to the area of wall panels. The accuracy of calculating the number of wall panels often depends on the planner's expertise that results in the amount of wall panels different from actual use and current wall panel status tracking is simply an estimated tracking of only the completed area relative to the total area specified as a percentage. Therefore, the status and details of the wall panels in different positions cannot be accurately identified. This research paper aims to present a lightweight concrete wall panel installation planning system to shorten planning time and increase accuracy in calculating the number of wall panels, as well as develop status tracking tools to identify the installed and correct location of wall panels. The system developed applied the concept of information building information model for the preparation of wall panel installations. The system development consists of filtering wall model by Dynamo Code, placing wall panels in BIM, data visualization through 3D models, preparing data to create wall panel tags, defining the duration of installations, tracking status through Google Forms and summary tracking data through 3D-models and spreadsheets. The findings from the case studies show that the wall planning and tracking system can correctly plan the walls along the building span in both the same size wall panels and the mixed wall panels of different sizes together. Tracking system can show a clearer and faster than conventional system, as well as panel can be tracked in the specified position correctly.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study:	Civil Engineering	Student's Signature .....
Academic Year:	2022	Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก รองศาสตราจารย์ ดร.วัชระ เพียรสุภาพ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาให้คำแนะนำปรึกษาแนวทางและการแก้ไขปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นของวิทยานิพนธ์ ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่ง

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ธนิต ธงทอง ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.นคร กกแก้ว และ รองศาสตราจารย์ ดร.กองกูณฑ์ โตชัยวัฒน์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความกรุณาแนะนำและตรวจแก้ไขปรับปรุงให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ผู้เขียนหวังว่างานวิจัยชิ้นนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจ และสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดได้ในอนาคต

กมลทิพย์ พรชัยธเนศกุล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญรูปภาพ ..... ฏ

สารบัญตาราง ..... ณ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 ปัญหางานวิจัย 3

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 4

1.4 ขอบเขตงานวิจัย 4

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 4

1.6 ผลลัพธ์ของงานวิจัย 5

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

2.1 การบริหารจัดการงานก่อสร้าง 6

2.1.1 ผู้ที่เกี่ยวข้องกับงานก่อสร้าง 6

2.1.2 กระบวนการบริหารงานก่อสร้าง 7

2.2 ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป 7

2.2.1 ความหมาย 7

2.2.2 กระบวนการก่อสร้างด้วยชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป 8

2.2.3 ข้อดีและข้อจำกัดของงานก่อสร้างที่ใช้ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป 10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2.4 แผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา 12
2.2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูป 13
2.3 แบบจำลองสารสนเทศอาคาร 15
2.3.1 หลักการทำงานและกระบวนการของแบบจำลองสารสนเทศอาคาร 16
2.3.2 โปรแกรมที่ถูกใช้งานในแบบจำลองสารสนเทศอาคาร 17
2.3.3 การประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคาร 17
2.3.4 ข้อดีในการประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคาร 20
2.3.5 ปัจจัยในการประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคาร 21
2.4 ของเสียที่เกิดจากการก่อสร้าง 22
2.5 ข้อจำกัดของงานวิจัยที่ผ่านมา 25
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 27
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 27
3.1.1 ศึกษาและเก็บข้อมูลการบริหารจัดการแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาในโครงการก่อสร้าง 27
3.1.2 ทบทวนเอกสารและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย 27
3.1.3 วิเคราะห์และกำหนดปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบการบริหารจัดการ 27
3.1.4 ศึกษาเครื่องมือที่ใช้พัฒนาระบบ 28
3.1.5 พัฒนาระบบการบริหารจัดการแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาตามกรอบแนวคิด 28
3.1.6 ทดสอบระบบและประเมินผลการใช้งาน 28
3.2 กรอบแนวคิดงานวิจัย 28
3.2.1 การพัฒนาระบบการวางแผนติดตั้งแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา 28
3.2.2 การพัฒนาระบบการติดตามแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา 28
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 29
3.3.1 โปรแกรมที่เลือกใช้ในการพัฒนาระบบ 29
3.3.2 การเลือกใช้ภาษาในการพัฒนาระบบ 30

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.4 การพัฒนากระบวนการทำงานของระบบ 30
3.4.1 กรอบการพัฒนาระบบการวางแผนติดตั้งและติดตามแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา 31
3.4.2 แนวคิดการพัฒนาระบบการวางแผนติดตั้งแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา 31
3.4.3 แนวคิดการพัฒนาระบบการติดตามแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา 31
บทที่ 4 การพัฒนาระบบการวางแผนติดตั้งและติดตามแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา 34
4.1 การสร้างชิ้นส่วนแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาและโมเดลอาคารที่ใช้ร่วมกัน 34
4.1.1 การกำหนดค่า parameter เพื่อแสดงข้อมูลแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา 34
4.1.2 การสร้างโมเดลแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา 41
4.1.2.1 การสร้างโมเดลแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาชนิดแผ่นตรง 41
4.1.2.2 การสร้างโมเดลแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาชนิดแผ่นมุม 43
4.1.2.3 การสร้าง Tag ของแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา 47
4.1.3 การสร้างโมเดลอาคารสามมิติที่ใช้ร่วมกับระบบ 49
4.2 แนวทางการพัฒนาระบบการวางแผนติดตั้งแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา 51
4.2.1 ระบบการวางแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา 52
4.2.1.1 ระบบการวางแผ่นผนังมุมชนิดตัวทีและตัวแอล 52
4.2.1.2 ระบบการวางแผ่นผนังตรง 54
4.2.2 ระบบการวางแผนติดตั้งแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา 60
4.3 แนวทางการพัฒนาระบบการติดตามแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา 62
4.3.1 ระบบการติดตามการติดตั้งแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา 62
4.3.2 ระบบการติดตามข้อบกพร่องหลังการติดตั้ง 64
4.4 การพัฒนาระบบ 65
4.4.1 การพัฒนาระบบการวางแผนติดตั้งแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา 65
4.4.1.1 การนำเข้าและเตรียมข้อมูลของระบบการวางแผ่นผนัง 65
4.4.1.2 การส่งออกข้อมูลและผลลัพธ์ของระบบการวางแผ่นผนัง 68

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.4.1.3 การนำเข้าและเตรียมข้อมูลของระบบการวางแผนติดตั้งแผ่นผนัง..... 70
4.4.1.4 การส่งออกข้อมูลและผลลัพธ์ของระบบการวางแผนติดตั้งแผ่นผนัง..... 71
4.4.2 การพัฒนาระบบการติดตามแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา..... 74
4.4.2.1 การนำเข้าและเตรียมข้อมูลของระบบการติดตามการติดตั้งแผ่นผนัง..... 74
4.4.2.2 การส่งออกข้อมูลและผลลัพธ์ของระบบการติดตามการติดตั้งแผ่นผนัง..... 75
4.4.2.3 การนำเข้าและเตรียมข้อมูลของระบบการติดตามข้อบกพร่องหลังการติดตั้ง. 78
4.4.2.4 การส่งออกข้อมูลและผลลัพธ์ของระบบการติดตามข้อบกพร่องหลังการติดตั้ง
..... 79
4.5 การทดสอบระบบ..... 82
4.5.1 ระบบการวางแผนติดตั้งแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา..... 82
4.5.2 ระบบการติดตามแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา..... 88
บทที่ 5 การประยุกต์ใช้ระบบกับอาคารกรณีศึกษา..... 93
5.1 ลักษณะของอาคารกรณีศึกษา..... 93
5.2 การประยุกต์ใช้กับอาคารกรณีศึกษา..... 94
5.2.1 การวางแผนติดตั้งแผ่นผนัง-กรณีศึกษาโครงการ A..... 94
5.2.4 การติดตามแผนแผ่นผนัง-กรณีศึกษาโครงการ B..... 97
5.2.2 การติดตามแผนแผ่นผนัง-กรณีศึกษาโครงการ A..... 100
5.2.3 การวางแผนติดตั้งแผ่นผนัง-กรณีศึกษาโครงการ B..... 103
5.2.5 การวางแผนติดตั้งแผ่นผนัง-กรณีศึกษาโครงการ C..... 106
5.2.6 การติดตามแผนแผ่นผนัง-กรณีศึกษาโครงการ C..... 109
5.2.7 การวางแผนติดตั้งแผ่นผนัง-กรณีศึกษาโครงการ D..... 112
5.2.8 การติดตามแผนแผ่นผนัง-กรณีศึกษาโครงการ D..... 115
5.3 ผลการประยุกต์ใช้..... 118
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 119

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6.1 สรุปผลการวิจัย 119
6.2 ข้อจำกัดของงานวิจัย 119
6.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางพัฒนางานวิจัยในอนาคต 120
บรรณานุกรม 121
ประวัติผู้เขียน 126

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 2.1 การทำงานของแบบจำลองสารสนเทศอาคาร 16
ภาพที่ 2.2 แนวคิดแบบจำลองสารสนเทศอาคาร 17
ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการทำงานของระบบ 29
ภาพที่ 3.2 โปรแกรม Autodesk Revit 2022 30
ภาพที่ 3.3 โปรแกรม Dynamo BIM 30
ภาพที่ 3.4 การพัฒนาระบบการบริหารจัดการแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา 32
ภาพที่ 3.5 หลักการทำงานของ Dynamo ในการจัดเรียงแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา 33
ภาพที่ 3.6 หลักการทำงานของ Dynamo ในการติดตามแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา 33
ภาพที่ 4.1 รายละเอียดการสร้างโมเดลสามมิติ 35
ภาพที่ 4.2 การสร้าง Shared Parameters (1) 36
ภาพที่ 4.3 การสร้าง Shared Parameters (2) 36
ภาพที่ 4.4 โครงสร้างข้อมูลที่กำหนด Shared Parameters 37
ภาพที่ 4.5 การสร้าง Parameter Group 37
ภาพที่ 4.6 การสร้าง Parameter Properties 38
ภาพที่ 4.7 การสร้าง Project parameter (1) 38
ภาพที่ 4.8 การสร้าง Project parameter (2) 39
ภาพที่ 4.9 การสร้าง Project parameter (3) 39
ภาพที่ 4.10 การสร้าง Project parameter (4) 40
ภาพที่ 4.11 Properties ของแผ่นผนังหลังการกำหนดค่า Parameter 40
ภาพที่ 4.12 Properties ของแผ่นผนังก่อนการกำหนดค่า Parameter 41
ภาพที่ 4.13 การสร้างโมเดลแผ่นผนังตรง (หน้าตัดผนัง) 42
ภาพที่ 4.14 การสร้างโมเดลแผ่นผนังตรง (ด้านข้างผนัง) 42

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 4.15 หน้าตัดโมเดลแผ่นผนังตรงและจุดเส้น Model line 42
ภาพที่ 4.16 การสร้างโมเดลแผ่นผนังตัวแอล (หน้าตัดผนัง) 43
ภาพที่ 4.17 การสร้างโมเดลแผ่นผนังตัวแอล (ด้านข้างผนัง) 43
ภาพที่ 4.18 หน้าตัดโมเดลแผ่นผนังตัวแอลและจุดเส้น Model line 44
ภาพที่ 4.19 โมเดลสามมิติแผ่นผนังตัวแอลและเส้น Model line 44
ภาพที่ 4.20 การสร้างโมเดลแผ่นผนังตัวที (หน้าตัดผนัง) 45
ภาพที่ 4.21 การสร้างโมเดลแผ่นผนังตัวที (ด้านข้างผนัง) 45
ภาพที่ 4.22 หน้าตัดโมเดลแผ่นผนังตัวทีและจุดเส้น Model line 46
ภาพที่ 4.23 โมเดลสามมิติแผ่นผนังตัวทีและเส้น Model line 46
ภาพที่ 4.24 การสร้าง Tag ของแผ่นผนังตรง (1) 47
ภาพที่ 4.25 การสร้าง Tag ของแผ่นผนังตรง (2) 47
ภาพที่ 4.26 การสร้าง Tag ของแผ่นผนังตรง (3) 48
ภาพที่ 4.27 การสร้าง Tag ของแผ่นผนังตรง (4) 48
ภาพที่ 4.28 การสร้าง Tag ของแผ่นผนังมุม 49
ภาพที่ 4.29 เงื่อนไขการวาดผนังโมเดลสามมิติบริเวณจุดมุมภายในห้อง 50
ภาพที่ 4.30 เงื่อนไขการวาดผนังโมเดลสามมิติบริเวณผนังกั้นห้องและผนังทางเดิน 50
ภาพที่ 4.31 การกำหนดพื้นที่ห้องของโมเดลสามมิติอาคาร 51
ภาพที่ 4.32 แนวคิดการพัฒนาระบบการวางแผ่นผนังมุมชนิดตัวทีและตัวแอล 53
ภาพที่ 4.33 เงื่อนไขการวางแผ่นผนังมุมชนิดตัวที 54
ภาพที่ 4.34 เงื่อนไขการวางแผ่นผนังมุมชนิดตัวแอล 54
ภาพที่ 4.35 แนวคิดการพัฒนาระบบการวางแผ่นผนังตรง (1) 56
ภาพที่ 4.36 แนวคิดการพัฒนาระบบการวางแผ่นผนังตรง (2) 57
ภาพที่ 4.37 เงื่อนไขการใช้แผ่นผนังขนาดเล็กในระยะช่วงสุดท้ายของผนังอาคาร 58
ภาพที่ 4.38 เงื่อนไขการใช้แผ่นผนังขนาดใหญ่ในระยะช่วงสุดท้ายของผนังอาคาร 59

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 4.39 แนวคิดการประมวลผลสรุปจำนวนแผ่นผนังคอนกรีต 60
ภาพที่ 4.40 แนวคิดการวางแผนติดตั้งแผ่นผนังคอนกรีต 61
ภาพที่ 4.41 แนวคิดการติดตามการติดตั้งแผ่นผนังคอนกรีต 63
ภาพที่ 4.42 แนวคิดการติดตามข้อบกพร่องแผ่นผนังคอนกรีต 64
ภาพที่ 4.43 แบบจำลองที่ใช้ทดสอบ สร้างโดย Autodesk Revit 65
ภาพที่ 4.44 การวางแผ่นผนังมุมตัวที 66
ภาพที่ 4.45 การวางแผ่นผนังมุมตัวแอล 66
ภาพที่ 4.46 การวางแผ่นผนังตรง 67
ภาพที่ 4.47 การกรองค่าผนังอาคาร 67
ภาพที่ 4.48 การกรองค่าประตู 67
ภาพที่ 4.49 การรับค่าขนาดแผ่นผนัง 68
ภาพที่ 4.50 Report แผ่นผนังมุม 68
ภาพที่ 4.51 Report แผ่นผนังตรง 69
ภาพที่ 4.52 Output Report 69
ภาพที่ 4.53 แบบจำลองที่ใช้ทดสอบ (ซ้าย) แบบจำลองที่ผ่านการรันจากระบบ (ขวา) 69
ภาพที่ 4.54 ข้อมูลขนาดและจำนวนแผ่นผนังมุมและผนังตรง ในรูปแบบ Spreadsheet 70
ภาพที่ 4.55 การรับค่าข้อมูลแผ่นผนัง 70
ภาพที่ 4.56 การรับค่าข้อมูลการวางแผนติดตั้งแผ่นผนัง 71
ภาพที่ 4.57 การติด tag แผ่นผนังในโมเดลสามมิติ (Revit) 72
ภาพที่ 4.58 Report การวางแผนติดตั้งแผ่นผนัง 72
ภาพที่ 4.59 แบบจำลองที่รันผ่านระบบแสดง tag แผ่นผนัง 72
ภาพที่ 4.60 แบบจำลองที่รันผ่านระบบแสดงแผนการติดตั้งแผ่นผนังผ่านช่อง Properties 73
ภาพที่ 4.61 ข้อมูลของการวางแผนแผ่นผนัง ในรูปแบบ Spreadsheet 73
ภาพที่ 4.62 การรับค่าข้อมูลแผ่นผนังจาก Spreadsheet 74

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 4.63 การใส่ข้อมูลสถานะการติดตั้งผ่านช่อง Properties ในโมเดลสามมิติ (Revit) 75
ภาพที่ 4.64 การแสดงสีสถานะของการติดตั้งแผ่นผนังในโมเดลสามมิติ (Revit) 75
ภาพที่ 4.65 แบบจำลองที่รันผ่านระบบแสดงข้อมูลสถานะแผ่นผนังผ่านช่อง Properties 76
ภาพที่ 4.66 แบบจำลองที่รันผ่านระบบแสดงผ่านมุมมองสามมิติ 76
ภาพที่ 4.67 Report การติดตามการติดตั้งแผ่นผนัง 77
ภาพที่ 4.68 ข้อมูลการติดตามการติดตั้งแผ่นผนัง ในรูปแบบ Spreadsheet 77
ภาพที่ 4.69 การรับค่าข้อมูลแผ่นผนังโดยแบ่งตามห้อง 78
ภาพที่ 4.70 การรับค่าข้อมูลข้อบกพร่องจาก Google Form 78
ภาพที่ 4.71 การรับค่าข้อมูลข้อบกพร่องเพื่อสรุปผลข้อมูลในรูปแบบ Spreadsheet 79
ภาพที่ 4.72 การส่งออกข้อมูลแผ่นผนังโดยแบ่งตามห้อง 80
ภาพที่ 4.73 ข้อมูลแผ่นผนังโดยแบ่งตามห้อง ในรูปแบบ Spreadsheet 80
ภาพที่ 4.74 การใส่ข้อมูลข้อบกพร่องผ่านช่อง Properties ในโมเดลสามมิติ (Revit) 81
ภาพที่ 4.75 สรุปข้อมูลแผ่นผนัง ในรูปแบบ Spreadsheet 81
ภาพที่ 4.76 แบบจำลองสามมิติที่ใช้ในการทดสอบ 86
ภาพที่ 4.77 แบบจำลองที่รันผ่านระบบการวางแผ่นผนัง ทดสอบโดยแผ่นผนังขนาด 60 ซม. 86
ภาพที่ 4.78 แบบจำลองที่รันผ่านระบบการวางแผ่นผนัง ทดสอบโดยแผ่นผนังขนาด 60 และ 40 ซม. 86
ภาพที่ 4.79 แบบจำลองที่รันผ่านระบบการวางแผนติดตั้งแผ่นผนัง 87
ภาพที่ 4.80 ข้อมูลจำนวนแผ่นผนังแยกตามโซน(บน) และผู้ติดตั้ง(ล่าง) ในรูปแบบ Spreadsheet. 87
ภาพที่ 4.81 รายละเอียดแผ่นผนังทั้งหมดแยกตามรายชื่อผู้ติดตั้ง 88
ภาพที่ 4.82 การกรอกข้อมูลแผ่นผนังที่ติดตั้งแล้วผ่าน Google Form 88
ภาพที่ 4.83 ข้อมูลที่ได้จาก Google form 89
ภาพที่ 4.84 แบบจำลองที่รันผ่านระบบการติดตามการติดตั้ง 89
ภาพที่ 4.85 ข้อมูลแผ่นผนังหลังการติดตั้งแล้วเสร็จ 90

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 4.86 การกรอกข้อมูลแผ่นผนังที่เกิดข้อบกพร่องผ่าน Google Form..... 90
ภาพที่ 4.87 แผ่นผนังที่รันผ่านระบบการติดตามข้อบกพร่อง..... 91
ภาพที่ 4.88 ข้อมูลแผ่นผนังที่รันผ่านระบบการติดตามข้อบกพร่อง ในรูปแบบ Spreadsheet..... 91
ภาพที่ 5.1 แบบแปลนอาคารของโครงการ A ชั้น2-5(ขวา) และชั้น6 (ซ้าย)..... 94
ภาพที่ 5.2 แบบจำลองที่รันผ่านระบบของโครงการ B..... 97
ภาพที่ 5.3 แบบจำลองสามมิติที่รันผ่านระบบการติดตามของโครงการ B..... 97
ภาพที่ 5.4 แบบจำลองที่รันผ่านระบบของโครงการ A ชั้น 2 (ซ้าย) และชั้น 6 (ขวา)..... 100
ภาพที่ 5.5 แบบจำลองสามมิติที่รันผ่านระบบการติดตามของโครงการ A..... 100
ภาพที่ 5.6 แบบแปลนอาคารของโครงการ B ชั้น1-3..... 103
ภาพที่ 5.7 แบบแปลนอาคารของโครงการ C..... 106
ภาพที่ 5.8 แบบจำลองที่รันผ่านระบบของโครงการ C..... 109
ภาพที่ 5.9 แบบจำลองสามมิติที่รันผ่านระบบการติดตามของโครงการ C..... 109
ภาพที่ 5.10 แบบแปลนอาคารของโครงการ D..... 112
ภาพที่ 5.11 แบบจำลองที่รันผ่านระบบของโครงการ D..... 115
ภาพที่ 5.12 แบบจำลองสามมิติที่รันผ่านระบบการติดตามของโครงการ D..... 115

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 สรุปแรงสนับสนุนและแรงต่อต้านการใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคาร 22
ตารางที่ 2.2 อัตราการเกิดขยะจากประเภทวัสดุก่อสร้าง..... 24
ตารางที่ 2.3 ดัชนีความสำคัญของแหล่งกำเนิดขยะจากการก่อสร้าง..... 25
ตารางที่ 4.1 ลักษณะการวางแผ่นผนังตามความยาวผนังอาคารในกรณีที่ 1 82
ตารางที่ 4.2 ลักษณะการวางแผ่นผนังตามความยาวผนังอาคารในกรณีที่ 2 83
ตารางที่ 4.3 จำนวนแผ่นผนังตามลักษณะการตัด - กรณีที่ 1 84
ตารางที่ 4.4 จำนวนแผ่นผนังตามลักษณะการตัด - กรณีที่ 2 85
ตารางที่ 5.1 ลักษณะของโครงการ 93
ตารางที่ 5.2 จำนวนแผ่นผนังของโครงการ A 94
ตารางที่ 5.3 ขนาดและจำนวนแผ่นผนัง(แผ่นตัด) จากระบบของโครงการ A..... 95
ตารางที่ 5.4 ลักษณะการตัดแผ่นผนังโครงการ A 95
ตารางที่ 5.5 แผนการติดตั้งแผ่นผนังโครงการ A..... 96
ตารางที่ 5.6 ข้อมูลการติดตามแผ่นผนังชั้นที่ 1-3 โครงการ B 98
ตารางที่ 5.7 ข้อมูลการติดตามแผ่นผนังชั้นที่ 2 และชั้นที่ 6 โครงการ A..... 101
ตารางที่ 5.8 จำนวนแผ่นผนังของโครงการ B 103
ตารางที่ 5.9 ขนาดและจำนวนแผ่นผนังตรง (แผ่นตัด) จากระบบของโครงการ B..... 103
ตารางที่ 5.10 ลักษณะการตัดแผ่นผนังโครงการ B 104
ตารางที่ 5.11 แผนการติดตั้งแผ่นผนังโครงการ B..... 105
ตารางที่ 5.12 จำนวนแผ่นผนังของโครงการ C..... 106
ตารางที่ 5.13 ขนาดและจำนวนแผ่นผนัง(แผ่นตัด) จากระบบของโครงการ C..... 107
ตารางที่ 5.14 ลักษณะการตัดแผ่นผนังโครงการ C..... 107
ตารางที่ 5.15 ข้อมูลการติดตามแผ่นผนังชั้นที่ 6 โครงการ C 110

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5.16 จำนวนแผ่นผนังของโครงการ D ที่ประมวลผลผ่านระบบ..... 112
ตารางที่ 5.17 ขนาดและจำนวนแผ่นผนัง(แผ่นตัด) จากระบบของโครงการ D..... 113
ตารางที่ 5.18 ลักษณะการตัดแผ่นผนังโครงการ D..... 113
ตารางที่ 5.19 ข้อมูลการติดตามแผ่นผนังชั้นที่ 5 โครงการ D..... 116

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการใช้แผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปเป็นนวัตกรรมที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการก่อสร้าง เนื่องจากการใช้แผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปในโครงการก่อสร้างสามารถกำหนดระยะเวลาในการดำเนินงาน กำหนดงบประมาณรวมถึงสามารถรับรู้ขอบเขตของงานได้อย่างชัดเจน ภายใต้มาตรฐานคุณภาพวัสดุที่คงที่ ซึ่งเหตุผลดังกล่าวเป็นส่วนสำคัญในการบริหารจัดการโครงการก่อสร้าง (Oberlender, 1993) แผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปเป็นวัสดุที่มีคุณภาพมาตรฐาน เนื่องจากกระบวนการผลิตเกิดขึ้นในโรงงานอุตสาหกรรมที่สามารถควบคุมปัจจัยและวัสดุในการผลิตได้ การออกแบบทำได้ตามความต้องการทำให้แผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปทุกชิ้นสามารถนำมาประกอบกันได้พอดี โดยทั่วไปแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปที่มีใช้กันในปัจจุบันสามารถแบ่งออกเป็นสองประเภทหลักๆ ได้แก่

1. ผนังคอนกรีตสำเร็จรูปแบบรับแรง (Load Bearing)
2. ผนังคอนกรีตสำเร็จรูปแบบรับไม่รับแรง (Non-Load Bearing)

การเลือกใช้แผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปขึ้นอยู่กับประเภทของโครงการก่อสร้าง เนื่องจากการใช้งานของแต่ละโครงการมีขนาดและรูปร่างเฉพาะตัวที่แตกต่างกันไป (Cement and Concrete Association of Australia, 2001) ด้วยเหตุนี้การก่อสร้างด้วยแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูปจึงเป็นที่นิยมในบรรดาผู้ประกอบการและผู้บริโภคซึ่งมีแนวโน้มจะนำมาใช้งานเพิ่มมากขึ้น

โครงการก่อสร้างที่ใช้แผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปจำเป็นต้องมีการบริหารจัดการเนื่องจากมีความเกี่ยวข้องกับกลุ่มคนหลายกลุ่มและยังมีกระบวนการจัดการหลายขั้นตอน ได้แก่ การวางแผน การออกแบบ การผลิต การขนส่ง การติดตั้งและก่อสร้าง (Abedi, Fathi, Mirasa, & Rawai, 2014) การบริหารโครงการก่อสร้างที่ก่อสร้างด้วยแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูปให้เป็นไปตามแผนที่วางไว้ จะส่งผลให้ทุกขั้นตอนทำงานร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพซึ่งสามารถลดต้นทุนการผลิต ลดระยะเวลาในการดำเนินการ และยังช่วยให้คุณภาพงานก่อสร้างที่ก่อสร้างด้วยแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูปมีเพิ่มมากขึ้นด้วย ในแต่ละโครงการก่อสร้างมีความซับซ้อนและลักษณะเฉพาะตัวที่ต่างกันออกไป จำนวนแผ่นผนังในแต่ละโครงการจึงมีขนาดและจำนวนที่ต่างกันด้วย การจัดเตรียมแผ่นคอนกรีตหน้างานเพื่อเตรียมเข้าสู่ขั้นตอนการติดตั้งจึงต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่อยู่ในโครงการนั้นด้วย เช่น ข้อจำกัดของพื้นที่และจำนวนการค้ำยัน (Manrique, Al-Hussein, Telyas, & Funston, 2007) ทั้งนี้ขั้นตอนต่าง ๆ จะมีผู้ที่เกี่ยวข้องหลายฝ่ายที่ต้องอาศัยฝีมือและประสบการณ์ ซึ่งขั้นตอนดังกล่าวจำเป็นต้องมีการบริหารจัดการที่เหมาะสม เพื่อให้การดำเนินการดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง ซึ่งการบริหารจัดการแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปที่ดีจึงจำเป็นต้องดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจุบันเทคโนโลยีสารสนเทศถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูปมากขึ้น เช่น การติดตามสถานะของแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูปโดยการนำ RFID (Radio Frequency Identification) มาประยุกต์ใช้แทนบาร์โค้ด เนื่องจาก RFID เป็นเทคโนโลยีที่ใช้คลื่นวิทยุในการอ่านข้อมูล หากในพื้นที่ที่มีแสงน้อยหรือตัวหนังสือถูกบดบัง เครื่องอ่านก็ยังสามารถทำงานได้อยู่ (Ikonen et al., 2013) การจัดวางแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูปบริเวณลานวางสินค้า เนื่องจากการผลิตแผ่นคอนกรีตจำเป็นต้องบ่มเพื่อเพิ่มความสามารถในการรับกำลัง การใช้ MS Access เพื่อช่วยสร้างโมเดลสามมิติในการจัดวางแผ่นคอนกรีต ช่วยให้ผู้ผลิตสามารถจัดการเวลาในการขนส่งแผ่นไปสู่พื้นที่จัดวาง ระยะเวลาในการรอของรถขนส่ง รวมถึงต้นทุนในการจัดเก็บแผ่น (Marasini & Dawood, 2003) การติดตั้งแผ่นคอนกรีตให้เป็นไปตามลำดับและการจัดเรียงที่เหมาะสม เนื่องจากแผ่นคอนกรีตแบบรับแรงจำเป็นต้องรับน้ำหนักจากโครงสร้างจึงต้องจัดเรียงตามลำดับเพื่อป้องกันความเสียหาย โดยการประยุกต์ใช้ BIM (Building Information Modeling) มาช่วยในการจัดการ (Wang, Yuan, & Sun, 2018) เป็นต้น ซึ่งงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นนั้นเป็นตัวช่วยในการบริหารจัดการแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูปได้อย่างมีแบบแผนและประหยัดเวลาในขั้นตอนการวางแผน ดังนั้นแนวทางในการนำเทคโนโลยีมาพัฒนาการจัดการแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปจึงเป็นสิ่งสำคัญ

งานวางแผนและติดตั้งแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปเป็นงานที่มีความซับซ้อน เนื่องจากประกอบไปด้วยหลายขั้นตอน ได้แก่ ผู้รับเหมาหลักส่งแบบให้ผู้รับเหมารายย่อย ผู้รับเหมารายย่อยทำแบบ Shop Drawing เพื่อเตรียมสู่ขั้นตอนการสั่งจำนวนแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปตามจำนวนและบริเวณที่ต้องการ การติดตั้งแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูป การตรวจสอบงานโดยวิศวกรผู้รับผิดชอบการออกใบรับมอบงาน การเบิกจ่ายเงินของผู้รับเหมารายย่อย โดยขั้นตอนดังกล่าวต้องอาศัยการสื่อสาร ประสานงาน และการทำงานร่วมกันของกลุ่มคนหลายกลุ่ม ซึ่งอาจเกิดข้อผิดพลาดหรือความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนกันได้ การเพิ่มประสิทธิภาพโดยการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้ในขั้นตอนต่าง ๆ จะมีส่วนช่วยในการลดระยะเวลาในการวางแผนและเพิ่มความแม่นยำในการจัดการให้มากขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

BIM ถือเป็นเทคโนโลยีสารสนเทศที่เปลี่ยนแปลงกระบวนการในอุตสาหกรรมก่อสร้าง (Succar, 2009) ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการทำงานด้านการออกแบบและการจัดการข้อมูลโดยอาศัยซอฟต์แวร์ต่าง ๆ เพื่อเป็นการเชื่อมโยงองค์ประกอบอาคารที่สำคัญเข้าด้วยกัน โดยบรรจุข้อมูลสารสนเทศลงไปประกอบ (Dana Smith & Tardif, 2009) โดยในแง่ของบทความที่ผ่านมานำเสนอการประยุกต์ใช้ BIM ในการบริหารจัดการอุตสาหกรรมก่อสร้างที่น่าสนใจ เช่น การนำ BIM มาใช้ในการบริหารจัดการการตรวจสอบงานก่อสร้าง (Lin, Lee, & Yang, 2015) หรือ การสร้างกรอบแนวคิด BIM มาใช้ในการจัดการปริมาณงานที่นำไปสู่การใช้งานได้จริงในอุตสาหกรรมก่อสร้าง (Khosakitchalert, Yabuki, & Fukuda, 2018) เป็นต้น ดังนั้น การนำ BIM มาใช้ในเชิงปฏิบัติในองค์กรอย่างเหมาะสม จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุดแก่การบริหารจัดการ

1.2 ปัญหางานวิจัย

ขั้นตอนการจัดเรียงแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาในปัจจุบัน มีปัจจัยที่ต้องพิจารณา คือ การลดรอยต่อในการติดตั้งให้เหลือน้อยที่สุด ซึ่งการจัดเรียงผู้วางแผนเลือกใช้แผ่นผนังที่มีขนาดใหญ่ สำหรับพิจารณาการจัดเรียงเป็นลำดับแรกเพื่อลดจำนวนรอยต่อของแผ่นผนัง และระยะที่เหลือจะพิจารณาเลือกใช้ขนาดแผ่นผนังที่เล็กลงไป หรือการตัดแผ่น นอกจากนี้การคำนวณผนังที่มีปริมาณพื้นที่จำนวนมาก เช่น ผนังภายในอาคารคอนโดมิเนียม ด้วยบุคคลต้องใช้ประสบการณ์เพื่อพิจารณา รวมถึงใช้ระยะเวลาประมาณ 2 วัน ต่อ พื้นที่ผนัง 1000 ตร.ม. จากขั้นตอนในการจัดเรียงแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาที่ผ่านมา ทำให้เกิดปัญหางานวิจัย ดังนี้ เศษแผ่นผนังและระยะของช่วงผนังที่เหลือจากการจัดเรียง รวมถึงระยะเวลาของการตัดแผ่นผนังขณะติดตั้ง

นอกจากนี้ขั้นตอนในการติดตามสถานะแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาดำเนินการโดยใช้เอกสารรายงานผลการติดตั้ง เพื่อชี้แจงสถานะหลังการติดตั้งของแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาในโครงการก่อสร้าง ซึ่งการติดตามสถานะของแผ่นผนังจะรายงานผลโดยผู้ควบคุมงานในส่วนที่ทำการติดตั้งแล้วเสร็จ โดยรายงานผลเป็นเปอร์เซ็นต์ที่ติดตั้งแล้วเสร็จเทียบกับจำนวนผนังทั้งหมดในแต่ละชั้น จากขั้นตอนในการติดตามสถานะแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา ยังขาดการระบุตำแหน่งในการติดตั้งและตำแหน่งในการแก้ไขที่แน่นอน

งานวิจัยที่ผ่านมานำเสนอแนวทางการจัดเรียงแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปในหลายแง่มุม เช่น การจัดเรียงแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปให้เป็นไปตามลำดับการติดตั้งที่เหมาะสม เพื่อรับน้ำหนักแผ่นผนังที่จะติดตั้งต่อไป (Wang et al., 2018) การจัดเรียงแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูปให้เป็นไปตามลำดับเพื่อเชื่อมจุดต่อให้มีความถูกต้องสวยงาม (Choudhary & Panganti, 2018) การออกแบบขนาดและรูปร่างแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูป เพื่อการจัดเรียงให้มีความเหมาะสมกับโครงสร้าง (Lida, Liming, Kang, Jiao, & Ming, 2018) เป็นต้น โดยงานวิจัยต่าง ๆ นั้น มุ่งเน้นการจัดเรียงแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปแบบรับแรงจากโครงสร้าง ซึ่งการออกแบบยืดหยุ่นตามลักษณะของโครงสร้างหรือสถาปัตยกรรมนั้น ๆ โดยสามารถนำชิ้นส่วนต่าง ๆ มาประกอบกันได้พอดี โดยไม่ต้องคำนึงถึงเศษที่เหลือจากการจัดเรียง รวมถึงการตัดแผ่นขณะติดตั้ง นอกจากนั้นมีงานวิจัยที่นำเสนอแนวทางการติดตามสถานะแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูป เช่น (Liu, Li, Chen, & Jin, 2020) เป็นต้น โดยงานวิจัยที่ผ่านมากล่าวถึงการติดตามสถานะของแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปในการวางแผนเพื่อดำเนินการติดตั้ง โดยยังขาดการพิจารณาในมุมมองของการติดตามสถานะแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา ที่ต้องระบุตำแหน่งแก้ไขที่แน่นอน

ปัญหาจากขั้นตอนในการจัดเรียงแผ่นผนัง งานวิจัยจึงนำเสนอแนวทางการจัดเรียงแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาและพัฒนาระบบที่ใช้ในการจัดเรียงแผ่นผนังให้รวดเร็วมากขึ้น โดยแนวทางการจัดเรียงแผ่นผนังดังกล่าวจะใช้หลักการผสมขนาดแผ่นที่ทำให้เหลือเศษแผ่นผนังและระยะของช่วงผนังน้อยที่สุด ซึ่งการคำนวณโดยใช้หลักการผสมขนาดแผ่นต้องกำหนดเงื่อนไขต่าง ๆ เพื่อให้ได้คำตอบที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากการคำนวณด้วยหลักการผสมขนาดแผ่น สามารถมีได้หลายคำตอบ โดยเงื่อนไขสำคัญที่ต้องพิจารณา คือ ขนาดแผ่นผนังที่ต้องการใช้งาน การลดรอยต่อของการติดตั้ง ขนาดแผ่นผนังแผ่นสุดท้ายที่อยู่ใกล้บริเวณประตูและหน้าต่าง และปัญหาจากขั้นตอนในการติดตาม

แผ่นผนัง งานวิจัยจึงนำเสนอแนวทางการติดตามสถานะของแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาและพัฒนาระบบที่ใช้ในการติดตามสถานะของแผ่นผนังให้รวดเร็วขึ้น โดยแนวทางในการรายงานสถานะจะนำ Google form มาใช้ร่วมด้วย เนื่องจากเป็นแพลตฟอร์มที่ง่ายและสะดวกแก่การใช้งาน เพื่อให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในโครงการแจ้งรายละเอียดของแผ่นผนังที่ถูกกำหนดตามเงื่อนไขเข้าสู่ระบบ และอัพเดตสถานะของแผ่นผนังได้เร็วขึ้น โดยเงื่อนไขการอัพเดตสถานะต่างๆ ของแผ่นผนัง จำเป็นต้องสร้างและกำหนดเงื่อนไขในการกรอก Google form ตามพื้นที่ของผนังที่จะดำเนินการติดตั้ง

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.3.1 พัฒนาระบบการจัดเรียงและแสดงผลแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาในโครงการก่อสร้าง เพื่อลดระยะเวลาการวางแผนติดตั้ง

1.3.2 พัฒนาระบบการติดตามสถานะแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาของโครงการก่อสร้าง โดยใช้ Google Form และ BIM ในขั้นตอนการติดตั้ง การตรวจสอบ และการส่งมอบงาน

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

1.4.1 งานวิจัยประยุกต์ใช้โมเดลข้อมูลสารสนเทศอาคาร (BIM) และ Dynamo ในการจัดเรียงแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาเพื่อใช้สำหรับผนังภายในอาคาร

1.4.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา ประกอบด้วยซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองสารสนเทศอาคาร รวมถึงซอฟต์แวร์เสริม

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอน คือ

1) ทบทวนแนวคิด ทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น งานวิจัยในอดีต หนังสือ และ เอกสารที่เกี่ยวข้อง บทความวิจัย ทั้งในประเทศและต่างประเทศ
2) ศึกษากระบวนการและขั้นตอนการทำงานของการจัดการแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาของโครงการก่อสร้าง และรวบรวมข้อมูลที่ใช้สำหรับพัฒนา BIM ในขั้นตอนการจัดเรียงแผ่นผนังและขั้นตอนการติดตามสถานะแผ่นผนัง
3) พัฒนาองค์ประกอบของ BIM model โดยแบ่งเป็น โมเดลแผ่นผนังและโมเดลอาตาร เพื่อให้สามารถเชื่อมต่อกับกระบวนการทำงานของระบบวางแผนและติดตามแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา
4) พัฒนาระบบการวางแผนติดตั้งและติดตามแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา โดยใช้การทำงาน BIM ร่วมกับ ซอฟต์แวร์ประยุกต์

5) ตรวจสอบระบบโดยการประยุกต์ใช้กับอาคารตัวอย่าง นำผลการประยุกต์มาวิเคราะห์เพื่อระบุปัญหาและข้อควรปรับปรุง จากนั้นจึงปรับปรุงแก้ไขระบบให้มีความถูกต้องเหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากขึ้น
6) สรุปผลที่ได้จากการทำวิจัย ข้อจำกัดของงานวิจัยและข้อแนะนำสำหรับงานวิจัยในอนาคต

1.6 ผลลัพธ์ของงานวิจัย

1.5.1 ระบบการจัดเรียงและแสดงผลแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาในโครงการก่อสร้าง ที่สามารถนำไปประกอบกันได้ในปริมาณที่เหมาะสม โดยใช้แบบจำลองอาคารสารสนเทศ (Building Information Modelling, BIM)

1.5.2 ระบบการติดตามสถานะแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาของโครงการก่อสร้าง ในขั้นตอนการติดตั้ง การตรวจสอบ และการส่งมอบงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การบริหารจัดการงานก่อสร้าง

การบริหารงานก่อสร้าง เป็นเทคนิคการดำเนินงานโครงการก่อสร้างให้บรรลุวัตถุประสงค์ในด้านคุณภาพ ระยะเวลาและงบประมาณ โดยผู้บริหารงานก่อสร้างสามารถรับช่วงงานทั้งก่อนหรือระหว่างการออกแบบ รวมถึงภายหลังการออกแบบเพื่อดำเนินการก่อสร้างให้แล้วเสร็จ

การบริหารงานก่อสร้างหรือการจัดการงานก่อสร้าง (Construction Management) แตกต่างจากการควบคุมงานก่อสร้าง (Construction Supervision) ที่ดำเนินการควบคุมงานก่อสร้างโดยเน้นการก่อสร้างให้ถูกต้องตามแบบ รายการและคุณภาพการก่อสร้างที่ดีเป็นหลัก ในขณะที่การบริหารงานก่อสร้างต้องดำเนินงานเป็นทีมงานในการให้คำปรึกษาแก่เจ้าของโครงการ ตั้งแต่ขั้นตอนการประกวดราคา จัดหาผู้รับเหมาและลงนามในสัญญาก่อสร้าง รวมถึงขั้นตอนการก่อสร้างตลอดจนการก่อสร้างแล้วเสร็จจนถึงการส่งมอบอาคารให้แก่เจ้าของโครงการ โดยมีวัตถุประสงค์ของการบริหารจัดการงานก่อสร้างที่สำคัญดังนี้ (อวยชัย วุฒิโฆสิต, 2544)

1. การควบคุมเวลา (Time Control) เป็นการควบคุมเวลาการทำงานให้ตรงตามแผนการก่อสร้างที่ได้วางไว้ ต้องมีการปรับแผนงานให้ทันตามกำหนดเวลาอย่างสม่ำเสมอและหากมีความจำเป็นด้วยเหตุสุดวิสัยจะต้องแจ้งให้เจ้าของโครงการทราบล่วงหน้าเพื่อเตรียมการจัดการแก้ปัญหาได้ทันท่วงที
2. การควบคุมงบประมาณ (Cost Control) เป็นการควบคุมราคาค่าก่อสร้างให้อยู่ในงบประมาณที่กำหนด การเพิ่ม-ลดปริมาณงานจะต้องผ่านการดูแลและตัดสินใจจากเจ้าของโครงการ
3. การควบคุมคุณภาพ (Quality Control) เป็นหน้าที่หลักของการควบคุมงานก่อสร้าง คือ การควบคุมคุณภาพงานก่อสร้างให้มีคุณภาพดี รวมทั้งการแก้ไขจุดบกพร่องหรือข้อขัดแย้งต่าง ๆ ของแบบ เอกสารและงานก่อสร้าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.1.1 ผู้ที่เกี่ยวข้องกับงานก่อสร้าง

ในการเริ่มงานก่อสร้าง จะมีผู้ที่เข้ามาเกี่ยวข้องหลายกลุ่มดังนี้

1. เจ้าของโครงการหรือผู้แทน (Owner)
2. ผู้บริหารงานก่อสร้าง (Construction Manager)
3. ผู้ออกแบบ (Designer)
4. ผู้ควบคุมงานก่อสร้าง (Construction Supervision)
5. ผู้รับจ้างก่อสร้างหลัก (Main Contractor) และผู้รับจังช่วง (Subcontractor)

โครงการก่อสร้างแต่ละโครงการอาจมีผู้เกี่ยวข้องไม่เหมือนกัน ขึ้นอยู่กับประเภทของโครงการ ความยากง่ายของงานก่อสร้าง รวมถึงขนาดของโครงการ กรณีที่โครงการก่อสร้างขนาดใหญ่

มีความซับซ้อน เจ้าของโครงการจะจ้างผู้บริหารงานก่อสร้างเพื่อควบคุมดูแลการบริหารงานก่อสร้าง (Construction Management) โดยครอบคลุมตั้งแต่ช่วงเตรียมงานก่อสร้าง ช่วงจัดหาผู้รับเหมา ควบคุมงานก่อสร้างและประสานงานระหว่างฝ่ายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในโครงการ

2.1.2 กระบวนการบริหารงานก่อสร้าง

กระบวนการบริหารงานก่อสร้าง โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้ (กวี หวังนิเวศน์กุล, 2547)

1. **การวางแผน (Planning)** คือ การเตรียมแผนงานก่อนการก่อสร้าง เพื่อใช้เป็นแนวทางและหลักยึดในการประเมินผลงานก่อสร้างกับเป้าหมายที่ได้วางไว้
2. **การแบ่งส่วนงาน (Organizing)** คือ การจัดเตรียมทรัพยากรต่าง ๆ ในงานก่อสร้างให้มีความพร้อมและประสิทธิภาพสูงสุด ควรกำหนดการแบ่งส่วนงานให้สัมพันธ์กัน ทั้งการกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบและลำดับการสั่งการในหน่วยงานบุคคลของฝ่ายต่าง ๆ
3. **การควบคุมการดำเนินการ (Controlling)** คือวิธีการที่ทำให้ติดตามความก้าวหน้าของงานก่อสร้างให้เป็นไปตามแผนที่วางไว้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ทราบถึงปัญหาอุปสรรคและแนวทางการปรับปรุงแผนการก่อสร้างต่อไป โดยประกอบด้วยการประสานงานระหว่างฝ่ายต่าง ๆ รวมถึงควบคุมการก่อสร้างให้เป็นไปตามรูปแบบที่กำหนดและถูกต้องตามหลักวิชา
4. **การประเมินผล (Evaluating)** คือ การติดตามผลระหว่างการดำเนินก่อสร้างหรือเมื่อเสร็จสิ้นโครงการแล้ว โดยต้องทำการประเมินผลเปรียบเทียบกับเป้าหมายและรวบรวมปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นระหว่างการก่อสร้างเพื่อหาแนวทางป้องกันและเก็บข้อมูลในการปรับปรุงแผนงานช่วงต่อไป

2.2 ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปถูกพัฒนาขึ้นโดยความร่วมมือของสหรัฐอเมริกา ฝรั่งเศสและสหภาพโซเวียต เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนที่อยู่อาศัยในทวีปยุโรปช่วงสงครามโลกครั้งที่สองในปี ค.ศ.1950 ซึ่งในปัจจุบันคอนกรีตสำเร็จรูปถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายและมีบทบาทสำคัญในการก่อสร้าง อย่างเช่น ในประเทศญี่ปุ่นมีการก่อสร้างด้วยคอนกรีตสำเร็จรูปมากกว่าร้อยละห้าสิบ ซึ่งเกิดจากการสนับสนุนของรัฐบาลโดยใช้ข้อกำหนดทางเศรษฐกิจและกฎหมายเป็นตัวขับเคลื่อนการใช้คอนกรีตสำเร็จรูป (Gong, Yang, Hu, & Xu, 2015)

2.2.1 ความหมาย

ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป (Precast Concrete) หมายถึง ชิ้นส่วนสำเร็จรูปของอาคารที่หล่อจากคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งถูกผลิตเป็นรูปร่างเสร็จเรียบร้อยแล้วจากแหล่งผลิต ณ ที่แห่งหนึ่ง เช่น แผ่นพื้น แผ่นผนัง เสา คานและบันได เป็นต้น แล้วส่งไปประกอบเข้าเป็นอาคาร ณ หน้างานอีกแห่ง

หนึ่งและใช้เครื่องจักรในการยกติดตั้งโดยวิธีการก่อสร้างเป็นส่วนหนึ่งของระบบการก่อสร้างทั้งการก่อสร้างสำเร็จรูปและกึ่งสำเร็จรูปที่เลือกใช้วัสดุดังกล่าว (ณัฐวุฒิ ถนอมพวงเสรี, 2549)

ไตรรัตน์ จารุทัศน์ (2555) นิยามชิ้นส่วนสำเร็จรูปว่า เป็นผลผลิตของส่วนประกอบอาคารที่ผลิตขึ้นสำหรับการก่อสร้างอาคาร ซึ่งชิ้นส่วนสำเร็จรูปเหล่านี้จะอาศัยมาตรฐานเดียวกันเพื่อใช้ในการออกแบบ การผลิตที่โรงงาน และการประกอบติดตั้งที่หน่วยงาน โดยวัสดุพื้นฐานหลักในการพัฒนาระบบสำเร็จรูป คือ เหล็ก คอนกรีต และ ไม้ นอกจากนั้นแล้วยังมีวัสดุอื่นเป็นวัสดุประกอบรอง เช่น พลาสติก ไฟเบอร์กลาส กระจก เป็นต้น

2.2.2 กระบวนการก่อสร้างด้วยชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

การก่อสร้างด้วยชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป ได้แนวคิดมาจากการผลิตตามแบบอุตสาหกรรม ตัวอย่างเช่น การผลิตรถยนต์ เป็นการผลิตแยกชิ้นส่วนต่าง ๆ ขึ้นมาก่อน แล้วจากนั้นจึงนำชิ้นส่วนต่าง ๆ มาประกอบกันภายหลัง โดยนำเอาเครื่องจักรและเครื่องทุ่นแรงต่าง ๆ มาช่วยในขั้นตอนการผลิต ซึ่งทำให้การผลิตดำเนินไปได้อย่างรวดเร็วและมีผลผลิตปริมาณมาก การนำชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปมาใช้ในโครงการก่อสร้างมีเป้าหมายหลักในการควบคุมองค์ประกอบในงานก่อสร้าง 3 ประการ ดังต่อไปนี้ (Shahzad, Mbachu, & Domingo, 2014)

1. ความรวดเร็ว
2. ราคาถูก
3. คุณภาพดี

ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปที่ผลิตจากโรงงานอุตสาหกรรมในบริเวณพื้นที่การก่อสร้างหรือห่างไกลจากพื้นที่การก่อสร้าง ที่ถูกนำมาใช้ในการก่อสร้างอาคารนั้น เพื่อต้องการเพิ่มความรวดเร็วในการก่อสร้างเมื่อเทียบกับการก่อสร้างแบบดั้งเดิมที่ใช้การก่ออิฐฉาบปูน นอกจากนั้น ยังสามารถควบคุมคุณภาพและค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างได้ดี

ทั้งนี้ ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป (Precast Concrete) ผลิตจากโครงสร้างที่เป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปนั้น สามารถเป็นได้หลายรูปแบบ เช่น พื้น ผนัง คาน หรือส่วนตกแต่ง เป็นต้น โดยข้อจำกัดในการก่อสร้างด้วยชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป มีดังต่อไปนี้ (ชนิกา รักษากุล, 2560)

- การทำงานต้องอาศัยการวางแผนที่เป็นระบบ
- การลงทุนเริ่มต้นมีราคาสูง เนื่องจากต้องอาศัยเครื่องจักร และเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาเกี่ยวข้อง รวมถึงต้องมีการจัดการด้านสถานที่ในเหมาะสมกับการจัดเก็บอีกด้วย
- การผลิตต้องผลิตในปริมาณมาก
- การขนส่งต้องมีความระมัดระวัง
- การติดตั้งต้องอาศัยช่างที่มีความสามารถและความเชี่ยวชาญในด้านนี้โดยเฉพาะ

ชนิกา รักษากุล (2560) ได้สรุปขั้นตอนในการก่อสร้างด้วยชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป ประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่

การออกแบบ

ขั้นตอนในการออกแบบ เป็นขั้นตอนแรกของกระบวนการในการก่อสร้างทุกชนิด ซึ่งต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ให้มีความเป็นไปได้ที่เหมาะสมกับการก่อสร้าง การก่อสร้างด้วยชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปมีขั้นตอนกระบวนการที่แตกต่างจากการก่อสร้างแบบดั้งเดิม ที่ใช้การก่ออิฐฉาบปูน เนื่องจากเงื่อนไขดังกล่าวทำให้ขั้นตอนการออกแบบอาคารด้วยชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป ต้องพิจารณาองค์ประกอบดังต่อไปนี้

1. น้ำหนักบรรทุก คือน้ำหนักที่ต้องคำนึงถึงโดยรวมทั้งน้ำหนักบรรทุกคงที่และน้ำหนักบรรทุกจร เนื่องจากชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปต้องรับน้ำหนักของโครงสร้าง การพิจารณาจึงจำเป็นต้องดำเนินไปตามเงื่อนไขและกฎเกณฑ์
2. ระยะเวลาในการก่อสร้าง เป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงเป็นลำดับต้น ๆ เนื่องจากสามารถส่งผลต่อต้นทุนของการก่อสร้าง
3. เสถียรภาพของโครงสร้าง เพื่อสร้างความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้าง ทั้งในระยะสั้น และระยะยาว ดังนี้

- ช่วงระหว่างก่อสร้าง เพื่อสร้างเสถียรภาพให้เพียงพอ ต้องใช้การค้ำยันขณะก่อสร้างอยู่ไว้ชั่วคราว
- ระยะยาว ตลอดอายุของอาคาร โครงสร้างต้องมีความคงทนแข็งแรงต่อสภาพอากาศและแรงต่าง ๆ เพื่อป้องกันการพังทลาย
- การดัดแปลงอาคาร ต้องคำนึงถึงขีดความสามารถในการดัดแปลง เพื่อป้องกันการพังทลายที่จะเกิดขึ้นภายหลัง
- การพังทลาย ต้องอาศัยการออกแบบเพื่อป้องกันให้โครงสร้างเกิดการพังทลายน้อยที่สุด เพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุหรืออันตรายต่อผู้คนน้อยที่สุด

การผลิต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป มีการดำเนินการไปตามลำดับขั้นตอน โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. การเตรียมแบบหล่อ ต้องมีการทำความสะอาดและทาน้ำมันแบบหล่อ กำหนดจุดต่อ จุดยกต่าง ๆ เพื่อเตรียมการหล่อชิ้นส่วน
2. การเทคอนกรีต ต้องตรวจสอบให้แน่ใจว่าตำแหน่งต่าง ๆ มีความถูกต้องเพื่อเทคอนกรีตและตกแต่งผิวให้เรียบร้อย จากนั้นทำการบ่มคอนกรีตให้ได้กำลังตามที่กำหนดไว้
3. การถอดแบบ ถอดแบบคอนกรีตหลังเทโดยประมาณ 6-18 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับข้อกำหนดของแต่ละชิ้นส่วน เพื่อเตรียมสู่การขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง

การผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป ต้องพิจารณาให้มีความเรียบง่ายและรูปแบบที่เหมือนกันในปริมาณมาก เพื่อลดต้นทุนของแบบหล่อและผลิตได้สะดวกมากขึ้น

การขนส่ง

การขนส่งชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป ต้องพิจารณาลำดับของชิ้นส่วนที่มีการจัดส่ง เนื่องจากการก่อสร้างชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปต้องนำชิ้นส่วนต่าง ๆ มาประกอบกัน การจัดลำดับก่อนหลังจึง

มีความจำเป็น เพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับความต้องการ นอกจากนั้นการผลิตต้องคำนึงถึงการขนส่งผ่านเส้นทางสาธารณะ ที่มีขนาดถนนกว้างช่องละ 2.5 เมตร หากชิ้นส่วนมีขนาดกว้างกว่าการขนส่งต้องอาศัยการตั้งหรือเอียงชิ้นส่วนขณะขนส่ง

การติดตั้ง

ขั้นตอนในการติดตั้ง ถือเป็นขั้นตอนที่มีสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากจำเป็นต้องใช้แรงงานที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะด้าน เพื่อทำให้ชิ้นส่วนต่าง ๆ สามารถประกอบกันได้เป็นอาคาร โดยต้องอาศัยเครื่องจักร เช่น รถโมบายเครน หรือทาวเวอร์เครน เป็นตัวช่วยในการจัดวาง ซึ่งการเลือกใช้เครื่องจักรนั้นต้องพิจารณาตามขนาดและน้ำหนักของชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป เพื่อทำการยกชิ้นส่วนไปยังบริเวณที่มีการก่อสร้าง

หลังจากตรวจสอบการติดตั้งชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปให้วางตามเลย์เอาท์เป็นที่เรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปที่ต้องดำเนินการต่อคือ การประสานรอยต่อระหว่างชิ้นส่วน ซึ่งต้องให้คำสำคัญอย่างมากต่อความมั่นคงแข็งแรงที่สามารถส่งผลต่อโครงสร้างอาคารด้วย โดยรอยต่อของชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

- รอยต่อแบบเปียก (Wet joint) เป็นการต่อรอยต่อด้วยการใช้ปูนทรายผสมเสร็จ หรือที่เรียกว่าการเกร๊าท์ ซึ่งการเชื่อมรอยต่อในลักษณะนี้สามารถรับแรงได้ทันทีและมีความแข็งแรง
- รอยต่อแบบแห้ง (Dry joint) เป็นการต่อรอยต่อด้วยการเชื่อมวัสดุที่รับแรงกระทำได้เข้าด้วยกัน เมื่อเชื่อมรอยต่อแล้วจะทำการปิดรอยต่อด้วยมอร์ตาร์หรืออีพอกซี่อย่างใดอย่างหนึ่ง

2.2.3 ข้อดีและข้อจำกัดของงานก่อสร้างที่ใช้ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

ณัฐวุฒิ ถนอมพวงเสรี (2549) ได้สรุปข้อดีและข้อจำกัดของงานก่อสร้างที่ใช้ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปในงานวิจัยที่ผ่านมา ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อดีของงานก่อสร้างที่ใช้ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

1. ลดระยะเวลาในการก่อสร้างและสามารถควบคุมเวลาการก่อสร้างได้แน่นอน
2. ลดต้นทุนการก่อสร้าง ในกรณีที่มีการก่อสร้างอาคารแบบเดียวกัน ซึ่งสามารถลดค่าใช้จ่ายทางอ้อม ลดการสูญเสียวัสดุ รวมถึงการใช้แรงงานที่น้อยกว่า (มามี โตบารมีกุล , 2540)
3. สามารถควบคุมคุณภาพงานให้เหมือนกันได้ทั้งโครงการ เหมาะกับการใช้งานในโครงการที่มีลักษณะเหมือนกันในจำนวณมาก เช่น โครงการบ้านจัดสรร อาคารชุดพักอาศัย เป็นต้น
4. สะดวกแก่การทำงานในที่สูง เนื่องจากเป็นชิ้นส่วนสำเร็จการทำงานสามารถดำเนินการได้ง่ายและมีคุณภาพดี Watson (1986)
5. ลดการใช้แรงงาน เนื่องจากในการติดตั้งแต่ละชิ้นส่วนใช้แรงงานไม่มากเมื่อเทียบกับการก่อผนังแบบดั้งเดิม

6. ลดการสูญเสียของวัสดุ เนื่องจากชิ้นส่วนถูกผลิตจากโรงงานหรือในสถานที่ผลิตเรียบร้อยแล้ว
7. การลดปัญหาด้านสภาพอากาศและสภาพแวดล้อมในการก่อสร้าง เช่น ปัญหาฝุ่นและเศษวัสดุขณะก่อสร้าง ปัญหาฝนตกขณะก่อสร้าง เป็นต้น

ข้อจำกัดของการก่อสร้างที่ใช้ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

1. ต้นทุนสูงในตอนเริ่มต้น เนื่องจากต้องมีการจัดเตรียมสถานที่ในการผลิต เครื่องมือเครื่องจักร รวมถึงสถานที่ในการก่อสร้าง
2. ในขั้นตอนการผลิตต้องมีการควบคุมงานที่เข้มงวด เนื่องจากหากสร้างชิ้นส่วนสำเร็จเสร็จแล้วจะดำเนินการแก้ไขจะทำได้ยาก
3. หากสถานที่ผลิตและสถานที่ก่อสร้างไม่ได้อยู่ใกล้กัน จำเป็นต้องดำเนินการขนส่ง กรณีนี้ต้องคำนึงถึงน้ำหนักบรรทุก และเส้นทางผ่านชุมชนที่อาจจจะกระทบต่อชิ้นงานและสร้างความเสียหายแก่พื้นที่ที่อยู่รอบบริเวณที่ขนส่ง ซึ่งจะส่งผลต่อต้นทุนของโครงการได้
4. การจ้างแรงงานที่ต้องมีความเชี่ยวชาญและชำนาญในการติดตั้ง เนื่องจากการติดตั้งจำเป็นต้องอาศัยความเข้าใจในวิธีการดำเนินการที่ถูกต้อง เพื่อให้การติดตั้งมีความเรียบร้อยที่สามารถยอมรับได้
5. การติดตั้งในการประกอบชิ้นส่วนสำเร็จรูปอาจเกิดรอยต่อที่ไม่สวยงามได้เช่น รอยต่อแบบแห้งที่ใช้สลักเลียว เป็นต้น
6. ปัญหาการรั่วซึมของน้ำระหว่างรอยต่อหลังการก่อสร้าง อันเนื่องจากสาเหตุ เช่น คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในรอยต่อที่ไม่ดี และการทำงานที่ไม่ได้คุณภาพ เป็นต้น
7. การดัดแปลงอาคารที่ทำได้ยาก ในกรณีที่ใช้เป็นโครงสร้างระบบแผ่นรับน้ำหนัก (Load Bearing Structure of Panel System) ซึ่งผนังดังกล่าวเป็นส่วนหนึ่งที่รับแรงของงานโครงสร้างจึงทำให้การที่ทุบเพื่อต่อเติมอาจทำไม่ได้

กล่าวโดยสรุปได้ว่า ระบบการก่อสร้างโดยใช้ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปมาช่วยในงานก่อสร้างนั้นมีประโยชน์อย่างมากในโครงการที่มีปริมาณการผลิตจำนวนมากหรือมีลักษณะซ้ำ ๆ กัน เช่น โครงการบ้านจัดสรร คอนโดมิเนียม เป็นต้น ด้วยข้อดีในเรื่องของการลดเวลาและต้นทุน อย่างไรก็ตามการใช้ระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปยังมีการควบคุมคุณภาพของงานในโครงการเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ระบบหล่อในที่ ส่วนข้อจำกัด เช่น เรื่องการลงทุนเริ่มแรกในการผลิต แรงงานต้องมีความชำนาญ และการดัดแปลงอาคารหลังการก่อสร้างทำได้ยาก เป็นต้น โดยแต่ละขั้นตอนในการทำงานตั้งแต่การผลิต การขนส่ง และการติดตั้งจำเป็นต้องใช้บุคลากรที่มีความชำนาญและกระบวนการจัดการที่ดีเพื่อให้ได้ปริมาณและคุณภาพตามที่โครงการต้องการ

Jain, Kumar, and Patterson (2016) ศึกษาการนำเทคโนโลยีแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูปมาประยุกต์ใช้ในโครงการก่อสร้างอพาร์ทเม้นท์สูง 18 ชั้น ในประเทศอินเดีย เนื่องจากเป็นโครงการก่อสร้างขนาดใหญ่ ที่ต้องการการบริหารจัดการที่ดี ทั้งในด้านคุณภาพ ระยะเวลาและปัญหาด้านแรงงาน ผู้วิจัยจึงได้เสนอการใช้งานแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูปในโครงการดังกล่าว เพื่อเป็นการแสดงให้

เห็นถึงศักยภาพในการใช้งานแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูปทั้งในด้านคุณภาพ ต้นทุน ระยะเวลา รวมถึงการลดใช้แรงงาน นอกจากนั้นการเลือกใช้แผ่นคอนกรีตสำเร็จรูปยังเป็นตัวช่วยในการลดมลภาวะต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้นขณะทำการก่อสร้างได้ โดยสรุปไว้ว่าการก่อสร้างด้วยชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป หากมีการออกแบบและดำเนินการวางแผนอย่างรอบครอบ จะทำให้การตอบสนองในการใช้งานคอนกรีตสำเร็จรูปในตลาดอุตสาหกรรมเพิ่มไปในทิศทางที่ดีขึ้น

2.2.4 แผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา

แผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาถูกนำมาใช้ในการก่อสร้างเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากแผ่นผนังถูกนำมาสร้างเพื่อใช้ในการแบ่งพื้นที่ภายในอาคาร ซึ่งมีความรวดเร็วกว่าการก่อฉาบผนังอิฐแบบทั่วไป พื้นผิวของผนังมีความสวยงามตามลักษณะของการออกแบบทางด้านสถาปัตยกรรม โดยแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาถูกออกแบบมาให้รับน้ำหนักและแรงกระทำที่มากระทำเฉพาะแผ่นของตัวเองเท่านั้น ไม่มีคุณสมบัติในการรับน้ำหนักจากโครงสร้างอาคารหรือรองรับแรงที่กระทำต่อโครงสร้างรอบข้าง การติดตั้งแผ่นผนังชนิดนี้จะทำการติดตั้งบนโครงอาคาร โดยใช้ไม้เป็นตัวรองรับหรือใช้ล้อรางเป็นตัวเลื่อนแผ่น เพื่อทำการปรับทิศทางและองศาในการติดตั้ง (Pitroda et al., 2016) กล่าวถึงการใช้แผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาในการจัดสรรพื้นที่ เพื่อใช้ประโยชน์ ได้ดังต่อไปนี้

1. กั้นพื้นที่แยกออกมาจากพื้นที่ทำงานขนาดใหญ่
2. กั้นพื้นที่ห้องให้แยกออกจากกันเพื่อความเงียบสงบและความเป็นส่วนตัว
3. กั้นพื้นที่เพื่อแบ่งห้องในอพาร์ทเม้นท์

การใช้งานแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา ขึ้นอยู่กับความต้องการของเจ้าของโครงการและผู้ออกแบบโครงการก่อสร้างนั้น โดยคำนึงถึงความเหมาะสมทั้งในด้านการออกแบบ งบประมาณ ระยะเวลา รวมถึงความสวยงามหลังการติดตั้ง

การติดตั้งแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาไม่จำเป็นต้องติดตั้งเสาเอ็นสำเร็จรูป ส่งผลให้การติดตั้งผนังสามารถเริ่มได้ทันทีหลังจากการส่งมอบชั้นให้แก่ชุดก่อสร้างผนัง การติดตั้งแผ่นผนัง (ณัชพล ธนกัญญา, 2559) ได้สรุปขั้นตอนการก่อสร้างไว้ ดังนี้

1. เคลื่อนย้ายแผ่นจากบริเวณที่เก็บวัสดุมายังบริเวณที่ทำการก่อสร้าง
2. กำหนดแนวในการติดตั้ง โดยไม่ต้องขึงเอ็นเพื่อกำหนดระดับ
3. วัดขนาดของแผ่นผนังและตัดแผ่นผนังให้มีขนาดที่เหมาะสม
4. ติดแท่งโฟมและเหล็กฉากในช่องกลวงด้านบนของแผ่นผนัง เพื่อป้องกันสิ่งของตกในช่องกลวงและเพื่อเสริมความแข็งแรงให้แก่ผนัง
5. ฉาบปูนกาวบริเวณรอยต่อของแผ่นที่ติดตั้งแล้วเพื่อใช้ยึดแผ่นใหม่ที่กำลังจะติดตั้ง
6. ยกแผ่นผนังขึ้นติดตั้งตามแนวที่ได้กำหนดไว้
7. ตอกลิ่มเพื่อยึดไม่ให้แผ่นผนังล้ม

หลังการติดตั้งแผ่นผนังหนึ่งวันจะเก็บรายละเอียดงาน โดยประกอบไปด้วย 4 กิจกรรมหลักที่ปฏิบัติไปพร้อมกัน ดังนี้

1. การติดตาข่ายไฟเบอร์ระหว่างรอยต่อของแผ่นผนังเพื่อป้องกันการแตกร้าว
2. การเจาะผนังและใส่เหล็ก shear key ระหว่างรอยต่อของผนังเพื่อป้องกันการแตกร้าว
3. การอุดช่องว่างระหว่างผนังและพื้นด้านล่างด้วยปูนมอร์ตาร์เพื่อปิดช่องว่างที่เกิดจากการยึดแผ่นผนังด้วยลิ่มระหว่างการติดตั้ง
4. การอุดช่องว่างระหว่างผนังและพื้นด้านบนด้วยพียูโฟม (PU foam) เพื่อปิดช่องว่างที่เกิดจากการยึดแผ่นผนังด้วยลิ่มระหว่างการติดตั้ง

2.2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูป

การบริหารจัดการแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูปเป็นกระบวนการที่ประกอบไปด้วยหลายขั้นตอนและเกี่ยวข้องกับบุคคลหลายฝ่าย การพัฒนาระบบการบริหารจัดการมีวัตถุประสงค์เพื่อลดระยะเวลาความคลาดเคลื่อนในการวางแผนจัดเรียงแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูป รวมถึงลดความคลาดเคลื่อนในการติดต่อสื่อสารและการจัดการข้อมูล งานวิจัยที่ผ่านมาพัฒนากระบวนการบริหารจัดการแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูปเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น ดังนี้

1. ด้านการจัดเรียงแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูป

การจัดเรียงแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูปเป็นสิ่งสำคัญอย่างหนึ่งในขั้นตอนการวางแผนเพื่อดำเนินงานก่อสร้างไปตามแผนงานของโครงการ โดยการจัดเรียงแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูปในแต่ละโครงการมีลำดับและขั้นตอนที่แตกต่างกันไปตามลักษณะของโครงการ ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้ชนิดของแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูป ปัจจุบันมีงานวิจัยพัฒนาด้านการจัดเรียงแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูปเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการ เช่น

งานวิจัยของ Wang et al. (2018) ศึกษาการจัดเรียงแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปให้เป็นไปตามลำดับการติดตั้งที่เหมาะสม เพื่อรับน้ำหนักแผ่นผนังที่จะติดตั้งต่อไป เนื่องจากโครงสร้างที่ซับซ้อนและอัตราการใช้งานที่เพิ่มขึ้น รวมถึงข้อจำกัดในการขนส่งแต่ละรอบ ผู้วิจัยเสนอแนวคิดในการแก้ปัญหาดังกล่าว โดยใช้การแก้ปัญหาแบบ ASPO (Assembly Sequence Planning and Optimization) ซึ่งขั้นตอนในการดำเนินการจะใช้การจำลองข้อมูลอาคาร (BIM) ร่วมกับ อัลกอริทึมทางพันธุกรรมที่ปรับปรุงแล้ว Improved Genetic Algorithm (IGA) งานวิจัยดังกล่าวใช้ BIM ในการจำลองพารามิเตอร์เพื่อรับค่าข้อมูลแล้วส่งให้ระบบ IGA ค้นหาลำดับที่เหมาะสม ซึ่งการใช้วิธีดังกล่าวผู้วิจัยสามารถค้นหาลำดับการประกอบที่เหมาะสมที่สุดเพื่อลดความยากลำบากในการประกอบของอาคารคอนกรีตสำเร็จรูปได้

งานวิจัยของ Lida et al. (2018) ศึกษาการออกแบบขนาดและรูปร่างแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูป เพื่อการจัดเรียงให้มีความเหมาะสมกับโครงสร้างและสามารถประกอบกันได้ ผู้วิจัยกล่าวถึงขั้นตอนและประเด็นสำคัญของการออกแบบรายละเอียดต่าง ๆ โดยใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารเพื่อสร้างชิ้นส่วนสำเร็จรูป ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวสามารถแก้ไขข้อผิดพลาดในการออกแบบและจัดการข้อมูลได้ล่วงหน้า ทำให้การก่อสร้างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งการร่วมมือกันระหว่างสถาปนิกและวิศวกร และการสร้างองค์ประกอบอาคารให้มีความละเอียด ยังคงต้องศึกษาเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการออกแบบ

CHULALONGKORN UNIVERSITY

การศึกษางานวิจัยในอดีตมีงานวิจัยพัฒนาระบบเพื่อแก้ไขข้อจำกัดที่เกี่ยวข้องกับการจัดเรียงแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูป โดยงานวิจัยของ Wang et al. (2018) ศึกษาการจัดเรียงแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปให้เป็นไปตามลำดับการติดตั้งที่เหมาะสม โดยใช้การจำลองข้อมูลอาคาร (BIM) ร่วมกับอัลกอริทึมทางพันธุกรรมที่ปรับปรุงแล้ว Improved Genetic Algorithm (IGA) ส่วนงานวิจัยของ Lida et al. (2018) ศึกษาการออกแบบขนาดและรูปร่างแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูป เพื่อการจัดเรียงให้มีความเหมาะสมกับโครงสร้างและสามารถประกอบกันได้ โดยใช้การจำลองข้อมูลอาคาร (BIM) เหมือนกับงานวิจัยของ Wang et al. (2018) โดยแตกต่างกันที่งานวิจัยของ (Lida et al., 2018) ใช้การจำลองข้อมูลอาคารออกแบบรายละเอียดเพื่อจัดเรียงชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป แต่งานวิจัยของ Wang et al. (2018) จำลองการจัดเรียงชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปที่ถูกออกแบบไว้แล้ว การพัฒนาการบริหารจัดการแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูปในด้านการจัดเรียง เพื่อลดระยะเวลาและข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้น โดยผู้วิจัยพัฒนาและเลือกใช้เครื่องมือตามเหตุผลที่เหมาะสมกับงานวิจัย ซึ่งการพัฒนาจำเป็นต้องอาศัยความร่วมมือกันของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในโครงการ เพื่อให้การวางแผนในการก่อสร้างเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

2. ด้านการติดตามสถานะแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูป

การติดตามสถานะแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูปเป็นขั้นตอนสำคัญในการก่อสร้าง เนื่องจากขั้นตอนนี้ถือเป็นการตรวจสอบและรายงานความก้าวหน้าของโครงการที่ใช้แผ่นคอนกรีตสำเร็จรูปในการก่อสร้าง การพัฒนาระบบเพื่อติดตามสถานะของแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูป ช่วยให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับโครงการก่อสร้างรับทราบสถานะของการติดตั้งแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูปได้ถูกต้องชัดเจน โดยมีงานวิจัยศึกษาการติดตามสถานะแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูป เช่น

งานวิจัยของ Arslan and Tuncan (2003) พัฒนาการติดตามสถานะและตรวจสอบคุณภาพแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูปโดยใช้ระบบเว็บเบส ระบบจะทำการเก็บข้อมูลที่ผู้ใช้งานกรอกเข้าสู่ระบบ จากนั้นทำการรายงานผลไปยังผู้มีส่วนเกี่ยวข้องอื่นผ่านการส่งอีเมล์ ซึ่งข้อดีของการใช้ระบบเว็บเบสสามารถลดข้อผิดพลาดและเพิ่มความรวดเร็วในงานก่อสร้างและขั้นตอนการผลิต ลดการใช้กระดาษที่เกิดจากการใช้งาน รวมถึงสื่อสารได้อย่างถูกต้องระหว่างผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง โดยผู้วิจัยยังกล่าวว่า การนำระบบเว็บเบสมาใช้ในการตรวจสอบคุณภาพ หากต้องการให้มีประสิทธิภาพที่ดีต้องมีการลงทุนด้านพื้นฐานอินเทอร์เน็ต รวมถึงการชำระค่าใช้จ่ายรายเดือนด้วย

งานวิจัยของ Liu et al. (2020) พัฒนาระบบติดตามสถานะแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูปในโครงการก่อสร้าง เพื่อตรวจสอบความก้าวหน้าและลดความล่าช้าในการก่อสร้าง โดยมีองค์ประกอบในการจัดเก็บแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูปในไซต์งาน การติดตั้ง รวมถึงการขนส่งแผ่นในไซต์งาน โดยผู้วิจัยเสนอวิธีการติดตามสถานะจากแบบจำลองข้อมูลอาคารร่วมกับการใช้เทคโนโลยีในการติดตามแผ่น RFID เป็นการใช้เทคโนโลยีเพื่อช่วยในการติดตามและตรวจสอบสถานะของแผ่นคอนกรีตในโครงการก่อสร้าง โดยผู้วิจัยนำระบบการติดตามไปทดลองใช้กับโครงการก่อสร้าง ซึ่งสามารถควบคุมระยะเวลาในการขนส่งแผ่นในไซต์งานได้อย่างมีประสิทธิภาพถึงร้อยละ 37

การศึกษางานวิจัยในอดีตมีงานวิจัยพัฒนาระบบเพื่อแก้ไขข้อจำกัดที่เกี่ยวข้องกับการติดตามสถานะแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูป โดยงานวิจัยของ Arslan and Tuncan (2003) พัฒนาการติดตาม

สถานะและตรวจสอบคุณภาพแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูปโดยใช้ระบบเว็บเบส และการพัฒนาระบบของ Liu et al. (2020) ได้พัฒนาระบบติดตามสถานะแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูปในโครงการก่อสร้าง โดยใช้แบบจำลองข้อมูลอาคารร่วมกับเทคโนโลยีในการติดตามแผ่น RFID โดยงานวิจัยมีวัตถุประสงค์คล้ายกับงานวิจัยของ Arslan and Tuncan (2003) ที่ต้องการเพิ่มความรวดเร็วในงานก่อสร้าง และการสื่อสารที่ถูกต้องระหว่างกันของผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง

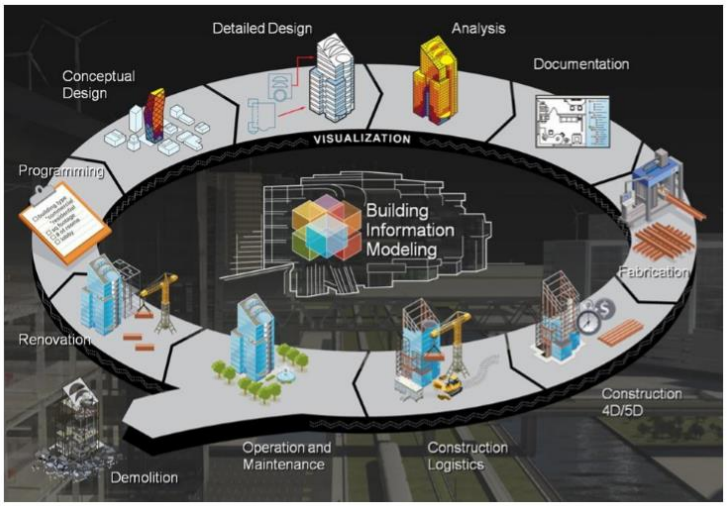
การพัฒนาระบบเพื่อบริหารจัดการแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูป ช่วยให้การจัดการดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากการจัดเก็บข้อมูลและรายละเอียดของโครงการก่อสร้างดำเนินไปอย่างเป็นระบบ รวมถึงผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับโครงการสามารถรับรู้ข้อมูลและรายละเอียดต่าง ๆ ของโครงการได้ถูกต้องครบถ้วนช่วยประหยัดเวลาและเพิ่มความแม่นยำในการดำเนินการ

2.3 แบบจำลองสารสนเทศอาคาร

แบบจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling, BIM) เป็นกระบวนการออกแบบและก่อสร้างโดยจำลองสร้างแบบอาคารเสมือนจริง (Building Model) รวมถึงใส่ข้อมูลหรือสารสนเทศ (Information) ในองค์ประกอบอาคารเสมือนจริง เพื่อเป็นข้อมูลของโครงการก่อสร้างนั้น ๆ และสามารถนำมาใช้ในการจัดการโครงการก่อสร้างต่อไป แนวคิดของ BIM ถูกพัฒนาและนำเสนอเป็นครั้งแรกโดย Charles M. Eastman ตีพิมพ์ในวารสารเอไอเอ (AIA Journal) เมื่อปี ค.ศ. 1975 โดยใช้ชื่อว่า “Building Description System” จนกระทั่งปี ค.ศ.1986 จึงเปลี่ยนมาใช้คำว่า “Building Information Modeling” ที่นำเสนอโดย Robert Aish ในปัจจุบันแบบจำลองสารสนเทศอาคาร ถูกนำมาใช้ในงานก่อสร้างและออกแบบอาคารมากขึ้น เนื่องจากการจำลององค์ประกอบอาคารเสมือนจริงสามารถรวบรวมข้อมูลได้ทั้งแบบสองมิติและสามมิติเข้าด้วยกัน (สมาคมสถาปนิกสยาม ในพระบรมราชูปถัมภ์ โดยสถาบันสถาปนิกสยาม, 2558)

Deke Smith (2007) นิยามแบบจำลองสารสนเทศอาคารไว้ว่า "พื้นฐานของการสร้างแบบจำลองคือการร่วมมือกันของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง (Stakeholder) เช่น เจ้าของโครงการ สถาปนิก ผู้ออกแบบ วิศวกรโครงสร้าง วิศวกรระบบ ผู้รับเหมา ผู้บริหารอาคาร เป็นต้น ในทุกช่วงเวลาก่อสร้าง (Phase) เพื่อเพิ่มเติม คัดลอก ปรับปรุง เปลี่ยนแปลงข้อมูลในกระบวนการก่อสร้างรวมถึงสนับสนุนการใช้งานสารสนเทศของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องให้มีประสิทธิภาพ นอกจากนั้นยังเป็นฐานข้อมูลที่สร้างขึ้นจากแฟ้มข้อมูลที่สัมพันธ์กัน"

ช่วงเริ่มแรกของการดำเนินการแบบจำลองสารสนเทศอาคารมุ่งเน้นด้านเรขาคณิตเป็นหลัก ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของการตีแผ่การรวมคุณสมบัติในการประยุกต์ เช่น แบบจำลองการใช้พลังงานในอาคาร การถอดปริมาณงาน การวางแผนการก่อสร้าง รวมทั้งการวิเคราะห์ในเชิงวิศวกรรม เมื่อมีสารสนเทศจำนวนมากถูกบรรจุไว้ในแบบจำลองสารสนเทศอาคารจึงเปรียบเสมือนฐานข้อมูลของโครงการก่อสร้างซึ่งสามารถรวบรวมเป็นชุดข้อมูล แบบจำลองสารสนเทศอาคารเป็นการแสดงข้อมูลหลากหลายมุมมองและหลากหลายมิติ (See, 2007)



ภาพที่ 2.1 การทำงานของแบบจำลองสารสนเทศอาคาร

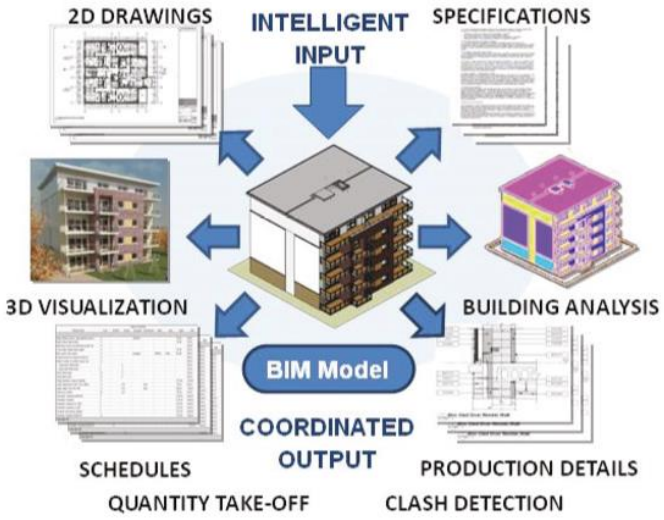
(Dispenza, 2010)

การใช้เทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคาร มีแนวโน้มเป็นที่นิยมมากขึ้นตั้งแต่ต้นปี 2014 จนถึงกลางปี 2015 โดยมีผู้ให้ความสนใจและผู้ใช้งานเพิ่มมากขึ้น เช่น ประเทศไทยมีผู้ใช้งานสนใจกับเทคโนโลยีดังกล่าวมากขึ้น โดยจะเห็นว่าสมาคมสถาปนิกสยามฯ ได้ออกคู่มือปฏิบัติวิชาชีพ เรื่อง แนวทางการใช้งานแบบจำลองสารสนเทศอาคาร สำหรับประเทศไทย (Thailand BIM Guideline) ฉบับปี พ.ศ. 2558 เพื่อเป็นคู่มือสำหรับศึกษาและพัฒนารูปแบบวิธีการทำงานเทคโนโลยีแบบจำลองข้อมูลสารสนเทศอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถนำไปประยุกต์ต่อยอดการกับสาขาวิชาชีพที่เกี่ยวข้องได้ (สมาคมสถาปนิกสยาม ในพระบรมราชูปถัมภ์ โดยสถาบันสถาปนิกสยาม, 2558)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.3.1 หลักการทำงานและกระบวนการของแบบจำลองสารสนเทศอาคาร

การทำงานของแบบจำลองสารสนเทศอาคาร เป็นกระบวนการในการทำงานที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้สารสนเทศในขั้นตอนการทำงานผ่านข้อมูลและแบบจำลองอาคารเสมือนจริงด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยแบบจำลองประกอบด้วยองค์ประกอบต่าง ๆ ของอาคาร เช่น เสา ผนัง พื้น และองค์ประกอบอื่น ๆ ซึ่งจะประกอบไปด้วยข้อมูลกราฟิก (Graphics) ทั้งสองและสามมิติ เช่น ขนาด ระยะ สี เป็นต้น และข้อมูลที่ไม่ใช่กราฟิก (Non-Graphics) เช่น ข้อมูลผู้ผลิต ราคา เป็นต้น ซึ่งแบบจำลองสารสนเทศอาคารจะรวมข้อมูลทั้งหมดไว้ที่ระบบฐานข้อมูลกลางของระบบ โดยสามารถแสดงผลในมุมมองลักษณะต่าง ๆ ที่เหมาะสมตามการใช้งาน ดังนั้นเมื่อผู้ใช้งานต้องการเปลี่ยนแปลงแก้ไขส่วนใดในแบบจำลองสารสนเทศอาคาร ผลจะถูกส่งไปที่ฐานข้อมูลกลางเพื่อเปลี่ยนแปลงและแสดงผลการเปลี่ยนแปลงนั้นออกมา



ภาพที่ 2.2 แนวคิดแบบจำลองสารสนเทศอาคาร

สมาคมสถาปนิกสยาม ในพระบรมราชูปถัมภ์ โดยสถาบันสถาปนิกสยาม (2558)

2.3.2 โปรแกรมที่ถูกใช้งานในแบบจำลองสารสนเทศอาคาร

ปัจจุบันเทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคารมีบทบาทมากขึ้นในงานก่อสร้าง ทั้งบุคคลและหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้าง ไม่ว่าจะเป็น สถาปนิก วิศวกร ผู้รับเหมา บริษัทเอกชน รวมถึงหน่วยงานของรัฐ เพื่อใช้ในการประสานงานต่าง ๆ ผ่านซอฟต์แวร์ที่ทำการตกลงกันไว้ ซึ่งมีอยู่หลายผู้ผลิตที่ทำการสร้างซอฟต์แวร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับ BIM เช่น

1. Autodesk Revit โดยบริษัท Autodesk
2. ArchiCAD โดยบริษัท Graphisoft
3. Vectorworks และ Allplan Architecture โดยบริษัท Nemetschek
4. AECOsim Building Designer โดยบริษัท Bentley System, Inc.

ซอฟต์แวร์แต่ละตัวมีลักษณะที่แตกต่างกันออกไป การจัดเก็บไฟล์ข้อมูลที่แตกต่างกัน ทำให้ไม่สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลกันได้ ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้เกิดแนวคิดในการกำหนดมาตรฐานกลางเพื่อใช้ในการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างซอฟต์แวร์ BIM โดยหน่วยงาน buildingSMART ซึ่งพัฒนาฐานข้อมูลกลาง IFC (Industry Foundation Alliance for Interoperability) ขึ้นมา เพื่อเป็นการเชื่อมโยงข้อมูลจากต่างซอฟต์แวร์เข้าหากัน โดยในปัจจุบันยังมีข้อจำกัดของซอฟต์แวร์บางตัวที่ยังไม่พัฒนาการส่งออกไฟล์ IFC ดังกล่าว

2.3.3 การประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคาร

โครงการก่อสร้างในปัจจุบันมีกระบวนการที่ซับซ้อนและมีเอกลักษณ์เฉพาะตัว ทั้งในด้านรูปแบบขององค์กร รูปแบบของสัญญา วิธีการก่อสร้าง ข้อจำกัดของพื้นที่ในการก่อสร้าง ชนิดของโครงการก่อสร้าง เครื่องมือและเครื่องจักรที่ใช้งาน การใช้เครื่องมือที่ช่วยสร้างระบบการจัดการ

สารสนเทศจึงเป็นสิ่งสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพทางด้านต้นทุน เวลา และคุณภาพ ซึ่งงานวิจัยที่ผ่านมาเล็งเห็นความสำคัญของการจัดการสารสนเทศในโครงการก่อสร้างในหลายด้าน

1. ด้านการติดตามและตรวจสอบงานก่อสร้าง

การติดตามและตรวจสอบงานก่อสร้างเป็นขั้นตอนสำคัญในการก่อสร้าง เนื่องจากขั้นตอนนี้ถือเป็นการตรวจสอบและประเมินผลความก้าวหน้าและความเป็นไปของโครงการก่อสร้าง การใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารมาพัฒนาขั้นตอนดังกล่าวช่วยลดความผิดพลาดในการสื่อสาร รวมถึงสามารถประเมินแผนการก่อสร้างได้ล่วงหน้า ซึ่งมีงานวิจัยที่ได้พัฒนาการติดตามและตรวจสอบงานโดยใช้แบบจำลองอาคารสารสนเทศมาประยุกต์ใช้

งานวิจัยของ Lin et al. (2015) พัฒนาการประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) ในกระบวนการจัดการ เพื่อติดตามและตรวจสอบโครงการก่อสร้าง ผู้วิจัยพัฒนาระบบการจัดการที่เรียกว่า ConBIM-PM ซึ่งช่วยจัดการ As-built BIM โมเดล เนื่องจากการสร้างแบบ As-built จำเป็นต้องผ่านการตรวจสอบของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกฝ่าย ผู้วิจัยจึงพัฒนาแอปพลิเคชันขึ้นมาเป็นตัวช่วยในการสื่อสารระหว่างกันของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับโครงการ โดยขั้นตอนในการทำงานของระบบจะทำการบันทึกโมเดลหลังจากมีการตรวจสอบของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องแต่ละฝ่ายแล้ว จึงแสดงผลการตรวจสอบของแต่ละฝ่ายโดยแสดงเป็นสีต่าง ๆ ที่ชิ้นโมเดลนั้น ๆ เพื่อเป็นการรับรู้ว่าชิ้นส่วนของโครงสร้างนั้น ได้ถูกตรวจสอบแล้ว ช่วยลดการสื่อสารที่ผิดพลาดระหว่างกันได้

งานวิจัยของ Wu, Lu, and Hsiung (2015) ศึกษาการประยุกต์ใช้ BIM เพื่อตรวจสอบและจัดการโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าใต้ดิน ผู้วิจัยพัฒนาระบบในการติดตามและประเมินผลความเสี่ยงที่เกิดขึ้นต่อบริเวณโดยรอบพื้นที่ก่อสร้างขณะดำเนินการ กระบวนการทำงานของระบบประกอบไปด้วยข้อมูลสองประเภทได้แก่ ข้อมูลที่ไม่ใช่กราฟิก เช่น ข้อมูลโครงการ ข้อมูลชั้นดิน เป็นต้น และข้อมูลแบบจำลองสามมิติ เช่น โมเดลกำแพงกันดิน โมเดลโครงการก่อสร้าง เป็นต้น โดยระบบจะประมวลผลข้อมูลผ่านแบบจำลองสารสนเทศอาคาร ซึ่งจะแสดงผลการประเมินและตรวจสอบในสามรูปแบบ ได้แก่ รูปแบบข้อความและตัวเลข รูปแบบกราฟและรูปแบบสามมิติ ในการแก้ไขข้อมูลสามารถทำได้สองช่องทาง ได้แก่ การกรอกข้อความผ่านช่องที่กำหนดไว้ซึ่งเป็นการใส่ข้อมูลทีละจุด หรือ การป้อนข้อมูลผ่านไฟล์ไมโครซอฟต์เอกซ์เซล ผลลัพธ์จากการใช้งานระบบผู้วิจัยได้สรุปไว้ว่า BIM สามารถจัดการข้อมูลได้ในทุกขั้นตอนของการก่อสร้าง ทำให้การตรวจสอบและประเมินผลทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อเป็นทางเลือกในการตัดสินต่อสถานการณ์ที่จะเกิดขึ้น

การศึกษางานวิจัยที่ประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารเพื่อติดตามและตรวจสอบงานก่อสร้างในอดีต พบว่างานวิจัยของ Lin et al. (2015) พัฒนาการประยุกต์ใช้ BIM ในกระบวนการจัดการ เพื่อติดตามและตรวจสอบโครงการก่อสร้าง และงานวิจัยของ Wu et al. (2015) ศึกษาการประยุกต์ใช้ BIM เพื่อตรวจสอบและจัดการโครงการรถไฟฟ้าใต้ดิน ซึ่งงานวิจัยที่กล่าวมามีวัตถุประสงค์คล้ายกัน คือ การติดตามและตรวจสอบโครงการก่อสร้าง โดยต่างกันในมุมมองของข้อมูลที่ใช้กับการจัดการในโครงการ

2. ด้านการจัดการข้อมูลและปริมาณงาน

การจัดการข้อมูลและปริมาณงานในโครงการก่อสร้าง เป็นสิ่งสำคัญในการบริหารงานก่อสร้าง ซึ่งในแต่ละโครงการประกอบไปด้วยข้อมูลหลายส่วน เช่น รายละเอียดโครงการ ปริมาณของวัสดุก่อสร้าง พื้นที่ในการก่อสร้าง เป็นต้น การจัดการข้อมูลและปริมาณงานที่มีจำนวณมาก ต้องอาศัยการจัดการที่เป็นระบบ โดยมีงานวิจัยศึกษาการจัดการข้อมูลและปริมาณงานในโครงการก่อสร้างด้วยการนำแบบจำลองสารสนเทศอาคารมาใช้

งานวิจัยของ ณรงค์ศักดิ์ นิ่มนวล และ อิทธิพร ศิริสวัสดิ์ (2017) ศึกษาการประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคาร เพื่อจัดการข้อมูลของโครงการก่อสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กในส่วนงานเหล็กเสริมของชิ้นส่วนสำเร็จรูป ซึ่งเปรียบเทียบกับการทำงานในรูปแบบทั่วไป คือ การใช้โปรแกรมสำเร็จรูป AutoCAD ร่วมกับโปรแกรม Microsoft Excel ในการแสดงรายละเอียดของงาน จากผลการวิจัยพบว่า การนำแบบจำลองสารสนเทศอาคารมาใช้ในงานเหล็กเสริม ช่วยอำนวยความสะดวกรวดเร็ว และลดปัญหาความไม่ชัดเจนของแบบก่อสร้าง ทั้งในขั้นตอนของการถอดปริมาณเหล็กเสริม การผลิต การติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูป โดยยังสามารถนำฐานข้อมูลจากแบบจำลองสารสนเทศไปประยุกต์ใช้ในงานส่วนอื่น ๆ ของอาคารได้อีก เช่น ขั้นตอนในการวางแผนงานก่อสร้าง โดยกำหนดวันเริ่มงานและวันแล้วเสร็จของงาน เมื่อประกอบเข้ากับข้อมูลปริมาณวัสดุและค่าใช้จ่ายของโครงการที่ได้จากฐานข้อมูลส่วนกลางของอาคารในโปรแกรม จะสามารถนำไปใช้ในการวางแผนบริหารการก่อสร้างได้ และสามารถแสดงการติดตามความคืบหน้าของโครงการเป็นภาพสามมิติของอาคารเสมือนจริงได้อย่างชัดเจน เข้าใจง่ายและเป็นไปตามช่วงเวลาของแผนงานเปรียบเทียบกับการก่อสร้างจริง

งานวิจัยของ Khosakitchalert et al. (2018) ศึกษาการประยุกต์ใช้ BIM เพื่อปรับปรุงความแม่นยำในการถอดปริมาณวัสดุของโครงการก่อสร้าง โดยใช้แนวความคิดการตรวจจับการทับกันของวัตถุ ผู้วิจัยนำเสนอวิธีการตรวจจับพื้นที่ของวัตถุที่ทับกัน แล้วทำการลบพื้นที่นั้น เพื่อตรวจจับปริมาณที่ถูกต้องเพื่อใช้ในการประเมินราคาในช่วงแรกของกระบวนการออกแบบ โดยไม่จำเป็นต้องสร้างด้วยโมเดลโดยละเอียด ผู้วิจัยศึกษาการพัฒนา BIM model โดยใช้ชุดคำสั่ง Dynamo ซึ่งเป็นโปรแกรมเสริมของ Autodesk Revit เพื่อเขียนสคริปต์ในการคำนวณพื้นที่ผิวของผนังคอนกรีตที่ใช้กับงานสถาปัตยกรรมในโครงการก่อสร้าง อย่างไรก็ตามการเขียนสคริปต์ผ่าน Dynamo ยังมีข้อจำกัดที่ไม่สามารถหาพื้นที่ผิวที่ประกอบไปด้วยหลายวัสดุได้ ในกรณีนี้จำเป็นต้องสร้าง BIM model โดยละเอียด

การศึกษางานวิจัยที่ประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารเพื่อการจัดการข้อมูลและปริมาณงานก่อสร้างในอดีต พบว่างานวิจัยของ ณรงค์ศักดิ์ นิ่มนวล และ อิทธิพร ศิริสวัสดิ์ (2017) ศึกษาการประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคาร เพื่อจัดการข้อมูลของโครงการก่อสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กในส่วนงานเหล็กเสริมของชิ้นส่วนสำเร็จรูป และงานวิจัยของ Khosakitchalert et al. (2018) ศึกษาการประยุกต์ใช้ BIM เพื่อปรับปรุงความแม่นยำในการถอดปริมาณวัสดุของโครงการก่อสร้าง โดยใช้แนวความคิดการตรวจจับการทับกันของวัตถุ ซึ่งงานวิจัยที่กล่าวมามีวัตถุประสงค์คล้ายกัน คือ การจัดการข้อมูลและปริมาณงานของโครงการก่อสร้าง แต่ต่างกันตรงที่

งานวิจัยของ ณรงค์ศักดิ์ นิ่มนวล และ อิทธิพร ศิริสวัสดิ์ (2017) เปรียบเทียบกับการทำงานในรูปแบบทั่วไป กับการนำแบบจำลองสารสนเทศอาคารมาใช้ โดยที่งานวิจัยของ ของ Khosakitchalert et al. (2018) พัฒนา BIM model โดยใช้ชุดคำสั่ง Dynamo เพื่อคำนวณพื้นที่ผิวของผนังคอนกรีต

การประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารช่วยเพิ่มประสิทธิภาพด้านต่าง ๆ ในการบริหารงานก่อสร้าง ไม่ว่าจะเป็นการติดตามสถานะของโครงการ การประเมินความเป็นไปได้ของโครงการก่อนก่อสร้าง การถอดปริมาณวัสดุ รวมถึงการตรวจสอบพื้นที่ในการดำเนินงาน ทำให้การก่อสร้างดำเนินไปตามขั้นตอนและแผนงานที่วางไว้ ซึ่งสามารถจัดการกับต้นทุน เวลา และคุณภาพของโครงการก่อสร้างได้

2.3.4 ข้อดีในการประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคาร

การนำแบบจำลองสารสนเทศอาคารมาใช้ในงานก่อสร้างสามารถสรุปข้อดีของการใช้งานได้ตามหัวข้อดังต่อไปนี้

1. การสร้างภาพเสมือนจริง เป็นการสร้างแบบจำลองอาคารเสมือนจริง ซึ่งเป็นประโยชน์ประการแรกในการใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคาร ผู้ใช้งานสามารถรับรู้โครงการได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงและเข้าใจรายละเอียดมากยิ่งขึ้น เป็นประโยชน์แก่การสื่อสารและออกแบบในรูปแบบสามมิติ (Hamilton, 2012)
2. การรับรู้ส่วนงานที่ผิดพลาด การสร้างโมเดลสามมิติโดยการใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคาร เป็นการสอดประสานส่วนต่าง ๆ ของโมเดลโดยการใช้พิกัดจุดเป็นตัวอ้างอิง ซึ่งช่วยในการตรวจจับชิ้นส่วนที่ถูกสร้างมาทับกัน ด้วยเหตุผลดังกล่าวทำให้ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการใช้งานรับรู้ถึงจุดที่เกิดความผิดพลาดได้ (Hergunsel, 2011) ตัวอย่างเช่น โมเดลโครงสร้างเมื่อเปิดใช้งานร่วมกับโมเดลงานระบบ สามารถแสดงจุดที่ทับกันหรือจุดที่เกิดปัญหาได้
3. การประเมินราคาและปริมาณงาน กระบวนการถอดปริมาณวัสดุในโครงการก่อสร้างผ่านการใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารสามารถทำได้อย่างแม่นยำและใช้เวลาไม่นาน รวมถึงช่วยลดความเสี่ยงในการคำนวณที่ผิดพลาด นอกจากนั้นการใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคาร ยังสามารถแก้ไขปริมาณงานทันทีตามแบบที่ผู้ใช้งานทำการเปลี่ยนแปลง (Sacks, Eastman, Lee, & Orndorff, 2005)
4. การบันทึกโมเดล การใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคาร สามารถจัดเก็บและอัพเดตโมเดลได้ขณะก่อสร้าง จึงทำให้ตลอดระยะเวลาการก่อสร้างผู้ใช้งานรับรู้กระบวนการก่อสร้างที่เปลี่ยนแปลงในขณะก่อสร้างได้ และเมื่อการก่อสร้างดำเนินการเสร็จเรียบร้อย As-built โมเดล ก็จะเสร็จไปพร้อมกันทันที การปรับโมเดลไปตามขั้นตอนการก่อสร้างจะช่วยลดส่วนงานก่อสร้างที่ไม่จำเป็นออกไปได้
5. การวางแผนและการติดตาม การใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารสามารถเชื่อมโยงระหว่างโมเดลที่สร้างกับตารางเวลาที่วางไว้เพื่อดำเนินการก่อสร้างได้ ทำให้ผู้ใช้งานรับรู้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ระยะเวลาในการก่อสร้างและติดตามขั้นตอนต่าง ๆ ผ่านแบบจำลองสารสนเทศอาคารได้ง่ายยิ่งขึ้น

6. การวิเคราะห์โมเดล การใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารสามารถใช้งานร่วมกับซอฟต์แวร์อื่น ๆ เพื่อวิเคราะห์ในด้านต่าง ๆ ได้ เช่น ซอฟต์แวร์วิเคราะห์โครงสร้าง ซอฟต์แวร์วิเคราะห์งานระบบ เป็นต้น ซึ่งเป็นตัวช่วยในการพัฒนาการทำงานร่วมกันระหว่างระบบที่ต่างกันได้
7. การบริหารจัดการอาคารสถานที่ เป็นการประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารกับงานอาคารและสถานที่ เนื่องจากแบบจำลองสารสนเทศอาคารมีระบบฐานข้อมูลกลางในการจัดเก็บข้อมูลและปรับปรุงข้อมูลในระหว่างขั้นตอนการก่อสร้าง ผู้ใช้งานสามารถดึงข้อมูลมาใช้งานเพื่อปรับปรุงและจัดการงานด้านอาคารและสถานที่ได้ อย่างไรก็ตามการใช้งานแบบจำลองสารสนเทศอาคารในการบริหารจัดการงานในด้านดังกล่าวยังไม่เป็นที่นิยมมากนักในปัจจุบัน
8. การบูรณาการห่วงโซ่อุปทาน การประยุกต์ชั้นสูงสำหรับการนำแบบจำลองสารสนเทศอาคารมาใช้กับวงจรในการก่อสร้าง เพื่อเป็นตัวช่วยในการจัดการวงจรการก่อสร้างและพัฒนาการคำนวณระยะเวลาการจัดส่ง ให้ดำเนินไปอย่างตรงเวลา (Hamilton, 2012)

กล่าวโดยสรุปได้ว่า การนำแบบจำลองสารสนเทศอาคารมาใช้ในงานก่อสร้างนั้นมีประโยชน์อย่างมากในโครงการที่มีการออกแบบซับซ้อนและมีลักษณะเฉพาะตัว รวมถึงโครงการที่ต้องอาศัยการจัดการอย่างเป็นระบบในด้านการวางแผน การจัดเก็บข้อมูลในปริมาณมาก ด้วยข้อดีในเรื่องการสร้างภาพเสมือนจริงและการวิเคราะห์โมเดล ช่วยให้การถอดปริมาณงาน การรับรู้ส่วนงานที่ผิดพลาด และการจัดการกับข้อมูลสารสนเทศของอาคารดำเนินไปได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

2.3.5 ปัจจัยในการประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคาร

การใช้งานแบบจำลองสารสนเทศอาคารในงานก่อสร้างถือเป็นเทคโนโลยีที่เข้ามาช่วยในการจัดการข้อมูลและการบริหารงานก่อสร้างโดยอาศัยซอฟต์แวร์ต่าง ๆ เพื่อเชื่อมโยงองค์ประกอบเข้าด้วยกัน เนื่องจากต้องอาศัยความรู้และทักษะในการใช้งาน โดยแบบจำลองสารสนเทศอาคารต้องพิจารณาปัจจัยหลายด้านที่มีผลต่อการนำมาใช้งาน

งานวิจัยของ Johansson and Jonasson (2011) ศึกษาการประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารเพื่อพัฒนาความร่วมมือกันระหว่างผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการก่อสร้าง 4 กลุ่ม ได้แก่ เจ้าของ ผู้ออกแบบ ผู้ผลิตและผู้รับเหมา ในกระบวนการการเสริมเหล็กในงานก่อสร้าง ซึ่งการใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารยังคงมีข้อจำกัด เนื่องจากการขาดความรู้และทักษะในการใช้งาน รวมถึงทัศนคติต่อการใช้งานแบบจำลองสารสนเทศอาคาร จากข้อสรุปของงานวิจัย แสดงให้เห็นว่าการใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารเป็นการพัฒนาศักยภาพการทำงานร่วมกันของแต่ละกระบวนการ นอกจากนั้นการร่วมมือกันระหว่างผู้มีส่วนเกี่ยวข้องยังเป็นกุญแจสำคัญในการพัฒนาการใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารไปสู่ขั้นสูง

งานวิจัยของ Arayici et al. (2011) กล่าวว่า การนำแบบจำลองสารสนเทศอาคารมาใช้งานต้องมีความใส่ใจในกระบวนการก่อสร้างรวมถึงผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคาร เนื่องจากการใช้งานแบบจำลองสารสนเทศอาคารต้องใส่รายละเอียดในทุกขั้นตอน รวมถึงผู้ใช้งานต้องมีความรู้และทักษะในการใช้งานด้วย ซึ่งขั้นตอนดังกล่าวอาจถูกมองว่าเป็นความไม่สะดวกกับการใช้งาน โดยผู้วิจัยแนะนำว่า การประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารต้องเริ่มจากพนักงานที่ต้องใช้งานเป็นประจำขึ้นไปสู่ผู้บริหารในส่วนต่าง ๆ เพื่อลดการต่อต้านและผู้วิจัยยังแนะนำว่า การบริหารจัดการที่ดีมีส่วนช่วยทำให้การประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารประสบความสำเร็จในโครงการ

งานวิจัยของ Krantz (2012) สรุปปัจจัยที่มีผลต่อการประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคาร ในขั้นตอนการผลิต ได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.1 สรุปแรงสนับสนุนและแรงต่อต้านการใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคาร

แรงสนับสนุน	**แรงต่อต้าน**
ช่วยในการสื่อสารและการทำงานร่วมกัน	ทัศนคติเชิงลบในการใช้งาน
รับรู้ขอบเขตงานที่แน่นอนผ่านการสร้างองค์ประกอบอาคารเสมือนจริง	ข้อจำกัดด้านลิขสิทธิ์
การประสานงานเป็นไปอย่างชัดเจน	ความรับผิดชอบต่อความถูกต้อง
งานมีประสิทธิภาพ	ทำกำไรได้น้อยลง
ลดความผิดพลาด	การประยุกต์ใช้มีต้นทุนสูง
ลดเวลาในการก่อสร้าง	ต้นทุนในการออกแบบสูง
คาดคะเนต้นทุนการก่อสร้างได้	
ลดต้นทุนทั้งหมดของการก่อสร้าง	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารกับงานก่อสร้าง ต้องอาศัยความร่วมมือของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับโครงการก่อสร้างที่มีทักษะและความรู้ในการใช้งานแบบจำลองสารสนเทศอาคาร ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารกับงานก่อสร้าง รวมถึงการสนับสนุนการใช้งานให้แก่พนักงานในองค์กร จะช่วยลดแรงต่อต้านการใช้งาน เพื่อใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารในการจัดการข้อมูลและการบริหารงานก่อสร้างได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

2.4 ของเสียที่เกิดจากการก่อสร้าง

ปัจจุบันปัญหาโลกร้อนและภาวะเรือนกระจกได้ส่งผลกระทบต่อโลกและการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิตโดยปัจจัยอย่างหนึ่งที่สำคัญซึ่งส่งผลโดยตรงต่อเหตุการณ์ดังกล่าวคือ ขยะหรือของเสียที่เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ ซึ่งจากการเพิ่มขึ้นของประชากรทั่วโลกนำไปสู่การพัฒนาทางด้าน

อุตสาหกรรม รวมถึงอุตสาหกรรมการก่อสร้างที่มีการใช้ทรัพยากรเป็นอย่างมากในกระบวนการดังกล่าว ซึ่งทำให้เกิดของเสียจากการทำงานโดยที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ เนื่องจากลักษณะของงานก่อสร้าง รวมไปถึงปัจจัยอื่น ๆ ได้แก่ การขาดการวางแผนและการควบคุมที่ดี การขนส่งวัสดุ เงื่อนไขในการจัดซื้อวัสดุ เป็นต้น จึงนำมาซึ่งของเสียในการก่อสร้าง จากการศึกษา (Chen, Li, & Wong, 2002) พบว่าขยะจากการก่อสร้างมีปริมาณร้อยละ 10-30 ของพื้นที่ฝังกลบ

ของเสียจากการก่อสร้าง หมายถึง ของเสียที่แตกต่างไปจากขยะทั่วไป มักเป็นวัสดุที่นำไปใช้ประโยชน์ต่อได้ยาก ซึ่งเกิดขึ้นจากการก่อสร้าง การดัดแปลง การปรับปรุงสภาพ หรือการรื้อถอนอาคาร ถนน หรือสิ่งก่อสร้างอื่น ๆ ข้อแตกต่างที่สำคัญของของเสียจากแหล่งกำเนิดเหล่านี้คือ ของเสียจากการก่อสร้าง โดยส่วนใหญ่แล้วเกิดจากเศษวัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่เหลือจากการใช้ในงานก่อสร้าง เช่น ชิ้นส่วนวัสดุที่เหลือจากการตัด วัสดุที่แตกหักเสียหาย หีบห่อบรรจุภัณฑ์ของวัสดุ วัสดุที่ใช้แล้วในระหว่างการก่อสร้างและของเสียอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการก่อสร้าง กรมควบคุมมลพิษ (2550) ซึ่งมีลักษณะที่แตกต่างกันออกไป เกิดจากปัจจัยหลายด้านในโครงการก่อสร้างนั้น ๆ หากสามารถระบุสาเหตุที่มาของการเกิดของเสียได้จะสามารถวางแผนเพื่อป้องกันและลดปริมาณการเกิดของเสียให้น้อยลงได้

งานวิจัยของ นคร กกแก้ว (2545) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสียในงานก่อสร้าง ออกเป็นสองระดับ คือ ระดับหลักการและระดับรายละเอียด โดยระดับหลักการพบว่าการวางแผนการก่อสร้างมีผลต่อการเกิดความสูญเสียของวัสดุสูงสุด รองลงมาคือ เทคโนโลยีการก่อสร้าง การออกแบบ การจัดการวัสดุ และการจัดหาวัสดุตามลำดับ ส่วนปัจจัยในระดับรายละเอียดพบว่า การเร่งงานซึ่งเป็นผลของปัจจัยในระดับของการวางแผนการก่อสร้าง เป็นปัจจัยที่มีผลสูงสุดในระดับรายละเอียด และเสนอว่า ให้ผู้รับเหมาเก็บข้อมูลเชิงปริมาณของความสูญเสียของระบบหรือขั้นตอนต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นตัวกำหนดแนวทางในการทำงานเพื่อลดปริมาณความสูญเสียจากวัสดุก่อสร้างนั้น ๆ ได้อย่างเหมาะสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

งานวิจัยของ Polat, Damci, Turkoglu, and Gurgun (2017) ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดของเสียจากการก่อสร้างของประเทศตุรกี และแบ่งปัจจัยที่ทำให้เกิดของเสียจากการก่อสร้างออกเป็น 7 กลุ่ม ได้แก่ การออกแบบและการทำสัญญาในด้านเอกสาร การจัดซื้อ การจัดการและควบคุมคุณภาพของวัสดุ การจัดเก็บวัสดุ คนงาน การจัดการขณะก่อสร้างและการกำกับดูแลภายในสถานที่ ตลอดจนปัจจัยภายนอก ซึ่งผลจากการวิจัยพบว่า ปัจจัยที่มีการจัดระดับความสำคัญสูงได้แก่

1. ปัจจัยด้านการออกแบบและการทำสัญญา เนื่องจากอุตสาหกรรมการก่อสร้างนั้นมักจะพบการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ การเปลี่ยนแปลงคำสั่งซื้อและความผิดพลาดในการออกแบบและเอกสารสัญญาเป็นประจำ ซึ่งจะทำให้เกิดขยะจำนวนมากในระหว่างการก่อสร้าง
2. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดซื้อ เนื่องจากข้อจำกัด ความผิดพลาด และการละเลยในการให้ความสำคัญในด้านปริมาณ เช่น การบังคับซื้อวัสดุบางอย่างในปริมาณที่เกินจากความต้องการใช้ภายในงาน หรือเพื่อทำให้ราคาวัสดุดังกล่าวมีราคาต่ำ เมื่อซื้อในปริมาณมาก

3. ปัจจัยในด้านของคนงาน เนื่องจากประสบการณ์หรือความสามารถของคนงานแต่ละคนไม่เท่ากัน ตลอดจนการมอบหมายงานที่ไม่เหมาะกับคนงานส่งผลให้เกิดความผิดพลาด จึงนำไปสู่การเกิดของเสียภายในงานก่อสร้าง
4. ปัจจัยในด้านการจัดการขณะก่อสร้างและกำกับดูแลภายในสถานที่ ได้แก่ การจัดการด้านการตัดวัสดุให้ได้ตามแบบโดยไม่คำนึงถึงเศษที่เกิดขึ้น การใช้วัสดุผิดประเภทจนจำเป็นต้องทิ้งวัสดุดังกล่าวหรือทำใหม่

งานวิจัยของ Ikau, Joseph, and Tawie (2016) ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดของเสียจากการก่อสร้างในประเทศมาเลเซียโดยแบ่งปัจจัยตามขั้นตอนในงานก่อสร้างได้แก่ การออกแบบ การจัดซื้อวัสดุ การขนถ่ายวัสดุและการก่อสร้าง พบว่า การขาดประสบการณ์หรือความรู้ในงานก่อสร้างรวมถึงการจัดการกับของเสียที่เกิดขึ้นอาจส่งผลถึงการทุบหรือรื้อเพื่อทำใหม่ การซื้อวัสดุที่มีความเฉพาะและมีข้อจำกัดตลอดจนการจัดเก็บวัสดุในที่ที่ไม่เหมาะสม ส่งผลให้เกิดความเสียหายและเกิดของเสียจากการก่อสร้าง ตลอดจนขาดกฎระเบียบการบังคับใช้และหลักเกณฑ์ในอุตสาหกรรมการก่อสร้างของประเทศมาเลเซียเป็นอีกปัจจัยหนึ่งซึ่งถือได้ว่าเป็นปัจจัยที่อาจส่งผลต่อการสร้างขยะมูลฝอย

งานวิจัยของ Rahman, Nagapan, and Asmi (2014) ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดของเสียจากการก่อสร้างของประเทศมาเลเซีย ได้แบ่งปัจจัยที่สำคัญออกเป็น 7 กลุ่ม โดยใช้หลักการแบ่งตามลำดับงานที่เกิดขึ้นจากการก่อสร้าง ได้แก่ การออกแบบ การจัดการวัสดุอุปกรณ์ การจัดการในการก่อสร้าง การจัดซื้อวัสดุ เงื่อนไขของสถานที่ก่อสร้าง คนงาน และปัจจัยภายนอก โดยพบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดของเสียจากการก่อสร้างสูงสุดคือ การจัดซื้อวัสดุ นั่นยังรวมไปถึงการขาดการบังคับใช้กฎหมายในด้านการจัดการกับของเสียจากการก่อสร้างตลอดจนทัศนคติของคนงานเนื่องจากไม่มีแผนการบริหารจัดการขยะภายในไซต์หรือมีประสิทธิภาพเพียงพอและการขาดประสบการณ์ของคนงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

งานวิจัยของ (ยี่แพร่, ยมนาค, & บุณย์เพิ่ม, 2011) ศึกษาปัจจัยที่ก่อให้เกิดของเสียจากการก่อสร้าง พบของเสียจากการก่อสร้างตามประเภทของวัสดุมักเกิดจากการสั่งซื้อผิดพลาด การออกแบบที่ไม่ได้คำนึงถึงวัสดุที่มีจำหน่ายในท้องตลาด การให้รายละเอียดที่ผิดพลาด ความซับซ้อนของรูปทรง การเปลี่ยนแปลงและแก้ไขแบบก่อสร้าง การเก็บรักษา และทัศษณะของคนงานต่อการใช้วัสดุ ซึ่งพบว่ามีอัตราการเกิดขยะดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 อัตราการเกิดขยะจากประเภทวัสดุก่อสร้าง

ประเภทวัสดุ	อัตราการเกิดขยะ (จากปริมาณการติดตั้ง)
พลาสเตอร์บอร์ด	3.13 – 9.77%
คอนกรีต	5.84 – 15.97%
บล็อกคอนกรีต	3.77 – 25.39%
แบบหล่อไม้	2.57 – 3.84%

งานวิจัยของ (Faniran & Caban, 1998) สรุปปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำคัญของการเกิดของเสียจากการก่อสร้างดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.3 ดัชนีความสำคัญของแหล่งกำเนิดขยะจากการก่อสร้าง

แหล่งกำเนิดขยะก่อสร้าง	ดัชนีความสำคัญ
การเปลี่ยนแปลงแบบ	52.4
เศษวัสดุจากการเหลือตัด	42.9
เศษขยะจากการลำเลียง	38.1
การให้รายละเอียดในแบบผิด	28.6
สภาพอากาศ	23.8
การเคลื่อนย้ายวัสดุ	16.3
การใช้วัสดุไม่เหมาะสม	14.3
การจัดหาวัสดุผิดพลาด	9.5
การเก็บรักษา	9.5
อุบัติเหตุในการก่อสร้าง	9.5
คนงานไม่มีคุณภาพ	4.8

ของเสียจากโครงการก่อสร้างเกิดขึ้นจากหลายปัจจัย การจัดการที่เหมาะสมช่วยลดสาเหตุของการเกิดของเสียในโครงการก่อสร้างได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการวางแผนไปจนถึงสิ้นสุดโครงการก่อสร้าง ซึ่งแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาถูกสร้างขึ้นตามแบบมาตรฐาน เมื่อติดตั้งจึงต้องคำนึงถึงเศษของแผ่นผนังและระยะของช่วงผนังที่เหลือจากการวาง ซึ่งอาศัยการตัดแผ่นหรือเลือกใช้ขนาดแผ่นที่เล็กลง หากไม่วางแผนในการตัดแผ่น อาจตัดแผ่นไม่ได้ขนาดหรือเกิดความเสียหาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.5 ข้อจำกัดของงานวิจัยที่ผ่านมา

ผลการศึกษางานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้องกับการจัดเรียงและติดตามสถานะของแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูป พบว่ามีการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการ ซึ่งการจัดการกับปัญหาในการจัดเรียงและการติดตามสถานะเป็นการพัฒนาโดยใช้เครื่องมือที่แตกต่างกันออกไปตามเหตุผลที่เหมาะสมของผู้วิจัย โดยเป็นการพัฒนาเครื่องมือเพื่อใช้แบบจำลองสามมิติร่วมกับแนวทางการจัดเรียงแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูป ในงานวิจัย (Wang et al., 2018) ที่ผ่านมาเสนอแนวทางการจัดเรียงแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูป เพื่อพัฒนาระบบให้จัดเรียงแผ่นผนังไปตามลำดับการติดตั้งที่เหมาะสม ซึ่งใช้กับแผ่นผนังที่รับน้ำหนักแผ่นผนังที่จะติดตั้งต่อไป โดยสร้างแบบจำลองสารสนเทศอาคารในการจำลองสถานการณ์ของการจัดเรียง งานวิจัยดังกล่าวพัฒนาระบบการจัดเรียงแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปแบบรับแรงจากโครงสร้าง ซึ่งชิ้นส่วนถูกออกแบบให้ยืดหยุ่นตามลักษณะ

ของโครงการ โดยการติดตั้งไม่จำเป็นต้องพิจารณาระยะผนังที่เป็นเศษเหลือ นอกจากนั้นงานวิจัย (Liu et al., 2020) นำเสนอแนวทางการติดตามสถานะแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปในการวางแผนเพื่อดำเนินการติดตั้งในโครงการก่อสร้าง เพื่อพัฒนาระบบการติดตามสถานะแผ่นผนัง ซึ่งใช้กับแผ่นผนังขนาดใหญ่ที่สามารถประกอบกันได้พอดี ซึ่งต่างจากการพิจารณาในมุมมองของการติดตามสถานะแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา ที่แต่ละแผ่นมีขนาดที่ใกล้เคียงกันจึงต้องระบุตำแหน่งแก้ไขที่แน่นอน

งานวิจัยนี้จึงพัฒนาระบบการวางแผนติดตั้งและติดตามสถานะของแผ่นผนังภายในอาคารที่ใช้แผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาในพื้นที่โครงการอาคารสูง โดยการนำความรู้จากวิศกรผู้มีประสบการณ์ในการวางแผนและติดตามแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาเพื่อสร้างรูปแบบในการจัดการ และนำข้อมูลมาประยุกต์ใช้และพัฒนาระบบ ซึ่งระบบจะทำงานผ่านโมเดลข้อมูลสารสนเทศอาคารในการใช้งานที่อำนวยความสะดวกและประหยัดเวลามากกว่าการวางแผนและติดตามผนังด้วยวิธีปกติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงแนวทางในการดำเนินการและแนวคิดในการวิจัยเพื่อพัฒนาระบบการบริหารจัดการแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา โดยการใช้ Dynamo ร่วมกับ Revit โดยเนื้อหาประกอบด้วย 1) ศึกษาและเก็บข้อมูลการบริหารจัดการแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาในโครงการก่อสร้าง 2) ทบทวนเอกสารและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย 3) วิเคราะห์และกำหนดปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบการบริหารจัดการ 4) ศึกษาเครื่องมือที่ใช้พัฒนาระบบ 5) พัฒนาระบบการบริหารจัดการแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาตามกรอบแนวคิด 6) ทดสอบระบบและประเมินผลการใช้งาน

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยประกอบด้วย 1) ศึกษาและเก็บข้อมูลการบริหารจัดการแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาในโครงการก่อสร้าง 2) ทบทวนเอกสารและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย 3) วิเคราะห์และกำหนดปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบการบริหารจัดการ 4) ศึกษาเครื่องมือที่ใช้พัฒนาระบบ 5) พัฒนาระบบการบริหารจัดการแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาตามกรอบแนวคิด 6) ทดสอบระบบและประเมินผลการใช้งาน

3.1.1 ศึกษาและเก็บข้อมูลการบริหารจัดการแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาในโครงการก่อสร้าง

ศึกษาและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับการบริหารจัดการแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาในโครงการก่อสร้าง โดยทำการสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการ ซึ่งเป็นการสัมภาษณ์เกี่ยวกับการจัดการขั้นตอน และกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา รวมถึงรูปแบบและขนาดมาตรฐานของแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา ลักษณะของการจัดเรียง และข้อจำกัดต่าง ๆ ในการจัดเรียงแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.1.2 ทบทวนเอกสารและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทั้งในส่วนของเอกสารงานวิจัย ตำราเรียน วารสาร บทความทางวิชาการและสิ่งตีพิมพ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาในโครงการก่อสร้าง ข้อจำกัดในการจัดเรียงแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการจัดการการก่อสร้างด้วยแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา

3.1.3 วิเคราะห์และกำหนดปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบการบริหารจัดการ

วิเคราะห์และกำหนดปัจจัยต่าง ๆ โดยการรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์และเอกสารที่ได้ทบทวนไว้ พร้อมทั้งกำหนดรูปแบบในการบริหารจัดการและการจัดเรียงแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา เพื่อสรุปขั้นตอนในการแสดงผลและรายงานผลการจัดการแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาที่จะนำมาใช้ในการพัฒนา

3.1.4 ศึกษาเครื่องมือที่ใช้พัฒนาระบบ

ศึกษาเครื่องมือและวิธีการ เพื่อนำมาวิเคราะห์ เปรียบเทียบ โดยเลือกเครื่องมือและวิธีการที่เหมาะสมและสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการบริหารจัดการแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาเพื่อนำมาพัฒนาระบบต่อไป

3.1.5 พัฒนาระบบการบริหารจัดการแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาตามกรอบแนวคิด

พัฒนาระบบการบริหารจัดการแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาให้สอดคล้องกับกรอบแนวคิดที่กำหนดไว้ โดยใช้เครื่องมือและวิธีการที่ทำการศึกษาไว้ในขั้นตอนก่อนหน้า เพื่อเป็นการสนับสนุนการพัฒนาระบบการบริหารจัดการ

3.1.6 ทดสอบระบบและประเมินผลการใช้งาน

ทดลองใช้งานระบบการบริหารจัดการแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา โดยนำระบบไปใช้เพื่อเปรียบเทียบกับระบบของโครงการก่อสร้างที่ถูกจัดทำด้วยแบบทั่วไป พร้อมทั้งตรวจสอบความถูกต้องและประสิทธิภาพในการใช้งาน

3.2 กรอบแนวคิดงานวิจัย

งานวิจัยพัฒนาระบบการบริหารจัดการแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา ประกอบด้วยการพัฒนาระบบการวางแผนติดตั้งและระบบการติดตามแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา โดยแต่ละองค์ประกอบมีแนวคิดดังต่อไปนี้

3.2.1 การพัฒนาระบบการวางแผนติดตั้งแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา

ผู้วิจัยศึกษาและเปรียบเทียบรูปแบบการวางแผนจัดเรียงแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาโดยเก็บข้อมูลและรูปแบบในการจัดเรียงแผ่นผนังจากวิศวกรผู้มีประสบการณ์ ทั้งในระบบสองมิติ และสามมิติมาเปรียบเทียบ เพื่อหาแบบแผนในการสร้างและออกแบบสำหรับการวางแผนจัดเรียงแผ่นผนัง จากการสัมภาษณ์ การจัดเรียงแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา อาศัยการจัดเรียงแบบผสมขนาดแผ่น โดยใช้การจัดเรียงแผ่นผนังที่มีขนาดใหญ่ก่อน และส่วนที่ใกล้กับบริเวณช่วงสุดท้ายของผนังจะเรียงแผ่นขนาดเล็กหรือแผ่นผนังตัด เมื่อได้ข้อมูลและหลักการในการจัดเรียงจะนำข้อมูลต่าง ๆ มาพัฒนาผ่านโปรแกรม dynamo โดยใช้โมเดลสามมิติ และสรุปผลการจัดเรียงในโมเดลสามมิติและ Spreadsheet

3.2.2 การพัฒนาระบบการติดตามแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา

ผู้วิจัยศึกษาการรายงานผลการติดตามสถานะของแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา โดยเก็บข้อมูลและรูปแบบในการรายงานผลจากการสัมภาษณ์วิศวกรผู้มีประสบการณ์ เพื่อสร้างรูปแบบในการรายงานผลให้มีความสะดวกและเหมาะสมกับการใช้งาน โดยการรายงานผลจะให้ผู้ควบคุมงานรายงานสถานะของช่วงผนังที่ติดตั้งแล้วเสร็จหรือมีการแก้ไขโดยแบ่งเป็นพื้นที่ ซึ่งสะดวกแก่การรายงานผลและเข้าตรวจสอบแก้ไขได้รวดเร็วตรงจุด การรายงานผลจะนำข้อมูลที่ได้จากการสรุปผลการจัดเรียงในโมเดลสามมิติและ Spreadsheet มาใส่ข้อมูลสถานะของแผ่นผนัง โดยข้อมูลที่ใส่ใน

Spreadsheet จะถูกนำมาประมวลผลผ่านโปรแกรม dynamo เพื่อใส่ในโมเดลสามมิติ จากนั้นการรายงานผลสถานะของแผ่นผนังจะสามารถแสดงได้ผ่านทั้งโมเดลสามมิติและ Spreadsheet

ระบบการบริหารจัดการแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา เป็นระบบที่ใช้ในการวางแผนจัดเรียงแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาให้ได้ในปริมาณที่เหมาะสมกับโครงการก่อสร้าง โดยก่อให้เกิดเศษเหลือน้อยที่สุด รวมถึงเป็นระบบที่ใช้ในการรายงานสถานะการติดตั้ง ให้แก่ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับโครงการได้รับทราบ กระบวนการทำงานของระบบผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องสามารถดึงข้อมูลที่จัดเก็บไว้ในแบบจำลองสามมิติในการวางแผนจัดเรียงมาใช้ตามส่วนงานที่ต้องการติดตั้งหรือแก้ไข ในระหว่างการก่อสร้างหรือเมื่อก่อสร้างแล้วเสร็จ ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องจะทำการรายงานผลการติดตั้งและแก้ไขผ่านโมเดลสามมิติเพื่อให้ระบบประมวลผลข้อมูลและสรุปผลออกมา ดังแสดงในภาพที่ 3.2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการทำงานของระบบ

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย คือ องค์ประกอบที่ใช้ในการพัฒนาระบบการบริหารจัดการแผ่นผนังคอนกรีตให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยผู้ใช้งานหรือผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องสามารถรับรู้รายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับการติดตั้งแผ่นผนังได้ โดยประกอบไปด้วย โปรแกรมที่ใช้พัฒนาและภาษาที่ใช้ในการพัฒนา

3.3.1 โปรแกรมที่เลือกใช้ในการพัฒนาระบบ

Autodesk Revit เป็นซอฟต์แวร์ในการออกแบบและจัดการงานอาคาร โดยใช้หลักการสร้างระบบจำลองสารสนเทศอาคารหรือการสร้างรูปแบบจำลองข้อมูลของอาคาร (Building Information Modeling: BIM) และเป็นที่นิยมทั้งในประเทศและระดับสากล โดยรองรับการทำงานในรูปแบบสาม

มิติและสามารถนำงานสถาปัตยกรรม งานวิศวกรรมโยธา และงานวิศวกรรมระบบ มาทำงานร่วมกันในโปรแกรมเดียวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ภาพที่ 3.2 โปรแกรม Autodesk Revit 2022

3.3.2 การเลือกใช้ภาษาในการพัฒนาระบบ

Dynamo คือ การเขียนโปรแกรมเชิงภาพ (Visual Programming) ที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลและตรรกะด้วยการใช้เครื่องมือเชิงภาพในการสร้างชุดขั้นตอนวิธี (Algorithm) ที่สามารถให้ผู้ใช้งานทั่วไปแก้ไขหรือนำไปต่อยอดและพัฒนาต่อเป็นเครื่องมือของตนเองได้ สามารถเข้าถึงและเรียนรู้ได้ โดยหลักการทำงาน คือ การเขียนขั้นตอนวิธีการทำงานที่สามารถเชื่อมโยงองค์ประกอบต่าง ๆ เข้าด้วยกันได้ เพื่อกำหนดความสัมพันธ์และลำดับการทำงาน ซึ่งสามารถใช้เพื่อประมวลผลข้อมูลจนถึงการสร้างเราขาคณิตได้แบบเรียลไทม์ ด้วยการต่อสาย (Wire) เข้ากับปม (Node) ของชุดคำสั่ง เพื่อเป็นการระบุการไหลของตรรกะที่เกิดขึ้น โดยตรรกะจะต้องไหลจากซ้ายไปขวาเสมอ และต้องมีการนำเข้าข้อมูลและการส่งออกข้อมูลของแต่ละชุดคำสั่ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 3.3 โปรแกรม Dynamo BIM

3.4 การพัฒนากระบวนการทำงานของระบบ

การพัฒนาระบบการวางแผนติดตั้งและติดตามแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา เป็นการใช้แนวคิดและกระบวนการทำงานของหลักการแบบจำลองข้อมูลของอาคาร (Building Information Modeling: BIM) มาใช้ในการพัฒนา ผ่านโปรแกรม Autodesk Revit และ Dynamo เพื่อวางแผนจัดเรียงแผ่นผนังและแสดงข้อมูลรายละเอียดของแผ่นผนัง

3.4.1 กรอบการพัฒนาระบบการวางแผนติดตั้งและติดตามแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา

การพัฒนาระบบการวางแผนติดตั้งและติดตามแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา เป็นการพัฒนาระบบเพื่อประมวลผลแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาของโครงการก่อสร้าง โดยระบบที่พัฒนา แบ่งออกเป็นสองระบบย่อย คือ การวางแผนแผ่นผนัง และการติดตามแผ่นผนัง ซึ่งการวางแผนแผ่นผนังแบ่งออกเป็นสองส่วน คือ การวางแผ่นผนังมุม และการวางแผ่นผนังตรง ดังแสดงในภาพที่ 3.5

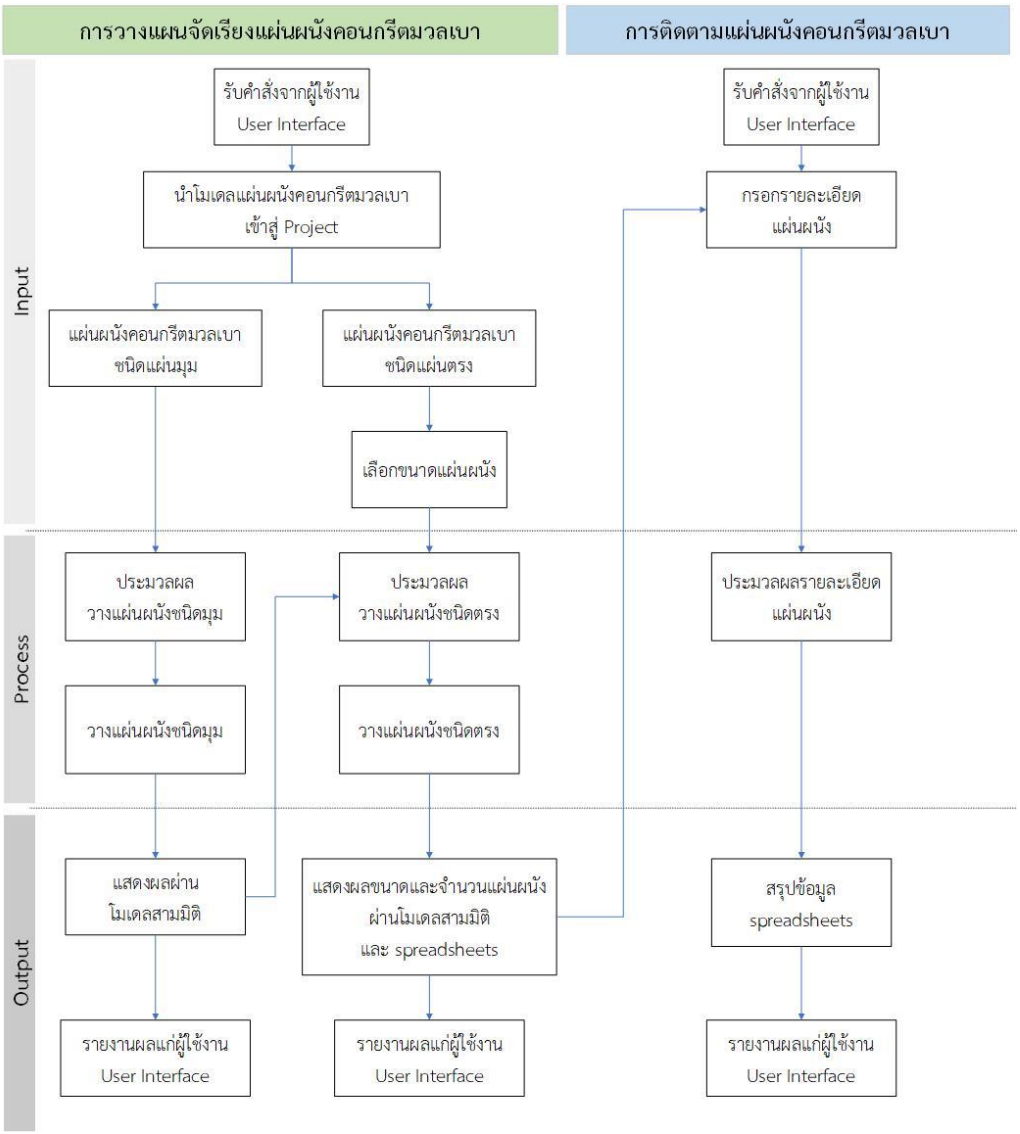
3.4.2 แนวคิดการพัฒนาระบบการวางแผนติดตั้งแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา

หลักการทำงานของระบบการวางแผนติดตั้งแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา เป็นการใช้หลักการทำงานของ Dynamo ซึ่งเป็นโปรแกรม Visual Programming ที่ต้องเชื่อมชุดคำสั่งการเข้าด้วยกัน โดยข้อมูลจะไหลผ่านจากฝั่งซ้ายไปฝั่งขวาด้วยเส้นที่เชื่อมกับก้อนสั่งการต่าง ๆ การพัฒนาระบบจะสร้างกล่องกรอกรายละเอียดให้ผู้ใช้งานกรอก ผ่าน Dynamo Player รวมถึงผู้ใช้งานจำเป็นต้องนำเข้าข้อมูลของ Family ต่าง ๆ ที่ต้องการใช้งานเข้าสู่ Project โดยผู้เขียนระบบตั้งค่าและกำหนดเงื่อนไขต่าง ๆ ฝังไว้ใน Dynamo Script จากนั้นผู้ใช้งานกดปุ่มเพื่อประมวลผลให้ระบบแสดงค่าในรูปแบบสามมิติแก่ผู้ใช้งาน ดังแสดงในภาพที่ 3.6

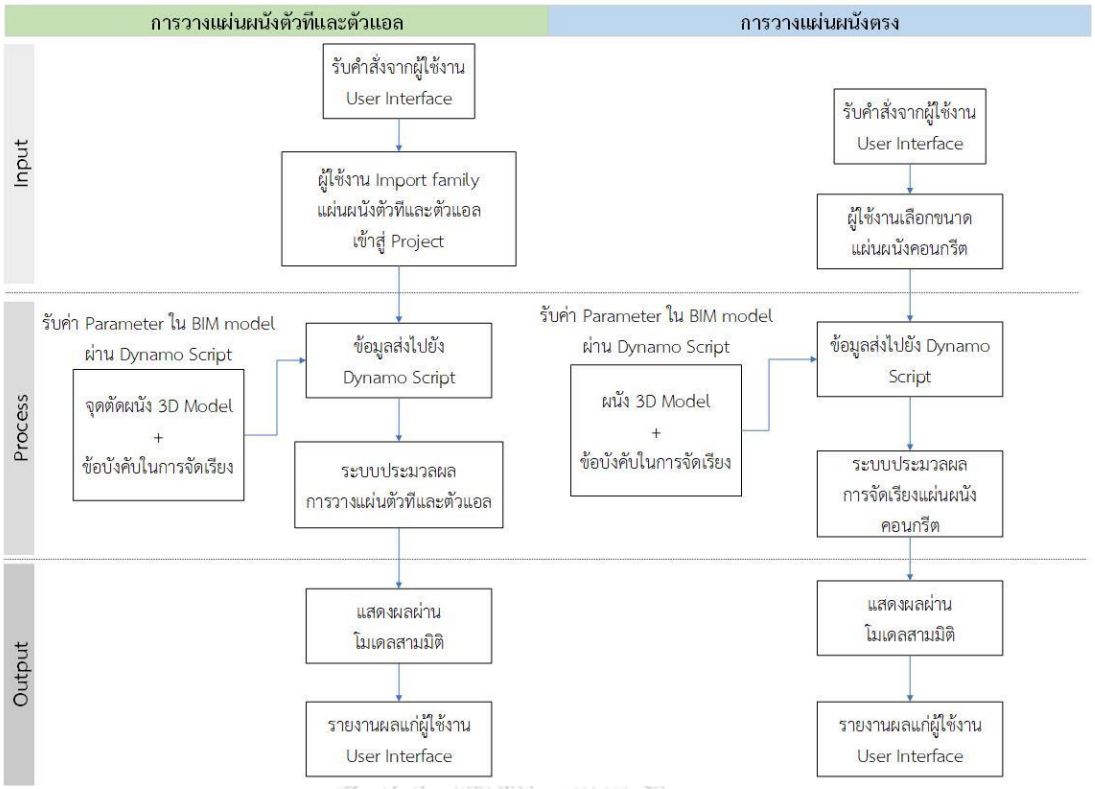
3.4.3 แนวคิดการพัฒนาระบบการติดตามแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา

หลักการทำงานของระบบการติดตามแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา เป็นการใช้หลักการทำงานของ Dynamo เพื่อพัฒนาระบบ โดยการพัฒนาผู้ใช้งานกดปุ่มเพื่อเริ่มต้นการเลือกแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาที่ต้องการใส่รายละเอียด จากนั้นผู้ใช้งานกรอกรายละเอียดและข้อมูลผ่าน Dynamo Player กดปุ่มเสร็จสิ้นให้ระบบประมวลผล โดยผู้ออกแบบระบบกำหนดตัวแปรและรายละเอียดต่าง ๆ ที่ผู้ใช้งานต้องการไว้ในระบบ ระบบจะประมวลผลข้อมูลที่แล้วเสร็จให้ผู้ใช้งานได้รับทราบผ่านโมเดลสามมิติและ Excel ดังแสดงในภาพที่ 3.7

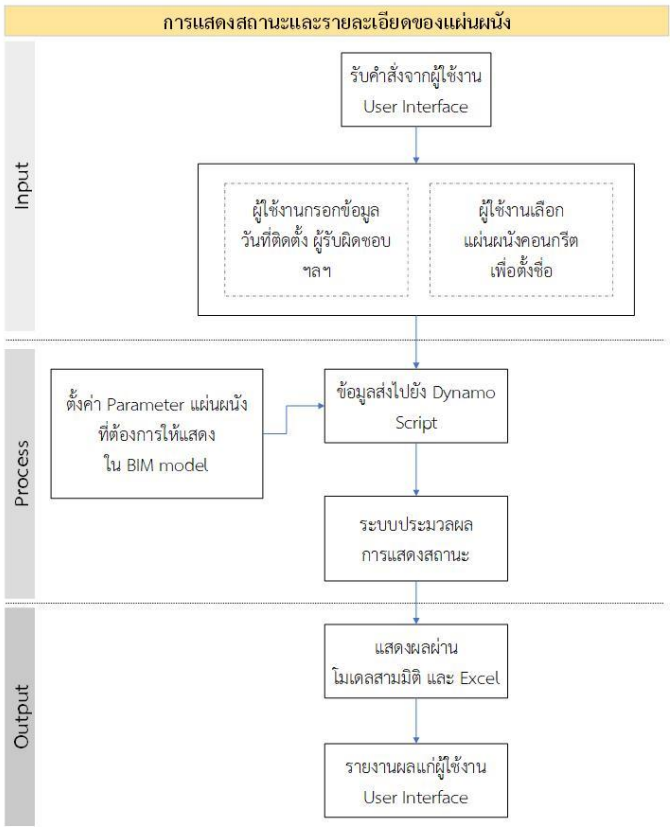
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 3.4 การพัฒนาระบบการบริหารจัดการแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา



ภาพที่ 3.5 หลักการทำงานของ Dynamo ในการจัดเรียงแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา



ภาพที่ 3.6 หลักการทำงานของ Dynamo ในการติดตามแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา

บทที่ 4
การพัฒนาระบบการวางแผนติดตั้งและติดตามแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา

การพัฒนาระบบการวางแผนและติดตามแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูป ประกอบไปด้วยหลายขั้นตอน โดยการพัฒนาจะใช้โมเดลสามมิติที่สร้างจากโปรแกรม Revit จากนั้นกำหนดค่าเบื้องต้นของโมเดลให้สอดคล้องกับระบบที่ได้พัฒนา หลังจากการกำหนดค่าผู้วิจัยแบ่งการพัฒนาออกเป็นสองส่วน คือ การพัฒนาการวางแผนและการติดตามแผ่นผนัง โดยในแต่ละส่วนของการพัฒนามีรายละเอียดและขั้นตอนต่างๆ เพื่อให้ระบบทำงานได้อย่างสมบูรณ์ โดยจะกล่าวในส่วนต่อไป

4.1 การสร้างชิ้นส่วนแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาและโมเดลอาคารที่ใช้ร่วมกัน

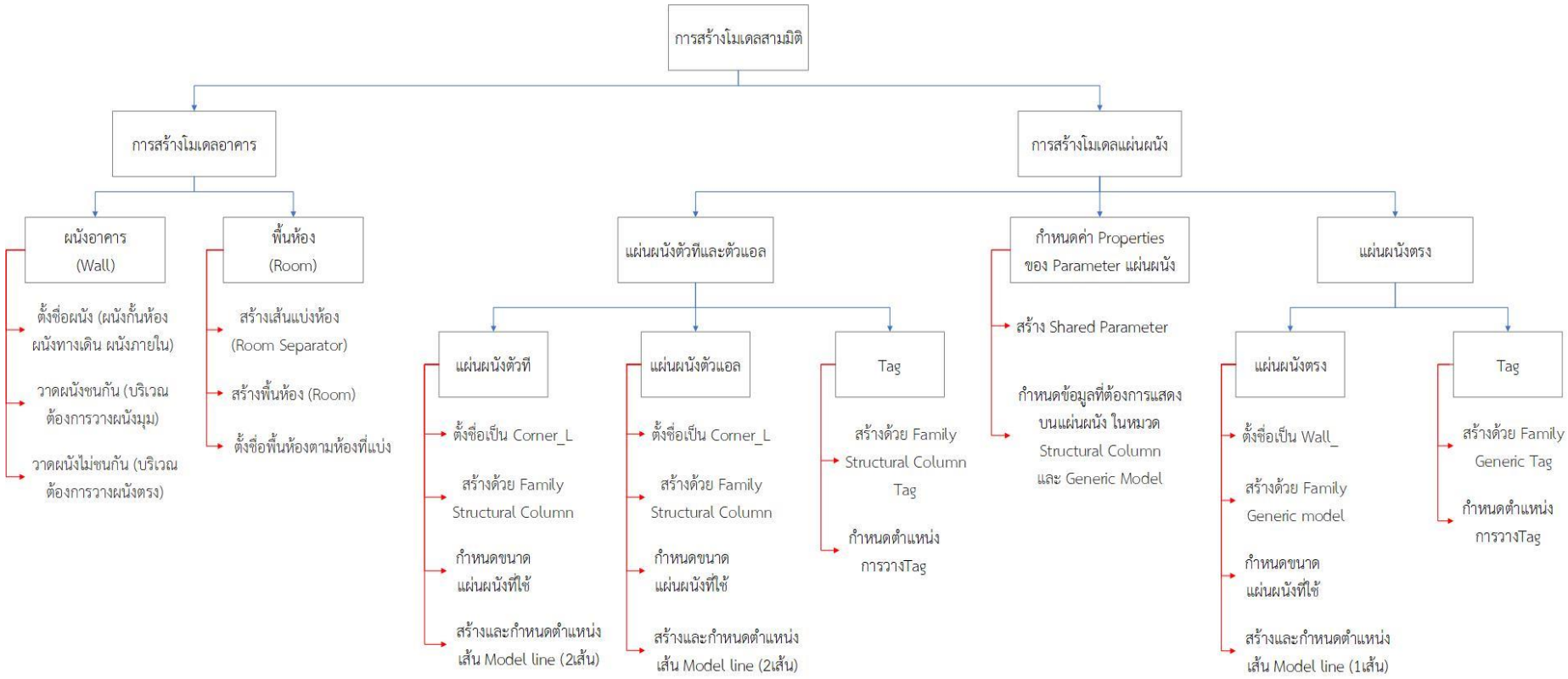
การสร้างชิ้นส่วนแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา เป็นขั้นตอนพื้นฐานในการพัฒนาระบบการวางแผนติดตั้งแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา เนื่องจาก BIM model ในระบบไม่ได้กำหนดรายละเอียดข้อมูลที่ใช้ในการบริหารจัดการของแผ่นผนังไว้ โดยการพัฒนาระบบจึงจำเป็นต้องกำหนดค่า parameter ต่าง ๆ เพื่อแสดงคุณสมบัติของ แผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา ซึ่งแบ่งข้อมูลเป็น 2 ส่วน คือ การกำหนดข้อมูลของแผ่นผนัง เป็นข้อมูลที่ถูกรวบรวมไว้ ในรูปแบบของตัวอักษร เพื่อบอกรายละเอียดต่าง ๆ ของแผ่นผนัง และการออกแบบแผ่นผนัง เป็นการสร้างแผ่นผนังในรูปแบบสามมิติภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด ซึ่งงานวิจัยนี้ แบ่งองค์ประกอบพื้นฐานในการสร้างชิ้นส่วนแผ่นผนังและโมเดลอาคารที่ใช้ร่วมกัน เป็นสององค์ประกอบหลัก ได้แก่ การสร้างโมเดลอาคาร และการสร้างโมเดลแผ่นผนังคอนกรีต โดยการสร้างโมเดลอาคาร มีข้อกำหนดในเรื่องของการสร้างผนังอาคาร (Wall) และพื้นห้อง (Room) ส่วนการสร้างโมเดลแผ่นผนัง มีข้อกำหนดในการสร้างแบ่งย่อยเป็นของแผ่นผนังมุมและผนังตรง โดยแผ่นผนังทั้งสองประเภทจะต้องกำหนดค่า parameter ที่จะแสดงเป็นประเภทหรือชนิดเดียวกัน รายละเอียดดังภาพที่ 4.1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

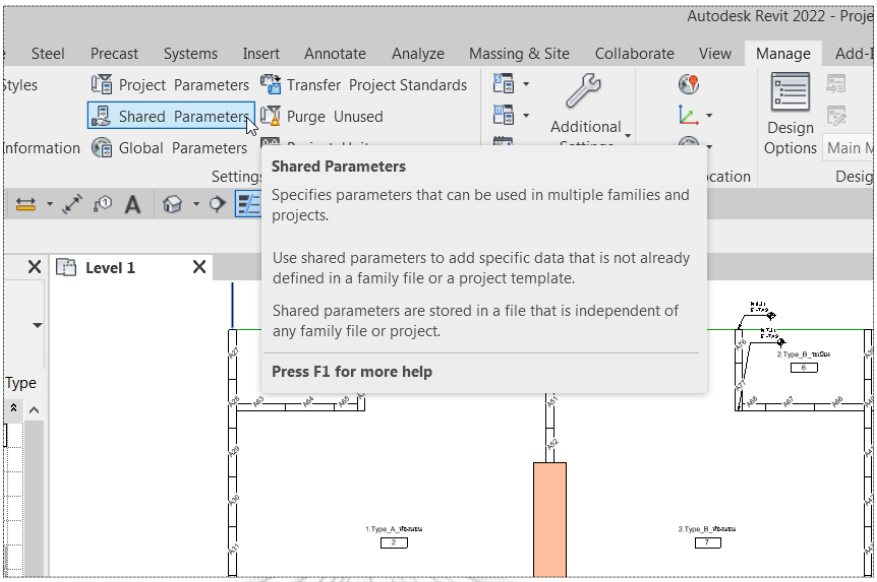
4.1.1 การกำหนดค่า parameter เพื่อแสดงข้อมูลแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา

การกำหนดค่า parameter เพื่อแสดงข้อมูลแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา เป็นขั้นตอนแรกของการพัฒนาระบบ เนื่องจากการกำหนดค่า parameter เป็นการกำหนดให้โปรแกรม Revit แสดงค่าคุณสมบัติของแผ่นผนัง ผ่านช่อง properties ซึ่งแสดงอยู่ทางหน้าต่างด้านซ้ายของโปรแกรม โดยข้อมูลที่แสดงจะเป็นรายละเอียดของแผ่นผนัง เช่น ชื่อแผ่นผนัง วันที่ และผู้รับผิดชอบ เป็นต้น เมื่อกำหนดค่า parameter ต่าง ๆ ของแผ่นผนังแล้วเสร็จ กลุ่มของ parameter จะถูกสร้างขึ้น เพื่อให้ใช้งานร่วมกับโครงการอื่น ๆ ได้ โดยไม่ต้องสร้าง parameter ใหม่ ซึ่งขั้นตอนในการกำหนดค่า parameter มีดังนี้

1. กำหนดค่า shared parameter ในแถบเมนู Manage เพื่อกำหนดให้โปรแกรม Revit แสดงคุณสมบัติของแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา ผ่านช่อง properties ของโปรแกรม การกำหนด shared parameter เป็นการกำหนดให้กลุ่มของ parameter สามารถใช้ร่วมกับโครงการอื่นๆ ที่ต้องการใช้ค่า parameter ชนิดเดียวกัน โดยกลุ่ม shared parameters เป็นกลุ่มที่รวมคุณสมบัติต่างๆ ของ parameter ไว้

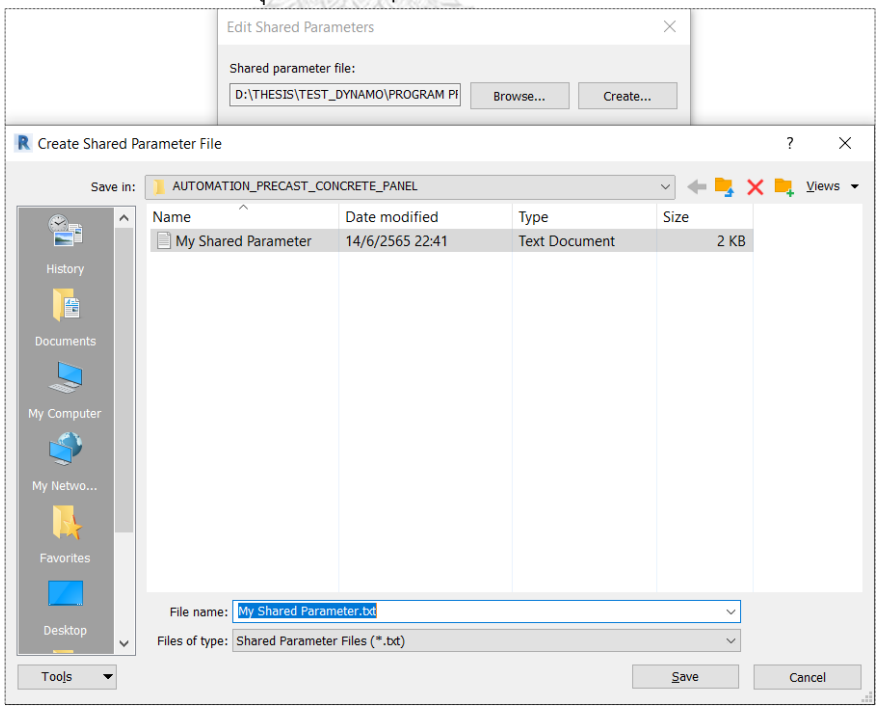


ภาพที่ 4.1 รายละเอียดการสร้างโมเดลสามมิติ

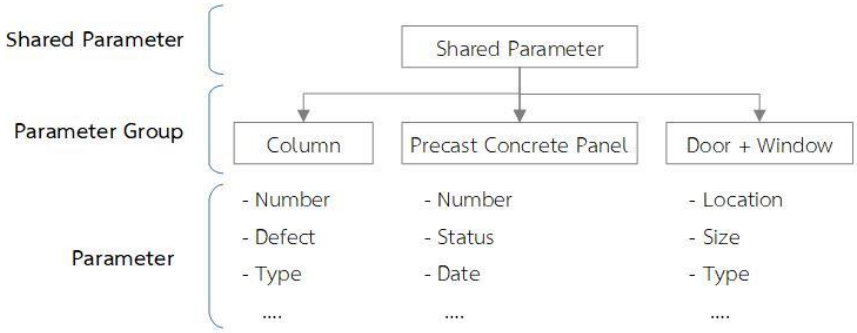


ภาพที่ 4.2 การสร้าง Shared Parameters (1)

2. การสร้างกลุ่ม Group สำหรับ Shared parameters ดำเนินการเลือกเมนู Manage ในโปรแกรม Revit จากนั้นคลิกที่ Create เพื่อสร้างกลุ่ม shared parameters จากนั้นโปรแกรมจะแสดงหน้าต่าง Create Shared Parameter File เพื่อให้เลือกโฟลเดอร์หรือตำแหน่งที่ต้องการจัดเก็บกลุ่ม sheard parameters และตั้งชื่อไฟล์เพื่อนำไปใช้งาน



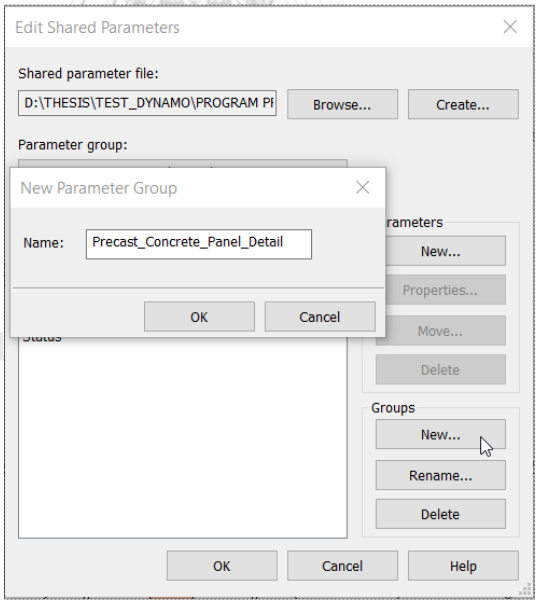
ภาพที่ 4.3 การสร้าง Shared Parameters (2)



ภาพที่ 4.4 โครงสร้างข้อมูลที่กำหนด Shared Parameters

ในหนึ่งกลุ่มของ Sheard parameters สามารถบรรจุกลุ่มย่อย ๆ ของ parameter ได้ เช่น ในแต่ละโครงการมีกลุ่ม Family ต่าง ๆ ที่ต้องการให้แสดงค่า Properties ที่ต่างกัน ทำให้การกำหนดค่า parameter ก็จะต่างกันออกไปด้วย โดยในกลุ่มของ parameter นั้นๆ สามารถสร้าง parameter ย่อย ๆ ลงไปได้อีก เพื่อเป็นการระบุค่าสถานะต่างๆ ที่ต้องการแสดง

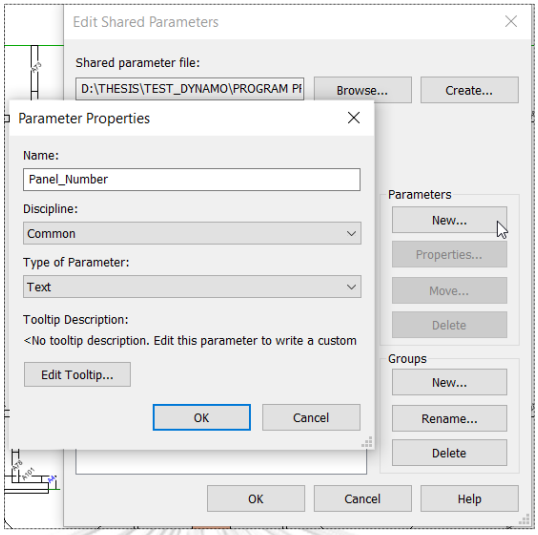
3. หลังจากสร้างกลุ่ม sheard parameters จะต้องสร้างกลุ่มของ parameter แผ่นผนังเพื่อกำหนดตัวแปรในกลุ่ม parameter นั้นๆด้วย โดยขั้นตอนในการสร้างจะดำเนินการผ่านหน้าต่าง Edit Shared Parameters และคลิก New Group เพื่อตั้งชื่อ Parameter Group



ภาพที่ 4.5 การสร้าง Parameter Group

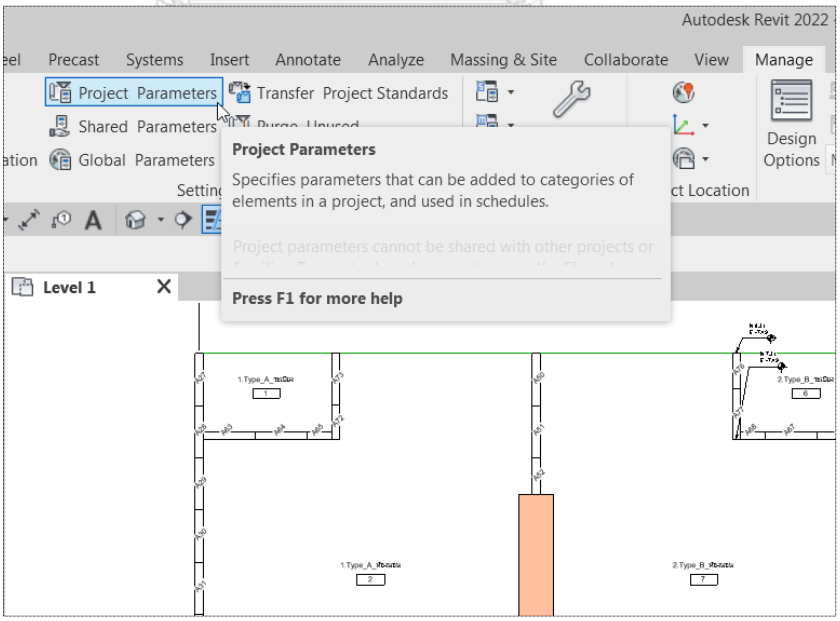
4. หลังจากสร้าง Parameter Group จะต้องสร้าง Parameters ของแผ่นผนัง ในส่วนนี้จะเป็นข้อมูลที่แสดงบนหน้าต่าง Properties โดยขั้นตอนในการสร้างจะดำเนินการผ่านหน้าต่าง Edit Shared Parameters และคลิก New Parameters เพื่อตั้งชื่อ Parameter Properties แต่ละตัวที่ต้องการให้แสดง เช่น ชื่อแผ่นผนัง วันที่ และผู้รับผิดชอบ เป็นต้น

โดย Parameter Properties ทุกตัว จะต้องกำหนด Type of Parameter เป็น Text ดังภาพที่ 4.6



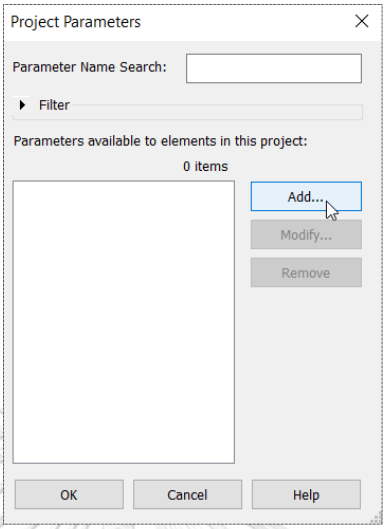
ภาพที่ 4.6 การสร้าง Parameter Properties

5. เมื่อกำหนดค่าต่าง ๆ ใน Shared Parameters แล้วเสร็จ ขั้นตอนต่อไปต้องกำหนดการตั้งค่า Project Parameters เพื่อดึงค่า Properties ใน shared parameter เข้าสู่โมเดลอาคารที่ใช้งาน (Project Parameters เป็นการกำหนดค่า parameter เฉพาะในโครงการนั้นๆ ส่วน Shared Parameters เป็นการกำหนดค่า parameter ให้สามารถดึงค่าใช้งานได้หลายโครงการ)

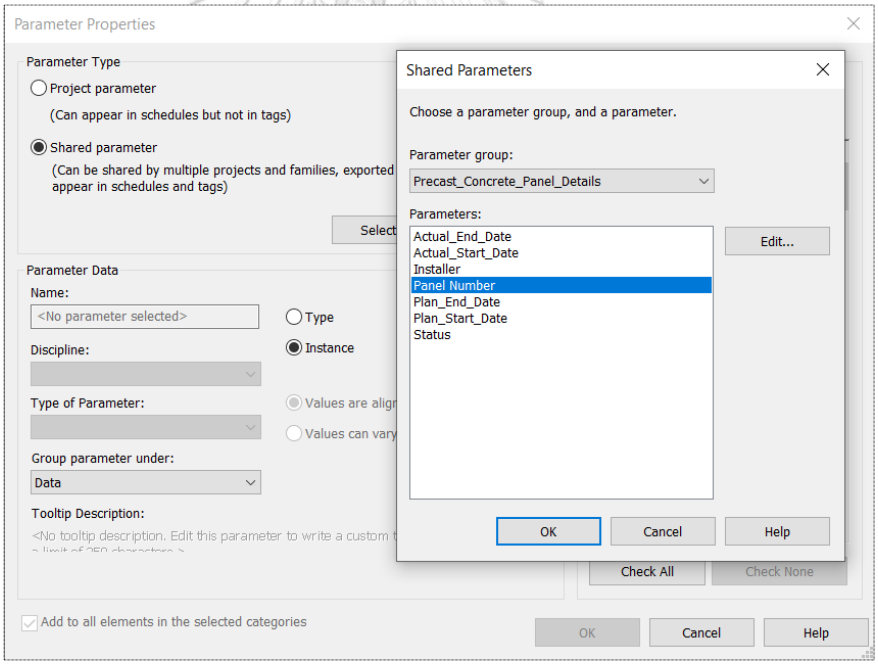


ภาพที่ 4.7 การสร้าง Project parameter (1)

6. คลิก Add เพื่อเพิ่ม parameter ที่ต้องการเข้าสู่โมเดลอาคาร จากนั้นจะปรากฏหน้าต่าง Parameter Properties ดังภาพที่ 4.9 ทำการเลือก Shared parameter เพื่อดึงค่าที่กำหนดไว้แล้วมาใช้งาน และกำหนด Group parameter เป็น data ดังภาพที่ 4.9

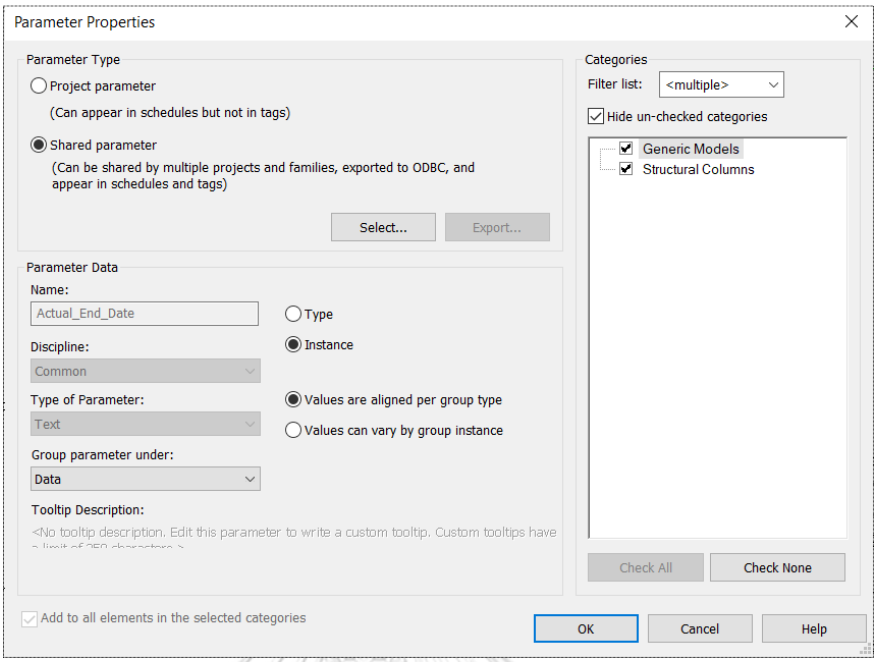


ภาพที่ 4.8 การสร้าง Project parameter (2)



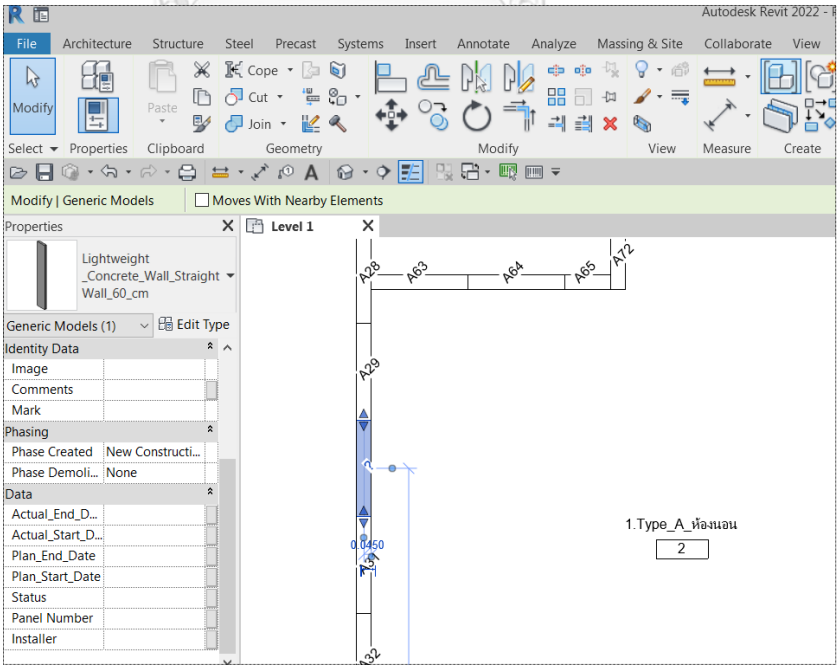
ภาพที่ 4.9 การสร้าง Project parameter (3)

7. เมื่อกำหนด Parameter Type และ Parameter Data เรียบร้อยแล้ว จากนั้นเลือก Categories เป็น Generic Model และ Structural Columns แล้วคลิก OK ดังภาพที่ 4.10ดำเนินการกำหนดค่ากับทุก parameter ที่ต้องการให้แสดงผ่านหน้าต่าง Properties ทางซ้าย ตามขั้นตอนที่ 6 และ 7 (การเลือก Categories มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดให้โมเดลแผ่นผนังทุกชิ้นที่อยู่ใน Categories นั้นๆ แสดงช่อง Properties ให้เหมือนกันทุกแผ่นผนัง)

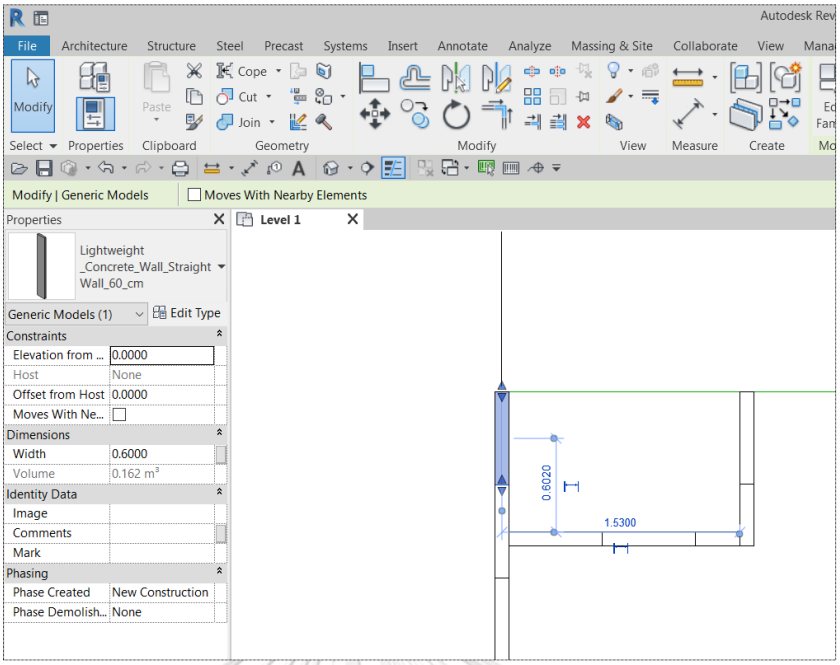


ภาพที่ 4.10 การสร้าง Project parameter (4)

8. การทดสอบข้อมูลที่แสดงในทุกชิ้นส่วนที่อยู่ใน Family Generic Model และ Structural Columns ในช่อง Properties จะแสดง Data ตามที่ตั้งค่าไว้ โดยค่า Properties ของแผ่นผนังแสดงดังภาพที่ 4.11



ภาพที่ 4.11 Properties ของแผ่นผนังหลังการกำหนดค่า Parameter



ภาพที่ 4.12 Properties ของแผ่นผนังก่อนการกำหนดค่า Parameter

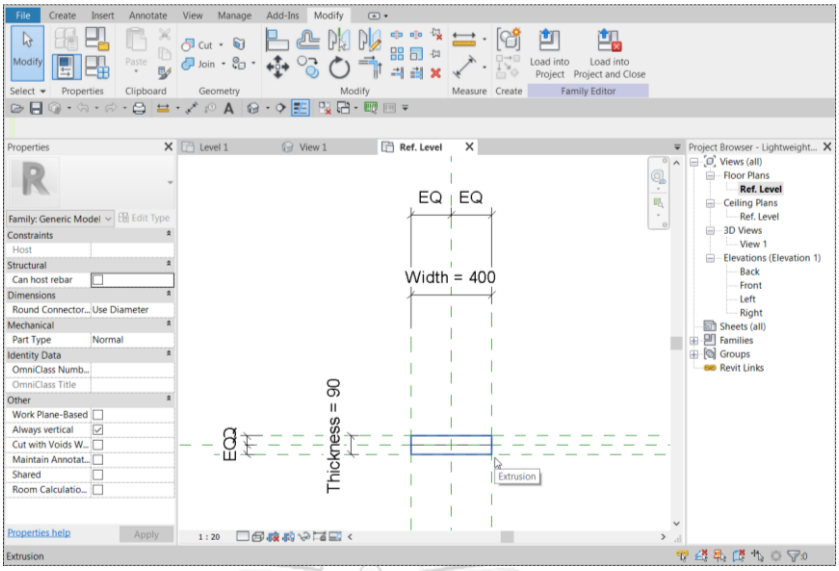
4.1.2 การสร้างโมเดลแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา

งานวิจัยนี้พัฒนาระบบการวางแผนติดตั้งและติดตามแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา โดยการสร้างโมเดลแผ่นผนังเป็นการสร้างโมเดลที่มีลักษณะและรูปแบบเฉพาะตัว และการใช้งานโมเดลแผ่นผนังภายใต้โปรแกรม Revit ยังไม่มีให้เลือกให้ งานวิจัยจึงจำเป็นต้องกำหนดเงื่อนไขในการสร้าง คุณสมบัติและรูปแบบต่าง ๆ เพื่อให้แผ่นผนังที่ถูกสร้างขึ้นสามารถนำไปใช้กับโมเดลอาคารอื่น ๆ โดยการสร้างโมเดลแผ่นผนังภายใต้โปรแกรม Revit จะต้องสร้างในรูปแบบของ Family ซึ่งงานวิจัยนี้แบ่งชนิด Family ของแผ่นผนังเป็นชนิดแผ่นตรงและชนิดแผ่นมุม

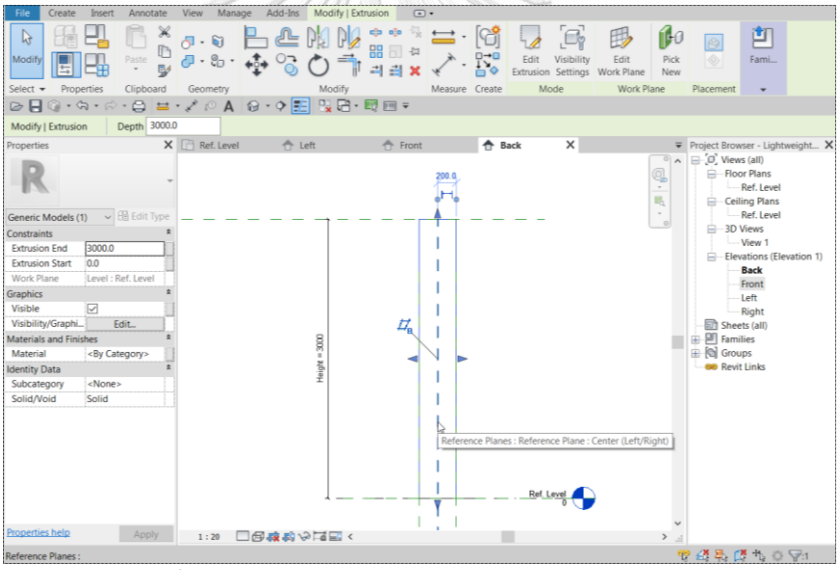
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.1.2.1 การสร้างโมเดลแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาชนิดแผ่นตรง

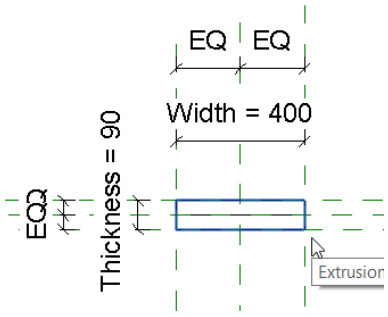
การสร้างโมเดลแผ่นผนังชนิดแผ่นตรง เป็นการสร้างโมเดลแผ่นผนังใน Family ประเภท Generic model โดยขั้นตอนของการสร้าง ผู้ใช้งานเปิดโปรแกรม Revit และเลือก New Family ซึ่งการสร้างโมเดลสามมิติของแผ่นผนังตรงจะทำผ่านมุมมอง Ref.Level โดยจะกำหนดขนาดหน้าตัด (ความกว้างและความหนา) ของแผ่นผนัง ดังภาพที่ 4.13 และความสูงของแผ่นผนัง ดังภาพที่ 4.14 ตามขนาดที่ต้องการสร้าง หลังจากกำหนดขนาดของแผ่นผนัง จำเป็นต้องลากเส้น Model line บริเวณกึ่งกลางหน้าตัดตามแนวนอนของโมเดลแผ่นผนัง ดังภาพที่ 4.15 โดยการใส่เส้น Model line เพื่อเป็นข้อกำหนดของการใส่ Tag number ในขั้นถัดไป



ภาพที่ 4.13 การสร้างโมเดลแผ่นผนังตรง (หน้าตัดผนัง)



ภาพที่ 4.14 การสร้างโมเดลแผ่นผนังตรง (ด้านข้างผนัง)

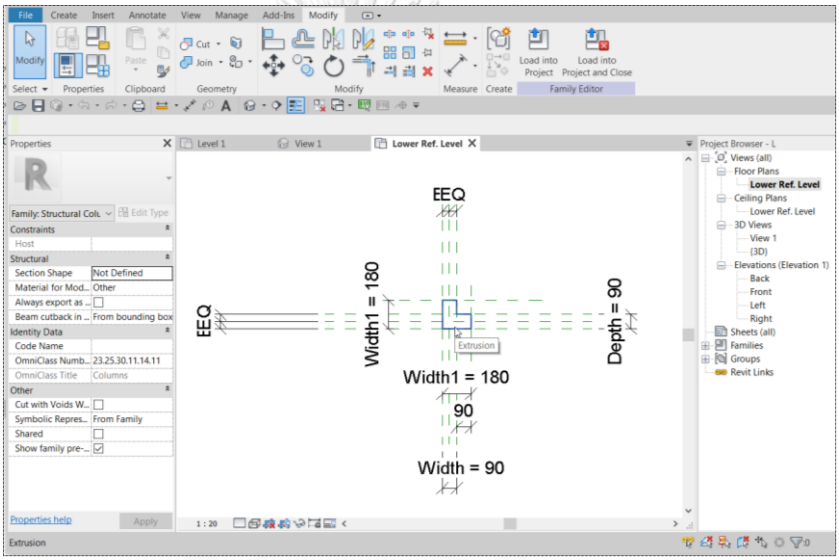


ภาพที่ 4.15 หน้าตัดโมเดลแผ่นผนังตรงและจุดเส้น Model line

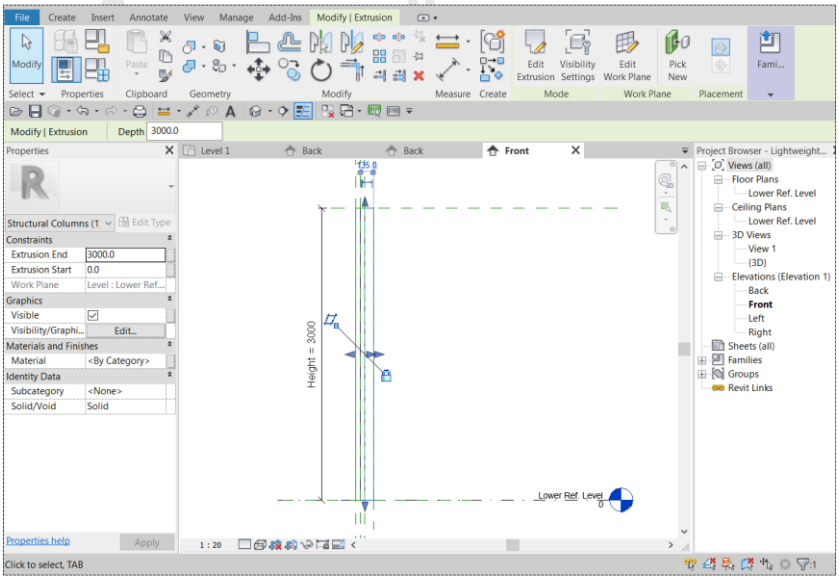
4.1.2.2 การสร้างโมเดลแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาชนิดแผ่นมุม

- **แผ่นผนังมุมตัวแอล**

1. การสร้างแผ่นผนังมุมตัวแอล เป็นการสร้างโมเดลแผ่นผนังใน Family ประเภท Structural column โดยขั้นตอนของการสร้าง ผู้ใช้งานเปิดโปรแกรม Revit และเลือก New Family เช่นเดียวกับแผ่นผนังตรง ซึ่งการสร้างโมเดลสามมิติของแผ่นผนังมุมตัวแอล จะทำผ่านมุมมอง Lower Ref.Level โดยจะกำหนดขนาดหน้าตัดของแผ่นผนัง ดังภาพที่ 4.16 และความสูงของแผ่นผนัง ดังภาพที่ 4.17 ตามขนาดที่ต้องการสร้าง หลังจากกำหนดขนาดของแผ่นผนัง แผ่นผนังมุมตัวแอลจำเป็นต้องสร้างเส้น Model line สองเส้น ในมุมมอง front และ back การใส่เส้น Model line เพื่อเป็นข้อกำหนดของการวางแผ่นผนังมุมตัวแอล และการเว้นช่วงผนังบริเวณที่จะทับกับแผ่นผนังตัวแอล

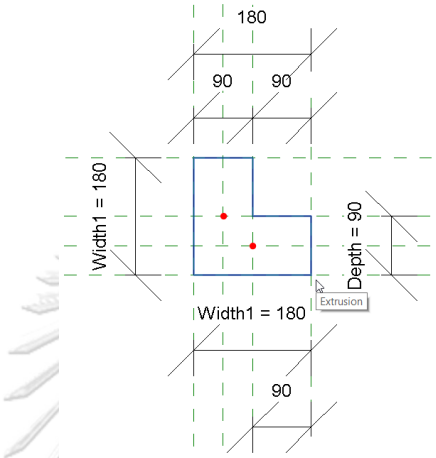


ภาพที่ 4.16 การสร้างโมเดลแผ่นผนังตัวแอล (หน้าตัดผนัง)

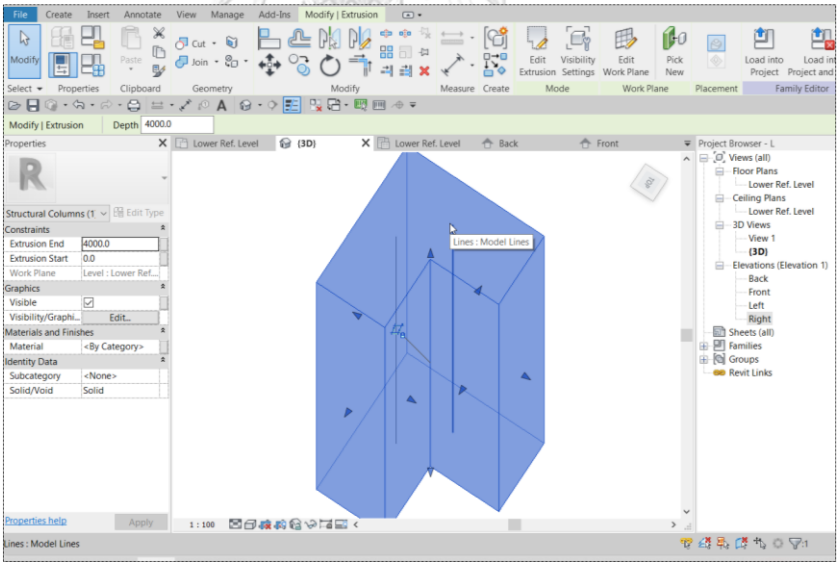


ภาพที่ 4.17 การสร้างโมเดลแผ่นผนังตัวแอล (ด้านข้างผนัง)

2. ภาพหน้าตัดโมเดลแผ่นผนังตัวแอล แสดงให้เห็นเส้น Reference Plane (สีเขียว) ที่มีจุดตัดกันสามจุด โดยเงื่อนไขของการสร้างแผ่นผนังตัวแอลจะยึดจุดตัดเพียงสองจุด (สีแดง) ซึ่งระยะของหน้าตัดแผ่นผนัง เมื่อวัดจากจุดสีแดงแต่ละจุดตามเส้น Reference Plane ไปชนขอบของโมเดลแผ่นผนังตัวแอล ระยะที่วัดทางฝั่งซ้ายจะต้องเท่ากับระยะที่วัดทางฝั่งขวาและระยะที่วัดทางด้านบนจะต้องเท่ากับระยะที่วัดทางด้านล่างของแต่ละจุด ดังภาพที่ 4.18 บริเวณจุดสีแดงเป็นจุดที่เส้น Model line ถูกสร้างไว้ สามารถมองเห็นเส้นในมุมมอง 3D ดังภาพที่ 4.19



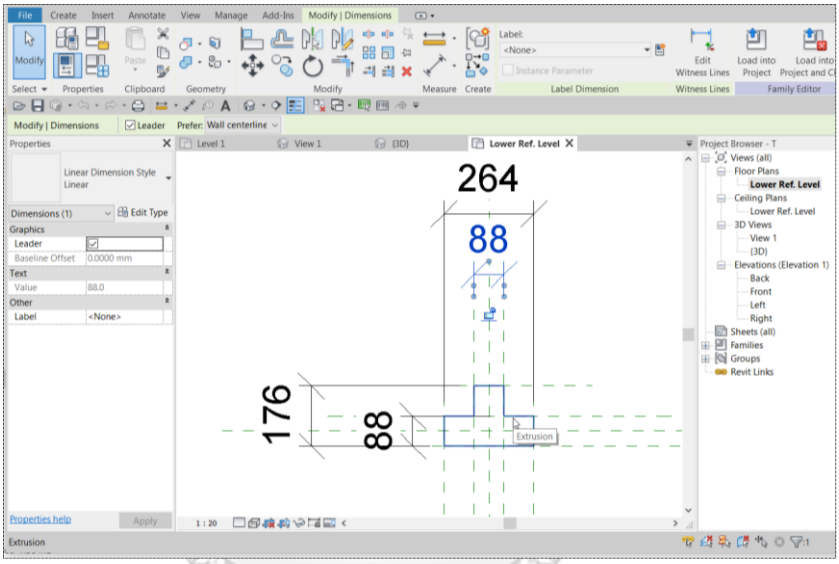
ภาพที่ 4.18 หน้าตัดโมเดลแผ่นผนังตัวแอลและจุดเส้น Model line



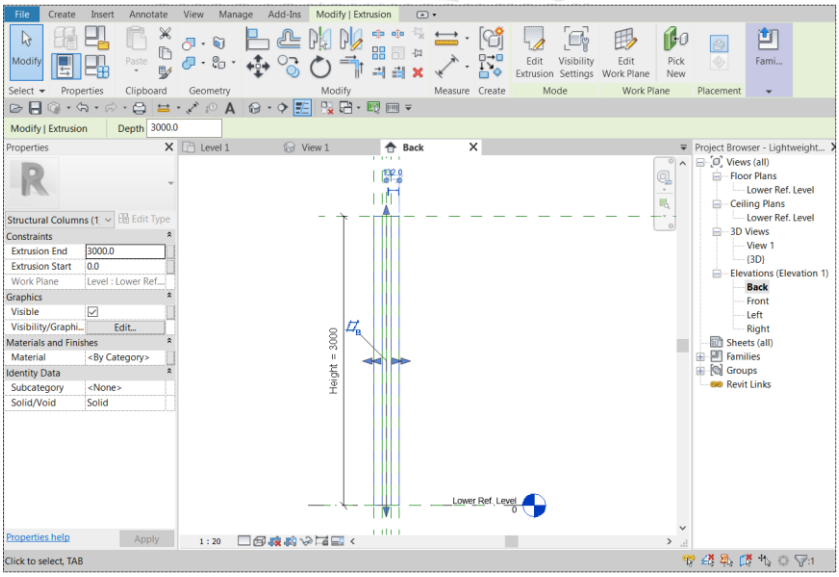
ภาพที่ 4.19 โมเดลสามมิติแผ่นผนังตัวแอลและเส้น Model line

- **แผ่นผนังมุมตัวที**

1. การสร้างแผ่นผนังมุมตัวที เป็นการสร้างโมเดลแผ่นผนังใน Family ประเภท Structural column โดยขั้นตอนของการสร้าง ผู้ใช้งานเปิดโปรแกรม Revit และเลือก New Family เช่นเดียวกับแผ่นผนังตัวแอล ซึ่งการสร้างโมเดลสามมิติของแผ่นผนังมุมตัวที จะทำผ่านมุมมอง Lower Ref.Level โดยจะกำหนดขนาดหน้าตัดของแผ่นผนัง ดังภาพที่ 4.20 และความสูงของแผ่นผนัง ดังภาพที่ 4.21 ตามขนาดที่ต้องการสร้าง หลังจากกำหนดขนาดของแผ่นผนัง แผ่นผนังมุมตัวทีจำเป็นต้องสร้างเส้น Model line หนึ่งเส้น บริเวณกึ่งกลางของโมเดล ในมุมมอง View1 (3D View) การใส่เส้น Model line เพื่อเป็นข้อกำหนดของการวางแผ่นผนังมุมตัวที และการเว้นช่วงผนังบริเวณที่จะทับกับแผ่นผนังตัวที

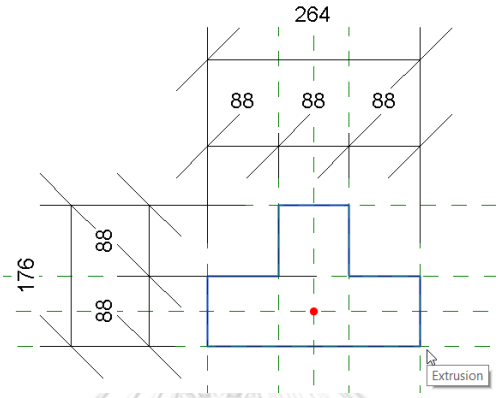


ภาพที่ 4.20 การสร้างโมเดลแผ่นผนังตัวที (หน้าตัดผนัง)

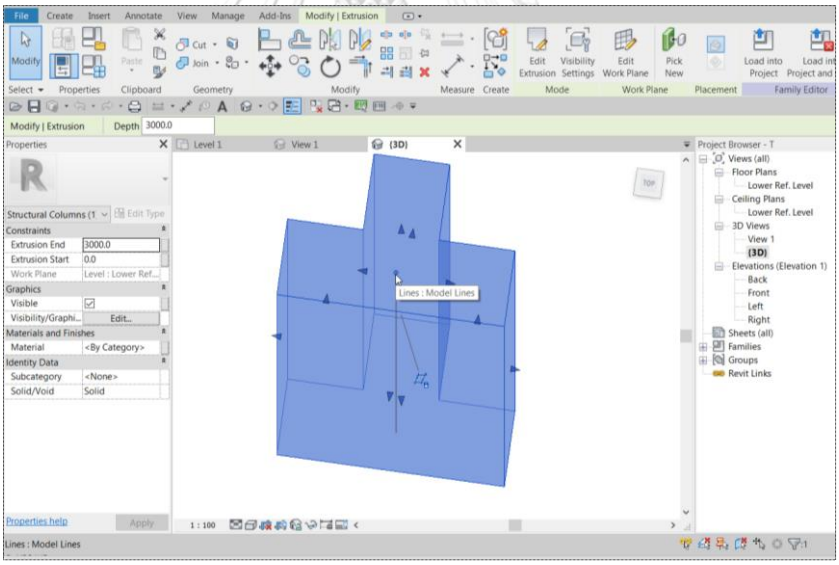


ภาพที่ 4.21 การสร้างโมเดลแผ่นผนังตัวที (ด้านข้างผนัง)

2. ภาพหน้าตัดโมเดลแผ่นผนังตัวที แสดงให้เห็นเส้น Reference Plane (สีเขียว) ที่มีจุดตัดกัน ซึ่งเงื่อนไขของการสร้างแผ่นผนังตัวที จะยึดจุดตัดบริเวณกึ่งกลางของแผ่นผนังตัวที (จุดสีแดง) ระยะของหน้าตัดแผ่นผนัง เมื่อวัดจากจุดสีแดงตามเส้น Reference Plane ไปชนขอบของโมเดลแผ่นผนังตัวที ระยะที่วัดทางฝั่งซ้ายจะต้องเท่ากับระยะที่วัดทางฝั่งขวาและจะต้องเท่ากับระยะที่วัดทางด้านบน ดังภาพที่ 4.22 บริเวณจุดสีแดงเป็นจุดที่เส้น Model line ถูกสร้างไว้ สามารถมองเห็นเส้นในมุมมอง 3D ดังภาพที่ 4.23



ภาพที่ 4.22 หน้าตัดโมเดลแผ่นผนังตัวทีและจุดเส้น Model line

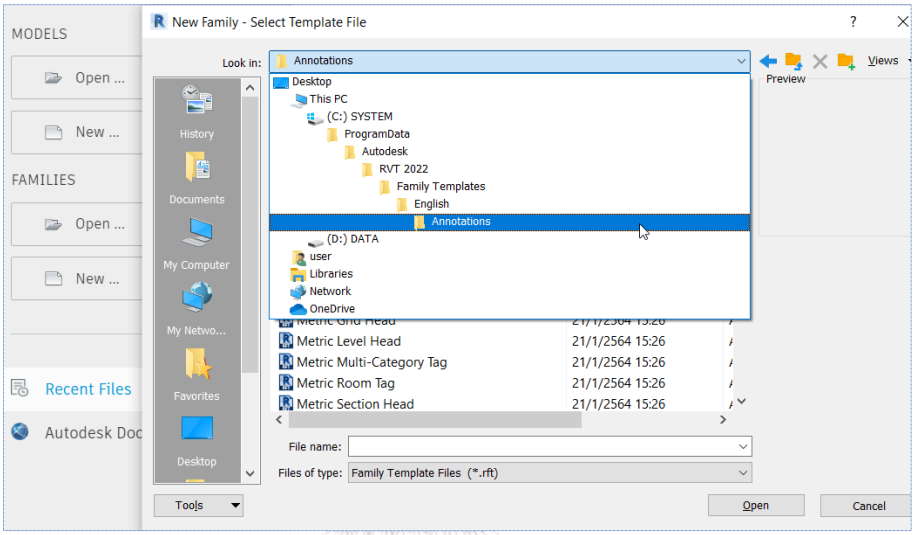


ภาพที่ 4.23 โมเดลสามมิติแผ่นผนังตัวทีและเส้น Model line

4.1.2.3 การสร้าง Tag ของแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา

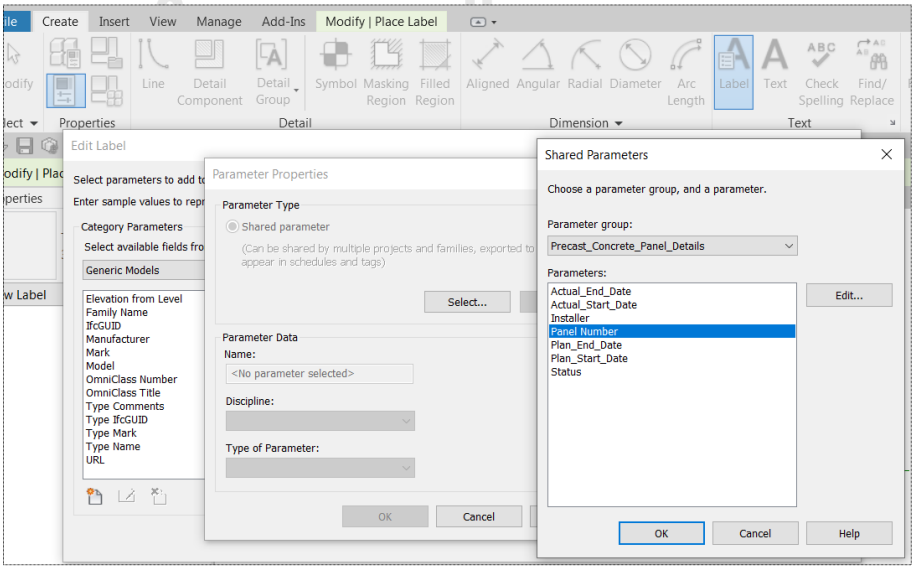
การสร้าง Tag ของแผ่นผนังคอนกรีต คือการสร้างป้ายชื่อให้แก่แผ่นผนัง โดยขั้นตอนของการพัฒนาระบบการติดตาม ระบบจะมีการระบุตำแหน่งของแผ่นผนังที่ต้องการแก้ไข ซึ่งการติด Tag แก่แผ่นผนังแต่ละแผ่นจะทำให้ผู้ใช้งานสังเกตและระบุตำแหน่งของแผ่นผนังได้ง่ายขึ้น เนื่องจากใน BIM model ยังไม่มีการกำหนด Tag Family ที่เหมาะสมกับโมเดลแผ่นผนังที่ถูกพัฒนาขึ้น งานวิจัยจึงได้กำหนดขั้นตอนในการสร้าง เพื่อให้โมเดลต่างๆ ทำงานร่วมกันได้อย่างเป็นระบบ ตามขั้นตอนดังนี้

1. การสร้าง Tag สำหรับแผ่นผนังตรง ผู้ใช้งานเปิดโปรแกรม Revit และเลือก New Family จากนั้น เลือก Metric Generic Tag ภายใต้โฟล์เดอร์ Annotations ดังภาพที่ 4.24



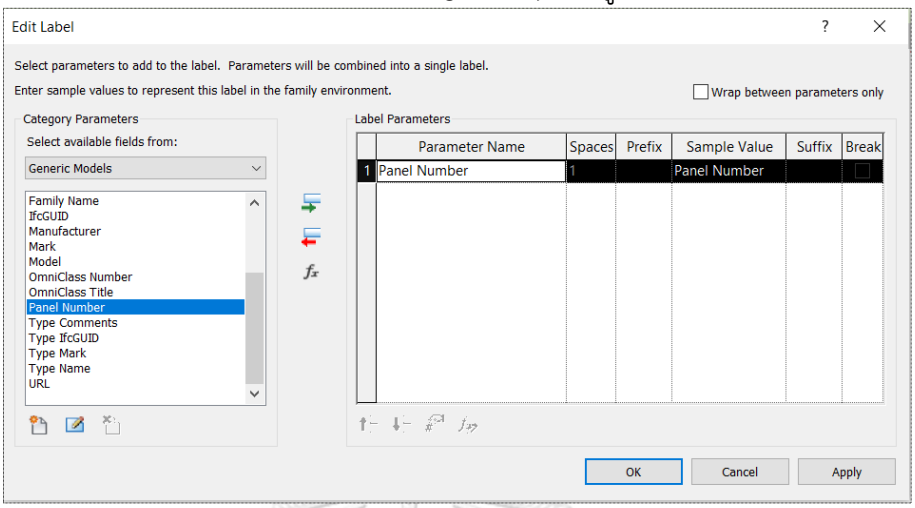
ภาพที่ 4.24 การสร้าง Tag ของแผ่นผนังตรง (1)

2. เมื่อเปิดไฟล์แล้วเสร็จ เลือก Create และ Label คลิกที่ไฟล์จะแสดงหน้าต่าง ดังภาพที่ 4.25 จากนั้น Add parameter (รูปที่มุมด้านซ้าย) เพื่อเลือก Parameter Panel Number ที่ถูกสร้างไว้ในขั้นตอนการกำหนดค่า parameter

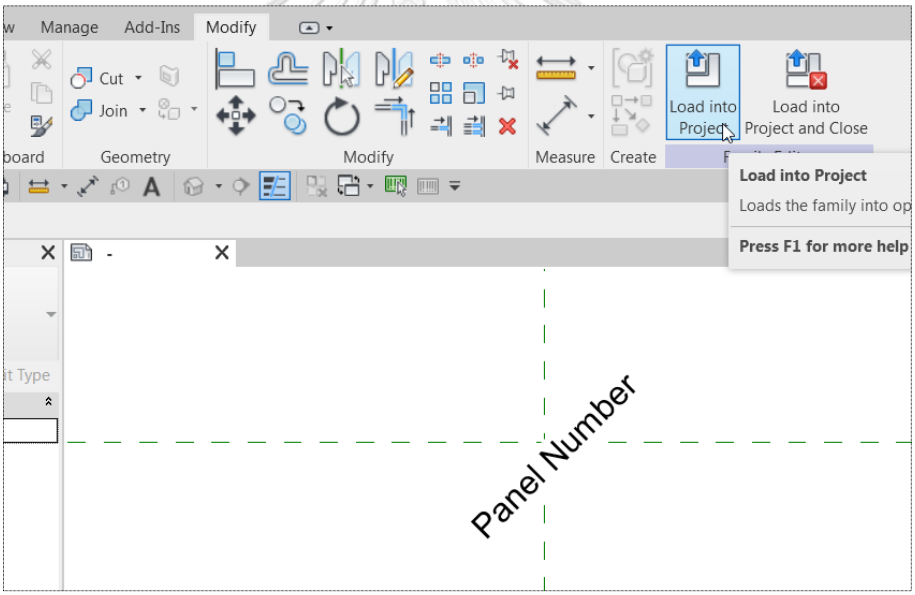


ภาพที่ 4.25 การสร้าง Tag ของแผ่นผนังตรง (2)

3. เลือกใช้งาน Parameter Panel Number โดยเลื่อนตำแหน่ง Tag ให้อยู่ตรงกลางและทำมุม 45 องศา ดังภาพที่ 4.27 จากนั้นโหลด Tag Family เข้าสู่โมเดลอาคารและ Save ไฟล์

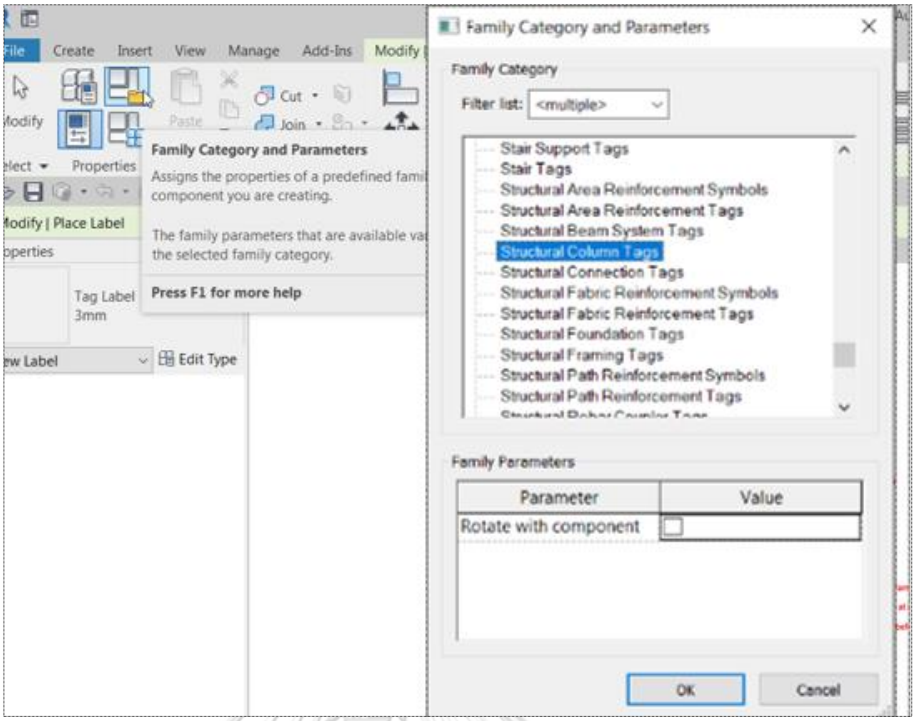


ภาพที่ 4.26 การสร้าง Tag ของแผ่นผนังตรง (3)



ภาพที่ 4.27 การสร้าง Tag ของแผ่นผนังตรง (4)

4. การสร้าง Tag สำหรับแผ่นผนังมุม ผู้ใช้งานดำเนินการตามข้อ1 ดังภาพที่ 4.24 จากนั้นเลือกแท็บ Modify เพื่อเลือกไอคอน Family Category and Parameters โดยเลือกประเภทเป็น Structural Column Tag และดำเนินการตามข้อ 2 และข้อ 3 อีกครั้ง



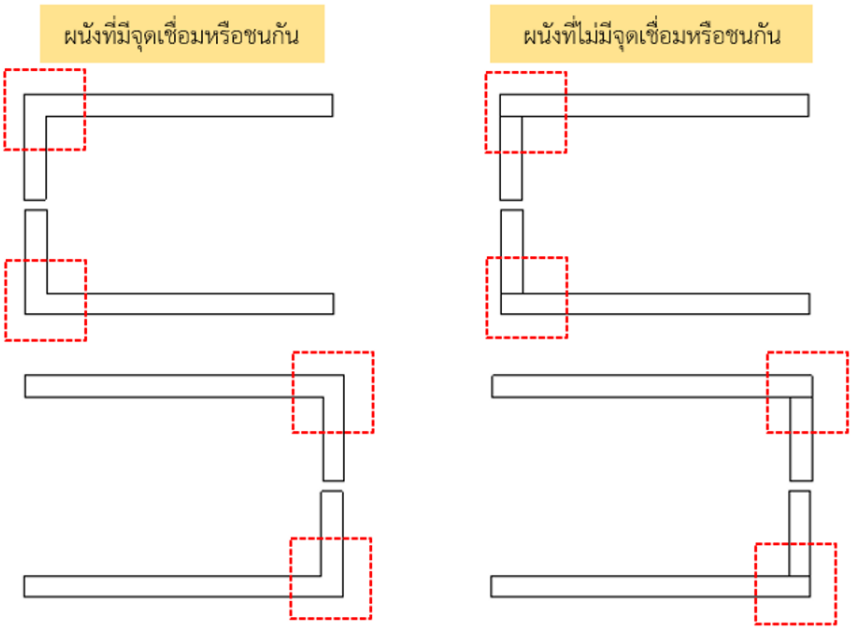
ภาพที่ 4.28 การสร้าง Tag ของแผ่นผนังมุม

4.1.3 การสร้างโมเดลอาคารสามมิติที่ใช้ร่วมกับระบบ

การเขียนโมเดลสามมิติ เป็นการเขียนโมเดลให้เป็นไปตามข้อกำหนดที่ต้องสอดคล้องกับระบบที่พัฒนา เพื่อให้โมเดลสามมิติที่สร้างขึ้นสามารถใช้งานได้กับระบบการวางแผนติดตั้งแผ่นผนัง โดยข้อกำหนดของการสร้างโมเดลอาคารสามมิติ ได้แก่ การวาดผนังโมเดลสามมิติในบริเวณที่ต้องการวางแผ่นผนังมุมชนิดตัวทีกับตัวแอล จำเป็นต้องวาดผนังให้มีจุดชนหรือเชื่อมกัน บริเวณที่ต้องการวางแผ่นผนังตรง จำเป็นต้องวาดผนังไม่ให้มีจุดเชื่อมหรือชนกัน ให้วาดผนังสัมผัสกันเท่านั้น และข้อกำหนดในการวาดพื้นของโมเดลสามมิติ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. **การวาดผนังโมเดลสามมิติบริเวณจุดมุมภายในห้อง**

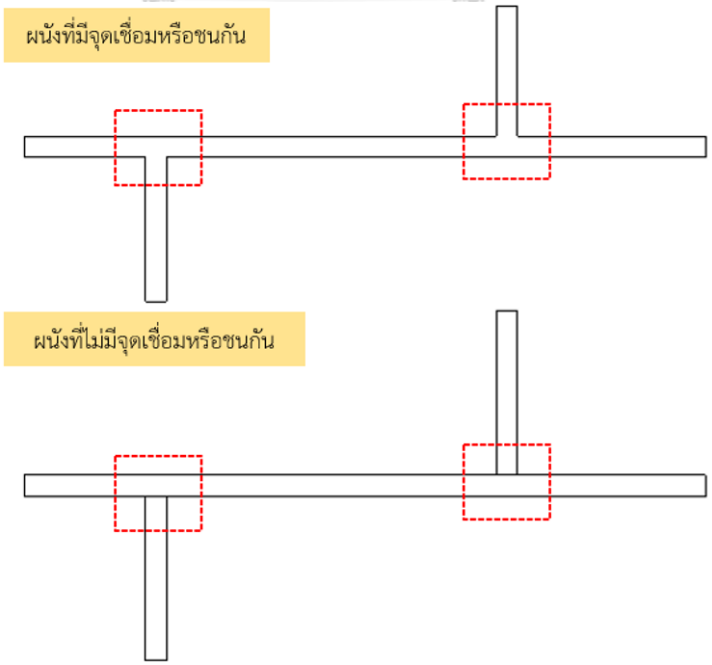
การวาดผนังโมเดลสามมิติบริเวณจุดมุมภายในห้อง เป็นการวาดผนังให้ระบบสามารถรับรู้ถึงการวางแผ่นผนังตัวแอลหรือแผ่นผนังตรง โดยแบ่งเป็นสองกรณี คือ การวาดผนังให้มีจุดเชื่อมหรือชนกัน เพื่อกำหนดให้ระบบรับรู้ถึงข้อกำหนดของผนัง หากเกิดการชนกันระบบจะเลือกแผ่นผนังตัวแอลมาวางบริเวณจุดดังกล่าวตามทิศทางของมุม แต่หากการวาดผนังไม่ให้มีจุดเชื่อมหรือชนกัน ดังภาพที่ 4.29 ระบบจะไม่มีการวางแผ่นบริเวณมุมห้องและคงสภาพแผ่นผนังตามโมเดลสามมิติที่ผู้ออกแบบวาดไว้



ภาพที่ 4.29 เงื่อนไขการวาดผนังโมเดลสามมิติบริเวณจุดมุมภายในห้อง

2. การวาดผนังโมเดลสามมิติบริเวณผนังกั้นห้องและผนังทางเดิน (Corridor)

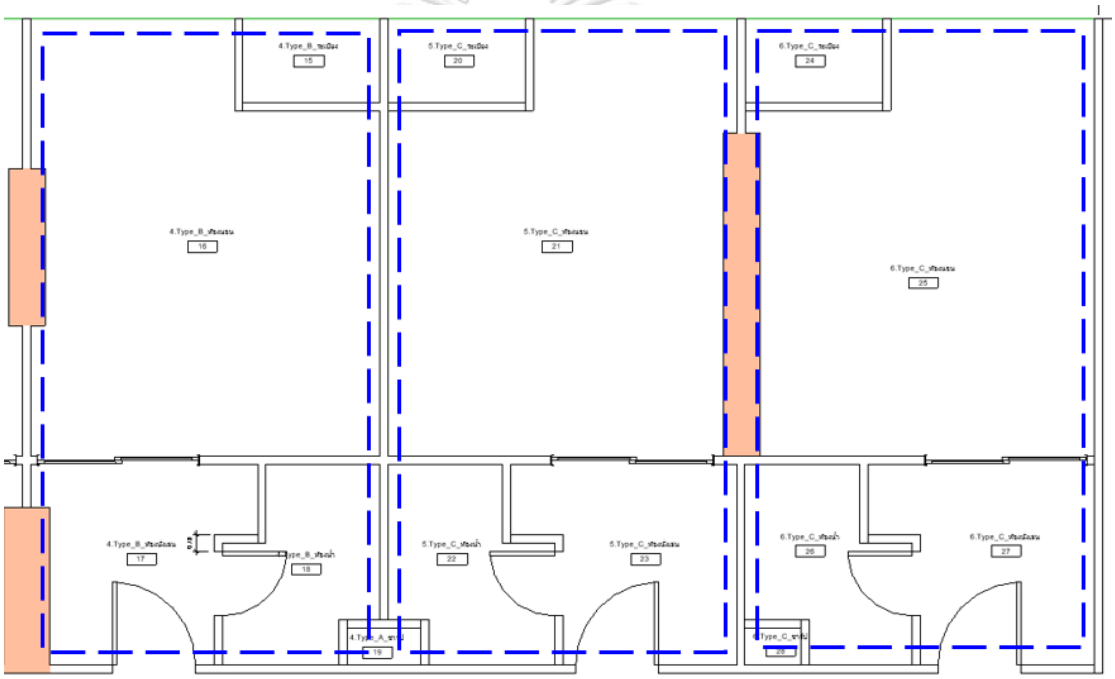
การวาดผนังโมเดลสามมิติบริเวณผนังกั้นห้องและผนังทางเดิน (corridor) เป็นการวาดผนังให้ระบบสามารถรับรู้ถึงการวางแผ่นผนังตัวทีหรือแผ่นผนังตรงโดยแบ่งเป็นสองกรณี คือ การวาดผนังให้มีจุดเชื่อมหรือชนกัน เพื่อกำหนดให้ระบบรับรู้ถึงข้อกำหนดของผนัง หากผนังกั้นห้องเกิดการชนกัน ระบบจะเลือกแผ่นผนังตัวทีมาวางบริเวณจุดดังกล่าว ในขณะที่การวาดผนังกั้นห้องไม่ให้มีจุดเชื่อมหรือชนกันกับผนังทางเดิน ดังภาพที่ 4.30 ระบบยังคงแผ่นผนังตรงตามแนวผนังทางเดินตามโมเดลสามมิติที่วาดไว้



ภาพที่ 4.30 เงื่อนไขการวาดผนังโมเดลสามมิติบริเวณผนังกั้นห้องและผนังทางเดิน

3. การวาดพื้นของโมเดลสามมิติ

การวาดพื้นในโมเดลอาคารสามมิติ เป็นการวาดพื้นภายในห้องหรือพื้นห้องที่ติดกับบริเวณผนังโมเดลอาคารที่ใช้ในการวางแผ่นผนังคอนกรีต โดยการวาดหรือกำหนดพื้นของโมเดลอาคารเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการทำงานของระบบ กล่าวคือ พื้นห้องจะเป็นตัวจัดกลุ่มแผ่นผนังคอนกรีต เพื่อใช้ในขั้นตอนการติดตามตรวจสอบแผ่นผนัง โดยขั้นตอนของการวาดพื้นโมเดลอาคารสามมิติ มีข้อกำหนด คือ พื้นห้องย่อยที่อยู่ในห้องเดียวกันให้ตั้งชื่อขึ้นต้นด้วยตัวเลขเดียวกัน ตัวอย่างดังภาพที่ 4.31 จากภาพเส้นสีน้ำเงินแสดงขอบเขตของห้องแต่ละห้อง โดยเงื่อนไขที่กล่าวมาข้างต้น หากขอบเขตเส้นสีน้ำเงิน มีจำนวนห้องย่อย ๆ หลายห้อง ให้กำหนด Room Tag ขึ้นต้นด้วยหมายเลขเดียวกันและตามด้วยชนิดและชื่อห้อง เช่น ถ้าในห้องหมายเลขสี่ประกอบด้วย ระเบียง ห้องนอน ห้องน้ำ ห้องนั่งเล่น ให้กำหนด Room Tag เป็น 4.Type_B_ระเบียง, 4.Type_B_ห้องนอน, 4.Type_B_ห้องน้ำ, 4.Type_B_ห้องนั่งเล่น เป็นต้น ซึ่งหมายเลขห้องและชนิดเป็นไปตามแบบที่มีอยู่ในโมเดลอาคาร



ภาพที่ 4.31 การกำหนดพื้นที่ห้องของโมเดลสามมิติอาคาร

4.2 แนวทางการพัฒนาระบบการวางแผนติดตั้งแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา

การพัฒนาระบบการวางแผนติดตั้งแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา เป็นการพัฒนาระบบโดยใช้โปรแกรม Autodesk Revit 2022 พัฒนาร่วมกับ Dynamo เพื่อจัดเรียงแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาให้เหลือเศษจากการจัดเรียงน้อยที่สุด ประกอบไปด้วย การวางแผ่นผนังมุมชนิดตัวทีและตัวแอล และการวางแผ่นผนังตรง โดยการวางแผนแผ่นผนัง เมื่อระบบประมวลผลจัดเรียงแผ่นผนังทั้งสองประเภทแล้วเสร็จ ระบบจะสรุปและแสดงผลจำนวนรวมถึงชนิดของแผ่นผนังในโครงการผ่านรูปแบบ BIM และ Spreadsheets เพื่อใช้ในการวางแผนติดตั้งแผ่นผนังต่อไป

4.2.1 ระบบการวางแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา

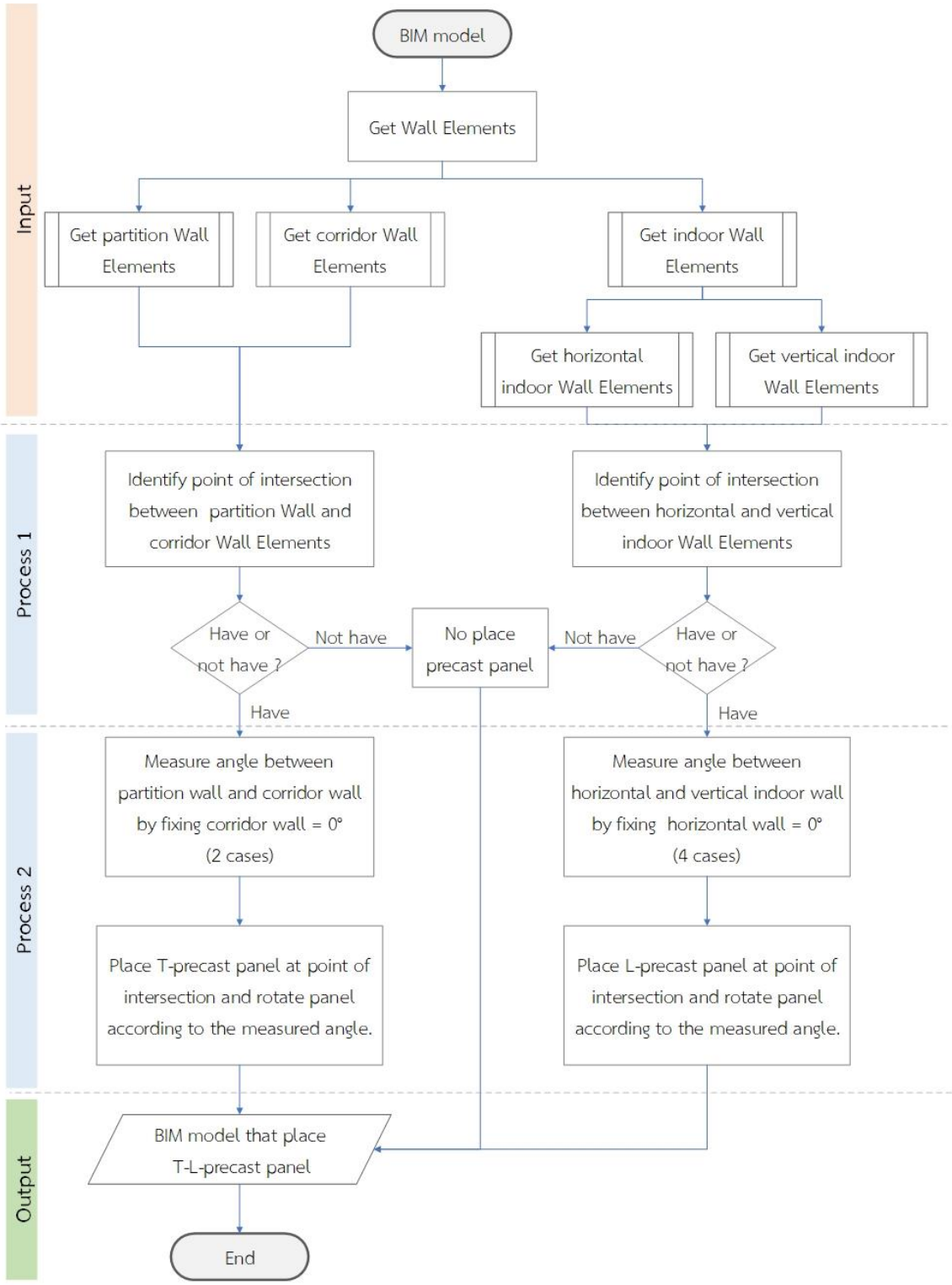
ระบบการวางแผ่นผนัง เป็นขั้นตอนการวางแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาทั้งตัวที ตัวแอล และแผ่นผนังตรงของโครงการก่อสร้าง โดยระบบการวางแผ่นผนังต้องดำเนินไปตามขั้นตอนและเงื่อนไขที่ผู้ออกแบบระบบกำหนดไว้ เพื่อความแม่นยำในการวางแผนแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาในโครงการ โดยระบบการวางแผ่นผนัง จะถูกพัฒนาเป็นสองระบบย่อย คือ ระบบการวางแผ่นผนังมุมชนิดตัวทีและตัวแอล และระบบการวางแผ่นผนังตรง ซึ่งผู้วิจัยใช้แผ่นผนังตรง ความยาว 60 ซม. แทนแผ่นผนังขนาดใหญ่ และ ความยาว 40 ซม. แทนแผ่นผนังขนาดเล็ก เป็นตัวอย่างในการพัฒนาระบบ โดยการพัฒนาระบบดำเนินไปตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

4.2.1.1 ระบบการวางแผ่นผนังมุมชนิดตัวทีและตัวแอล

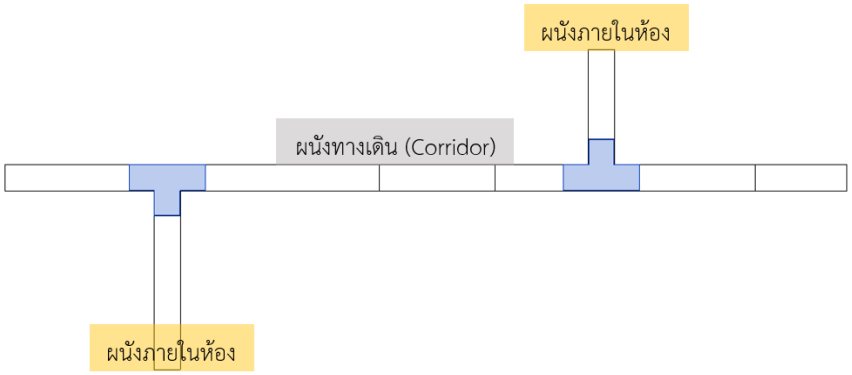
การวางแผ่นผนังมุมชนิดตัวทีและตัวแอล เป็นการวางแผ่นผนังบริเวณจุดมุมของห้องหรือบริเวณที่ต้องการให้มุมห้องนั้นๆ สวยงาม โดยขั้นตอนในการวางแผ่นผนังของระบบ จะเริ่มจากการวางแผ่นผนังที่เป็นชนิดตัวทีและตัวแอลก่อน เพื่อเป็นการระบุตำแหน่งในการเว้นช่องว่างบริเวณนั้นให้มีขนาดเท่ากับขนาดของแผ่นผนังชนิดตัวทีและตัวแอล เมื่อดำเนินการเว้นช่องสำหรับแผ่นผนังชนิดตัวทีและตัวแอลแล้ว ระบบจะนำระยะของผนังที่เหลือมาใช้สำหรับการวางแผ่นผนังตรงในขั้นตอนถัดไป โดยขั้นตอนในการวางแผ่นผนังมุมชนิดตัวทีจะวางในบริเวณที่ผนังกั้นห้องชนกับผนังทางเดิน (corridor) และการวางแผ่นผนังมุมชนิดตัวแอล จะวางในบริเวณที่ผนังภายในห้องเกิดการชนกันเป็นจุดมุม โดยระบบมีขั้นการพัฒนา ดังภาพที่ 4.32

การหาตำแหน่งของการวางแผ่นผนังมุม จำเป็นต้องหาจุดเชื่อมหรือชนกันของผนังในโมเดลอาคาร โดยระบบจะเริ่มจากการรับค่าแผ่นผนังทั้งหมดในโมเดลอาคารสามมิติ โดยใช้คำสั่ง All Element of Category เลือกประเภท Wall จากนั้นระบบจะแยกประเภทของผนังอาคารในโมเดลเป็นสามชนิด ได้แก่ ผนังกั้นห้อง ผนังทางเดิน และผนังภายในห้อง โดยผนังภายในห้องจะถูกแบ่งอีกเป็นสองประเภท คือ ผนังภายในห้องแนวนอนและผนังภายในห้องแนวอื่นๆ เมื่อรับค่าผนังทั้งหมดตามเงื่อนไขแล้ว ระบบจะดำเนินการระบุตำแหน่งและวางแผ่นผนังมุมต่อไป ในการวางแผ่นผนังมุมชนิดตัวที ระบบจะหาจุดเชื่อมหรือชนกันของผนังกั้นห้องและผนังทางเดิน โดยใช้คำสั่ง Geometry.IntersectAll เพื่อตรวจสอบตำแหน่งจุดตัดกันของผนัง หากมีจุดเชื่อมหรือชนกันของผนัง ระบบจะวัดมุมระหว่างผนังกั้นห้องและผนังทางเดิน โดยยึดผนังทางเดินเป็นแกนหลักศูนย์องศา ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ การหันแผ่นผนังรูปตัวทีโดยบริเวณหัวตัวทีอยู่ด้านบน และการหันแผ่นผนังรูปตัวทีโดยบริเวณหัวตัวทีอยู่ด้านล่าง ดังภาพที่ 4.33 จากนั้นระบบจะดำเนินการวางแผ่นผนังตัวทีตามตำแหน่งที่ผนังตัดกันและหมุนแผ่นผนังตามมุมที่ระบบวัดได้ หากผนังกั้นห้องและผนังทางเดินไม่มีจุดเชื่อมหรือชนกันระบบจะไม่วางแผ่นผนังตัวทีในโมเดลอาคาร ในส่วนของการวางแผ่นผนังมุมชนิดตัวแอล ระบบจะหาจุดเชื่อมหรือชนกันของผนังภายในห้องแนวนอนและผนังภายในห้องแนวอื่นๆ โดยใช้คำสั่ง Geometry.Intersect เพื่อตรวจสอบตำแหน่งจุดตัดกันของผนัง หากมีจุดเชื่อมหรือชนกันของผนัง ระบบจะวัดมุมระหว่างผนังภายในห้องแนวนอนและผนังภายในห้องแนวอื่นๆ โดยยึดผนังภายในห้องแนวนอนเป็นแกนหลักศูนย์องศาเทียบกับผนังภายในห้องแนวอื่นๆ โดยแบ่งออกเป็น 4 กรณี คือ การวางแผ่นผนังบริเวณจุดมุมซ้ายบน การวางแผ่นผนังบริเวณจุดมุมซ้ายล่าง การวางแผ่น

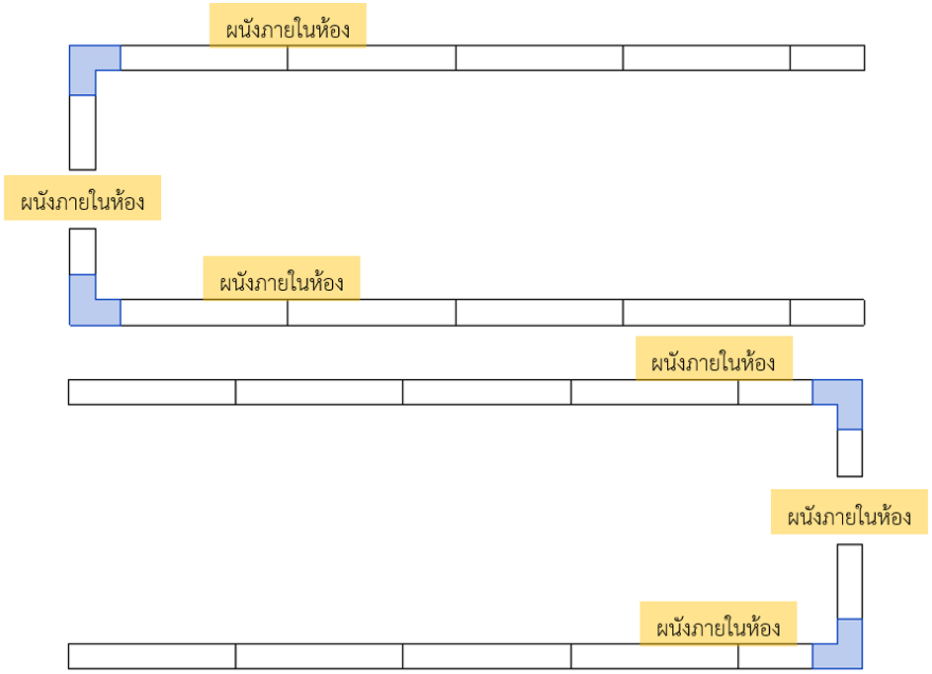
ผนังบริเวณจุดมุมขวาบน และการวางแผ่นผนังบริเวณจุดมุมขาวล่าง ดังภาพที่ 4.34 จากนั้นระบบจะดำเนินการวางแผ่นผนังตัวแอลตามตำแหน่งที่ผนังตัดกันและหมุนแผ่นผนังตามมุมที่ระบบวัดได้ หากผนังภายในห้องแนวนอนและผนังภายในห้องแนวอื่นๆ ไม่มีจุดเชื่อมหรือชนกันระบบจะไม่วางแผ่นผนังตัวแอลในโมเดลอาคาร



ภาพที่ 4.32 แนวคิดการพัฒนาระบบการวางแผ่นผนังมุมชนิดตัวทีและตัวแอล



ภาพที่ 4.33 เงื่อนไขการวางแผ่นผนังมุมชนิดตัวที



Chulalongkorn University

ภาพที่ 4.34 เงื่อนไขการวางแผ่นผนังมุมชนิดตัวแอล

4.2.1.2 ระบบการวางแผ่นผนังตรง

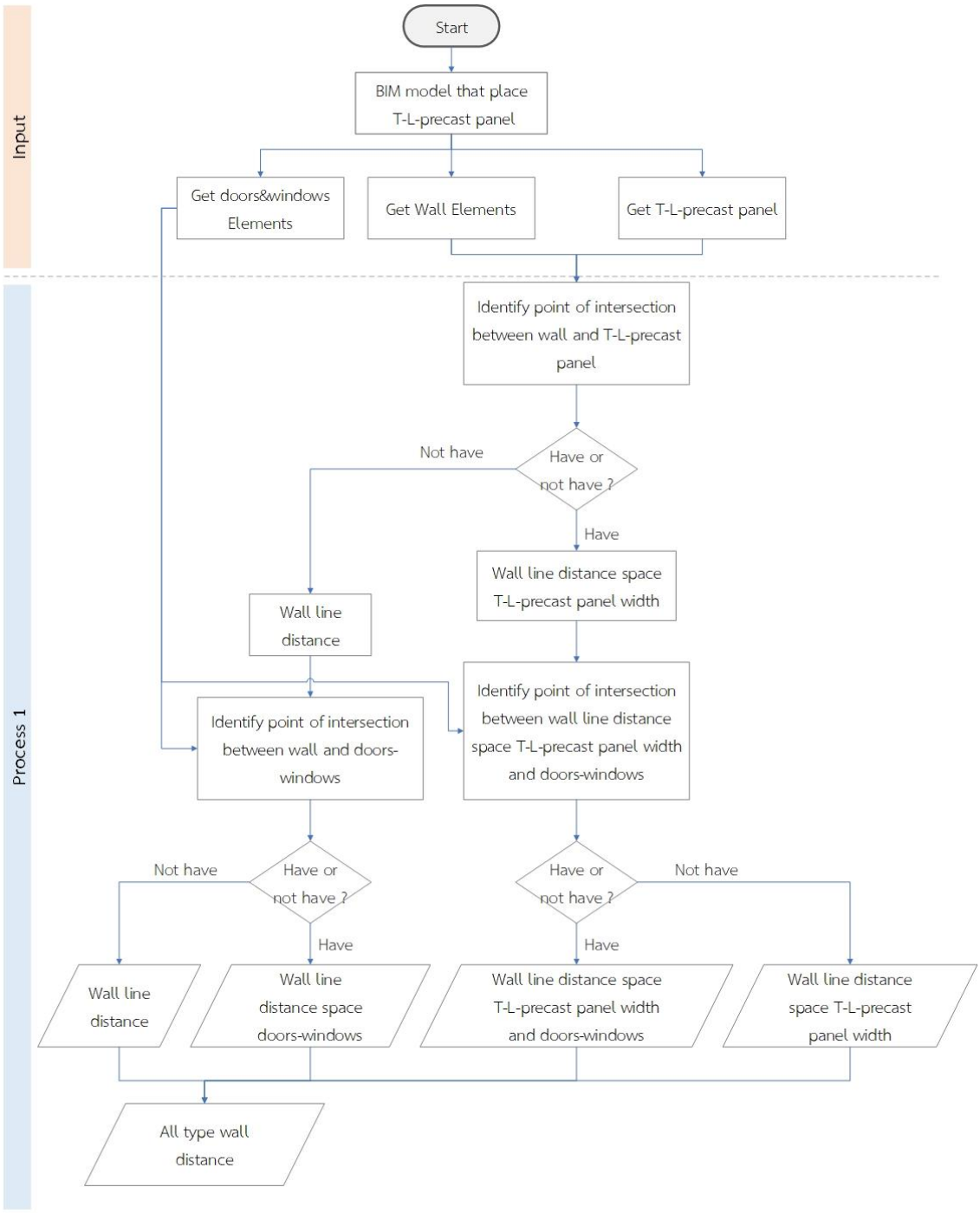
การวางแผ่นผนังตรง เป็นการวางแผ่นผนังที่มีขนาดตามมาตรฐานเพื่อใช้เป็นแนวกั้นห้องของอาคาร ซึ่งระยะที่ใช้ในการวางแผ่นผนังเป็นระยะที่ได้จากการเว้นช่องแผ่นผนังมุมชนิดตัวทีและตัวแอลแล้ว ในขั้นตอนนี้การวางแผ่นผนังตรงยังต้องคำนึงถึงการเว้นช่องว่างของประตูและหน้าต่างด้วย เนื่องจากการวางแผ่นผนังตรงไม่สามารถวางปิดทับช่องประตูและหน้าต่างได้ ดังนั้นระยะที่ใช้ในการวางแผ่นผนังตรงจะต้องเว้นทั้งบริเวณจุดที่วางตัวทีและตัวแอลรวมถึงบริเวณประตูและหน้าต่างด้วย โดยเงื่อนไขของการวางแผ่นผนังตรง จะต้องตรวจสอบเศษของแผ่นผนังช่วงสุดท้าย เพื่อลดการเกิดเศษเหลือทิ้งของแผ่นผนังคอนกรีต ระยะของการวางแผ่นผนังบางช่วงไม่พอดีกับขนาดแผ่นผนังที่มี จึงจำเป็นต้องตัดแผ่นผนังคอนกรีตให้สามารถวางในช่วงผนังนั้น ๆ ได้ ซึ่งแผ่นผนังคอนกรีตสามารถตัดได้ทั้งแผ่นขนาดใหญ่และขนาดเล็ก โดยงานวิจัยนี้แผ่นผนังตรงแบ่งออกเป็น 2 ขนาด ความยาว 60 ซม.

แทนแผ่นผนังขนาดใหญ่ และ ความยาว 40 ซม. แทนแผ่นผนังขนาดเล็ก โดยระบบมีขั้นการพัฒนาดังภาพที่ 4.35 และ 4.36

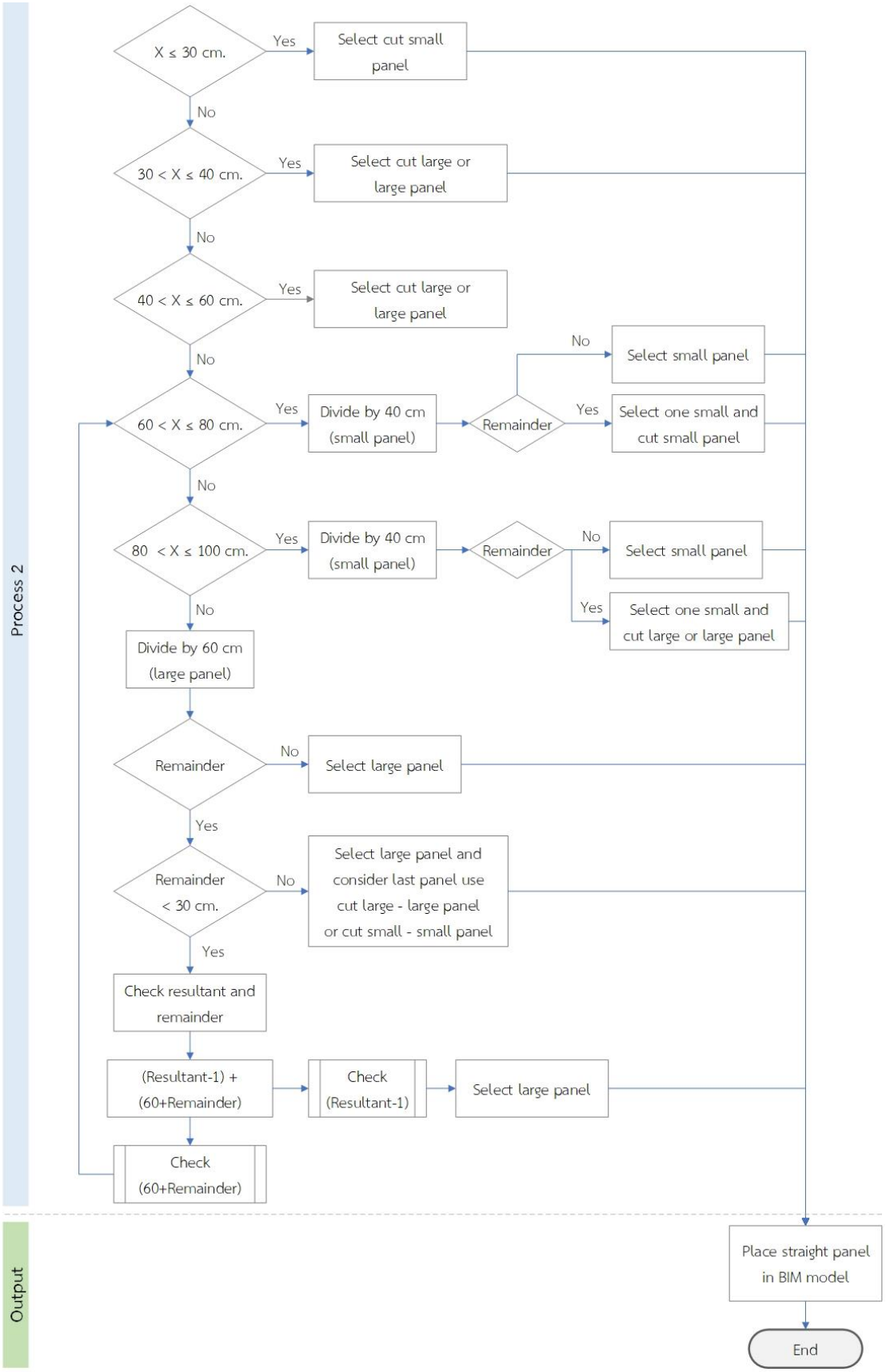
การหาช่วงผนังของโมเดลอาคารสามมิติเพื่อใช้ในการวางแผ่นผนังตรง เริ่มจากนำไฟล์โมเดลอาคารสามมิติที่วางแผ่นผนังมุมชนิดตัวทีและตัวแอลแล้วมาประมวลผล โดยรับค่ากลุ่มของโมเดลสามมิติเป็นสามกลุ่ม คือ ประตูและหน้าต่าง ผนังอาคาร และแผ่นผนังมุมชนิดตัวทีและตัวแอล จากนั้นระบบจะตรวจสอบจุดตัดหรือชนกันของโมเดลสามมิติทั้งสามกลุ่ม เพื่อหาตำแหน่งในการเว้นช่องว่างของประตูและหน้าต่าง ผนังอาคาร รวมถึงแผ่นผนังมุมชนิดตัวทีและตัวแอล โดยระบบจะนำตำแหน่งช่องว่างที่เว้นไว้มาประมวลผลหาช่วงผนังอาคารที่ต้องนำมาใช้สำหรับการวางแผ่นผนังตรง เมื่อรับค่าโมเดลทั้งหมดตามเงื่อนไขแล้ว ระบบจะดำเนินการตรวจสอบหาจุดเชื่อมหรือชนกันระหว่างผนังอาคารและแผ่นผนังมุมชนิดตัวทีและตัวแอล โดยแบ่งเป็น 2 กรณี กรณีแรกมีจุดชนหรือตัดกันระหว่างผนังอาคารและแผ่นผนัง ซึ่งกรณีนี้ระบบจะเว้นช่องสำหรับแผ่นผนังชนิดตัวทีและตัวแอลไว้ และประมวลผลระยะของผนังอาคารที่เว้นช่องที่มีขนาดเท่ากับขนาดของแผ่นผนังชนิดตัวทีและตัวแอลออกมา กรณีที่สองไม่มีจุดชนหรือตัดกันระหว่างผนังอาคารและแผ่นผนัง กรณีนี้ระบบจะประมวลผลนำระยะผนังอาคารไปประมวลผลในขั้นตอนถัดไป จากนั้นระบบจะนำระยะของผนังทั้งสองกรณีมาตรวจสอบหาจุดเชื่อมหรือชนกันกับประตูและหน้าต่าง การตรวจสอบหาจุดเชื่อมหรือชนกันระหว่างระยะของผนังอาคารที่เว้นช่องที่มีขนาดเท่ากับขนาดของแผ่นผนังชนิดตัวทีและตัวแอลกับประตูและหน้าต่าง จะถูกแบ่งออกอีกเป็นสองกรณี ได้แก่ กรณีแรกมีจุดชนหรือตัดกันระหว่างผนังอาคารที่เว้นช่องที่มีขนาดเท่ากับขนาดของแผ่นผนังชนิดตัวทีและตัวแอลกับประตูและหน้าต่าง ซึ่งกรณีนี้ระบบจะเว้นช่องสำหรับประตูและหน้าต่างไว้ และประมวลผลระยะของผนังอาคารที่เว้นช่องไว้สำหรับผนังตัวที ตัวแอล รวมถึงประตูและหน้าต่างออกมา กรณีที่สองไม่มีจุดชนหรือตัดกันระหว่างผนังอาคารที่เว้นช่องที่มีขนาดเท่ากับขนาดของแผ่นผนังชนิดตัวทีและตัวแอลกับประตูและหน้าต่าง กรณีนี้ระบบจะประมวลผลนำระยะผนังอาคารที่เว้นช่องที่มีขนาดเท่ากับขนาดของแผ่นผนังชนิดตัวทีและตัวแอลไปประมวลผลในขั้นตอนถัดไป การตรวจสอบหาจุดเชื่อมหรือชนกันระหว่างระยะผนังอาคารกับประตูและหน้าต่าง จะถูกแบ่งออกอีกเป็นสองกรณี ได้แก่ กรณีแรกมีจุดชนหรือตัดกันระหว่างผนังอาคารกับประตูและหน้าต่าง ซึ่งกรณีนี้ระบบจะเว้นช่องสำหรับประตูและหน้าต่างไว้ และประมวลผลระยะของผนังอาคารที่เว้นช่องไว้สำหรับประตูและหน้าต่างออกมา กรณีที่สองไม่มีจุดชนหรือตัดกันระหว่างผนังอาคารกับประตูและหน้าต่าง กรณีนี้ระบบจะประมวลผลนำระยะผนังอาคารไปประมวลผลในขั้นตอนถัดไป กล่าวคือ เมื่อประมวลผลตามกระบวนการแรกแล้วเสร็จ ระบบจะได้ระยะของผนังเป็น 4 กรณี คือ ระยะผนังอาคารที่ไม่ชนกับวัตถุใดๆ ระยะของผนังอาคารที่เว้นช่องไว้สำหรับประตูและหน้าต่าง ระยะของผนังอาคารที่เว้นช่องไว้สำหรับผนังตัวทีและตัวแอล ระยะของผนังอาคารที่เว้นช่องไว้สำหรับผนังตัวที ตัวแอล รวมถึงประตูและหน้าต่าง จากนั้นระบบจะนำระยะของผนังทั้งสี่กรณี เข้าสู่ขั้นตอนการวางแผ่นผนังตรง (กระบวนการที่สอง)

การวางแผ่นผนังตรงตามระยะช่วงผนัง จะต้องตรวจสอบช่วงผนังเริ่มต้นตามเงื่อนไข ได้แก่ ระยะที่น้อยกว่า 30 ซม. จะใส่แผ่นผนังคอนกรีตขนาดเล็กตัดรวมจำนวนหนึ่งแผ่น ระยะที่อยู่ระหว่าง 30-40 ซม. จะใส่แผ่นผนังคอนกรีตขนาดเล็กหรือเล็กตัดรวมจำนวนหนึ่งแผ่น ระยะที่อยู่ระหว่าง 40-60 ซม. จะใส่แผ่นผนังคอนกรีตขนาดใหญ่หรือใหญ่ตัดรวมจำนวนหนึ่งแผ่น ระยะที่อยู่ระหว่าง 60-80

ซม. จะใส่แผ่นผนังคอนกรีตขนาดเล็กหรือเล็กตัดรวมจำนวนสองแผ่น ระยะที่อยู่ระหว่าง 80-100 ซม. จะใส่แผ่นผนังคอนกรีตขนาดเล็กก่อนแล้วใส่แผ่นผนังคอนกรีตขนาดใหญ่หรือใหญ่ตัดรวมจำนวนสองแผ่น และระยะที่มากกว่า 100 ซม. ระบบจะประมวลผลการวางแผ่นผนังขนาดใหญ่ก่อน แล้วพิจารณาเศษช่วงสุดท้าย หากเศษผนังน้อยกว่า 30 ซม. ระบบจะนำแผ่นผนังใหญ่ชิ้นสุดท้ายออก แล้วนำระยะไปรวมกับเศษที่เหลือ เพื่อพิจารณาอีกครั้ง เมื่อตรวจสอบครบทุกเงื่อนไขแล้ว ระบบจะวางแผ่นผนังที่มีขนาดตามเงื่อนไขที่กำหนดในโมเดลอาคาร



ภาพที่ 4.35 แนวคิดการพัฒนาระบบการวางแผ่นผนังตรง (1)



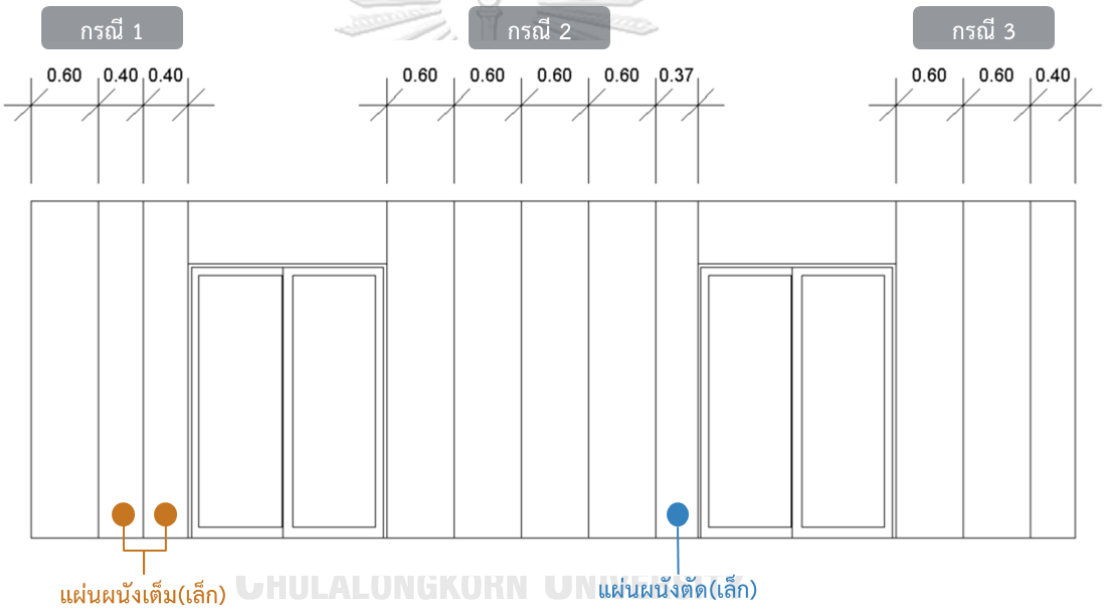
ภาพที่ 4.36 แนวคิดการพัฒนาระบบการวางแผ่นผนังตรง (2)

การตัดแผ่นผนังขนาดเล็กหรือการใช้แผ่นผนังเต็มขนาดเล็ก เป็นการใช้แผ่นผนังขนาดเล็กในระยะช่วงสุดท้ายของผนังอาคาร โดยแบ่งออกเป็น 3 กรณี

<u>กรณีที่ 1</u> แผ่นผนังเต็มขนาดเล็กสองแผ่น เป็นการวางแผ่นผนังเต็มขนาดเล็กสองแผ่นบริเวณช่วงสุดท้ายของผนัง โดยช่วงเริ่มต้นสามารถวางแผ่นผนังขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่มาก่อนก็ได้

<u>กรณีที่ 2</u> แผ่นผนังขนาดเล็กตัด เป็นการวางแผ่นผนังขนาดเล็กตัดบริเวณช่วงสุดท้ายของผนัง เนื่องจากระยะที่เหลือไม่สามารถวางแผ่นผนังเต็มขนาดเล็กได้ โดยช่วงเริ่มต้นสามารถวางแผ่นผนังขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่มาก่อนก็ได้

<u>กรณีที่ 3</u> แผ่นผนังเต็มขนาดเล็กหนึ่งแผ่น เป็นการวางแผ่นผนังเต็มขนาดเล็กหนึ่งแผ่นบริเวณช่วงสุดท้ายของผนัง โดยช่วงเริ่มต้นสามารถวางแผ่นผนังขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่มาก่อนก็ได้

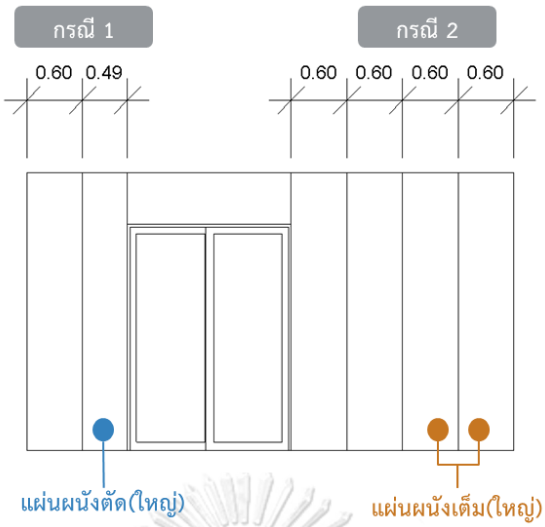


ภาพที่ 4.37 เงื่อนไขการใช้แผ่นผนังขนาดเล็กในระยะช่วงสุดท้ายของผนังอาคาร

การตัดแผ่นผนังขนาดใหญ่หรือการใช้แผ่นผนังเต็มขนาดใหญ่ เป็นการใช้แผ่นผนังขนาดใหญ่ในระยะช่วงสุดท้ายของผนังอาคาร โดยแบ่งออกเป็น 2 กรณี

<u>กรณีที่ 1</u> แผ่นผนังเต็มขนาดใหญ่ตัด เป็นการวางแผ่นผนังขนาดใหญ่ตัดบริเวณช่วงสุดท้ายของผนัง เนื่องจากระยะที่เหลือไม่สามารถวางแผ่นผนังเต็มขนาดใหญ่ได้และวางแผ่นเต็มขนาดเล็กจะมีเศษเหลือ โดยในช่วงเริ่มต้นสามารถวางแผ่นผนังขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่มาก่อนก็ได้

<u>กรณีที่ 2</u> แผ่นผนังเต็มขนาดใหญ่ เป็นการวางแผ่นผนังเต็มขนาดใหญ่บริเวณช่วงสุดท้ายของผนัง โดยในช่วงเริ่มต้นสามารถวางแผ่นผนังขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่มาก่อนก็ได้



ภาพที่ 4.38 เงื่อนไขการใช้แผ่นผนังขนาดใหญ่ในระยะช่วงสุดท้ายของผนังอาคาร

เมื่อระบบประมวลผลการวางแผ่นผนังตัวที ตัวแอล รวมถึงแผ่นผนังตรงแล้วเสร็จ ระบบจะประมวลผลสรุปแผ่นผนังคอนกรีตของโครงการผ่านรูปแบบ BIM และ โปรแกรม Excel โดยข้อมูลที่ระบบประมวลผลออกมา ได้แก่ จำนวนแผ่นผนังแต่ละประเภทและชนิดของแผ่นผนัง ซึ่งการสรุปปริมาณแผ่นผนังในโครงการเป็นขั้นตอนสำคัญที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับขั้นตอนการก่อสร้างต่างๆ เช่น ขั้นตอนการผลิต การสั่งซื้อ รวมถึงการขนส่ง เป็นต้น ในงานวิจัยมีขั้นตอนในการสรุปจำนวนแผ่นผนังแต่ละประเภทและชนิดของแผ่นผนัง ดังภาพที่ 4.39

การสรุปจำนวนและชนิดของแผ่นผนังแต่ละประเภท เริ่มจากการนำไฟล์โมเดลอาคารสามมิติที่วางแผ่นผนังมุมชนิดตัวทีและตัวแอล รวมถึงแผ่นผนังตรงแล้วมาประมวลผล โดยรับค่าผนังอาคารแบ่งออกเป็นสองประเภทหลัก คือ แผ่นผนังมุมตัวทีตัวแอลและแผ่นผนังตรง ซึ่งระบบจะดำเนินการประมวลผลแยกแผ่นผนังตรงออกเป็นอีกสี่กรณีย่อย คือ แผ่นผนังขนาดใหญ่ แผ่นผนังขนาดใหญ่ตัด แผ่นผนังขนาดเล็ก และแผ่นผนังขนาดเล็กตัด เมื่อระบบรับค่าข้อมูลทั้งหมดตามเงื่อนไข ระบบจะคำนวณปริมาณแผ่นผนังและรับค่าประเภทของแผ่นผนังนั้นๆ ออกมา จากนั้นระบบจะสรุปผลจำนวนและชนิดของแผ่นผนังแต่ละประเภท เพื่อส่งออกข้อมูลเข้าสู่โปรแกรม Excel โดยข้อมูลที่ได้สามารถนำไปใช้งานกับขั้นตอนการก่อสร้างอื่น ๆ ต่อไป

ภาพที่ 4.39 แนวคิดการประมวลผลสรุปจำนวนแผ่นผนังคอนกรีต

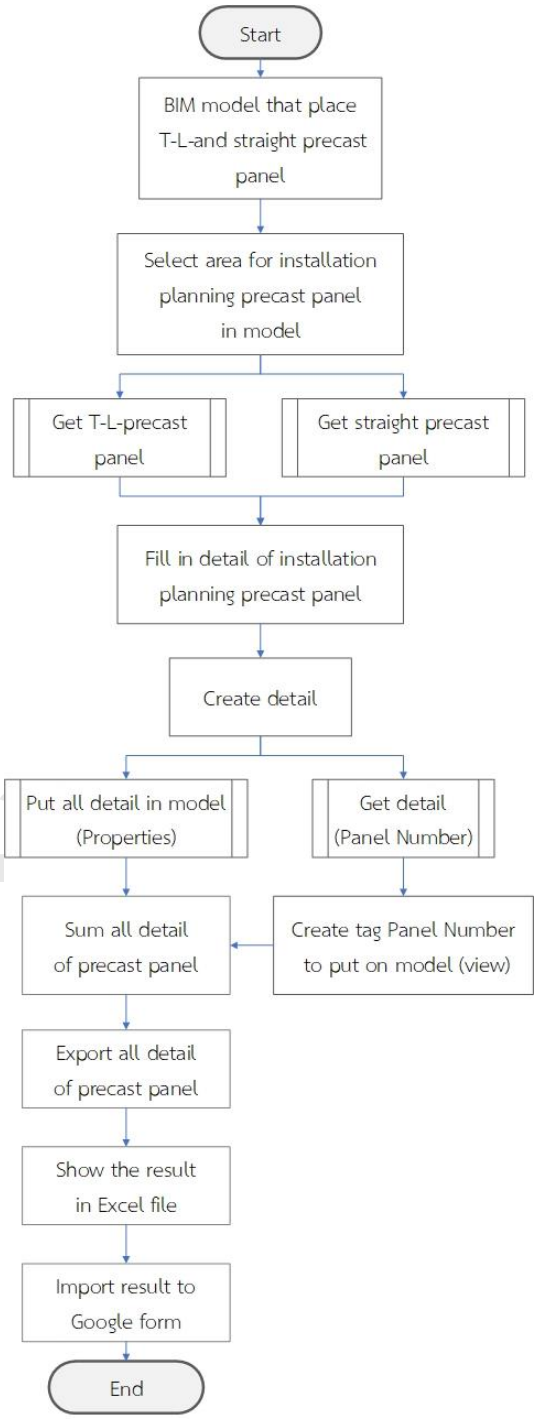
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.2.2 ระบบการวางแผนติดตั้งแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา

ขั้นตอนในการติดตั้งแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา เป็นขั้นตอนสำคัญในการขับเคลื่อนการก่อสร้างผนังของโครงการก่อสร้าง โดยการติดตั้งแผ่นผนังคอนกรีตจำเป็นต้องทราบถึงปริมาณแผ่นผนังและวันในการติดตั้ง เพื่อสะดวกในการตรวจสอบและดำเนินการ ในขั้นตอนนี้ งานวิจัยได้พัฒนาระบบการวางแผนเพื่อกรอกรายละเอียดของแผ่นผนังคอนกรีต โดยรายละเอียดดังกล่าว ประกอบไปด้วย ชื่อแผ่นผนัง ชื่อผู้รับผิดชอบในการติดตั้ง ขนาดและประเภทของแผ่นผนัง วันที่ดำเนินการติดตั้งและวันที่ติดตั้งแล้วเสร็จตามแผนงานที่วางไว้ ซึ่งเป็นข้อมูลที่อยู่ในโมเดลแผ่นผนัง โดยระบบมีขั้นตอนในการพัฒนาดังภาพที่ 4.40

การวางแผนติดตั้งแผ่นผนังคอนกรีต เริ่มต้นจากการนำโมเดลอาคารสามมิติที่วางแผ่นผนังตัวที ตัวแอล และแผ่นผนังตรงแล้ว มาประมวลผล โดยใช้งานผ่านระบบ Dynamo Player จากนั้นเลือกบริเวณที่ต้องการวางแผนติดตั้งและระบบจะประมวลผลเลือกเฉพาะโมเดลแผ่นผนังมาใช้งาน ใน

ขั้นตอนถัดมา ดำเนินการกรอกรายละเอียดและข้อมูลในการวางแผ่นติดตั้งผ่านระบบ เช่น วันที่วางแผนติดตั้ง ผู้รับผิดชอบการติดตั้ง ชื่อแผ่นผนัง เป็นต้น เพื่อให้ระบบประมวลผลและนำข้อมูลต่างๆ เข้าสู่โมเดลแผ่นผนังแต่ละแผ่น โดยจะแสดงในช่อง Properties ตามค่า Parameter ที่ถูกกำหนดไว้ในขั้นตอนก่อนหน้า นอกจากนั้นข้อมูลชื่อแผ่นผนัง จะถูกแสดงใน Tag ของโมเดลแผ่นผนังให้เห็นได้ชัดเจน เมื่อระบบประมวลผลข้อมูลแล้วเสร็จ ระบบจะสรุปข้อมูลและแสดงผลผ่าน Excel เพื่อนำไปสู่การสร้าง Google Form ในขั้นตอนของการติดตามแผ่นผนังต่อไป



ภาพที่ 4.40 แนวคิดการวางแผนติดตั้งแผ่นผนังคอนกรีต

4.3 แนวทางการพัฒนาระบบการติดตามแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา

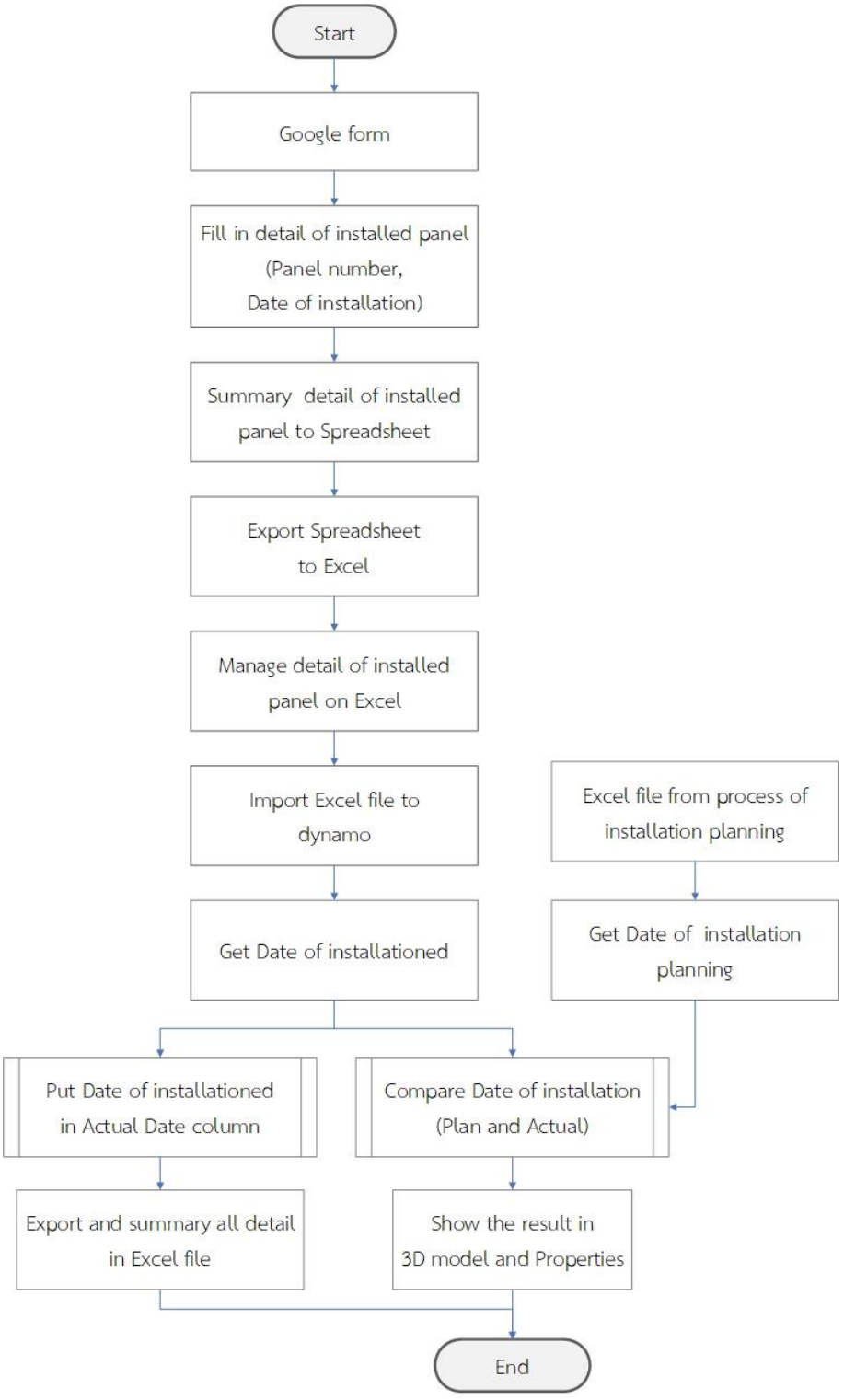
การพัฒนาระบบการติดตามแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา เป็นการพัฒนาระบบเพื่อใช้ติดตามสถานะรวมถึงรายละเอียดของแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาในโครงการก่อสร้าง โดยแบ่งขั้นตอนการติดตามแผ่นผนังเป็นสององค์ประกอบ ได้แก่ การติดตามการติดตั้งแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา และการติดตามข้อบกพร่องหลังการติดตั้ง ซึ่งการพัฒนาใช้โปรแกรม Autodesk Revit 2022 ร่วมกับ Dynamo ในการจัดการข้อมูลของแผ่นผนังเข้าสู่ Google Form และ Excel เพื่อเชื่อมโยงข้อมูลและแสดงผลให้กับผู้ใช้งานได้อัพเดตสถานะของแผ่นผนังผ่าน platform ที่สะดวกแก่การใช้งาน

4.3.1 ระบบการติดตามการติดตั้งแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา

ขั้นตอนในการติดตามการติดตั้งแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา เป็นขั้นตอนในการตรวจสอบผลการดำเนินงานของการติดตั้งแผ่นผนังในโครงการ โดยการติดตั้งแผ่นผนังจำเป็นต้องทราบถึงปริมาณที่ติดตั้งแล้วเสร็จและวันที่ดำเนินการติดตั้ง เพื่อใช้ในการตรวจสอบปริมาณงานและการดำเนินการตามแผนงานที่ถูกกำหนดไว้ โดยในขั้นตอนนี้ งานวิจัยได้นำข้อมูลที่ได้จากระบบการวางแผนติดตั้งแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาของโครงการมาใช้งาน ซึ่งข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลของแผ่นผนังที่มีการวางแผนไว้แล้ว และขั้นตอนนี้จะดำเนินการออกแบบระบบเพื่อให้ผู้ใช้งานอัพเดตสถานะของแผ่นผนังที่ถูกวางแผนไว้ผ่านช่องทางของ Google Form เพื่อระบุปริมาณและการดำเนินการติดตั้ง โดยขั้นตอนการทำงานของระบบการติดตามการติดตั้งแผ่นผนังจำเป็นต้องมีผู้ดูแลระบบเพื่อเป็นสื่อกลางในการจัดการข้อมูลที่ใช้ ระบบมีขั้นตอนในการพัฒนาดังภาพที่ 4.41

การติดตามการติดตั้งแผ่นผนังคอนกรีต เริ่มต้นจากการสร้าง Google form โดยนำข้อมูลของแผ่นผนังจากขั้นตอนการวางแผนติดตั้งแผ่นผนังมาออกแบบหน้าต่างของการใช้งาน Google form เมื่อออกแบบแล้วเสร็จผู้ดูแลระบบจะส่งลิ้งเพื่อกรอกข้อมูลใช้แก่ผู้ใช้งาน โดยผู้ใช้งานจะดำเนินการกรอกข้อมูลแผ่นผนังและวันที่ที่ดำเนินการติดตั้งแล้วเสร็จ ผ่าน Google form เมื่อกรอกข้อมูลครบทุกชิ้นส่วนที่ต้องการแล้ว ผู้ดูแลระบบจะดึงผลสรุปของข้อมูลทั้งหมดมาอยู่ในรูปแบบ Spreadsheet จากนั้นจะส่งออกข้อมูลมาสู่ โดยผู้ดูแลระบบจะดำเนินการจัดรูปแบบข้อมูลบน Excel เพื่อนำข้อมูลไปจัดการต่อใน Dynamo โดยหลังจากจัดการข้อมูลบน Excel แล้ว จะนำไฟล์ Excel เข้าสู่ Dynamo เพื่อนำวันที่ของการติดตั้งแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบามาประมวลผล เปรียบเทียบกับวันที่ที่ถูกกำหนดไว้ในขั้นตอนการวางแผน โดยวันที่ในแผนการติดตั้งระบบจะดึงข้อมูลจากไฟล์ Excel ในขั้นตอนการวางแผนที่ประมวลผลแล้วเสร็จ จากนั้นระบบจะประมวลผลและแสดงสถานะของการติดตั้งผ่านช่อง Properties และโมเดลสามมิติ รวมถึงการสรุปผลข้อมูลของแผ่นผนังที่ถูกนำมาติดตั้งแล้วทั้งหมดของโครงการผ่านไฟล์ Excel

CHULALONGKORN UNIVERSITY

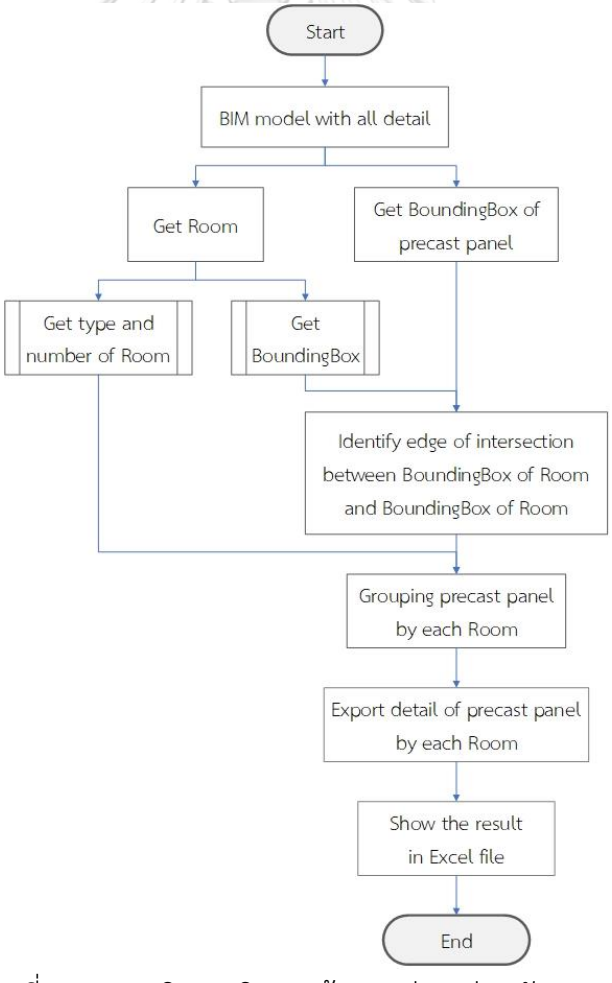


ภาพที่ 4.41 แนวคิดการติดตามการติดตั้งแผ่นผนังคอนกรีต

4.3.2 ระบบการติดตามข้อบกพร่องหลังการติดตั้ง

ขั้นตอนการติดตามข้อบกพร่องแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา เป็นขั้นตอนในการตรวจสอบแผ่นผนังหลังจากดำเนินการติดตั้ง เพื่อตรวจสอบหาข้อบกพร่องของผนังคอนกรีตแต่ละแผ่น โดยในขั้นตอนนี้ งานวิจัยได้นำข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนการติดตามการติดตั้ง ซึ่งเป็นข้อมูลของแผ่นผนังที่ดำเนินการติดตั้งแล้วเสร็จ นำมาตรวจสอบข้อบกพร่องของแผ่นผนังหลังจากดำเนินการติดตั้ง โดยจะใช้ Google Form เป็นตัวช่วยในการกรอกข้อมูล และนำข้อมูลดังกล่าวเข้าสู่โมเดลสามมิติรวมถึงสรุปผลข้อมูลทั้งหมดผ่าน Excel ระบบมีขั้นตอนในการพัฒนาดังภาพที่ 4.42

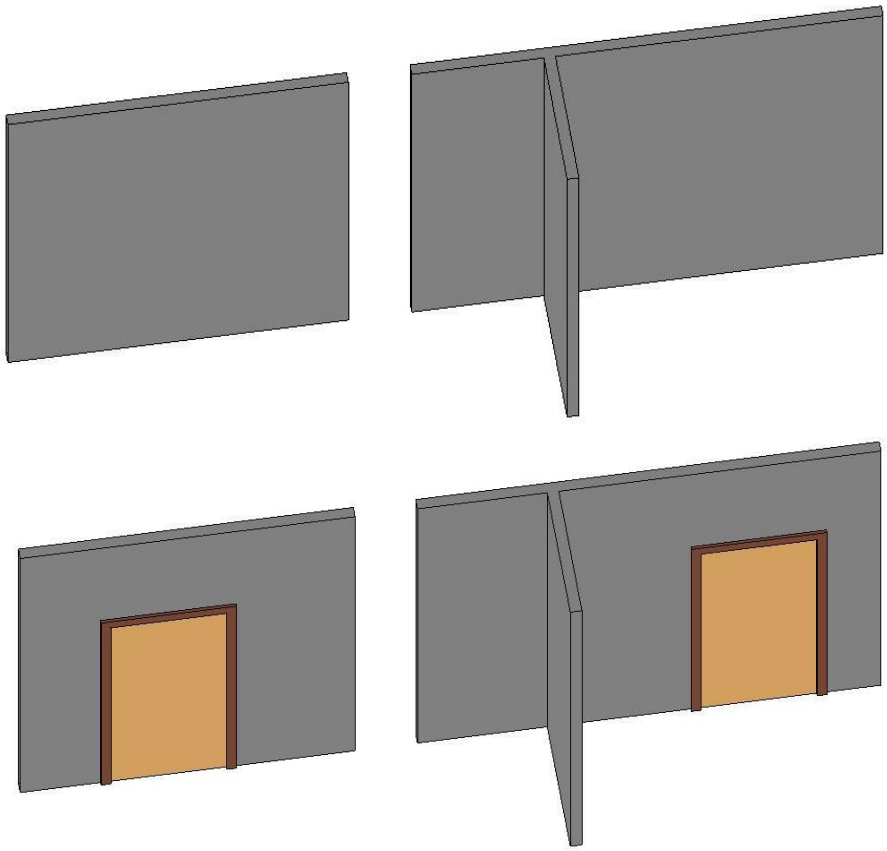
การติดตามข้อบกพร่องแผ่นผนังคอนกรีต เริ่มต้นจากการนำโมเดลสามมิติจากขั้นตอนการติดตามการติดตั้งมาประมวลผลผ่านการใช้งาน Dynamo โดยรับค่า BoundingBox ของแผ่นผนังและพื้นห้อง เพื่อหาขอบที่ตัดกัน จากนั้นระบบจะรับค่าประเภทและจำนวนห้องออกมา เพื่อจัดกลุ่มแผ่นผนัง หากแผ่นผนังใดที่ตัดกับพื้นห้องตามที่กำหนด ระบบจะจัดกลุ่มแผ่นผนังตามห้องนั้นๆ เพื่อตรวจสอบพื้นผิวของแผ่นผนังตามห้องของอาคาร เมื่อจัดกลุ่มแผ่นผนังแล้วเสร็จระบบจะส่งออกข้อมูลผ่าน Excel เพื่อนำไปสู่การสร้าง Google Form ให้ผู้ใช้งานได้กรอกข้อมูลการแก้ไขหรือข้อบกพร่องต่างๆ จากนั้นระบบจะนำข้อมูลดังกล่าวกลับเข้าสู่โมเดลสามมิติอีกครั้ง เมื่อจบกระบวนการนี้แผ่นผนังที่ดำเนินการติดตั้งแล้วเสร็จ จะมีข้อมูลและรายละเอียดทั้งหมดที่ผ่านมา



ภาพที่ 4.42 แนวคิดการติดตามข้อบกพร่องแผ่นผนังคอนกรีต

4.4 การพัฒนาระบบ

ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการพัฒนา คือ แผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาแผ่นตรง กว้าง 40 ซม. และ 60 ซม. แผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาแผ่นมุม ชนิดตัวทีและชนิดตัว แผ่นทับหลังประตูกว้าง 150 ซม. สูง 40 ซม. และ 60 ซม. โดยมีระยะผนังอาคาร 4 รูปแบบ ได้แก่ ผนังทึบไม่มีช่องเปิดไม่ติดแผ่นผนังมุม ผนังทึบไม่มีช่องเปิดติดแผ่นผนังมุม ผนังมีประตูไม่ติดแผ่นผนังมุม ผนังมีประตูติดแผ่นผนังมุม ดังภาพที่ 4.43 โดยประตูมีความกว้าง 0.90 เมตร และสูง 2 เมตร



ภาพที่ 4.43 แบบจำลองที่ใช้ทดสอบ สร้างโดย Autodesk Revit

4.4.1 การพัฒนาระบบการวางแผนติดตั้งแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา

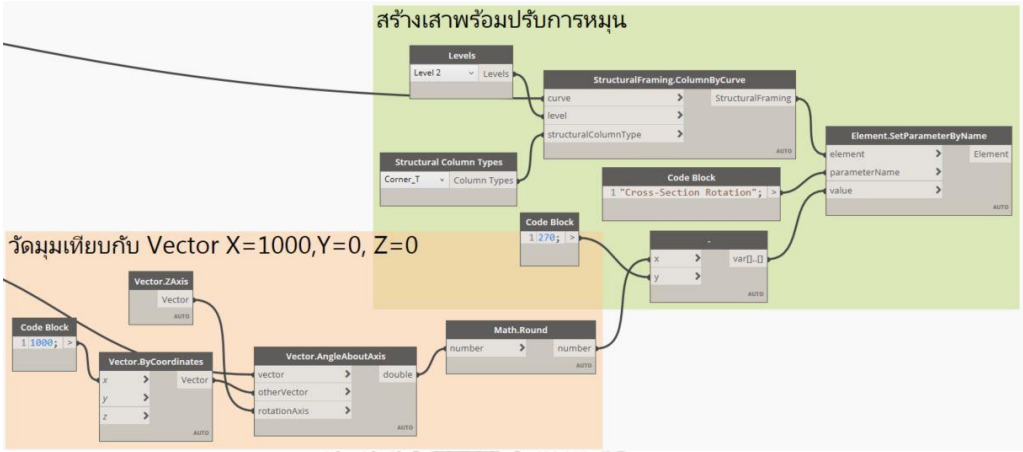
การพัฒนาระบบการวางแผนติดตั้งแผ่นผนัง เป็นการพัฒนาระบบภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด โดยนำโมเดลตัวอย่างมารันผ่านระบบ เพื่อดำเนินการทดสอบ โดยมีขั้นตอนการพัฒนา ดังนี้

4.4.1.1 การนำเข้าและเตรียมข้อมูลของระบบการวางแผ่นผนัง

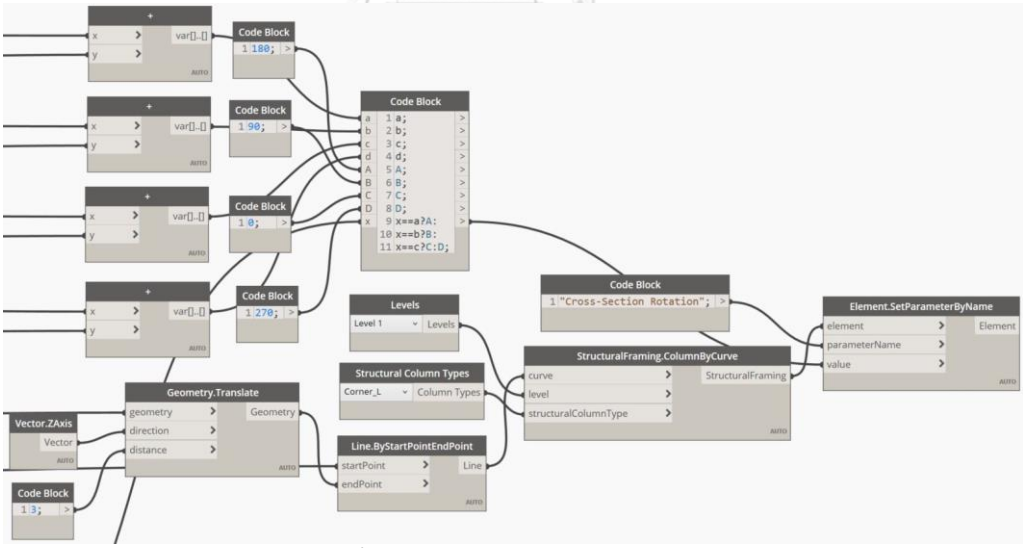
การนำเข้าข้อมูล เป็นการเลือกขนาดแผ่นผนังคอนกรีตที่ต้องการรันผ่านระบบ และประมวลผลข้อมูล เช่น ประเภท ขนาด และตำแหน่ง ของแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาทั้งแผ่นตรง แผ่นมุมและแผ่นทับหลัง รวมถึงผนังอาคารแต่ละแผง เพื่อนำข้อมูลไปประมวลผล ส่วนการเตรียมข้อมูล

เป็นการรับค่าพารามิเตอร์ของแผ่นผนัง ผนังอาคาร รวมถึงโมเดลต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์วางแผนจากโมเดลอาคาร โดยรับค่าผ่าน family ต่างๆ เพื่อนำมาประมวลผล ข้อมูลที่ได้จากทั้งสองส่วน เป็นข้อมูลสำหรับ Input ในการวางแผนแผ่นผนัง โดยมี Input ดังต่อไปนี้

- Input สำหรับการวางแผ่นผนังมุม เป็นการรับค่าตำแหน่งผนังอาคารที่ตัดกัน เพื่อนำมาวางแผ่นผนังมุม และหมุนตามองศาที่กำหนด ดังภาพที่ 4.44 และ 4.45

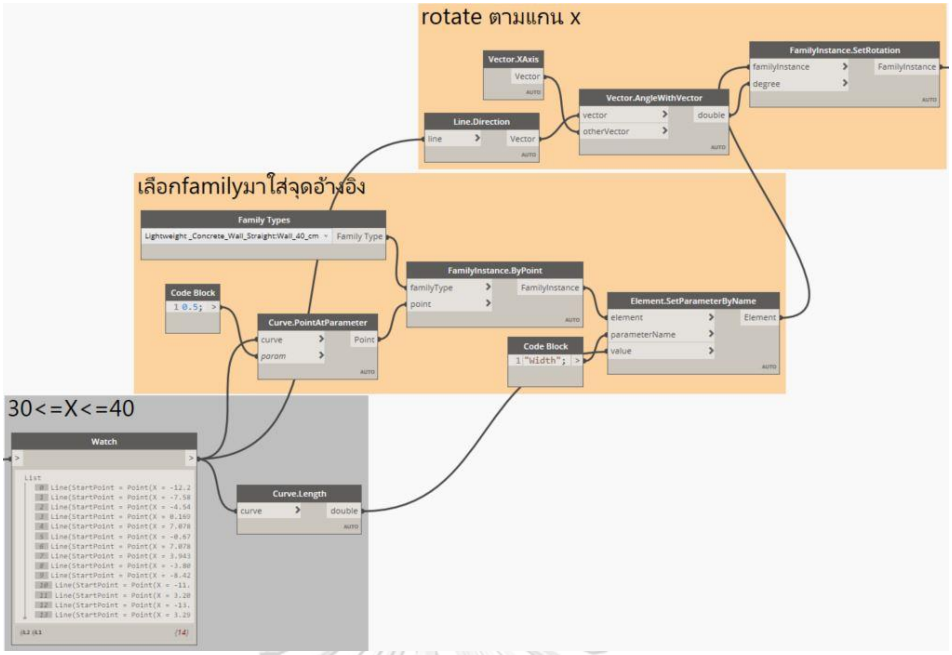


ภาพที่ 4.44 การวางแผ่นผนังมุมตัวที



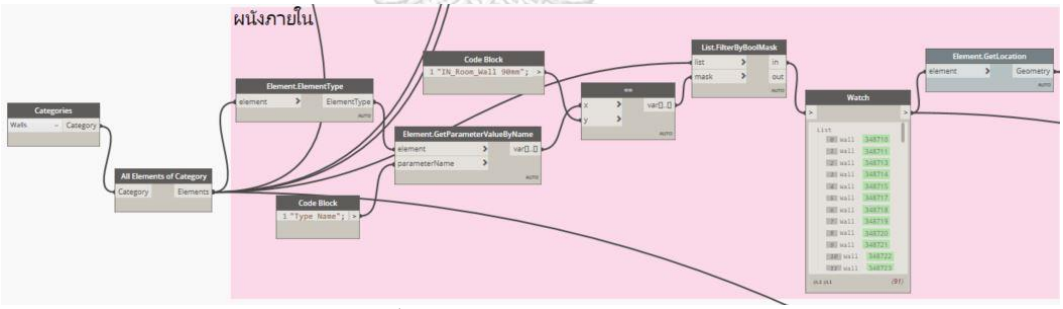
ภาพที่ 4.45 การวางแผ่นผนังมุมตัวแอล

- Input สำหรับการวางแผ่นผนังตรง เป็นการรับค่าตำแหน่งผนังอาคารที่ไม่ชนกับกรณีใดๆ เพื่อนำมาวางแผ่นผนัง และหมุนตามองศาที่กำหนด ดังภาพที่ 4.46

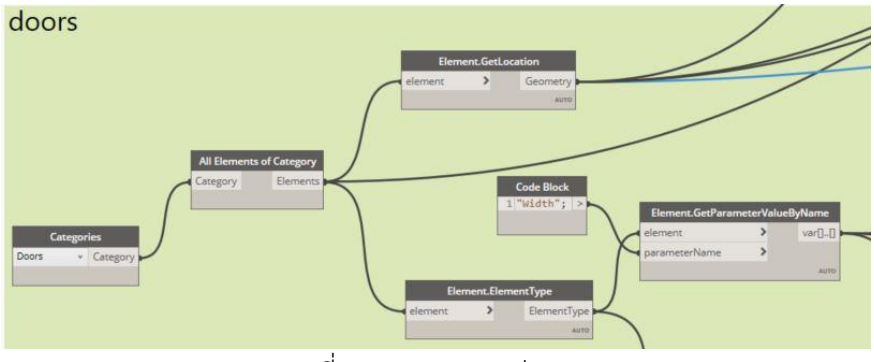


ภาพที่ 4.46 การวางแผ่นผนังตรง

- Input สำหรับการกรองค่าข้อมูลจากโมเดลอาคาร เป็นการรับค่าข้อมูลผ่าน family ของโมเดลอาคารมาใช้งาน เช่น ผนังอาคาร ประตู เป็นต้น เพื่อนำมาหาตำแหน่งและระยะของช่วงผนังอาคารที่ต้องการวางแผ่นผนัง ดังภาพที่ 4.47 และ 4.48

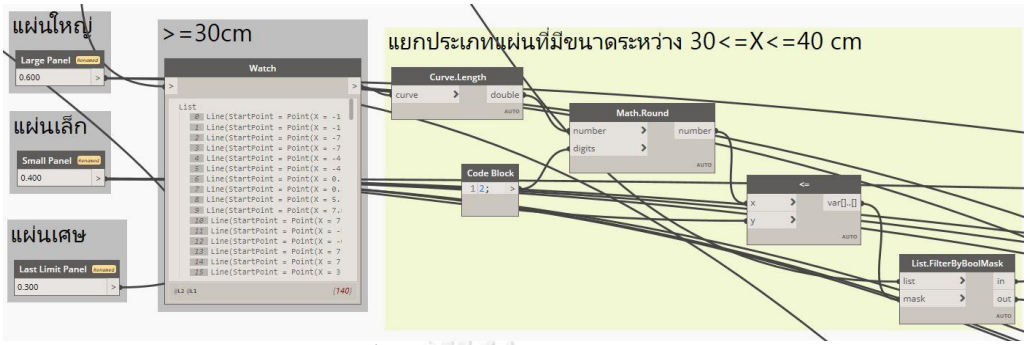


ภาพที่ 4.47 การกรองค่าผนังอาคาร



ภาพที่ 4.48 การกรองค่าประตู

- Input สำหรับการรับค่าแผ่นผนัง เป็นการใช้งานข้อมูลโดยการเลือกขนาดแผ่นผนังที่ต้องการเพื่อนำไปวางในแบบจำลองอาคาร ดังภาพที่ 4.49



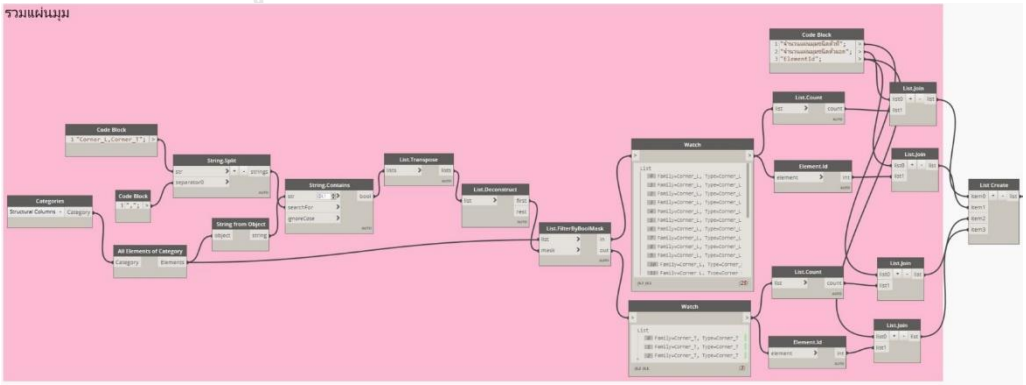
ภาพที่ 4.49 การรับค่าขนาดแผ่นผนัง

4.4.1.2 การส่งออกข้อมูลและผลลัพธ์ของระบบการวางแผ่นผนัง

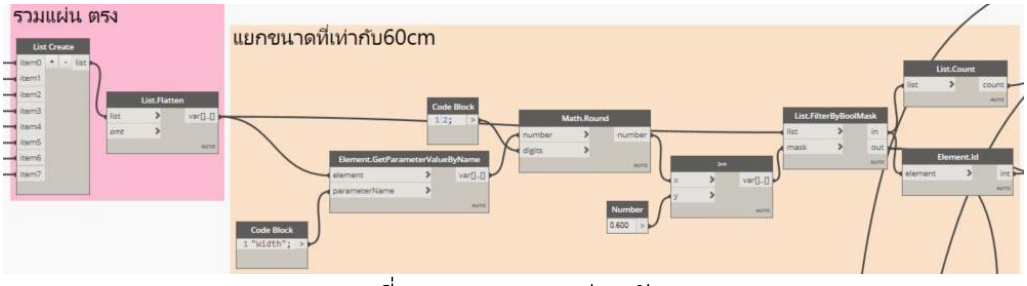
การส่งออกข้อมูล เป็นการนำข้อมูลที่ผ่านการประมวลผลจากระบบแล้ว มาแสดงผลลัพธ์ต่างๆ ผ่านโมเดลสามมิติและ Spreadsheet ซึ่งข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนการวางแผน จะนำไปใช้ต่อในขั้นตอนการวางแผนติดตั้งแผ่นผนังต่อไป โดยการส่งออกข้อมูลมีดังต่อไปนี้

- การส่งออกข้อมูลแผ่นผนัง แบ่งออกเป็นผนังมุมและผนังตรง (แสดงตัวอย่างโค้ดบางส่วน ดังภาพที่ 4.50 และ 4.51) โดยข้อมูลแผ่นผนังทั้งหมดจะรวบรวมและถูกส่งออกโดยใช้โค้ด ดังภาพที่ 4.52 และจะแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบสามมิติและ Spreadsheet ดังภาพที่ 4.53 และ 4.54

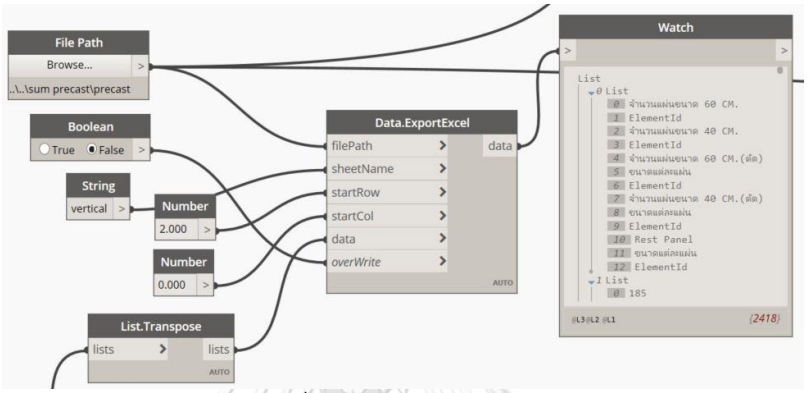
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



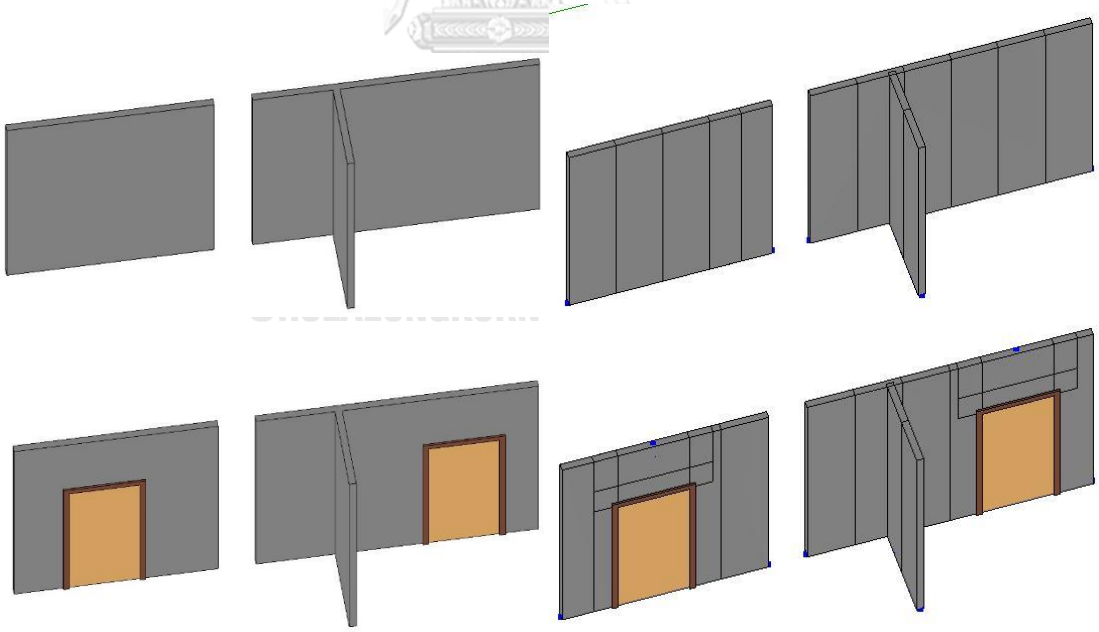
ภาพที่ 4.50 Report แผ่นผนังมุม



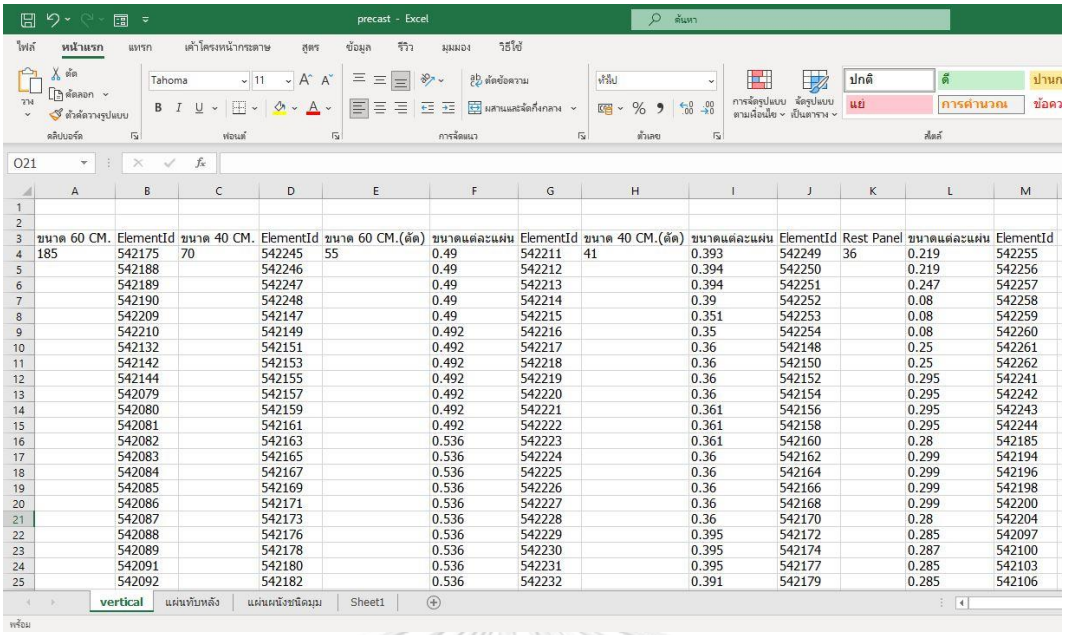
ภาพที่ 4.51 Report แผ่นผนังตรง



ภาพที่ 4.52 Output Report



ภาพที่ 4.53 แบบจำลองที่ใช้ทดสอบ (ซ้าย) แบบจำลองที่ผ่านการรันจากระบบ (ขวา)



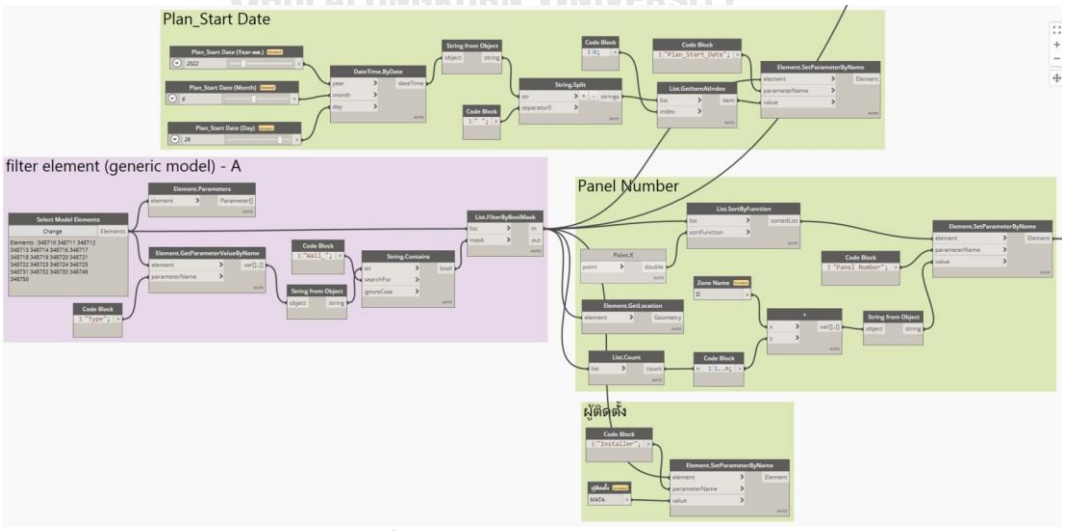
ขนาด 60 CM.	ElementId	ขนาด 40 CM.	ElementId	ขนาด 60 CM.(ตัด)	ขนาดแต่ละแผ่น	ElementId	ขนาด 40 CM.(ตัด)	ขนาดแต่ละแผ่น	ElementId	Rest Panel	ขนาดแต่ละแผ่น	ElementId
185	542175	70	542245	55	0.49	542211	41	0.393	542249	36	0.219	542255
	542188		542246		0.49	542212		0.394	542250		0.219	542256
	542189		542247		0.49	542213		0.394	542251		0.247	542257
	542190		542248		0.49	542214		0.39	542252		0.08	542258
	542209		542147		0.49	542215		0.351	542253		0.08	542259
	542210		542149		0.492	542216		0.35	542254		0.08	542260
	542132		542151		0.492	542217		0.36	542148		0.25	542261
	542142		542153		0.492	542218		0.36	542150		0.25	542262
	542144		542155		0.492	542219		0.36	542152		0.295	542241
	542079		542157		0.492	542220		0.36	542154		0.295	542242
	542080		542159		0.492	542221		0.361	542156		0.295	542243
	542081		542161		0.492	542222		0.361	542158		0.295	542244
	542082		542163		0.536	542223		0.361	542160		0.28	542185
	542083		542165		0.536	542224		0.36	542162		0.299	542194
	542084		542167		0.536	542225		0.36	542164		0.299	542196
	542085		542169		0.536	542226		0.36	542166		0.299	542198
	542086		542171		0.536	542227		0.36	542168		0.299	542200
	542087		542173		0.536	542228		0.36	542170		0.28	542204
	542088		542176		0.536	542229		0.395	542172		0.285	542097
	542089		542178		0.536	542230		0.395	542174		0.287	542100
	542091		542180		0.536	542231		0.395	542177		0.285	542103
	542092		542182		0.536	542232		0.391	542179		0.285	542106

ภาพที่ 4.54 ข้อมูลขนาดและจำนวนแผ่นผนังมุมและผนังตรง ในรูปแบบ Spreadsheet

4.4.1.3 การนำเข้าและเตรียมข้อมูลของระบบการวางแผนติดตั้งแผ่นผนัง

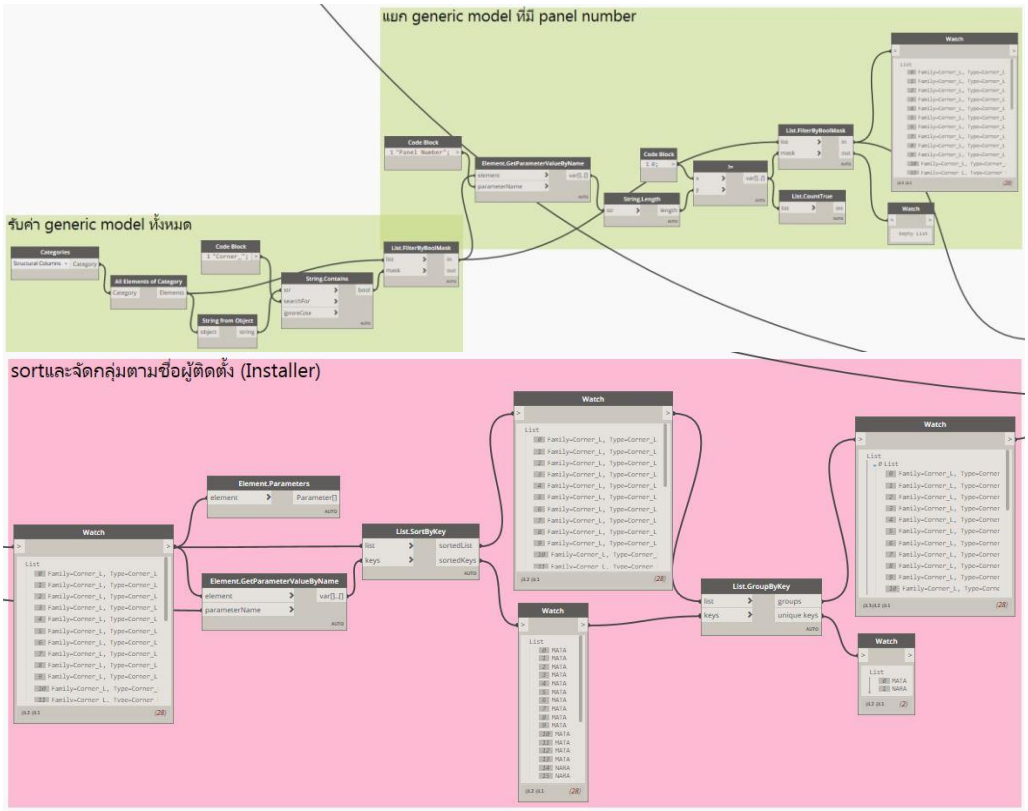
การนำเข้าข้อมูล เป็นการกำหนดข้อมูลหรือแผนการที่ต้องดำเนินการติดตั้ง เช่น ผู้ติดตั้ง วันที่ติดตั้ง ชื่อแผ่นผนัง เป็นต้น ผ่านการกรอกข้อมูลเข้าสู่ระบบ เพื่อนำข้อมูลต่างๆไปประมวลผลผ่านระบบที่พัฒนา

- Input สำหรับการวางแผนแผ่นผนัง เป็นการกรอกข้อมูล ชื่อผู้ติดตั้ง ชื่อแผ่นผนัง ระยะเวลาในการติดตั้ง เข้าสู่ระบบ เพื่อส่งค่าข้อมูลที่กรอกไปสู่แผ่นผนังแต่ละแผ่นที่อยู่ในโมเดลสามมิติ โดยจะแสดงค่าผ่านช่อง Properties ดังภาพที่ 4.60



ภาพที่ 4.55 การรับค่าข้อมูลแผ่นผนัง

- Input สำหรับการกรองค่าข้อมูลจากโมเดลอาคาร เป็นข้อมูลแผ่นผนังจาก input ที่กรอกไว้ เพื่อรับค่าข้อมูลแผ่นผนังที่ถูกวางแผนติดตั้ง ให้แสดงในรูปแบบ Spreadsheet โดยจัดกลุ่มข้อมูลตามผู้ที่ดำเนินการติดตั้ง



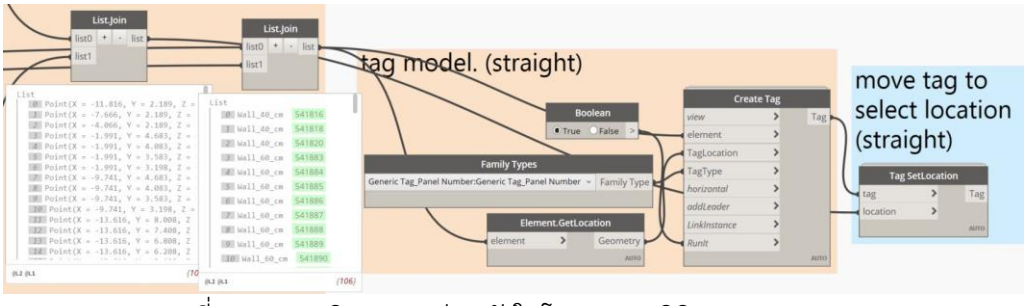
ภาพที่ 4.56 การรับค่าข้อมูลการวางแผนติดตั้งแผ่นผนัง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.4.1.4 การส่งออกข้อมูลและผลลัพธ์ของระบบการวางแผนติดตั้งแผ่นผนัง

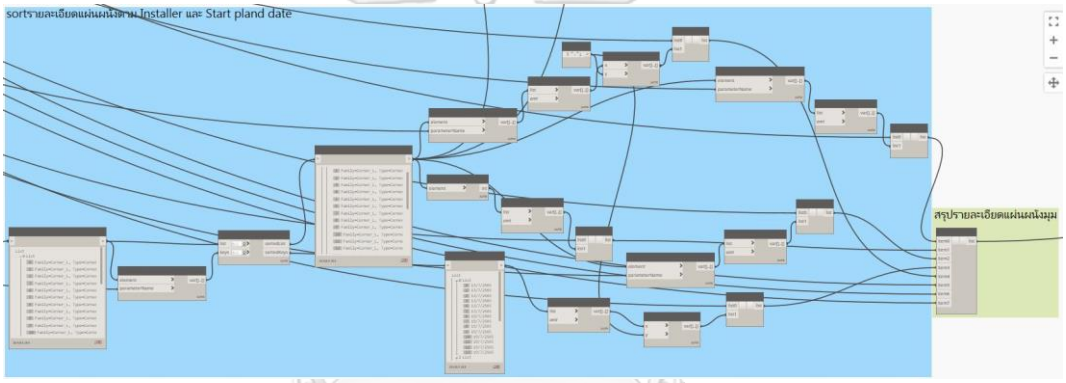
การส่งออกข้อมูลของระบบการวางแผนติดตั้งแผ่นผนัง เป็นการนำข้อมูล input ที่ผ่านการประมวลผลมาแสดงค่าผ่านโมเดลสามมิติและ Spreadsheet โดยข้อมูลและผลลัพธ์ต่างๆ เป็นข้อมูลในการวางแผนติดตั้งแผ่นผนังแต่ละส่วน

- การส่งออกข้อมูลเพื่อติด Tag แผ่นผนัง เป็นการแสดงชื่อแผ่นผนังที่ได้วางแผนไว้ผ่านแบบจำลอง ดังภาพที่ 4.59 โดยใช้โค้ดตามภาพที่ 4.57

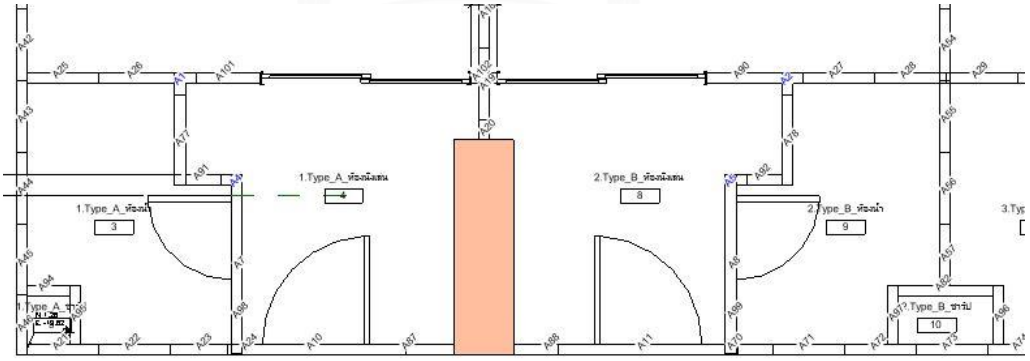


ภาพที่ 4.57 การติด tag แผ่นผนังในโมเดลสามมิติ (Revit)

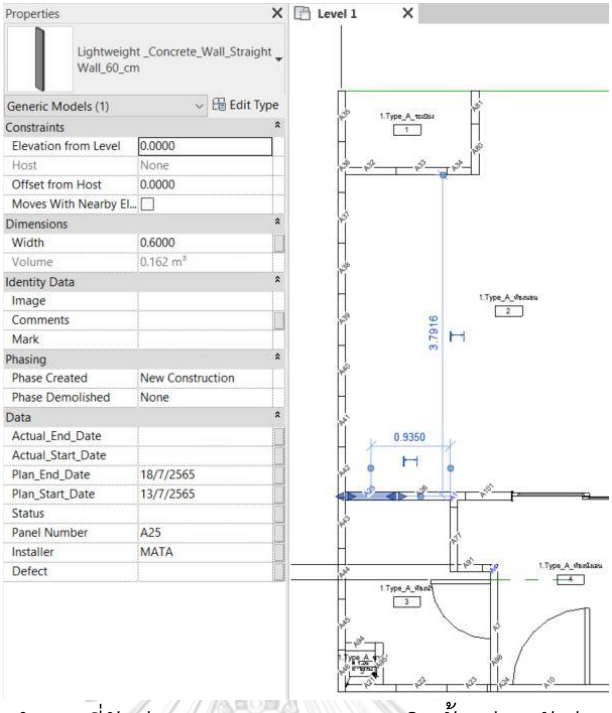
- การส่งออกข้อมูลสำหรับ Spreadsheet ที่ใช้ในการวางแผนติดตั้ง ประมวลผลโดยการกรองค่าแผ่นผนัง ที่จัดกลุ่มข้อมูลตามผู้ที่ดำเนินการติดตั้ง และแสดงข้อมูลต่างๆ ที่ใส่ Input ไว้ ดังแสดงไว้ในภาพที่ 4.61 โดยใช้โค้ดตามภาพที่ 4.58



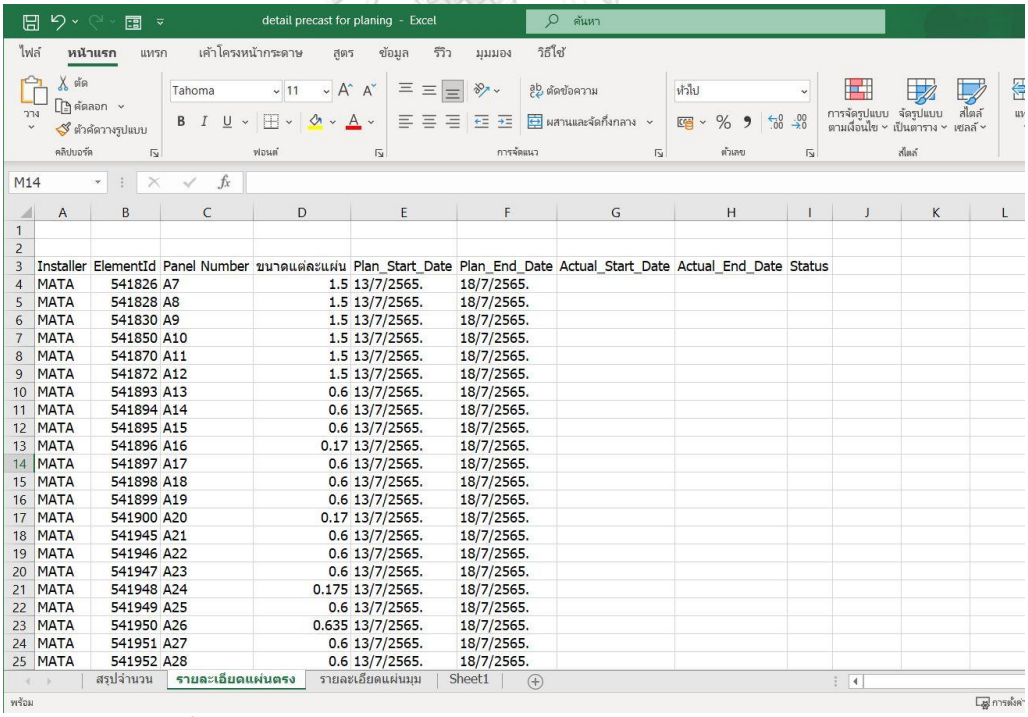
ภาพที่ 4.58 Report การวางแผนติดตั้งแผ่นผนัง



ภาพที่ 4.59 แบบจำลองที่รันผ่านระบบแสดง tag แผ่นผนัง



ภาพที่ 4.60 แบบจำลองที่รันผ่านระบบแสดงแผนการติดตั้งแผ่นผนังผ่านช่อง Properties



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1												
2												
3	Installer	ElementId	Panel Number	ขนาดแต่ละแผ่น	Plan_Start_Date	Plan_End_Date	Actual_Start_Date	Actual_End_Date	Status			
4	MATA	541826	A7	1.5	13/7/2565.	18/7/2565.						
5	MATA	541828	A8	1.5	13/7/2565.	18/7/2565.						
6	MATA	541830	A9	1.5	13/7/2565.	18/7/2565.						
7	MATA	541850	A10	1.5	13/7/2565.	18/7/2565.						
8	MATA	541870	A11	1.5	13/7/2565.	18/7/2565.						
9	MATA	541872	A12	1.5	13/7/2565.	18/7/2565.						
10	MATA	541893	A13	0.6	13/7/2565.	18/7/2565.						
11	MATA	541894	A14	0.6	13/7/2565.	18/7/2565.						
12	MATA	541895	A15	0.6	13/7/2565.	18/7/2565.						
13	MATA	541896	A16	0.17	13/7/2565.	18/7/2565.						
14	MATA	541897	A17	0.6	13/7/2565.	18/7/2565.						
15	MATA	541898	A18	0.6	13/7/2565.	18/7/2565.						
16	MATA	541899	A19	0.6	13/7/2565.	18/7/2565.						
17	MATA	541900	A20	0.17	13/7/2565.	18/7/2565.						
18	MATA	541945	A21	0.6	13/7/2565.	18/7/2565.						
19	MATA	541946	A22	0.6	13/7/2565.	18/7/2565.						
20	MATA	541947	A23	0.6	13/7/2565.	18/7/2565.						
21	MATA	541948	A24	0.175	13/7/2565.	18/7/2565.						
22	MATA	541949	A25	0.6	13/7/2565.	18/7/2565.						
23	MATA	541950	A26	0.635	13/7/2565.	18/7/2565.						
24	MATA	541951	A27	0.6	13/7/2565.	18/7/2565.						
25	MATA	541952	A28	0.6	13/7/2565.	18/7/2565.						

ภาพที่ 4.61 ข้อมูลของการวางแผนแผ่นผนัง ในรูปแบบ Spreadsheet

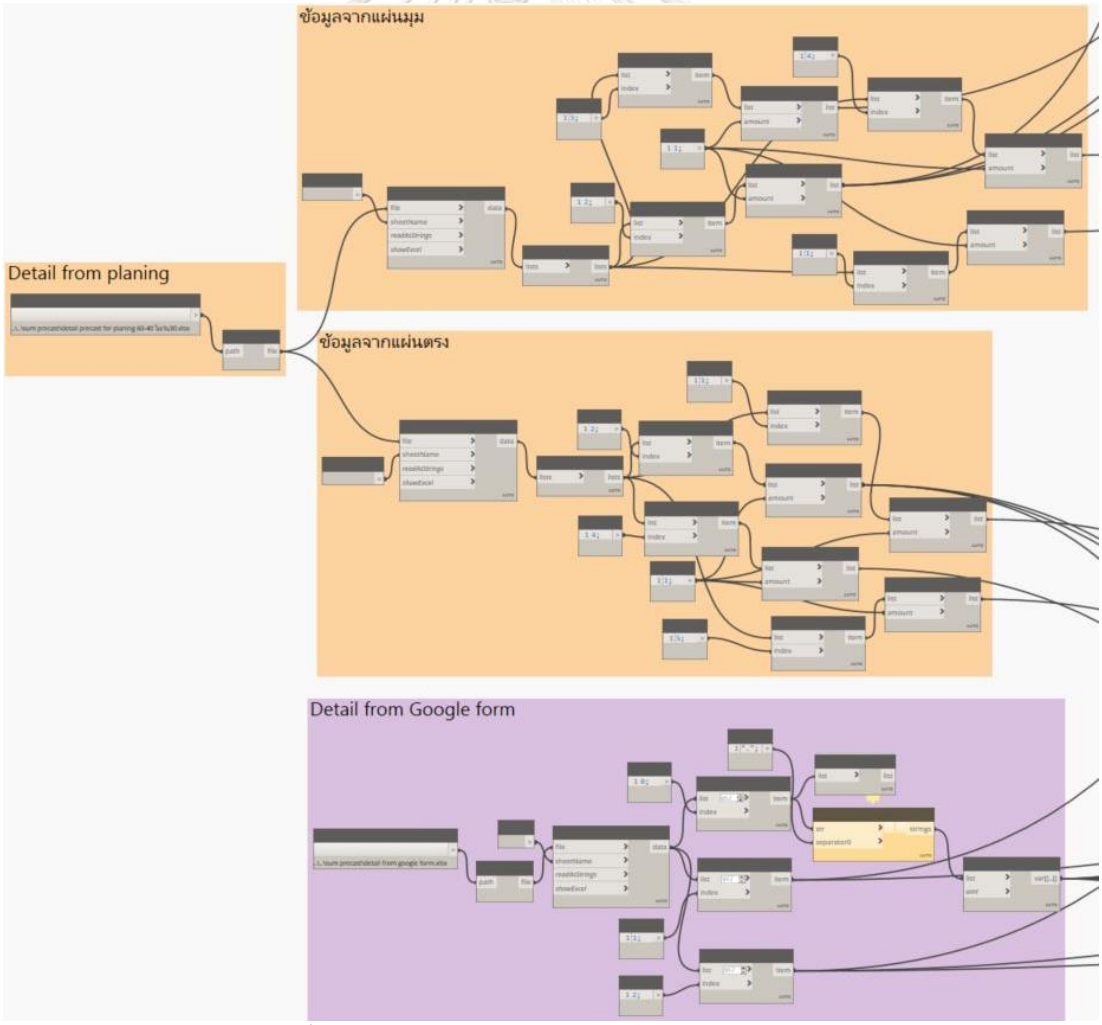
4.4.2 การพัฒนาระบบการติดตามแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา

การพัฒนาระบบการติดตามแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา เป็นการพัฒนาระบบภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด โดยนำโมเดลตัวอย่างมารันผ่านระบบ เพื่อดำเนินการทดสอบ โดยมีขั้นตอนการพัฒนา ดังนี้

4.4.2.1 การนำเข้าและเตรียมข้อมูลของระบบการติดตามการติดตั้งแผ่นผนัง

การนำเข้าและเตรียมข้อมูลของระบบการติดตามการติดตั้งแผ่นผนัง เป็นการนำข้อมูลที่ได้จาก Google Form มาดำเนินการประมวลผล โดยประมวลผลร่วมกับข้อมูลจาก Spreadsheet ที่ได้จากขั้นตอนการวางแผนติดตั้ง ข้อมูลสำหรับ Input ในการติดตามการติดตั้งแผ่นผนังมี Input ดังต่อไปนี้

- Input สำหรับการรับค่าจาก Spreadsheet เป็นการรับค่าข้อมูลแผ่นผนังจาก Spreadsheet ในส่วนของ Google Form และ Spreadsheet ที่ได้จากขั้นตอนการวางแผนติดตั้ง เพื่อนำมาเปรียบเทียบระยะเวลาการดำเนินงานติดตั้ง

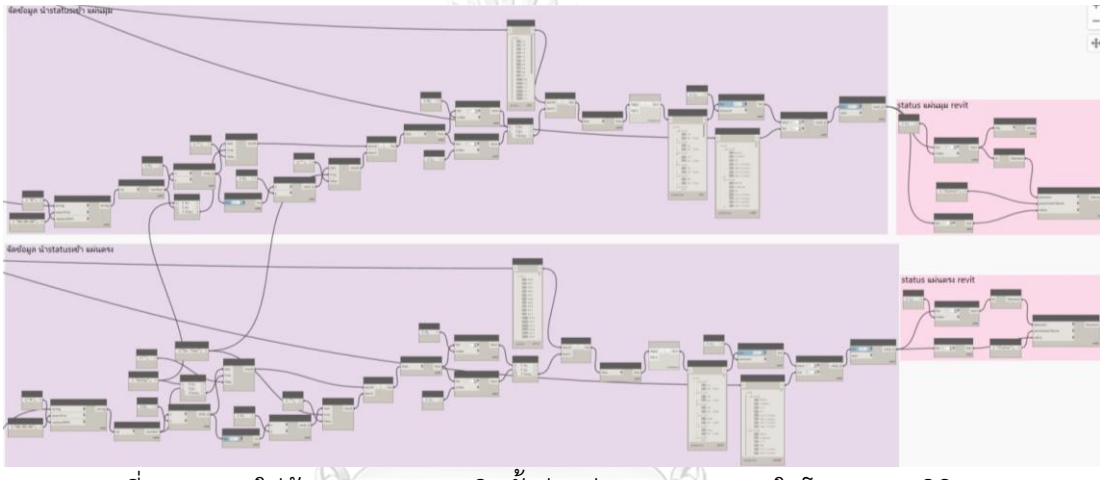


ภาพที่ 4.62 การรับค่าข้อมูลแผ่นผนังจาก Spreadsheet

4.4.2.2 การส่งออกข้อมูลและผลลัพธ์ของระบบการติดตามการติดตั้งแผ่นผนัง

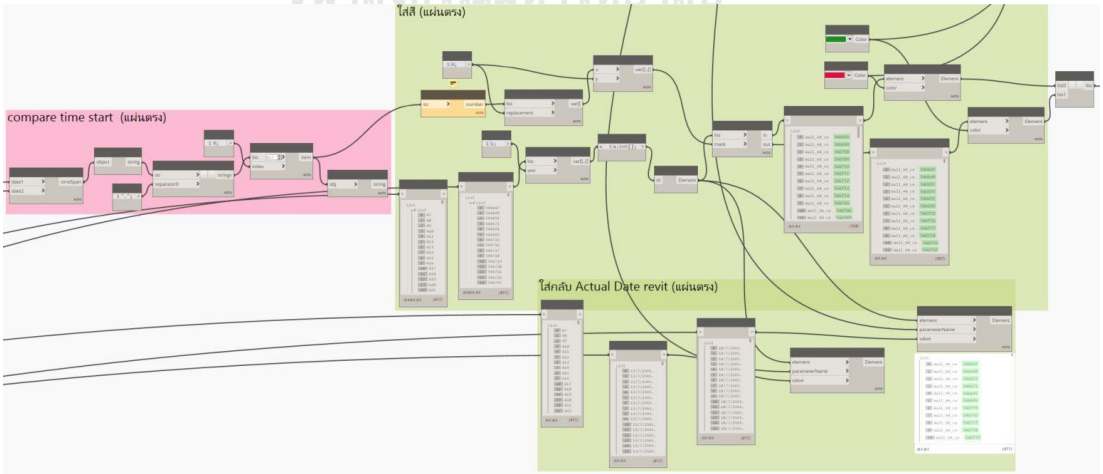
การส่งออกข้อมูลและผลลัพธ์ของระบบการติดตามการติดตั้งแผ่นผนัง เป็นการนำข้อมูล Spreadsheet จาก Google Form และขั้นตอนการวางแผนติดตั้ง ที่ผ่านการประมวลผลจากระบบแล้ว มาแสดงผลลัพธ์ต่าง ๆ ในโมเดลสามมิติและสรุปข้อมูลทั้งหมดผ่าน Spreadsheet ใหม่

- การส่งออกข้อมูลสถานะแผ่นผนัง เป็นการส่งออกข้อมูลแผนการติดตั้งและข้อมูลที่ดำเนินการติดตั้งจริง ให้ระบบประมวลผลระยะเวลาที่ใช้ดำเนินการ เพื่อแสดงสถานะของแผ่นผนังผ่านช่อง Properties ดังภาพที่ 4.65 โดยใช้โค้ด ดังภาพที่ 4.63 รวมถึงแสดงผลข้อมูลต่างๆ ผ่านมุมมองสามมิติ ดังภาพที่ 4.66 โดยใช้โค้ด ดังภาพที่ 4.64

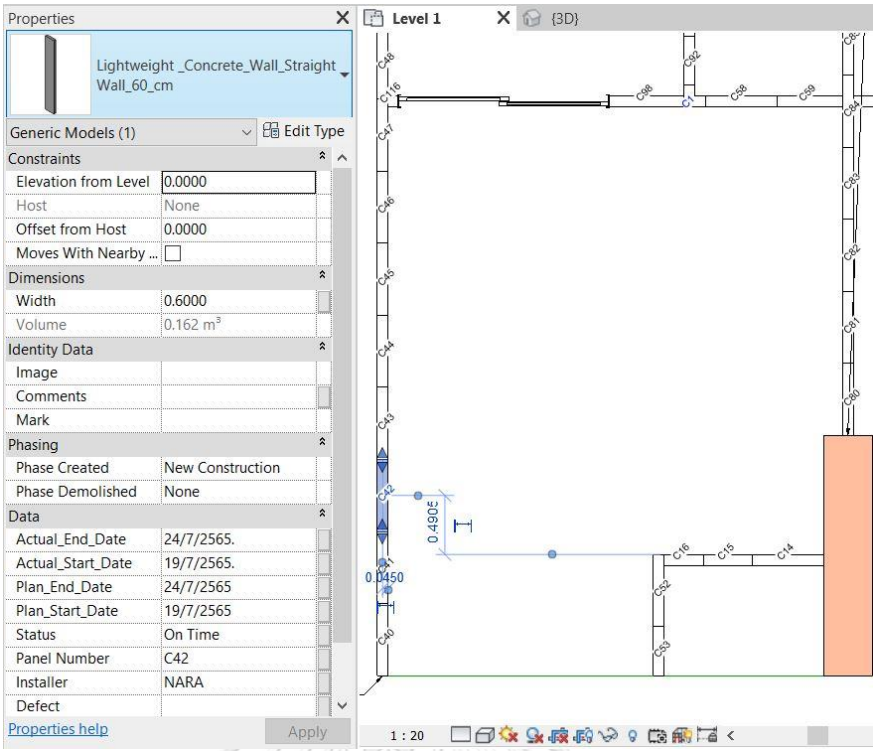


ภาพที่ 4.63 การใส่ข้อมูลสถานะการติดตั้งผ่านช่อง Properties ในโมเดลสามมิติ (Revit)

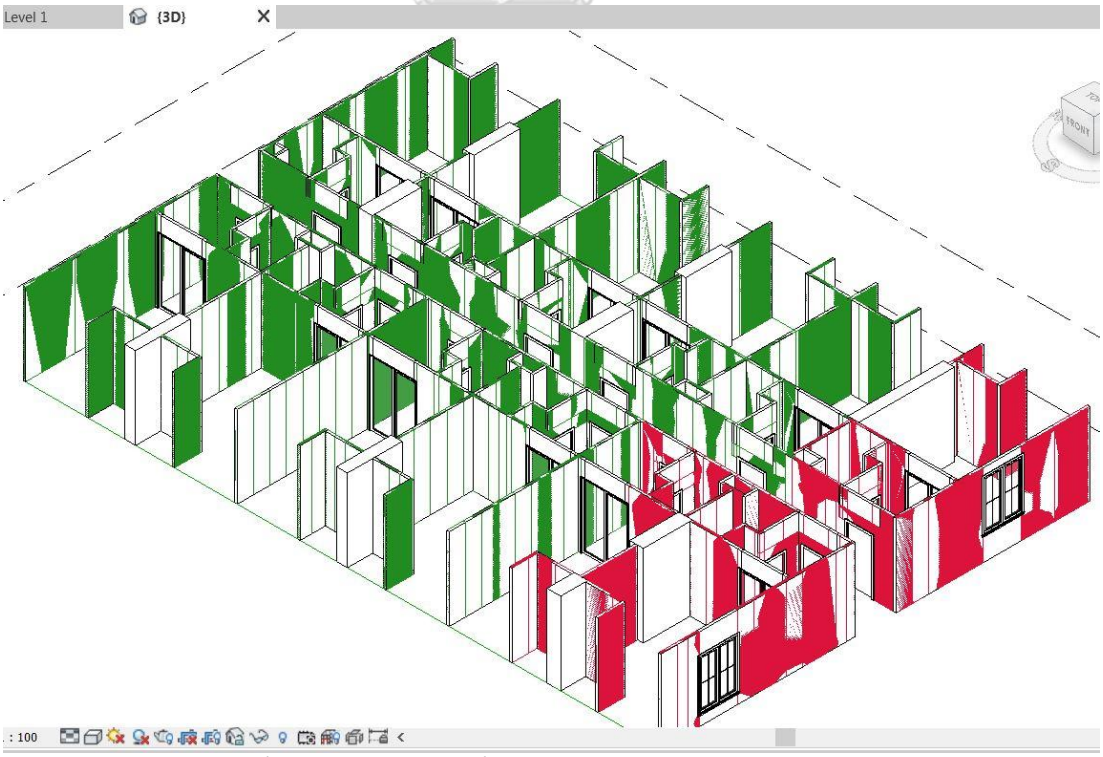
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 4.64 การแสดงสีสถานะของการติดตั้งแผ่นผนังในโมเดลสามมิติ (Revit)

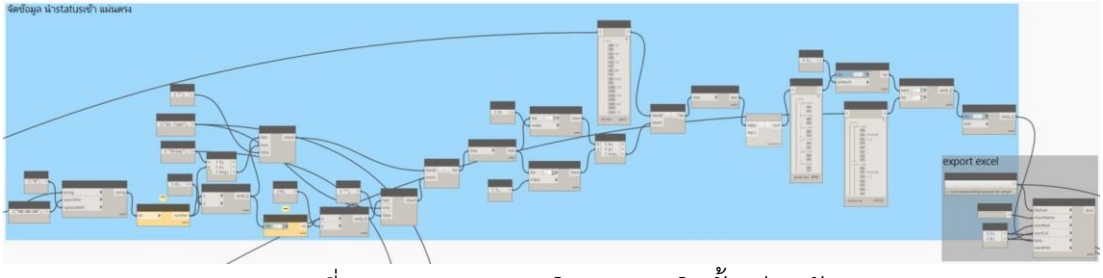


ภาพที่ 4.65 แบบจำลองที่รันผ่านระบบแสดงข้อมูลสถานะแผ่นผนังผ่านช่อง Properties

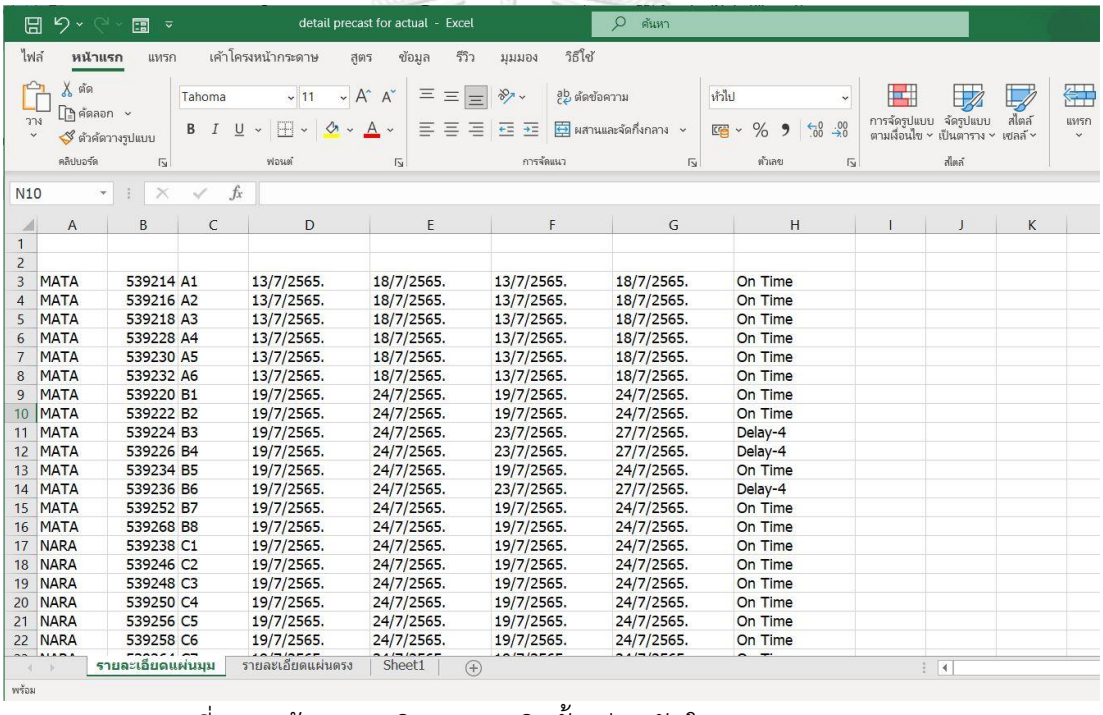


ภาพที่ 4.66 แบบจำลองที่รันผ่านระบบแสดงผ่านมุมมองสามมิติ

- การส่งออกข้อมูลสถานะแผ่นผนัง สำหรับ Spreadsheet เป็นการส่งออกข้อมูลแผนการติดตั้งและข้อมูลที่ดำเนินการติดตั้งจริงทั้งหมด โดยสรุปผลผ่าน Spreadsheet ซึ่งใช้โค้ด ดังภาพที่ 4.67 และระบบแสดงผลข้อมูลต่าง ๆ ดังภาพที่ 4.68



ภาพที่ 4.67 Report การติดตามการติดตั้งแผ่นผนัง



detail precast for actual - Excel

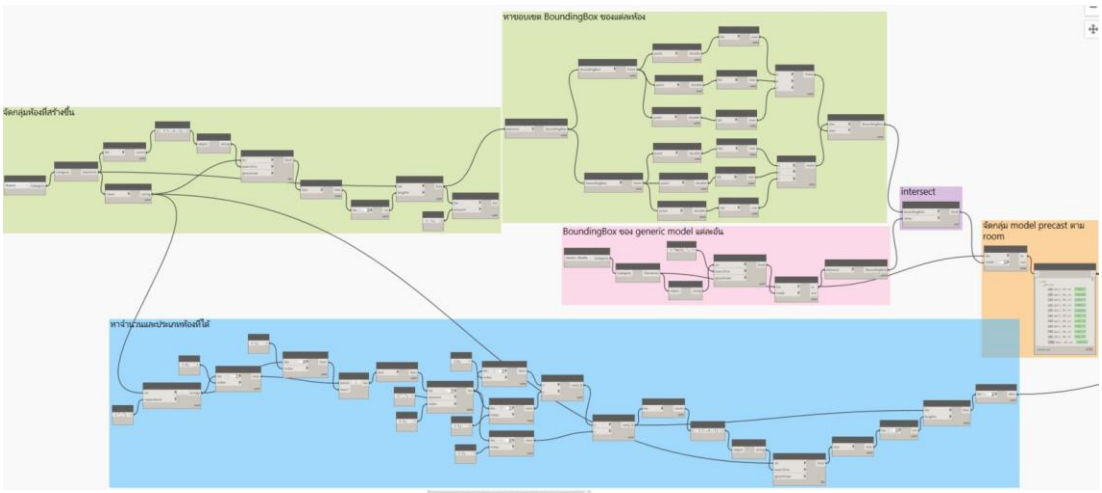
	A	B	C	D	E	F	G	H
3	MATA	539214	A1	13/7/2565.	18/7/2565.	13/7/2565.	18/7/2565.	On Time
4	MATA	539216	A2	13/7/2565.	18/7/2565.	13/7/2565.	18/7/2565.	On Time
5	MATA	539218	A3	13/7/2565.	18/7/2565.	13/7/2565.	18/7/2565.	On Time
6	MATA	539228	A4	13/7/2565.	18/7/2565.	13/7/2565.	18/7/2565.	On Time
7	MATA	539230	A5	13/7/2565.	18/7/2565.	13/7/2565.	18/7/2565.	On Time
8	MATA	539232	A6	13/7/2565.	18/7/2565.	13/7/2565.	18/7/2565.	On Time
9	MATA	539220	B1	19/7/2565.	24/7/2565.	19/7/2565.	24/7/2565.	On Time
10	MATA	539222	B2	19/7/2565.	24/7/2565.	19/7/2565.	24/7/2565.	On Time
11	MATA	539224	B3	19/7/2565.	24/7/2565.	23/7/2565.	27/7/2565.	Delay-4
12	MATA	539226	B4	19/7/2565.	24/7/2565.	23/7/2565.	27/7/2565.	Delay-4
13	MATA	539234	B5	19/7/2565.	24/7/2565.	19/7/2565.	24/7/2565.	On Time
14	MATA	539236	B6	19/7/2565.	24/7/2565.	23/7/2565.	27/7/2565.	Delay-4
15	MATA	539252	B7	19/7/2565.	24/7/2565.	19/7/2565.	24/7/2565.	On Time
16	MATA	539268	B8	19/7/2565.	24/7/2565.	19/7/2565.	24/7/2565.	On Time
17	NARA	539238	C1	19/7/2565.	24/7/2565.	19/7/2565.	24/7/2565.	On Time
18	NARA	539246	C2	19/7/2565.	24/7/2565.	19/7/2565.	24/7/2565.	On Time
19	NARA	539248	C3	19/7/2565.	24/7/2565.	19/7/2565.	24/7/2565.	On Time
20	NARA	539250	C4	19/7/2565.	24/7/2565.	19/7/2565.	24/7/2565.	On Time
21	NARA	539256	C5	19/7/2565.	24/7/2565.	19/7/2565.	24/7/2565.	On Time
22	NARA	539258	C6	19/7/2565.	24/7/2565.	19/7/2565.	24/7/2565.	On Time

ภาพที่ 4.68 ข้อมูลการติดตามการติดตั้งแผ่นผนัง ในรูปแบบ Spreadsheet

4.4.2.3 การนำเข้าและเตรียมข้อมูลของระบบการติดตามข้อบกพร่องหลังการติดตั้ง

การนำเข้าและเตรียมข้อมูลของระบบการติดตามข้อบกพร่องหลังการติดตั้ง เป็นการนำข้อมูลที่ได้จาก Google Form มาดำเนินการประมวลผล โดยข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลที่ผ่านการประมวลผลในขั้นตอนการติดตามการติดตั้งแผ่นผนัง เพื่อจัดกลุ่มแผ่นผนังตามห้องต่างๆ ที่ถูกกำหนดไว้ ซึ่งการประมวลผลจะใช้ข้อมูลที่ได้จาก Google Form และ ข้อมูลจาก Spreadsheet

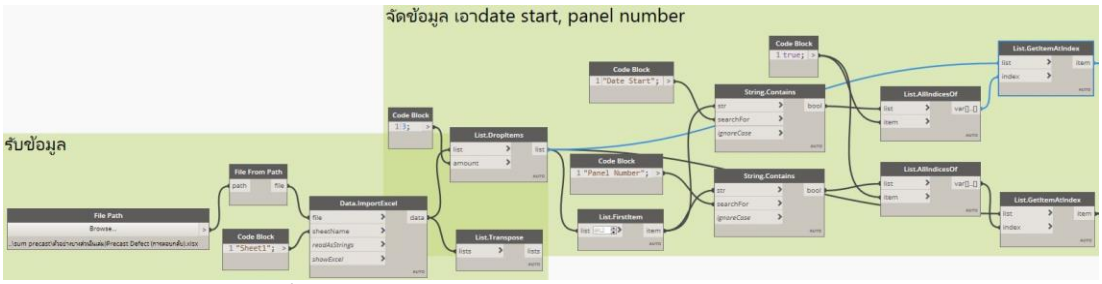
- Input สำหรับการสร้าง Spreadsheet เป็นการรับค่าข้อมูลแผ่นผนังจากโมเดลสามมิติที่ผ่านการประมวลผลจากขั้นตอนการติดตามการติดตั้ง เพื่อจัดกลุ่มแผ่นผนังตามห้องต่างๆ เพื่อใช้



ภาพที่ 4.69 การรับค่าข้อมูลแผ่นผนังโดยแบ่งตามห้อง

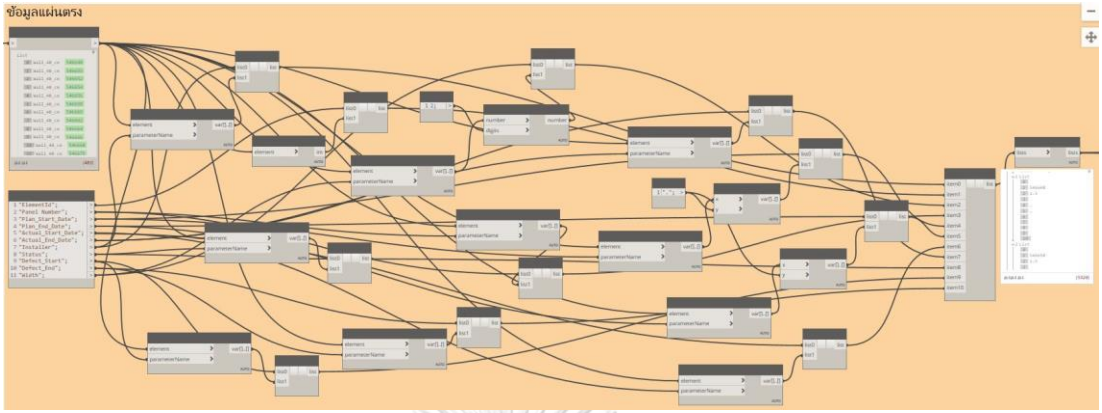
- Input สำหรับการรับค่าจาก Google Form เป็นการรับข้อมูลจาก Google Form ที่สร้างขึ้นเพื่อกรอกวันที่ดำเนินการแก้ไขหรือวันที่พบข้อบกพร่อง เพื่อส่งค่ากลับไปแสดงผลในโมเดลสามมิติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาพที่ 4.70 การรับค่าข้อมูลข้อบกพร่องจาก Google Form

- Input สำหรับการรับค่าจากโมเดลสามมิติ เป็นการรับค่าข้อมูลจากโมเดลสามมิติที่มีข้อมูลข้อบกพร่องในขั้นตอนสุดท้ายเรียบร้อยแล้ว เพื่อสรุปผลข้อมูลในรูปแบบ Spreadsheet



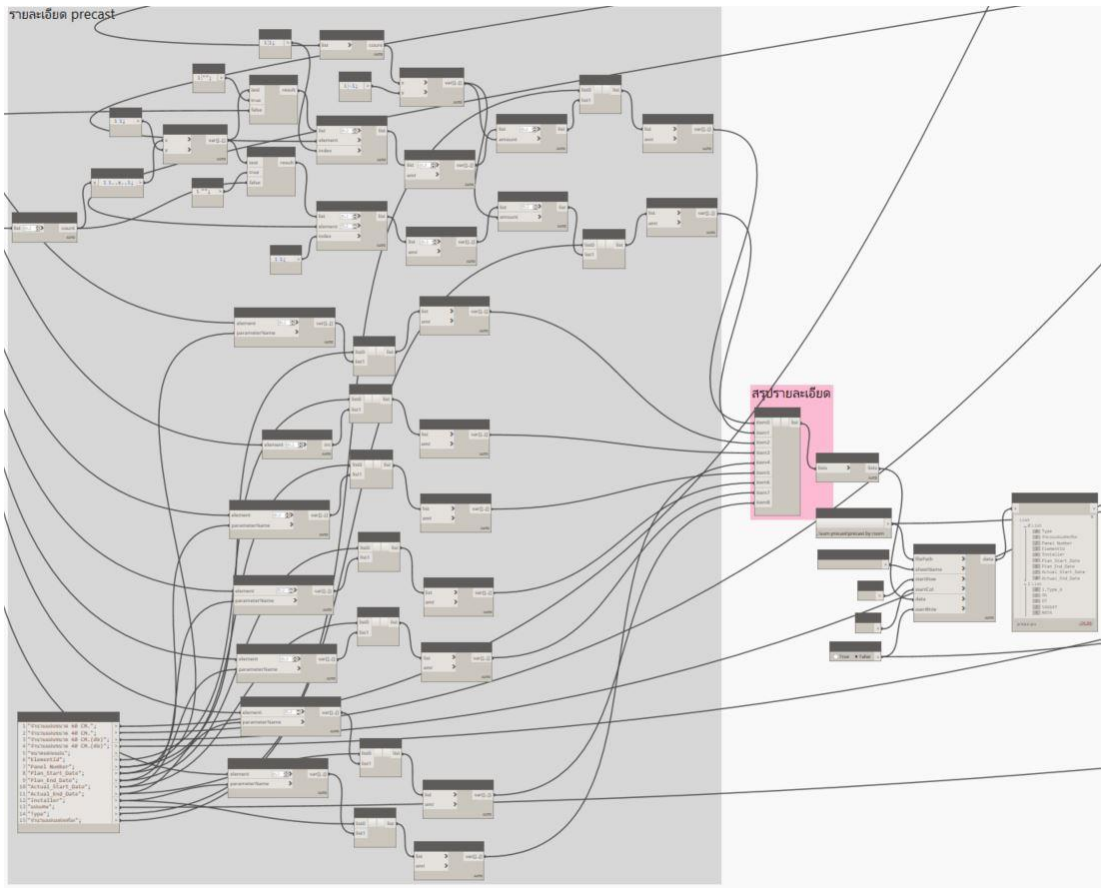
ภาพที่ 4.71 การรับค่าข้อมูลข้อบกพร่องเพื่อสรุปผลข้อมูลในรูปแบบ Spreadsheet

4.4.2.4 การส่งออกข้อมูลและผลลัพธ์ของระบบการติดตามข้อบกพร่องหลังการติดตั้ง

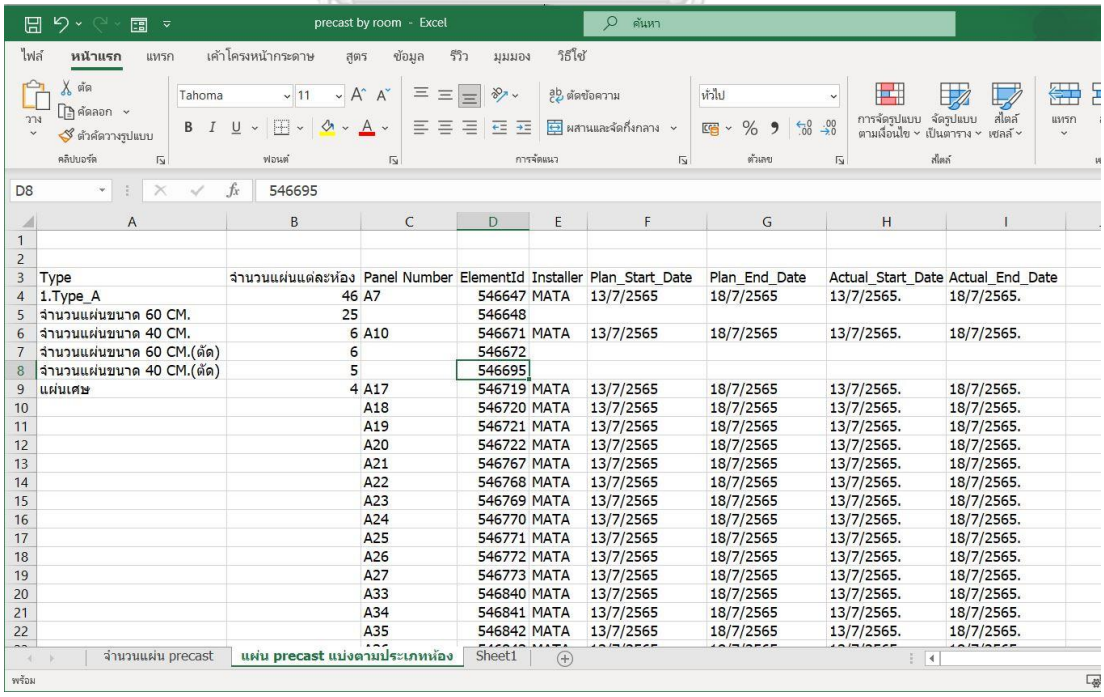
การส่งออกข้อมูลและผลลัพธ์ของระบบการติดตามข้อบกพร่องหลังการติดตั้ง เป็นการนำข้อมูล Spreadsheet จาก Google Form เข้าสู่โมเดลสามมิติ เพื่อนำผลลัพธ์ไปแสดงในช่อง Properties ของโมเดลสามมิติ

- การส่งออกข้อมูลแผ่นผนังโดยแบ่งตามห้อง เป็นการนำข้อมูลแผ่นผนังที่ผ่านการประมวลผลจนถึงขั้นตอนการติดตามการติดตั้งเรียบร้อยแล้ว และนำข้อมูลทั้งหมดมาแบ่งตามโซนห้องต่าง ๆ เพื่อนำไปสรุปข้อมูลและทำ Google Form สำหรับการติดตามข้อบกพร่องหลังการติดตั้งต่อไป โดยจะใช้โค้ดสำหรับการส่งออกข้อมูล ดังภาพที่ 4.72 และแสดงผลหน้าต่างข้อมูล ดังภาพที่ 4.73
- การส่งออกข้อมูลแผ่นผนังผ่านโมเดลสามมิติและ Spreadsheet โดยข้อมูลที่ส่งออกผ่านโมเดลสามมิติจะแสดงในช่อง Properties ซึ่งใช้โค้ดสำหรับส่งออกข้อมูล ดังภาพที่ 4.74 และสรุปข้อมูลในขั้นตอนหลังจากติดตามข้อบกพร่อง ดังภาพที่ 4.75

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

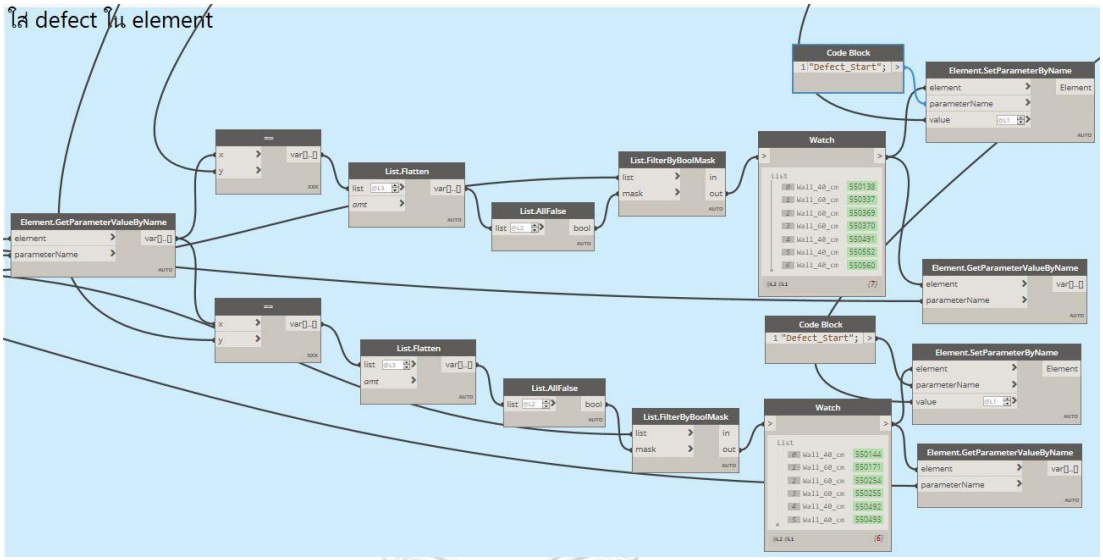


ภาพที่ 4.72 การส่งออกข้อมูลแผ่นผนังโดยแบ่งตามห้อง

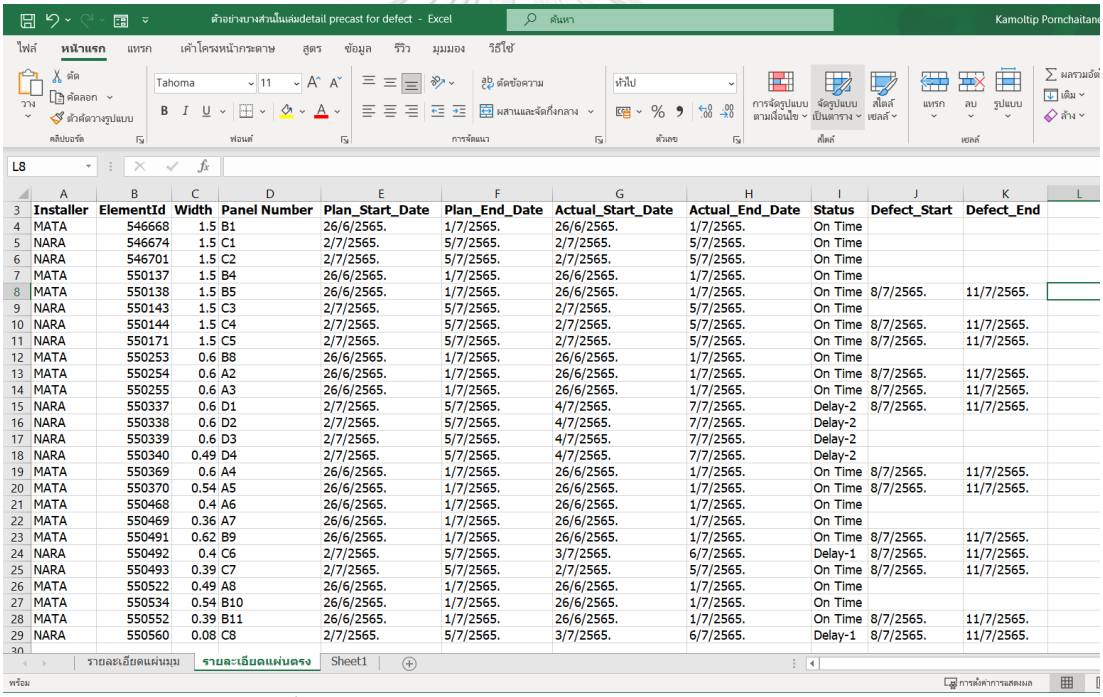


	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2									
3	Type	จำนวนแผ่นแต่ละห้อง	Panel Number	ElementId	Installer	Plan_Start_Date	Plan_End_Date	Actual_Start_Date	Actual_End_Date
4	1.Type_A	46	A7	546647	MATA	13/7/2565	18/7/2565	13/7/2565.	18/7/2565.
5	จำนวนแผ่นขนาด 60 CM.	25		546648					
6	จำนวนแผ่นขนาด 40 CM.	6	A10	546671	MATA	13/7/2565	18/7/2565	13/7/2565.	18/7/2565.
7	จำนวนแผ่นขนาด 60 CM.(ตัด)	6		546672					
8	จำนวนแผ่นขนาด 40 CM.(ตัด)	5		546695					
9	แผ่นเศษ	4	A17	546719	MATA	13/7/2565	18/7/2565	13/7/2565.	18/7/2565.
10			A18	546720	MATA	13/7/2565	18/7/2565	13/7/2565.	18/7/2565.
11			A19	546721	MATA	13/7/2565	18/7/2565	13/7/2565.	18/7/2565.
12			A20	546722	MATA	13/7/2565	18/7/2565	13/7/2565.	18/7/2565.
13			A21	546767	MATA	13/7/2565	18/7/2565	13/7/2565.	18/7/2565.
14			A22	546768	MATA	13/7/2565	18/7/2565	13/7/2565.	18/7/2565.
15			A23	546769	MATA	13/7/2565	18/7/2565	13/7/2565.	18/7/2565.
16			A24	546770	MATA	13/7/2565	18/7/2565	13/7/2565.	18/7/2565.
17			A25	546771	MATA	13/7/2565	18/7/2565	13/7/2565.	18/7/2565.
18			A26	546772	MATA	13/7/2565	18/7/2565	13/7/2565.	18/7/2565.
19			A27	546773	MATA	13/7/2565	18/7/2565	13/7/2565.	18/7/2565.
20			A33	546840	MATA	13/7/2565	18/7/2565	13/7/2565.	18/7/2565.
21			A34	546841	MATA	13/7/2565	18/7/2565	13/7/2565.	18/7/2565.
22			A35	546842	MATA	13/7/2565	18/7/2565	13/7/2565.	18/7/2565.

ภาพที่ 4.73 ข้อมูลแผ่นผนังโดยแบ่งตามห้อง ในรูปแบบ Spreadsheet



ภาพที่ 4.74 การใส่ข้อมูลข้อบกพร่องผ่านช่อง Properties ในโมเดลสามมิติ (Revit)



ตัวอย่างบางส่วนในแผ่นdetail precast for defect - Excel

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
3	Installer	ElementId	Width	Panel Number	Plan_Start_Date	Plan_End_Date	Actual_Start_Date	Actual_End_Date	Status	Defect_Start	Defect_End	
4	MATA	546668	1.5	B1	26/6/2565.	1/7/2565.	26/6/2565.	1/7/2565.	On Time			
5	NARA	546674	1.5	C1	2/7/2565.	5/7/2565.	2/7/2565.	5/7/2565.	On Time			
6	NARA	546701	1.5	C2	2/7/2565.	5/7/2565.	2/7/2565.	5/7/2565.	On Time			
7	MATA	550137	1.5	B4	26/6/2565.	1/7/2565.	26/6/2565.	1/7/2565.	On Time			
8	MATA	550138	1.5	B5	26/6/2565.	1/7/2565.	26/6/2565.	1/7/2565.	On Time	8/7/2565.	11/7/2565.	
9	NARA	550143	1.5	C3	2/7/2565.	5/7/2565.	2/7/2565.	5/7/2565.	On Time			
10	NARA	550144	1.5	C4	2/7/2565.	5/7/2565.	2/7/2565.	5/7/2565.	On Time	8/7/2565.	11/7/2565.	
11	NARA	550171	1.5	C5	2/7/2565.	5/7/2565.	2/7/2565.	5/7/2565.	On Time	8/7/2565.	11/7/2565.	
12	MATA	550253	0.6	B8	26/6/2565.	1/7/2565.	26/6/2565.	1/7/2565.	On Time			
13	MATA	550254	0.6	A2	26/6/2565.	1/7/2565.	26/6/2565.	1/7/2565.	On Time	8/7/2565.	11/7/2565.	
14	MATA	550255	0.6	A3	26/6/2565.	1/7/2565.	26/6/2565.	1/7/2565.	On Time	8/7/2565.	11/7/2565.	
15	NARA	550337	0.6	D1	2/7/2565.	5/7/2565.	4/7/2565.	7/7/2565.	Delay-2	8/7/2565.	11/7/2565.	
16	NARA	550338	0.6	D2	2/7/2565.	5/7/2565.	4/7/2565.	7/7/2565.	Delay-2			
17	NARA	550339	0.6	D3	2/7/2565.	5/7/2565.	4/7/2565.	7/7/2565.	Delay-2			
18	NARA	550340	0.49	D4	2/7/2565.	5/7/2565.	4/7/2565.	7/7/2565.	Delay-2			
19	MATA	550369	0.6	A4	26/6/2565.	1/7/2565.	26/6/2565.	1/7/2565.	On Time	8/7/2565.	11/7/2565.	
20	MATA	550370	0.54	A5	26/6/2565.	1/7/2565.	26/6/2565.	1/7/2565.	On Time	8/7/2565.	11/7/2565.	
21	MATA	550468	0.4	A6	26/6/2565.	1/7/2565.	26/6/2565.	1/7/2565.	On Time			
22	MATA	550469	0.36	A7	26/6/2565.	1/7/2565.	26/6/2565.	1/7/2565.	On Time			
23	MATA	550491	0.62	B9	26/6/2565.	1/7/2565.	26/6/2565.	1/7/2565.	On Time	8/7/2565.	11/7/2565.	
24	NARA	550492	0.4	C6	2/7/2565.	5/7/2565.	3/7/2565.	6/7/2565.	Delay-1	8/7/2565.	11/7/2565.	
25	NARA	550493	0.39	C7	2/7/2565.	5/7/2565.	2/7/2565.	5/7/2565.	On Time	8/7/2565.	11/7/2565.	
26	MATA	550522	0.49	A8	26/6/2565.	1/7/2565.	26/6/2565.	1/7/2565.	On Time			
27	MATA	550534	0.54	B10	26/6/2565.	1/7/2565.	26/6/2565.	1/7/2565.	On Time			
28	MATA	550552	0.39	B11	26/6/2565.	1/7/2565.	26/6/2565.	1/7/2565.	On Time	8/7/2565.	11/7/2565.	
29	NARA	550560	0.08	C8	2/7/2565.	5/7/2565.	3/7/2565.	6/7/2565.	Delay-1	8/7/2565.	11/7/2565.	

ภาพที่ 4.75 สรุปข้อมูลแผ่นผนัง ในรูปแบบ Spreadsheet

4.5 การทดสอบระบบ

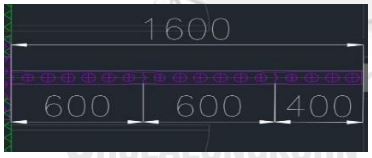
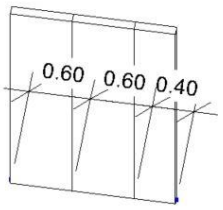
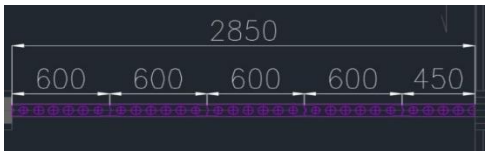
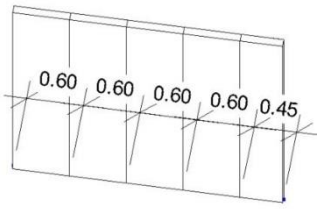
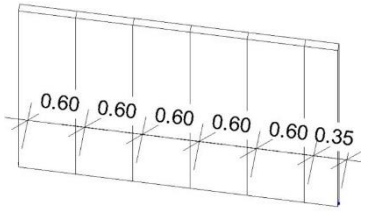
4.5.1 ระบบการวางแผนติดตั้งแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา

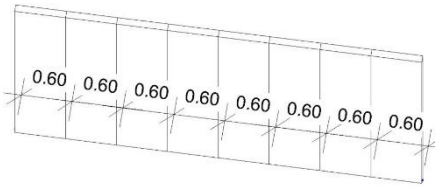
แผ่นผนังที่ใช้สำหรับทดสอบแบ่งออกเป็นสองขนาด ประกอบด้วยขนาด 60 ซม. และขนาด 40 ซม. ในการทดสอบกำหนดเงื่อนไขของการวางแผ่นผนังออกเป็น 2 กรณี ได้แก่ กรณีที่ 1 การวางแผ่นผนังขนาด 60 ซม. ชนิดเดียวทั้งโครงการ และกรณีที่ 2 การวางแผ่นผนังขนาด 60 ซม. เกือบทั้งผนังอาคารแล้วพิจารณาวางแผ่นผนังขนาด 40 ซม. บริเวณช่วงสุดท้ายของผนังอาคาร สำหรับการทดสอบวางแผ่นผนังขนาด 40 ซม. ชนิดเดียวทั้งโครงการ ไม่นำมาพิจารณา เนื่องจากการติดตั้งแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาในอาคารก่อสร้าง หากเป็นแผ่นผนังที่มีขนาดเล็กจะทำให้เกิดรอยต่อระหว่างผนังมากขึ้น ซึ่งเป็นปัจจัยที่จะส่งผลกระทบต่อราคาในการติดตั้ง ผู้วิจัยจึงพิจารณาการวางแผ่นผนังเฉพาะสองกรณีที่ใช้แผ่นผนังขนาดใหญ่มาวิเคราะห์

ตัวอย่างการทดสอบ

การทดสอบระบบใช้ตัวอย่างผนังอาคารที่มีความยาวแตกต่างกัน โดยจะใส่ข้อมูลแผ่นผนังทั้งสองกรณีให้ระบบประมวลผล เพื่อทดสอบความถูกต้องของการเรียงแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา เทียบกับการวางแผ่นผนังด้วยมือ ดังตารางที่ 4.1 และ 4.2

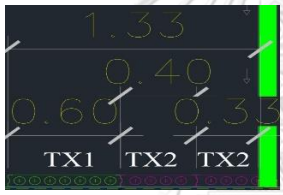
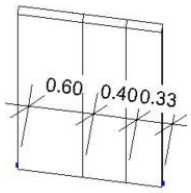
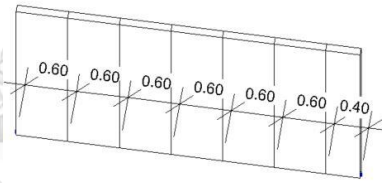
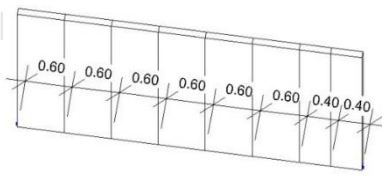
ตารางที่ 4.1 ลักษณะการวางแผ่นผนังตามความยาวผนังอาคารในกรณีที่ 1

ผนังยาว (ม.)	การวางด้วยมือ	ระบบ
1.60		
2.85		
3.35		

4.8		

จากตารางที่ 4.1 เป็นการทดสอบระบบการวางแผนติดตั้งแผ่นผนังระหว่างการวางแผ่นผนังด้วยมือและระบบที่พัฒนา โดยใช้แผ่นผนังขนาด 60 ซม. ชนิดเดียวทั้งโครงการ พบว่าระบบสามารถวางแผ่นผนังได้ตามความยาวผนังอาคารอย่างถูกต้อง และใกล้เคียงกับการวางด้วยมือ โดยช่วงสุดท้ายของผนังอาคารระบบจะประมวลผลวางแผ่นผนังให้มีขนาดตามระยะอาคารที่เหลือ

ตารางที่ 4.2 ลักษณะการวางแผ่นผนังตามความยาวผนังอาคารในกรณีที่ 2

ผนังยาว (ม.)	**การวางด้วยมือ**	**ระบบ**
1.33		
4.0		
4.4		

จากตารางที่ 4.2 เป็นการทดสอบระบบการวางแผนติดตั้งแผ่นผนังระหว่างการวางแผ่นผนังด้วยมือและระบบที่พัฒนา โดยใช้แผ่นผนังขนาด 60 ซม.ก่อน และ 40 ซม. บริเวณช่วงสุดท้ายของผนังอาคาร พบว่าระบบสามารถวางแผ่นผนังได้ตามความยาวผนังอาคารอย่างถูกต้อง และใกล้เคียงกับการวางด้วยมือ โดยช่วงสุดท้ายของผนังอาคารระบบจะประมวลผลวางแผ่นผนังให้มีขนาดตามระยะอาคารที่เหลือ

การประมวลผลผ่านระบบสามารถบอกขนาดของแผ่นผนังช่วงสุดท้ายรวดเร็ว โดยจะเลือกพิจารณาตามขนาดของแผ่นผนังที่ใช้ในโครงการนั้นๆมาใส่ในโมเดล ซึ่งต่างจากการวางแผ่นผนังด้วย

มือ จะดำเนินการวางแผ่นผนังตามผนังอาคาร โดยจะระบุความยาวของผนังช่วงสุดท้ายจากการวางแผ่นผนังอื่นๆแล้วเสร็จ จึงทำการวัดขนาดด้วยมือทีละแผ่นอีกครั้ง

การนำโมเดลอาคารมาประมวลผลผ่านระบบการวางแผนติดตั้งแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา ระบบจะประมวลผลจำนวนและขนาดของแผ่นผนังออกมา โดยงานวิจัยจะนำผลของแผ่นผนังตัดแต่ละขนาดมาวิเคราะห์ โดยแบ่งออกเป็นสองกรณี ดังนี้

- **<u>กรณีที่ 1</u> การวางแผ่นผนังขนาด 60 ซม. ชนิดเดียวทั้งโครงการ**

การวางแผนแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา โดยใช้เงื่อนไขแผ่นผนัง 60 ซม. ชนิดเดียวทั้งโครงการ ซึ่งการวางแผ่นผนังในลักษณะดังกล่าว จะมีแผ่นผนังที่ถูกตัดเพื่อนำไปใส่ให้พอดีกับช่วงอาคาร งานวิจัยจึงได้นำผลขนาดและจำนวนแผ่นผนังที่ได้จากระบบวางแผนติดตั้งแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบามาดำเนินการวิเคราะห์ผ่าน Solver ในโปรแกรม Excel โดยใช้ฟังก์ชัน Simplex LP เป็นการนำแผ่นผนังตัดที่ได้จากระบบมาจับคู่กันให้มีขนาดความกว้างใกล้เคียง 60 ซม. มากที่สุด โดยเงื่อนไขของการจับกลุ่มแผ่นผนังตัด จะพิจารณาจำนวนการตัดต่อแผ่นให้น้อยที่สุด (ไม่เกิน 2 ครั้ง/แผ่น) ดังตารางที่ 4.3 และใช้สมการดังต่อไปนี้

$$N_1L_1 + N_2L_2 + N_3L_3 + \cdots + N_{10}L_{10} = Y_1Z_1 + Y_2Z_2 + \cdots + Y_9Z_9 + Y_{10}Z_{10}$$

กำหนดให้ N = จำนวนแผ่นผนังแต่ละขนาด
L = ความยาวแผ่นผนังแต่ละแผ่น
Y = จำนวนชุดของ Z
Z_n = ความยาวของคู่แผ่นผนัง;

$$Z_1 = 2L_5$$
$$Z_2 = L_4 + L_6$$
$$Z_3 = L_3 + L_4$$
$$Z_4 = L_2 + L_8$$
$$Z_5 = L_1 + L_9$$
$$Z_6 = L_{10} + 5$$
$$Z_7 = L_1 + 2L_4$$
$$Z_8 = 2L_2 + L_4$$
$$Z_9 = 3L_3$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.3 จำนวนแผ่นผนังตามลักษณะการตัด - กรณีที่ 1

ลักษณะการตัด	ความยาว (ซม.)										ความยาวรวม (ซม.)	เศษเหลือ (ซม.)
	10 (L_1)	15 (L_2)	20 (L_3)	25 (L_4)	30 (L_5)	35 (L_6)	40 (L_7)	45 (L_8)	50 (L_9)	55 (L_{10})		
1					2						60	0
2				1		1					60	0
3			1				1				60	0
4		1						1			60	0
5	1								1		60	0
6										1	55	5
7	1			2							60	0
8		2		1							55	5
9			3								60	0

- **<u>กรณีที่ 2</u> การวางแผ่นผนังขนาด 60 ซม.ก่อน และ 40 ซม. บริเวณช่วงสุดท้ายของผนังอาคาร**

การวางแผนแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา โดยใช้เงื่อนไขวางแผ่นผนัง 60 ซม.ก่อน และ 40 ซม. บริเวณช่วงสุดท้ายของผนังอาคาร ซึ่งการวางแผ่นผนังในลักษณะดังกล่าว จะมีแผ่นผนังที่ถูกตัดเพื่อนำไปใส่ให้พอดีกับช่วงอาคาร โดยงานวิจัยได้นำผลขนาดและจำนวนแผ่นผนังที่ได้จากระบบวางแผนติดตั้งแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบามาดำเนินการวิเคราะห์ผ่าน Solver ในโปรแกรม Excel โดยใช้ฟังก์ชัน Simplex LP เป็นการนำแผ่นผนังตัดที่ได้จากระบบมาจับคู่กันให้มีขนาดความกว้างใกล้เคียง 60 ซม. มากที่สุด โดยเงื่อนไขของการจับกลุ่มแผ่นผนังตัด จะพิจารณาจำนวนการตัดต่อแผ่นให้น้อยที่สุด (ไม่เกิน 2 ครั้ง/แผ่น) ในกรณีนี้มีการใช้แผ่นผนังขนาด 40 ซม. ร่วมด้วย ดังนั้นแผ่นผนังที่มีขนาด 40 ซม. จะใช้แผ่นผนังเต็มโดยไม่มีการตัดแผ่นผนัง และขนาดแผ่นผนัง 20 ซม. จะนำแผ่นผนังขนาด 40 ซม. มาตัด เพื่อลดจำนวนครั้งต่อการตัดหนึ่งแผ่น ดังตารางที่ 4.4 และ ใช้สมการดังต่อไปนี้

$$N_1L_1 + N_2L_2 + N_3L_3 + \cdots + N_7L_7 = Y_1Z_1 + Y_2Z_2 + \cdots + Y_6Z_6 + Y_7Z_7$$

กำหนดให้ N = จำนวนแผ่นผนังแต่ละขนาด
L = ความยาวแผ่นผนังแต่ละแผ่น
Y = จำนวนชุดของ Z
Z_n = ความยาวของคู่แผ่นผนัง;

$$Z_1 = 2L_4$$
$$Z_2 = L_3 + L_5$$
$$Z_3 = L_2 + L_6$$
$$Z_4 = L_1 + L_7$$
$$Z_5 = 2L_8 + 5$$
$$Z_6 = L_1 + 2L_3$$
$$Z_7 = 2L_2 + L_4$$

ตารางที่ 4.4 จำนวนแผ่นผนังตามลักษณะการตัด - กรณีที่ 2

ลักษณะการตัด	ความยาว (ซม.)								ความยาวรวม (ซม.)	เศษเหลือ (ซม.)
	10 (L_1)	15 (L_2)	25 (L_3)	30 (L_4)	35 (L_5)	45 (L_6)	50 (L_7)	55 (L_8)		
1				2					60	0
2			1		1				60	0
3		1				1			60	0
4	1						1		60	0
5								1	55	5
6	1		2						60	0
7		2		1					60	0

CHULALONGKORN UNIVERSITY

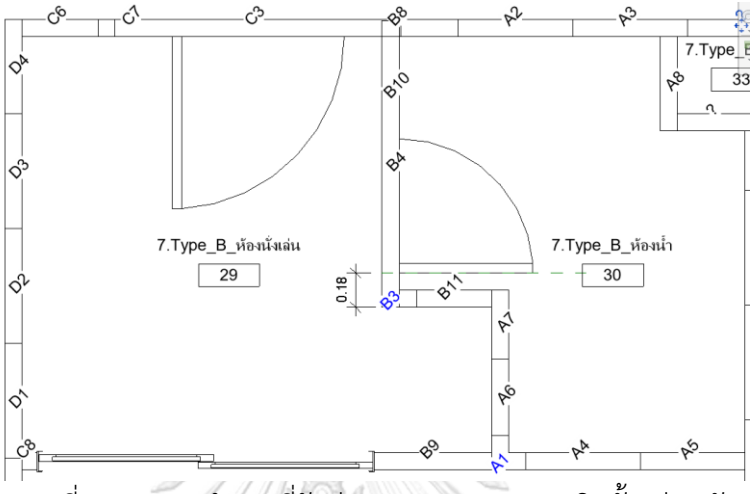
ภาพที่ 4.76 แบบจำลองสามมิติที่ใช้ในการทดสอบ

ภาพที่ 4.77 แบบจำลองที่รันผ่านระบบการวางแผ่นผนัง ทดสอบโดยแผ่นผนังขนาด 60 ซม.

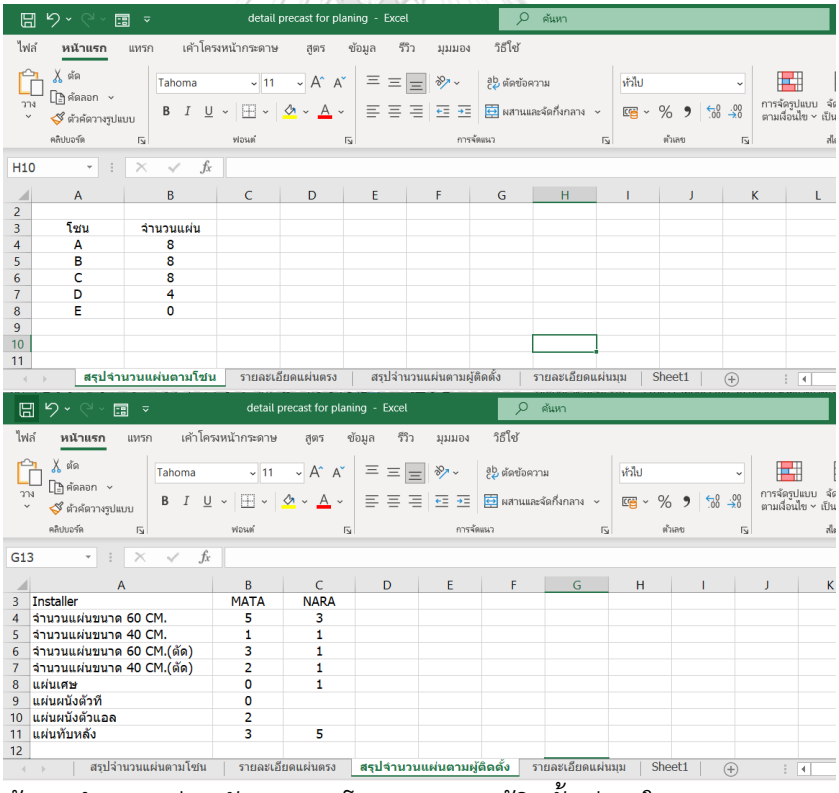
ภาพที่ 4.78 แบบจำลองที่รันผ่านระบบการวางแผ่นผนัง ทดสอบโดยแผ่นผนังขนาด 60 และ 40 ซม.

จากแบบจำลองที่ได้หลังจากรันผ่านระบบการวางแผ่นผนังแล้ว (ภาพที่ 4.78) เมื่อใส่ข้อมูลและรายละเอียดที่ต้องดำเนินการติดตั้ง ผลของระบบจะแสดงข้อมูลในรูปแบบ BIM Model และรูปแบบ Spreadsheet ที่มีข้อมูลต่างๆ ของแต่ละองค์ประกอบไว้ โดยผู้วิจัยยกตัวอย่างบางส่วนของ

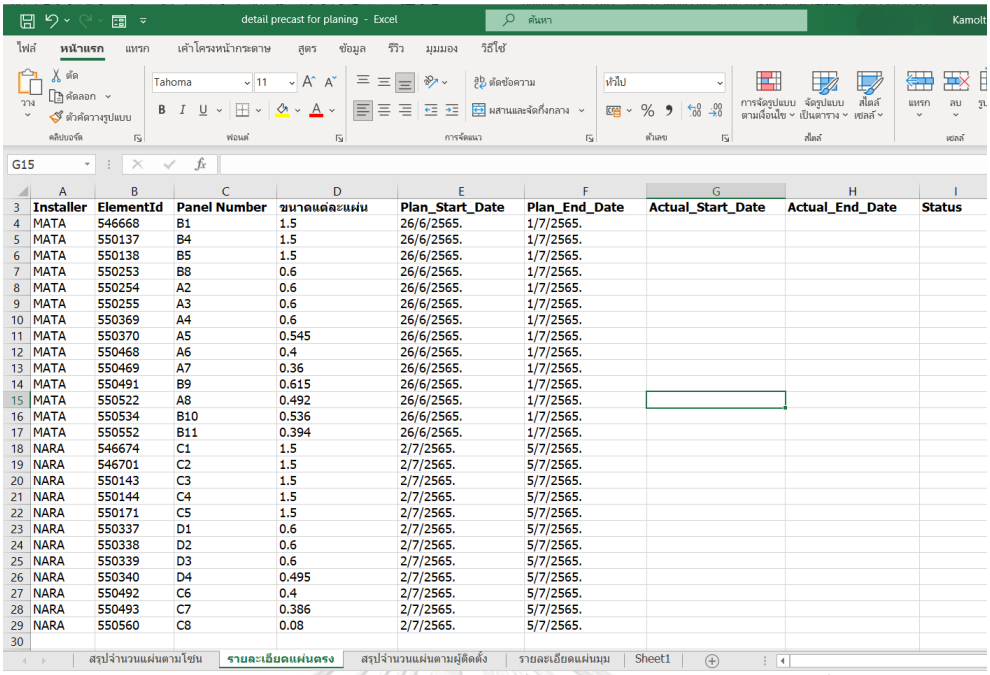
โมเดล เพื่อแสดงข้อมูลแผนการติดตั้งให้เห็นชัดเจนขึ้น จากภาพที่ 4.79 เป็นภาพโมเดลบางส่วนที่แสดงชื่อแผ่นผนังแต่ละแผ่นในมุมมอง View เมื่อใส่ข้อมูลในโมเดลแล้วเสร็จ ระบบจะสรุปข้อมูลจำนวนแผ่นผนังแยกตามโซนและผู้ติดตั้งในรูปแบบ Spreadsheet ดังภาพที่ 4.80 รวมถึงรายละเอียดแผ่นผนังทั้งหมดแยกตามรายชื่อผู้ติดตั้ง ดังภาพที่ 4.81



ภาพที่ 4.79 แบบจำลองที่รันผ่านระบบการวางแผนติดตั้งแผ่นผนัง



ภาพที่ 4.80 ข้อมูลจำนวนแผ่นผนังแยกตามโซน(บน) และผู้ติดตั้ง(ล่าง) ในรูปแบบ Spreadsheet



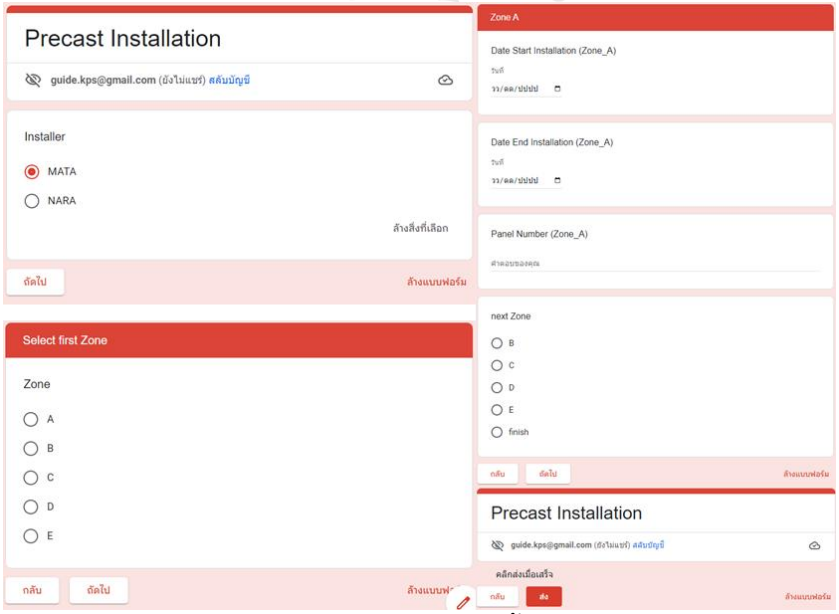
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
3	Installer	ElementId	Panel Number	ขนาดแต่ละแผ่น	Plan_Start_Date	Plan_End_Date	Actual_Start_Date	Actual_End_Date	Status
4	MATA	546668	B1	1.5	26/6/2565.	1/7/2565.			
5	MATA	550137	B4	1.5	26/6/2565.	1/7/2565.			
6	MATA	550138	B5	1.5	26/6/2565.	1/7/2565.			
7	MATA	550253	B8	0.6	26/6/2565.	1/7/2565.			
8	MATA	550254	A2	0.6	26/6/2565.	1/7/2565.			
9	MATA	550255	A3	0.6	26/6/2565.	1/7/2565.			
10	MATA	550369	A4	0.6	26/6/2565.	1/7/2565.			
11	MATA	550370	A5	0.545	26/6/2565.	1/7/2565.			
12	MATA	550468	A6	0.4	26/6/2565.	1/7/2565.			
13	MATA	550469	A7	0.36	26/6/2565.	1/7/2565.			
14	MATA	550491	B9	0.615	26/6/2565.	1/7/2565.			
15	MATA	550522	A8	0.492	26/6/2565.	1/7/2565.			
16	MATA	550534	B10	0.536	26/6/2565.	1/7/2565.			
17	MATA	550552	B11	0.394	26/6/2565.	1/7/2565.			
18	NARA	546674	C1	1.5	2/7/2565.	5/7/2565.			
19	NARA	546701	C2	1.5	2/7/2565.	5/7/2565.			
20	NARA	550143	C3	1.5	2/7/2565.	5/7/2565.			
21	NARA	550144	C4	1.5	2/7/2565.	5/7/2565.			
22	NARA	550171	C5	1.5	2/7/2565.	5/7/2565.			
23	NARA	550337	D1	0.6	2/7/2565.	5/7/2565.			
24	NARA	550338	D2	0.6	2/7/2565.	5/7/2565.			
25	NARA	550339	D3	0.6	2/7/2565.	5/7/2565.			
26	NARA	550340	D4	0.495	2/7/2565.	5/7/2565.			
27	NARA	550492	C6	0.4	2/7/2565.	5/7/2565.			
28	NARA	550493	C7	0.386	2/7/2565.	5/7/2565.			
29	NARA	550560	C8	0.08	2/7/2565.	5/7/2565.			
30									

ภาพที่ 4.81 รายละเอียดแผ่นผนังทั้งหมดแยกตามรายชื่อผู้ติดตั้ง

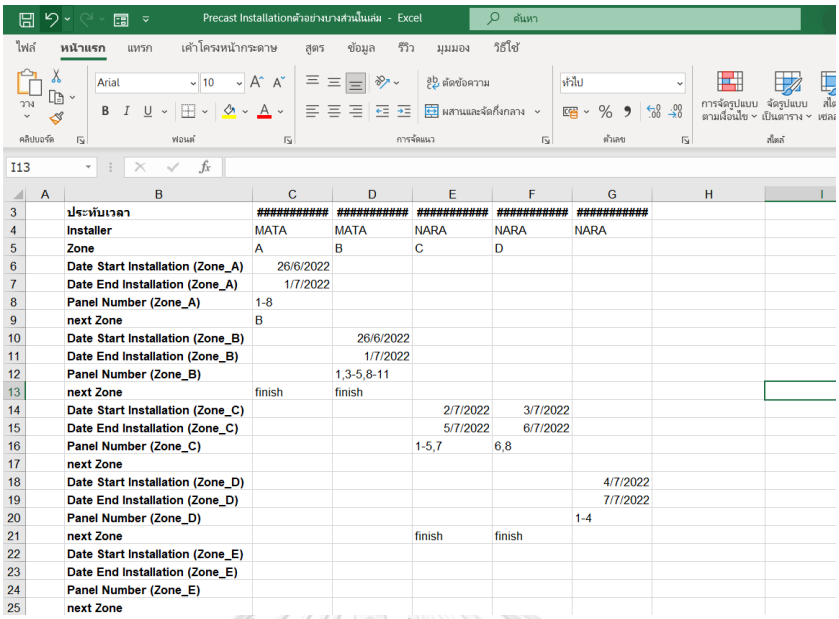
4.5.2 ระบบการติดตามแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา

การทดสอบระบบ เป็นการนำแบบจำลองที่รันผ่านระบบการวางแผนติดตั้งแผ่นผนัง โดยใช้ขนาด 60 และ 40 ซม. มาจำลองการติดตามแผ่นผนังของโครงการ โดยสมมติให้แสดงสถานะแต่ละแผ่นในมุมมองสามมิติแทนด้วยสีและสรุปเป็นจำนวนวันใน Spreadsheet

ข้อมูลแผ่นผนังที่ดำเนินการติดตั้งแล้ว ถูกกรอกผ่าน Google Form ดังภาพที่ 4.82 และประมวลผลออกมาในรูปแบบ Spreadsheet ดังภาพที่ 4.83



ภาพที่ 4.82 การกรอกข้อมูลแผ่นผนังที่ติดตั้งแล้วผ่าน Google Form

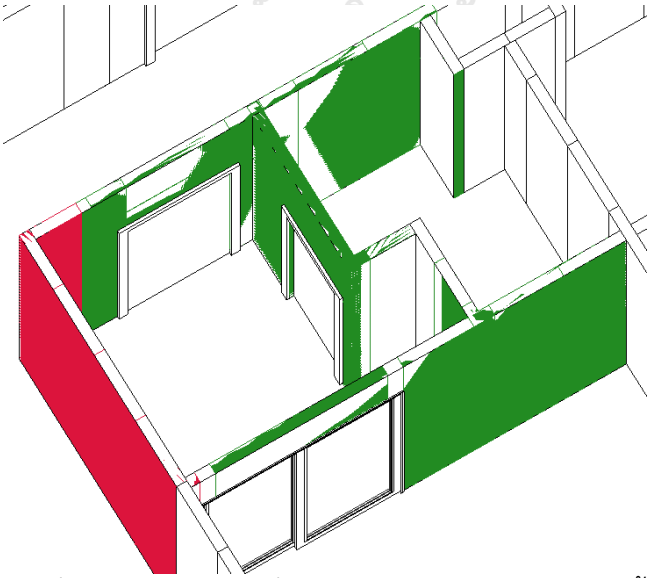


Precast Installationตัวอย่างบางส่วนในแล่ม - Excel

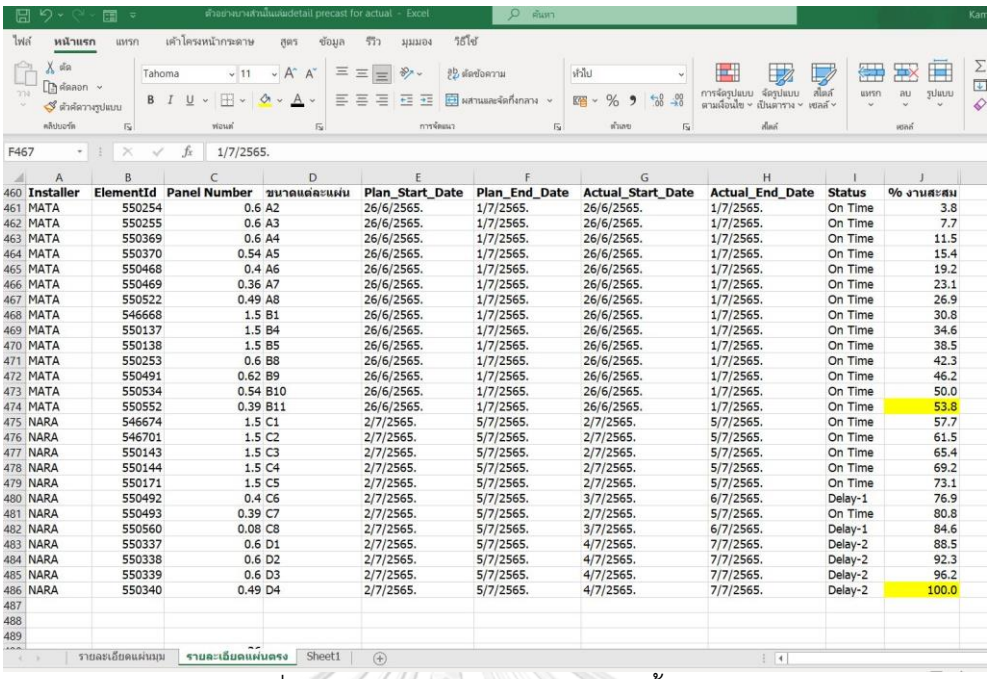
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
3		ประทับเวลา	##########	##########	##########	##########	##########		
4		Installer	MATA	MATA	NARA	NARA	NARA		
5		Zone	A	B	C	D			
6		Date Start Installation (Zone_A)	26/6/2022						
7		Date End Installation (Zone_A)	1/7/2022						
8		Panel Number (Zone_A)	1-8						
9		next Zone	B						
10		Date Start Installation (Zone_B)		26/6/2022					
11		Date End Installation (Zone_B)		1/7/2022					
12		Panel Number (Zone_B)		1,3-5,8-11					
13		next Zone	finish	finish					
14		Date Start Installation (Zone_C)			2/7/2022	3/7/2022			
15		Date End Installation (Zone_C)			5/7/2022	6/7/2022			
16		Panel Number (Zone_C)			1-5,7	6,8			
17		next Zone							
18		Date Start Installation (Zone_D)					4/7/2022		
19		Date End Installation (Zone_D)					7/7/2022		
20		Panel Number (Zone_D)					1-4		
21		next Zone			finish	finish			
22		Date Start Installation (Zone_E)							
23		Date End Installation (Zone_E)							
24		Panel Number (Zone_E)							
25		next Zone							

ภาพที่ 4.83 ข้อมูลที่ได้จาก Google form

เมื่อระบบรับค่าข้อมูลวันที่ติดตั้งแล้วเสร็จจาก Spreadsheet ระบบจะนำข้อมูลแผ่นผนังที่ดำเนินการติดตั้งแล้วไปใส่ในแบบจำลองสามมิติ (ภาพที่ 4.84) และ Spreadsheet ใหม่ (ภาพที่ 4.85) โดยข้อมูลที่ได้เป็นผลสรุปของข้อมูลสถานะหลังการติดตั้งแผ่นผนังแต่ละแผ่นและเปอร์เซ็นต์งานสะสมของแผ่นผนังที่ติดตั้งแล้วเสร็จ ซึ่งการติดตั้งที่ดำเนินไปตามแผนจะแสดงเป็นสีเขียวและการติดตั้งที่ล่าช้ากว่าแผนจะแสดงเป็นสีแดงในโมเดลสามมิติ



ภาพที่ 4.84 แบบจำลองที่รันผ่านระบบการติดตามการติดตั้ง

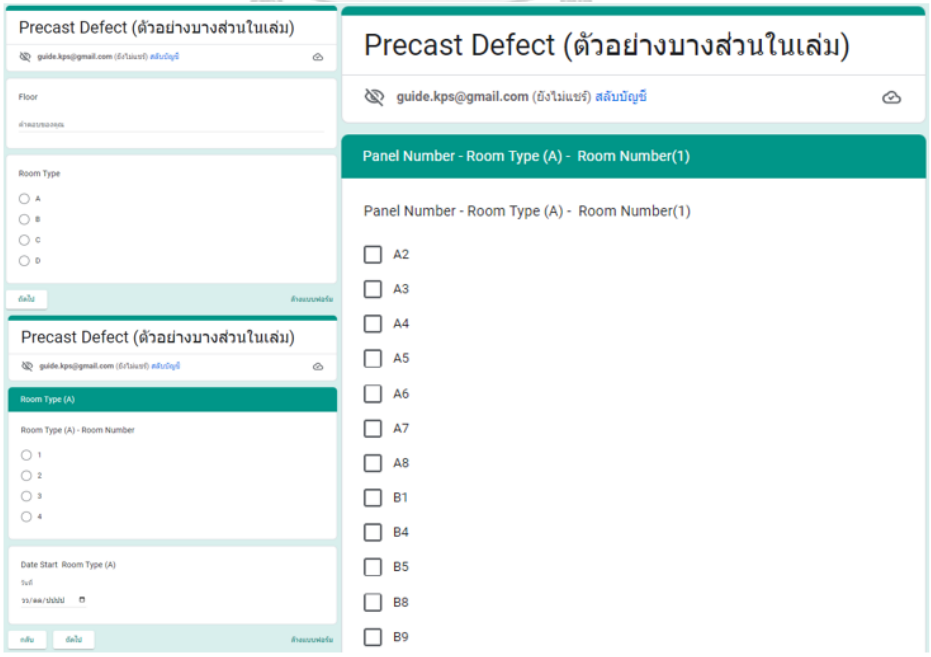


F467 1/7/2565.

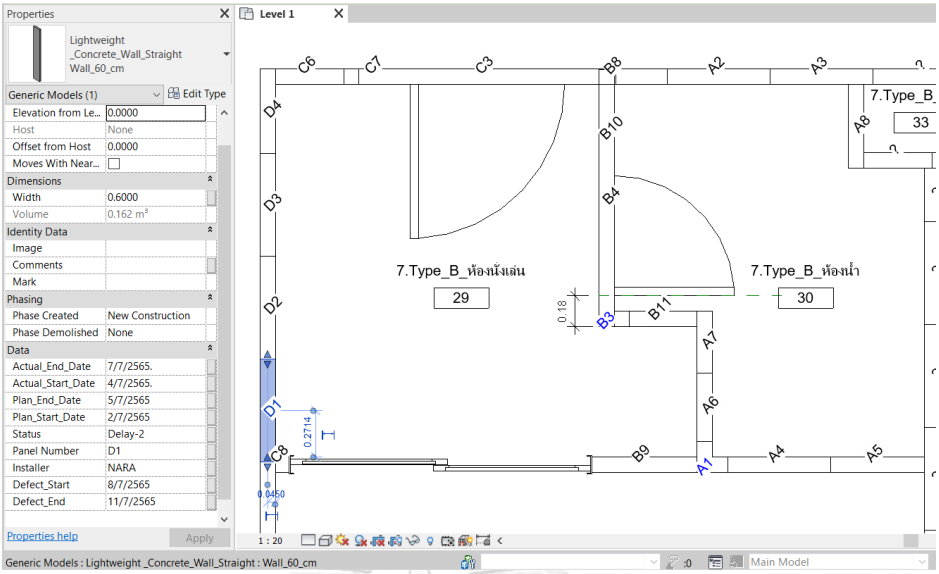
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
460	Installer	ElementId	Panel Number	ขนาดแต่ละแผ่น	Plan_Start_Date	Plan_End_Date	Actual_Start_Date	Actual_End_Date	Status	% งานสะสม
461	MATA	550254	0.6	A2	26/6/2565.	1/7/2565.	26/6/2565.	1/7/2565.	On Time	3.8
462	MATA	550255	0.6	A3	26/6/2565.	1/7/2565.	26/6/2565.	1/7/2565.	On Time	7.7
463	MATA	550369	0.6	A4	26/6/2565.	1/7/2565.	26/6/2565.	1/7/2565.	On Time	11.5
464	MATA	550370	0.54	A5	26/6/2565.	1/7/2565.	26/6/2565.	1/7/2565.	On Time	15.4
465	MATA	550468	0.4	A6	26/6/2565.	1/7/2565.	26/6/2565.	1/7/2565.	On Time	19.2
466	MATA	550469	0.36	A7	26/6/2565.	1/7/2565.	26/6/2565.	1/7/2565.	On Time	23.1
467	MATA	550522	0.49	A8	26/6/2565.	1/7/2565.	26/6/2565.	1/7/2565.	On Time	26.9
468	MATA	546668	1.5	B1	26/6/2565.	1/7/2565.	26/6/2565.	1/7/2565.	On Time	30.8
469	MATA	550137	1.5	B4	26/6/2565.	1/7/2565.	26/6/2565.	1/7/2565.	On Time	34.6
470	MATA	550138	1.5	B5	26/6/2565.	1/7/2565.	26/6/2565.	1/7/2565.	On Time	38.5
471	MATA	550253	0.6	B8	26/6/2565.	1/7/2565.	26/6/2565.	1/7/2565.	On Time	42.3
472	MATA	550491	0.62	B9	26/6/2565.	1/7/2565.	26/6/2565.	1/7/2565.	On Time	46.2
473	MATA	550534	0.54	B10	26/6/2565.	1/7/2565.	26/6/2565.	1/7/2565.	On Time	50.0
474	MATA	550552	0.39	B11	26/6/2565.	1/7/2565.	26/6/2565.	1/7/2565.	On Time	53.8
475	NARA	546674	1.5	C1	2/7/2565.	5/7/2565.	2/7/2565.	5/7/2565.	On Time	57.7
476	NARA	546701	1.5	C2	2/7/2565.	5/7/2565.	2/7/2565.	5/7/2565.	On Time	61.5
477	NARA	550143	1.5	C3	2/7/2565.	5/7/2565.	2/7/2565.	5/7/2565.	On Time	65.4
478	NARA	550144	1.5	C4	2/7/2565.	5/7/2565.	2/7/2565.	5/7/2565.	On Time	69.2
479	NARA	550171	1.5	C5	2/7/2565.	5/7/2565.	2/7/2565.	5/7/2565.	On Time	73.1
480	NARA	550492	0.4	C6	2/7/2565.	5/7/2565.	3/7/2565.	6/7/2565.	Delay-1	76.9
481	NARA	550493	0.39	C7	2/7/2565.	5/7/2565.	2/7/2565.	5/7/2565.	On Time	80.8
482	NARA	550560	0.08	C8	2/7/2565.	5/7/2565.	3/7/2565.	6/7/2565.	Delay-1	84.6
483	NARA	550337	0.6	D1	2/7/2565.	5/7/2565.	4/7/2565.	7/7/2565.	Delay-2	88.5
484	NARA	550338	0.6	D2	2/7/2565.	5/7/2565.	4/7/2565.	7/7/2565.	Delay-2	92.3
485	NARA	550339	0.6	D3	2/7/2565.	5/7/2565.	4/7/2565.	7/7/2565.	Delay-2	96.2
486	NARA	550340	0.49	D4	2/7/2565.	5/7/2565.	4/7/2565.	7/7/2565.	Delay-2	100.0
487										
488										
489										

ภาพที่ 4.85 ข้อมูลแผ่นผนังหลังการติดตั้งแล้วเสร็จ

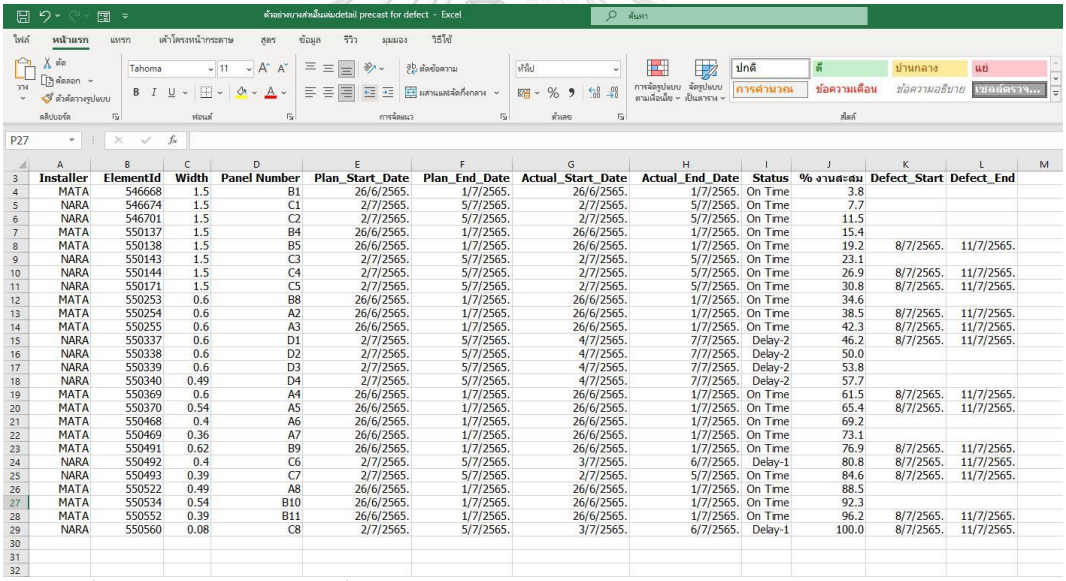
เมื่อแบบจำลองมีข้อมูลและรายละเอียดหลังจากดำเนินการติดตั้งแล้ว แบบจำลองจะถูกนำไปใช้สำหรับการติดตามข้อบกพร่องในขั้นถัดไป โดยการกรอกข้อมูลข้อบกพร่องจะกรอกผ่าน Google Form ดังภาพที่ 4.86 จากนั้นระบบจะประมวลผลข้อมูลที่กรอกไว้ นำไปใส่ในโมเดลสามมิติที่ช่อง Properties ดังภาพที่ 4.87 และสรุปผลออกมาในรูปแบบ Spreadsheet ดังภาพที่ 4.88



ภาพที่ 4.86 การกรอกข้อมูลแผ่นผนังที่เกิดข้อบกพร่องผ่าน Google Form



ภาพที่ 4.87 แผ่นผนังที่รันผ่านระบบการติดตามข้อบกพร่อง



Installer	ElementId	Width	Panel Number	Plan_Start_Date	Plan_End_Date	Actual_Start_Date	Actual_End_Date	Status	% งานสะสม	Defect_Start	Defect_End
MATA	546668	1.5	B1	26/6/2565.	1/7/2565.	26/6/2565.	1/7/2565.	On Time	3.8		
NARA	546674	1.5	C1	2/7/2565.	5/7/2565.	2/7/2565.	5/7/2565.	On Time	7.7		
NARA	546701	1.5	C2	2/7/2565.	5/7/2565.	2/7/2565.	5/7/2565.	On Time	11.5		
MATA	550137	1.5	B4	26/6/2565.	1/7/2565.	26/6/2565.	1/7/2565.	On Time	15.4		
MATA	550138	1.5	B5	26/6/2565.	1/7/2565.	26/6/2565.	1/7/2565.	On Time	19.2	8/7/2565.	11/7/2565.
NARA	550143	1.5	C3	2/7/2565.	5/7/2565.	2/7/2565.	5/7/2565.	On Time	23.1		
NARA	550144	1.5	C4	2/7/2565.	5/7/2565.	2/7/2565.	5/7/2565.	On Time	26.9	8/7/2565.	11/7/2565.
NARA	550171	1.5	C5	2/7/2565.	5/7/2565.	2/7/2565.	5/7/2565.	On Time	30.8	8/7/2565.	11/7/2565.
MATA	550253	0.6	B8	26/6/2565.	1/7/2565.	26/6/2565.	1/7/2565.	On Time	34.6		
MATA	550254	0.6	A2	26/6/2565.	1/7/2565.	26/6/2565.	1/7/2565.	On Time	38.5	8/7/2565.	11/7/2565.
MATA	550255	0.6	A3	26/6/2565.	1/7/2565.	26/6/2565.	1/7/2565.	On Time	42.3	8/7/2565.	11/7/2565.
NARA	550337	0.6	D1	2/7/2565.	5/7/2565.	4/7/2565.	7/7/2565.	Delay-2	46.2	8/7/2565.	11/7/2565.
NARA	550338	0.6	D2	2/7/2565.	5/7/2565.	4/7/2565.	7/7/2565.	Delay-2	50.0		
NARA	550339	0.6	D3	2/7/2565.	5/7/2565.	4/7/2565.	7/7/2565.	Delay-2	53.8		
NARA	550340	0.49	D4	2/7/2565.	5/7/2565.	4/7/2565.	7/7/2565.	Delay-2	57.7		
MATA	550369	0.6	A4	26/6/2565.	1/7/2565.	26/6/2565.	1/7/2565.	On Time	61.5	8/7/2565.	11/7/2565.
MATA	550370	0.54	A5	26/6/2565.	1/7/2565.	26/6/2565.	1/7/2565.	On Time	65.4	8/7/2565.	11/7/2565.
MATA	550468	0.4	A6	26/6/2565.	1/7/2565.	26/6/2565.	1/7/2565.	On Time	69.2		
MATA	550469	0.36	A7	26/6/2565.	1/7/2565.	26/6/2565.	1/7/2565.	On Time	73.1		
MATA	550491	0.62	B9	26/6/2565.	1/7/2565.	26/6/2565.	1/7/2565.	On Time	76.9	8/7/2565.	11/7/2565.
NARA	550492	0.4	C6	2/7/2565.	5/7/2565.	3/7/2565.	6/7/2565.	Delay-1	80.8	8/7/2565.	11/7/2565.
NARA	550493	0.39	C7	2/7/2565.	5/7/2565.	2/7/2565.	5/7/2565.	On Time	84.6	8/7/2565.	11/7/2565.
MATA	550522	0.49	A8	26/6/2565.	1/7/2565.	26/6/2565.	1/7/2565.	On Time	88.5		
MATA	550534	0.54	B10	26/6/2565.	1/7/2565.	26/6/2565.	1/7/2565.	On Time	92.3		
MATA	550552	0.39	B11	26/6/2565.	1/7/2565.	26/6/2565.	1/7/2565.	On Time	96.2	8/7/2565.	11/7/2565.
NARA	550560	0.08	C8	2/7/2565.	5/7/2565.	3/7/2565.	6/7/2565.	Delay-1	100.0	8/7/2565.	11/7/2565.

ภาพที่ 4.88 ข้อมูลแผ่นผนังที่รันผ่านระบบการติดตามข้อบกพร่อง ในรูปแบบ Spreadsheet

จากการทดสอบ การติดตามการติดตั้งและข้อบกพร่องของระบบสามารถเก็บข้อมูลแผ่นผนังตามตำแหน่งได้ถูกต้อง ซึ่งข้อมูลที่ได้จะเป็นช่วงเวลาที่ดำเนินการติดตั้งและช่วงเวลาที่แก้ไขข้อบกพร่อง รวมถึงเปอร์เซ็นต์งานสะสมของแผ่นผนังที่ติดตั้งแล้วเสร็จ โดยผู้ใช้งานสามารถนำข้อมูลไปตรวจสอบสำหรับการส่งมอบงาน และเก็บเป็นฐานข้อมูลสำหรับการก่อสร้างในโครงการอื่นต่อไป

บทนี้อธิบายขั้นตอนในการพัฒนาระบบแบ่งออกเป็น การพัฒนาระบบการวางแผนติดตั้งแผ่นหนังคอนกรีตมวลเบา และการพัฒนาระบบการติดตามแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา โดยระบบการวางแผนติดตั้งแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา ประกอบด้วย การเตรียมโมเดลแผ่นผนัง การกรองค่าโมเดลแผ่นผนังผ่าน Dynamo Code การวางแผ่นผนังในโมเดลอาคาร (BIM) การแสดงผลข้อมูลผ่านโมเดล

สามมิติ เป็นต้น ในส่วนของระบบการติดตามแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา ประกอบด้วย การเตรียมข้อมูลเพื่อสร้าง Tag ของแผ่นผนัง การกำหนดแผนระยะเวลาของการติดตั้งผ่าน Dynamo Player ซึ่งเป็นเครื่องมือสำหรับกรอกข้อมูล การติดตามสถานะผ่าน Google Form การสรุปผลข้อมูลการติดตามผ่านโมเดลสามมิติและ Spreadsheet เป็นต้น โดยการทดสอบตัวอย่างโมเดลผ่านระบบการวางแผนติดตั้งผนังคอนกรีตมวลเบา พบว่า ระบบสามารถวางแผนผนังได้ตามช่วงผนังอาคารได้อย่างถูกต้อง ทั้งในกรณีการวางแผ่นผนังขนาด 60 ซม. ชนิดเดียวทั้งโครงการ และกรณีการวางแผ่นผนังขนาด 60 ซม. เกือบทั้งผนังอาคารแล้วพิจารณาวางแผ่นผนังขนาด 40 ซม. และการทดสอบระบบการติดตามแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา พบว่า การติดตามสามารถระบุตำแหน่งและสถานะแผ่นผนังได้อย่างชัดเจนและถูกต้องตามตำแหน่งที่วางแผ่นผนัง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
การประยุกต์ใช้ระบบกับอาคารกรณีศึกษา

บทนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้ระบบกับอาคารกรณีศึกษา เพื่อทดสอบการทำงานและผลลัพธ์ในโครงการก่อสร้าง เริ่มจากการนำอาคารกรณีศึกษามาใช้งานร่วมกับระบบที่พัฒนา โดยนำเข้าสู่กระบวนการวางแผนแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาเพื่อวิเคราะห์ขนาดและจำนวนแผ่นผนัง การวิเคราะห์ปริมาณแผ่นผนังที่มีขนาดต่างกัน โดยผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นปริมาณแผ่นผนังที่เหมาะสมซึ่งสามารถวางแผ่นผนังได้เต็มช่วงผนังอาคารรวมถึงเหลือเศษจากการตัดแผ่นผนังน้อย โดยจะนำเสนอข้อมูลผ่านโมเดลสามมิติและ Spreadsheet เพื่อประโยชน์สำหรับผู้ใช้ นอกจากนั้นจะนำโมเดลอาคารที่ผ่านการวิเคราะห์แผ่นผนังเข้าสู่กระบวนการติดตามแผ่นผนัง เพื่อให้โมเดลอาคารสามารถเก็บข้อมูลรวมถึงสถานะของแผ่นผนังแต่ละแผ่น ให้เป็นฐานข้อมูลสำหรับโครงการก่อสร้างอื่นต่อไป

ในส่วนของระบบการวางแผ่นผนังสมรรถณะของคอมพิวเตอร์มีผลต่อระยะเวลาการทำงานของระบบ ซึ่งในงานวิจัยได้ใช้คอมพิวเตอร์ที่มีคุณสมบัติดังนี้

- CPU รุ่น Intel Core i7-8750H (6 cores)
- RAM DDR4 2666MHz ขนาด 16 GB
- SSD NVMe PCI-E M.2ขนาด 512 GB
- GPU รุ่น Nvidia GeForce RTX 2060

5.1 ลักษณะของอาคารกรณีศึกษา

โครงการกรณีศึกษา แบ่งออกเป็น 4 โครงการ โดยมีโครงการที่ใช้ขนาดแผ่นผนังเดียวกันทั้งโครงการ และโครงการที่มีการใช้แผ่นผนังสองขนาดร่วมกัน ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ลักษณะของโครงการ

ชื่อโครงการ	ลักษณะโครงการ	จำนวนชั้น	พื้นที่ผนัง (ตารางเมตร)	วิธีการถอดปริมาณ	แผ่นผนังที่ใช้
A	อาคารพักอาศัย	6	1,015.58	นับพื้นที่ผนัง	ขนาด 60 ซม.
B	อาคารโรงงาน	3	553.96	นับพื้นที่ผนัง	ขนาด 60 ซม.
C	อาคารคอนโดมิเนียม	20	34,635.2	นับแผ่นจากการวางบนแบบสองมิติ	ขนาด 60 ซม. ร่วมกับ 40 ซม.
D	อาคารคอนโดมิเนียม	15	26,272.2	นับแผ่นจากการวางบนแบบสองมิติ	ขนาด 60 ซม. ร่วมกับ 40 ซม.

โครงการกรณีศึกษามีข้อมูลการถอดปริมาณแผ่นผนังสองแบบ คือ การถอดปริมาณแผ่นผนังด้วยพื้นที่ผนัง 2 โครงการ และการถอดปริมาณด้วยการนับแผ่นผนังจากแบบสองมิติ 2 โครงการ

5.2 การประยุกต์ใช้กับอาคารกรณีศึกษา

งานวิจัยวิเคราะห์การใช้แผ่นผนังแต่ละขนาดของโครงการก่อสร้าง โดยนำผลจากการประมวลผลของระบบมาดำเนินการวิเคราะห์หาปริมาณแผ่นผนังที่เหมาะสม เพื่อลดเศษที่เหลือจากการตัดแผ่นผนัง ซึ่งระบบจะแสดงจำนวนแผ่นผนังแต่ละแผ่นตามจำนวนที่ระบบคำนวณได้ออกมาในรูปแบบสามมิติและแสดงค่าแทนด้วยสีเพื่อบ่งบอกถึงความแตกต่างของสถานะการติดตั้งแผ่นผนัง รวมถึงข้อมูลของการแก้ไขข้อบกพร่องไว้ในโมเดลแผ่นผนังแต่ละแผ่น โดยงานวิจัยกำหนดปริมาณงานและจำนวนกลุ่มของคนงานที่ทำการติดตั้งแผ่นผนัง ตามอัตราที่เกิดขึ้นตามหน้างาน ซึ่งกำหนดปริมาณงานสำหรับติดตั้งแผ่นผนังต่อพื้นที่ 60 ตร.ม. ในหนึ่งวันโดยใช้กลุ่มคนงาน 4 คน สำหรับการติดตั้ง ซึ่งกำหนดให้มีกลุ่มคนงานในโครงการจำนวน 2 กลุ่ม

5.2.1 การวางแผนติดตั้งแผ่นผนัง-กรณีศึกษาโครงการ A

กรณีศึกษาโครงการ A เป็นโครงการอาคารพักอาศัย ความสูง 6 ชั้น มีพื้นที่ผนังอาคารที่ต้องดำเนินการติดตั้งแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา 1,015.58 ตารางเมตร โดยพื้นที่ผนังอาคารที่มีการติดตั้งแผ่นผนังมีช่องเปิดเฉพาะบริเวณประตู และโครงการใช้แผ่นผนังขนาด 60 ซม. ชนิดเดียวทั้งโครงการ

ภาพที่ 5.1 แบบแปลนอาคารของโครงการ A ชั้น2-5(ขวา) และชั้น6 (ซ้าย)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5.2 จำนวนแผ่นผนังของโครงการ A

ประเภทแผ่นผนัง	ถอดปริมาณด้วยมือ	ระบบ
ผนังตรงขนาด 60 ซม	708	537
ผนังตรง (แผ่นตัด)	-	127
ผนังมุมชนิดตัวแอล	3	3
ผนังมุมชนิดตัวที	1	1
แผ่นทับหลังขนาด 60 ซม	-	59
แผ่นทับหลัง (แผ่นตัด)	-	0
เวลาที่ใช้ในการถอดปริมาณ (นาที)	410	8

ตารางที่ 5.3 ขนาดและจำนวนแผ่นผนัง(แผ่นตัด) จากระบบของโครงการ A

ขนาดแผ่นผนัง (ซม.)	จำนวนแผ่น	ขนาดแผ่นผนัง (ซม.)	จำนวนแผ่น
10	1	35	34
15	0	40	12
20	23	45	8
25	1	50	8
30	25	55	15

ตารางที่ 5.4 ลักษณะการตัดแผ่นผนังโครงการ A

ลักษณะการตัด	ความยาว (ซม.)									ความยาวรวม (ซม.)	เศษเหลือ (ซม.)	จำนวนชุด
	10	20	25	30	35	40	45	50	55			
1				2						60	0	12.5
2			1		1					60	0	1
3		1				1				60	0	12
4		3								60	0	0
5	1							1		60	0	1
6									1	55	5	15
7		1			1					55	5	11
8								1		50	10	7
9							1			45	15	8
จำนวนแผ่นที่ต้องการ	1	23	1	25	34	12	8	8	15			
ผลลัพธ์	1	23	1	25	34	12	8	8	15			67.5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การประยุกต์ใช้ระบบในโครงการ A ใช้เวลาในการวางแผนติดตั้งแผ่นผนังทั้งหมด 8 นาที เทียบกับการถอดปริมาณด้วยมือใช้เวลา 410 นาที มีความต่าง 98.05% โดยระบบสามารถประมวลผลแผ่นทับหลังและขนาดแผ่นผนังต่างๆ ออกมาได้อย่างละเอียด ต่างจากการถอดปริมาณด้วยมือ เป็นการถอดปริมาณแผ่นผนังคร่าวๆด้วยพื้นที่ที่ต้องดำเนินการติดตั้งหารด้วยพื้นที่แผ่นผนัง แล้วจึงดำเนินการวางแผ่นผนังในรูปแบบสองมิติ ทำให้ปริมาณแผ่นผนังมีเฉพาะปริมาณแผ่นผนังเต็ม รายละเอียดการประมวลผลของระบบแสดงค่าแผ่นผนังตัด 127 แผ่น ซึ่งแบ่งขนาดได้ตามตารางที่ 5.3 โดยในโครงการ A มีการใช้แผ่นผนังความกว้างขนาดเดียว คือ 60 ซม. เมื่อนำขนาดและจำนวนแผ่นผนังตามตารางที่ 5.3 มาวิเคราะห์ เพื่อหาจำนวนแผ่นผนังเต็มทั้งหมดที่ต้องนำมาตัดแผ่นผนัง ให้ได้จำนวนแผ่นผนังตัดตามตารางที่ 5.3 พบว่า ต้องใช้แผ่นผนังเต็มขนาด 60 ซม. ทั้งหมด 68 แผ่น รายละเอียดในการตัดแผ่นผนังใช้ผลที่ได้จากระบบมาวิเคราะห์หาปริมาณแผ่นผนังที่เหมาะสม โดยใช้ Solver ในโปรแกรม Excel เงื่อนไขในการตัดแผ่นจะใช้จำนวนการตัดต่อแผ่นให้น้อยที่สุด และขนาด

แผ่นที่ตัดสามารถประกอบกันใกล้เคียงแผ่นขนาด 60 ซม. มากที่สุด จากตารางที่ 5.4 จะได้แผ่นผนังเต็มที่นำมาตัดให้ได้แผ่นผนังตามขนาดที่ต้องการทั้งหมด 67.5 แผ่น โดยเศษ 0.5 ที่เกิดขึ้น เป็นแผ่นที่ต้องตัดให้ได้ขนาด 30 ซม. ทั้งหมด 25 แผ่น ซึ่งจะใช้แผ่นผนังเต็ม 12.5 แผ่น หรือประมาณ 13 แผ่น และแผ่นผนังอื่นที่จับคู่ขนาดได้ตามที่กำหนด ดังตารางที่ 5.4 โดยเศษที่เหลือจากการจับคู่ผนังที่มีขนาดต่างกัน จะทำให้เหลือเศษแผ่นผนัง 8.48 ตารางเมตร

ปริมาณแผ่นผนังตรงขนาด 60 ซม. ของโครงการ A จากการถอดปริมาณด้วยมือ มี 708 แผ่น และแผ่นผนังที่ประมวลผลผ่านระบบร่วมกับการวิเคราะห์ มีแผ่นผนังตรง 605 แผ่น แผ่นทับหลัง 59 แผ่น รวมทั้งหมด 664 แผ่น มีปริมาณแผ่นผนังลดลง 6.21%

จากข้อมูลปริมาณงานของโครงการ A ที่ได้จาก BIM Model 1,015.58 ตร.ม. ปริมาณงานในชั้นที่ 2-5 มีปริมาณงานชั้นละ 233.41 ตร.ม. และชั้นที่ 6 มีปริมาณ 81.94 ตร.ม. เมื่อกำหนดแผนงานตามจำนวนกลุ่มคนงานและปริมาณงานที่สามารถทำได้ต่อวัน ในชั้นที่ 2-5 จะใช้เวลาสำหรับการติดตั้งชั้นละ 2 วัน และชั้นที่ 6 จะใช้เวลาสำหรับการติดตั้งประมาณ 1 วัน ดังตารางที่ 5.5

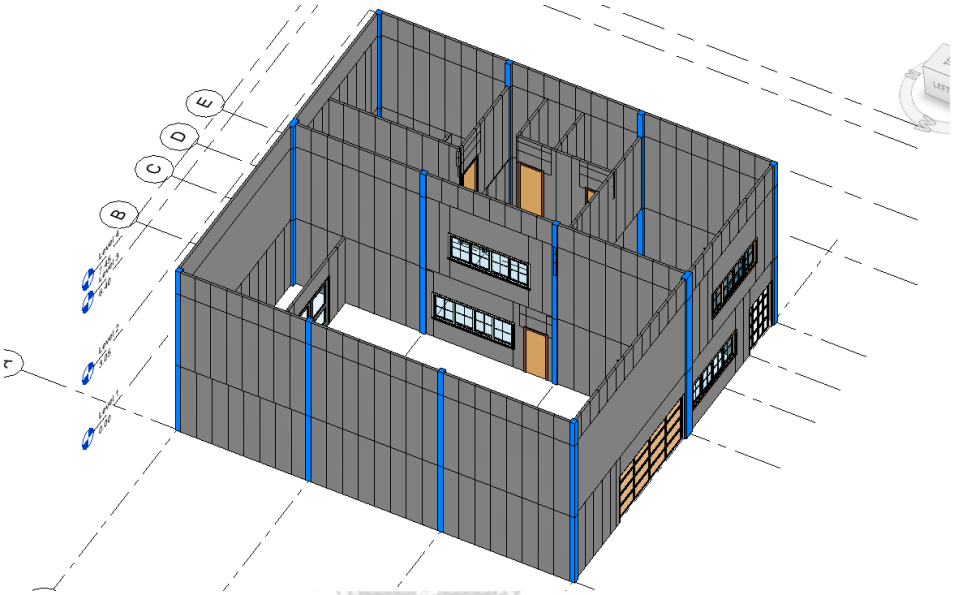
ตารางที่ 5.5 แผนการติดตั้งแผ่นผนังโครงการ A

ชั้นที่	**พื้นที่**	**Plan Start Date**	**Plan End Date**	**TEAM 1** (แผ่น)	**TEAM 2** (แผ่น)
2	233.41	31/10/2565	1/11/2565	A1-A77	B1-B91
3	233.41	2/11/2565	3/11/2565	A1-A77, B78, B83, B1-B6	B7-B77, B79-B82, B84-B91
4	233.41	4/11/2565	5/11/2565	A1-A77, B87, B1, B9-B15	B2-B8, B16-B86, B88-B91
5	233.41	7/11/2565	8/11/2565	A1-A77, B87, B1, B9-B15	B2-B8, B16-B86, B88-B91
6	81.94	9/11/2565	9/11/2565	A1-A62	-

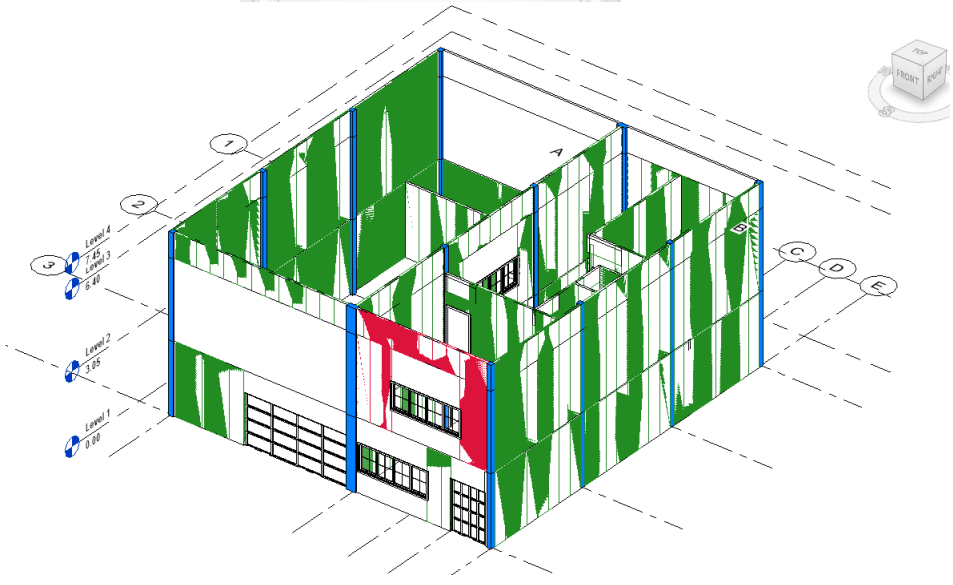
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.2.4 การติดตามแผนแผ่นผนัง-กรณีศึกษาโครงการ B

การติดตามแผ่นผนังในโครงการก่อสร้าง B เป็นขั้นตอนที่ดำเนินการหลังจากการวางแผนติดตั้งแผ่นผนังแล้วเสร็จ ซึ่งโครงการก่อสร้าง B ไม่มีการเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสถานะของการติดตั้งแผ่นผนังรวมถึงข้อมูลของการแก้ไขข้อบกพร่องไว้ ผู้วิจัยจึงกำหนดอัตราการติดตั้งให้แสดงถึงความแตกต่างระหว่างแผนงานที่กำหนดกับอัตราการติดตั้งที่เกิดขึ้น



ภาพที่ 5.2 แบบจำลองที่รันผ่านระบบของโครงการ B



ภาพที่ 5.3 แบบจำลองสามมิติที่รันผ่านระบบการติดตามของโครงการ B

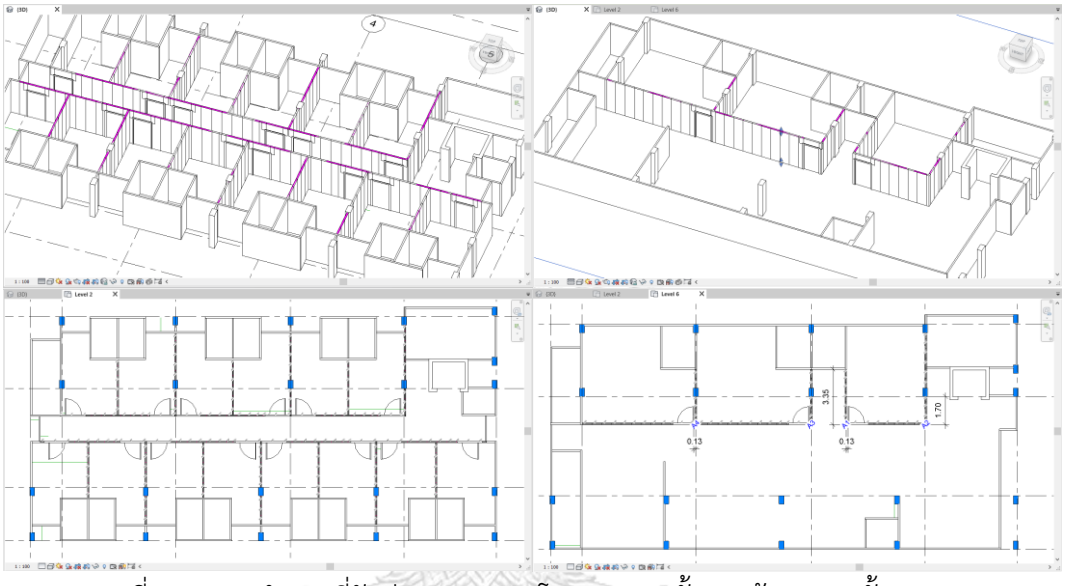
ตารางที่ 5.6 ข้อมูลการติดตามแผ่นผนังชั้นที่ 1-3 โครงการ B

Installer	Panel Number	Plan Start Date	Plan End Date	Actual Start Date	Actual End Date	Status	% งานสะสม TEAM-1	%งานสะสม TEAM-2	%งานสะสมของชั้น	Defect Start	Defect End
ชั้นที่ 1											
Team 1	A1-A51	31/10/2565	2/11/2565	31/10/2565	2/11/2565	On Time	47.2	-	30.5		
Team 1	A65-A80	31/10/2565	2/11/2565	31/10/2565	2/11/2565	On Time	62.0	-	40.1		
Team 1	A89-A93	31/10/2565	2/11/2565	31/10/2565	2/11/2565	On Time	66.7	-	43.1		
Team 1	A94-A96	31/10/2565	2/11/2565	31/10/2565	2/11/2565	On Time	69.4	-	44.9	3/11/2565	5/11/2565
Team 1	A105-A107	31/10/2565	2/11/2565	31/10/2565	2/11/2565	On Time	72.2	-	46.7		
Team 1	A108-A110	31/10/2565	2/11/2565	31/10/2565	2/11/2565	On Time	75.0	-	48.5	3/11/2565	5/11/2565
Team 1	A111-A118	31/10/2565	2/11/2565	31/10/2565	2/11/2565	On Time	82.4	-	53.3		
Team 1	A135-A142	31/10/2565	2/11/2565	31/10/2565	2/11/2565	On Time	90.7	-	58.7		
Team 1	A154-A162	31/10/2565	2/11/2565	31/10/2565	2/11/2565	On Time	99.1	-	64.1		
Team 1	A166	31/10/2565	2/11/2565	31/10/2565	2/11/2565	On Time	100.0	-	64.7		
Team 2	A15-A16	31/10/2565	2/11/2565	31/10/2565	2/11/2565	On Time	-	3.4	65.9		
Team 2	A52-A64	31/10/2565	2/11/2565	31/10/2565	2/11/2565	On Time	-	25.4	73.7		
Team 2	A81-A88	31/10/2565	2/11/2565	31/10/2565	2/11/2565	On Time	-	39.0	78.4		
Team 2	A97-A104	31/10/2565	2/11/2565	31/10/2565	2/11/2565	On Time	-	52.5	83.2		
Team 2	A119-A134	31/10/2565	2/11/2565	31/10/2565	2/11/2565	On Time	-	79.7	92.8		
Team 2	A143-A153	31/10/2565	2/11/2565	31/10/2565	2/11/2565	On Time	-	96.6	98.8		
Team 2	A163-A165	31/10/2565	2/11/2565	31/10/2565	2/11/2565	On Time	-	100.0	100.0		

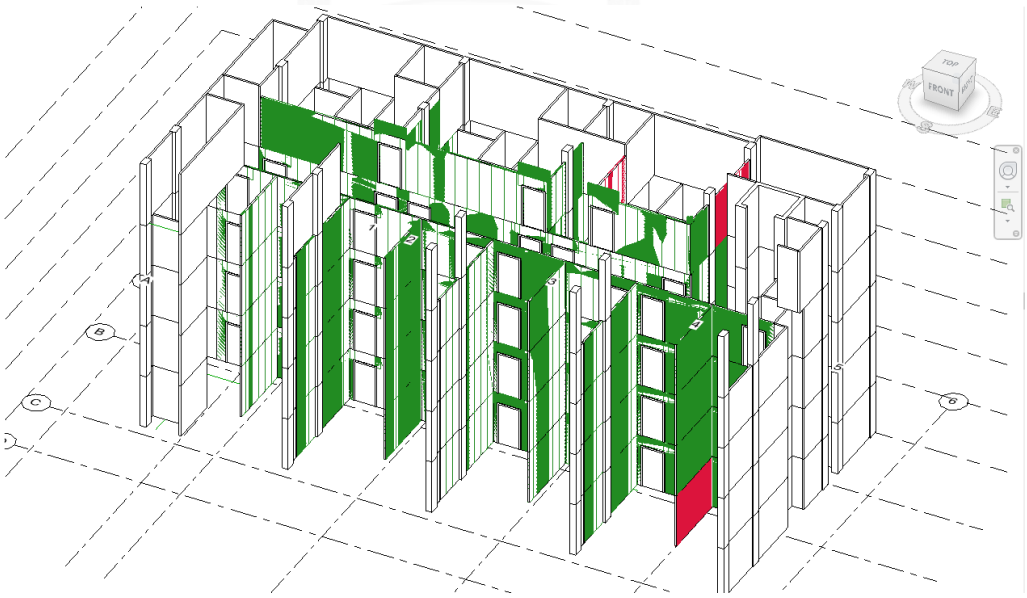
Installer	Panel Number	Plan Start Date	Plan End Date	Actual Start Date	Actual End Date	Status	% งานสะสม TEAM-1	%งานสะสม TEAM-2	%งานสะสมของชั้น	Defect Start	Defect End
ชั้นที่ 2											
Team 1	A42-A57	3/11/2565	4/11/2565	3/11/2565	4/11/2565	On Time	37.2	-	12.7		
Team 1	A70-A85	3/11/2565	4/11/2565	3/11/2565	4/11/2565	On Time	72.1	-	24.6		
Team 1	A94-A101	3/11/2565	4/11/2565	3/11/2565	4/11/2565	On Time	90.7	-	31.0		
Team 1	A122-A125	3/11/2565	4/11/2565	3/11/2565	4/11/2565	On Time	100.0	-	34.1	5/11/2565	6/11/2565
Team 2	A1-A41	3/11/2565	4/11/2565	3/11/2565	4/11/2565	On Time	-	49.4	66.7		
Team 2	A58-A69	3/11/2565	4/11/2565	3/11/2565	4/11/2565	On Time	-	63.9	76.2		
Team 2	A86-A93	3/11/2565	4/11/2565	3/11/2565	4/11/2565	On Time	-	73.5	82.5		
Team 2	A102-A104	3/11/2565	4/11/2565	4/11/2565	5/11/2565	Delay-1	-	77.1	84.9		
Team 2	A105-A116	3/11/2565	4/11/2565	3/11/2565	4/11/2565	On Time	-	91.6	94.4		
Team 2	A117-A119	3/11/2565	4/11/2565	3/11/2565	4/11/2565	On Time	-	95.2	96.8	5/11/2565	6/11/2565
Team 2	A120-A121	3/11/2565	4/11/2565	4/11/2565	5/11/2565	Delay-1	-	97.6	98.4		
Team 2	A126-A127	3/11/2565	4/11/2565	3/11/2565	4/11/2565	On Time	-	100.0	100.0		
ชั้นที่ 3											
Team 1	A1-A8	5/11/2565.	5/11/2565.	5/11/2565.	5/11/2565.	On Time	8.4	-	8.4		
Team 1	A9-A18	5/11/2565.	5/11/2565.	6/11/2565.	6/11/2565.	Delay-1	18.9	-	18.9		
Team 1	A19-A95	5/11/2565.	5/11/2565.	5/11/2565.	5/11/2565.	On Time	100.0	-	100.0		

5.2.2 การติดตามแผนแผ่นผนัง-กรณีศึกษาโครงการ A

การติดตามแผ่นผนังในโครงการก่อสร้าง A เป็นขั้นตอนที่ดำเนินการหลังจากการวางแผนติดตั้งแผ่นผนังแล้วเสร็จ ซึ่งโครงการก่อสร้าง A ไม่มีการเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสถานะของการติดตั้งแผ่นผนังรวมถึงข้อมูลของการแก้ไขข้อบกพร่องไว้ ผู้วิจัยจึงกำหนดอัตราการติดตั้งให้แสดงถึงความแตกต่างระหว่างแผนงานที่กำหนดกับอัตราการติดตั้งที่เกิดขึ้น โดยใช้ตัวอย่างชั้นที่ 2 และชั้นที่ 6 ของโครงการ



ภาพที่ 5.4 แบบจำลองที่รันผ่านระบบของโครงการ A ชั้น 2 (ซ้าย) และชั้น 6 (ขวา)



ภาพที่ 5.5 แบบจำลองสามมิติที่รันผ่านระบบการติดตามของโครงการ A

ตารางที่ 5.7 ข้อมูลการติดตามแผ่นผนังชั้นที่ 2 และชั้นที่ 6 โครงการ A

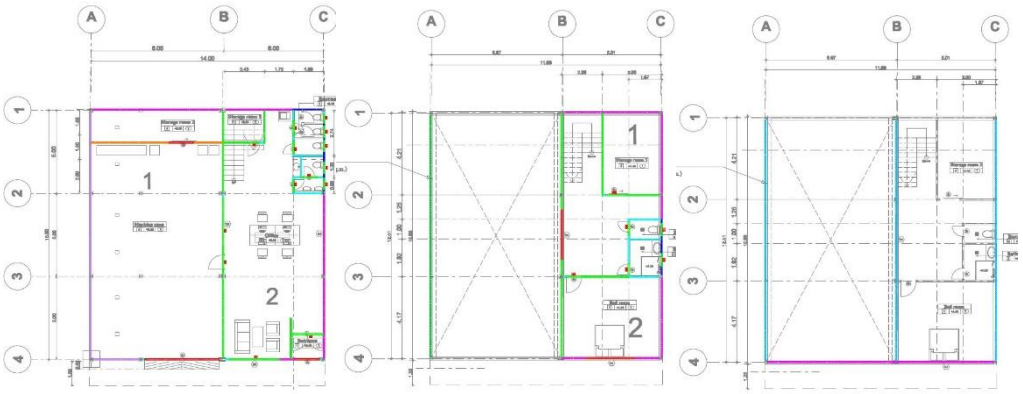
Installer	Panel Number	Plan Start Date	Plan End Date	Actual Start Date	Actual End Date	Status	% งานสะสม TEAM-1	%งานสะสม TEAM-2	%งานสะสมของชั้น	Defect Start	Defect End
ชั้นที่ 2											
Team 1	A1-A12	31/10/2565	1/11/2565	31/10/2565	1/11/2565	On Time	15.6	-	7.2		
Team 1	A13-A14	31/10/2565	1/11/2565	31/10/2565	1/11/2565	On Time	18.2	-	8.4	3/10/2565	4/7/2565
Team 1	A15-A30	31/10/2565	1/11/2565	31/10/2565	1/11/2565	On Time	39.0	-	18.0		
Team 1	A31-A33	31/10/2565	1/11/2565	31/10/2565	1/11/2565	On Time	42.9	-	19.8	3/10/2565	4/7/2565
Team 1	A34-A73	31/10/2565	1/11/2565	31/10/2565	1/11/2565	On Time	94.8	-	43.7		
Team 1	A74-A75	31/10/2565	1/11/2565	31/10/2565	1/11/2565	On Time	97.4	-	44.9	3/10/2565	4/7/2565
Team 1	A76-A77	31/10/2565	1/11/2565	31/10/2565	1/11/2565	On Time	100.0	-	46.1		
Team 2	B1-B37	31/10/2565	1/11/2565	31/10/2565	1/11/2565	On Time	-	41.1	68.3		
Team 2	B38-B40	31/10/2565	1/11/2565	31/10/2565	1/11/2565	On Time	-	44.4	70.1	3/10/2565	5/10/2565
Team 2	B41-B73	31/10/2565	1/11/2565	31/10/2565	1/11/2565	On Time	-	81.1	89.8		
Team 2	B74-B79	31/10/2565	1/11/2565	1/11/2565	2/11/2565	Delay-1	-	87.8	93.4		
Team 2	B80-B86	31/10/2565	1/11/2565	31/10/2565	1/11/2565	On Time	-	94.4	97.0		
Team 2	B87	31/10/2565	1/11/2565	31/10/2565	1/11/2565	On Time	-	95.6	97.6	3/10/256.	5/10/2565
Team 2	B88	31/10/2565	1/11/2565	31/10/2565	1/11/2565	On Time	-	96.7	98.2		
Team 2	B89-B91	31/10/2565	1/11/2565	31/10/2565	1/11/2565	On Time	-	100.0	100.0	3/10/2565	5/10/2565

Installer	Panel Number	Plan Start Date	Plan End Date	Actual Start Date	Actual End Date	Status	% งาน สะสม TEAM-1	%งาน สะสม TEAM-2	%งาน สะสม ของชั้น	Defect Start	Defect End
ชั้นที่ 6											
Team 1	A1-A10	9/11/2565	9/11/2565	9/11/2565	9/11/2565	On Time	16.1	16.1	16.1		
Team 1	A11-A16	9/11/2565	9/11/2565	10/11/2565	10/11/2565	Delay-1	9.7	25.8	25.8		
Team 1	A17-A35	9/11/2565	9/11/2565	9/11/2565	9/11/2565	On Time	30.6	56.5	56.5		
Team 1	A36-A41	9/11/2565	9/11/2565	10/11/2565	10/11/2565	Delay-1	9.7	66.1	66.1		
Team 1	A42-A62	9/11/2565	9/11/2565	9/11/2565	9/11/2565	On Time	33.9	100.0	100.0		

จากตารางที่ 5.6 เป็นตารางสรุปผลการติดตามการติดตั้งของแผ่นผนังชั้นที่ 2 และชั้นที่ 6 ของโครงการ โดยจะแสดงชื่อผนัง แผนการติดตั้ง วันที่ดำเนินการติดตั้ง รวมถึงเปอร์เซ็นต์งานทีดำเนินการแล้วเสร็จ

5.2.3 การวางแผนติดตั้งแผ่นผนัง-กรณีศึกษาโครงการ B

กรณีศึกษาโครงการ B เป็นโครงการอาคารโรงงาน ความสูง 3 ชั้น มีพื้นที่ผนังอาคารที่ต้องดำเนินการติดตั้งแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา 553.96 ตารางเมตร และโครงการใช้แผ่นผนังขนาด 60 ซม. ชนิดเดียวทั้งโครงการ



ภาพที่ 5.6 แบบแปลนอาคารของโครงการ B ชั้น1-3

ตารางที่ 5.8 จำนวนแผ่นผนังของโครงการ B

ประเภทแผ่นผนัง	ถอดปริมาณด้วยมือ	ระบบ
ผนังตรงขนาด 60 ซม	358	304
ผนังตรง (แผ่นตัด)	-	44
ผนังมุมชนิดตัวแอล	0	0
ผนังมุมชนิดตัวที	0	0
แผ่นทับหลังขนาด 60 ซม	-	13
แผ่นทับหลัง (แผ่นตัด)	-	-
เวลาที่ใช้ในการถอดปริมาณ (นาที)	180	5

ตารางที่ 5.9 ขนาดและจำนวนแผ่นผนังตรง (แผ่นตัด) จากระบบของโครงการ B

ขนาดแผ่นผนัง (ซม.)	จำนวนแผ่น	ขนาดแผ่นผนัง (ซม.)	จำนวนแผ่น
10	5	35	1
15	5	40	3
20	2	45	3
25	5	50	3
30	7	55	10

ตารางที่ 5.10 ลักษณะการตัดแผ่นผนังโครงการ B

ลักษณะการตัด	ความยาว (ซม.)										ความยาวรวม (ซม.)	เศษเหลือ (ซม.)	จำนวนชุด
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55			
1					2						60	0	3
2				1		1					60	0	1
3			1				1				60	0	2
4		1						1			60	0	3
5	1								1		60	0	3
6	1			2							60	0	2
7										1	55	5	10
8		2			1						60	0	1
จำนวนแผ่นที่ต้องการ	5	5	2	5	7	1	2	3	3	10			
ผลลัพธ์	5	5	2	5	7	1	3	3	3	10			25

การประยุกต์ใช้ระบบในโครงการ B ใช้เวลาในการวางแผนติดตั้งแผ่นผนังทั้งหมด 5 นาที เทียบกับการถอดปริมาณด้วยมือใช้เวลา 180 นาที มีความต่าง 97.22% โดยระบบสามารถประมวลผลแผ่นทับหลังและขนาดแผ่นผนังต่างๆ ออกมาได้อย่างละเอียด ต่างจากการถอดปริมาณด้วยมือ เป็นการถอดปริมาณแผ่นผนังคร่าวๆด้วยพื้นที่ที่ต้องดำเนินการติดตั้งหารด้วยพื้นที่แผ่นผนังแล้วจึงดำเนินการวางแผ่นผนังในรูปแบบสองมิติ ทำให้ปริมาณแผ่นผนังมีเฉพาะปริมาณแผ่นผนังเต็ม รายละเอียดการประมวลผลของระบบแสดงค่าแผ่นผนังตัด 44 แผ่น ซึ่งแบ่งขนาดได้ตามตารางที่ 5.8 โดยในโครงการ B มีการใช้แผ่นผนังความกว้างขนาดเดียว คือ 60 ซม. เมื่อนำขนาดและจำนวนแผ่นผนังตามตารางที่ 5.8 มาวิเคราะห์ เพื่อหาจำนวนแผ่นผนังเต็มทั้งหมดที่ต้องนำมาตัดแผ่นผนัง ให้ได้จำนวนแผ่นผนังตัดตามตารางที่ 5.8 พบว่า ต้องใช้แผ่นผนังเต็มขนาด 60 ซม. ทั้งหมด 26 แผ่น รายละเอียดในการตัดแผ่นผนังใช้ผลที่ได้จากระบบมาวิเคราะห์หาปริมาณแผ่นผนังที่เหมาะสม โดยใช้ Solver ในโปรแกรม Excel เงื่อนไขในการตัดแผ่นจะใช้จำนวนการตัดต่อแผ่นให้น้อยที่สุด และขนาดแผ่นที่ตัดสามารถประกอบกันใกล้เคียงแผ่นขนาด 60 ซม. มากที่สุด จากตารางที่ 5.9 จะได้แผ่นผนังเต็มที่นำมาตัดให้ได้แผ่นผนังตามขนาดที่ต้องการทั้งหมด 25 แผ่น โดยจะได้แผ่นผนังขนาด 40 ซม. เพียง 2 แผ่น ยังขาดอีก 1 แผ่น ดังนั้นจึงต้องเพิ่มจำนวนแผ่นผนังเต็มอีก 1 แผ่น รวมเป็น 26 แผ่น และแผ่นผนังอื่นที่จับคู่ขนาดได้ตามที่กำหนด ดังตารางที่ 5.9 โดยเศษที่เหลือจากการจับคู่ผนังที่มีขนาดต่างกัน จะทำให้เหลือเศษแผ่นผนัง 2.24 ตารางเมตร

ปริมาณแผ่นผนังตรงขนาด 60 ซม. ของโครงการ A จากการถอดปริมาณด้วยมือ มี 358 แผ่น และแผ่นผนังที่ประมวลผลผ่านระบบร่วมกับการวิเคราะห์ มีแผ่นผนังตรง 330 แผ่น แผ่นทับหลัง 13 แผ่น รวมทั้งหมด 343 แผ่น มีปริมาณแผ่นผนังลดลง 4.19 %

จากข้อมูลปริมาณงานของโครงการ B ที่ได้จาก BIM Model 553.96 ตร.ม. ปริมาณงานในชั้นที่ 1 มีปริมาณงาน 254.13 ตร.ม. ชั้นที่ 2 มีปริมาณงาน 240.70 ตร.ม. ชั้นที่ 3 มีปริมาณงาน 59.13 ตร.ม. โดยเมื่อกำหนดแผนงานตามจำนวนกลุ่มคนงานและปริมาณงานที่สามารถทำได้ต่อวัน ชั้นที่ 1 จะใช้เวลาสำหรับการติดตั้งประมาณ 3 วัน ชั้นที่ 2 ใช้เวลาประมาณ 2 วัน และชั้นที่ 3 ใช้เวลาประมาณ 1 วัน ดังตารางที่ 5.10

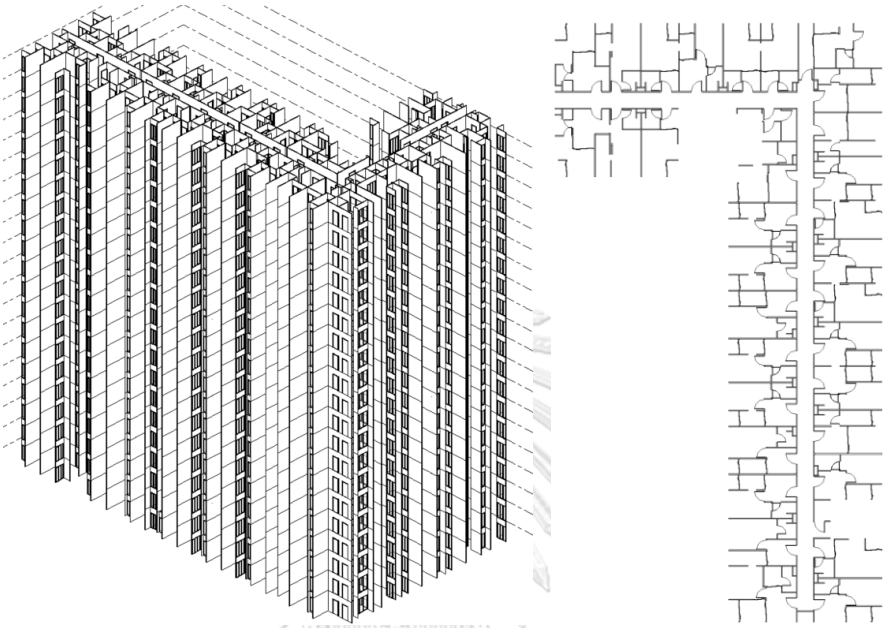
ตารางที่ 5.11 แผนการติดตั้งแผ่นผนังโครงการ B

ชั้นที่	**พื้นที่**	**Plan Start Date**	**Plan End Date**	**TEAM 1** (แผ่น)	**TEAM 2** (แผ่น)
1	254.13	31/10/2565	2/11/2565	A1-A51, A65-A80, A89-A96, A105-A118, A135-A142, A154-A162, A166	A15-A16, A52-A64, A81-A88, A97-A104, A119-A134, A143-A153, A163-A165
2	240.70	3/11/2565	4/11/2565	A42-A57, A70-A85, A94-A101, A122-A125	A1-A41, A58-A69, A86-A93, A102-A121, A126-A127
3	59.13	5/11/2565	5/11/2565	A1-A95	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.2.5 การวางแผนติดตั้งแผ่นผนัง-กรณีศึกษาโครงการ C

กรณีศึกษาโครงการ C เป็นโครงการคอนโดมิเนียม ความสูง 20 ชั้น มีพื้นที่ผนังอาคารที่ต้องดำเนินการติดตั้งแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา 34,635.2 ตารางเมตร โดยพื้นที่ผนังอาคารที่มีการติดตั้งแผ่นผนังมีช่องเปิดเฉพาะบริเวณประตู และโครงการใช้แผ่นผนังขนาด 60 ซม. ร่วมกับ 40 ซม.



ภาพที่ 5.7 แบบแปลนอาคารของโครงการ C

ตารางที่ 5.12 จำนวนแผ่นผนังของโครงการ C

ประเภทแผ่นผนัง	ถอดปริมาณด้วยมือ	ระบบ
ผนังตรงขนาด 60 ซม	11,840	11,780
ผนังตรงขนาด 40 ซม	7,160	3,900
ผนังตรง (แผ่นตัด)	-	4,320
ผนังมุมชนิดตัวแอล	460	480
ผนังมุมชนิดตัวที	100	100
แผ่นทับหลังขนาด 60 ซม	-	-
แผ่นทับหลังขนาด 40 ซม	-	6,440
แผ่นทับหลัง (แผ่นตัด)	-	-
เวลาที่ใช้ในการถอดปริมาณ (นาที)	2075	140

ตารางที่ 5.13 ขนาดและจำนวนแผ่นผนัง(แผ่นตัด) จากระบบของโครงการ C

ขนาดแผ่นผนัง (ซม.)	จำนวนแผ่น	ขนาดแผ่นผนัง (ซม.)	จำนวนแผ่น
10	240	35	760
15	120	40*	-
20	300	45	540
25	800	50	480
30	400	55	680

*ใช้แผ่นผนังเต็มขนาด 40 ซม.

ตารางที่ 5.14 ลักษณะการตัดแผ่นผนังโครงการ C

ลักษณะการตัด	ความยาว (ซม.)										ความยาวรวม (ซม.)	เศษเหลือ (ซม.)	จำนวนชุด
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55			
1					2						60	0	200
2				1		1					60	0	760
3		1						1			60	0	120
4	1								1		60	0	220
5	1			2							60	0	20
6										1	55	5	680
7									1		50	10	260
8								1			45	15	420
จำนวนแผ่นที่ต้องการ	240	120	-	800	400	760	-	540	480	680			
ผลลัพธ์	240	120	-	800	400	760	-	540	480	680			2,680

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การประยุกต์ใช้ระบบในโครงการ C ใช้เวลาในการวางแผนติดตั้งแผ่นผนังทั้งหมด 140 นาที เทียบกับการถอดปริมาณด้วยมือใช้เวลา 2075 นาที มีความต่าง 93.25% โดยระบบสามารถประมวลผลแผ่นทับหลังและขนาดแผ่นผนังต่างๆ ออกมาได้อย่างละเอียด ต่างจากการถอดปริมาณด้วยมือของโครงการ C เนื่องจากโครงการถอดปริมาณแผ่นผนังคร่าวๆด้วยการวางแผ่นผนังในแปลนอาคารสองมิติ โดยเว้นช่องประตูไว้จึงไม่ทราบจำนวนแผ่นทับหลังที่แน่นอน รายละเอียดการประมวลผลของระบบแสดงค่าแผ่นผนังตัด 4,320 แผ่น ซึ่งแบ่งขนาดได้ตามตารางที่ 5.13 โดยโครงการ C ใช้แผ่นผนังความกว้างขนาด 60 ซม. และ 40 ซม. เมื่อนำขนาดและจำนวนแผ่นผนังตามตารางที่ 5.13 มาวิเคราะห์ เพื่อหาจำนวนแผ่นผนังเต็มทั้งหมดที่ต้องนำมาตัดแผ่นผนัง ให้ได้จำนวนแผ่นผนังตัดตามตารางที่ 5.13 พบว่า ต้องใช้แผ่นผนังเต็มขนาด 60 ซม. ทั้งหมด 2,680 แผ่น ดังตารางที่ 5.14 โดยขนาดแผ่นผนัง 40 ซม. จะใช้แผ่นผนังเต็มและขนาด 20 ซม. เลือกใช้แผ่นผนังขนาด 40 ซม. มาตัด โดยใช้ปริมาณแผ่นผนังเต็ม 40 ซม. ทั้งหมด 150 แผ่น เนื่องจากจะทำให้การตัด

เกิดขึ้นเพียงหนึ่งครั้ง ซึ่งรายละเอียดในการตัดแผ่นผนังขนาดอื่นๆใช้ผลที่ได้จากระบบมาวิเคราะห์หาปริมาณแผ่นผนังที่เหมาะสม โดยใช้ Solver ในโปรแกรม Excel ซึ่งเงื่อนไขในการตัดแผ่นจะใช้จำนวนการตัดต่อแผ่นให้น้อยที่สุด และขนาดแผ่นที่ตัดสามารถประกอบกันใกล้เคียงแผ่นขนาด 60 ซม. มากที่สุด ดังตารางที่ 5.14 โดยเศษที่เหลือจากการจับคู่ผนังที่มีขนาดต่างกัน จะทำให้เหลือเศษแผ่นผนัง 369 ตารางเมตร

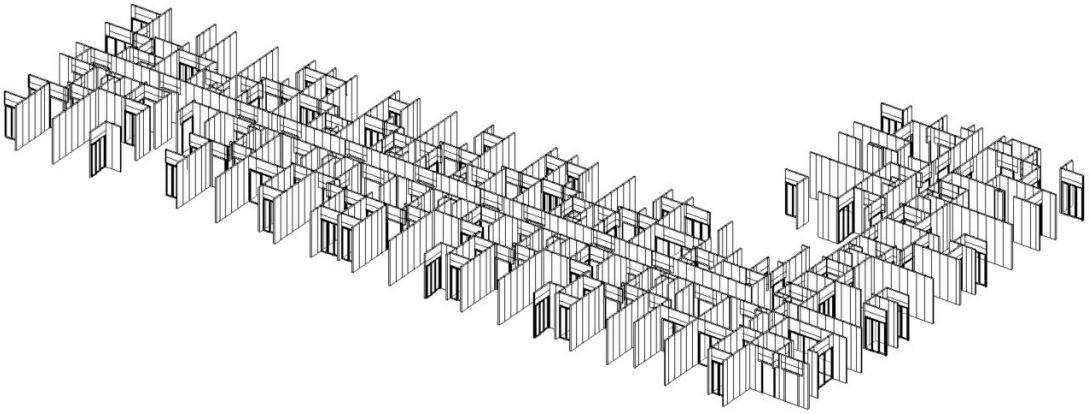
ปริมาณแผ่นผนังตรงขนาด 60 ซม. และ 40 ซม. ของโครงการ C จากการถอดปริมาณด้วยมือ มี 11,840 แผ่น และ 7,160 แผ่น ตามลำดับ ในส่วนของแผ่นผนังที่ประมวลผลผ่านระบบร่วมกับการวิเคราะห์ มีแผ่นผนังตรงขนาด 60 ซม. 14,460 แผ่น และ 40 ซม. 4,050 แผ่น แผ่นทับหลังขนาด 40 ซม. 6,440 แผ่น

จากข้อมูลปริมาณงานของโครงการ C ที่ได้จาก BIM Model 34,635.2 ตร.ม. ปริมาณงานในชั้นที่ 1-20 มีปริมาณงานชั้นละ 1731.76 ตร.ม. เมื่อกำหนดแผนงานตามจำนวนกลุ่มคนงานและปริมาณงานที่สามารถทำได้ต่อวัน ในชั้นที่ 1-20 จะใช้เวลาสำหรับการติดตั้งชั้นละ 15 วัน

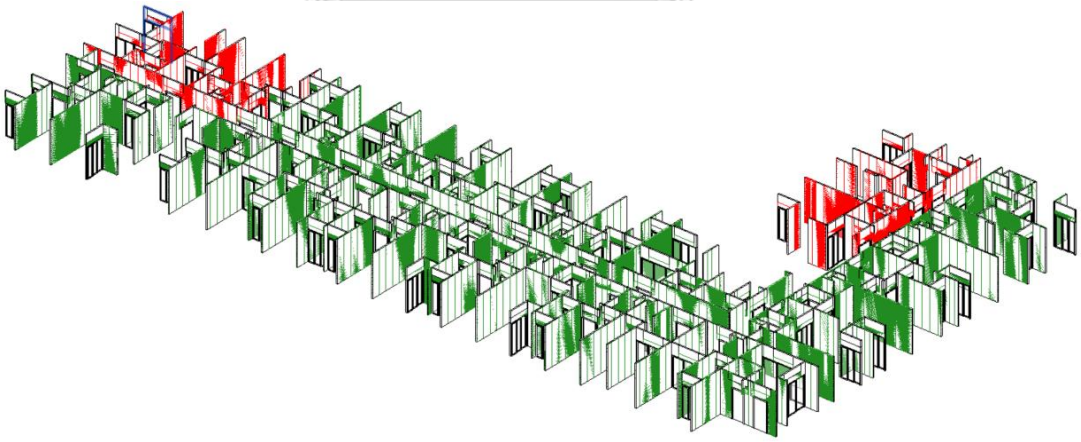
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.2.6 การติดตามแผนแผ่นผนัง-กรณีศึกษาโครงการ C

การติดตามแผ่นผนังในโครงการก่อสร้าง C เป็นขั้นตอนที่ดำเนินการหลังจากการวางแผนติดตั้งแผ่นผนังแล้วเสร็จ ซึ่งโครงการก่อสร้าง C ไม่มีการเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสถานะของการติดตั้งแผ่นผนังรวมถึงข้อมูลของการแก้ไขข้อบกพร่องไว้ ผู้วิจัยจึงกำหนดอัตราการติดตั้งให้แสดงถึงความแตกต่างระหว่างแผนงานที่กำหนดกับอัตราการติดตั้งที่เกิดขึ้น โดยในโครงการ C เพื่อให้เห็นรายละเอียดได้ชัดเจนมากขึ้น จะยกตัวอย่างการติดตามการติดตั้งแผ่นผนังให้เห็นรายระเอียดเพียงหนึ่งชั้น



ภาพที่ 5.8 แบบจำลองที่รันผ่านระบบของโครงการ C



ภาพที่ 5.9 แบบจำลองสามมิติที่รันผ่านระบบการติดตามของโครงการ C

ตารางที่ 5.15 ข้อมูลการติดตามแผ่นผนังชั้นที่ 6 โครงการ C

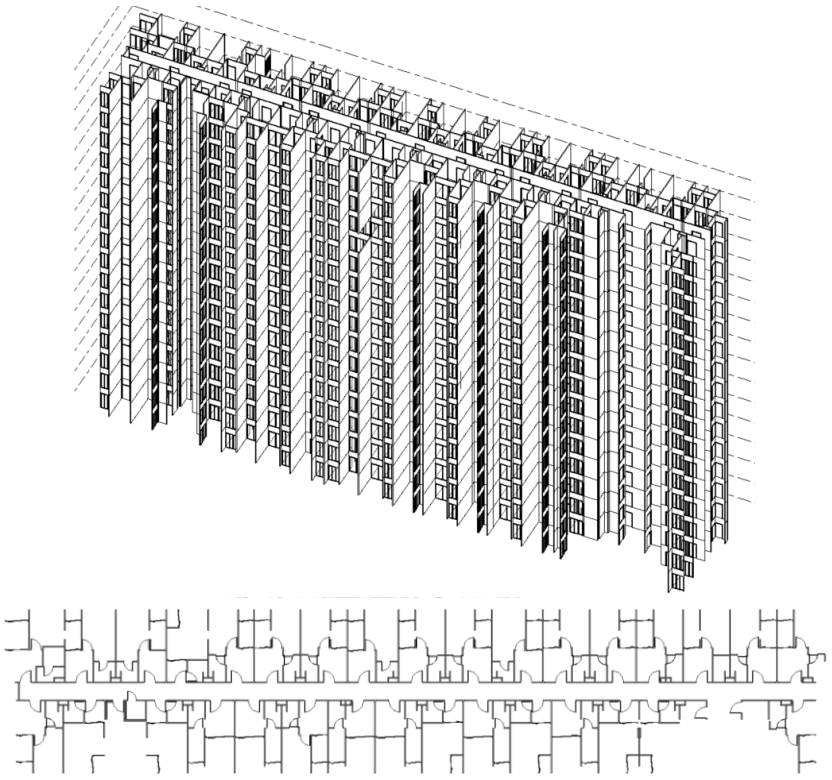
Installer	Panel Number	Plan Start Date	Plan End Date	Actual Start Date	Actual End Date	Status	% งานสะสม TEAM-1	%งานสะสม TEAM-2	%งานสะสมของชั้น	Defect Start	Defect End
ชั้นที่ 1											
Team 1	A1-A59	1/11/2565	15/11/2565	1/11/2565	15/11/2565	On Time	10.2	-	4.8		
Team 1	A60-A62	1/11/2565	15/11/2565	1/11/2565	15/11/2565	On Time	10.7	-	5.0	16/11/2565	20/11/2565
Team 1	A62-A90	1/11/2565	15/11/2565	1/11/2565	15/11/2565	On Time	15.7	-	7.3		
Team 1	A91-A100	1/11/2565	15/11/2565	1/11/2565	15/11/2565	On Time	17.4	-	8.2	16/11/2565	20/11/2565
Team 1	A101-A190	1/11/2565	15/11/2565	1/11/2565	15/11/2565	On Time	32.9	-	15.4		
Team 1	A191-A250	1/11/2565	15/11/2565	1/11/2565	15/11/2565	On Time	43.2	-	20.3		
Team 1	A250-320	1/11/2565	15/11/2565	1/11/2565	15/11/2565	On Time	55.4	-	26.0		
Team 1	A321-A400	1/11/2565	15/11/2565	1/11/2565	15/11/2565	On Time	69.2	-	32.4		
Team 1	A401-A450	1/11/2565	15/11/2565	1/11/2565	15/11/2565	On Time	77.8	-	36.5		
Team 1	A451-A460	1/11/2565	15/11/2565	1/11/2565	15/11/2565	On Time	79.5	-	37.3	16/11/2565	20/11/2565
Team 1	A461-A500	1/11/2565	15/11/2565	16/11/2565	18/11/2565	Delay-3	86.4	-	40.5		
Team 1	A501-A579	1/11/2565	15/11/2565	16/11/2565	18/11/2565	Delay-3	100.0	-	46.9		
Team 2	B1-B100	1/11/2565	15/11/2565	1/11/2565	15/11/2565	On Time	-	15.2	55.0		
Team 2	B101-B150	1/11/2565	15/11/2565	1/11/2565	15/11/2565	On Time	-	22.8	59.0		
Team 2	B151-B160	1/11/2565	15/11/2565	1/11/2565	15/11/2565	On Time	-	24.3	59.8	16/11/2565	20/11/2565
Team 2	B161-B200	1/11/2565	15/11/2565	1/11/2565	15/11/2565	On Time	-	30.4	63.0		
Team 2	B201-B250	1/11/2565	15/11/2565	1/11/2565	15/11/2565	On Time	-	38.0	67.1		

Team 2	B251-B315	1/11/2565	15/11/2565	1/11/2565	15/11/2565	On Time	-	47.9	72.3		
Team 2	B316-B324	1/11/2565	15/11/2565	1/11/2565	15/11/2565	On Time	-	49.2	73.0	16/11/2565	20/11/2565
Team 2	B325-B360	1/11/2565	15/11/2565	1/11/2565	15/11/2565	On Time	-	54.7	75.9		
Team 2	B360-B477	1/11/2565	15/11/2565	1/11/2565	15/11/2565	On Time	-	72.6	85.5		
Team 2	B478-B488	1/11/2565	15/11/2565	1/11/2565	15/11/2565	On Time	-	74.3	86.4	16/11/2565	20/11/2565
Team 2	B489-B496	1/11/2565	15/11/2565	1/11/2565	15/11/2565	On Time	-	75.5	87.0		
Team 2	B496-B503	1/11/2565	15/11/2565	1/11/2565	15/11/2565	On Time	-	76.6	87.6	16/11/2565	20/11/2565
Team 2	B504-B551	1/11/2565	15/11/2565	1/11/2565	15/11/2565	On Time	-	83.9	91.4		
Team 2	B552-B570	1/11/2565	15/11/2565	16/11/2565	19/11/2565	Delay-4	-	86.8	93.0		
Team 2	B571-B580	1/11/2565	15/11/2565	16/11/2565	19/11/2565	Delay-4	-	88.3	93.8	20/11/2565	21/11/2565
Team 2	B581-B601	1/11/2565	15/11/2565	16/11/2565	19/11/2565	Delay-4	-	91.5	95.5		
Team 2	B602-B657	1/11/2565	15/11/2565	16/11/2565	19/11/2565	Delay-4	-	100.0	100.0		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5.2.7 การวางแผนติดตั้งแผ่นผนัง-กรณีศึกษาโครงการ D

กรณีศึกษาโครงการ D เป็นโครงการคอนโดมิเนียม ความสูง 15 ชั้น มีพื้นที่ผนังอาคารที่ต้องดำเนินการติดตั้งแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา 26,272.2 ตารางเมตร โดยพื้นที่ผนังอาคารที่มีการติดตั้งแผ่นผนังมีช่องเปิดเฉพาะบริเวณประตู และโครงการใช้แผ่นผนังขนาด 60 ซม. ร่วมกับ 40 ซม.



ภาพที่ 5.10 แบบแปลนอาคารของโครงการ D

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.16 จำนวนแผ่นผนังของโครงการ D ที่ประมวลผลผ่านระบบ

	ถอดปริมาณด้วยมือ	ระบบ
ผนังตรงขนาด 60 ซม	9,135	8,250
ผนังตรงขนาด 40 ซม	4,725	2,310
ผนังตรง (แผ่นตัด)	-	2,655
ผนังมุมชนิดตัวแอล	810	825
ผนังมุมชนิดตัวที	180	180
แผ่นทับหลังขนาด 60 ซม	-	-
แผ่นทับหลังขนาด 40 ซม	-	2,415
แผ่นทับหลัง (แผ่นตัด)	-	2,415
เวลาที่ใช้ในการถอดปริมาณ (นาที)	1,575	75

ตารางที่ 5.17 ขนาดและจำนวนแผ่นผนัง(แผ่นตัด) จากระบบของโครงการ D

ขนาดแผ่นผนัง (ซม.)	จำนวนแผ่น	ขนาดแผ่นผนัง (ซม.)	จำนวนแผ่น
10	105	35	420
15	0	40*	-
20	285	45	480
25	285	50	300
30	270	55	510

*ใช้แผ่นผนังเต็มขนาด 40 ซม.

ตารางที่ 5.18 ลักษณะการตัดแผ่นผนังโครงการ D

ลักษณะการตัด	ความยาว (ซม.)										ความยาวรวม (ซม.)	เศษเหลือ (ซม.)	จำนวนชุด
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55			
1					2						60	0	135
2				1		1					60	0	285
3	1								1		60	0	105
4										1	55	5	510
5			1			1					55	5	1
6									1		50	10	195
7								1			45	15	480
8						1					35	25	134
จำนวนแผ่นที่ต้องการ	105	-	1	285	270	420	-	480	300	510			
ผลลัพธ์	105	-	1	285	270	420	-	480	300	510			1,845

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การประยุกต์ใช้ระบบในโครงการ D ใช้เวลาในการวางแผนติดตั้งแผ่นผนังทั้งหมด 75 นาที เทียบกับการถอดปริมาณด้วยมือใช้เวลา 1575 นาที มีความต่าง 95.24% โดยระบบสามารถประมวลผลแผ่นทับหลังและขนาดแผ่นผนังต่างๆ ออกมาได้อย่างละเอียด ต่างจากการถอดปริมาณด้วยมือของโครงการ D เนื่องจากโครงการถอดปริมาณแผ่นผนังคร่าวๆด้วยการวางแผ่นผนังในแปลนอาคารสองมิติ โดยเว้นช่องประตูไว้จึงไม่ทราบจำนวนแผ่นทับหลังที่แน่นอน รายละเอียดการประมวลผลของระบบแสดงค่าแผ่นผนังตัด 2,655 แผ่น ซึ่งแบ่งขนาดได้ตามตารางที่ 5.17 โดยโครงการ D ใช้แผ่นผนังความกว้างขนาด 60 ซม. และ 40 ซม. เมื่อนำขนาดและจำนวนแผ่นผนังตามตารางที่ 5.17 มาวิเคราะห์ เพื่อหาจำนวนแผ่นผนังเต็มทั้งหมดที่ต้องนำมาตัดแผ่นผนัง ให้ได้จำนวนแผ่นผนังตัดตามตารางที่ 5.17 พบว่า ต้องใช้แผ่นผนังเต็มขนาด 60 ซม. ทั้งหมด 1,845 แผ่น ดังตารางที่ 5.18 โดยขนาดแผ่นผนัง 40 ซม. จะใช้แผ่นผนังเต็มและขนาด 20 ซม. เลือกใช้แผ่นผนังขนาด 40 ซม. มาตัด โดยใช้ปริมาณแผ่นผนังเต็ม 40 ซม. ทั้งหมด 142 แผ่น เนื่องจากจะทำให้การตัด

เกิดขึ้นเพียงหนึ่งครั้ง ซึ่งรายละเอียดในการตัดแผ่นผนังขนาดอื่นๆใช้ผลที่ได้จากระบบมาวิเคราะห์หาปริมาณแผ่นผนังที่เหมาะสม โดยใช้ Solver ในโปรแกรม Excel ซึ่งเงื่อนไขในการตัดแผ่นจะใช้จำนวนการตัดต่อแผ่นให้น้อยที่สุด และขนาดแผ่นที่ตัดสามารถประกอบกันใกล้เคียงแผ่นขนาด 60 ซม. มากที่สุด ดังตารางที่ 5.18 โดยเศษที่เหลือจากการจับคู่ผนังที่มีขนาดต่างกัน จะทำให้เหลือเศษแผ่นผนัง 451.65 ตารางเมตร

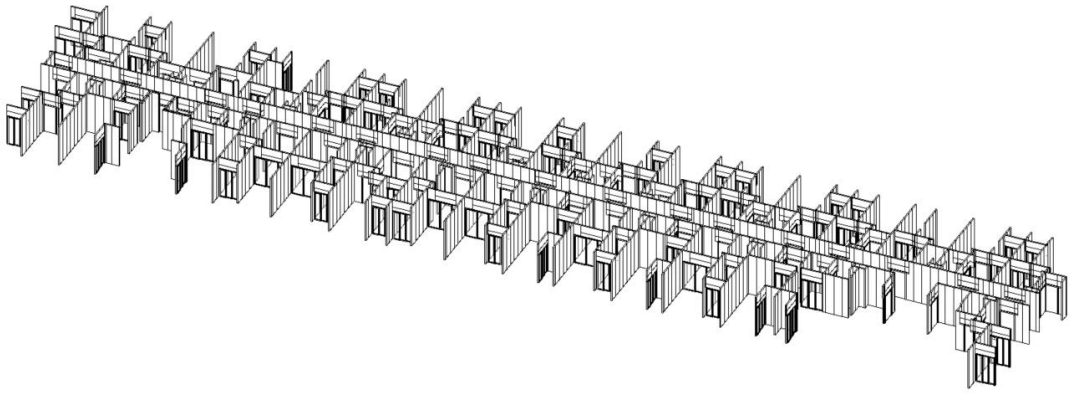
ปริมาณแผ่นผนังตรงขนาด 60 ซม. และ 40 ซม. ของโครงการ D จากการถอดปริมาณด้วยมือ มี 9,135 แผ่น และ 4,725 แผ่น ตามลำดับ ในส่วนของแผ่นผนังที่ประมวลผลผ่านระบบร่วมกับการวิเคราะห์ มีแผ่นผนังตรงขนาด 60 ซม. 10,095 แผ่น และ 40 ซม. 2,452 แผ่น แผ่นทับหลังขนาด 40 ซม. 2,415 แผ่น และแผ่นทับหลัง (แผ่นตัด) 2,415 แผ่น เป็นแผ่นขนาด 55 ซม. เมื่อดำเนินการตัดแผ่นผนังทับหลังจากขนาด 60 ซม. จะทำให้เหลือเศษแผ่นผนังทับหลัง 181.13 ตารางเมตร

จากข้อมูลปริมาณงานของโครงการ D ที่ได้จาก BIM Model 26,272.2 ตร.ม. ปริมาณงานในชั้นที่ 1-15 มีปริมาณงานชั้นละ 1751.48 ตร.ม. เมื่อกำหนดแผนงานตามจำนวนกลุ่มคนงานและปริมาณงานที่สามารถทำได้ต่อวัน ในชั้นที่ 1-15 จะใช้เวลาสำหรับการติดตั้งชั้นละ 15 วัน

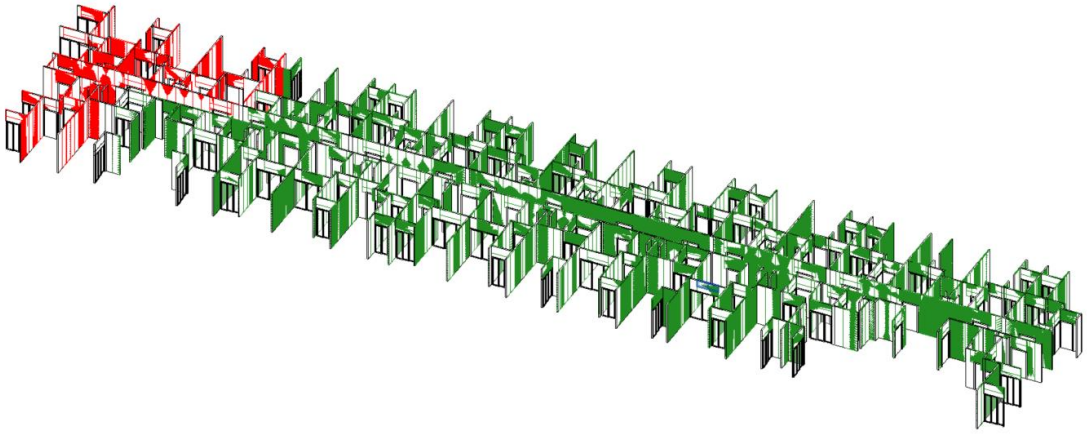
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.2.8 การติดตามแผนแผ่นผนัง-กรณีศึกษาโครงการ D

การติดตามแผ่นผนังในโครงการก่อสร้าง D เป็นขั้นตอนที่ดำเนินการหลังจากการวางแผนติดตั้งแผ่นผนังแล้วเสร็จ ซึ่งโครงการก่อสร้าง D ไม่มีการเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสถานะของการติดตั้งแผ่นผนังรวมถึงข้อมูลของการแก้ไขข้อบกพร่องไว้ ผู้วิจัยจึงกำหนดอัตราการติดตั้งให้แสดงถึงความแตกต่างระหว่างแผนงานที่กำหนดกับอัตราการติดตั้งที่เกิดขึ้น โดยในโครงการ D เพื่อให้เห็นรายละเอียดได้ชัดเจนมากขึ้น จะยกตัวอย่างการติดตามการติดตั้งแผ่นผนังให้เห็นรายระเอียดเพียงหนึ่งชั้น



ภาพที่ 5.11 แบบจำลองที่รันผ่านระบบของโครงการ D



ภาพที่ 5.12 แบบจำลองสามมิติที่รันผ่านระบบการติดตามของโครงการ D

ตารางที่ 5.19 ข้อมูลการติดตามแผ่นผนังชั้นที่ 5 โครงการ D

Installer	Panel Number	Plan Start Date	Plan End Date	Actual Start Date	Actual End Date	Status	% งานสะสม TEAM-1	%งานสะสม TEAM-2	%งานสะสมของชั้น	Defect Start	Defect End
ชั้นที่ 5											
Team 1	A1-A35	1/11/2565	15/11/2565	1/11/2565	15/11/2565	On Time	5.4	-	3.0		
Team 1	A36-A41	1/11/2565	15/11/2565	1/11/2565	15/11/2565	On Time	6.4	-	3.5	16/11/2565	20/11/2565
Team 1	A42-A100	1/11/2565	15/11/2565	1/11/2565	15/11/2565	On Time	15.5	-	8.5		
Team 1	A101-A121	1/11/2565	15/11/2565	1/11/2565	15/11/2565	On Time	18.8	-	10.3	16/11/2565	20/11/2565
Team 1	A122-A200	1/11/2565	15/11/2565	1/11/2565	15/11/2565	On Time	31.1	-	17.0		
Team 1	A201-A231	1/11/2565	15/11/2565	1/11/2565	15/11/2565	On Time	35.7	-	19.6		
Team 1	A231-A254	1/11/2565	15/11/2565	1/11/2565	15/11/2565	On Time	39.4	-	21.6		
Team 1	A255-A275	1/11/2565	15/11/2565	1/11/2565	15/11/2565	On Time	42.7	-	23.4	16/11/2565	20/11/2565
Team 1	A276-A310	1/11/2565	15/11/2565	1/11/2565	15/11/2565	On Time	48.1	-	26.4		
Team 1	A311-A360	1/11/2565	15/11/2565	1/11/2565	15/11/2565	On Time	55.9	-	30.6		
Team 1	A361-A395	1/11/2565	15/11/2565	1/11/2565	15/11/2565	On Time	61.3	-	33.6	16/11/2565	20/11/2565
Team 1	A396-A445	1/11/2565	15/11/2565	1/11/2565	15/11/2565	On Time	69.1	-	37.9		
Team 1	A446-A500	1/11/2565	15/11/2565	1/11/2565	15/11/2565	On Time	77.6	-	42.6		
Team 1	A501-A569	1/11/2565	15/11/2565	16/11/2565	22/11/2565	Delay-7	88.4	-	48.4		
Team 1	A570-A601	1/11/2565	15/11/2565	16/11/2565	22/11/2565	Delay-7	93.3	-	51.1	22/11/2565	24/11/2565
Team 1	A602-A644	1/11/2565	15/11/2565	16/11/2565	22/11/2565	Delay-7	100.0	-	54.8		
Team 2	B1-B44	1/11/2565	15/11/2565	1/11/2565	15/11/2565	On Time	-	8.3	58.6		

Team 2	B45-B90	1/11/2565	15/11/2565	1/11/2565	15/11/2565	On Time	-	16.9	62.5		
Team 2	B91-B150	1/11/2565	15/11/2565	1/11/2565	15/11/2565	On Time	-	28.2	67.6		
Team 2	B151-B221	1/11/2565	15/11/2565	1/11/2565	15/11/2565	On Time	-	41.6	73.6		
Team 2	B222-B254	1/11/2565	15/11/2565	1/11/2565	15/11/2565	On Time	-	47.8	76.4		
Team 2	B255-B267	1/11/2565	15/11/2565	1/11/2565	15/11/2565	On Time	-	50.3	77.5	16/11/2565	20/11/2565
Team 2	B268-B322	1/11/2565	15/11/2565	1/11/2565	15/11/2565	On Time	-	60.6	82.2		
Team 2	B323-B332	1/11/2565	15/11/2565	1/11/2565	15/11/2565	On Time		62.5	83.1		
Team 2	B333-B400	1/11/2565	15/11/2565	1/11/2565	15/11/2565	On Time	-	75.3	88.9		
Team 2	B401-B450	1/11/2565	15/11/2565	1/11/2565	15/11/2565	On Time	-	84.7	93.1		
Team 2	B451-B455	1/11/2565	15/11/2565	1/11/2565	15/11/2565	On Time	-	85.7	93.5	16/11/2565	20/11/2565
Team 2	B456-B490	1/11/2565	15/11/2565	1/11/2565	15/11/2565	On Time	-	92.3	96.5		
Team 2	B491-B500	1/11/2565	15/11/2565	16/11/2565	19/11/2565	Delay-4	-	94.2	97.4	19/11/2565	20/11/2565
Team 2	B501-B531	1/11/2565	15/11/2565	16/11/2565	19/11/2565	Delay-4	-	100.0	100.0		

5.3 ผลการประยุกต์ใช้

งานวิจัยนำเสนอการพัฒนาระบบการวางแผนติดตั้งและติดตามแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา โดยใช้แผ่นผนังที่มีขนาดแตกต่างกันในโครงการกรณีศึกษา และกำหนดเงื่อนไขการวางแผ่นผนังให้เป็นไปตามมาตรฐานเดียวกัน ผลการประยุกต์ใช้ระบบกับอาคารกรณีศึกษา พบว่าระบบสามารถแสดงให้เห็นความแตกต่างของจำนวนแผ่นผนังที่ใช้ในแต่ละโครงการกับการถอดปริมาณด้วยมือ ปริมาณเศษแผ่นผนังที่เกิดขึ้น และตำแหน่งที่ชัดเจนสำหรับการติดตามแผ่นผนัง ระบบการติดตามแผ่นผนังแสดงให้เห็นรายละเอียดของแผ่นแต่ละแผ่น ซึ่งเป็นข้อมูลผู้ติดตั้ง วันที่ดำเนินการติดตั้ง รวมถึงวันที่ตรวจพบข้อบกพร่อง โดยรายละเอียดดังกล่าวสามารถเก็บเป็นข้อมูลของโครงการ เพื่อแสดงให้เห็นข้อมูลของจุดที่พบข้อบกพร่องหลังจากฉาบปูนผนังแล้ว นอกจากนั้นยังสามารถเก็บเป็นฐานข้อมูลของจุดบกพร่องที่เกิดขึ้นบ่อย และสามารถนำฐานข้อมูลนั้นมาแก้ไขกับโครงการในอนาคต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

ปัจจุบัน BIM ถูกนำมาใช้เพื่อจัดการงานด้านการก่อสร้างมากขึ้น โดย BIM มักนำมาใช้งานเพื่อช่วยในการวางแผนงานก่อสร้าง การถอดปริมาณงาน รวมถึงการจัดเก็บข้อมูลของโครงการก่อสร้าง แต่ยังไม่สามารถนำมาวางแผนการใช้งานแผ่นผนังได้ จึงมักพบการใช้ปริมาณจากพื้นที่ของผนังมาคำนวณหาพื้นที่สำหรับการวางแผนแผ่นผนัง ซึ่งจะพบความคลาดเคลื่อนของจำนวนและขนาดของแผ่นผนัง รวมถึงเศษแผ่นผนังที่เกิดขึ้นหลังจากการติดตั้ง ซึ่งจะส่งผลให้เกิดปริมาณขยะมากขึ้นในโครงการ นอกจากนั้นการติดตามสถานะของแผ่นผนังยังไม่ถูกนำมาใช้งานสำหรับการเก็บเป็นข้อมูลของโครงการ เพื่อระบุตำแหน่งที่แน่ชัดของแผ่นผนังที่จะสามารถดำเนินการแก้ไข หากเกิดปัญหาหลังจากฉาบปูนปิดแผ่นผนังแล้ว ดังนั้นงานวิจัยจึงนำเสนอการใช้งาน BIM ในการวางแผนและติดตามแผ่นผนัง เพื่อลดความผิดพลาดของมนุษย์

งานวิจัยประยุกต์ใช้ระบบการวางแผนติดตั้งและติดตามแผ่นผนัง ผ่านการใช้งาน BIM เพื่อวางแผนแผ่นผนัง ขนาดและจำนวนแผ่นผนัง รวมถึงการติดตามสถานะของแผ่นผนัง โดยแสดงผลข้อมูลในรูปแบบสามมิติ และรูปแบบปริมาณวัสดุ เพื่อช่วยให้มองเห็นภาพและวางแผนโครงการก่อสร้างให้ดำเนินไปตามกำหนดการ โดยงานวิจัยนำโครงการก่อสร้างที่มีลักษณะแตกต่างกันมาศึกษา ผลที่ได้พบว่าการวางแผนจัดเรียงสามารถแสดงภาพให้เห็นได้ชัดเจนและรวดเร็วกว่าการวางแผนในรูปแบบเดิม และสามารถติดตามแผ่นผนังรวมถึงระบุตำแหน่งแต่ละจุดได้ชัดเจน โดยปริมาณแผ่นผนังที่วิเคราะห์เปรียบเทียบกับกรณีศึกษา พบว่าปริมาณแผ่นผนังที่ได้จากการรันผ่านระบบและนำแผ่นผนังตัดที่ระบบประมวลผลได้มาวิเคราะห์ต่อด้วย Simplex LP ใน Solver ของโปรแกรม Excel สามารถระบุปริมาณแผ่นผนังเต็มที่จะนำไปตัดใช้ในโครงการได้ โดยปริมาณแผ่นผนังตรงที่ได้มีปริมาณน้อยกว่าการถอดปริมาณด้วยมือ และมีความแม่นยำมากกว่า และระบบยังสามารถประมวลผลแผ่นทับหลังของประตูออกมาได้อีกด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6.2 ข้อจำกัดของงานวิจัย

ระบบการวางแผนติดตั้งและติดตามแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบา ถูกออกแบบและทดสอบเพื่อใช้กับกรณีศึกษาที่มีผนังอาคารทำมุม 0° หรือ 90° กับแกนวายเท่านั้นโดยข้อจำกัดของระบบที่พัฒนามีดังนี้

1) ตำแหน่งทับหลังถูกกำหนดด้วยระยะกึ่งกลางของประตู แผ่นทับหลังที่ถูกสร้างขึ้นจะมีส่วนล้ำออกมา หากแผ่นผนังที่รับทับหลัง มีขนาดเหลือไม่เท่ากันทั้งซ้ายและขวา
2) บริเวณที่แผ่นทับหลังวางทับกับแผ่นผนัง ไม่สามารถวาดตัดโมเดลได้

3) ความยาวทับหลังแปรผันตามขนาดประตู โดยการบวกระยะซ้าย-ขวา อย่างละ 30 ซม.
4) ไม่สามารถใส่ตำแหน่งทับหลังหน้าต่าง
5) ชื่อแผ่นผนังสามารถเรียงได้เฉพาะผนังที่อยู่ในแนวเดียวกัน (ต่อเนื่อง) แต่หากผนังไม่ต่อเนื่องจะไม่สามารถบังคับให้ใช้ชื่อแผ่นผนังเรียงกันได้

การนำไปประยุกต์ใช้กับโครงการอื่นหรืองานก่อสร้างที่มีลักษณะที่แตกต่างกันออกไปจำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนหรือแก้ไขชุดคำสั่งบางส่วนเพื่อให้ระบบสามารถประมวลผลได้ถูกต้องตามลักษณะของโครงการ

6.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางพัฒนางานวิจัยในอนาคต

งานวิจัยยังมีข้อจำกัดที่เกิดจากข้อจำกัดของโปรแกรม BIM และโค้ด Dynamo ในบางส่วน หากสามารถปรับปรุงเพิ่มเติม จะช่วยให้การสร้างและการปรับชิ้นส่วนของข้อมูลต่าง ๆ ทำได้ถูกต้องมากขึ้น จากข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยนี้ ในอนาคตควรเพิ่มประสิทธิภาพด้านการติดตามแผ่นผนังให้สามารถติดตามผลได้อย่าง real time โดยสามารถประยุกต์ใช้ Artificial Intelligence (AI) มาช่วยในการจัดการได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บรรณานุกรม

Uncategorized References

Abedi, M., Fathi, M. S., Mirasa, A. K., & Rawai, N. (2014). Cloud Computing as a Construction Collaboration Tool for Precast Supply Chain Management. *Jurnal Teknologi, 70*, 7. doi:10.11113/jt.v70.3569

Arayici, Y., Coates, P., Koskela, L., Kagioglou, M., Usher, C., & O'Reilly, K. (2011). Technology adoption in the BIM implementation for lean architectural practice. *Automation in Construction, 20*(2), 189-195. doi:https://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.09.016

Arslan, G., & Tuncan, M. (2003). *WEB-BASED QUALITY CONTROL OF PRECAST CONCRETE*.

Cement and Concrete Association of Australia. (2001). *The Concrete Panel Homes Handbook: A Guide to the Design and Detailing of Concrete Panel Construction for Housing*: Cement & Concrete Association of Australia.

Chen, Z., Li, H., & Wong, C. T. (2002). An application of bar-code system for reducing construction wastes. *Automation in Construction, 11*(5), 521-533.

Choudhary, A., & Panganti, A. (2018). Precast Element's Erection & Installation at Site-A Case Study. *International Journal of Engineering Research, 7*, 307. doi:10.5958/2319-6890.2018.00082.X

Dispenza, K. (2010). The Daily Life of Building Information Modeling (BIM) Retrieved from buildipedia.com/aec-pros/design-news/the-daily-life-of-building-information-modeling-bim

Faniran, O., & Caban, G. (1998). Minimizing waste on construction project sites. *Engineering, Construction and Architectural Management*.

Gong, T., Yang, J., Hu, H., & Xu, F. (2015). Construction Technology of Off-Site Precast Concrete Buildings. *Frontiers of Engineering Management, 2*, 122. doi:10.15302/J-FEM-2015039

Hamilton, T. L. (2012). *BIM deployment: a process to adopt and implement a disruptive technology.*

Hergunsel, M. F. (2011). *Benefits of Building Information Modeling for Construction*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Managers and BIM Based Scheduling. Worcester Polytechnic Institute.

Ikau, R., Joseph, C., & Tawie, R. (2016). Factors influencing waste generation in the construction industry in Malaysia. *Procedia-Social and Behavioral Sciences, 234*, 11-18.

Ikonen, J., Knutas, A., Hämäläinen, H., Ihonen, M., Porras, J., & Kallonen, T. (2013). Use of embedded RFID tags in concrete element supply chains. *Electron. J. Inf. Technol. Constr.(ITcon), 18*, 119-147.

Jain, S., Kumar, R., & Patterson, M. (2016). *A Case-study on use of Precast Technology for Construction of High-Rise Buildings*.

Johansson, M., & Jonasson, E. (2011). *Potential improvements of the reinforcement process by implementation of BIM.* Chalmers University of Technology

Khosakitchalert, C., Yabuki, N., & Fukuda, T. (2018). *The Accuracy Enhancement of Architectural Walls Quantity Takeoff for Schematic BIM Models*.

Krantz, F. (2012). *Building Information Modeling – In the production phase of civil works*

Lida, T., Liming, L., Kang, L., Jiao, G., & Ming, L. (2018). Study on Detailing Design of Precast Concrete Frame Structure. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 128*, 012085. doi:10.1088/1755-1315/128/1/012085

Lin, Y.-C., Lee, H.-Y., & Yang, I. T. (2015). Developing as-built BIM model process management system for general contractors: A case study. *Journal of Civil Engineering and Management, 22*, 1-14. doi:10.3846/13923730.2014.914081

Liu, D., Li, X., Chen, J., & Jin, R. (2020). Real-Time Optimization of Precast Concrete Component Transportation and Storage. *Advances in Civil Engineering, 2020*, 5714910. doi:10.1155/2020/5714910

Manrique, J., Al-Hussein, M., Telyas, A., & Funston, G. (2007). Constructing a Complex Precast Tilt-Up-Panel Structure Utilizing an Optimization Model, 3D CAD, and Animation. *Journal of Construction Engineering and Management-asce - J CONSTR ENG MANAGE-ASCE, 133*. doi:10.1061/(ASCE)0733-9364(2007)133:3(199)

Marasini, R., & Dawood, N. (2003). *Simulation modeling and optimization of stockyard layouts for precast concrete products* (Vol. 2).

Oberlender, G. D. (1993). *Project Management for Engineering and Construction*: McGraw-Hill.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Pitroda, D. J., Bhut, K., Bhimani, H., Chhayani, S., Bhatu, U., & Chauhan, N. (2016). A Critical Review on Non-Load Bearing Wall Based on Different Materials. *International Journal of Constructive Research in Civil Engineering (IJCRCE) ISSN 2454-8693 (Online), 2*, 33-40. doi:10.20431/2454-8693.0204005

Polat, G., Damci, A., Turkoglu, H., & Gurgun, A. P. (2017). Identification of root causes of construction and demolition (C&D) waste: The case of Turkey. *Procedia Engineering, 196*, 948-955.

Rahman, I. A., Nagapan, S., & Asmi, A. (2014). Initial PLS model of construction waste factors. *Procedia-Social and Behavioral Sciences, 129*, 469-474.

Sacks, R., Eastman, C., Lee, G., & Orndorff, D. (2005). A Target Benchmark of the Impact of Three-Dimensional Parametric Modeling in Precast Construction. *Journal of the Precast/Prestressed Concrete Institute, 50*, 126-139. doi:10.15554/pcij.07012005.126.139

See, R. (2007). Building Information Models and Model Views. *Journal of Building Information Modeling*, 20-25.

Shahzad, W., Mbachu, J., & Domingo, N. (2014). Prefab content versus cost and time savings in construction projects: A regression analysis. *4th New Zealand Built Environment Research Symposium (NZBERS)*.

Smith, D. (2007). An Introduction to Building Information Modeling. *Journal of Building Information Modeling (JBIM)*, 12-14.

Smith, D., & Tardif, M. (2009). *Building Information Modeling: A Strategic Implementation Guide for Architects, Engineers, Constructors, and Real Estate Asset Managers*.

Succar, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction, 18*(3), 357-375. doi:https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003

Wang, Y., Yuan, Z., & Sun, C. (2018). Research on assembly sequence planning and optimization of precast concrete buildings. *Journal of Civil Engineering and Management, 24*, 106-115. doi:10.3846/jcem.2018.458

Watson, D. A. (1986). *Construction Materials and Processes*: McGraw-Hill.

Wu, I. C., Lu, S.-R., & Hsiung, B.-C. (2015). A BIM-based monitoring system for urban deep

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

excavation projects. *Visualization in Engineering*. doi:10.1186/s40327-014-0015-x

กรมควบคุมมลพิษ, มหาวิทยาลัยมหิดล และ สำนักงานความร่วมมือทางวิชาการเยอรมัน. (2550). การศึกษาแนวทางการจัดการเศษสิ่งก่อสร้างสำหรับประเทศไทย.

กวี หวังนิเวศน์กุล. (2547). การบริหารงานวิศวกรรมก่อสร้าง กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ชนิกา รักษากุล. (2560). การก่อสร้างด้วยชิ้นส่วนสำเร็จรูป : การออกแบบบ้านเดี่ยว. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,

ณรงค์ศักดิ์ นิ่มนวล และ อิทธิพร ศิริสวัสดิ์. (2017). การประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศในงานเหล็กเสริมของระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปีที่ *12,* ฉบับที่ *1* เดือนมกราคม – มิถุนายน พ.ศ.*2560* 137-153.

ณัชพล ธนกัญญา. (2559). การวิเคราะห์ความสูญเสียในกระบวนการก่อสร้างผนังอาคารเพื่อใช้ในการปรับปรุงกระบวนการก่อสร้าง: กรณีศึกษาอาคารที่พักอาศัยประเภทคอนโดมิเนียม. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,

ณัฐวุฒิ ถนอมพวงเสรี. (2549). การวิเคราะห์กระบวนการจัดการชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปสำหรับงานก่อสร้างที่อยู่อาศัยโดยใช้กรณีศึกษา. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,

ไตรรัตน์ จารุทัศน์. (2555). การประชุมฝ่ายการก่อสร้างประจำปี 2549. เอกสารประกอบการสอนวิชา เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับอาคาร ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง *2555*.

นคร กกแก้ว. (2545). การศึกษาแนวทางในการลดปริมาณของเสียจากการก่อสร้างในประเทศไทย. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,

มามี โตบารมีกุล. (2540). การศึกษาระบบการก่อสร้างอาคารสำเร็จรูปในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล.

ยี่แพร่, โ., ยมนาค, ต., & บุณย์เพิ่ม, ท. (2011). การจัดการขยะ จากการก่อสร้างเพื่อสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน. *Modern Management Journal, 9*(1), 56-68.

สมาคมสถาปนิกสยาม ในพระบรมราชูปถัมภ์ โดยสถาบันสถาปนิกสยาม. (2558). คู่มือปฏิบัติวิชาชีพ แนวทางการใช้งานแบบจำลองสารสนเทศอาคาร สำหรับประเทศไทย (Thailand BIM Guideline) ฉบับปี พ.ศ. 2558.

อวยชัย วุฒิโฆสิต. (2544). การปฏิบัติวิชาชีพสถาปัตยกรรม (2 ed.). กรุงเทพฯ : ภาควิชาภูมิสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล กมลทิพย์ พรชัยธเนศกุล

วัน เดือน ปี เกิด 19 มกราคม 2538

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University