

การประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารเพื่อการถอดปริมาณและจัดการวัสดุผนังอิฐก่อ



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

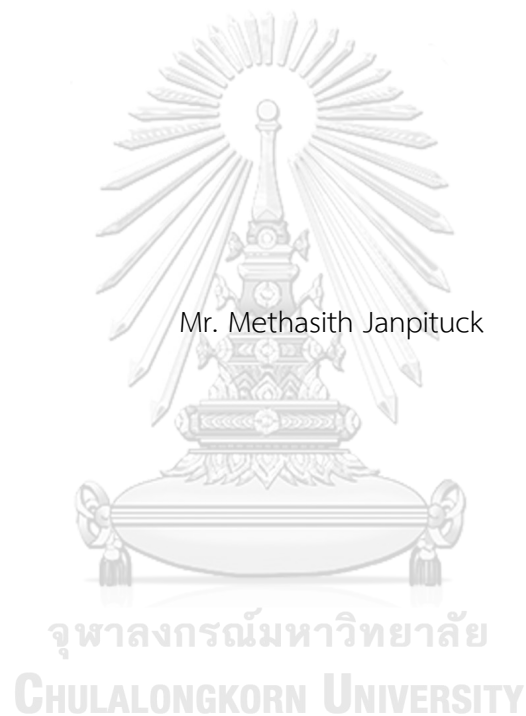
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2564

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

An Application of Building Information Modeling for Quantity Takeoff and Material  
Management of Brick Walls



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 2021

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารเพื่อการถอดปริมาณและจัดการวัสดุผนังอิฐก่อ
โดย	นายเมธาสิทธิ์ จันทร์พิทักษ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.ธนิต ชงทอง

---

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

.....	คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)	
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	
.....	ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วัชร เพ็ญสุภาพ)	
.....	อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธนิต ชงทอง)	
.....	กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.นพดล จอกแก้ว)	
.....	กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.ก้องกฤษณ์ โตชัยวัฒน์)	

เมธาสิทธิ์ จันทร์พิทักษ์ : การประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารเพื่อการถอดปริมาณและจัดการวัสดุผนังอิฐก่อ. ( An Application of Building Information Modeling for Quantity Takeoff and Material Management of Brick Walls) อ.  
ที่ปรึกษาหลัก : รศ. ดร.ธนิต ธงทอง

ผนังอิฐก่อเป็นการก่อสร้างที่เป็นที่นิยมในการก่อสร้างอาคาร ในการถอดปริมาณวัสดุก่อผนังมักจะใช้การประมาณวัสดุเป็นอัตราส่วนจากพื้นที่ผนัง ซึ่งมักจะไม่มียุทธศาสตร์ที่มีรายละเอียดข้อมูลชิ้นส่วนที่ละเอียดเพียงพอ และยังมีผลต่อการถอดปริมาณที่มักจะถอดปริมาณได้ไม่ตรงกับความเป็นจริงเนื่องจากผนังแต่ละพื้นมีลักษณะแตกต่างกันไป ส่งผลให้การก่อสร้างที่ได้ อาจไม่เป็นไปตามมาตรฐาน เช่น ไม่มีการเสริมเสาเอ็นหรือคานทับหลังในตำแหน่งที่ควรทำ ขนาดหรือระยะของเสาเอ็นและคานทับหลังไม่เป็นตามมาตรฐานงานก่อสร้าง ต้องมีการแก้ไขงานก่อสร้างและทำให้เกิดขยะ ซึ่งเป็นผลต่อการก่อสร้างทั้งด้านคุณภาพ เวลา และงบประมาณ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอแนวทางการใช้งานแบบจำลองสารสนเทศอาคารโดยใช้การคำนวณจากข้อมูล BIM เพื่อถอดปริมาณและสร้างข้อมูลรายละเอียดการก่อสร้างชิ้นส่วนเสาเอ็น คานทับหลัง และอิฐในผนังอิฐก่อ โดยงานวิจัยใช้โปรแกรม Dynamo ผ่านโปรแกรม Autodesk Revit ในการสร้างวิธีการคำนวณและชุดคำสั่งเพื่อคำนวณตำแหน่ง ความยาว และปริมาณของชิ้นส่วนเสาเอ็น คานทับหลัง และอิฐ ผลการวิเคราะห์พบว่าใช้เวลาในการถอดปริมาณน้อยและสามารถให้แสดงผลในรูปแบบสามมิติได้ ซึ่งช่วยเสริมในการมองเห็นรายละเอียดตำแหน่งและความยาวของชิ้นส่วนเสาเอ็น คานทับหลัง และอิฐแต่ละชิ้นได้ สามารถนำข้อมูลของชิ้นส่วนแต่ละชิ้นไปช่วยในการวางแผนการก่อสร้างต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา

ปีการศึกษา 2564

ลายมือชื่อนิสิต .....

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

# # 6070468221 : MAJOR CIVIL ENGINEERING

KEYWORD: Building information modeling (BIM), Parametric Design, Brick Wall

Methasith Janpituck : An Application of Building Information Modeling for Quantity Takeoff and Material Management of Brick Walls. Advisor: Assoc. Prof. TANIT TONGTHONG, Ph.D.

Brick walls are common in building construction. A ratio of material quantity and wall area is a common method employed to estimate the quantity of materials used in brick wall construction. This method, which may not include enough detail for brick wall construction, can lead to the miscalculation of quantity takeoff because walls have different patterns. As a result, less information can affect construction quality such as no lintel in proper location, incorrect size and length of lintel, and wrong position and arrangement of bricks and supporting structures. It also generates construction waste by discarding the residual cutting bricks. All of these can impact the construction quality, time, and cost. Therefore, the purpose of this research is to present a system and guideline for utilizing Building Information Modeling (BIM) data to generate brick wall component information. The Dynamo is used in conjunction with Autodesk Revit to create a set of computation instructions for wall assembly, position, length, and quantity of wall components. The results revealed that less time and more accuracy in the calculation are obtained. Because the system can show in 3D presentation, it enhances the visibility of the wall assembly, position, and length details. The quantity and length of each item can be estimated to provide information for further construction planning and management.

Field of Study: Civil Engineering

Student's Signature .....

Academic Year: 2021

Advisor's Signature .....

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก รองศาสตราจารย์ ดร.ธนิต ธงทอง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาให้คำแนะนำปรึกษาแนวทางการแก้ไขปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นของวิทยานิพนธ์ ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วัชระ เพียรสุภาพ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.นพดล จอกแก้ว และ รองศาสตราจารย์ ดร.กองกฤษณ์ โตชัยวัฒน์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความกรุณาแนะนำและตรวจแก้ไขปรับปรุงให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น



เมธาสิทธิ์ จันทร์พิทักษ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูปภาพ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ .....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 ปัญหาของงานวิจัย.....	4
1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย .....	5
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย.....	5
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	5
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	7
2.1 ขยะในงานก่อสร้าง.....	7
2.2 การวางแผนงานก่อสร้างและการสื่อสารในการวางแผนงานก่อสร้าง.....	9
2.3 การประมาณราคาก่อสร้าง.....	10
2.4 การถอดปริมาณงาน.....	14
2.4.1 การคำนวณปริมาณงาน (Quantity Takeoff).....	14
2.4.2 แนวทางการประมาณวัสดุจากแบบจำลองสารสนเทศอาคารและแบบดั้งเดิม.....	15
2.5 การนำเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการสื่อสารในโครงการการก่อสร้างในปัจจุบัน .....	17

2.5.1 BIM, Building Information Modeling .....	17
2.5.2 แบบจำลองเชิงพารามตริก (Parametric Models) .....	20
2.5.3 ระดับขั้นในการพัฒนา LOD (Level of Development) .....	21
2.5.4 ซอฟต์แวร์ BIM .....	26
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย.....	29
3.1 ลักษณะของงานวิจัย (Research Characteristics) .....	29
3.2 การออกแบบงานวิจัย (Research Design).....	29
3.3 วิธีการดำเนินงานวิจัย (Research Method).....	29
3.3.1 ศึกษาปัญหา และความสำคัญของปัญหา .....	29
3.3.2 กำหนดเป้าหมายและขอบเขตของงานวิจัย .....	30
3.3.3 ออกแบบและเสนอกรอบแนวคิด .....	30
3.3.4 พัฒนาระบบการถอดปริมาณการสร้างขึ้นส่วนเสาเอ็น-คานทับหลัง-อิฐ และรายงาน โดยการใช้ BIM.....	30
3.3.5 การทดสอบระบบ .....	31
3.3.6 ทดสอบแนวคิดกับกรณีศึกษา การประยุกต์ใช้ Auto Brick-Lintel.....	31
3.3.7 วิเคราะห์และสรุปผล .....	32
บทที่ 4 การสร้างขึ้นส่วนเสาเอ็น-คานทับหลัง-อิฐ และรายงาน ใน BIM .....	33
4.1 แนวทางการพัฒนาระบบ.....	33
4.1.1 สร้างแบบจำลอง 3 มิติ ในการใช้งานร่วมกับ Auto Lintel-Brick.....	33
4.1.2 การพัฒนาซอฟต์แวร์สร้างขึ้นส่วนและรายงาน .....	33
4.1.3 เงื่อนไขการใส่ชิ้นส่วนประกอบผนัง.....	34
4.2 การพัฒนาระบบการคำนวณ.....	36
4.2.1 การนำเข้าและเตรียมข้อมูล.....	38
4.2.1.1 กลุ่ม Input 1.....	38



4.2.1.2	กลุ่ม Input 2.....	41
4.2.1.3	FilterWallbyWalltypes.....	41
4.2.1.4	การเตรียมค่าพารามิเตอร์.....	42
4.2.2	การคำนวณคานทับหลัง .....	44
4.2.2.1	ชุดคำสั่ง OpeningLintelBeam75mm .....	44
4.2.2.2	ชุดคำสั่ง SecondaryLintelBeamLocation .....	45
4.2.3	การคำนวณเสาเอ็น .....	46
4.2.3.1	ชุดคำสั่ง GatherEachWall-EndandOpeningRimLocation .....	47
4.2.3.2	ชุดคำสั่ง SortLintelPointByWallLocationVector.....	48
4.2.3.3	ชุดคำสั่ง DistanceBetweenEachLintelColumn .....	49
4.2.3.4	ชุดคำสั่ง AllowableWallHeight75mm .....	49
4.2.3.5	ชุดคำสั่ง ReplaceEvery2ndItemWith0.....	50
4.2.3.6	ชุดคำสั่ง SecondaryLintelLocationByAllowableSpanLength .....	50
4.2.3.7	ชุดคำสั่ง CombineOfWallEnd-OpeningRim-SecondaryPoint .....	51
4.2.3.8	ชุดคำสั่ง LintelStartEndLocation .....	52
4.2.3.9	ชุดคำสั่ง RemoveFirstLast.....	53
4.2.3.10	ชุดคำสั่ง EachWallEndOpeningRimLocation10cm .....	54
4.2.3.11	ชุดคำสั่ง AllowableWallHeight10cm .....	55
4.2.4	การคำนวณอิฐ.....	55
4.2.4.1	ชุดคำสั่ง GetEachBrickLevelElevation.....	56
4.2.4.2	ชุดคำสั่ง BrickStartEndLintelColumnConstrain .....	57
4.2.4.3	ชุดคำสั่ง BrickLevelElevationOdd.....	57
4.2.4.4	ชุดคำสั่ง BrickLevelElevationEven.....	58
4.2.4.5	ชุดคำสั่ง BrickIndividualLocation .....	59

4.2.4.6	ชุดคำสั่ง TrimBrickByWallOpening.....	60
4.2.4.7	ชุดคำสั่ง BrickJointTrimming.....	60
4.2.4.8	การคำนวณเปลี่ยนสีอิฐเพื่อแสดงสีความยาว.....	61
4.2.4.9	ชุดคำสั่ง ApplyBrickColorBylength.....	62
4.2.5	การสร้างรายงานปริมาณวัสดุ.....	62
4.2.5.1	ชุดคำสั่ง BrickByWallReportExport.....	62
4.2.5.2	ชุดคำสั่ง ScheduleExport.....	63
4.2.6	การปรับค่าเพื่อการใช้งานในโครงการต่าง ๆ.....	65
4.3	การทดสอบระบบ.....	66
4.4	สรุปผลการทดสอบ.....	67
บทที่ 5	ทดสอบแนวคิดกับกรณีศึกษา โดย การประยุกต์ใช้ Auto Brick-Lintel.....	80
5.1	ลักษณะของโครงการในกรณีศึกษา.....	80
5.2	ขั้นตอนประยุกต์ใช้งานกับกรณีศึกษา.....	81
5.3	ผลการประยุกต์ใช้.....	85
5.4	สรุปผล.....	103
บทที่ 6	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	104
6.1	สรุปผลการวิจัย.....	104
6.2	ข้อจำกัดของงานวิจัย.....	105
6.3	ผลของงานวิจัย.....	105
6.4	ข้อเสนอแนะและแนวทางพัฒนางานวิจัยในอนาคต.....	105
บรรณานุกรม.....		107
ประวัติผู้เขียน.....		111

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ปัจจัยการเกิดขยะจากการก่อสร้างตามขั้นตอนการปฏิบัติงาน .....	7
ตารางที่ 2.2 อัตราการเกิดขยะจากประเภทวัสดุก่อสร้าง.....	8
ตารางที่ 2.3 ดัชนีความสำคัญของแหล่งกำเนิดขยะจากการก่อสร้าง.....	8
ตารางที่ 2.4 ระดับการประมาณต้นทุนก่อสร้าง.....	12
ตารางที่ 2.5 ประเภทลักษณะการใช้งาน BIM ในอุตสาหกรรม.....	21
ตารางที่ 2.6 ระดับชั้นของ LOD .....	23
ตารางที่ 4.1 แสดงรายการข้อมูลนำเข้า.....	40
ตารางที่ 4.2 ขนาดและจำนวนของชิ้นส่วนเสาเอ็นคานทับหลังและอิฐแยกตามรายผนัง .....	75
ตารางที่ 4.3 ขนาดและจำนวนของชิ้นส่วนเสาเอ็นคานทับหลังและอิฐรวมทุกผนัง .....	76
ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบการถอดปริมาณด้วยมือและการคำนวณด้วย Auto Lintel-Brick รวมทุกผนัง.....	77
ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบการถอดปริมาณด้วยมือและการคำนวณด้วย Auto Lintel-Brick แยกรายทุกผนัง.....	78
ตารางที่ 5.1 ลักษณะของโครงการ .....	80
ตารางที่ 5.2 เปรียบเทียบปริมาณการถอดปริมาณวัสดุโครงการ A.....	89
ตารางที่ 5.3 ขนาดและจำนวนของชิ้นส่วนเสาเอ็นคานทับหลังและอิฐรวมทุกผนังโครงการ A.....	90
ตารางที่ 5.4 ขนาดและจำนวนของชิ้นส่วนเสาเอ็นคานทับหลังและอิฐรวมทุกผนัง โครงการ B.....	94
ตารางที่ 5.5 เปรียบเทียบปริมาณการถอดปริมาณวัสดุโครงการ B .....	94
ตารางที่ 5.6 เปรียบเทียบปริมาณการถอดปริมาณวัสดุโครงการ C.....	97
ตารางที่ 5.7 ขนาดและจำนวนของชิ้นส่วนเสาเอ็นคานทับหลังและอิฐรวมทุกผนัง โครงการ C .....	98
ตารางที่ 5.8 เปรียบเทียบปริมาณการถอดปริมาณวัสดุโครงการ D.....	102

## สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 ผนังร้าวเกิดจากการก่อสร้างที่ไม่ได้มาตรฐาน .....	2
รูปที่ 1.2 BIM model.....	3
รูปที่ 1.3 การแสดงผลแบบ 3 มิติของการใช้งาน Autodesk Revit และ Dynamo .....	3
รูปที่ 1.4 ขยะที่เกิดจากเศษของการตัดอิฐให้ได้ตามขนาด .....	4
รูปที่ 2.1 แผนผังการประมาณราคา.....	13
รูปที่ 2.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจประยุกต์ใช้ BIM ในอนาคต.....	19
รูปที่ 2.3 การจัดการข้อมูลตลอดวงจรชีวิตของโครงการก่อสร้างด้วยเทคโนโลยี .....	20
รูปที่ 2.4 ตัวอย่างรายละเอียดระดับ LOD.....	24
รูปที่ 2.5 ตัวอย่างการคำนวณปริมาณงาน โดยซอฟต์แวร์ Autodesk Revit .....	27
รูปที่ 2.6 Diagram Visual Programming ในซอฟต์แวร์ Dynamo .....	28
รูปที่ 2.7 Textual Programming.....	28
รูปที่ 4.1 แผนผังการทำงานของ Auto Brick-Lintel.....	36
รูปที่ 4.2 Flowchart ในการคำนวณตำแหน่งเสาเอ็น-คานทับหลังแต่ละประเภทวัสดุ.....	37
รูปที่ 4.3 Flowchart ในการคำนวณตำแหน่งอิฐในกำแพง.....	37
รูปที่ 4.4 กลุ่มรับเข้าและเรียกพารามิเตอร์จาก Revit .....	38
รูปที่ 4.5 กลุ่ม Input.....	40
รูปที่ 4.6 กลุ่ม Input 2 .....	41
รูปที่ 4.7 กลุ่ม Input Report .....	41
รูปที่ 4.8 กลุ่ม FilterWallbyWalltypes .....	42
รูปที่ 4.9 กลุ่ม GetWallElementData .....	42
รูปที่ 4.10 กลุ่ม GetInsertsElementData .....	43

รูปที่ 4.11	กลุ่มคำนวณชิ้นส่วนคานทับหลัง.....	44
รูปที่ 4.12	กลุ่ม OpeningLintelBeam75mm.....	44
รูปที่ 4.13	กลุ่ม SecondaryLintelBeamLocation.....	45
รูปที่ 4.14	ภาพย่อของกลุ่มคำนวณเสาเอ็น.....	46
รูปที่ 4.15	ภาพขยายกลุ่มคำนวณเสาเอ็น.....	47
รูปที่ 4.16	กลุ่ม GatherEachWall-EndandOpeningRimLocation .....	47
รูปที่ 4.17	กลุ่ม SortLintelPointByWallLocationVector .....	48
รูปที่ 4.18	กลุ่ม DistanceBetweenEachLintelColumn .....	49
รูปที่ 4.19	กลุ่ม AllowableWallHeight75mm .....	49
รูปที่ 4.20	กลุ่ม ReplaceEvery2ndItemWith0.....	50
รูปที่ 4.21	กลุ่ม SecondaryLintelLocationByAllowableSpanLength.....	50
รูปที่ 4.22	กลุ่ม CombineOfWallEnd-OpeningRim-SecondaryPoint .....	51
รูปที่ 4.23	กลุ่ม LintelStartEndLocation.....	52
รูปที่ 4.24	กลุ่ม RemoveFirstLast.....	53
รูปที่ 4.25	กลุ่ม LintelOrientation .....	53
รูปที่ 4.26	กลุ่ม GatherEachWall-EndandOpeningRimLocation .....	54
รูปที่ 4.27	กลุ่ม AllowableWallHeight10cm.....	55
รูปที่ 4.28	กลุ่มคำนวณชิ้นส่วนอิฐก่อ .....	56
รูปที่ 4.29	GetEachBrickLevelElevation .....	56
รูปที่ 4.30	กลุ่ม BrickStartEndLintelColumnConstrain .....	57
รูปที่ 4.31	กลุ่ม BrickLevelElevationOdd.....	57
รูปที่ 4.32	กลุ่ม BrickLevelElevationOdd.....	58
รูปที่ 4.33	กลุ่ม BrickIndividualLocation .....	59
รูปที่ 4.34	กลุ่ม TrimBrickByWallOpening.....	60

รูปที่ 4.35	กลุ่ม BrickJointTrimming .....	60
รูปที่ 4.36	กลุ่มการเปลี่ยนสีของชิ้นส่วนอิฐแยกตามความยาว.....	61
รูปที่ 4.37	กลุ่ม ApplyBrickColorBylength .....	62
รูปที่ 4.38	BrickByWallReportExport.....	63
รูปที่ 4.39	กลุ่ม BrickByWallReportExport .....	63
รูปที่ 4.40	กลุ่ม ScheduleExport .....	64
รูปที่ 4.41	แบบจำลองที่ใช้ทดสอบ สร้างโดย Autodesk Revit.....	66
รูปที่ 4.42	ค่า Input ในกรณีทดสอบ .....	68
รูปที่ 4.43	แบบจำลองที่ใช้ทดสอบ (ซ้าย) แบบจำลองที่ผ่านการรัน Auto Lintel-Brick (ขวา).....	69
รูปที่ 4.44	ข้อมูลขนาดและจำนวนของเสาเอ็นแยกตามรายผนัง (บน) และแบบรวม (ล่าง) ในรูปแบบ Spreadsheet.....	70
รูปที่ 4.45	ข้อมูลขนาดและจำนวนของคานทับหลังแยกตามรายผนัง (บน) และแบบรวม (ล่าง) ในรูปแบบ Spreadsheet.....	71
รูปที่ 4.46	ข้อมูลขนาดและจำนวนของอิฐแยกตามรายผนัง (บน) และแบบรวม (ล่าง) ในรูปแบบ Spreadsheet.....	72
รูปที่ 4.47	ข้อมูลที่แสดงถึงความยาวของอิฐ (บน) และค่าพารามิเตอร์ที่ใช้และที่มา (ล่าง) ในรูปแบบ Spreadsheet.....	73
รูปที่ 4.48	ข้อมูลชั้นรายการชิ้นส่วนจาก ScheduleExport.....	74
รูปที่ 4.49	การคำนวณแบบละเอียดด้วยการทดบนกระดาด .....	74
รูปที่ 4.50	กรณีอิฐเหนือช่องเปิดและอิฐชั้นบนสุด .....	79
รูปที่ 5.1	ตัวอย่างแบบจำลองสามมิติของโครงการกรณีศึกษา .....	81
รูปที่ 5.2	เงื่อนไขและลักษณะการวางคานทับหลังอิฐมวลเบาสำเร็จรูป.....	83
รูปที่ 5.3	กลุ่มการตั้งค่า Input Lintel Brick Placement ที่ปรับในแต่ละโครงการ .....	84
รูปที่ 5.4	การตั้งค่า Input ScheduleExport ที่ปรับในแต่ละโครงการ.....	85
รูปที่ 5.5	หน้าจอแสดงแบบจำลองที่มีผลจากการรัน Lintel Placement และ Brick Placement	85

รูปที่ 5.6 Lintel Quantity Take-Off ที่ได้จาก Auto Lintel-Brick .....	86
รูปที่ 5.7 แบบแปลนของโครงการ A .....	87
รูปที่ 5.8 แบบที่ได้จากการรัน Auto Lintel-Brick โครงการ A .....	88
รูปที่ 5.9 ลักษณะของโครงการ B.....	91
รูปที่ 5.10 แบบแปลนของโครงการ B .....	91
รูปที่ 5.11 แบบที่ได้จากการรัน Auto Lintel-Brick โครงการ B.....	92
รูปที่ 5.12 ชั้นส่วนที่ถูกสร้างขึ้นเกินเนื่องจากการซ้อนกันของหน้าต่างและอิฐไม่ถูกสร้างในผนังนั้น. 93	
รูปที่ 5.13 ลักษณะของโครงการ C.....	96
รูปที่ 5.14 แบบก่อนการรัน Auto Lintel-Brick โครงการ C.....	96
รูปที่ 5.15 แบบที่ได้จากการรัน Auto Lintel-Brick โครงการ C .....	97
รูปที่ 5.16 ลักษณะของโครงการ D .....	99
รูปที่ 5.17 แบบก่อนการรัน Auto Lintel-Brick โครงการ D.....	100
รูปที่ 5.18 แบบที่ได้จากการรัน Auto Lintel-Brick โครงการ D.....	101

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญ

การก่อสร้างผนังอาคารนั้น ปัญหาที่เกิดขึ้นมีได้หลายอย่าง เช่น ก่อไม่ได้ตั้งหรือแนว การเรียงอิฐที่ไม่ได้เรียงกันตามความเหมาะสมเพื่อความแข็งแรง การสูญเสียจากการตัดซึ่งเป็นผลให้เกิดขยะและเพิ่มต้นทุนในการก่อสร้างที่ไม่จำเป็น อีกปัญหาหนึ่งที่ได้พบได้บ่อยคือการแตกร้าวซึ่งมักจะเป็นผลมาจากการที่ผนังมีขนาดใหญ่ จึงจำเป็นต้องมีการเสริมเสาเอ็นและคานทับหลัง เพื่อช่วยลดระยะช่วงของผนัง รวมทั้งเพิ่มการยึดเหนี่ยวของผนังให้ดีขึ้นด้วย ซึ่งในปัจจุบันในการก่อสร้างมักจะใช้เครื่องมือการจำลองเชิงสารสนเทศ Building Information Modelling หรือ BIM มาประยุกต์ใช้มากขึ้นในอุตสาหกรรมก่อสร้าง (Bradley, Li, Lark, & Dunn, 2016) โดยประยุกต์ใช้แบบจำลอง 3 มิติ และช่วยให้เข้าใจแบบก่อสร้าง สามารถใช้วางแผนและช่วยเพิ่มความเข้าใจ และทำให้ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบงานต่างๆ ในการก่อสร้างได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นอีกด้วย

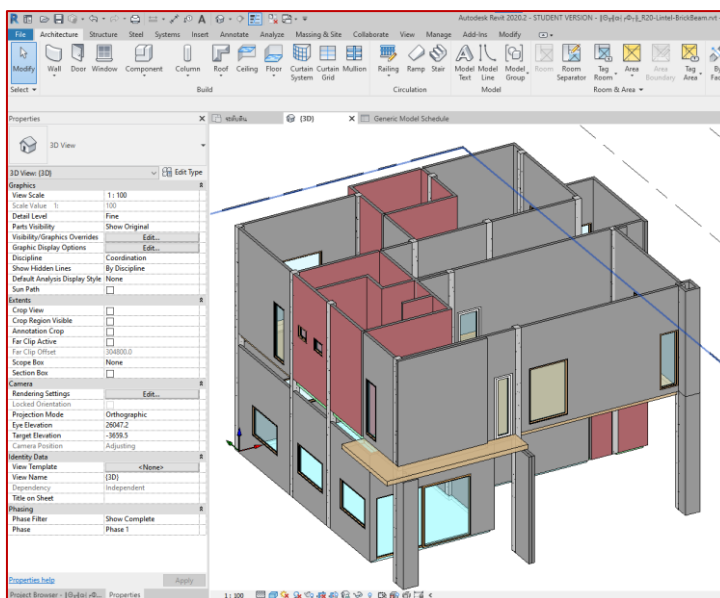
งานเสาเอ็นและคานทับหลัง เป็นโครงสร้างที่ช่วยให้ผนังมีแนวก่อที่ถูกต้องทั้งแนวตั้งและแนวราบ ช่วยให้ผนังมีความแข็งแรง รับน้ำหนักของวัสดุก่อ และแรงกระทำด้านข้างได้ ซึ่งในรายการประกอบแบบนั้นก่อสร้างและข้อกำหนดการสร้างเสาเอ็นและคานทับหลังจะอยู่ในหมวดงานก่ออิฐและฉาบปูน (สมาคมสถาปนิกสยาม, 2009) ซึ่งกำหนดให้ผนังก่อจะต้องมีเสาเอ็นและคานทับหลัง แบ่งซอยตลอดความสูงหรือความกว้างผนัง หรือที่มุมผนังก่อ ผนังก่อที่ปลายไม่เชื่อมกับเสา ผนังก่อที่ติดตั้งวงกบประตูหรือหน้าต่าง ซึ่งเสาเอ็นและคานทับหลังจะช่วยให้สามารถยึดวงกบให้ติดกับผนังก่อได้อย่างแข็งแรง คานทับหลังทับจะช่วยถ่วงน้ำหนักของผนังและเชื่อมต่อกับวงกบในแนวนอน นอกจากนี้ยังช่วยเสริมความแข็งแรงของผนังก่อให้มีความแข็งแรง เพื่อรับแรงกระทำทางด้านข้างได้อีกด้วย



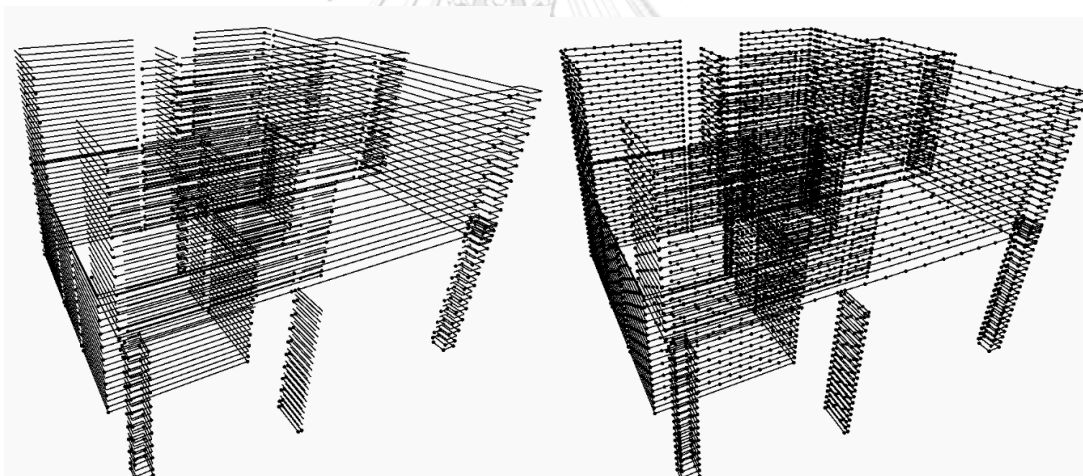


รูปที่ 1.1 ผงร้าวเกิดจากการก่อสร้างที่ไม่ได้มาตรฐาน

ในปัจจุบันการใช้งาน BIM เช่นในการใช้งานโปรแกรม Autodesk Revit จำเป็นต้องสร้างข้อมูลขึ้นมาในระบบคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ได้รูปแบบที่ถูกต้องและใช้เวลาน้อยนั้นจำเป็นต้องใช้ความรู้และประสบการณ์ ซึ่งรูปแบบหรือข้อมูลที่นิยมสร้างขึ้นในปัจจุบัน เช่น งานโครงสร้าง งานระบบอาคาร งานสถาปัตยกรรม นั้นมักจะยังไม่มีรายละเอียดแบบก่อสร้างเสาเอ็นคานทับหลัง และเป็นที่ของผู้ที่อยู่หน้างานในการกำหนดแบบในส่วนนี้ ซึ่งมักไม่ได้เป็นผู้ออกแบบและอาจจะก่อสร้างได้ไม่ตรงตามข้อกำหนด จึงอาจจะก่อให้เกิดความผิดพลาดในด้านต่างๆ ซึ่งส่งผลให้เกิดความเสียหายทั้งในด้านต้นทุนและเวลา



รูปที่ 1.2 BIM model



รูปที่ 1.3 การแสดงผลแบบ 3 มิติของการใช้งาน Autodesk Revit และ Dynamo

ในทางกลับกันหากสามารถวางแผนและมีแบบก่อสร้างที่มีรายละเอียดเพียงพอต่อการก่อสร้างได้อย่างถูกต้อง จะสามารถลดความผิดพลาดได้ รวมทั้งหากสามารถวางระยะเสาเอ็นคานทับหลังได้อย่างมีประสิทธิภาพหรือตามข้อกำหนด ก็จะสามารถลดทั้งต้นทุนในด้านเวลา และวัสดุได้ เช่น ลดเวลาในการก่อสร้าง เนื่องจากการก่อเสาเอ็นคานทับหลังนั้นจะต้องรอให้คอนกรีตแข็งตัวก่อนจึงจะก่อสร้างต่อไปได้ รวมทั้งต้นทุนของอิฐก็ยิ่งน้อยกว่าเสาเอ็นคานทับหลังด้วย



รูปที่ 1.4 ขยะที่เกิดจากเศษของการตัดอิฐให้ได้ตามขนาด

## 1.2 ปัญหาของงานวิจัย

การวางแผนในงานก่อสร้างนั้นสิ่งสำคัญหนึ่งคือการสื่อสารเกี่ยวกับการวางแผนงานก่อสร้าง ไม่ว่าจะเป็นแบบก่อสร้าง สภาพหน้างาน การจัดการสนาม และชิ้นส่วนต่างๆ ที่จะนำไปใช้ รวมถึงขั้นตอนการทำงาน การสื่อสารที่มีประสิทธิภาพจึงเป็นส่วนสำคัญที่ส่งผลต่อความคืบหน้า ต้นทุน และคุณภาพของโครงการ อย่างไรก็ตามในโครงการก่อสร้างผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการก่อสร้างต้องศึกษาข้อมูลจำนวนมากจึงอาจเกิดความเข้าใจผิดพลาดได้ (Marzouk & Zaher, 2015) ประกอบกับปัญหาในด้านการเข้าถึงของข้อมูลแบบก่อสร้างและแผนดำเนินงานที่มักจะมีรูปแบบที่ซับซ้อน อาจเกิดความผิดพลาดในการก่อสร้าง ส่งผลกับโครงการก่อสร้างทั้งด้านงบประมาณและเวลา โดยมีสาเหตุหลักสองสาเหตุที่เป็นผลให้เกิดการแก้ไขงานก่อสร้างคือ การเปลี่ยนแปลงจากเจ้าของโครงการ และความผิดพลาดหรือละเลยในขั้นตอนการออกแบบ ซึ่งทั้งสองสาเหตุนี้เป็นสาเหตุให้ต้นทุนการก่อสร้างเพิ่มขึ้นมากที่สุด (Hwang, Thomas, Haas, & Caldas, 2009) ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าการสื่อสาร ในโครงการก่อสร้างยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอและยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้ โดยต้องมีแนวทางหรือวิธีการในการดำเนินการเพิ่มเติมเพื่อให้การสื่อสาร ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นและลดโอกาสเข้าใจผิดพลาดลงได้

ในการแก้ปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นได้มีการนำ BIM เข้ามาประยุกต์ใช้ในการวางแผนการก่อสร้าง แต่อย่างไรก็ตามในส่วนของผนังก่อซึ่งมีชิ้นส่วนเสาเอ็นคานทับหลังและอิฐก่อ นิยมใช้การประมาณจากพื้นที่ของผนังซึ่งไม่มีการระบุตำแหน่งและขนาดของเสาเอ็นและคานทับหลังที่แน่ชัดในแต่ละผนัง จึงต้องมีการสร้างข้อมูลรายละเอียดของชิ้นส่วนด้านปริมาณและตำแหน่งเพื่อที่สามารถนำไปวางแผนด้านการสื่อสารและการจัดการวัสดุได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

### 1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.3.1 เสนอแนวคิดในการวางตำแหน่งและถอดปริมาณชิ้นส่วนเสาเอ็น-คานทับหลัง และอิฐก่อ ให้ได้ตามข้อกำหนดโดยใช้ BIM และ Dynamo

1.3.2 พัฒนาระบบการวางตำแหน่งและถอดปริมาณชิ้นส่วนเสาเอ็น-คานทับหลัง และอิฐก่อ ให้ได้ตามข้อกำหนดโดยใช้ BIM และ Dynamo

### 1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

1.4.1 งานวิจัยศึกษาการใช้งาน BIM วิเคราะห์เฉพาะการก่อสร้างในรูปแบบที่อยู่อาศัย

1.4.2 งานวิจัยพัฒนาการใช้งานสำหรับกรณีที่เป็นที่อยู่อาศัยที่มีช่วงเสาและคานสูงไม่เกิน

3.5 เมตร

### 1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1.5.1 ศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้งาน BIM ในการวิเคราะห์ชิ้นส่วนผนังอิฐก่อ และการถอดปริมาณ เพื่อศึกษาการใช้งาน BIM ช่วยในการวิเคราะห์และถอดปริมาณชิ้นส่วนผนังอิฐก่อ

1.5.2 ออกแบบการทำงานของระบบการวิเคราะห์ชิ้นส่วนผนังก่อและการถอดปริมาณ และ ความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน

1.5.3 ทดสอบการออกแบบการทำงานของระบบการวิเคราะห์ชิ้นส่วนผนังก่อและการถอดปริมาณ และ ความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน

1.5.4 เปรียบเทียบผลจากการใช้งานการวิเคราะห์ชิ้นส่วนผนังก่อและการถอดปริมาณ

### 1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 แนวทางในการใช้งาน BIM ในการวิเคราะห์และถอดปริมาณชิ้นส่วนผนังอิฐก่อ เพื่อเป็นข้อมูลในการก่อสร้างผนังอิฐก่อ และแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจากการใช้วิธีการทั่วไปในการประมาณชิ้นส่วนผนังอิฐก่อ

1.6.2 แนวทางในการลดความผิดพลาด และลดเวลาในการคำนวณชิ้นส่วนและถอดปริมาณ  
ชิ้นส่วนผนังอิฐก่อ



## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ขยะในงานก่อสร้าง

ในปัจจุบันปัญหาโลกร้อนและภาวะเรือนกระจกได้ส่งผลกระทบต่อโลกและการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิตโดยปัจจัยอย่างหนึ่งที่สำคัญซึ่งส่งผลโดยตรงต่อเหตุการณ์ดังกล่าวคือ ขยะหรือของเสียที่เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ ซึ่งจากการเพิ่มขึ้นของประชากรทั่วโลกนำไปสู่การพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรม รวมถึงอุตสาหกรรมก่อสร้างที่มีการใช้ทรัพยากรเป็นอย่างมากในกระบวนการดังกล่าว ซึ่งทำให้เกิดของเสียจากการทำงานโดยที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ เนื่องจากลักษณะของงานก่อสร้าง รวมไปถึงปัจจัยอื่น ๆ ได้แก่ การขาดการวางแผนและการควบคุมที่ดี การขนส่งวัสดุ เงื่อนไขในการจัดซื้อวัสดุ เป็นต้น จึงนำมาซึ่งของเสียในการก่อสร้าง จากการศึกษา (Chen, Li, & Wong, 2002) พบว่าขยะจากการก่อสร้างมีปริมาณร้อยละ 10-30 ของพื้นที่ฝังกลบ และจากการศึกษาโครงการก่อสร้างในฮ่องกง (Poon, Ann, & Ng, 2003) พบว่ามีขยะประเภทอิฐก่ออยู่ถึงร้อยละ 13.10 ของวัสดุทั้งหมดที่เกิดขึ้นในโครงการ

ขยะจากการก่อสร้างมักเป็นวัสดุที่นำไปใช้ประโยชน์ต่อได้ยาก ซึ่งขยะจากการก่อสร้างสามารถเกิดขึ้นจากทั้งช่วงการออกแบบ และช่วงการก่อสร้าง หากสามารถระบุสาเหตุที่มาของการเกิดขยะได้ก็จะสามารถวางแผนเพื่อป้องกันและลดปริมาณการเกิดขยะให้น้อยลงได้ ซึ่งสามารถจำแนกปัจจัยการเกิดขยะออกได้ทั้งจากการปฏิบัติงาน และลักษณะของวัสดุก่อสร้าง

ตารางที่ 2.1 ปัจจัยการเกิดขยะจากการก่อสร้างตามขั้นตอนการปฏิบัติงาน

ขั้นตอนการทำงาน	ปัจจัยที่ทำให้เกิดขยะ
1.การออกแบบและงานเอกสาร	ให้รายละเอียดผิดพลาด มีการเปลี่ยนแปลงแบบ สั่งซื้อวัสดุมากหรือน้อยกว่าปริมาณที่ใช้
2.หารจัดหาวัสดุก่อสร้าง	สั่งซื้อวัสดุผิดประเภท หรือไม่ได้คุณภาพ
3.การเก็บรักษาวัสดุก่อสร้าง	การขนส่ง หรือเก็บรักษาไม่เหมาะสม
4.การดำเนินการก่อสร้าง	ปริมาณและคุณภาพของงาน การขาดความรู้หรือความสามารถในการดำเนินงาน

(อีแพร์, ยมนาค, & บุญย์เพิ่ม, 2011) ได้ศึกษาและพบว่าปัจจัยของขยะก่อสร้างตามประเภทของวัสดุมักเกิดจากการสั่งซื้อผิดพลาด การออกแบบที่ไม่ได้คำนึงถึงวัสดุที่มีจำหน่ายในท้องตลาด การ

ให้รายละเอียดที่ผิดพลาด ความซับซ้อนของรูปทรง การเปลี่ยนแปลงและแก้ไขแบบก่อสร้าง การเก็บรักษา และทักษะของคณงานต่อการใช้วัสดุ ซึ่งพบว่ามีอัตราการเกิดขยะดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 อัตราการเกิดขยะจากประเภทวัสดุก่อสร้าง

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

จากผลการศึกษาของ (Faniran & Caban, 1998) แสดงปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำคัญของการเกิดขยะจากการก่อสร้างดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ดัชนีความสำคัญของแหล่งกำเนิดขยะจากการก่อสร้าง

แหล่งกำเนิดขยะก่อสร้าง	ดัชนีความสำคัญ
การเปลี่ยนแปลงแบบ	52.4
เศษวัสดุจากการเหลืตัด	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

จากการเปรียบเทียบตารางที่ 2.1 และตารางที่ 2.3 จะเห็นได้ว่าสาเหตุหลักมาจากการจัดการในการก่อสร้าง หากว่าสามารถจัดการการก่อสร้างได้ดีขึ้นก็น่าจะส่งผลต่อการเกิดประมาณขยะและต้นทุนที่ลดลงด้วย

## 2.2 การวางแผนงานก่อสร้างและการสื่อสารในการวางแผนงานก่อสร้าง

ในการบริหารจัดการการก่อสร้างผลลัพธ์ของโครงการขึ้นอยู่กับการจัดการ 4 ประเภท คือ เงินทุน เวลา ประสิทธิภาพ และความปลอดภัย ซึ่งส่งผลต่อการทำงานให้เกิดความสำเร็จได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อระยะเวลาการทำงานคือ เครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ และข้อมูล (Oglesby, Parker, & Howell, 1989) ดังนั้นการที่เครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ และข้อมูลขาดหรือใช้งานอย่างไม่ถูกต้องจะส่งผลให้ประสิทธิภาพพลดลงอย่างมาก

การจัดการข้อมูลและแบบก่อสร้างเป็นปัญหาสำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพของโครงการสามอันดับแรก (Dai, Goodrum, & Maloney, 2009; Dai, Goodrum, Maloney, & Srinivasan, 2009) และกล่าวได้ว่าสิ่งหนึ่งที่เป็นปัญหาและส่งผลกระทบต่อการทำงานคือการสื่อสาร ไม่ว่าจะเป็นทั้งการสื่อสารภายในหรือภายนอกกลุ่มหน้าที่รับผิดชอบ ปัญหาการสื่อสารในการก่อสร้างที่เกิดขึ้นมีได้หลายรูปแบบเช่น ระหว่างภายในในกลุ่มผู้ผลิต, ระหว่างกลุ่มเจ้าของโครงการและผู้รับเหมา ขณะอยู่ในช่วงการออกแบบ, ระหว่างและภายในในกลุ่มเจ้าของโครงการและผู้รับเหมาด้วยตนเอง หรือแม้กระทั่งระหว่างภายในกลุ่มของเจ้าของโครงการหรือผู้รับเหมารายนั้นๆ (Hoezen, Reymen, & Dewulf, 2006)

คุณภาพของการสื่อสารมีผลต่อประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการก่อสร้างเป็นอย่างมาก ซึ่งการปรับปรุงคุณภาพการสื่อสารทั้งภายในทีมก่อสร้าง ที่วางแผนโครงการและระหว่างผู้จัดการโครงการกับผู้รับเหมา สามารถลดความผิดพลาดในโครงการลงได้ ส่วนการเปิดกว้างที่มากขึ้นในการสื่อสารในทุกระดับชั้นในโครงการสามารถนำไปสู่นวัตกรรมและวิธีการแก้ปัญหาที่ดีขึ้น รวมทั้งการปรับปรุงพัฒนาการสื่อสารในช่วงแรกของโครงการจะส่งผลในเชิงบวกต่อคุณภาพของโครงการและการปรับปรุงการสื่อสารในช่วงการประชุมวางแผนจะนำไปสู่การมีมติที่ตัดสินใจที่ดีขึ้น เช่น มีทางเลือกมากกว่า ซึ่งเป็นผลมาจากมีระยะเวลาในการเลือกวิธีแก้ปัญหาที่มากกว่า (Hoezen et al., 2006)



## 2.3 การประมาณราคาก่อสร้าง

(ปัญญาจักร) ได้ให้ความหมายของการประมาณราคาว่า คำว่า “ประมาณ” เป็นคำที่มีความหมายชัดเจนตัวเองอยู่แล้วคือ ความไม่แน่นอนตายตัว แต่เป็นการคาดคะเนให้ใกล้เคียงหรือเกือบเท่ากับความจริง เท่านั้น ฉะนั้นคำว่า การประมาณราคาก่อสร้าง จึงหมายความว่า การคิดการคำนวณหาปริมาณและราคาวัสดุก่อสร้าง ค่าแรงงาน ค่าสื้อหุ้ย ค่ากำไร ค่าภาษีตลอดจนค่าใช้จ่ายอื่นๆ ที่ควรจะเป็นสำหรับงานก่อสร้างในหน่วยนั้นๆ ผู้ประมาณราคาต้องมีความรู้ทางวิชาการ ความรู้ทางด้านการผลิตหรือการก่อสร้างเกี่ยวกับงานที่ทำการประมาณราคา ความรู้ทางด้านวัสดุ และมาตรฐานของวัสดุแต่ละประเภท ความรู้ทางด้านสถิติ ความรู้เกี่ยวกับเครื่องจักร และแรงงาน กฎระเบียบและธรรมเนียมปฏิบัติที่ใช้ในบริเวณสถานที่ก่อสร้าง เพื่อให้ได้ราคาใกล้เคียงกับค่าใช้จ่ายจริงมากที่สุด สำหรับส่วนประกอบพื้นฐานที่จำเป็นต้องใช้ในการประมาณราคาก่อสร้างประกอบด้วย 4 ส่วน (Stewart, 1991) ดังนี้

- 1) ข้อมูลที่ใช้ในการประมาณต้นทุนก่อสร้าง เช่น แบบก่อสร้าง ข้อกำหนดการก่อสร้างราคาก่อสร้างเป็นต้น
- 2) วิธีประมาณต้นทุนก่อสร้าง ควรเลือกวิธีที่เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของโครงการ
- 3) ระยะเวลาที่ใช้ในการประมาณต้นทุนก่อสร้าง
- 4) ประสบการณ์ ความรู้ ความสามารถของผู้ประมาณราคา

โดยการประมาณราคาควรคำนึงถึงสภาพแวดล้อมของโครงการแต่ละโครงการในการประมาณต้นทุนก่อสร้างเพื่อให้ได้ราคาที่เหมาะสมและใกล้เคียงความเป็นจริงของงานก่อสร้าง (กวี-หวังนิเวศน์กุล, 2555)

### 2.3.1. ประโยชน์ของการประมาณราคา

การประมาณราคาก่อสร้างมีความสำคัญและมีประโยชน์ต่อบุคคลที่เกี่ยวข้องกับธุรกิจก่อสร้างทุกฝ่ายไม่ว่าจะเป็นเจ้าของงาน สถาปนิก วิศวกร หรือผู้รับเหมาก่อสร้าง เพื่อทราบราคาค่าก่อสร้างเบื้องต้นก่อนลงมือก่อสร้างจริง และจัดเตรียมงบประมาณที่จำเป็นต้องใช้ในงานก่อสร้าง เมื่อการประมาณต้นทุนก่อสร้างเสร็จสิ้นจะมีการนำข้อมูลมาใช้ในการตัดสินใจในการดำเนินโครงการ เช่น การศึกษาความคุ้มค่าของโครงการ การจัดประมูลงานก่อสร้าง และการเปลี่ยนแปลงรูปแบบรายการก่อสร้าง

### 2.3.2. วิธีการประมาณราคาก่อสร้าง

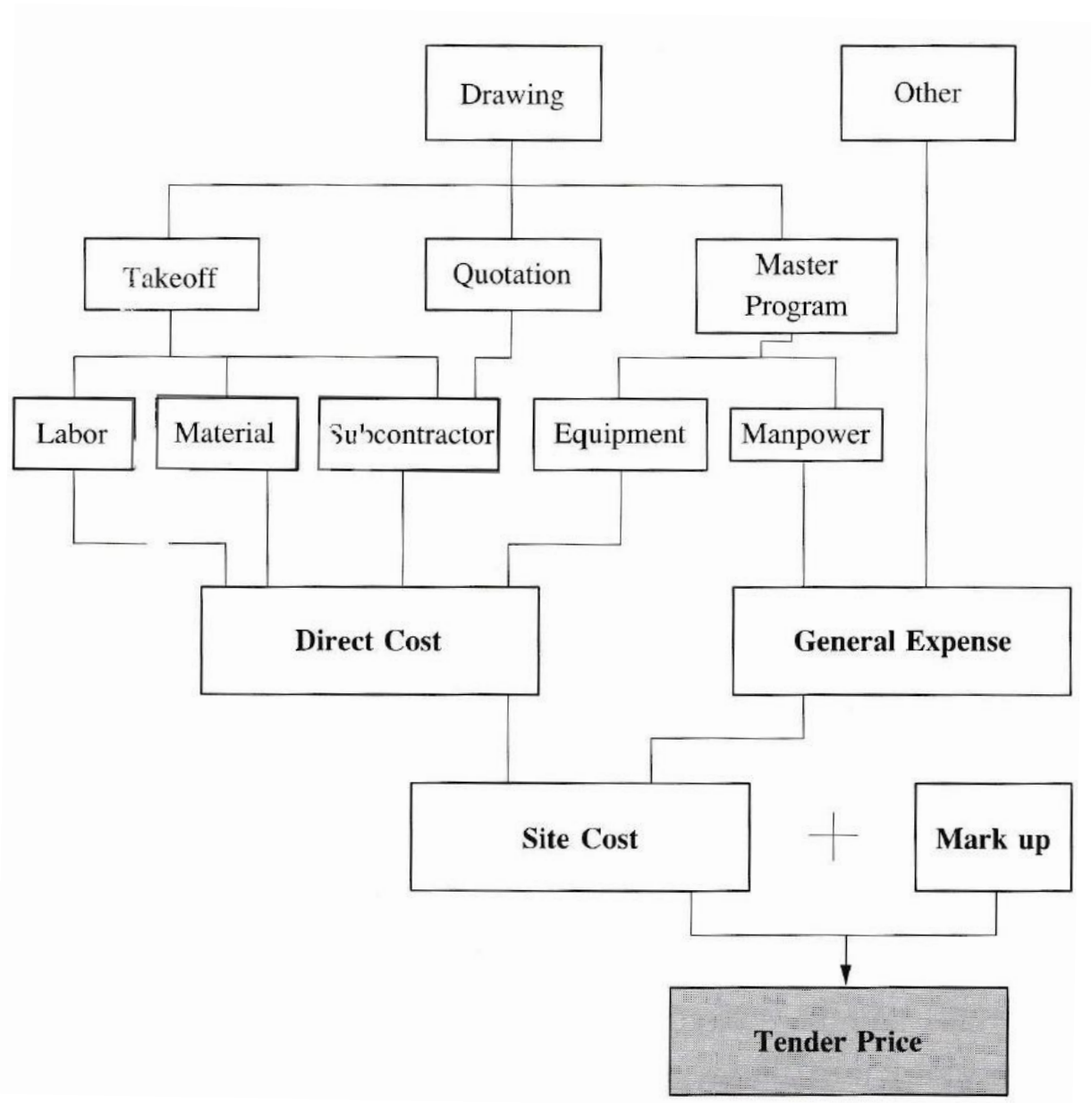
การประมาณต้นทุนก่อสร้างงานก่อสร้างมีวิธีการประมาณต้นทุนก่อสร้างตามขั้นตอนของกระบวนการก่อสร้างที่สามารถแบ่งออกเป็น 4 วิธี (Campbell & Humphrey, 1988) คือ

- 1) การประมาณต้นทุนก่อสร้างแบบเบื้องต้น (Preliminary Estimate)
- 2) การประมาณแบบแยกเป็นหมวดหมู่ (Elemental Analysis Estimate)
- 3) การประมาณต้นทุนก่อสร้างแบบต่อหน่วย (Unit Price Estimate)
- 4) การประมาณต้นทุนก่อสร้าง แบบละเอียด (Detail Estimate)

โดยสรุปการประมาณต้นทุนก่อสร้างในช่วงของระยะเวลาของโครงการที่ต่างกันย่อมมีความถูกต้องและความละเอียดของราคาก่อสร้างที่ต่างกัน ซึ่งความถูกต้องของการประมาณต้นทุนก่อสร้างจะสะท้อนถึงความสามารถในการใช้ข้อมูลในช่วงเวลาของการประมาณต้นทุนก่อสร้าง (Hendrickson, Hendrickson, & Au, 1989) จากมาตรฐานการแบ่งระดับการประมาณต้นทุนก่อสร้างของ (Feng & Rangaiah, 2011) จำแนกระดับความละเอียดในการประมาณต้นทุนก่อสร้างออกเป็น 5 ระดับ ดังตารางที่ 2.4 แต่ละระดับจะบอกถึงวัตถุประสงค์ในการประมาณต้นทุนก่อสร้างและมาตรฐานเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องที่ต่างกัน ทั้งนี้ระดับขึ้นอยู่กับความต้องการในการนำไปใช้งานนั้นๆ โดยระดับ 1 เป็นการประมาณต้นทุนก่อสร้างที่ต้องการความละเอียดและความถูกต้องของการประมาณต้นทุนก่อสร้างมากที่สุด เพื่อนำผลการประมาณต้นทุนก่อสร้างไปใช้ในการประมาณงานหรือใช้ในการตรวจสอบการประมาณต้นทุนก่อสร้าง ในขณะที่การประมาณต้นทุนก่อสร้างระดับ 5 ต้องการทราบราคาเบื้องต้นของการประมาณต้นทุนก่อสร้าง ทำให้ความละเอียดและความถูกต้องในการประมาณต้นทุนก่อสร้างมีค่าน้อยที่สุด

ตารางที่ 2.4 ระดับการประมาณต้นทุนก่อสร้าง

ลักษณะการประมาณต้นทุนก่อสร้างขั้นต้น		ลักษณะการประมาณต้นทุนก่อสร้างขั้นสูง			
ระดับการประมาณต้นทุนก่อสร้าง	ระดับการกำหนดโครงการ	วัตถุประสงค์การประมาณต้นทุนก่อสร้าง	วิธีการประมาณต้นทุนก่อสร้าง	ช่วงความแม่นยำที่คาดหวัง	
				ค่าต่ำ	ค่าสูง
ระดับ 5	0% ถึง 2%	การประมาณต้นทุนก่อสร้างเบื้องต้น	ใช้หลักการทางสถิติใช้การพิจารณา	-20% ถึง -50%	+30% ถึง +100%
ระดับ 4	1% ถึง 5%	การประมาณต้นทุนก่อสร้างเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ	การประมาณต้นทุนก่อสร้างจากกรุปทรงพารามตริก	-15% ถึง -30%	+20% ถึง +50%
ระดับ 3	10% ถึง 40%	การอนุมัติงบประมาณ/ควบคุมงบประมาณ	การประมาณถึงราคาต่อหน่วยกับส่วนประกอบของรายการ	-10% ถึง -20%	+10% ถึง +30%
ระดับ 2	30% ถึง 70%	การควบคุมงบประมาณ/ประกวดราคา	การประมาณต้นทุนก่อสร้างต่อหน่วย/การคำนวณปริมาณงานอย่างละเอียด	-5% ถึง -15%	+5% ถึง +20%
ระดับ 1	50% ถึง 100%	การตรวจสอบการประมาณต้นทุนก่อสร้าง/ประกวดราคา	การประมาณต้นทุนก่อสร้างต่อหน่วย/การคำนวณปริมาณงานอย่างละเอียด	-3% ถึง -10%	+3% ถึง +15%



ที่มา: (Holm & Schauffelberger, 2021)

รูปที่ 2.1 แผนผังการประมาณราคา

การถอดแบบเป็นขั้นตอนแรกของการประมาณราคาและเป็นขั้นตอนในการแยกงานก่อสร้าง ทั้งโครงการออกเป็นปริมาณเนื้องานของงานย่อยต่างๆ ลงในแบบฟอร์มสำหรับการประมาณราคา ซึ่งเป็นข้อกำหนดเดียวกัน แต่การคิดปริมาณเนื้องานของผู้ถอดแบบอาจคิดได้ไม่เท่ากัน เช่น การเผื่อเปอร์เซ็นต์เสียหายต่างกัน ดังนั้นเพื่อให้ผู้ถอดแบบ สามารถคิดปริมาณเนื้องานได้ โดยมีมาตรฐานใกล้เคียงกัน จึงควรกำหนดให้ผู้ถอดแบบใช้มาตรฐานการวัดเนื้องานด้วยการวัดตามแนวทางการวัด

ปริมาณงานก่อสร้างอาคารในส่วนงานโครงสร้างและงานสถาปัตยกรรมของวิศวกรรมสถานแห่ง  
ประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์

## 2.4 การถอดปริมาณงาน

### 2.4.1 การคำนวณปริมาณงาน (Quantity Takeoff)

การคำนวณปริมาณงาน (Quantity Takeoff) คือกระบวนการทางเทคนิคที่ต้องใช้  
ความรู้และทักษะของผู้ประมาณต้นทุนเพื่อให้ได้มาซึ่งปริมาณงาน (Ahuja และ Campbell,  
1988) การคำนวณปริมาณงานเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญต่อการประมาณต้นทุน  
ก่อสร้างโดยความถูกต้องของการคำนวณปริมาณงานจะขึ้นอยู่กับข้อมูลทางด้านวิศวกรรม  
และการออกแบบ รวมถึงความสามารถของผู้คำนวณปริมาณงาน กระบวนการคำนวณ  
ปริมาณงานอย่างละเอียดเริ่มจากรายการของงาน เช่น งานฐานราก งานคอนกรีต งาน  
ผนังอิฐบล็อก เป็นต้น จากนั้นจึงทำการวัดค่าขนาดของรายการและคำนวณปริมาณงานของ  
แต่ละรายการออกมาในรูปของหน่วยต่างๆได้แก่ ความกว้าง-ยาว พื้นที่ ปริมาตร และหน่วย  
ของปริมาณงาน (Popescu, Phaobunjong, & Ovararin, 2003)

อย่างไรก็ตามการวัดปริมาณงานจากแบบก่อสร้างมีวิธีการวัดและการใช้ค่าเพื่อต่างๆ  
ที่ไม่เท่ากันทำให้ค่าที่ได้จากการประมาณต้นทุนก่อสร้างมีค่าแตกต่างกัน เพื่อเป็นการลดข้อ  
ขัดแย้งในการวัดปริมาณงานจึงมีการกำหนดมาตรฐานการวัดปริมาณงานเพื่อใช้เป็นแนวทาง  
ร่วมกัน สำหรับประเทศไทยมีหลักเกณฑ์แนวทางการวัดปริมาณงานของวิศวกรรมสถานแห่ง  
ประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (2554) โดยหลักเกณฑ์ดังกล่าวเป็นแนวทางการวัด  
ปริมาณงานก่อสร้างอาคารในส่วนงานโครงสร้างและงานสถาปัตยกรรม (ฉบับปรับปรุง ครั้งที่  
2/2554)

การคำนวณปริมาณงานก่อสร้างที่ดี ผู้ประมาณราคาก่อสร้างควรมีแบบฟอร์ม  
รายการเพื่อใช้ในการตรวจสอบรายการที่ทำการคำนวณปริมาณแล้ว เพื่อลดความผิดพลาด  
จากการคำนวณปริมาณงานไม่ครบถ้วน (Wass, 1972) ซึ่งความผิดพลาดที่มักเกิดขึ้นจาก  
การคำนวณปริมาณงาน ดังนี้

- 1) ความผิดพลาดจากการคำนวณปริมาณงาน เช่น การบวก การลบ การคูณปริมาณ  
งาน (Zayed & Halpin, 2005)

- 2) ความผิดพลาดจากการคัดลอกแบบก่อสร้างหนึ่งไปยังแบบก่อสร้างอีกชุดหนึ่ง (Wass, 1972)
- 3) มาตรฐานที่ใช้ในการวัดปริมาณจากแบบไม่ตรงกับมาตรฐานในแบบก่อสร้าง (Zayed & Halpin, 2005)
- 4) การขาดความรอบคอบในการคำนวณปริมาณงาน (Zayed & Halpin, 2005)

ดังนั้นการลดข้อผิดพลาดในขั้นตอนประมาณต้นทุนก่อสร้างก่อสร้าง ผู้ประมาณราคาควรมีความรู้และทักษะในด้านต่างๆ เช่น ความเข้าใจในการอ่านแบบ การเลือกใช้ราคาให้เหมาะสมกับวิธีการก่อสร้าง ความเข้าใจในเรื่องของรายละเอียดในการก่อสร้าง และการประมูลงาน เป็นต้น (Campbell & Humphrey, 1988) นอกจากนี้ประสบการณ์ในการประมาณต้นทุนก่อสร้างจะทำให้ราคาที่ได้ มีความถูกต้อง มีความน่าเชื่อถือ และเป็นที่ยอมรับสำหรับการนำไปใช้งาน (Stewart, 1991) การประมาณต้นทุนก่อสร้างที่ดีควรเลือกใช้วิธีการและเครื่องมือให้เหมาะสมกับลักษณะของงาน และช่วงระยะเวลาที่ใช้ เพื่อความถูกต้องในการประมาณต้นทุนก่อสร้าง

#### 2.4.2 แนวทางการประมาณวัสดุจากแบบจำลองสารสนเทศอาคารและแบบดั้งเดิม

แบบจำลองสารสนเทศอาคารสามารถหาปริมาณได้ง่ายมากขึ้น จึงทำให้สามารถประหยัดเงินค่าใช้จ่ายค่าแรงในการประมาณราคาได้มาก แทนที่จะทำการประมาณราคาในแบบเดิมซึ่งใช้เวลาหนึ่งถึงสองสัปดาห์ในการประมาณราคาด้วยวิธีเดิม แบบจำลองสารสนเทศอาคารยังช่วยให้ผู้ประมาณราคาถูกต้องแม่นยำมากขึ้น เนื่องจากเห็นภาพและขอบเขตของงานที่ทำ แต่ปริมาณงานที่สามารถถอดได้ก็ยังคงถูกกำหนดด้วยระดับของความละเอียดและคุณภาพของแบบจำลองอาคารสารสนเทศ เรื่องของเวลาสามารถประหยัดลงได้อย่างชัดเจน แต่ยังมีประเด็นเรื่องการตรวจสอบโมเดลเช่นเดียวกับการเขียนในแบบเดิมซึ่งต้องตรวจสอบรายละเอียดให้ครบ ปัญหาอีกอย่างของระบบสารสนเทศอาคารคือ เป็นเทคโนโลยีที่ค่อนข้างใหม่จึงยังไม่ได้ใช้อย่างแพร่หลายในบริษัทออกแบบและจัดการก่อสร้างซึ่งคงใช้เวลานานหลายปีกว่าที่จะใช้ในทุกๆบริษัท (Hsu, 2012)

### บัญชีของปริมาณวัสดุกับภาพ 3 มิติของเทคโนโลยีสารสนเทศอาคาร

จากการศึกษาวิธีการหาปริมาณงานที่ได้จากแบบจำลองสารสนเทศอาคารที่จัดเตรียมไว้ในรูปแบบของปริมาณที่ใช้ภาพ 3 มิติ ได้ทำการสร้างแบบจำลองให้ผู้รับเหมาทราบปริมาณงานและโดยหาปริมาณงานในรูปแบบเดิม ทำให้เห็นข้อดีและข้อเสียในโครงการต่อขยายอาคารเรียนในฮ่องกง และมีการสำรวจเกี่ยวกับความเห็นในการจัดทำบัญชีปริมาณงาน จากแบบจำลองสารสนเทศอาคารโดยผู้ที่มีประสบการณ์ในด้านการหาปริมาณงาน ผลจากการสำรวจ ส่วนใหญ่เป็นเชิงบวกต่อการแสดงปริมาณงานในรูปแบบที่เสนอ รูปแบบการแสดงผลปริมาณบัญชีวัสดุจาก BIM สามารถนำมาใช้งานได้ สามารถขยายและหมุนดูได้อย่างคล่องตัว อีกทั้งเป็นที่ยอมรับจากผู้ตอบแบบสอบถามว่าสามารถเห็นภาพสิ่งก่อสร้างได้ชัดเจนและเป็นกระบวนการที่ช่วยลดระยะเวลาและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน

(Wong, Wong, & Nadeem, 2010)

### ประโยชน์ ความเสี่ยงและความท้าทายของเทคโนโลยีสารสนเทศอาคาร

การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอาคารเป็นวิธีการใหม่ในการจัดการกับโครงการ การดำเนินงานและการคาดการณ์ผลลัพธ์ทำได้ดีขึ้นจากการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอาคาร เกิดการเพิ่มความร่วมมือในการทำงานภายในโครงการมากขึ้น นำไปสู่การทำกำไรได้ดีขึ้น ลดค่าใช้จ่ายสามารถจัดการด้านเวลาได้ดีขึ้น ความสัมพันธ์ของลูกค้าดีขึ้น ได้ค่าเฉลี่ยผลตอบแทนจากการลงทุน 9.49 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงกำไรที่เพิ่มขึ้น แต่ในทางกลับกันจะเกิดประเด็นเกี่ยวกับความเป็นเจ้าของในข้อมูลที่สร้างขึ้น ซึ่งจะต้องระบุให้ชัดเจนในการทำสัญญาก่อนการจ้างงาน เทคโนโลยีสารสนเทศแสดงให้เห็นถึงกรอบแนวคิดใหม่ในความร่วมมือของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในโครงการ เพื่อตรวจสอบอาคารก่อนการก่อสร้างจริงซึ่งไม่ก่อให้เกิดความล้มเหลวในการก่อสร้างอาคาร (Salman Azhar, 2008)

### ความท้าทายในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอาคารเพื่อประมาณราคา

พื้นฐานของเทคโนโลยีสารสนเทศอาคาร คือการร่วมมือของผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสียในแต่ละชั้นต่างๆ ในวงจรชีวิตของอาคาร เพิ่มอำนาจการปรับปรุงและแก้ไขข้อมูลใน

กระบวนการต่าง ๆ ของเทคโนโลยีสารสนเทศอาคาร และช่วยสนับสนุนการทำงานของผู้มีส่วนร่วมในการจัดทำข้อมูลในการทำงานระหว่างกัน แต่มักจะไม่มีมาตรฐานในการสร้างฐานข้อมูลของการประมาณปริมาณงานจากข้อมูล BIM

ในบริษัทออกแบบจึงควรต้องมีการจัดทำมาตรฐานขั้นตอนการในการออกแบบ ซึ่งทำให้สามารถวางแผนการใช้งาน แต่บริษัทออกแบบแต่ละบริษัทจะมีข้อกำหนดของตัวเอง จึงทำให้ผู้รับเหมาต้องใช้เวลาเพื่อหาปริมาณงานและประมาณราคามาก การทำงานเกี่ยวกับสิ่งที่จะสร้างข้อกำหนดเป็นการทำงานเพียง 5 เปอร์เซ็นต์ของการทำงานทั้งหมด แต่โครงการส่วนใหญ่จะไม่มีขั้นตอนนี้ จึงต้องมีการควบคุมกระบวนการในการวางแผน จึงจะสามารถพัฒนาให้เกิดประโยชน์ได้ (Watt, 2007)

## 2.5 การนำเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการสื่อสารในโครงการการก่อสร้างในปัจจุบัน

### 2.5.1 BIM, Building Information Modeling

Building Information Modeling (BIM) เป็นแนวคิดที่ถูกพัฒนาขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ.1970 ซึ่งเป็นการเขียนแบบในลักษณะรูปทรง 3 มิติ โดยองค์ประกอบทุกส่วนของอาคาร ล้วนมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันกับขั้นตอนด้านการวิเคราะห์และการสร้างแบบจำลองอาคาร ในรูปของขบวนการกระจายและเชื่อมโยงข้อมูล เพื่อช่วยในการลดข้อผิดพลาดของการทำแบบก่อสร้าง และเพื่อนำไปใช้ประกอบการบริหารโครงการให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น แต่เนื่องจากต้องมีค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนแปลงสูง โดยเฉพาะการพัฒนาประสิทธิภาพของคอมพิวเตอร์ จึงทำให้ไม่ได้รับความนิยมในอุตสาหกรรมก่อสร้าง มีเพียงอุตสาหกรรมการผลิตและอากาศยานทางอวกาศเท่านั้นที่ได้สังเกตเห็นถึงประโยชน์จากแนวคิดดังกล่าว (Olofsson, Lee, & Eastman, 2008)

National Institute of Building Sciences (Issa & JD; Sciences, 2007) ได้ให้คำนิยาม BIM ไว้ว่า BIM คือรูปแบบการแสดงผลในรูปแบบดิจิทัลของสิ่งที่มีลักษณะทางกายภาพและลักษณะการทำงานของสิ่งก่อสร้าง โดย BIM สามารถใช้เป็นเครื่องมือที่ใช้ร่วมกันเพื่อแบ่งปันข้อมูลระหว่างกันได้ และยังสามารถใช้เพื่อเป็นพื้นฐานการตัดสินใจได้ ตั้งแต่การเริ่มต้นโครงการ รวมทั้งยังสามารถเก็บข้อมูลในทุกรายละเอียดของโครงการได้ตลอดอายุการใช้งาน หากเจ้าของโครงการต้องการซึ่งแสดงในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์ได้ BIM



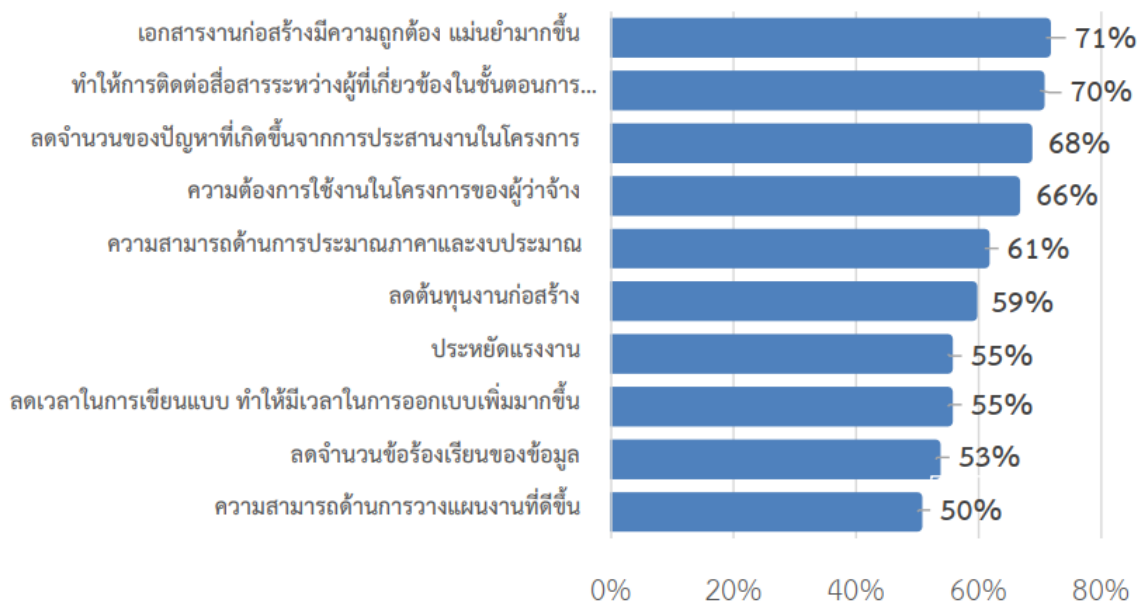
กำลังเป็นที่รู้จักมากขึ้นในอุตสาหกรรมการก่อสร้าง บริษัทก่อสร้างกำลังลงทุนใน BIM มากขึ้นเพราะว่าทั้งเจ้าของโครงการ ผู้จัดการโครงการ สถาปนิก และวิศวกร ต้องการ BIM มากขึ้นซึ่งสามารถนำไปใช้ได้หลากหลายเช่น การประมูลงาน และยังใช้ได้ตลอด โครงการก่อสร้าง (Mehmet F. Hergunsel, 2011)

ในขั้นตอนการวางแผนการก่อสร้าง การใช้ BIM ในโครงการสามารถนำมาใช้ช่วยในการประเมินสถานการณ์ โดยสามารถใช้เพื่อแสดงข้อมูลได้ทั้งเชิงคุณภาพและปริมาณเพื่อช่วยในการเลือกทางเลือกที่ดีที่สุดเพื่อลดเวลาและต้นทุนของโครงการ (Li, Chan, Huang, Skitmore, & Yang, 2012) การใช้ BIM ในขั้นตอนการวางแผนยังสามารถทำให้มีการร่วมมือ การควบคุม และการสื่อสารระหว่างผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในโครงการมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Alizadehsalehi, Koseoglu, & Celikag, 2015)

แนวคิดในการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อสนับสนุนทางด้านการออกแบบที่เรียกว่า Computer aided Design (CAD) ได้มีการพัฒนาควบคู่ไปกับความพยายามในการนำข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบ ออกมาใช้ร่วมกับข้อมูลเครื่องจักรกลอาคาร และระบบไฟฟ้า อย่างไรก็ตาม แนวทางการออกแบบสามมิติดังกล่าวยังมีข้อจำกัดในการใช้งาน ซึ่งคอมพิวเตอร์ยังไม่สามารถพัฒนาได้เทียบเท่าความต้องการของผู้ใช้งาน ดังนั้นผู้ออกแบบส่วนมากจึงนิยมออกแบบเป็นลักษณะ 2 มิติ แต่ภายในระยะเวลาไม่นานจำนวนผู้ใช้ CAD ในการทำแบบประกอบสัญญา (Contract Drawing) แบบรายละเอียดสำหรับก่อสร้าง (Shop Drawing) และแบบก่อสร้างจริง (As-Built Drawing) มากกว่าเขียนแบบบนกระดาษ (Autodesk, 2002: 1)

สำหรับการศึกษาของ (Forgues, Iordanova, Valdivieso, & Staub-French, 2012) ได้นำเทคโนโลยีของ BIM มาใช้ในการประมาณต้นทุนก่อสร้างระยะเริ่มต้นของกระบวนการออกแบบ ผลการศึกษาพบว่าเทคโนโลยีของ BIM สามารถช่วยให้งานเสร็จเร็วขึ้นและมีประสิทธิภาพสูงขึ้นทั้งในส่วนของ การก่อสร้าง การควบคุมและการคาดการณ์งานของเจ้าของโครงการ รวมถึงการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงในการทำงานและการบริหารจัดการภาพที่ 1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจประยุกต์ใช้ BIM ในอนาคต

### ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจประยุกต์ใช้ BIM ในอนาคต



รูปที่ 2.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจประยุกต์ใช้ BIM ในอนาคต

นอกจากนี้ (Meadati, 2009) และ (Van Nederveen, Beheshti, & Gieling, 2010) ได้นิยามเอาไว้อีกว่า แบบจำลองสารสนเทศอาคารอาจหมายถึง ขั้นตอนการเตรียมแบบจำลองที่ประกอบไปด้วยส่วนประกอบต่างๆ ของอาคารหรือสิ่งก่อสร้าง คุณสมบัติของการใช้งาน รูปร่าง วัสดุ และกระบวนการของวงจรชีวิตของอาคาร ที่สามารถแสดงผลออกมาเป็นชิ้นส่วนในลักษณะสามมิติที่เหมือนจริงและสามารถนำไปใช้ได้ในทุกๆ ขั้นตอนของการดำเนินโครงการ โดยแบบจำลองดังกล่าวสามารถเพิ่มเติม ปรับปรุงและแก้ไขข้อมูล โดยผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกคนได้ประสานการทำงาน และในทุกขั้นตอนของโครงการ นอกจากนี้ หลักการทำงานดังกล่าวยังเป็นการรวบรวมข้อมูลที่กระจายตัวอย่างไม่เป็นระบบ สามารถนำข้อมูลที่เกี่ยวข้องกลับมาใช้ใหม่โดยไม่ต้องสร้างซ้ำให้เกิดการทำงานที่ซ้ำซ้อน และใช้รูปแบบชิ้นส่วนที่ออกแบบถูกต้องเป็นหลักในการออกแบบแทนระบบ CAD เพื่อลดความผิดพลาด ดังรูปที่ 2.3 การจัดการข้อมูลตลอดวงจรชีวิตของโครงการก่อสร้างด้วย BIM



ที่มา: (Bhargav, 2014)

รูปที่ 2.3 การจัดการข้อมูลตลอดวงจรชีวิตของโครงการก่อสร้างด้วยเทคโนโลยี

### 2.5.2 แบบจำลองเชิงพารามетริก (Parametric Models)

ในช่วงปี ค.ศ. 1980 ระบบการทำงานในรูปแบบ Object-based parametric modeling ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อสนับสนุนการออกแบบ ซึ่งแนวทางการทำงานใช้ข้อมูลพารามิเตอร์ของรูปทรงสามมิติในการออกแบบโดยพารามิเตอร์ดังกล่าวมีส่วนที่ผู้ออกแบบต้องกำหนดขึ้นเองและส่วนที่เป็นค่าคงที่ ทำให้มีแนวทางออกแบบอยู่ 2 แนวทางได้แก่ การออกแบบโดยกำหนดกลุ่มวัตถุที่มีข้อกำหนดและความสัมพันธ์ตามที่ผู้ออกแบบกำหนด โดยใช้ข้อมูลพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับระยะ มุมมอง และข้อกำหนดเกี่ยวกับชิ้นส่วนที่ต่อเนื่องหรือซ้อนทับกัน ชิ้นส่วนที่ขนานกัน และชิ้นส่วนที่มีระยะห่างจากชิ้นส่วนอื่น ในขณะที่แนวทางที่สองเป็นการออกแบบเปลี่ยนแปลงข้อมูลพารามิเตอร์ได้ตามความต้องการ โดยระบบจะมีการตรวจสอบความถูกต้องด้วยหลักการทางการออกแบบและข้อกำหนดที่กำหนดไว้ ซึ่งระบบจะแจ้งเตือนเมื่อข้อมูลไม่ถูกต้องตามหลักการและข้อกำหนด ซึ่งการออกแบบดังกล่าวแตกต่างจากการออกแบบด้วยระบบ 3D CAD เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงข้อมูลพารามิเตอร์สำหรับการออกแบบ CAD ต้องทำการเปลี่ยนแปลงข้อมูลพารามิเตอร์ของชิ้นส่วนเองในทุกมุมมองที่เกี่ยวข้องและสัมพันธ์กัน ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงข้อมูลพารามิเตอร์สำหรับการ

ออกแบบ Object based parametric modeling ข้อมูลของทุกอย่างองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องจะสามารถปรับเปลี่ยนได้โดยอัตโนมัติ (Olofsson et al., 2008) โดยในช่วงปี ค.ศ. 1987 หลักการทำงานแบบ Object-based product model และ Object based parametric modeling ได้ถูกนำมาใช้ร่วมกันและเรียกรูปแบบการทำงานแบบใหม่นี้ว่า Building Information Modeling โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการบริหารจัดการข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ ทำให้การแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างซอฟต์แวร์มีความง่ายขึ้นและสนับสนุนการทำงานร่วมกันในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์ โดยทำการขึ้นรูปแบบจำลองโดยสมการเชิงพารามेटริก (parametric) นั่นคือการใช้ตัวแปรต่างๆเป็นตัวกำหนดรูปร่างของชิ้นงาน โดยค่าของตัวแปรนั้นจะเรียกว่าพารามิเตอร์ (parameters)

จากผลสำรวจของ Hergunsel ในปี 2011 (Mehmet Fuat Hergunsel, 2011) พบว่ามีชุดซอฟต์แวร์ BIM ให้เลือกใช้งานอย่างหลากหลายและแยกได้ 4 ประเภทดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ประเภทลักษณะการใช้งาน BIM ในอุตสาหกรรม

ประเภท	คำอธิบาย
Hollywood BIM	ผู้รับเหมาสร้างและใช้แบบจำลอง BIM สำหรับการ การแสดงผล 3 มิติ และ ความสวยงามเท่านั้น โดยไม่มีการใช้ข้อมูลในด้านอื่น ๆ
Lonely BIM	การสร้างแบบจำลองเพื่อในภายในส่วนงานเดียวเท่านั้นไม่มีการแบ่งปันกัน ระหว่างส่วนงานอื่น ๆ
Social BIM	การใช้งาน BIM ที่มีการใช้งานร่วมกันระหว่าง วิศวกร สถาปนิก ผู้รับเหมา และ ผู้รับเหมารายย่อย สามารถใช้ในการวิเคราะห์การก่อสร้าง พิกัด การวางแผน กิจกรรมในไซต์งาน สร้าง schedules และประมาณราคา
Intimate BIM	ชนิดของการจัดส่งโครงการแบบรวมที่เปิดใช้งาน BIM ซึ่งผู้รับเหมา ทีม ออกแบบและเจ้าของสัญญาแบ่งปันความเสี่ยงและรางวัลของ โครงการ

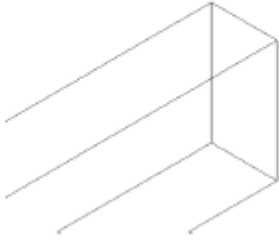
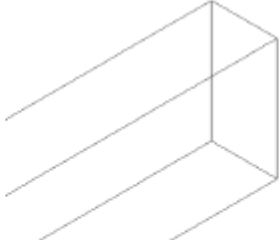
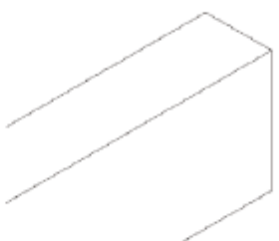
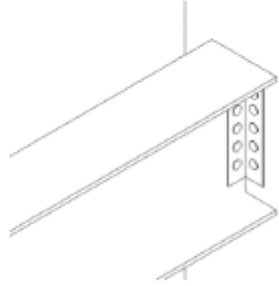
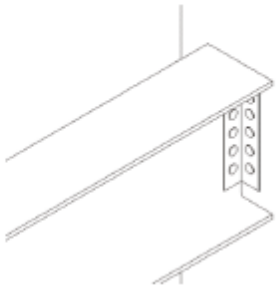
ที่มา: (Mehmet Fuat Hergunsel, 2011)

### 2.5.3 ระดับขั้นในการพัฒนา LOD (Level of Development)

ในการทำงานด้วย BIM โดยเฉพาะการสร้างแบบจำลอง (Model) และการบันทึก ข้อมูล (Information) ลงบนแบบจำลองนั้น ในมาตรฐานของประเทศมักจะมีการกำหนดสิ่ง ที่เรียกว่าระดับขั้นในการพัฒนาหรือ LOD (Level of Development) โดย LOD เป็น

ตัวกำหนดข้อมูลในการสร้างแบบจำลองว่า จำเป็นจะต้องสร้างแบบจำลองที่มีความละเอียดในระดับใด โดยจะอ้างอิงกับกระบวนการหรือขั้นตอนของการทำงานของวิชาชีพและกำหนด LOD ออกมาเป็นระดับขั้นต่างๆจากการศึกษาเปรียบเทียบมาตรฐาน BIM ของต่างประเทศ จะพบว่าการกำหนด LOD นั้นจะมีทั้งกำหนดในลักษณะของ LOD ในแบบ Level of Detail ที่จะหมายถึงระดับความละเอียดของสิ่งที่ใส่เข้าไปบนแบบจำลองและ LOD ในแบบ Level of Development คือระดับความละเอียดที่สิ่งที่เป็นผลที่เกิดจากการสร้างแบบจำลอง (Output) ซึ่งก็มักจะเป็นข้อมูลที่สอดคล้องกับขั้นตอนและกระบวนการทำงานภายในวิชาชีพของการออกแบบในระดับขั้นต่างๆ ตั้งแต่กระบวนการแนวคิดการออกแบบและการทำแบบร่าง (Conceptual & Schematic Design) ไปจนถึงขั้นตอนการจัดทำแบบก่อสร้าง (Construction Drawing) เป็นต้น การกำหนดระดับขั้น LOD ในต่างประเทศมักจะมีกำหนดเป็นค่าตัวเลขระดับต่างๆ เช่น LOD 100, LOD 200, LOD 300, LOD 350 เป็นต้น และจะมีการกำหนดนิยามของลักษณะตัวแบบจำลอง (Model) และข้อมูลที่ประกอบแบบจำลองการกำหนดระดับขั้นในการพัฒนา (Level of Development: LOD) จึงสามารถสรุปและแยกส่วนประกอบของรูปแบบข้อมูลที่นำมาใช้บนระบบ BIM ออกได้เป็นสองส่วนหลักๆด้วยกันคือ ข้อมูลกราฟิก (Graphics) และข้อมูลที่ไม่ใช่กราฟิก (Non-Graphics) ซึ่งหมายถึงข้อมูลต่างๆ ที่บันทึกประกอบลงไปบนตัวแบบจำลองขั้นตอนการทำงานออกแบบโดยทั่วไปดังนั้นในการกำหนดระดับขั้นในการพัฒนา (LOD) ในการทำงาน BIM สำหรับประเทศไทย จึงควรกำหนดระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลให้สอดคล้องกับขั้นตอนในการทำงาน เพื่อให้ทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องหรือทำงานร่วมกันเกิดความเข้าใจที่ตรงกันในรายละเอียดของข้อมูลที่ต้องใช้และต้องส่งต่อในแต่ละขั้นตอน

ตารางที่ 2.6 ระดับขั้นของ LOD

16. Architectural Framing		
LOD	Graphics	Non-graphics
Conceptual & Schematic Design		- ตำแหน่งทั่วไป
Design Development		- ประเภท / ตำแหน่ง / ขนาด
Construction Documents		- ประเภท / ตำแหน่ง / ขนาด - ชนิด / การติดตั้ง - ข้อมูลของการคำนวณของโครงสร้าง
Shop Drawing		- ประเภท / ตำแหน่ง / ขนาด - ชนิด / สี / การติดตั้ง - ข้อมูลของการคำนวณของโครงสร้าง - โครงสร้างเสริม เช่น แผ่นยึด และน็อต
As-built Drawing		- ประเภท / ตำแหน่ง / ขนาด - ชนิด / สี / การติดตั้ง - ข้อมูลของการคำนวณของโครงสร้าง - โครงสร้างเสริม เช่น แผ่นยึด และน็อต - ผู้ขาย / โรงงานผู้ผลิต / ตารางการดูแลรักษา

## LEVEL of DEVELOPMENT

LOD 100

LOD 200

LOD 300

LOD 400

LOD 500



Concept (Presentation)

Design Development

Documentation

Construction

Facilities Management

**DESCRIPTION:**

**Office Chair**  
**Arms, Wheels**

**WIDTH:**

**DEPTH:**

**HEIGHT:**

**MANUFACTURER:**

Herman Miller, Inc.

**MODEL:**

Mirra

**LOD:**

100

**DESCRIPTION:**

**Office Chair**  
**Arms, Wheels**

**WIDTH:**

**DEPTH:**

**HEIGHT:**

**MANUFACTURER:**

Herman Miller, Inc.

**MODEL:**

Mirra

**LOD:**

200

**DESCRIPTION:**

**Office Chair**  
**Arms, Wheels**

**WIDTH:**

**DEPTH:**

**HEIGHT:**

**MANUFACTURER:**

Herman Miller, Inc.

**MODEL:**

Mirra

**LOD:**

300

**DESCRIPTION:**

**Office Chair**  
**Arms, Wheels**

**WIDTH:**

**DEPTH:**

**HEIGHT:**

**MANUFACTURER:**

Herman Miller, Inc.

**MODEL:**

Mirra

**LOD:**

400

**DESCRIPTION:**

**Office Chair**  
**Arms, Wheels**

**WIDTH:**

**DEPTH:**

**HEIGHT:**

**MANUFACTURER:**

Herman Miller, Inc.

**MODEL:**

Mirra

**PURCHASE DATE:**

01/02/2013

ที่มา: (practicalbim.net)

### รูปที่ 2.4 ตัวอย่างรายละเอียดระดับ LOD

#### 1) LOD 100

แบบจำลองเป็น Mass อาคารโดยรวม ซึ่งบอกพื้นที่ ความสูง ปริมาตร ตำแหน่ง และทิศทาง ซึ่งอาจจะสร้างเป็นแบบจำลองสามมิติ หรือแสดงด้วยข้อมูลอื่นๆ การใช้งาน

- การวิเคราะห์: แบบจำลองใช้สำหรับการวิเคราะห์ซึ่งใช้ข้อมูลพื้นฐาน เช่น ปริมาตร พื้นที่ ทิศทาง โดยอาศัยเกณฑ์ทางประสิทธิภาพทั่วไปที่กำหนดในแบบจำลอง
- การประมาณราคา: แบบจำลองใช้ในการประมาณราคาโดยคิดจากปริมาณ พื้นที่ ปริมาตร หรือ การประมาณราคาอย่างหยาบ เช่น จำนวนห้องพัก จำนวนเตียงในโรงพยาบาล
- การวางแผนงานก่อสร้าง: แบบจำลองใช้สำหรับเฟสต่าง ๆ ของโครงการ

## 2) LOD 200

องค์ประกอบของแบบจำลองต่างๆ ถูกสร้างเป็นแบบทั่วไป โดยมี ปริมาณ ขนาด รูปร่าง ตำแหน่ง และทิศทางแบบประมาณ ข้อมูลที่ไม่ใช่รูปเรขาคณิตอาจใส่เข้าไปในแบบจำลองได้ โดยแบ่งการใช้งานดังนี้

- การวิเคราะห์: แบบจำลองใช้สำหรับการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบ บางอย่าง โดยอาศัยเกณฑ์ทางประสิทธิภาพทั่วไปกำหนดในแบบจำลอง
- การประมาณราคา: แบบจำลองใช้ในการประมาณราคาโดยคิดจากข้อมูลโดยคร่าวๆ หรือการประมาณราคาอย่างหยาบ เช่น ปริมาตร และจำนวนขององค์ประกอบ
- การวางแผนงานก่อสร้าง: แบบจำลองใช้สำหรับการแสดงลำดับเวลาของ องค์ประกอบหลักๆ และงานระบบ

## 3) LOD 300

องค์ประกอบของแบบจำลองต่างๆ ถูกสร้างโดยเฉพาะเจาะจง มีความแม่นยำในด้าน ปริมาณ ขนาด รูปร่าง ตำแหน่ง และทิศทาง ข้อมูลที่ไม่ใช่รูปเรขาคณิตอาจใส่เข้าไปในแบบจำลองได้ การใช้งาน

- การก่อสร้าง: เหมาะสำหรับการทำแบบก่อสร้าง และแบบ Shop Drawing
- การวิเคราะห์: แบบจำลองใช้สำหรับการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบบางอย่าง โดยอาศัยเกณฑ์ทางประสิทธิภาพที่เฉพาะเจาะจงที่กำหนดในแบบจำลอง
- การประมาณราคา: แบบจำลองใช้สำหรับการประมาณราคาแบบละเอียด โดยอาศัย ข้อมูลที่เฉพาะเจาะจง
- การวางแผนงานก่อสร้าง: แบบจำลองใช้สำหรับการแสดงลำดับเวลาการติดตั้งของ องค์ประกอบที่มีรายละเอียด และงานระบบ



## 4) LOD 400

องค์ประกอบของแบบจำลองต่างๆ ถูกสร้างโดยเฉพาะเจาะจง มีความแม่นยำในด้านขนาด รูปร่าง ตำแหน่ง ปริมาณ และทิศทาง โดยแสดงกระบวนการผลิต การประกอบ และข้อมูล รายละเอียดอย่างสมบูรณ์ ข้อมูลที่ไม่ใช่รูปเรขาคณิตอาจใส่เข้าไปในแบบจำลองได้การใช้งาน

- การก่อสร้าง: แบบจำลองใช้สำหรับการแสดงผลเสมือนจริง ในส่วนขององค์ประกอบที่ต้องการ
- การวิเคราะห์: แบบจำลองใช้สำหรับการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบที่ได้รับการอนุมัติแล้ว
- การประมาณราคา: ประมาณราคาจากพื้นฐานของราคาจริงขององค์ประกอบที่เฉพาะเจาะจง
- การวางแผนงานก่อสร้าง: แบบจำลองใช้สำหรับการแสดงลำดับเวลาการติดตั้ง รวมถึงขั้นตอน การก่อสร้าง ขององค์ประกอบที่มีรายละเอียด และงานระบบ

## 5) LOD 500

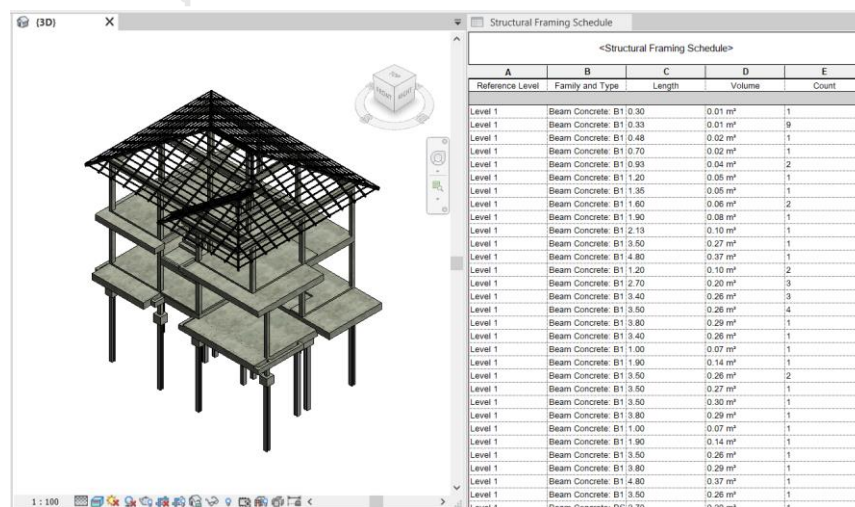
องค์ประกอบของแบบจำลองต่างๆ ถูกสร้างเช่นเดียวกับการก่อสร้างจริง และมีความแม่นยำใน ด้าน ขนาด รูปร่าง ตำแหน่ง ปริมาณ และทิศทาง ข้อมูลที่ไม่ใช่รูปเรขาคณิตอาจใส่เข้าไปใน แบบจำลองได้ การใช้งาน

- การก่อสร้าง: แบบจำลองใช้สำหรับการแสดงผลเสมือนจริงในทุกส่วนของงาน
- การวิเคราะห์: แบบจำลองใช้สำหรับการวิเคราะห์ด้านงบประมาณ การบริหารระยะเวลา บริหารด้านแรงงาน
- การประมาณราคา: ประมาณราคาจากพื้นฐานของราคาจริงขององค์ประกอบที่เฉพาะเจาะจงของทุกรายละเอียดที่จับต้องได้
- การวางแผนงานก่อสร้าง: แบบจำลองใช้สำหรับการแสดงลำดับเวลาการติดตั้ง รวมถึงขั้นตอน การก่อสร้าง ขององค์ประกอบที่มีรายละเอียด และงานระบบ

## 2.5.4 ซอฟต์แวร์ BIM

ในช่วงอดีตที่ผ่านมาคอมพิวเตอร์ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในงานประมาณต้นทุนก่อสร้าง ในลักษณะของการใช้ซอฟต์แวร์ Spreadsheet และซอฟต์แวร์ประมาณต้นทุนก่อสร้าง

โดยตรงซึ่งคอมพิวเตอร์ถือเป็นศูนย์กลางในกระบวนการประมาณต้นทุนก่อสร้าง อย่างไรก็ตามแนวคิดการประมาณต้นทุนก่อสร้างในอดีตยังมีข้อจำกัดในหลายๆ ด้าน เนื่องจากแนวคิดแบบก่อสร้างในอดีตเป็นข้อมูลเชิงเส้น 2 มิติ หรือ 3 มิติ ที่มีข้อจำกัดในการนำแบบก่อสร้างมาคำนวณปริมาณงานได้โดยตรงและข้อจำกัดในเรื่องของการตรวจสอบการทับซ้อนของวัสดุ ซึ่งส่งผลกระทบต่อคำนวณปริมาณงาน จากข้อจำกัดดังกล่าวทำให้มีการพัฒนานำเทคโนโลยีแบบจำลองข้อมูลสารสนเทศอาคาร (BIM) มาประยุกต์ใช้ในการคำนวณปริมาณงานก่อสร้างเพื่อลดข้อจำกัดดังกล่าวและเพิ่มประสิทธิภาพในการประมาณต้นทุนก่อสร้าง Autodesk Revit ถือเป็นหนึ่งในซอฟต์แวร์ที่ถูกพัฒนาภายใต้แนวคิด Building Information Modeling (BIM) ซึ่งเป็นแนวคิดที่นักพัฒนาซอฟต์แวร์ทางด้านคอมพิวเตอร์เพื่อใช้สำหรับการออกแบบและเป็นซอฟต์แวร์ที่มีความสามารถในการสร้างชิ้นงานออกแบบทั้งทางด้านสถาปัตยกรรม ด้านวิศวกรรมโครงสร้าง วิศวกรรมเครื่องกล และงานด้านระบบต่าง ๆ ในลักษณะการสร้างชิ้นงาน แบบ 3 มิติ Autodesk Revit เป็นซอฟต์แวร์ที่มีขั้นตอนการทำงานที่มีลักษณะของการทำงานในรูปแบบของ การสร้างแบบจำลองพารามетริกเชิงวัตถุ (Object-based parametric modeling) ทำให้การออกแบบอาคารมีความสามารถทำงานได้ในลักษณะของพารามетริก (parametric) และยังสามารถในการเชื่อมต่อกับซอฟต์แวร์ Dynamo โดยซอฟต์แวร์ Autodesk Revit ยังมีเครื่องมือที่สามารถคำนวณปริมาณงาน (Quantity Takeoff Tools) ได้ ภาพที่ 2.5 แสดงตัวอย่างการคำนวณ ปริมาณงาน (Quantity takeoff) โดยซอฟต์แวร์ Autodesk Revit

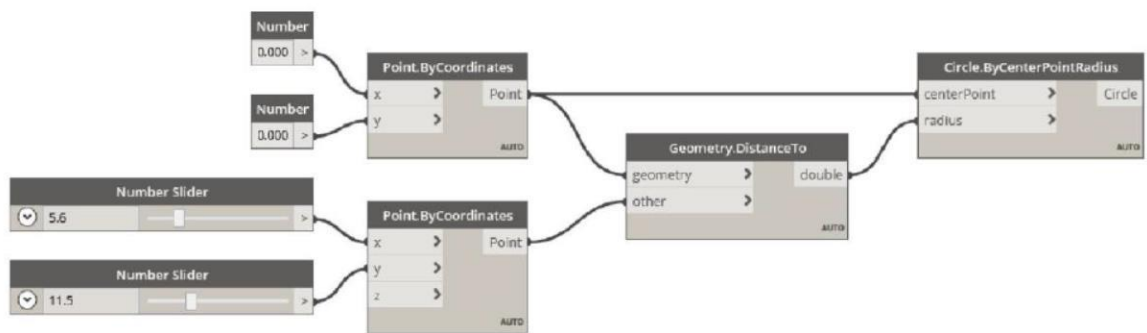


The screenshot shows the Autodesk Revit interface. On the left, there is a 3D wireframe model of a building's structural frame. On the right, a 'Structural Framing Schedule' table is displayed, listing various beam elements with their properties and calculated quantities.

<Structural Framing Schedule>				
A	B	C	D	E
Reference Level	Family and Type	Length	Volume	Count
Level 1	Beam Concrete: B1 0.30	0.01 m <sup>2</sup>		1
Level 1	Beam Concrete: B1 0.33	0.01 m <sup>2</sup>		9
Level 1	Beam Concrete: B1 0.48	0.02 m <sup>2</sup>		1
Level 1	Beam Concrete: B1 0.70	0.02 m <sup>2</sup>		1
Level 1	Beam Concrete: B1 0.93	0.04 m <sup>2</sup>		2
Level 1	Beam Concrete: B1 1.20	0.05 m <sup>2</sup>		1
Level 1	Beam Concrete: B1 1.35	0.05 m <sup>2</sup>		1
Level 1	Beam Concrete: B1 1.60	0.06 m <sup>2</sup>		2
Level 1	Beam Concrete: B1 1.90	0.08 m <sup>2</sup>		1
Level 1	Beam Concrete: B1 2.13	0.10 m <sup>2</sup>		1
Level 1	Beam Concrete: B1 3.50	0.27 m <sup>2</sup>		1
Level 1	Beam Concrete: B1 4.80	0.37 m <sup>2</sup>		1
Level 1	Beam Concrete: B1 1.20	0.10 m <sup>2</sup>		2
Level 1	Beam Concrete: B1 2.70	0.20 m <sup>2</sup>		3
Level 1	Beam Concrete: B1 3.40	0.26 m <sup>2</sup>		3
Level 1	Beam Concrete: B1 3.50	0.26 m <sup>2</sup>		4
Level 1	Beam Concrete: B1 3.80	0.29 m <sup>2</sup>		1
Level 1	Beam Concrete: B1 3.40	0.26 m <sup>2</sup>		1
Level 1	Beam Concrete: B1 1.00	0.07 m <sup>2</sup>		1
Level 1	Beam Concrete: B1 1.90	0.14 m <sup>2</sup>		1
Level 1	Beam Concrete: B1 3.50	0.26 m <sup>2</sup>		2
Level 1	Beam Concrete: B1 3.50	0.27 m <sup>2</sup>		1
Level 1	Beam Concrete: B1 3.50	0.30 m <sup>2</sup>		1
Level 1	Beam Concrete: B1 3.80	0.29 m <sup>2</sup>		1
Level 1	Beam Concrete: B1 1.00	0.07 m <sup>2</sup>		1
Level 1	Beam Concrete: B1 1.90	0.14 m <sup>2</sup>		1
Level 1	Beam Concrete: B1 3.50	0.26 m <sup>2</sup>		1
Level 1	Beam Concrete: B1 3.80	0.29 m <sup>2</sup>		1
Level 1	Beam Concrete: B1 4.80	0.37 m <sup>2</sup>		1
Level 1	Beam Concrete: B1 3.50	0.26 m <sup>2</sup>		1
Level 1	Beam Concrete: BS 3.70	0.26 m <sup>2</sup>		1

รูปที่ 2.5 ตัวอย่างการคำนวณปริมาณงาน โดยซอฟต์แวร์ Autodesk Revit

Dynamo เป็นซอฟต์แวร์โอเพ่นซอร์ส (Open Source Software) ซึ่งมีความสามารถในการจัดการกับข้อมูลในแบบจำลองสารสนเทศอาคาร โดยสามารถแสดงข้อมูลจากแบบจำลองออกมาได้ในหลากหลายรูปแบบ จุดเด่นของ Dynamo คือสามารถปรับค่าตัวแปร (parameter) ได้ กล่าวคือสามารถกำหนดค่าตัวแปรผ่าน Dynamo ไปยังแบบจำลองสารสนเทศอาคารผ่านการเขียนโปรแกรมภาษาภาพ (Visual Programming Languages) ที่เป็นภาษาหลักในการใช้งาน ทำให้ง่ายต่อการใช้งานสำหรับผู้ที่ไม่มีความรู้พื้นฐานทางด้านการเขียนโปรแกรม ดังแสดงการเปรียบเทียบคำสั่งระหว่างใน Visual Programming กับ Textual Programming รูปที่ 2.6 และรูปที่ 2.7 โดย Dynamo สามารถเชื่อมต่อเพื่อสั่งการซอฟต์แวร์ Autodesk Revit ได้โดยใช้การกำหนดคำสั่งเป็น Diagram



รูปที่ 2.6 Diagram Visual Programming ในซอฟต์แวร์ Dynamo

```
myPoint = Point.ByCoordinates(0.0,0.0,0.0);
x = 5.6;
y = 11.5;
attractorPoint = Point.ByCoordinates(x,y,0.0);
dist = myPoint.DistanceTo(attractorPoint);
myCircle = Circle.ByCenterPointRadius(myPoint,dist);
```

รูปที่ 2.7 Textual Programming

## บทที่ 3

### ระเบียบวิธีวิจัย

บทนี้กล่าวถึงขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย โดยมีหัวข้อประกอบไปด้วย 1. ลักษณะของงานวิจัย (Research Characteristics) ซึ่งจะอธิบายถึงประเภทของงานวิจัย 2. การออกแบบงานวิจัย (Research Design) ที่จะอธิบายโครงสร้างขั้นตอนการออกแบบงานวิจัย และ 3. วิธีการทำงานวิจัย (Research Method) ที่อธิบายวิธีการทำศึกษาและทำการวิจัยอย่างละเอียด

#### 3.1 ลักษณะของงานวิจัย (Research Characteristics)

งานวิจัยนี้มีลักษณะเป็นงานวิจัยประยุกต์ (Applied Research) เนื่องด้วยงานวิจัยศึกษาองค์ความรู้ด้านการใช้งานแบบจำลอง BIM เพื่อสร้างโปรแกรมประยุกต์ที่สามารถใช้การวางแผนงานก่อสร้างเพื่อลดปริมาณขยะ ปริมาณต้นทุน และจัดวางชิ้นส่วนเสาเอ็น คานทับหลัง และอิฐก่อในกำแพง โดยผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้จากงานวิจัยคือ ทางเลือกในการใช้งาน BIM เพื่อการวางแผนงานก่อสร้างที่นำไปใช้ได้อย่างเกิดประโยชน์และอาจลดปัญหาที่เกิดจากขั้นตอนการทำงานในปัจจุบัน

#### 3.2 การออกแบบงานวิจัย (Research Design)

ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบงานวิจัยแบ่งเป็นหัวข้อหลักดังนี้ ศึกษาความเป็นไปได้ของงานวิจัย พัฒนารอบแนวคิดเพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ในงานวิจัย พิสูจน์ แนวคิดภายใต้ห้องปฏิบัติการ พัฒนาระบบเพื่อทดสอบกับกรณีศึกษา และสรุปผลการวิจัย

#### 3.3 วิธีการดำเนินงานวิจัย (Research Method)

วิธีการดำเนินงานวิจัย มีขั้นตอนดังนี้

##### 3.3.1 ศึกษาปัญหา และความสำคัญของปัญหา

ขั้นตอนนี้ เป็นการดำเนินการศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในงานก่อสร้างผนังอาคาร ซึ่งประกอบไปด้วย

- ปัญหาคุณภาพของงานก่อสร้างผนังอาคาร เช่น การเรียงอิฐที่ไม่เป็นไปตามแนว การเรียงกันของอิฐไม่มีความเหมาะสมและไม่เป็นไปตามมาตรฐานหรือข้อกำหนด ซึ่งทำให้ความแข็งแรงของผนังลดลง
- ปัญหาด้านขยะหรือชิ้นส่วนเหลือใช้จากการก่อสร้างผนังอาคาร

- ปัญหาเรื่องรายละเอียดแบบ เช่น การไม่มีแบบรายละเอียดของเสาเอ็นและคานทับหลัง
- ปัญหาเรื่องการถอดปริมาณเสาเอ็นและคานทับหลัง

### 3.3.2 กำหนดเป้าหมายและขอบเขตของงานวิจัย

การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของงานวิจัย เป็นการนำปัญหาของงานวิจัยมาวิเคราะห์แนวทางในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Building Information Modeling (BIM) ในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว

### 3.3.3 ออกแบบและเสนอกรอบแนวคิด

ขั้นตอนนี้เป็นกรออกแบบการประยุกต์ใช้ BIM ในการสร้างชิ้นส่วนเสาเอ็น-คานทับหลัง และอิฐ ซึ่งประกอบไปด้วย

- การออกแบบระบบการขึ้นส่วนเสาเอ็น-คานทับหลัง และอิฐ ในแบบจำลอง 3 มิติ โดยการออกแบบเงื่อนไขในการสร้างแบบจำลอง เพื่อให้แบบจำลองมีความถูกต้อง
- การพัฒนาซอฟต์แวร์สร้างชิ้นส่วนและรายงาน โดยการออกแบบเงื่อนไขร่วมกับข้อกำหนด หรือมาตรฐานการก่อสร้างผนังอาคาร

### 3.3.4 พัฒนาระบบการถอดปริมาณการสร้างชิ้นส่วนเสาเอ็น-คานทับหลัง-อิฐ และรายงาน โดยการใช้ BIM

การพัฒนาระบบจำเป็นต้องดำเนินการดังนี้

- การพัฒนาระบบการนำเข้าข้อมูล โดยมีความแตกต่างกันไปตามประเภทของอิฐ ก่อ และเงื่อนไขตามข้อกำหนดการก่อสร้างผนังอาคาร
- การพัฒนาระบบการวิเคราะห์คานทับหลัง โดยพัฒนาการกำหนดตำแหน่งของคานทับหลัง ให้เป็นไปตามเงื่อนไขตามข้อกำหนดการก่อสร้างผนังอาคาร
- การพัฒนาระบบการวิเคราะห์เสาเอ็น โดยพัฒนาการกำหนดระยะ และตำแหน่งของคานทับหลัง ให้เป็นไปตามเงื่อนไขตามข้อกำหนดการก่อสร้างผนังอาคาร

- การพัฒนาระบบการวิเคราะห์อิฐ โดยพัฒนาการกำหนดระยะ ตำแหน่ง และการตัดขนาดของอิฐ ให้เป็นไปตามเงื่อนไขตามข้อกำหนดการก่อสร้างผนังอาคาร
- การพัฒนาระบบการสร้างรายงานปริมาณวัสดุ โดยพัฒนาระบบการวิเคราะห์ ข้อมูลและนำเสนอข้อมูล Output ที่ได้จากการวิเคราะห์ในรูปแบบรูปแบบไฟล์ CSV (Comma Separated Value) ซึ่งสามารถเปิดได้ด้วยโปรแกรม Spreadsheets เช่น Microsoft Excel เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานต่อไป

### 3.3.5 การทดสอบระบบ

หลังจากที่ดำเนินการพัฒนาระบบแล้ว จำเป็นต้องดำเนินการตรวจสอบระบบให้ เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของ โดนดำเนินการดังนี้

- ดำเนินการประยุกต์ใช้ระบบที่พัฒนาขึ้น กับตัวอย่างผนังอิฐมวลเบา จำนวน 4 ตัวอย่าง ซึ่งมีช่องเปิดที่แตกต่างกัน
- วิเคราะห์และเปรียบเทียบความแตกต่างของผลลัพธ์ระหว่างการประยุกต์ใช้ ระบบที่พัฒนาขึ้น และการคำนวณและวิเคราะห์ด้วยมือ (Manual) โดย ดำเนินการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้
  - 1) พื้นที่งานผนัง
  - 2) ความยาวเสาเอ็น
  - 3) ความยาวคานทับหลัง
  - 4) จำนวนอิฐ
  - 5) เวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์

### 3.3.6 ทดสอบแนวคิดกับกรณีศึกษา การประยุกต์ใช้ Auto Brick-Lintel

การทดสอบนี้เป็นการประยุกต์ใช้ระบบที่พัฒนาขึ้น ในการวิเคราะห์และถอดปริมาณ งานก่อสร้างจากโครงการก่อสร้างตัวอย่าง ทั้งหมด 4 โครงการ ประกอบไปด้วย

- โครงการที่ไม่มีข้อมูลการปริมาณงาน จำนวน 1 โครงการ
- โครงการที่ดำเนินการถอดปริมาณงานด้วยพื้นที่ผนัง (วิธีทั่วไป) จำนวน 2 โครงการ

- โครงการที่ดำเนินการถอดปริมาณงานโดยละเอียด จำนวน 1 โครงการ

โดยดำเนินการวิเคราะห์และเปรียบเทียบความแตกต่างของผลลัพธ์ระหว่างการประยุกต์ใช้ระบบที่พัฒนาขึ้น และการคำนวณและวิเคราะห์จากโครงการตัวอย่าง โดยดำเนินการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

- 1) พื้นที่งานผนัง
- 2) ความยาวเสาเอ็น
- 3) ความยาวคานทับหลัง
- 4) จำนวนอิฐ
- 5) งานจับเช็ยม
- 6) เวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์

### 3.3.7 วิเคราะห์และสรุปผล

วิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการประยุกต์ใช้งานในงานวิจัยเพื่อจัดวางชิ้นส่วนเสาเอ็น คานทับหลัง และอิฐก่อในกำแพง ในแบบจำลอง BIM ลักษณะที่อยู่อาศัย รวมทั้งศึกษาความเหมาะสมหรือข้อจำกัดต่างๆในการใช้งานแอปพลิเคชัน และทำการสรุปผลการวิจัย

## บทที่ 4

### การสร้างชิ้นส่วนเสาเอ็น-คานทับหลัง-อิฐ และรายงาน ใน BIM

ในบทนี้กล่าวถึงการบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์ในการสร้างชิ้นส่วนเสาเอ็น-คานทับหลัง และอิฐ โดย Dynamo ในซอฟต์แวร์ Revit ซึ่งเป็น Building Information Modeling (BIM) และสร้างรายการปริมาณวัสดุ Bill of Quantity (BOQ) ในรูปแบบ Spreadsheets

#### 4.1 แนวทางการพัฒนาระบบ

งานวิจัยพัฒนา Dynamo Code ที่สามารถสร้างชิ้นส่วนเสาเอ็น-คานทับหลัง-อิฐ และรายการปริมาณวัสดุ โดยใช้แบบจำลองข้อมูล 3 มิติ ซึ่งสามารถแสดงสภาพและรายละเอียดของโครงการได้ตามลักษณะรายละเอียดการก่อสร้าง ซึ่งมีรายละเอียดวัสดุตามลักษณะขนาด และข้อกำหนดเพื่อพัฒนาระบบดังกล่าว งานวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ การสร้างแบบจำลอง 3 มิติ และพัฒนาซอฟต์แวร์สร้างชิ้นส่วนและรายงาน

##### 4.1.1 สร้างแบบจำลอง 3 มิติ ในการใช้งานร่วมกับ Auto Lintel-Brick

งานวิจัยจำลองแบบก่อสร้างโดยใช้โปรแกรม Autodesk Revit 2020 ในการสร้างแบบจำลอง เพื่อใช้ในการทดสอบการทำงานของชุดคำสั่ง ซึ่งการสร้างแบบจำลองเพื่อนำมาใช้นั้นมีข้อควรระวังในการสร้างแบบจำลองคือ

- ผนังทุกชั้นต้องมีการแบ่งช่วงและระยะความกว้างและความสูงที่ตรงกับลักษณะตามข้อกำหนด
- ผนังทุกชั้นต้องไม่ใช้การเชื่อมต่อ (join)
- การใส่ช่องเปิดประตูหรือหน้าต่างต้องวางปากไว้ที่เนื้อผนังชั้นอิฐก่อ (ในบางกรณีการสร้างโมเดลนิยมสร้างผนังอีกชั้น เพื่อข้อมูลผิวผนัง)

##### 4.1.2 การพัฒนาซอฟต์แวร์สร้างชิ้นส่วนและรายงาน

งานวิจัยแบ่งขั้นตอนการทำงานในการข้อมูลสร้างชิ้นส่วนและรายการปริมาณวัสดุเป็นขั้นตอนคือ

- เลือกการตั้งค่าตามเงื่อนไขการใส่ชิ้นส่วนของโครงการและการก่อสร้าง
- ใช้ซอฟต์แวร์สร้างชิ้นส่วนและรายงาน
- สรุปผล



#### 4.1.3 เงื่อนไขการใส่ชิ้นส่วนประกอบผนัง

งานวิจัยมีลักษณะงานก่อ 3 รูปแบบ คือ อิฐมอญ อิฐมวลเบา 7.5 ซม. และ อิฐมวลเบา 10 ซม. ขึ้นไป โดยต้องระบุเลือกลักษณะของผนังเพื่อเป็นเงื่อนไขในการสร้างชิ้นส่วนเสาเอ็น-คานทับหลัง ซึ่งในแต่ละลักษณะงานก่อจะมีเงื่อนไขแตกต่างกันคือ

##### 1) ผนังอิฐมอญ

1. เสาเอ็นขนาดข้างประตูและหน้าต่างทุกชั้นเริ่มจากพื้นไปจนถึงขอบบนกำแพง
2. คานทับหลังเริ่มจากขอบซ้ายไปขวาหรือขวาไปซ้ายของประตูและหน้าต่างทุกชั้น ทั้งขอบบนและล่างสำหรับหน้าต่าง และขอบบนสำหรับประตู
3. เสาเอ็นมีระยะห่างมากที่สุดระหว่างแต่ละต้นและขอบแผงไม่เกิน 3 เมตร ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนตามข้อกำหนดของโครงการได้
4. คานเอ็นมีระยะห่างมากที่สุดระหว่างแต่ละเส้นและขอบบนแผงไม่เกิน 3 เมตร ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนตามข้อกำหนดของโครงการได้

##### 2) ผนังอิฐมวลเบา 7.5 ซม.

1. เสาเอ็นขนาดข้างประตูและหน้าต่างทุกชั้นเริ่มจากพื้นไปจนถึงขอบบนกำแพง
2. คานทับหลังเริ่มจากขอบซ้ายไปขวาหรือขวาไปซ้ายของประตูและหน้าต่างทุกชั้น ทั้งขอบบนและล่างสำหรับหน้าต่าง และขอบบนสำหรับประตู
3. เสาเอ็นและคานเอ็นมีระยะห่างมากที่สุดระหว่างแต่ละต้นและขอบแผงไม่เกินตามข้อกำหนดตามตาราง มาตรฐานของผู้ผลิต

##### 3) ผนังอิฐมวลเบา 10 ซม. ขึ้นไป

1. คานทับหลังเริ่มจากขอบซ้ายไปขวาหรือขวาไปซ้ายของขอบด้านบนประตูและหน้าต่างทุกชั้น และมีระยะนั่งตามมาตรฐานของผู้ผลิต
2. เสาเอ็นและคานเอ็นมีระยะห่างมากที่สุดระหว่างแต่ละต้นและขอบแผงไม่เกินตามข้อกำหนดตามตาราง มาตรฐานของผู้ผลิต

##### 4) อิฐ

1. ชั้นแรก (ชั้นเลขคู่) วางตำแหน่งอิฐเรียงตามความยาวอิฐ อ้าอิงจากขอบบนของอิฐ และเริ่มจากขอบแผงไปจนถึงเสาเอ็นหรือขอบแผงอีกด้านหนึ่งโดยอิฐชั้นสุดท้ายจะถูกตัดระยะตามระยะที่เหลือ

2. ชั้นที่สอง (ชั้นเลขคู่) เงื่อนไขเหมือนชั้นเลขคี่ แต่เริ่มด้วยอิฐที่มีความยาวครึ่งหนึ่งของความยาวอิฐปกติ และอิฐชั้นสุดท้ายจะถูกตัดระยะตามระยะที่เหลือ
3. ความหนาปูนก่อมีความหนาเป็นเส้นรอบรูปอิฐ ขนาดตามข้อกำหนดของโครงการ

ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในงานวิจัยเป็นส่วนของการพัฒนาอัลกอริทึมที่ใช้สร้างชิ้นส่วนและรายงาน งานวิจัยเลือกการพัฒนาโคไดน์ใช้ Dynamo เนื่องจากเป็นซอฟต์แวร์โอเพนซอร์ส สามารถใช้งานกับ Autodesk Revit ซึ่งเป็นที่นิยม และมีกระดานสนทนาที่เป็นแหล่งข้อมูลที่สามารถใช้ช่วยในการพัฒนาได้ ขั้นตอนในการทำงานของซอฟต์แวร์ประกอบไปด้วย

- 1) ปรับเงื่อนไขการสร้าง-ข้อมูลชิ้นส่วน และรายงานตามข้อกำหนดโครงการ
- 2) การรันและตรวจสอบผล

### 1. การปรับเงื่อนไขการสร้างชิ้นส่วนตามข้อกำหนดโครงการ

ในแต่ละโครงการมีข้อกำหนดหรือมาตรฐานความต้องการที่แตกต่างกัน จำเป็นต้องปรับเงื่อนไขก่อนการทำงาน เพื่อให้ได้ข้อมูลผลลัพธ์ออกมาตามเงื่อนไขคือ

- ประเภทและขนาดอิฐ และความหนาปูนก่อ
- ความหนา (width) และความลึก (depth) ของเสาเอ็น-คานทับหลัง
- ระยะห่างระหว่างเสาเอ็น-คานทับหลังและขอบแผง
- ชื่อและรูปแบบรายงานปริมาณวัสดุ

### 2. การใช้งาน

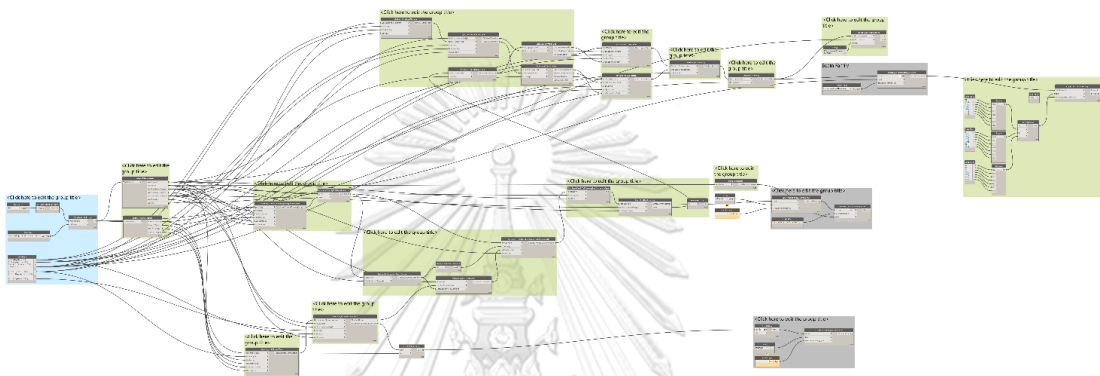
ลักษณะการคำนวณตำแหน่งและปริมาณเสาเอ็น-คานทับหลังแบ่งเป็น 3 กรณี ตามลักษณะอิฐก่อ คือ คือ อิฐมอญ อิฐมวลเบา 7.5 ซม. และ อิฐมวลเบา 10 ซม. ขึ้นไป

โดยแบ่งเป็นส่วนหลัก 6 ส่วน ตามลำดับการคำนวณคือ

- 1) การนำเข้าเตรียมข้อมูล
- 2) การคำนวณคานทับหลัง

- 3) การคำนวณเสาเอ็น
- 4) การคำนวณอิฐ
- 5) การคำนวณเปลี่ยนสีอิฐเพื่อแสดงสีตามความยาว
- 6) การสร้างรายงานปริมาณวัสดุ

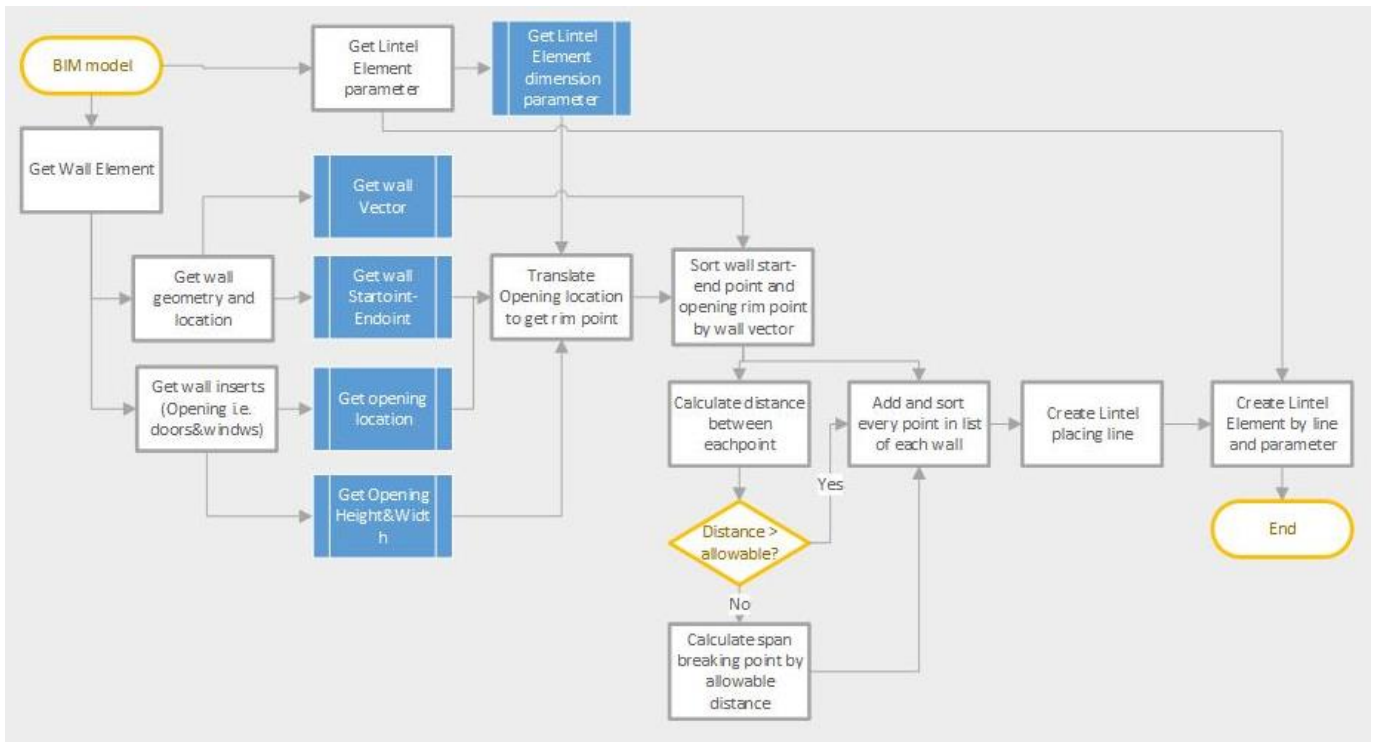
ซึ่งแต่ละประเภทอิฐก็มีเงื่อนไขการใส่ชิ้นส่วนแตกต่างกัน ชุดคำสั่งที่พัฒนาขึ้นจึงมีความแตกต่างกันตามเงื่อนไขของวัสดุ



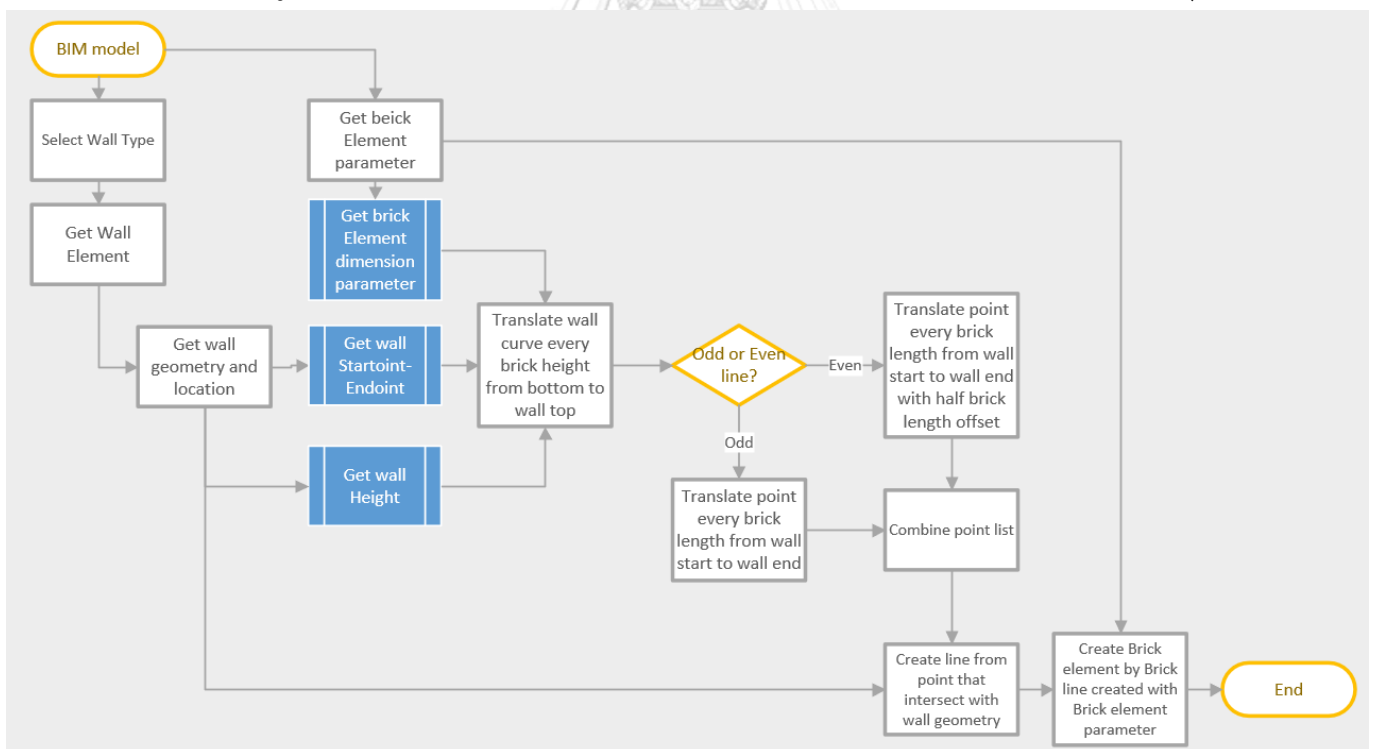
รูปที่ 4.1 ผังการทำงานของ Auto Brick-Intel

#### 4.2 การพัฒนาระบบการคำนวณ

ส่วนนี้เป็นการพัฒนาระบบเพื่อการคำนวณชิ้นส่วนเสาเอ็นคาน ทับหลัง อิฐ และ รายงานปริมาณวัสดุ โดยแบ่งออกเป็น 6 ส่วนหลักในการคำนวณ คือ การนำเข้าและเตรียมข้อมูล การคำนวณคานทับหลัง การคำนวณเสาเอ็น การคำนวณอิฐ การสร้างรายงานปริมาณวัสดุ และการปรับค่าเพื่อให้ในโครงการต่าง ๆ ซึ่งมีแผนผังการคำนวณดังรูปที่ 4.2 และรูปที่ 4.3



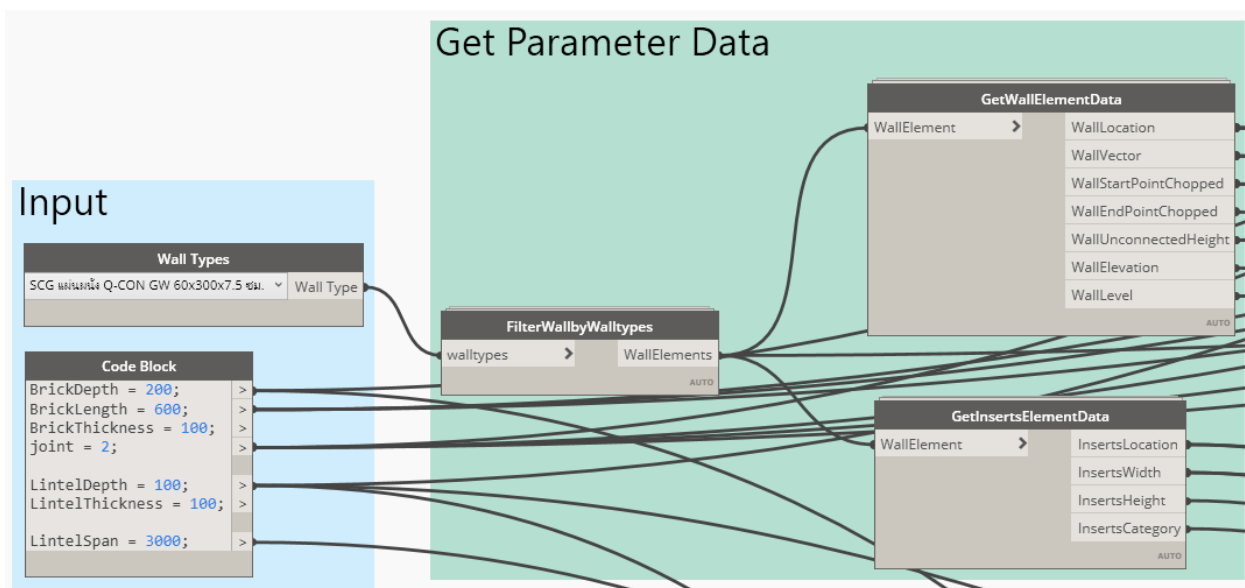
รูปที่ 4.2 Flowchart ในการคำนวณตำแหน่งเสาเอ็น-คานทับหลังแต่ละประเภทวัสดุ



รูปที่ 4.3 Flowchart ในการคำนวณตำแหน่งอิฐในกำแพง

#### 4.2.1 การนำเข้าและเตรียมข้อมูล

ในส่วนการนำเข้าข้อมูลคือ การเลือกประเภทผนังอิฐก่อก่อที่ต้องการใช้งานคำสั่ง และประมวลผลข้อมูล เช่น ประเภท ขนาด และตำแหน่ง ของคานทับหลัง เสาเอ็น อิฐ รวมทั้งผนังแต่ละแผง เพื่อนำข้อมูลไปคำนวณประมวลผลต่อในขั้นต่อไป



รูปที่ 4.4 กลุ่มรับเข้าและเรียกพารามิเตอร์จาก Revit

##### 4.2.1.1 กลุ่ม Input 1

ส่วนนี้เป็นส่วนที่รับค่าพารามิเตอร์ที่จะนำไปคำนวณ มี 2 ส่วน คือ


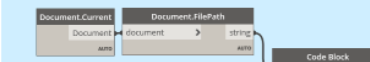

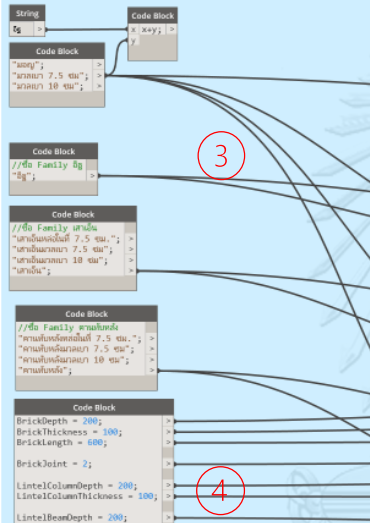

- ส่วนการรับค่า โดยเลือกประเภทผนังที่ต้องการคำนวณแบบจำลองขึ้นใดชิ้นหนึ่ง จากนั้นระบบจะกรองนำผนังประเภทนั้นทั้งหมดมาอยู่ในรายการที่จะคำนวณต่อไป ในการคำนวณจะต้องมีการรับค่าพารามิเตอร์เพื่อใช้ในการคำนวณ คือ
  - ชื่อของ family ผนัง เสาเอ็น คานทับหลัง และอิฐ
  - ค่าขนาดและระยะของชิ้นส่วน คือ ความลึกและความหนาของเสาเอ็นและคานทับหลัง ความลึก ความหนา ความยาวและความหนาปูนก่อก่อของอิฐ ค่าสี RGB ที่ใช้แสดงความยาวอิฐ และความยาวช่วงของอิฐที่จะแบ่งการแสดงผลด้วยสี
- ส่วนการกรองค่าเพื่อนำไปใช้คำนวณต่อ โดยมี 2 วิธี ในการรับข้อมูลคือ
  - รับข้อมูลจาก family ของผนังใช้ข้อมูลพารามิเตอร์ของผนังโดยตรงมาใช้ในการคำนวณ

- ใช้ข้อมูลที่ผู้ใช้งานใส่ข้อมูลเข้าไปเอง

โดยชุดคำสั่งจะใช้ข้อมูลจากพารามิเตอร์ของ family ผนังก่อน หากไม่พบข้อมูลจะใช้ข้อมูลจากที่ผู้ใช้ใส่ข้อมูลไว้มาคำนวณแทน ซึ่งจะกรองข้อมูลโดยการใช้ชื่อเพื่อสามารถรับค่าจาก family มาคำนวณได้ เช่น ต้องการคำนวณชิ้นส่วนผนังอิฐมอญ ในการเริ่มต้นจะต้องเลือกชั้นผนังอิฐมอญผืนใดผืนหนึ่งในแบบจำลอง จากนั้นระบบจะทำการกรองหารายชื่อ family ของเสาเอ็น คานทับหลัง และอิฐ ที่มีชื่อมีคำว่า “อิฐมอญ” เช่น เสาเอ็นอิฐมอญ คานทับหลังอิฐมอญ และอิฐมอญ และนำค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ มาคำนวณต่อ หากไม่เจอรายการที่ตรงกันก็จะใช้ข้อมูลขนาดที่ผู้ใช้ป้อนเข้าไป



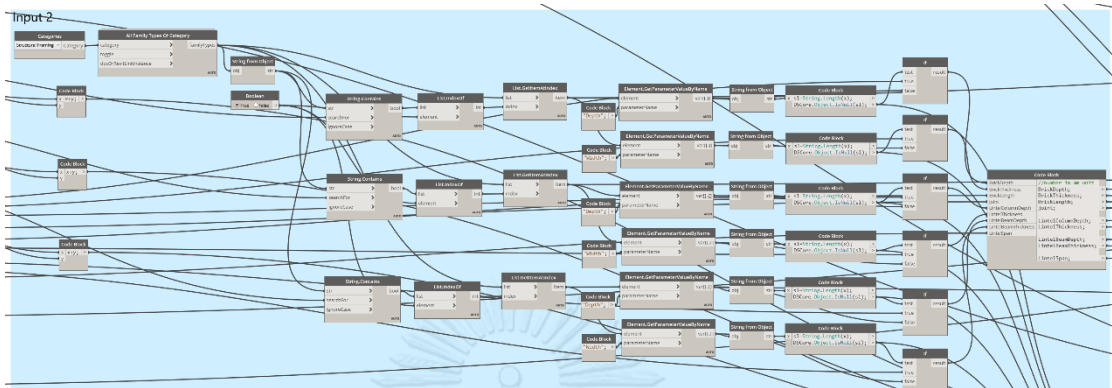
ตารางที่ 4.1 แสดงรายการข้อมูลนำเข้า

Input 1	หมายเลข	คำอธิบาย
	1	เลือกชิ้นตัวแทนประเภทผนัง
	2	ค่าวันที่และเวลาที่ใช้เป็นชื่อของรายงานการคำนวณ
	3	ตัวเลือกรายการชื่อของชิ้นส่วนประกอบผนังที่จะนำมาคำนวณ
	4	<p><u>BrickDepth</u> ความสูงของอิฐ</p> <p><u>BrickThickness</u> ความหนาของอิฐ</p> <p><u>BrickLength</u> ความยาวอิฐ</p> <p><u>BrickJointSize</u> ความหนาของปูนก่อ</p> <p><u>LintelColumnDepth</u> ความสูง ของเสาเอ็น</p> <p><u>LintelColumnThickness</u> ความหนาเสาเอ็น</p> <p><u>LintelBeamDepth</u> ความสูง ของคานทับหลัง</p> <p><u>LintelBeamThickness</u> ความหนาคานทับหลัง</p> <p><u>LintelSpan</u> ระยะความสูงสูงสุดที่ยอมให้ได้ก่อนจะต้องแบ่งแผงผนังตามความสูง</p>
	5	ค่าสี RGB และความยาวระยะแบ่งช่วงสีแสดงผลความยาวอิฐ

รูปที่ 4.5 กลุ่ม Input

#### 4.2.1.2 กลุ่ม Input 2

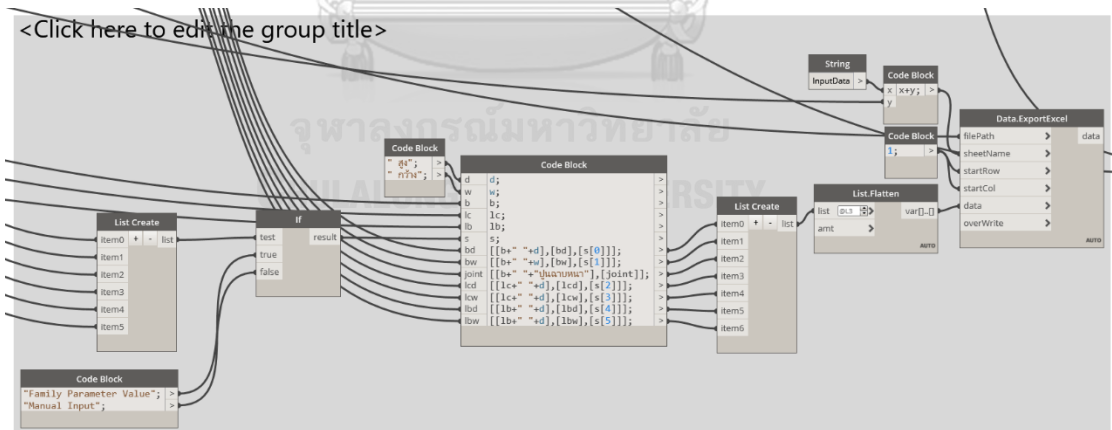
ในส่วนนี้เป็นส่วนการเรียกค่าพารามิเตอร์จาก family ส่วนประกอบผนัง เสาเอ็น คานทับหลัง และอิฐ โดยหากไม่พบข้อมูล จะใช้ข้อมูลที่ผู้ใช้กรอกข้อมูลไว้แทน



รูปที่ 4.6 กลุ่ม Input 2

#### 4.2.1.3 กลุ่ม Input Report

ในส่วนนี้เป็นส่วนการสร้างข้อมูล spreadsheet เพื่อรายงานข้อมูลที่น่าไปใช้ในการคำนวณจากการกรอกในส่วนของ 4.2.1.2 Input 2 โดยจะรายงานในรูปแบบ ชื่อของ family ชั้นส่วนประกอบผนังที่ใช้ ขนาดระยะ และที่มาของข้อมูลว่าใช้ข้อมูลจาก family หรือจากการป้อนข้อมูลจากผู้ใช้

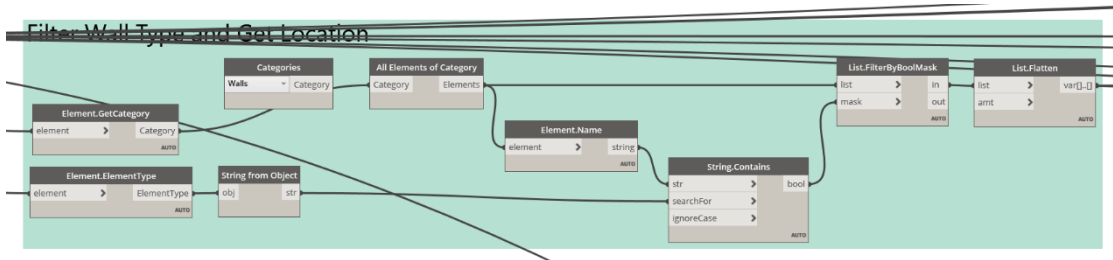


รูปที่ 4.7 กลุ่ม Input Report

#### 4.2.1.3 FilterWallbyWalltypes

ในส่วนนี้เป็นการกรองเลือกเฉพาะผนังแผงที่มีประเภทตรงกับประเภทที่เลือกไว้ ในช่วง Input เพื่อจะสามารถนำไปคำนวณต่อไป





รูปที่ 4.8 กลุ่ม FilterWallbyWalltypes

รับข้อมูล :

- walltypes ประเภทของผนังที่จะนำมาคำนวณ

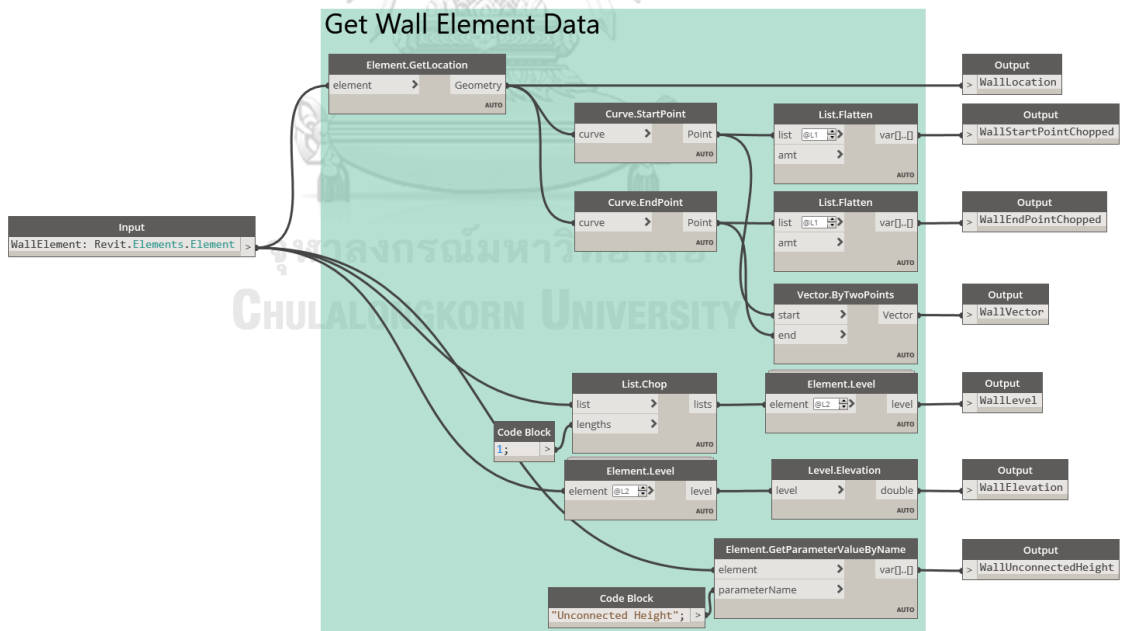
ข้อมูลส่งออก :

- WallElement รายการชิ้นส่วนผนังตามประเภท walltypes ทุกชิ้นที่มีอยู่ในโมเดล

#### 4.2.1.4 การเตรียมค่าพารามิเตอร์

ในส่วนนี้เป็นการดึงค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ จากประเภทชิ้นส่วนผนังเพื่อนำไปคำนวณ

ต่อไป



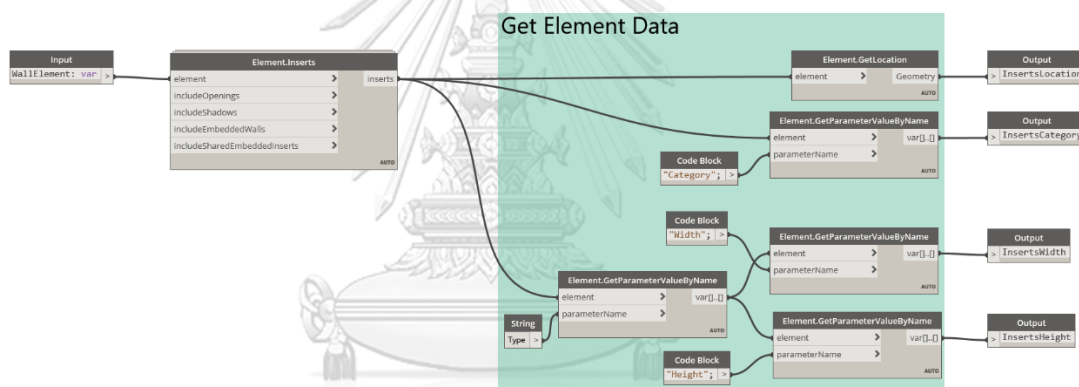
รูปที่ 4.9 กลุ่ม GetWallElementData

รับข้อมูล :

- WallElement รายการชิ้นส่วนผนังตามประเภท walltypes ทุกชิ้นที่มีอยู่ในโมเดล

### ข้อมูลส่งออก :

- WallLocation ตำแหน่งจุดเริ่มและจุดสิ้นสุดของผนังในรายการ ในระบบพิกัดสามมิติ
- WallStartPointChopped ตำแหน่งจุดเริ่มของผนังในรายการ ในระบบพิกัดสามมิติ ที่แบ่งย่อยออกเป็นรายการย่อยละรายการ
- WallStartEndChopped ตำแหน่งจุดสิ้นสุดของผนังในรายการ ในระบบพิกัดสามมิติ ที่แบ่งย่อยออกเป็นรายการย่อยละรายการ
- WallVector เวกเตอร์ที่มีจุดเริ่มและจุดสิ้นสุดคือจุดเริ่มและจุดสิ้นสุดของผนังแต่ละแผง
- WallLevel ชั้นที่ของผนัง
- WallElevation ค่าพิกัดความสูงของผนัง
- WallUnconnectedHeight ความสูงของผนัง



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
รูปที่ 4.10 กลุ่ม GetInsertsElementData  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

### รับข้อมูล :

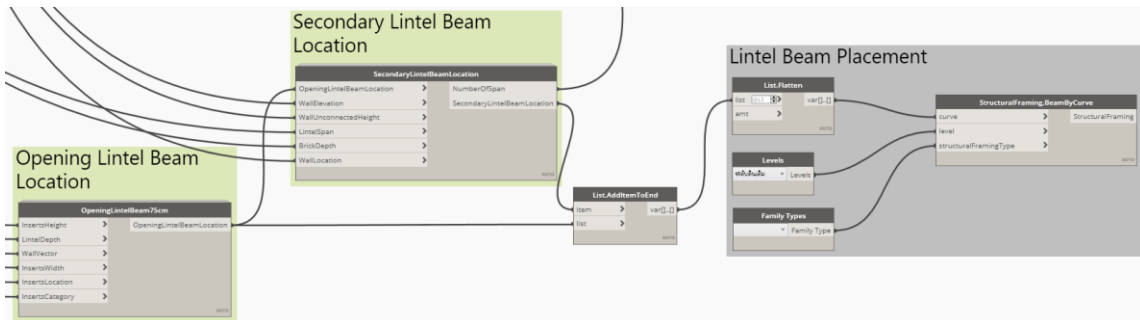
- WallElement รายการชิ้นส่วนผนังตามประเภท walltypes ทุกชั้นที่มีอยู่ในโมเดล

### ข้อมูลส่งออก :

- InsertsLocation ตำแหน่งของช่องเปิดประตูหน้าต่างในรายการ ในระบบพิกัดสามมิติ
- InsertsCategory ประเภทของช่องเปิด
- InsertsWidth ความกว้างของช่องเปิด
- InsertsHeight ความสูงของช่องเปิด

4.2.2 การคำนวณคานทับหลัง

ส่วนการคำนวณคานทับหลังเป็นส่วนที่คำนวณตำแหน่งของจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของคานทับหลัง ทั้งคานทับหลังบนช่องเปิด และคานเอ็นแบ่งความสูงผนัง โดยมีเงื่อนไขแตกต่างกัน 2 กรณี คือ อิฐมอญและอิฐมวลเบา 7.5 ซม. และอิฐมวลเบา 10 ซม. ขึ้นไป



รูปที่ 4.11 กลุ่มคำนวณชิ้นส่วนคานทับหลัง

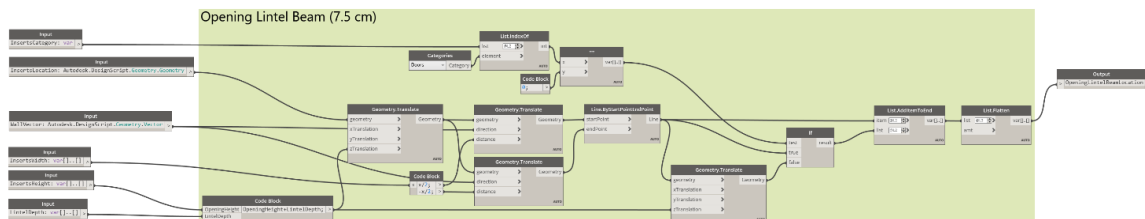
- การคำนวณคานทับหลังอิฐมอญและอิฐมวลเบา 7.5 ซม.

สำหรับอิฐมอญและอิฐมวลเบา 7.5 ซม. ใส่คานเอ็นทับหลังเริ่มจากขอบซ้ายไปขวาหรือขวาไปซ้ายของประตูและหน้าต่างทุกชั้น ทั้งขอบบนและล่างสำหรับหน้าต่าง และขอบบนสำหรับประตู และคานเอ็นแบ่งระยะตามความสูงที่กำหนด



4.2.2.1 ชุดคำสั่ง OpeningLintelBeam75mm

ในส่วนนี้เป็นการแปลงค่าเพื่อหาตำแหน่งของขอบบน-ล่างช่องเปิดโดยใช้ค่าตำแหน่งของช่องเปิดและความสูงช่องเปิด โดยสร้างเส้นตำแหน่งของคานทับหลังบน-ล่างสำหรับหน้าต่างและประตู หลังจากนั้นกรองเส้นขอบล่างของประตูออก



รูปที่ 4.12 กลุ่ม OpeningLintelBeam75mm

**รับข้อมูล :**

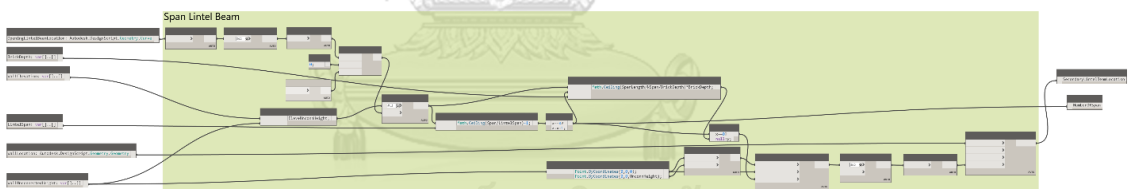
- InsertsHeight ความสูงของช่องเปิด
- InsertsWidth ความกว้างของช่องเปิด
- InsertsLocation ตำแหน่งของช่องเปิดประตูหน้าต่างในรายการ ในระบบพิกัดสามมิติ
- InsertsCategory ประเภทของช่องเปิด
- LintelDepth ความสูง (d) ของ Lintel
- WallVector เวกเตอร์ที่มีจุดเริ่มและจุดสิ้นสุดคือจุดเริ่มและจุดสิ้นสุดของผนังแต่ละแผง

**ข้อมูลส่งออก :**

- OpeningLintelBeamLocation ตำแหน่งพิกัดจุดเริ่มจุดสิ้นสุดของคานทับหลังช่องเปิด

**4.2.2.2 ชุดคำสั่ง SecondaryLintelBeamLocation**

ในส่วนนี้เป็นการคำนวณความสูงที่เหลือจากช่องเปิดหรือขอบล่างกำแพงแล้วแต่ว่า ตำแหน่งใดจะอยู่สูงกว่า เพื่อแบ่งช่วงส่วนที่เหลือให้ไม่เกินระยะความสูงที่กำหนด และสร้างตำแหน่งพิกัดเส้นคานเอ็นเพื่อแบ่งพื้นที่



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
รูปที่ 4.13 กลุ่ม SecondaryLintelBeamLocation

**รับข้อมูล :**

- OpeningLintelBeamLocation ตำแหน่งพิกัดจุดเริ่มจุดสิ้นสุดของคานทับหลังช่องเปิด
- WallElevation ค่าพิกัดความสูงของผนัง
- WallUnconnectedHeight ความสูงของผนัง
- LintelSpan ระยะความสูงสูงสุดที่ยอมให้ได้ก่อนจะต้องแบ่งแผงผนังตามความสูง
- BrickDepth ความสูง (d) ของอิฐ
- WallLocation ตำแหน่งจุดเริ่มและจุดสิ้นสุดของผนังในรายการ ในระบบพิกัดสามมิติ

**ข้อมูลส่งออก :**

- NumberOfSpan จำนวนช่วงแบ่งแผงผนังตามความสูง

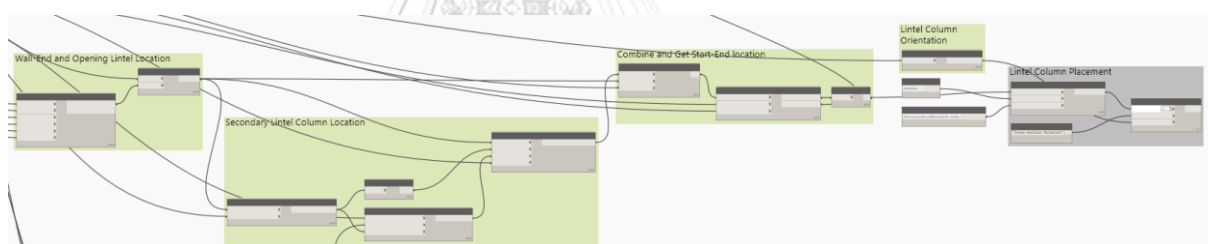
- SecondaryLintelBeamLocation ตำแหน่งจุดเริ่ม-สิ้นสุดของคานเอ็นเสริมแบ่งระยะ

- การคำนวณคานทับหลังอิฐมวลเบา 10 ซม. ขึ้นไป

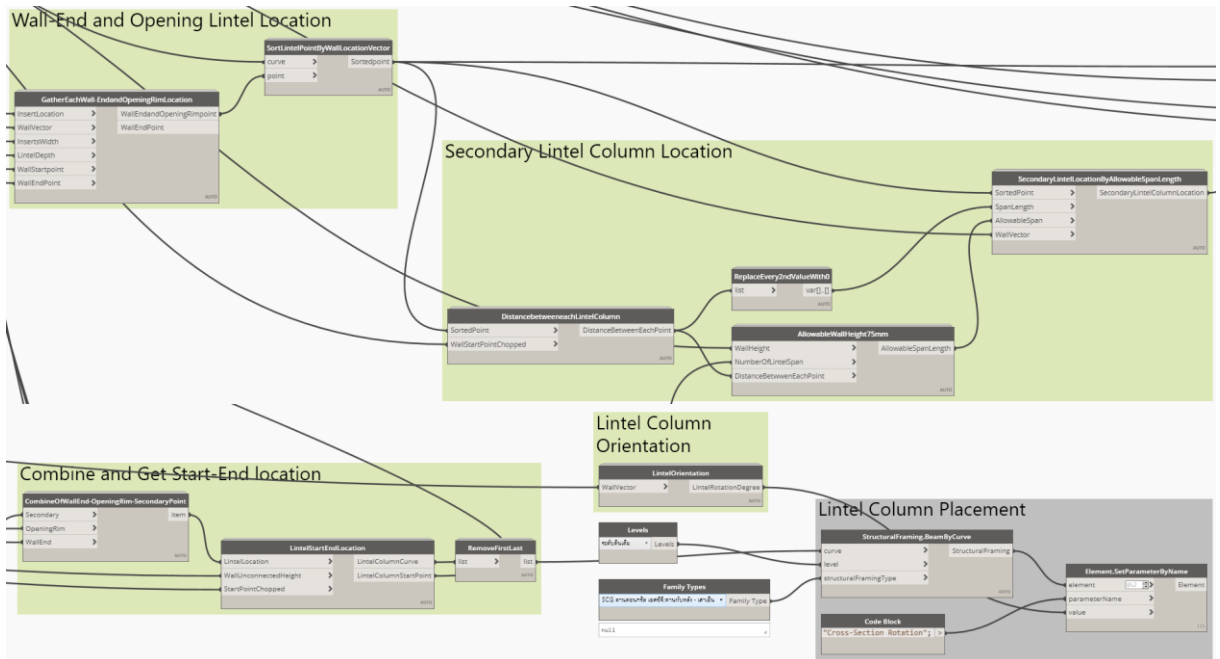
สำหรับอิฐมวลเบาและอิฐมวลเบา 10 ซม.ขึ้นไป ใส่คานเอ็นทับหลังที่ขอบบนของหน้าต่างและประตูโดยมีระยะนั่งตามข้อกำหนด และคานเอ็นแบ่งระยะตามความสูงที่กำหนด

#### 4.2.3 การคำนวณเสาเอ็น

ในส่วนการคำนวณเสาเอ็นเป็นการคำนวณจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดในระบบพิกัดสามมิติ ทั้งเสาเอ็นช่องเปิด ประตูหน้าต่าง และเสาเอ็นแบ่งความยาวผนัง โดยมีเงื่อนไขที่แตกต่างกันเป็น 2 กรณี เช่นเดียวกับคานทับหลังคือ 1.อิฐมวลเบาและอิฐมวลเบา 7.5 ซม. และ 2.อิฐมวลเบา 10 ซม. ขึ้นไป



รูปที่ 4.14 ภาพย่อของกลุ่มคำนวณเสาเอ็น  
CHULALONGKORN UNIVERSITY



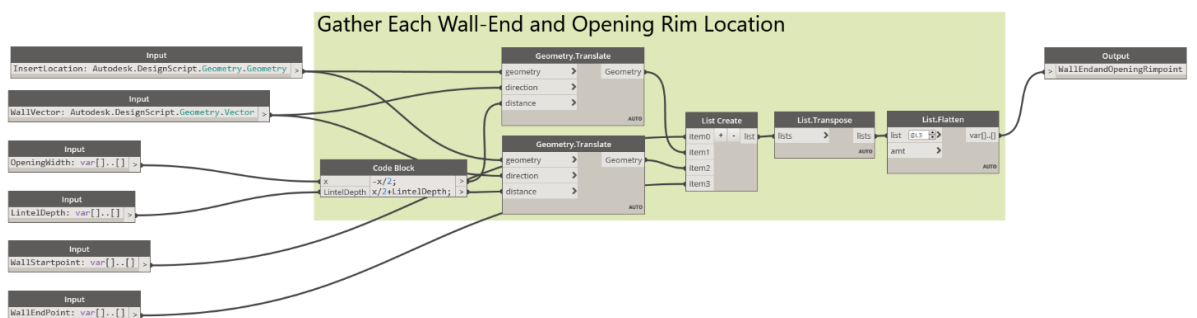
รูปที่ 4.15 ภาพขยายกลุ่มคำนวณเสาเอ็น

- การคำนวณเสาเอ็นอิฐมอญและอิฐมวลเบา 7.5 ซม.

สำหรับอิฐมอญและอิฐมวลเบา 7.5 ซม. ใส่เสาเอ็นเริ่มจากตำแหน่งพื้นของขอบประตูและหน้าต่างทุกชั้น ทั้งซ้ายและขวาไปถึงสุดความสูงของผนัง และเสาเอ็นแบ่งระยะตามความสูงที่กำหนด

#### 4.2.3.1 ชุดคำสั่ง GatherEachWall-EndandOpeningRimLocation

ในส่วนนี้เป็นการคำนวณพิกัดขอบด้านข้างช่องเปิดโดยใช้ตำแหน่งช่องเปิด ความกว้างช่องเปิด และความหนาเสาเอ็น และรวมพิกัดตำแหน่งที่ได้กับตำแหน่งของกำแพง



รูปที่ 4.16 กลุ่ม GatherEachWall-EndandOpeningRimLocation

รับข้อมูล :

- InsertsLocation ตำแหน่งของช่องเปิดประตูหน้าต่างในรายการ ในระบบพิกัดสามมิติ

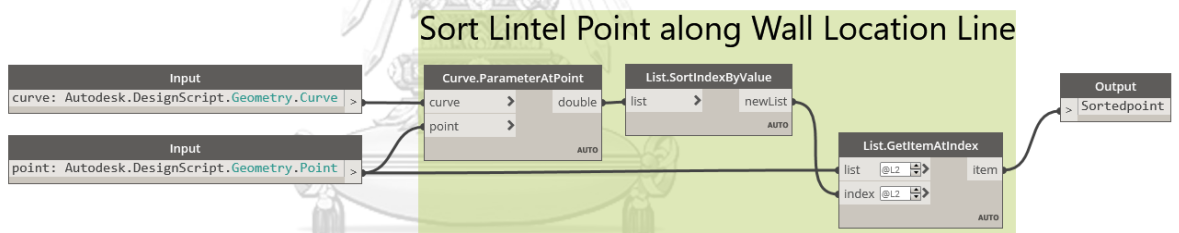
- WallVector เวกเตอร์ที่มีจุดเริ่มและจุดสิ้นสุดคือจุดเริ่มและจุดสิ้นสุดของผนังแต่ละแผง
- InsertsWidth ความกว้างของช่องเปิด
- LintelDepth ความสูง (d) ของ Lintel
- WallStartpoint ตำแหน่งจุดเริ่มของผนังในรายการ ในระบบพิกัดสามมิติ
- WallEndPoint ตำแหน่งจุดสิ้นสุดของผนังในรายการ ในระบบพิกัดสามมิติ

ข้อมูลส่งออก :

- WallEndandOpeningRimpoint ตำแหน่งพิกัดของ จุดเริ่ม-จุดสิ้นสุดของกำแพง และจุดขอบช่องเปิดที่เลื่อนไปตามทิศทางและความหนาของ Lintel
- 

#### 4.2.3.2 ชุดคำสั่ง SortLintelPointByWallLocationVector

ในส่วนนี้เป็นการเรียงตำแหน่งพิกัดที่ได้จากการรวมใน GatherEachWall-EndandOpeningRimLocation เพื่อสามารถนำไปคำนวณหาระยะห่างระหว่างจุดเพื่อนำไปคำนวณเสาเอ็นเสริมต่อไป



รูปที่ 4.17 กลุ่ม SortLintelPointByWallLocationVector

รับข้อมูล :

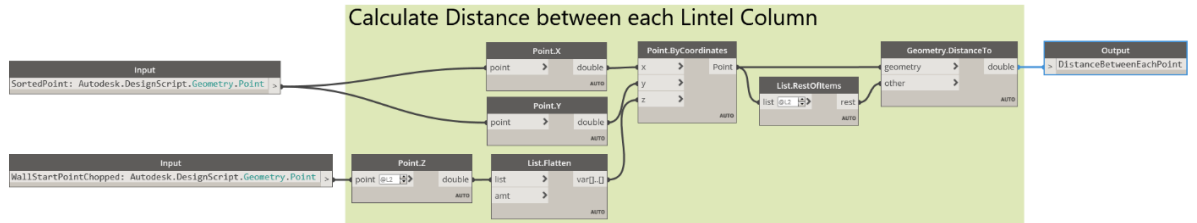
- Curve เส้นอ้างอิงที่ใช้ในการเรียงลำดับจุดจากจุดเริ่มไปถึงจุดสิ้นสุดของเส้น
- Point รายการจุดที่ต้องการเรียง

ข้อมูลส่งออก :

- SortedPoint รายการจุดที่เรียงลำดับตามจุดเริ่ม-จุดสิ้นสุดของเส้นอ้างอิงแล้ว

### 4.2.3.3 ชุดคำสั่ง DistanceBetweenEachLintelColumn

ในกลุ่มนี้เป็นการคำนวณระยะห่างแบบจุดต่อจุดของเสาเอ็นช่องเปิดหรือขอบแผงผนัง



รูปที่ 4.18 กลุ่ม DistanceBetweenEachLintelColumn

รับข้อมูล :

- SortedPoint รายการจุดที่เรียงลำดับตามจุดเริ่ม-จุดสิ้นสุดของเส้นอ้างอิงแล้ว
- WallStartPointChopped ตำแหน่งจุดเริ่มของผนังในรายการ ในระบบพิกัดสามมิติ ที่แบ่งย่อยออกเป็นรายการย่อยละรายการ

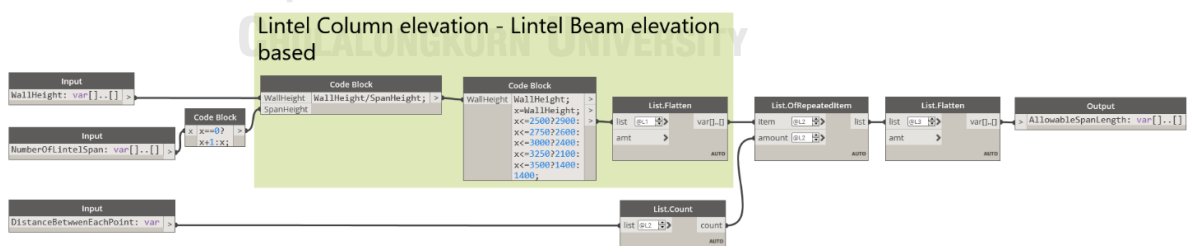
ข้อมูลส่งออก :

- DistanceBetweenEachPoint ระยะระหว่างจุดต่อจุดจาก SortedPoint ในแต่ละผนัง

### 4.2.3.4 ชุดคำสั่ง AllowableWallHeight75mm

ในส่วนนี้เป็นการคำนวณความยาวมากที่สุดของแผงผนังที่ยอมให้ได้ โดยอิงจาก

ข้อกำหนดของโครงการ



รูปที่ 4.19 กลุ่ม AllowableWallHeight75mm

รับข้อมูล :

- WallHeight ความสูงของผนัง
- NumberOfSpan จำนวนช่วงแบ่งแผงผนังตามความสูง
- DistanceBetweenEachPoint ระยะระหว่างจุดต่อจุดจาก SortedPoint ในแต่ละผนัง

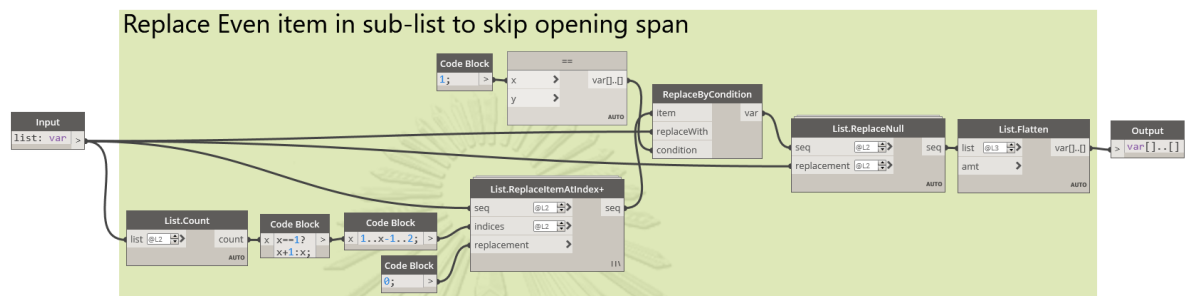


ข้อมูลส่งออก :

- AllowableSpanLength ความยาวมากที่สุดของผนังที่ยอมให้ได้ก่อนที่จะต้องแบ่งช่วงด้วยเสาเอ็น

#### 4.2.3.5 ชุดคำสั่ง ReplaceEvery2ndItemWith0

ในกลุ่มนี้เป็นการแทนค่าความยาวด้วยศูนย์ที่ตำแหน่งคู่ ซึ่งในตำแหน่งคู่จะเป็นความยาวของช่องเปิดเสมอ ซึ่งไม่ต้องการให้มีเสาเอ็นเสริมเข้ามาในช่องเปิด



รูปที่ 4.20 กลุ่ม ReplaceEvery2ndItemWith0

รับข้อมูล :

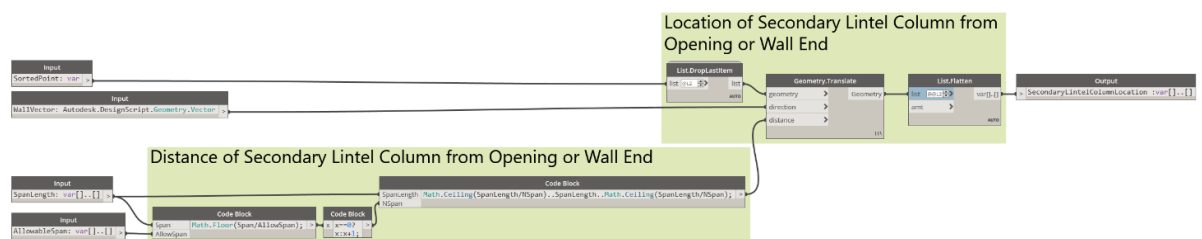
- List รายการนำเข้า

ข้อมูลส่งออก :

- List รายการที่แทนค่าข้อมูลในลำดับเลขคู่ด้วย 0 (ศูนย์)

#### 4.2.3.6 ชุดคำสั่ง SecondaryLintelLocationByAllowableSpanLength

ในกลุ่มนี้เป็นการคำนวณหาตำแหน่งการเสริมเสาเอ็น โดยใช้ข้อมูลตำแหน่งเสาเอ็น ช่องเปิดหรือขอบกำแพง ความยาวช่วง และความยาวที่ยอมให้ได้



รูปที่ 4.21 กลุ่ม SecondaryLintelLocationByAllowableSpanLength

รับข้อมูล :

- SortedPoint รายการจุดที่เรียงลำดับตามจุดเริ่ม-จุดสิ้นสุดของเส้นอ้างอิงแล้ว

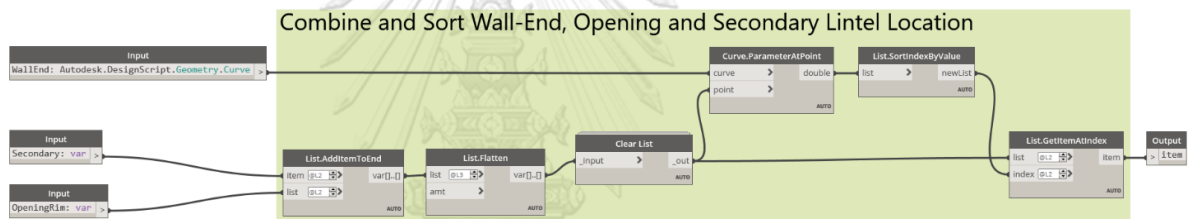
- WallVector เวกเตอร์ที่มีจุดเริ่มและจุดสิ้นสุดคือจุดเริ่มและจุดสิ้นสุดของผนังแต่ละแผง
- SpanLength ระยะระหว่างจุดต่อจุดจาก SortedPoint ในแต่ละผนังที่แทนค่าข้อมูลในลำดับเลขคู่ด้วย 0 แล้ว
- AllowableSpanLength ความยาวมากสุดของผนังที่ยอมให้ได้ก่อนที่จะต้องแบ่งช่วงด้วยเสาเอ็น

ข้อมูลส่งออก :

- SecondaryLintelColumnLocation พิกัดของจุดวางเสาเอ็นเสริมแบ่งระยะผนัง

#### 4.2.3.7 ชุดคำสั่ง CombineOfWallEnd-OpeningRim-SecondaryPoint

ในกลุ่มนี้เป็นการรวมกันของรายการตำแหน่งขอบช่องเปิด ขอบแผงผนัง และเสาเอ็นเสริม



รูปที่ 4.22 กลุ่ม CombineOfWallEnd-OpeningRim-SecondaryPoint

รับข้อมูล :

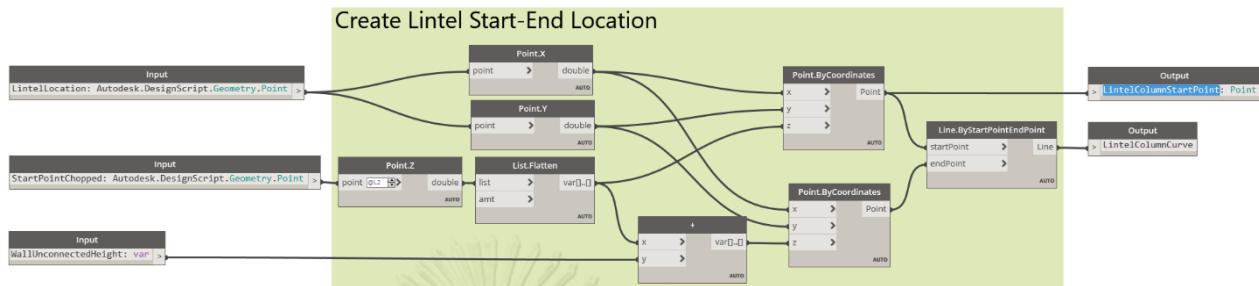
- WallEnd จุดพิกัดเริ่ม-สิ้นสุดของผนัง
- OpeningRim จุดพิกัดตำแหน่งพิกัดของขอบช่องเปิดที่เลื่อนไปตามทิศทางและความหนาของ Lintel
- Secondary (SecondaryLintelColumnLocation) พิกัดของจุดวางเสาเอ็นเสริมแบ่งระยะผนัง

ข้อมูลส่งออก :

- Item รายการที่รวม OpeningRim และ Secondary แล้ว โดยเรียงพิกัดจุดตามจุดเริ่มละจุดสิ้นสุดผนังแล้ว

#### 4.2.3.8 ชุดคำสั่ง *LintelStartEndLocation*

ในส่วนนี้เป็นการคำนวณตำแหน่งจุดเริ่ม-สิ้นสุดของเสาเอ็น ซึ่งเริ่มต้นที่ขอบล่างแผงผนังไปจนถึงขอบบนของแผงผนัง โดยใช้ข้อมูลตำแหน่งขอบช่องเปิด ขอบแผงผนัง และเสาเอ็นเสริม



รูปที่ 4.23 กลุ่ม *LintelStartEndLocation*

#### รับข้อมูล :

- LintelLocation รายการที่รวม OpeningRim และ Secondary แล้ว โดยเรียงพิกัดจุดตามจุดเริ่มละจุดสิ้นสุดผนังแล้ว
- WallStartPointChopped ตำแหน่งจุดเริ่มของผนังในรายการ ในระบบพิกัดสามมิติ ที่แบ่งย่อยออกเป็นรายการย่อยละรายการ
- WallUnconnectedHeight ความสูงของผนัง

#### ข้อมูลส่งออก :

- LintelColumnCurve เส้นพิกัดจุดเริ่ม-จุดสิ้นสุดของเสาเอ็น
- LintelColumnStartPoint พิกัดจุดเริ่มของเสาเอ็น

#### 4.2.3.9 ชุดคำสั่ง RemoveFirstLast

ในส่วนนี้เป็นการนำรายการแรกและสุดท้ายออก ซึ่งคือตำแหน่งฟิกัดขอบด้านข้างของแผงผนัง



รูปที่ 4.24 กลุ่ม RemoveFirstLast

รับข้อมูล :

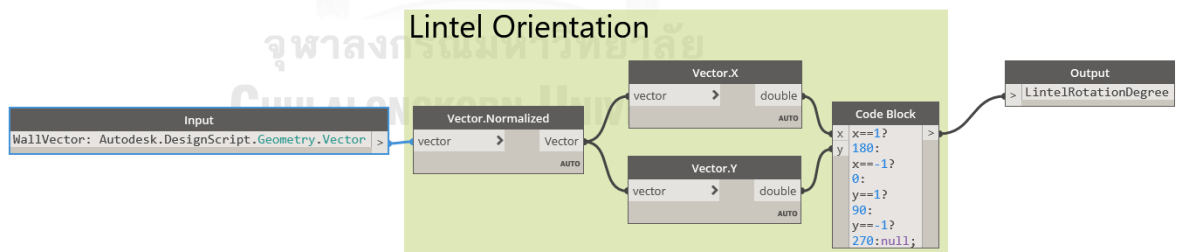
- List รายการนำเข้า

ข้อมูลส่งออก :

- List รายการที่นำรายการแรกและสุดท้ายของรายการย่อยออกไปแล้ว

#### 1) LintelOrientation

ในส่วนนี้เป็นการหมุนเสาเอ็นให้อยู่ในแนวเดียวกับผนัง



รูปที่ 4.25 กลุ่ม LintelOrientation

รับข้อมูล :

- WallVector เวกเตอร์ที่มีจุดเริ่มและจุดสิ้นสุดคือจุดเริ่มและจุดสิ้นสุดของผนังแต่ละแผง

ข้อมูลส่งออก :

- LintelOrientationDegree องศาที่เสาเอ็นถูกหมุน เพื่อสามารถวางในทิศทางที่ถูกต้อง

- การคำนวณเสาเอ็นอิฐมวลเบา 10 ซม. ขึ้นไป

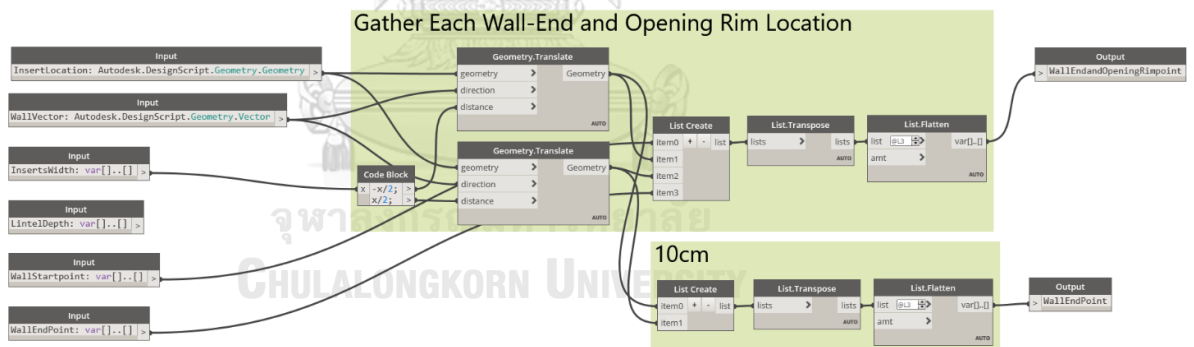
สำหรับอิฐมวลเบาและอิฐมวลเบา 10 ซม. ขึ้นไป ใส่เสาเอ็นเฉพาะการแบ่งระยะตามความสูงที่กำหนด

ในส่วนของการคำนวณเสาเอ็นอิฐมวลเบาขนาด 10 ซม. ขึ้นไป มีความแตกต่างคือ GatherEachWall-EndandOpeningRimLocation (4.2.3.1) และ AllowableWallHeight75mm (4.2.3.4)

โดยต้องเปลี่ยนการเชื่อมต่อ input ที่ CombineOfWallEnd-OpeningRim-SecondaryPoint (4.2.3.7) โดยใช้ WallEndPoint ของ GatherEachWall-EndandOpeningRimLocation-10cm แทน

#### 4.2.3.10 ชุดคำสั่ง EachWallEndOpeningRimLocation10cm

ในส่วนนี้เป็นการคำนวณพิกัดขอบด้านข้างช่องเปิดโดยใช้ตำแหน่งช่องเปิด ความกว้างช่องเปิด และความหนาเสาเอ็น และรวมพิกัดตำแหน่งที่ได้กับตำแหน่งของกำแพง โดยมีความต่างคือส่วนรายการเลือกเฉพาะขอบด้านข้างช่องช่องเปิด



รูปที่ 4.26 กลุ่ม GatherEachWall-EndandOpeningRimLocation

รับข้อมูล :

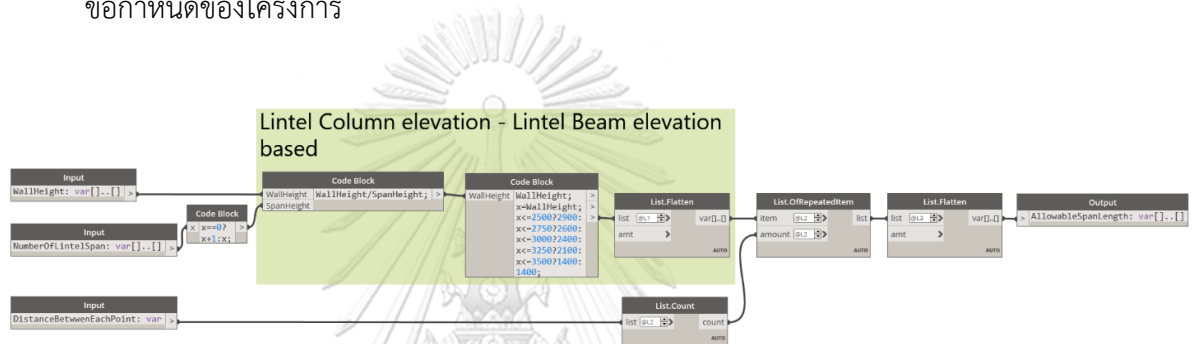
- InsertsLocation ตำแหน่งของช่องเปิดประตูหน้าต่างในรายการ ในระบบพิกัดสามมิติ
- WallVector เวกเตอร์ที่มีจุดเริ่มและจุดสิ้นสุดคือจุดเริ่มและจุดสิ้นสุดของผนังแต่ละแผง
- InsertsWidth ความกว้างของช่องเปิด
- WallStartpoint ตำแหน่งจุดเริ่มของผนังในรายการ ในระบบพิกัดสามมิติ
- WallEndPoint ตำแหน่งจุดสิ้นสุดของผนังในรายการ ในระบบพิกัดสามมิติ

### ข้อมูลส่งออก :

- WallEndandOpeningRimpoint ตำแหน่งพิกัดของจุดเริ่ม-จุดสิ้นสุดของกำแพงและจุดขอบช่องเปิด
- WallEndPoint ตำแหน่งพิกัดของ จุดเริ่ม-จุดสิ้นสุดของกำแพง

#### 4.2.3.11 ชุดคำสั่ง AllowableWallHeight10cm

ในส่วนนี้เป็นการคำนวณความยาวมากสุดของแผงผนังที่ยอมให้ได้ โดยอิงจากข้อกำหนดของโครงการ



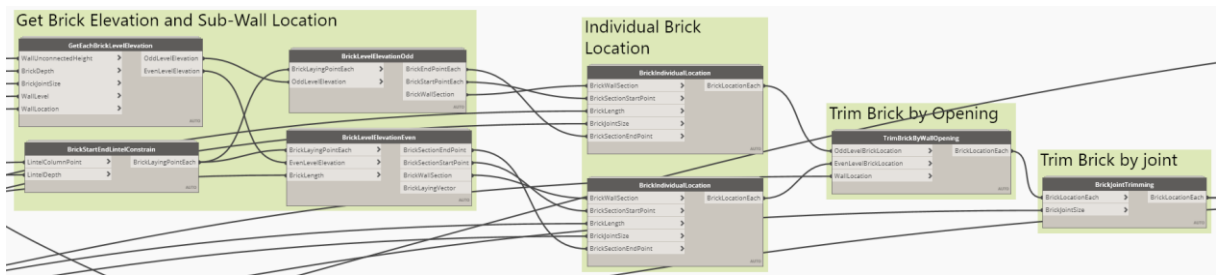
รูปที่ 4.27 กลุ่ม AllowableWallHeight10cm

- เปลี่ยนเงื่อนไขระยะมากสุดที่ต้องแบ่งเพื่อเสริมเสาเอ็นแบ่งพื้นที่

#### 4.2.4 การคำนวณอิฐ

ในส่วนการคำนวณอิฐเป็นการคำนวณหาตำแหน่งจุดปลายหัว-ท้ายของอิฐแต่ละก้อนในระบบตำแหน่งสามมิติ โดยมีเงื่อนไขคือ

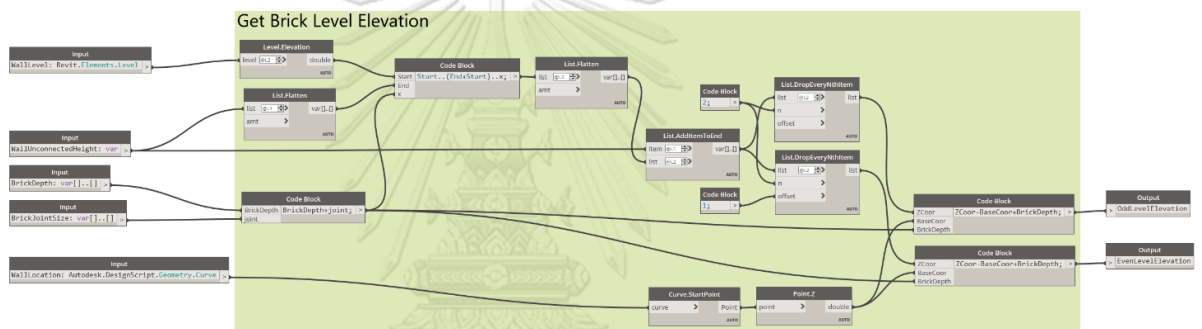
- เว้นตำแหน่งพื้นที่ช่องเปิด และตำแหน่งเสาเอ็น
- ก่อแบบสลับครึ่งก้อน โดยชั้นแรก (ชั้นเลขคี่) เริ่มก่อก่อนแรกเต็มก้อนไปจนถึงสิ้นสุดระยะช่วงผนังและก้อนสุดท้ายจะถูกตัดตามระยะที่เหลือ ส่วนชั้นต่อมา (ชั้นเลขคู่) มีความแตกต่างคือก้อนแรกจะมีความยาวครึ่งหนึ่งของขนาดอิฐปกติ ส่วนก้อนต่อ ๆ ไปจะมีขนาดเต็มก้อน และก้อนสุดท้ายจะมีขนาดตามระยะผนังที่เหลือ



รูปที่ 4.28 กลุ่มคำนวณชิ้นส่วนอิฐก่อ

#### 4.2.4.1 ชุดคำสั่ง GetEachBrickLevelElevation

ในกลุ่มนี้เป็นการคำนวณหาระดับความสูงของชั้นอิฐในผนังแต่ละชั้น โดยอิงจากขอบล่างของผนังโดยแบ่งเป็นชั้นคี่และคู่



รูปที่ 4.29 GetEachBrickLevelElevation

รับข้อมูล :

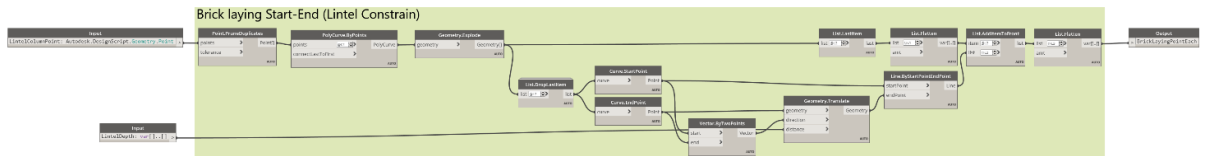
- WallLevel ชั้นที่ของผนัง
- WallUnconnectedHeight ความสูงของผนัง
- BrickDepth ความสูง (d) ของอิฐ
- BrickJointSize ความหนาของปูนก่อ
- WallLocation ตำแหน่งจุดเริ่มและจุดสิ้นสุดของผนังในรายการ ในระบบพิกัดสามมิติ

ข้อมูลส่งออก :

- OddLevelElevation ค่าความสูงของชั้นอิฐคี่อิงตามความสูงของผนัง
- EvenLevelElevation ค่าความสูงของชั้นอิฐคู่อิงตามความสูงของผนัง

#### 4.2.4.2 ชุดคำสั่ง BrickStartEndLintelColumnConstrain

ในกลุ่มนี้เป็นการคำนวณพิกัดจุดเริ่ม-สิ้นสุดของการก่อ โดยใช้พิกัดของเสาเอ็นในการแบ่งช่วงการก่อ



รูปที่ 4.30 กลุ่ม BrickStartEndLintelColumnConstrain

รับข้อมูล :

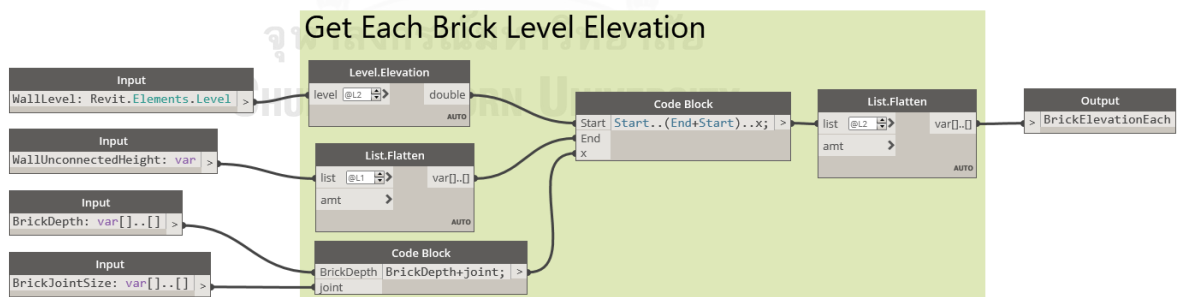
- LintelColumnStartPoint พิกัดจุดเริ่มของเสาเอ็น
- LintelDepth ความสูง (d) ของ Lintel

ข้อมูลส่งออก :

- BrickLayingPointEach ตำแหน่งจุดเริ่ม-สิ้นสุดของช่วงการวางอิฐอิงตามการแบ่งช่วงตามตำแหน่งเสาเอ็น

#### 4.2.4.3 ชุดคำสั่ง BrickLevelElevationOdd

ในกลุ่มนี้เป็นการคำนวณหาระดับความสูงของชั้นอิฐคี่ในผนังแผงต่าง ๆ อิงจากพิกัดระบบสามมิติ



รูปที่ 4.31 กลุ่ม BrickLevelElevationOdd

รับข้อมูล :

- BrickLayingPointEach ตำแหน่งจุดเริ่ม-สิ้นสุดของช่วงการวางอิฐ อิงตามการแบ่งช่วงตามตำแหน่งเสาเอ็น
- OddLevelElevation ค่าความสูงของชั้นอิฐคี่อิงตามความสูงของผนัง



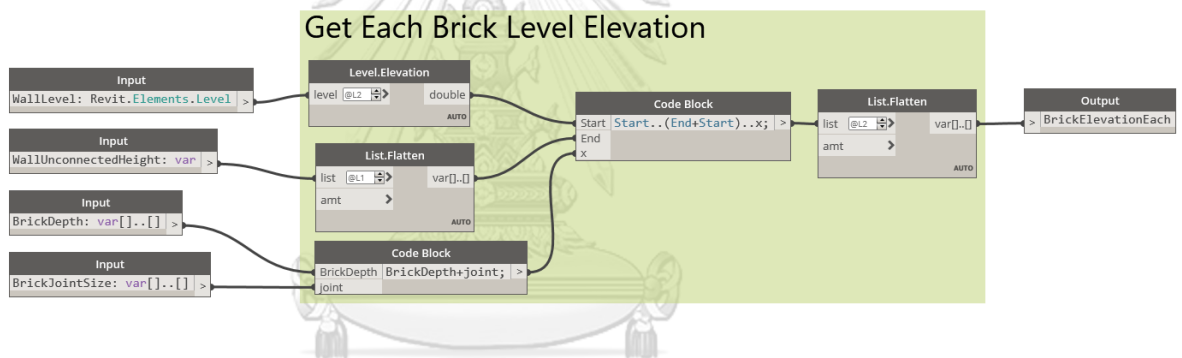
### ข้อมูลส่งออก :

- BrickStartPointEach ตำแหน่งจุดเริ่มของช่วงการวางอิฐ อิงตามการแบ่งช่วงตามตำแหน่งเสาเอ็นในแต่ละชั้นคี่ของอิฐ
- BrickStartPointEach ตำแหน่งจุดสิ้นสุดของช่วงการวางอิฐ อิงตามการแบ่งช่วงตามตำแหน่งเสาเอ็นในแต่ละชั้นคี่ของอิฐ
- BrickWallSection ตำแหน่งจุดเริ่ม-สิ้นสุดของช่วงการวางอิฐ อิงตามการแบ่งช่วงตามตำแหน่งเสาเอ็นในแต่ละชั้นคี่ของอิฐ

#### 4.2.4.4 ชุดคำสั่ง BrickLevelElevationEven

ในกลุ่มนี้เป็นการคำนวณหาระดับความสูงของชั้นอิฐคู่ในผนังแผงต่าง ๆ อิงจากพิกัด

ระบบสามมิติ



รูปที่ 4.32 กลุ่ม BrickLevelElevationOdd

### รับข้อมูล :

- BrickLayingPointEach ตำแหน่งจุดเริ่ม-สิ้นสุดของช่วงการวางอิฐ อิงตามการแบ่งช่วงตามตำแหน่งเสาเอ็น
- OddLevelElevation ค่าความสูงของชั้นอิฐคู่อิงตามความสูงของผนัง

### ข้อมูลส่งออก :

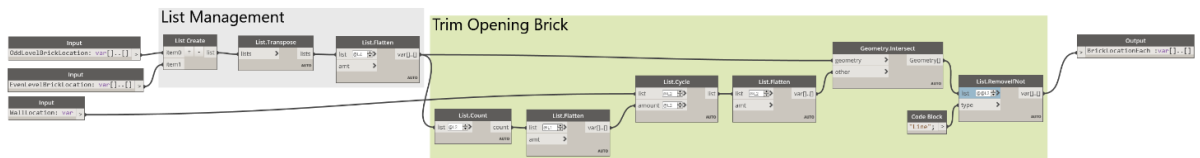
- BrickStartPointEach ตำแหน่งจุดเริ่มของช่วงการวางอิฐ อิงตามการแบ่งช่วงตามตำแหน่งเสาเอ็นในแต่ละชั้นคี่ของอิฐ
- BrickStartPointEach ตำแหน่งจุดสิ้นสุดของช่วงการวางอิฐ อิงตามการแบ่งช่วงตามตำแหน่งเสาเอ็นในแต่ละชั้นคี่ของอิฐ



#### 4.2.4.6 ชุดคำสั่ง TrimBrickByWallOpening

ในส่วนนี้เป็นการหักลบตำแหน่งของก้อนอิฐที่ทับช่องเปิด ให้ไม่ถูกสร้างเกินเข้าไปใน

ช่องเปิด



รูปที่ 4.34 กลุ่ม TrimBrickByWallOpening

รับข้อมูล :

- OddLevelElevation ค่าความสูงของชั้นอิฐคี่อิงตามความสูงของผนัง
- EvenLevelElevation ค่าความสูงของชั้นอิฐคู่อิงตามความสูงของผนัง
- WallLocation ตำแหน่งจุดเริ่มและจุดสิ้นสุดของผนังในรายการ ในระบบพิกัดสามมิติ

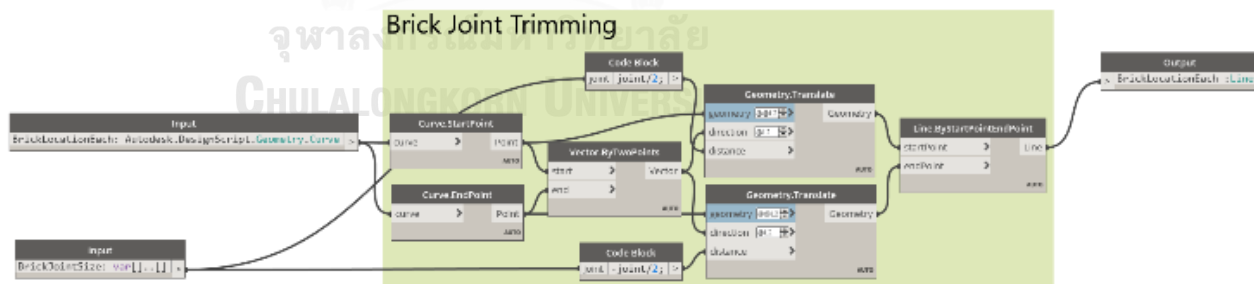
ข้อมูลส่งออก :

- BrickLocationEach พิกัดจุดเริ่มต้น-สิ้นสุดของอิฐแต่ละก้อนรวมปูนก่อ

#### 4.2.4.7 ชุดคำสั่ง BrickJointTrimming

ในส่วนนี้เป็นการหักลบความยาวของอิฐโดยการเลื่อนหัว-ท้าย เพื่อเว้นช่องว่าง

สำหรับปูนก่อ



รูปที่ 4.35 กลุ่ม BrickJointTrimming

รับข้อมูล :

- BrickLocationEach พิกัดจุดเริ่มต้น-สิ้นสุดของอิฐแต่ละก้อนรวมปูนก่อ
- BrickJointSize ความหนาของปูนก่อ

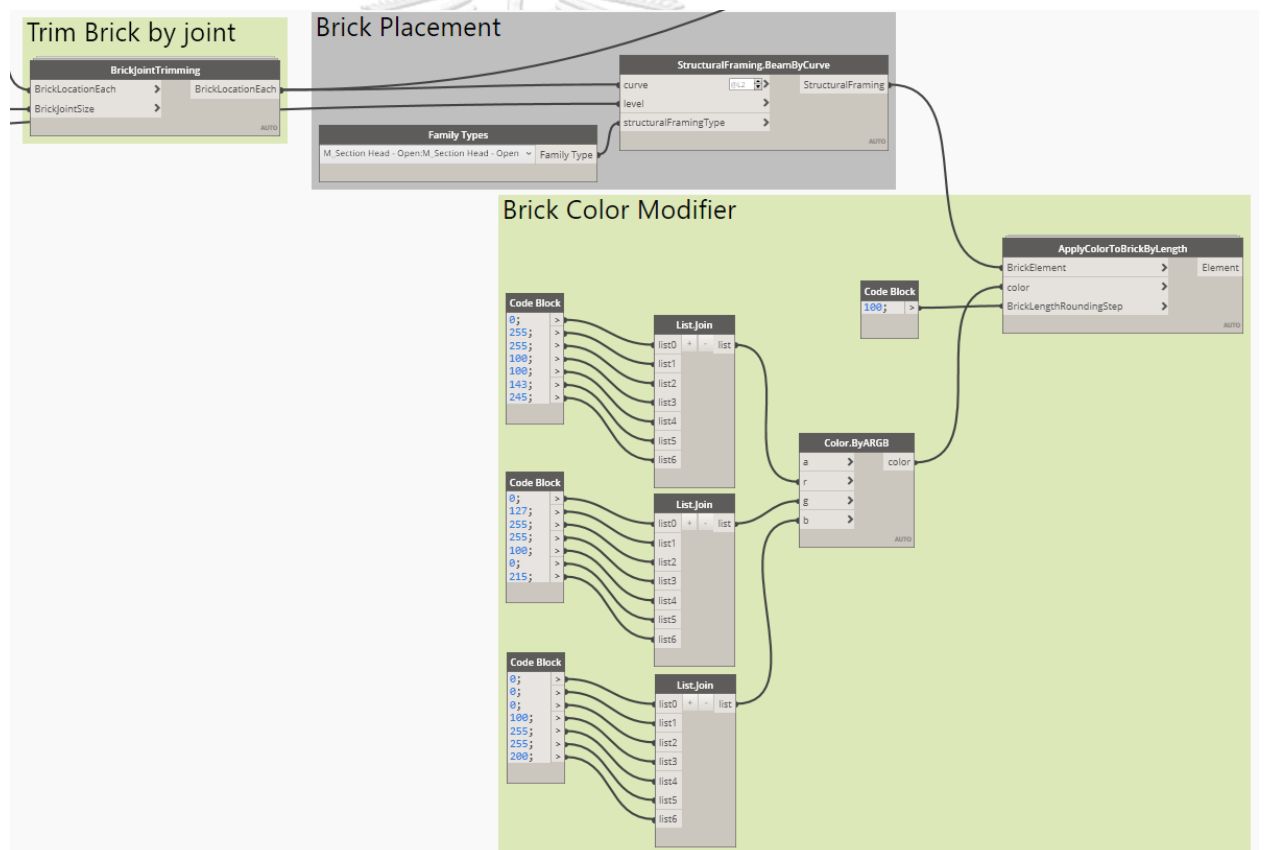
ข้อมูลส่งออก :

- BrickLocationEach พิกัดจุดเริ่มต้น-สิ้นสุดของอิฐ

#### 4.2.4.8 การคำนวณเปลี่ยนสีอิฐเพื่อแสดงสีความยาว

เป็นส่วนที่คำนวณความยาวของอิฐซึ่งมีขนาดแตกต่างกัน โดยหากใช้รูปแบบปกติจะไม่สามารถบอกช่วงความยาวได้ หากใช้สีเป็นการแบ่งช่วงความยาว จะสามารถช่วยในการมองเห็นภาพได้ดีขึ้น

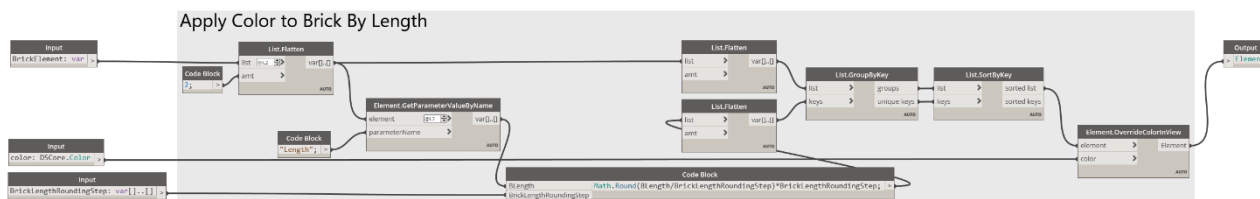
คำนวณโดยการรับค่าความยาวของเส้นแนวอิฐแต่ละก้อนแล้วนำมาหารด้วยระยะช่วงความยาวที่ต้องการแบ่ง จากนั้นนำไปปัดเศษ และคูณด้วยความยาวช่วง เช่น อิฐเต็มยาว 600 มม. ต้องการแบ่งความยาวเป็นช่วงละ 100 มม. จะได้ว่า  $(\text{Math.Round}(\text{ความยาวอิฐ}/100)) * 100$  หลังจากนั้นเปลี่ยนสีของอิฐที่อยู่ในแต่ละช่วงตามค่าสี RGB ตามความเหมาะสมข้อกำหนดของโครงการ



รูปที่ 4.36 กลุ่มการเปลี่ยนสีของชิ้นส่วนอิฐแยกตามความยาว

#### 4.2.4.9 ชุดคำสั่ง ApplyBrickColorByLength

ในกลุ่มนี้เป็นการเปลี่ยนสีการแสดงผลของอิฐตามความยาวแบ่งช่วง



รูปที่ 4.37 กลุ่ม ApplyBrickColorBylength

รับข้อมูล :

- BrickElement ชิ้นอิฐที่ถูกสร้าง
- Color ช่วงสี RGB
- BrickRoundingStep ระยะแบ่งช่วงความยาว

ข้อมูลส่งออก :

- Element ชิ้นอิฐที่แปลงสีแล้ว

#### 4.2.5 การสร้างรายงานปริมาณวัสดุ

เป็นส่วนที่สร้างรายงานปริมาณวัสดุในแต่ละประเภท คือ

- พื้นที่ผนัง
- ระยะเชื่อมของประตูและหน้าต่าง
- ความยาวเสาเอ็นรวม และตามความยาวรายชั้น
- ความยาวคานเอ็น และตามความยาวรายชั้น
- จำนวนอิฐในแต่ละความยาวรวมทั้งโมเดล
- จำนวนอิฐในแต่ละความยาวแยกแต่ละแผงผนัง

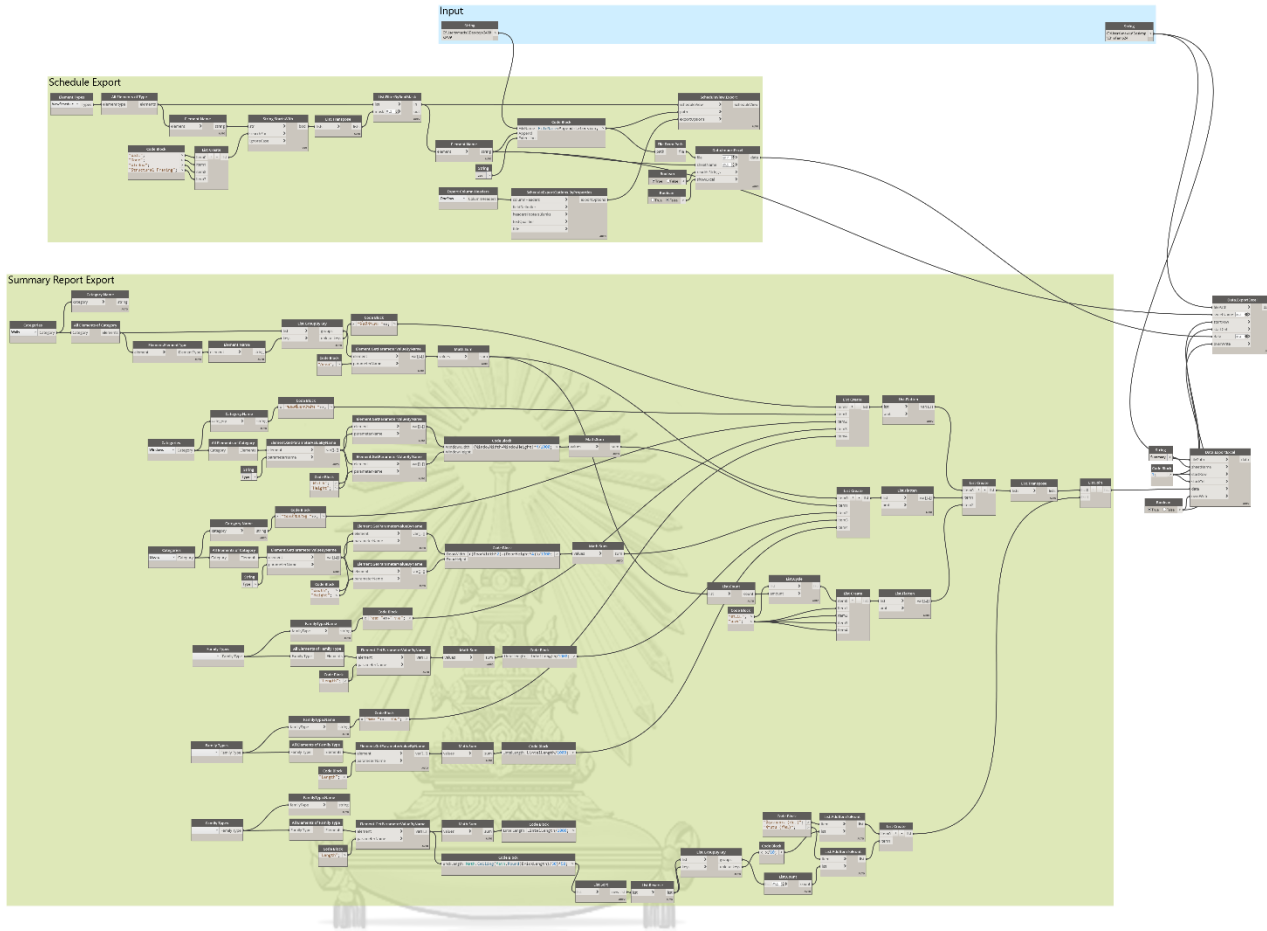
#### 4.2.5.1 ชุดคำสั่ง BrickByWallReportExport

มี 2 ส่วนย่อยคือ

- เป็นกลุ่มที่นำค่าความยาวของอิฐในแต่ละก้อนมาจัดกลุ่มตามตำแหน่งผนังอิฐ
- เป็นกลุ่มที่นำค่าความยาวอิฐมารวมและจัดกลุ่มนับจำนวนความยาวทั้งหมดของแบบจำลองและนำค่าที่ได้ไปสร้างเป็นรายงานในรูปแบบไฟล์ CSV (Comma



สามารถรันได้ทันทีหลังจากรันชุดคำสั่ง Auto Brick-Intel และหลังจากการปรับแต่งข้อมูลให้สมบูรณ์แล้ว



รูปที่ 4.40 กลุ่ม ScheduleExport

รับข้อมูล :

- filePath ที่อยู่และชื่อของไฟล์ที่ต้องการสร้าง

ข้อมูลส่งออก :

- รายงานปริมาณพื้นที่ผนัง
- ระยะเชื่อมของประตูและหน้าต่าง
- ความยาวเสาเอ็นรวม และตามความยาวรายชั้น
- ความยาวคานเอ็น และตามความยาวรายชั้น
- จำนวนอิฐในแต่ละความยาวรวมทั้งโมเดล
- จำนวนอิฐในแต่ละความยาวแยกแต่ละแผงผนัง

#### 4.2.6 การปรับค่าเพื่อการใช้งานในโครงการต่าง ๆ

ส่วนนี้กล่าวถึงการทดสอบการใช้งานชุดคำสั่ง Dynamo กับแบบจำลองตัวอย่าง โดยแบ่งออกเป็น การแสดงผล และปริมาณวัสดุ

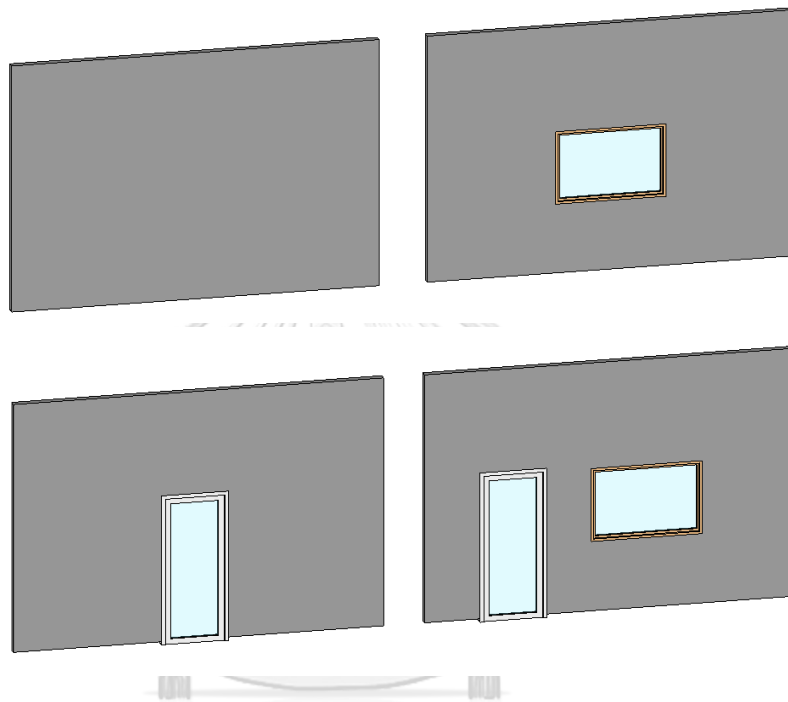
ก่อนรันทุกครั้งจำเป็นต้องมีการปรับค่า Input และเงื่อนไขให้ตรงกับข้อกำหนดหรือความต้องการของโครงการก่อน โดยมีส่วนที่ต้องปรับคือ

- 1) 4.2.1.1 Input ปรับค่า walltype, BrickDepth, BrickLength, BrickThickness, BrickJointSize, LintelDepth, LintelThickness, และ LintelSpan
- 2) 4.2.2.1 OpeningLintelBeam เลือก node ที่เงื่อนไขตรงกับลักษณะอิฐก่อ (อิฐมอญ อิฐมวลเบา 7.5 ซม. หรือ 10 ซม. ขึ้นไป)
- 3) 4.2.3.7 CombineOfWallEnd-OpeningRim-SecondaryPoint เลือก node ที่เงื่อนไขตรงกับลักษณะอิฐก่อ (อิฐมอญ อิฐมวลเบา 7.5 ซม. หรือ 10 ซม. ขึ้นไป)
- 4) Lintel Placement ของแต่ละชั้นส่วน (อิฐ, เสาเอ็น, และคานทับหลัง) เลือก ประเภท Element ตามลักษณะของ family และประเภทของ Lintel (อิฐ, เสาเอ็น, และคานทับหลัง)
- 5) 4.2.4.9 ApplyBrickColorBylength ปรับจำนวนช่วง และค่าสี RGB
- 6) 4.2.5.1 BrickByWallReportExport และ 4.2.5.2 ScheduleExport ปรับที่อยู่ (address) ของไฟล์รายงานที่ต้องการสร้าง



### 4.3 การทดสอบระบบ

ข้อมูลที่ใช้คือผนังอิฐมวลเบาหนา 7.5 ซม. ความหนาปูนก่อ 2 มม. ความกว้าง 5 เมตร สูง 3 เมตร โดยมีรูปแบบ 4 รูปแบบ คือ ผนังทึบไม่มีช่องเปิด ผนังมีประตู ผนังมีหน้าต่าง และผนังที่มีประตูและหน้าต่าง ดังรูปที่ 1 โดยประตูมีความกว้าง 0.90 เมตร และสูง 2 เมตร ส่วนหน้าต่างมีความกว้าง 1.50 เมตร และความสูง 1 เมตร



รูปที่ 4.41 แบบจำลองที่ใช้ทดสอบ สร้างโดย Autodesk Revit

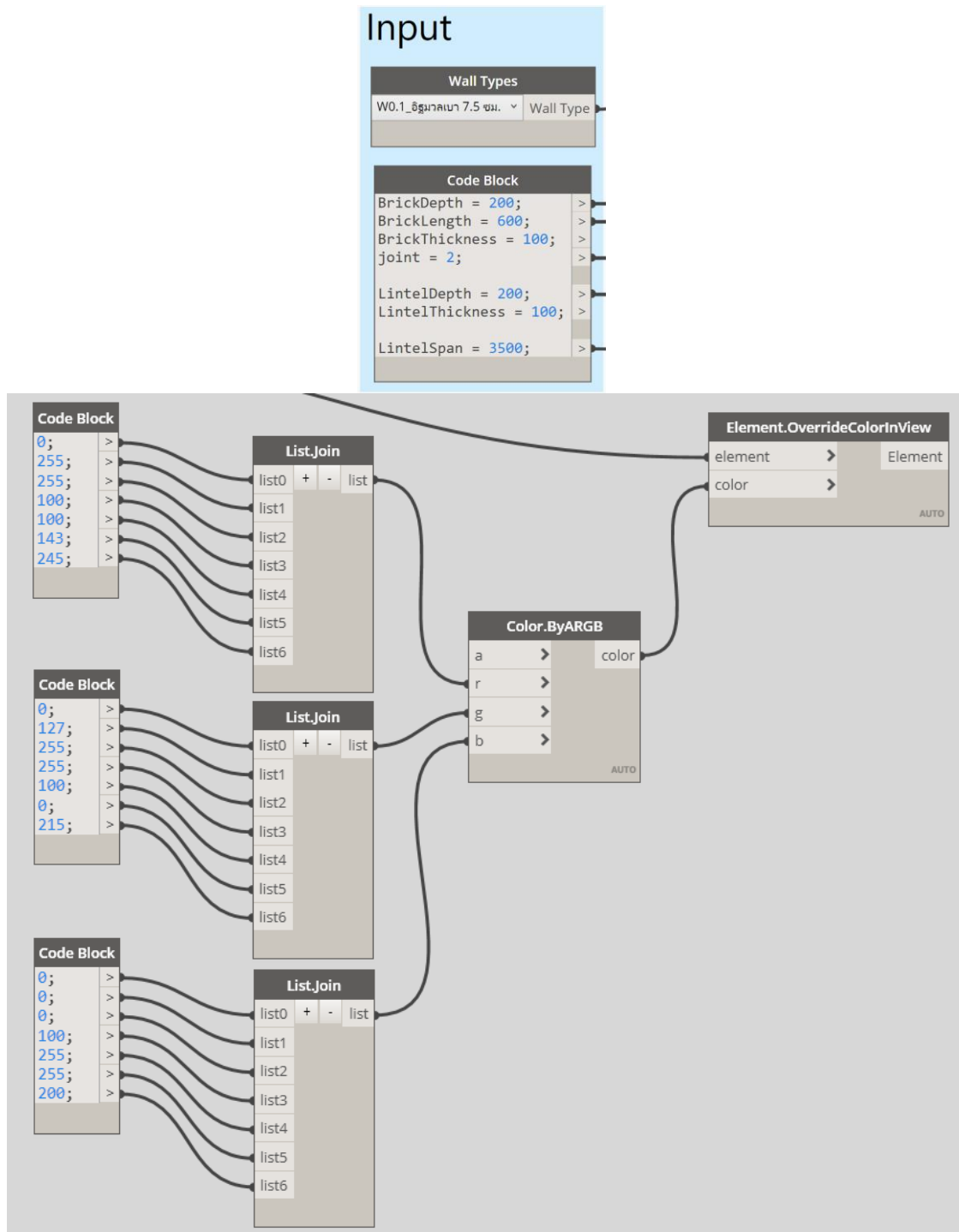
#### 4.4 สรุปผลการทดสอบ

ในการทดสอบมีการตั้งค่าต่าง ๆ ดังนี้

ค่าพารามิเตอร์	ขนาด
BrickDepth	200
BrickThickness	75
BrickLength	600
BrickJointSize	2
LintelColumnDepth	200
LintelColumnThickness	75
LintelBeamDepth	200
LintelBeamThickness	75
LintelSpan	3000

ลำดับที่	ค่าสี R	ค่าสี G	ค่าสี B	สี
1	0	0	0	ดำ
2	255	127	0	ส้ม
3	255	255	0	เหลือง
4	100	255	100	เขียว
5	100	100	255	น้ำเงิน
6	143	0	255	ม่วง
7	245	215	200	น้ำตาล

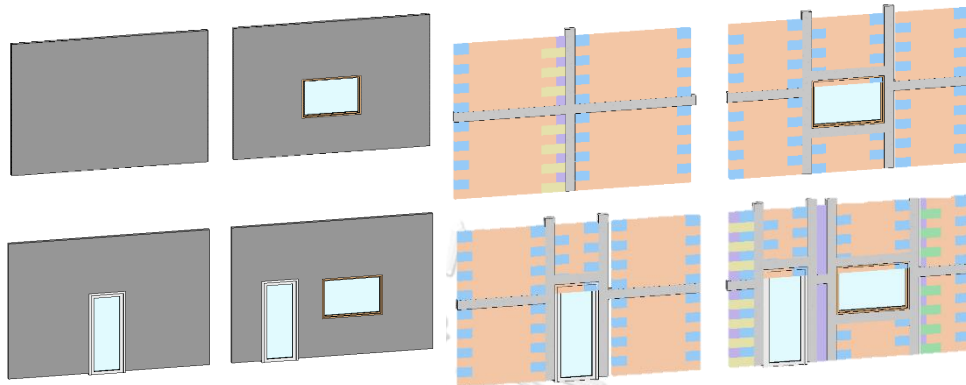
โดยใช้การแบ่งช่วงช่วงละ 100 มิลลิเมตร



รูปที่ 4.42 ค่า Input ในกรณีทดสอบ

จากข้อมูลที่ได้จากการใช้งาน Auto Lintel-Brick ให้ผลออกมาเป็นข้อมูลในรูปแบบ BIM model ที่มีชิ้นส่วนประกอบผนังที่มีรายละเอียดรูปแบบและตำแหน่งของเสาเอ็น คานทับหลัง และอิฐ และรูปแบบ spreadsheets ที่มีข้อมูลความยาวและจำนวนของแต่ละส่วนประกอบ โดยแบบจำลอง

สามมิติสามารถแสดงผลให้เห็นรายละเอียดลักษณะการก่อสร้างชิ้นส่วนเสาเอ็นคานทับหลังในตำแหน่งผนัง และแสดงผลอิฐในรูปแบบชิ้นเดียวที่มีสีที่บ่งบอกถึงความยาวของชิ้นส่วนเพื่อช่วยในการแบ่งแยกความยาวของแต่ละก้อนได้ง่ายกว่าการที่ไม่มีสีบ่งบอก จากแบบจำลองตัวอย่างได้ผลดังรูปที่ 4.43 แบบจำลองที่ใช้ทดสอบ (ซ้าย) แบบจำลองที่ผ่านการรัน Auto Lintel-Brick (ขวา)รูปที่ 4.43



รูปที่ 4.43 แบบจำลองที่ใช้ทดสอบ (ซ้าย) แบบจำลองที่ผ่านการรัน Auto Lintel-Brick (ขวา)

The top screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

Element ID	Length (mm)	Count
468403	3550	2
468767	3550	4
602982	3550	2
603036	7050	3

The bottom screenshot shows a summary table for the same data:

Element ID	Length (mm)	Count
7050	3550	8
3		

รูปที่ 4.44 ข้อมูลขนาดและจำนวนของเสาเอ็นแยกตามรายผนัง (บน) และแบบรวม (ล่าง) ในรูปแบบ Spreadsheet

จากรูปที่ 4.44 แสดงหน้าต่างของหน้าจอโปรแกรม Microsoft Excel แสดงผลขนาดและจำนวนของเสาเอ็นที่ถูกสร้างขึ้นจากการคำนวณรูปแบบแยกตามรายผนังโดยมีรหัสชิ้นส่วน (Element ID) ของผนังแต่ละผนังที่มีเสาเอ็นนั้น ๆ อยู่ และแบบรวมทุกผนัง

The top screenshot shows a spreadsheet with the following data:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
2		468403														
3		Length (mm)		1800	1600	1500										
4		Count	1	1	1	2										
5		468767														
6		Length (mm)		1500	900	850	200									
7		Count	3	2	1	2	1									
8		602982														
9		Length (mm)		2100	1900	900										
10		Count	2	1	1	1										
11		603036														
12		Length (mm)		10600												
13		Count	1	2												

The bottom screenshot shows a summary row 19:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
19		Length (mm)		10600	2100	1900	1800	1600	1500	900	850	200				
		Count	7	2	1	1	1	1	4	2	2	1				

รูปที่ 4.45 ข้อมูลขนาดและจำนวนของคานทับหลังแยกตามรายผนัง (บน) และแบบรวม (ล่าง) ในรูปแบบ Spreadsheet

จากรูปที่ 4.45 แสดงหน้าตาต่างของหน้าจอโปรแกรม Microsoft Excel แสดงผลขนาดและจำนวนของคานทับหลังที่ถูกสร้างขึ้นจากการคำนวณรูปแบบแยกตามรายผนังโดยมีรหัสชิ้นส่วน (Element ID) ของผนังแต่ละผนังที่มีคานทับหลังนั้น ๆ อยู่ และแบบรวมทุกผนัง

The top screenshot shows a spreadsheet with the following data:

Row	Length (mm)	Count	600	596	394	344	298	294	94	44
3	468403									
4	Length (mm)	600	596	394	344	298	294	94	44	
5	Count	82	6	8	8	22	6	8	8	

The bottom screenshot shows a spreadsheet with the following data:

Row	Length (mm)	Count	600	598	596	550	548	492	394	344	342	298	296	294	248
3	468767														
4	Length (mm)	600	598	596	550	548	492	394	344	342	298	296	294	248	
5	Count	636	8	12	16	16	16	24	8	48	116	8	12	16	

รูปที่ 4.46 ข้อมูลขนาดและจำนวนของอิฐแยกตามรายผนัง (บน) และแบบรวม (ล่าง) ในรูปแบบ Spreadsheet

จากรูปที่ 4.46 แสดงหน้าต่างของหน้าจอโปรแกรม Microsoft Excel แสดงผลขนาดและจำนวนของอิฐที่ถูกสร้างขึ้นจากการคำนวณรูปแบบแยกตามรายผนังโดยมีรหัสชิ้นส่วน (Element ID) ของผนังแต่ละผนังที่มีอิฐนั้น ๆ อยู่ และแบบรวมทุกผนัง

The top screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1															
2		Length (mm)	0	100	200	300	400	500	600						
3		Red	191	191	150	156	229	243	248						
4		Green	178	178	202	220	225	198	163						
5		Blue	234	234	247	170	171	165	168						
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															

The bottom screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1														
2		อิฐมวลเบา 7.5 ซม สูง	200	Family Parameter Value										
3		อิฐมวลเบา 7.5 ซม กว้าง	100	Family Parameter Value										
4		อิฐมวลเบา 7.5 ซม ปูนฉาบหนา	2											
5		เสาเอ็นมวลเบา 7.5 ซม สูง	200	Family Parameter Value										
6		เสาเอ็นมวลเบา 7.5 ซม สูง	100	Family Parameter Value										
7		दानທັບທຳລັງມວນເບາ 7.5 ຈມ ສູງ	200	Family Parameter Value										
8		दानທັບທຳລັງມວນເບາ 7.5 ຈມ ສູງ	100	Family Parameter Value										
9														
10														
11														
12														
13														
14														

รูปที่ 4.47 ข้อมูลสีที่แสดงความยาวของอิฐ (บน) และค่าพารามิเตอร์ที่ใช้และที่มา (ล่าง) ในรูปแบบ Spreadsheet

จากรูปที่ 4.47 แสดงหน้าต่างของหน้าจอโปรแกรม Microsoft Excel แสดงผลค่าสี RGB ที่แสดงถึงอิฐแต่ละช่วงขนาด และแสดงผลค่าข้อมูลขนาดต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการคำนวณและที่มาของข้อมูล

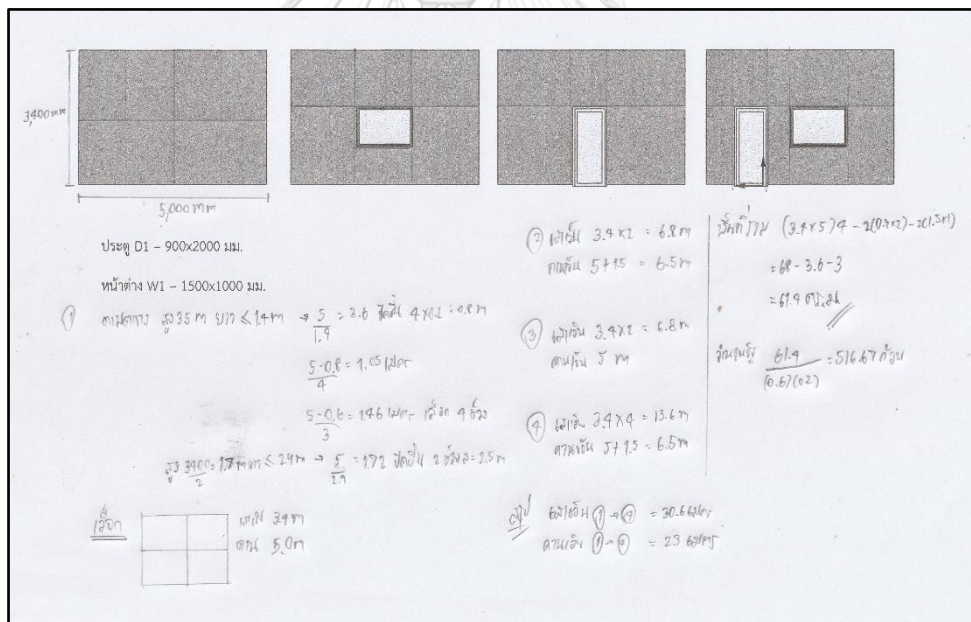


	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1														
2		พื้นที่กำแพง W0.1 อิฐมวลเบา 7.5 ซม.	57.42 ตร.ม.											
3		ระยะเชื่อมหน้าต่าง Windows	20 เมตร											
4		ระยะเชื่อมประตู Doors	10 เมตร											
5		ระยะ เสาเอ็น รวม	30.5 เมตร											
6		ระยะ คานทับหลัง รวม	7.8 เมตร											
7		อิฐความยาว (ซม.)	60	55	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5
8		จำนวน (ก้อน)	301	32	30	8	16	15	75	28	30	7	14	15

รูปที่ 4.48 ข้อมูลขึ้นรายการขึ้นส่วนจาก ScheduleExport

จากรูปที่ 4.48 แสดงผลพื้นที่ผนัง ระยะเชื่อมประตูและหน้าต่าง ระยะรวมเสาเอ็น และระยะรวมคานทับหลัง และอิฐในแต่ละความยาวรวมทั้งหมด

โดยในการทดสอบได้ถอดปริมาณโดยใช้วิธีเดิมคือการถอดปริมาณด้วยการคำนวณระยะและตำแหน่งแบบละเอียดด้วยการคำนวณบนกระดาษโดยคิดการหักลบพื้นที่ผนังตามพื้นที่ช่องเปิด ได้ข้อมูลดังที่แสดงในรูปที่ 4.49 พบว่ามีความต่างของพื้นที่ผนัง 0.16% ความยาวเสาเอ็นคำนวณได้เท่ากัน ความยาวคานทับหลังมีความต่าง 3.47% จำนวนอิฐมีความต่าง 18.36% ดังแสดงในตารางที่ 4.4 และตารางที่ 4.5



รูปที่ 4.49 การคำนวณแบบละเอียดด้วยการทดบนกระดาษ

ตารางที่ 4.2 ขนาดและจำนวนของชิ้นส่วนเสาเอ็นคานทับหลังและอิฐแยกตามรายผนัง

ขนาดและจำนวนของชิ้นส่วนเสาเอ็นคานทับหลังและอิฐแยกตามรายผนัง						
หมายเลข ชิ้นส่วนผนัง	เสาเอ็น		คานทับหลัง		อิฐ	
	Length (mm)	Count	Length (mm)	Count	Length (mm)	Count
468403	3550	2	1800	1	600	82
			1600	1	596	6
			1500	2	394	8
					344	8
					298	22
					294	6
					94	8
468767	3550	4	1500	2	600	30
			900	1	598	4
			850	2	596	6
			200	1	550	8
					548	16
					298	18
					296	4
					294	6
					248	8
					246	16
		198	16			
602982	3550	2	2100	1	600	76
			1900	1	598	4
			900	1	550	8
					394	16
					298	12
					296	4
					248	8
603036	7050	3	10600	2	600	448
					492	16
					342	48
					298	64
					190	16
		40	48			

ตารางที่ 4.3 ขนาดและจำนวนของชิ้นส่วนเสาเอ็นคานทับหลังและอิฐรวมทุกผนัง

ขนาดและจำนวนของชิ้นส่วนเสาเอ็นคานทับหลังและอิฐรวมทุกผนัง					
เสาเอ็น		คานทับหลัง		อิฐ	
Length (mm)	Count	Length (mm)	Count	Length (mm)	Count
7050	3	10600	2	600	636
3550	8	2100	1	598	8
		1900	1	596	12
		1800	1	550	16
		1600	1	548	16
		1500	4	492	16
		900	2	394	24
		850	2	344	8
		200	1	342	48
				298	116
				296	8
				294	12
				248	16
				246	16
				198	16
				190	16
				94	8
				92	16
				44	8
				40	48

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบการถอดปริมาณด้วยมือและการคำนวณด้วย Auto Lintel-Brick รวมทุกผนัง

	การถอดด้วยมือ	Auto Lintel-Brick	ความต่าง(%)
พื้นที่งานผนัง	61.4 ตร.ม.	61.3 ตร.ม.	-0.16
ความยาวเสาเอ็น	30.6 ม.	30.6 ม.	0
ความยาวคานทับหลัง	23 ม.	22.2 ม.	-3.47
จำนวนอิฐ	517 ก้อน	422 ก้อน	-18.36
เวลาที่ใช้ในการคำนวณ	25 นาที (ไม่รวมลាយก่ออิฐ)	2 นาที (ปริมาณงาน+เสาเอ็น) 3 นาที (ทั้งหมด(รวมลายก่อ))	

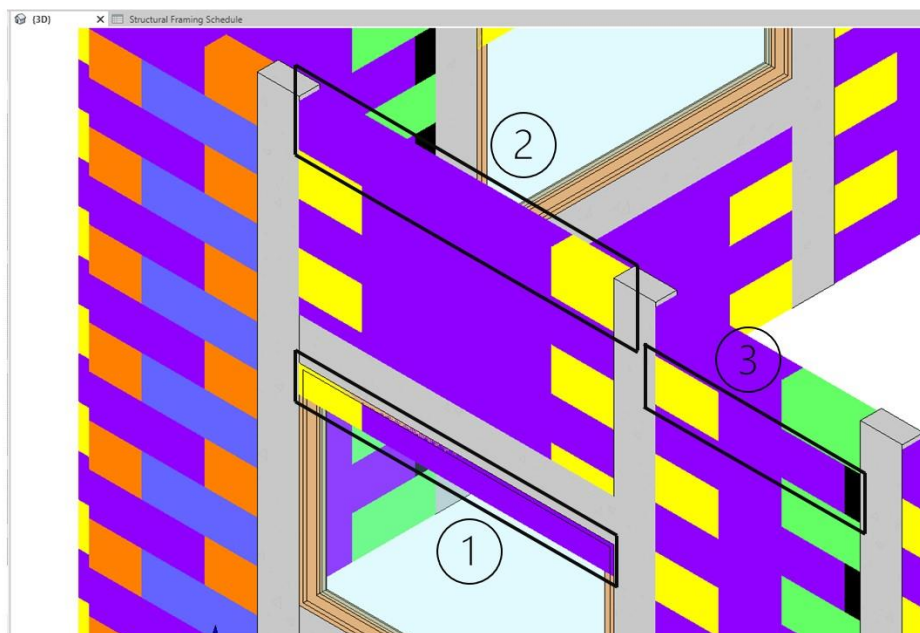
จากตารางที่ 4.5 พบว่าการปริมาณของพื้นที่ผนังและความยาวเสาเอ็นนั้นไม่แตกต่างกัน แต่ในส่วนของคานทับหลังจะมีความต่าง หากการคำนวณนั้นไม่ได้หักลบความหนาของเสาเอ็น-คานทับหลัง แต่เมื่อนำความหนามาคำนวณร่วมด้วยจะได้ผลว่าปริมาณความยาวคานทับหลังใกล้เคียงกัน เช่นเดียวกับปริมาณอิฐก่อ แต่เวลาที่ใช้ในการคำนวณนั้นแตกต่างกันมากคือ 25 นาที สำหรับการถอดปริมาณด้วยการคำนวณด้วยมือบนกระดาษ ในขณะที่ใช้เวลา 2 นาที หากใช้การคำนวณปริมาณและตำแหน่งของเสาเอ็นและคานทับหลังด้วย Auto Lintel-Brick และหากมีการคำนวณปริมาณอิฐและลាយก่ออิฐร่วมด้วยจะใช้เวลาเป็น 3 นาที

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบการถอดปริมาณด้วยมือและการคำนวณด้วย Auto Lintel-Brick แยกราย  
ทุกผนัง

		การถอดด้วยมือ	Auto Lintel-Brick	ความต่าง (%)
พื้นที่งานผนัง (ตารางเมตร)	ผนังไม่มีช่องเปิด	17	17	0.00
	ผนังที่มีหน้าต่าง	15.5	15.4	-0.65
	ผนังที่มีประตู	15.2	15.2	0.00
	ผนังที่มีประตู และหน้าต่าง	13.7	13.6	-0.73
ความยาวเสาเอ็น (เมตร)	ผนังไม่มีช่องเปิด	3.4	3.4	0.00
	ผนังที่มีหน้าต่าง	6.8	6.8	0.00
	ผนังที่มีประตู	6.8	6.8	0.00
	ผนังที่มีประตู และหน้าต่าง	13.6	13.6	0.00
ความยาวคานทับหลัง (เมตร) (*คำนวณโดยคิด ความหนาเสา -คานทับหลัง)	ผนังไม่มีช่องเปิด	5	5	0.00
	ผนังที่มีหน้าต่าง	6.5	6.3	-3.08
	ผนังที่มีประตู	5	4.8	-4.00
	ผนังที่มีประตู และหน้าต่าง	6.5/(5.7)*	5.7	-12.31/(0.00)*
จำนวนอิฐ (ก้อน) (*คำนวณโดยคิด ความหนาเสา -คานทับหลัง)	ผนังไม่มีช่องเปิด	142/(128)*	127	-10.56/(-0.78)*
	ผนังที่มีหน้าต่าง	130/(108)*	108	-16.92/(0.15)*
	ผนังที่มีประตู	127/(108)*	97	-23.62/(-9.63)*
	ผนังที่มีประตู และหน้าต่าง	114/(81)*	84	-26.32/(4.35)*
เวลาที่ใช้ในการคำนวณ		25 นาที (ไม่รวมสายก่ออิฐ)	2 นาที (ปริมาณงาน+เสาคาน) 3 นาที (ทั้งหมด(รวมสายก่อ))	

อย่างไรก็ตามในการคำนวณพบว่ามีบางกรณีที่เป็นจุดสังเกตคือ

- 1) อิฐที่อยู่เหนือช่องเปิดหากเส้นขอบบนของชั้นอิฐอยู่ในเนื้อผนัง อิฐชั้นนั้นจะถูกสร้างขึ้นมาและจะมีทับพื้นที่ช่องเปิดเข้ามาทางด้านบน
- 2) อิฐที่มีความสูงไม่เต็ม จะไม่ถูกนับและสร้างขึ้น เนื่องจากการคำนวณจะอ้างอิงจากขอบบนของอิฐ



รูปที่ 4.50 กรณีอิฐเหนือช่องเปิดและอิฐชั้นบนสุด

- 3) อิฐที่ถูกสร้างขึ้นในแถวเลขคู่อาจมีขนาดที่ไม่ได้มีการเรียงที่ประหยัดที่สุด เนื่องจากชั้นคู่จะเริ่มจากก้อนแรกที่ครึ่งหนึ่งของความยาว เช่น หากอิฐยาว 60 ซม. และช่วงก่อยาว 100 ซม. ในชั้นคู่จะมีอิฐ 3 ก้อนคือ 30 ซม. 60 ซม. และ 10 ซม. เรียงตามลำดับ แต่หากใช้อิฐที่ขนาด 40 ซม. และ 60 ซม. จะสามารถลดปริมาณการตัดซึ่งเป็นผลต่อเวลาและการเสียหายของวัสดุได้
- 4) หากมีช่องเปิดที่อยู่ติดกัน เช่น หน้าต่างต่อกันที่มุม เสาเอ็นจะถูกสร้างขึ้นมามีตำแหน่งทับซ้อนกัน เนื่องจากเสาเอ็นช่องเปิดจะถูกสร้างโดยอิงกับตำแหน่งของช่องเปิด
- 5) กรณีช่องเปิดที่มีตำแหน่งยื่นทับกับผนังอีกแผงหนึ่ง เนื่องจากโปรแกรม Autodesk Revit จะนับว่าในผนังแผงนั้นๆ มีช่องเปิดอยู่ในแผงนั้นๆ ด้วย ทำให้อิฐจะไม่ถูกสร้างขึ้นมา และเสาเอ็น-คานทับหลังจะถูกสร้างขึ้นทับซ้อน

## บทที่ 5

### ทดสอบแนวคิดกับกรณีศึกษา โดย การประยุกต์ใช้ Auto Brick-Intel

บทนี้เป็นการนำเสนอการใช้งานการสร้างชิ้นส่วนกับแบบจำลองอาคารเพื่อทดสอบการทำงานและผลลัพธ์ในโครงการก่อสร้างจริง โดยกรณีศึกษาคือโครงการทั้งหมด 4 โครงการ โดยมีลักษณะเป็นอาคารที่อยู่อาศัย

ในส่วนการคำนวณนี้สมรรถนะของคอมพิวเตอร์มีผลต่อระยะเวลาที่ใช้ในการคำนวณ ซึ่งส่วนนี้ได้ใช้คอมพิวเตอร์ดังนี้

- CPU รุ่น Intel Core i5 7300HQ (4 cores)
- RAM DDR4 2400MHz ขนาด 16GB
- SSD NVMe 1.3 - PCIe 3.0 ขนาด 1TB
- GPU รุ่น Nvidia GeForce GTX1050 4GB

#### 5.1 ลักษณะของโครงการในกรณีศึกษา

โครงการกรณีศึกษา แบ่งเป็น 4 โครงการ แบ่งเป็นโครงการที่มีและไม่มีการถอดปริมาณโดยผู้รับเหมา โดยโครงการที่มีการถอดปริมาณ 2 ระดับคือ ถอดปริมาณชิ้นส่วนเป็นอัตราส่วนตามพื้นที่ผนังและถอดปริมาณแบบละเอียด ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ลักษณะของโครงการ

วิธีการถอดปริมาณ	ชื่อโครงการ	ลักษณะโครงการ	จำนวนชั้น	ขนาดพื้นที่ (ตารางเมตร)	วัสดุก่อ
ไม่มีการถอดปริมาณ	A	บ้านเดี่ยว	2	245	อิฐมวลเบา 7.5 ซม.
นับพื้นที่ผนัง	B	ทาวนโฮม	2	91	อิฐมวลเบา 7.5 ซม.
นับพื้นที่ผนัง	C	บ้านเดี่ยว	2	234	อิฐมวลเบา 7.5 ซม.
แบบละเอียด	D	บ้านเดี่ยว	2	260	อิฐมวลเบา 7.5 ซม.

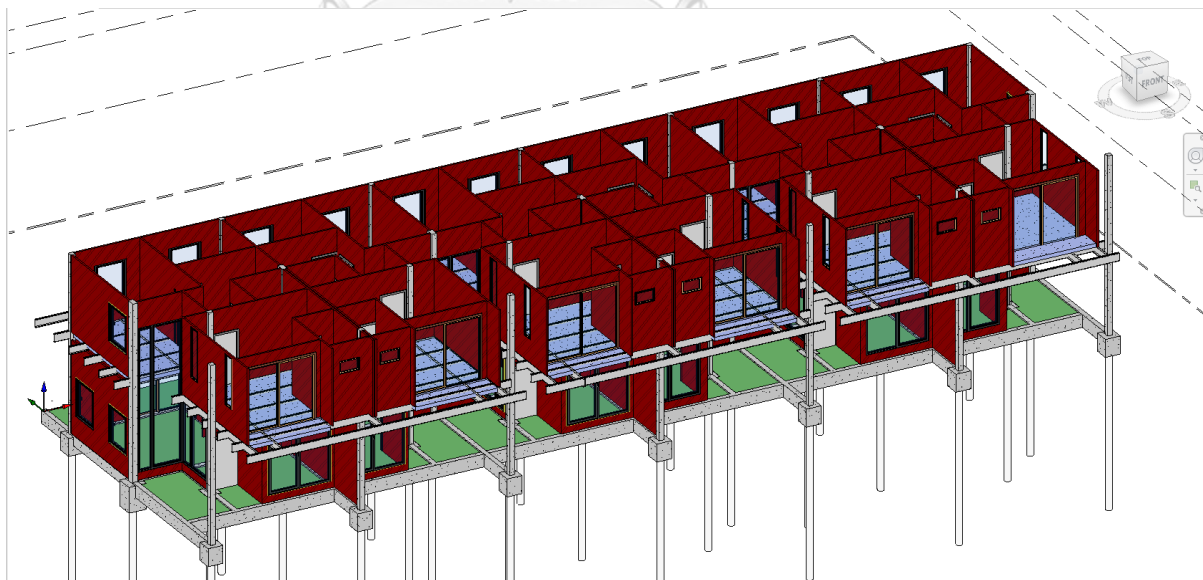
โครงการที่เป็นกรณีศึกษามีข้อมูลการถอดปริมาณจากโครงการ 3 แบบ คือ ไม่มีข้อมูลการถอดปริมาณ 1 โครงการ การถอดปริมาณด้วยพื้นที่ผนัง 2 โครงการ และการถอดปริมาณด้วยการถอดแบบละเอียด 1 โครงการ โดยมีลักษณะโครงการบ้านเดี่ยว 3 โครงการ และ ทาวน์โฮม 1 โครงการ

## 5.2 ขั้นตอนประยุกต์ใช้งานกับกรณีศึกษา

หัวข้อนี้จะอธิบายขั้นตอนการประยุกต์ใช้งานกับโครงการกรณีศึกษา โดยมีขั้นตอนเหมือนกับกรณีตัวอย่างในหัวข้อที่ 4.3 และ 4.2 แต่ข้อมูลที่นำมาใช้มีลักษณะแตกต่างกันเพื่อทดสอบความแตกต่างกันระหว่างกรณีตัวอย่างและกรณีศึกษาที่มีการใช้งานจริง โดยกระบวนการประกอบไปด้วยการสร้างข้อมูลแบบจำลองสามมิติ BIM ของโครงการ และปรับค่าและทำงานของชุดคำสั่ง Dynamo – Lintel Brick Placement และ Schedule Export

### 1) การสร้างข้อมูลแบบจำลองสามมิติ BIM ของโครงการ

งานวิจัยใช้แบบจำลองสามมิติเฉพาะส่วนงานที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย โดยแบบสามมิติที่ใช้จะใช้ข้อมูลชิ้นส่วนที่เกี่ยวข้องกับงานผนังเท่านั้น เช่น ผนัง ประตู หน้าต่าง และเสา โดยแบบจำลองที่นำมาใช้จะถูกสร้างด้วยข้อกำหนดในการเขียนแบบจำลองแบบเดียวกัน



รูปที่ 5.1 ตัวอย่างแบบจำลองสามมิติของโครงการกรณีศึกษา



2) ปรับค่าและรันสคริปต์ Dynamo – Lintel Brick Placement และ ScheduleExport

ชุดคำสั่งที่ใช้ต้องปรับให้เข้ากับความต้องการของข้อกำหนดตามมาตรฐานของวัสดุ ซึ่งมีข้อกำหนดดังรูปที่ 5.2 แต่หากโครงการนั้นๆ มีข้อกำหนดที่แตกต่างไป เช่น ระยะช่วงของผนัง หรือความสูงสูงสุดผนัง แตกต่างจากที่เป็นมาตรฐานแล้วนั้น จำเป็นต้องมีการปรับค่าเพื่อให้การคำนวณนั้นตรงกับค่าที่กำหนดของโครงการก่อนการทำงานด้วย

**ความ ยาวสูงสุดของผนัง โดยไม่ต้องมีเสาเอ็น / กับหลัง คสล. (เมตร)**

ความสูง (เมตร)	ความหนา Q-CON Block ( เซนติเมตร )					
	7.5	10	12.5	15	17.5	20
2.5	2.9	4.7	6.4	8.0	9.2	9.2
2.75	2.6	4.5	5.8	7.7	9.2	9.2
3	2.4	4.3	5.3	6.6	8.5	9.2
3.25	2.1	3.7	5.0	6.1	7.7	9.2
3.5	1.4	3.4	4.3	5.7	6.8	9.2
3.75	-	2.9	3.8	5.1	6.0	9.2
4	-	2.3	3.0	4.4	5.1	8.5
4.5	-	1.1	2.0	3.2	4.7	7.7
5	-	-	1.4	2.6	4.3	6.4
5.5	-	-	-	2.0	3.4	5.1
6	-	-	-	1.2	2.6	4.3



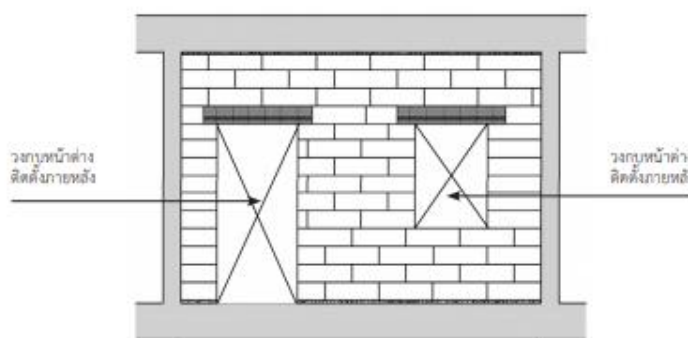
### ขนาดคานทับหลังสำเร็จรูป (Lintel)

ความหนา (ซม.)	ความสูง (ซม.)	ความยาว (ซม.)	ระยะนั่ง (ซม.)
			อิฐ Q-CON หนาตั้งแต่ 10 ซม.ขึ้นไป
7.5, 10, 12.5, 15, 20	20	1.20, 1.50, 1.80, 2.10, 2.40, 2.70, 3.00, 3.30, 3.60	15-30

### ความยาวคานทับหลังสำเร็จรูป (Lintel)

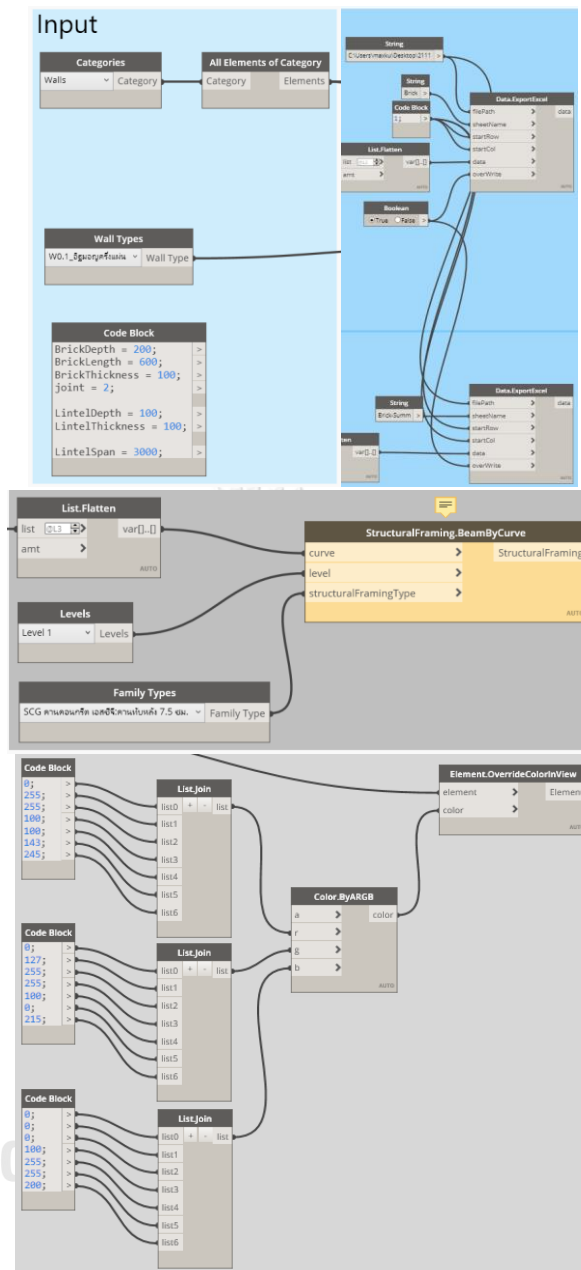
อิฐ Q-CON หนา 10 ซม.	
ขนาดช่องเปิด (ม.)	คานทับหลังยาว (ม.)
ไม่เกิน 0.90	1.20
0.90 - 1.10	1.50
1.10 - 1.40	1.80
1.40 - 1.70	2.10
1.70 - 2.00	2.40
2.00 - 2.10	2.70
2.10 - 2.40	3.00
2.40 - 2.70	3.30
2.70 - 3.00	3.60

### รูปการใช้คานทับหลังสำเร็จรูป (Lintel) สำหรับอิฐ Q-CON หนา 10 ซม.ขึ้นไป

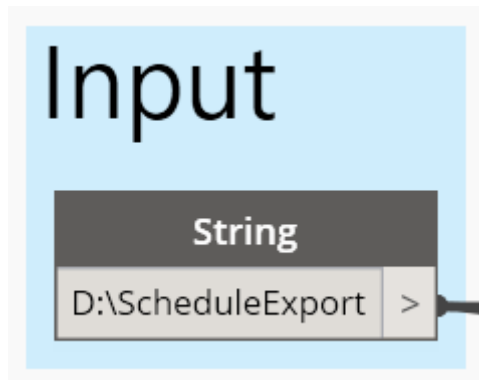


รูปที่ 5.2 เจ็อนไขและลักษณะการวางคานทับหลังอิฐมวลเบาสำเร็จรูป

ก่อนการทำงานของ Auto Lintel-Brick นั้นจำเป็นต้องปรับค่า Input ให้ตรงกับข้อกำหนดหรือความต้องการของโครงการนั้นๆ ก่อน โดยจะต้องเลือก Family Type ของผนัง กำหนดค่าความหนาและความสูงของเสาเอ็น คานทับหลัง และอิฐ และกำหนดชื่อไฟล์และที่อยู่ของไฟล์ Spreadsheet ที่ต้องการบันทึกดังรูปที่ 5.3 รวมทั้งการกำหนดค่าสีเพื่อการแสดงผลการแบ่งช่วงตามความยาวของอิฐดังรูปที่ 5.4



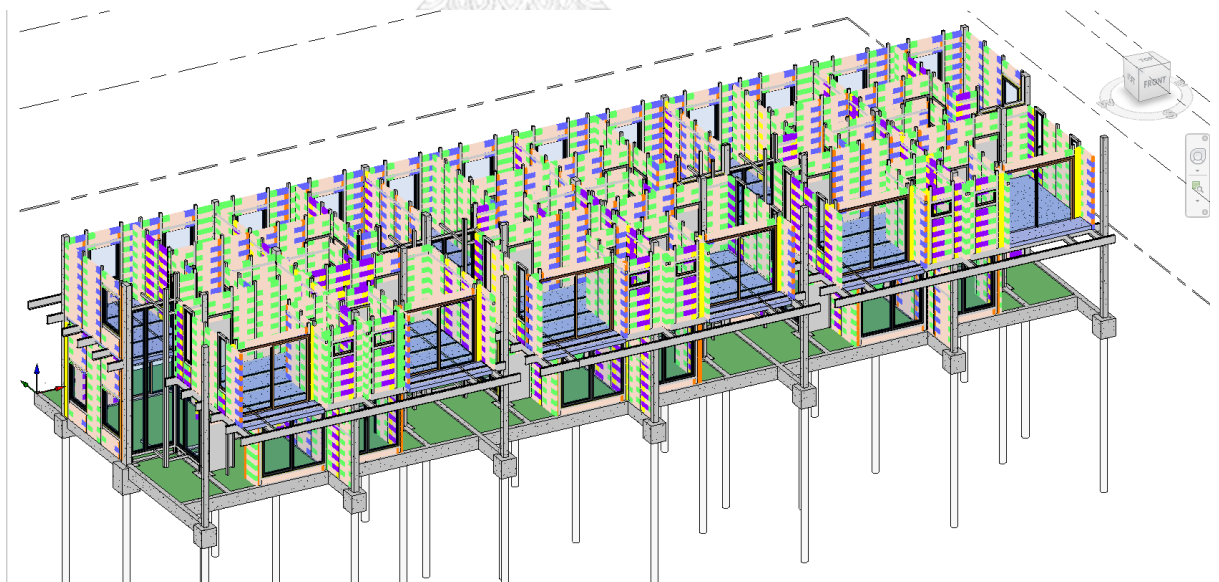
รูปที่ 5.3 กลุ่มการตั้งค่า Input Lintel Brick Placement ที่ปรับในแต่โครงการ



รูปที่ 5.4 การตั้งค่า Input ScheduleExport ที่ปรับในแต่โครงการ

### 5.3 ผลการประยุกต์ใช้

การประยุกต์ใช้กับกรณีศึกษา งานวิจัยจะวิเคราะห์ผลในด้านของการ โดยผลจากการทำงานของ Auto Lintel-Brick แสดงดังรูปที่ 5.5 โดยแสดงผลลักษณะของชิ้นส่วนเสาเอ็น คานทับหลัง และอิฐแต่ละชั้นที่คำนวณได้ โดยอิฐแต่ละช่วงความยาวจะถูกแสดงด้วยค่าสี RGB ที่แตกต่างกันเพื่อช่วยในการแบ่งแยกอิฐแต่ละขนาดได้ง่ายขึ้นจากการมองเห็น



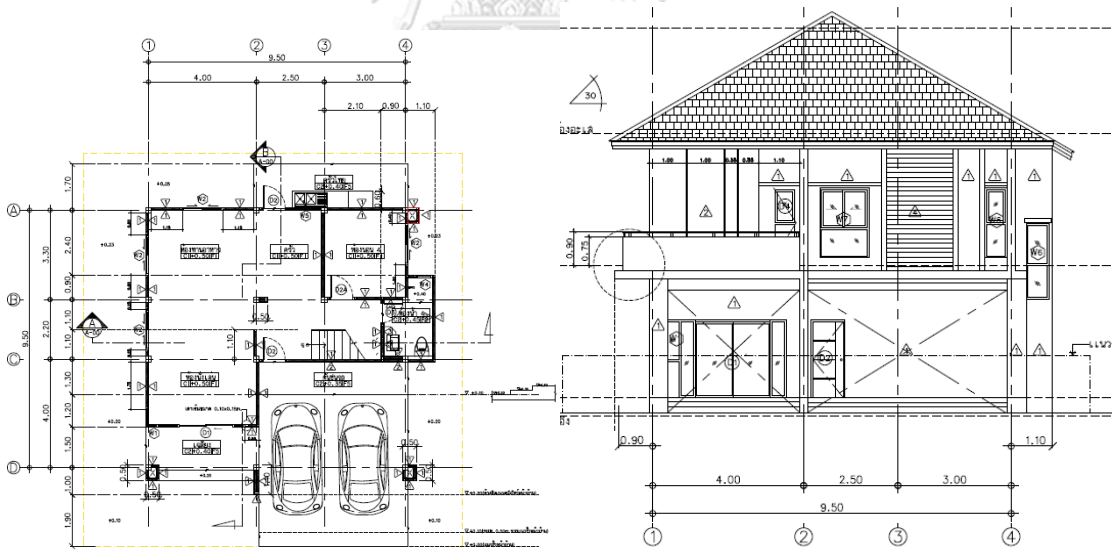
รูปที่ 5.5 หน้าจอแสดงแบบจำลองที่มีผลจากการรัน Lintel Placement และ Brick Placement

<Lintel Quantity Take-Off>		
A	B	C
Type	Length	Count
คานทับหลัง	650	1
คานทับหลัง	900	1
คานทับหลัง	1150	2
คานทับหลัง	1200	15
คานทับหลัง	1500	4
คานทับหลัง	1800	2
คานทับหลัง	2100	3
คานทับหลัง	2400	1
คานทับหลัง	2900	1
คานทับหลัง	3000	4
คานทับหลัง	3400	1

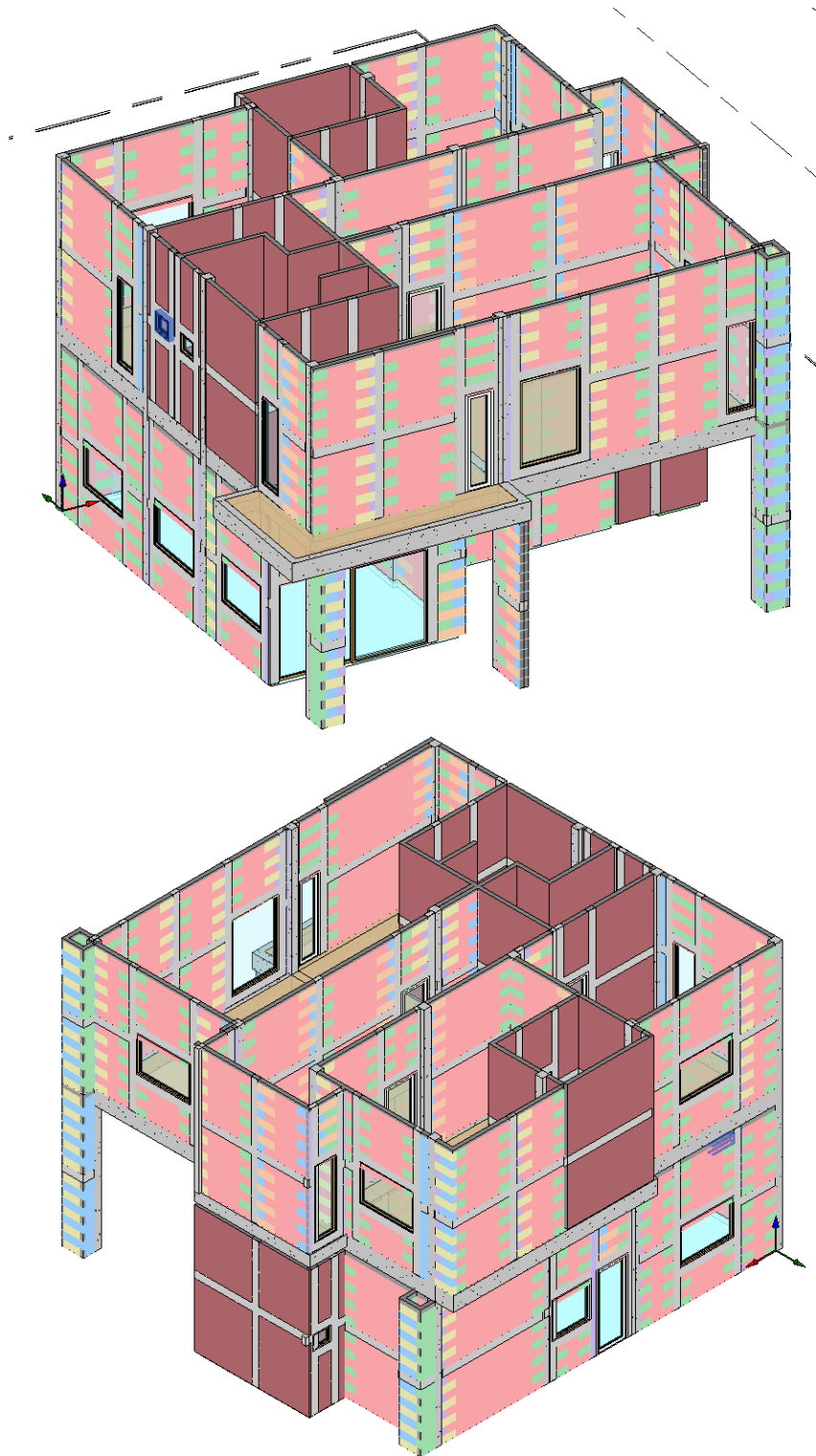
รูปที่ 5.6 Lintel Quantity Take-Off ที่ได้จาก Auto Lintel-Brick

ผลของการทำงานนอกจากมีการสร้างข้อมูลสามมิติ จะบันทึกข้อมูลในรูปแบบได้ในรูปแบบ Spreadsheets ดังแสดงในรูปที่ 4.44 ถึงรูปที่ 4.48 โดยมีการแสดงข้อมูลความยาวและจำนวนในแต่ละความยาวของชิ้นส่วนแต่ละประเภท ซึ่งในใช้งานโปรแกรม Revit นั้นก็สามารถสร้างรูปแบบข้อมูลดังในรูปที่ 5.6 แสดงข้อมูลตัวอย่างการถอดปริมาณจากฟังก์ชันการถอดปริมาณของ Revit ที่แสดงข้อมูลจำนวนคานทับหลังที่ความยาวต่างๆ ได้

โครงการ A



รูปที่ 5.7 แบบแปลนของโครงการ A



รูปที่ 5.8 แบบที่ได้จากการรัน Auto Lintel-Brick โครงการ A

ตารางที่ 5.2 เปรียบเทียบปริมาณการถอดปริมาณวัสดุโครงการ A

	ถอดปริมาณด้วยมือ	Auto Lintel-Brick	%ความแตกต่าง
พื้นที่งานผนัง (ตร.ม.)	-	423	-
ความยาวเสาเอ็น (ม.)	-	179.5	-
ความยาวคานทับหลัง (ม.)	-	65.5	-
งานจับเข็ม (ม.)	-	277	-
เวลาที่ใช้ในการถอดปริมาณ (นาที)		10	

จากการคำนวณพบว่า มีพื้นที่ผนังทั้งหมด 423 ตารางเมตร ความยาวเสาเอ็น 239 เมตร ความยาวคานทับหลัง 149 เมตร ความยาวเข็ม 277 เมตร และใช้เวลาในการคำนวณทั้งหมด 10 นาที





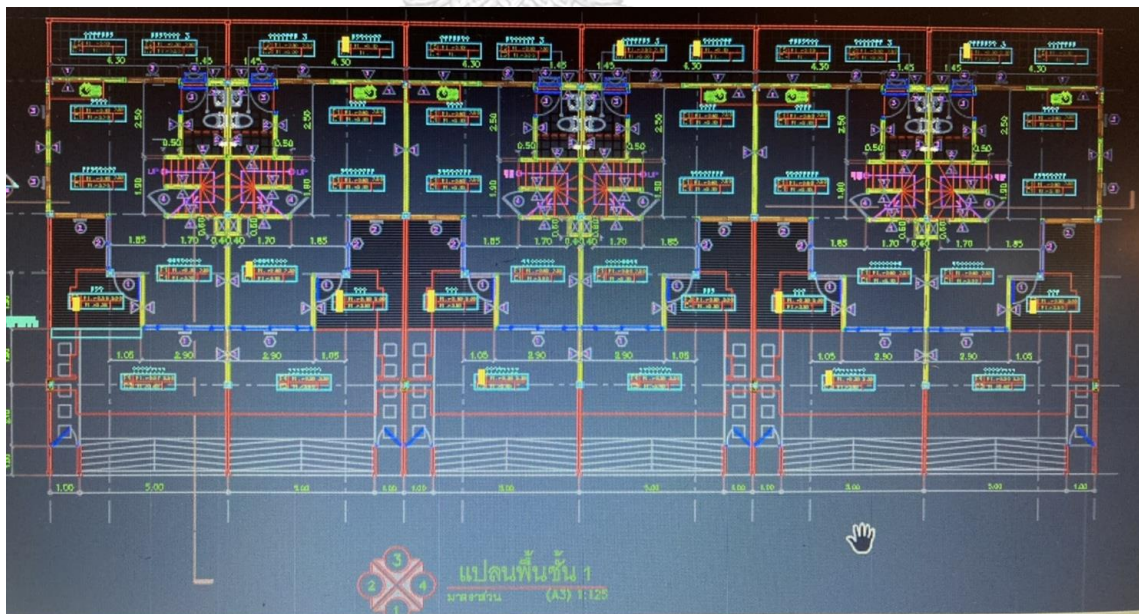
ตารางที่ 5.3 ขนาดและจำนวนของชิ้นส่วนเสาเอ็นคานทับหลังและอิฐรวมทุกผนังโครงการ A

ขนาดและจำนวนของชิ้นส่วนเสาเอ็นคานทับหลังและอิฐรวมทุกผนัง					
เสาเอ็น		คานทับหลัง		อิฐ	
ระยะ (มม.)	จำนวน	ระยะ (มม.)	จำนวน	ระยะ (มม.)	จำนวน
3,550	20	4,360	1	600	1,281
3,500	31	3,500	1	550	86
		2,300	3	500	63
		2,000	1	450	107
		1,700	1	400	92
		1,600	1	350	150
		1,500	14	300	545
		1,300	2	250	191
		900	5	200	160
		800	3	150	111
		600	12	100	127
		500	7	50	228
		400	6		
		250	2		
		200	3		
100	7				
รวม (เมตร)	179.5	รวม (เมตร)	65.5		

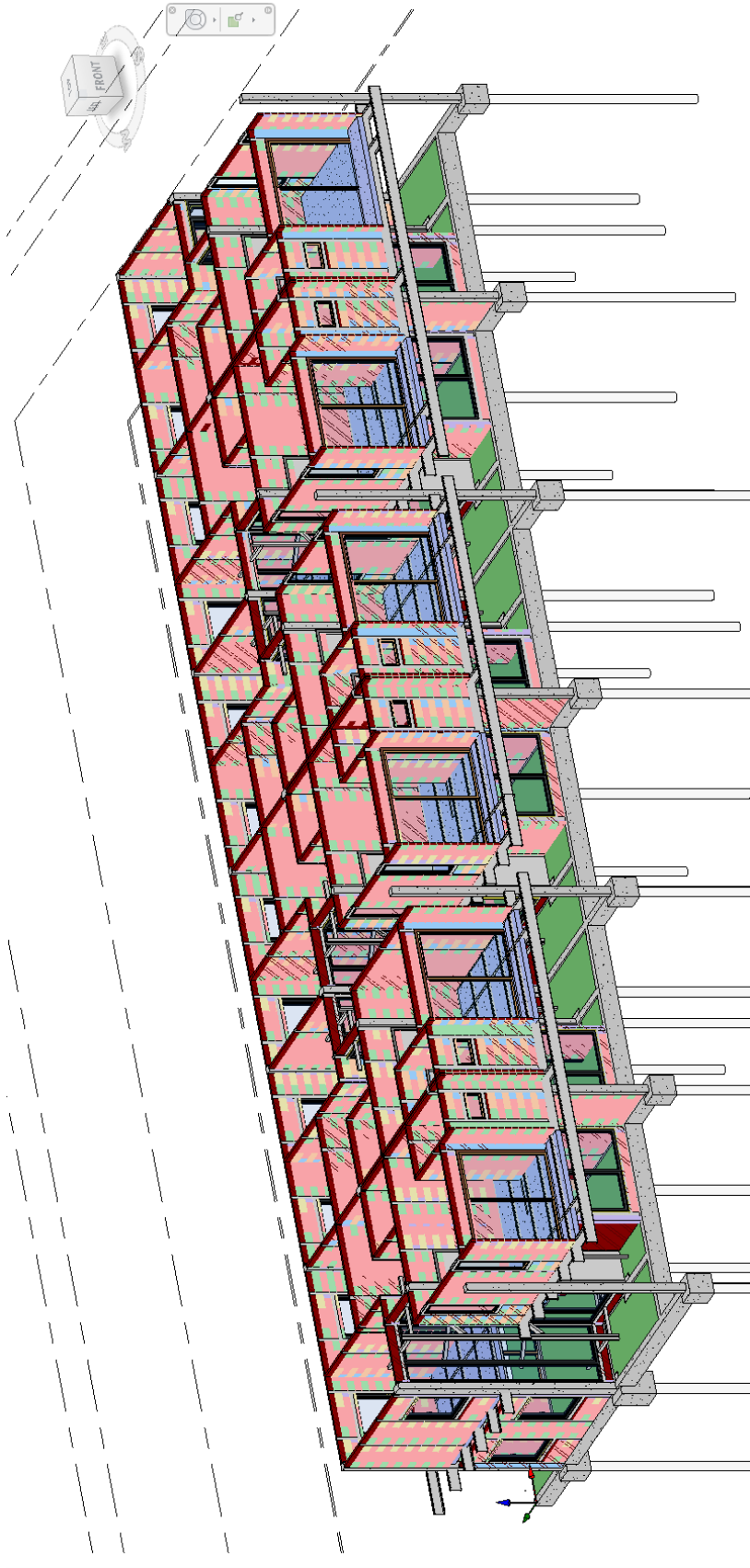
## โครงการ B



รูปที่ 5.9 ลักษณะของโครงการ B



รูปที่ 5.10 แบบแปลนของโครงการ B



รูปที่ 5.11 แบบที่ได้จากการรัน Auto Lintel-Brick โครงการ B



รูปที่ 5.12 ชั้นส่วนที่ถูกสร้างขึ้นเกินเนื่องจากการซ้อนกันของหน้าต่างและอิฐไม่ถูกสร้างในผนังนั้น

จากการทำงานของชุดคำสั่งในโครงการนี้ดังรูปที่ 5.12 พบว่ามีลักษณะที่จะเกิดความผิดพลาดในการคำนวณตำแหน่งและปริมาณวัสดุตามรูปที่ 4.50 คือ มีในกรณีช่องเปิดซ้อนทับกับผนังข้างเคียง จะมีการสร้างขึ้นส่วนเกินเกิดขึ้นมา และการคำนวณอิฐจะไม่ถูกคำนวณในผนังนั้นๆ แม้จะยังมีจุดที่จำเป็นต้องมีการปรับปรุงข้อมูลเพิ่มเติมภายหลัง แต่โดยรวมนั้นใช้เวลาน้อยกว่าการถอดปริมาณแบบเดิม

ตารางที่ 5.4 ขนาดและจำนวนของชิ้นส่วนเสาเอ็นคานทับหลังและอิฐรวมทุกผนัง โครงการ B

ขนาดและจำนวนของชิ้นส่วนเสาเอ็นคานทับหลังและอิฐรวมทุกผนัง					
เสาเอ็น		คานทับหลัง		อิฐ	
ระยะ (มม.)	จำนวน	ระยะ (มม.)	จำนวน	ระยะ (มม.)	จำนวน
6,240	42	2,800	6	600	5,164
3,000	170	2,500	12	550	722
2,948	103	1,800	56	500	407
		1,300	72	450	200
		950	7	400	195
		900	36	350	273
		800	32	300	2,116
		500	20	250	804
				200	506
				150	332
		100	451		
		50	750		
รวม (เมตร)	1075.72	รวม (เมตร)	315.85		

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 5.5 เปรียบเทียบปริมาณการถอดปริมาณวัสดุโครงการ B

	ถอดปริมาณด้วยมือ	Auto Lintel-Brick	%ความแตกต่าง
พื้นที่งานผนัง (ตร.ม.)	1644	1333	-18.92
ความยาวเสาเอ็น (ม.)	549	1075	95.94
ความยาวคานทับหลัง (ม.)	446	316	-29.06
งานจับเชื่อม (ม.)	618	1486	140.45
เวลาที่ใช้ในการถอดปริมาณ (นาที)	-	30	

จากการคำนวณของชุดคำสั่งพบว่า มีพื้นที่งานผนัง 1,333 ตารางเมตร ความยาวเสาเอ็น 1,075 เมตร ความยาวคานทับหลัง 316 เมตร ความยาวเชื่อม 1,486 เมตร และใช้เวลาในการคำนวณทั้งหมด 30 นาที เทียบกับการถอดปริมาณด้วยมือที่คำนวณได้ผลลัพธ์ว่ามีพื้นที่งานผนัง 1,644 ตารางเมตร ความยาวเสาเอ็น 549 เมตร ความยาวคานทับหลัง 446 เมตร ความยาวเชื่อม 618 เมตร โดยมีความต่าง 18.92% ,95.94%, 29.06% และ 140.45% ตามลำดับ ซึ่งพบว่ามีความต่างอย่างมากภายหลัง พบว่าโครงการการถอดปริมาณนี้ใช้การถอดปริมาณแบบคร่าว เพื่อนำไปเป็นปริมาณในขั้นตอนการประมูลงานของผู้รับเหมา และไม่มีเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงในการเปลี่ยนแปลงและปริมาณการใช้วัสดุแบบละเอียดจากผู้รับเหมาในภายหลังไว้ โดยการถอดปริมาณผนังทำด้วยการนับความยาวของผนังทั้งหมดคูณด้วยความสูง ความยาวเสาเอ็นคำนวณด้วยการนับจำนวนช่องเปิดแล้วคูณด้วยสองเท่าของความสูงผนัง ความยาวคานทับหลังคำนวณด้วยการนับความยาวของผนังทั้งหมด และงานจับเชื่อมคำนวณเส้นรอบรูปของช่องเปิดทั้งหมด

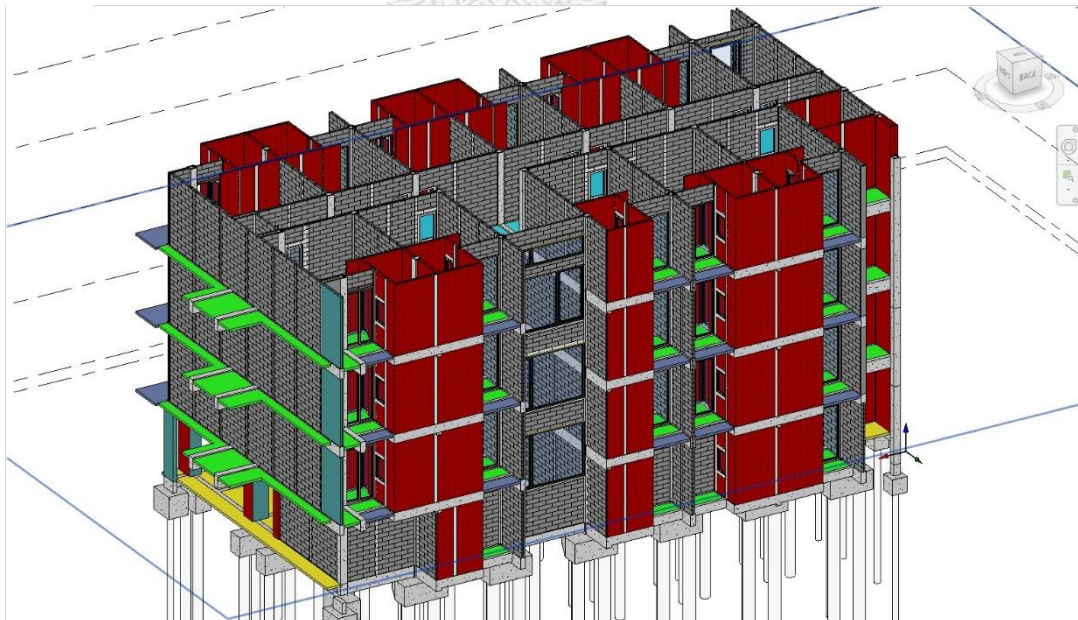


## โครงการ C

โครงการ C เป็นโครงการโรงแรมขนาด 33 ห้องพัก ความสูง 4 ชั้น



รูปที่ 5.13 ลักษณะของโครงการ C



รูปที่ 5.14 แบบก่อนการรัน Auto Lintel-Brick โครงการ C



รูปที่ 5.15 แบบที่ได้จากการรัน Auto Lintel-Brick โครงการ C

ตารางที่ 5.6 เปรียบเทียบปริมาณการถอดปริมาณวัสดุโครงการ C

	ถอดปริมาณด้วยมือ	Auto Lintel-Brick	%ความแตกต่าง
พื้นที่งานผนัง (ตร.ม.)	3,590	4,717	31.39
ความยาวเสาเอ็น (ม.)	1,800	1,515	-15.83
ความยาวคานทับหลัง (ม.)	231	1,143	394.92
งานจับเชื่อม (ม.)	1,459	1,812	24.19
เวลาที่ใช้ในการถอดปริมาณ (นาที)	-	80	-

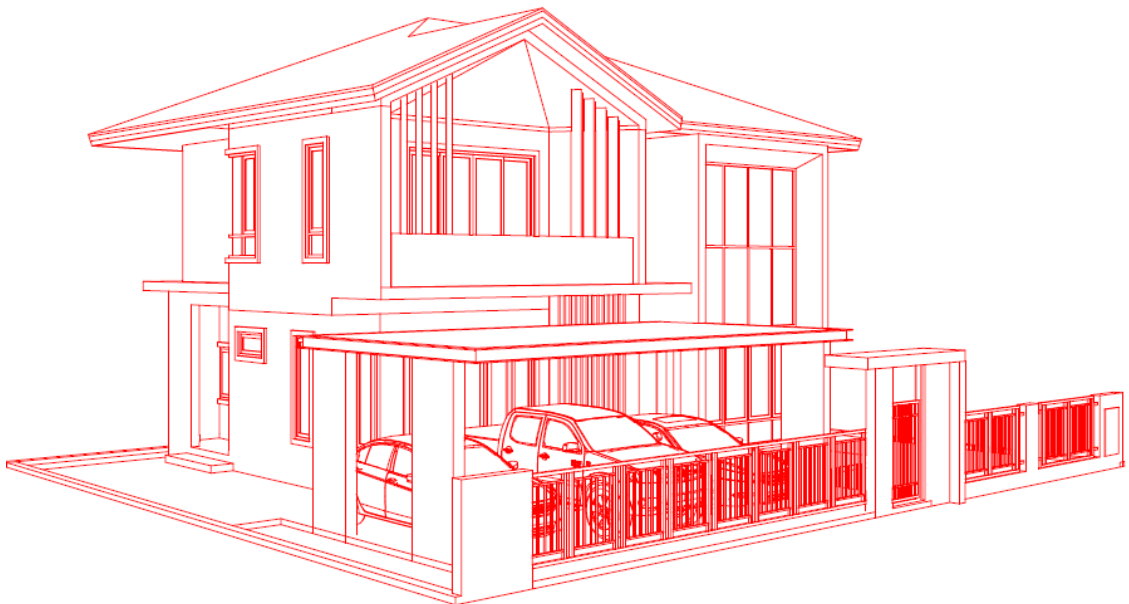
จากการคำนวณของชุดคำสั่งพบว่ามีความมีพื้นที่งานผนัง 4,717 ตารางเมตร ความยาวเสาเอ็น 1,515 เมตร ความยาวคานทับหลัง 1,143 เมตร ความยาวเชื่อม 1,812 เมตร และใช้เวลาในการคำนวณทั้งหมด 80 นาที เทียบกับการถอดปริมาณด้วยมือที่คำนวณได้ว่ามีความมีพื้นที่งานผนัง 3,590 ตารางเมตร ความยาวเสาเอ็น 1,800 เมตร ความยาวคานทับหลัง 231 เมตร ความยาวเชื่อม 1,459 เมตร โดยมีความต่าง 31.39%, 15.83%, 394.92% และ 24.19% ตามลำดับ โดยภายหลังพบว่าโครงการต้องสั่งซื้ออิฐเพิ่มเติมประมาณ 30% ของปริมาณการสั่งซื้อเดิม เนื่องจากการถอดปริมาณที่คำนวณไว้ตอนแรกไม่ตรงกับกรก่อสร้างจริง



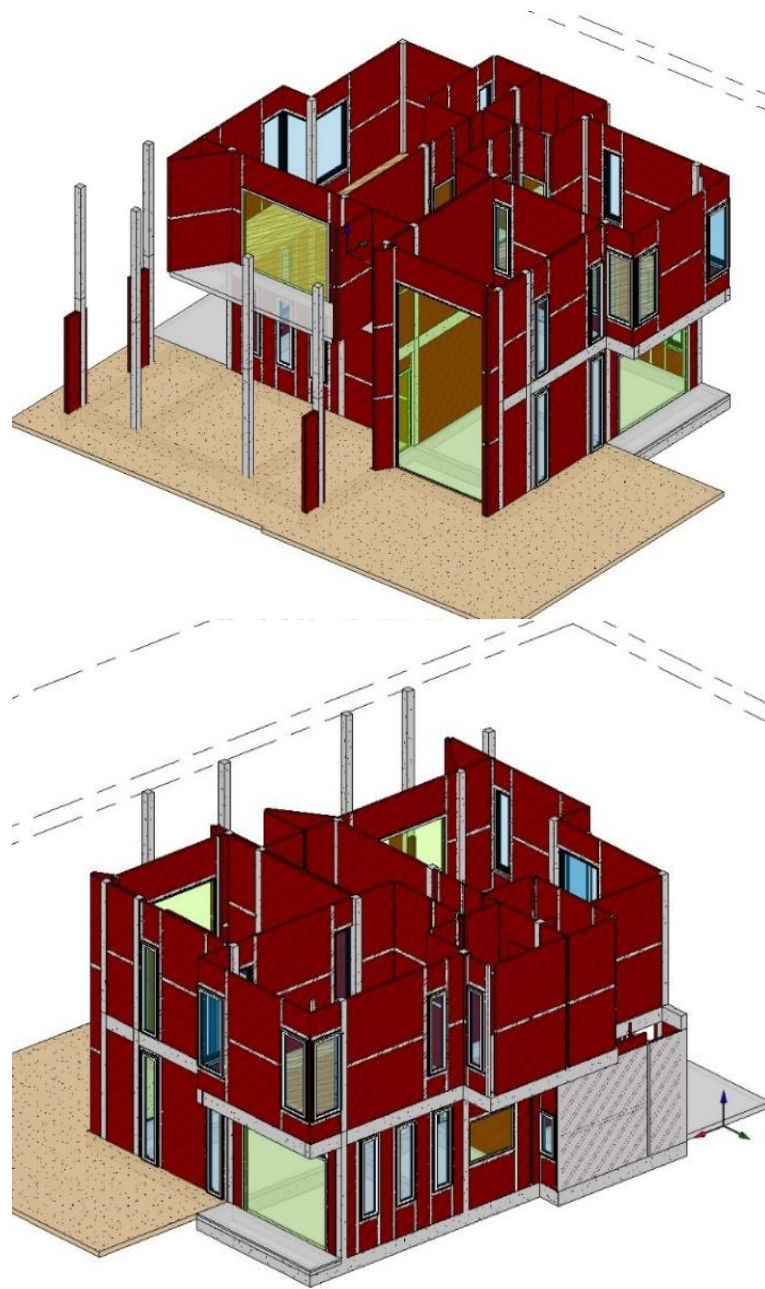
ตารางที่ 5.7 ขนาดและจำนวนของชิ้นส่วนเสาเอ็นคานทับหลังและอิฐรวมทุกผนัง โครงการ C

ขนาดและจำนวนของชิ้นส่วนเสาเอ็นคานทับหลังและอิฐรวมทุกผนัง					
เสาเอ็น		คานทับหลัง		อิฐ	
ระยะ (มม.)	จำนวน	ระยะ (มม.)	จำนวน	ระยะ (มม.)	จำนวน
3,450	1	12,080	3	600	15,101
3,300	2	5,600	9	550	475
3,200	138	5,200	7	500	563
3,100	100	4,850	6	450	434
3,050	47	4,700	30	400	518
3,015	1	4,000	25	350	1,083
3,000	190	3,700	43	300	3,817
2,850	8	3,500	2	250	476
2,100	4	3,200	6	200	615
2,087	3	2,800	14	150	497
		2,700	2	100	326
		2,600	3	50	1,144
		2,400	9		
		2,100	7		
		1,750	67		
		1,600	12		
		1,500	46		
		1,250	52		
		1,000	16		
		900	102		
		800	8		
		700	91		
รวม (เมตร)	1515.48	รวม (เมตร)	1114.82		

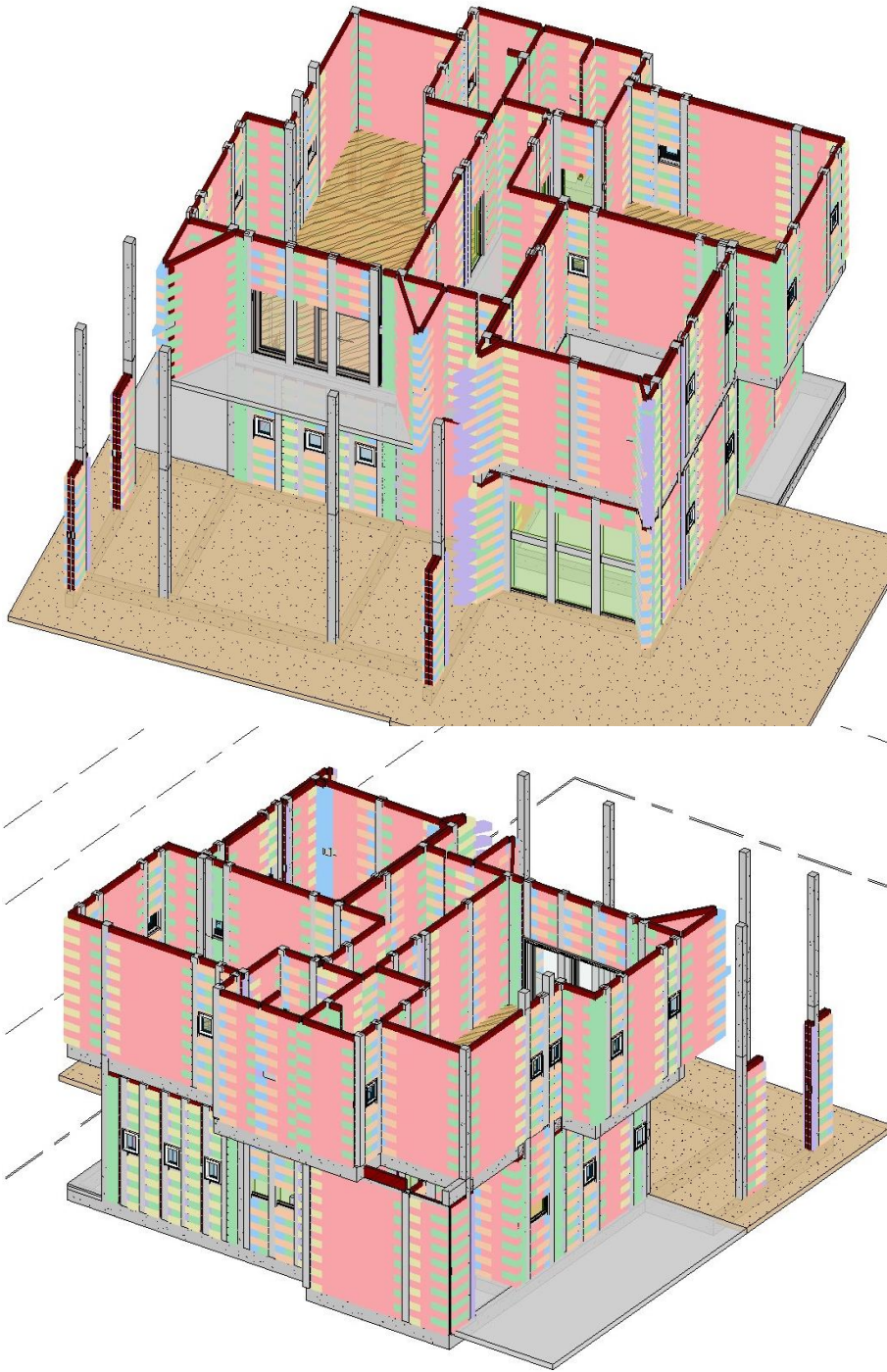
## โครงการ D



รูปที่ 5.16 ลักษณะของโครงการ D



รูปที่ 5.17 แบบก่อนการรีน Auto Lintel-Brick โครงการ D



รูปที่ 5.18 แบบที่ได้จากการรัน Auto Lintel-Brick โครงการ D

ตารางที่ 5.8 เปรียบเทียบปริมาณการถอดปริมาณวัสดุโครงการ D

	ถอดปริมาณด้วยมือ	Auto Lintel-Brick	%ความแตกต่าง
พื้นที่งานผนัง (ตร.ม.)	408	423	3.68
ความยาวเสาเอ็น (ม.)	346.5	378	9.09
ความยาวคานทับหลัง (ม.)	133	207	55.6
งานจับเข็ม (ม.)	506	499.8	-1.23
เวลาที่ใช้ในการถอดปริมาณ (นาที)	450	15	

จากการคำนวณของชุดคำสั่งพบว่าพื้นที่งานผนัง 423 ตารางเมตร ความยาวเสาเอ็น 378 เมตร ความยาวคานทับหลัง 207 เมตร ความยาวเข็ม 499.8 เมตร และใช้เวลาในการคำนวณทั้งหมด 15 นาที เทียบกับการถอดปริมาณด้วยมือที่คำนวณได้ว่ามีพื้นที่งานผนัง 408 ตารางเมตร ความยาวเสาเอ็น 346.5 เมตร ความยาวคานทับหลัง 133 เมตร ความยาวเข็ม 506 เมตร โดยมีความต่าง 3.68%, 9.09%, 55.6% และ 1.23% ตามลำดับ โดยการถอดปริมาณด้วยมือของโครงการนี้เป็นการถอดปริมาณด้วยมือแบบละเอียดโดยผู้ที่มีความประสบการณ์และทำงานในส่วนการถอดปริมาณ โดยใช้เวลาในการถอดปริมาณประมาณ 450 นาที ซึ่งยังไม่รวมการทำลายก่ออิฐซึ่งจะต้องใช้เวลาในการคำนวณอีกมาก โดยจากการถอดปริมาณแบบละเอียดนี้จะเห็นได้ถึงความต่างของพื้นที่งานผนัง ความยาวเสาเอ็น และงานจับเข็มแตกต่างกันน้อย แต่ปริมาณคานทับหลังแตกต่างกัน เนื่องจากผู้คำนวณคำนวณปริมาณความยาวคานทับหลังจากการนับความยาวผนังทั้งหมดมาใช้ ซึ่งอาจไม่ตรงกับลักษณะและปริมาณการก่อสร้างจริง

#### 5.4 สรุปผล

งานวิจัยเสนอการพัฒนาและใช้งาน Auto Lintel-Brick ในการประมาณวัสดุก่อสร้างโดยมีส่วนของปริมาณเสาเอ็น-คานทับหลัง และอิฐ และสร้างรายงานปริมาณปริมาณผนังก่อ ปริมาณรวมเสาเอ็น ปริมาณรวมคานทับหลัง และปริมาณรวมอิฐก่อในแต่ละความยาว โดยมีมาตรฐานตามที่กำหนดให้ได้ข้อมูลชิ้นส่วนผนังอิฐก่อที่ไม่ขึ้นอยู่กับการพิจารณาส่วนบุคคล และยังสามารถสร้างข้อมูลในรูปแบบสามมิติช่วยลดทรัพยากรทางด้านเวลา ต้นทุน และกำลังคน

การทำงานของ Auto Lintel-Brick คำนวณข้อมูลผ่าน BIM โดยใช้ข้อมูลสามมิติและ Dynamo Code เพื่อคำนวณข้อมูลดังกล่าว และแสดงข้อมูลในรูปแบบสามมิติและรายงาน Spreadsheet

ผลจากการคำนวณ Auto Lintel-Brick ระบบสามารถแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างทางด้านเวลาที่ใช้ในการถอดปริมาณและปริมาณของวัสดุ ซึ่งสามารถนำมาเปรียบเทียบและวางแผนในโครงการก่อสร้างต่อไป



## บทที่ 6

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

#### 6.1 สรุปผลการวิจัย

โครงการก่อสร้างในปัจจุบันมักมีใช้งาน BIM ในการช่วยในการวางแผนและถอดปริมาณวัสดุได้ แต่ยังไม่สามารถถอดปริมาณชิ้นส่วนผนังก่อได้ จึงมักใช้การถอดปริมาณจากพื้นที่ผนังโดยคำนวณเป็นอัตราส่วน ซึ่งมักพบว่ามีความคลาดเคลื่อนอยู่มาก และยังพบว่าการใช้ชิ้นส่วนเสาเอ็น-คานทับหลังในผนังมักไม่มีมาตรฐานที่แน่นอนหรือไม่ได้ทำตามมาตรฐาน ซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพ งบประมาณ และเวลา ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงต้องการเสนอการใช้งาน BIM ในการถอดปริมาณและสร้างข้อมูลชิ้นส่วนผนังอิฐก่อให้สามารถถอดปริมาณได้รวดเร็วและเป็นมาตรฐานเดียวกันตามข้อกำหนด และป้องกันความผิดพลาดจากมนุษย์

งานวิจัยเสนอการประยุกต์ใช้งานการคำนวณ Auto Lintel-Brick ผ่านการใช้งาน BIM เพื่อหาปริมาณและตำแหน่งของวัสดุผนังก่อ โดยแสดงผลข้อมูลในรูปแบบสามมิติ และรูปแบบรายการวัสดุ เพื่อสามารถช่วยในการมองเห็นและวางแผนในโครงการก่อสร้าง

งานวิจัยแสดงผลข้อมูลตำแหน่งและปริมาณวัสดุ โดยใช้ซอฟต์แวร์ในการพัฒนา โดยใช้ซอฟต์แวร์ดังนี้

- 1) Autodesk Revit สำหรับการสร้างแบบจำลองสามมิติของโครงการ
- 2) Autodesk Dynamo สำหรับการพัฒนาและใช้งาน Auto Lintel-Brick คำนวณปริมาณและตำแหน่งของชิ้นส่วนผนังก่อ และสร้างรายงานปริมาณในรูปแบบ Spreadsheets
- 3) Microsoft Excel สำหรับการแสดงผลและจัดการข้อมูล Spreadsheets

ผลที่ได้จากการคำนวณถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อพิสูจน์กรอบแนวคิดในงานวิจัย โดยพบว่าสามารถคำนวณตำแหน่งและปริมาณได้ใกล้เคียงกับการถอดปริมาณแบบเดิม โดยใช้เวลาน้อยกว่ามาก และสามารถแสดงตำแหน่งในระบบสามมิติได้

งานวิจัยนำโครงการก่อสร้างที่มีลักษณะที่อยู่อาศัยมาเพื่อศึกษากระบวนการประยุกต์ใช้ ซึ่งมีทั้งลักษณะบ้านเดี่ยว ทาวน์เฮาส์ และโรงแรม เพื่อศึกษา ผลที่ได้พบว่าสามารถถอดปริมาณได้เร็วกว่าการถอดปริมาณด้วยมือ และมีความแม่นยำใกล้เคียงกับการถอดปริมาณแบบละเอียดด้วยมือซึ่งใช้เวลานานกว่า

## 6.2 ข้อจำกัดของงานวิจัย

ชุดคำสั่งในระบบ Auto Lintel-Brick ในงานวิจัยถูกออกแบบและทดสอบเพื่อใช้กับโครงการกรณีศึกษาที่เป็นผนังของโครงการที่อยู่อาศัยโดยมีลักษณะเรียบ เป็นสี่เหลี่ยมเท่านั้น การนำไปประยุกต์ใช้กับโครงการอื่นหรืองานก่อสร้างลักษณะอื่นอาจจำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนหรือแก้ไขบางส่วนเพื่อให้สามารถให้ข้อมูลได้ถูกต้องตามลักษณะโครงการ

## 6.3 ผลของงานวิจัย

- 1) แนวทางใหม่ในการคำนวณตำแหน่งและปริมาณชิ้นส่วนเสาเอ็น-คานทับหลัง และอิฐก่อในโครงการก่อสร้าง
- 2) แนวทางใหม่ในประยุกต์ใช้ BIM ในการถอดปริมาณและสร้างชิ้นส่วนผนัง
- 3) รูปแบบการสร้างมาตรฐานในการถอดปริมาณชิ้นส่วนผนังตามข้อกำหนดของโครงการก่อสร้าง

## 6.4 ข้อเสนอแนะและแนวทางพัฒนางานวิจัยในอนาคต

จากงานวิจัยยังมีข้อจำกัดที่เกิดจากข้อจำกัดของโปรแกรม BIM และชุดคำสั่ง Dynamo หากสามารถปรับปรุง จะช่วยให้สามารถสร้างข้อมูลชิ้นส่วนผนังก่อได้ถูกต้องยิ่งขึ้น

จากข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยนี้ ในอนาคตควรมีการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการวัสดุผนังก่อให้มีเศษเหลือน้อยเป็นขยะที่สุด โดยสามารถประยุกต์ใช้ ปัญหาการตัดวัสดุ (Cutting Stock Problem) หรือ Artificial Intelligence (AI) มาช่วยในการจัดการการตัดแบ่งวัสดุได้





จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
**CHULALONGKORN UNIVERSITY**

## บรรณานุกรม

- Alizadehsalehi, S., Koseoglu, O., & Celikag, M. (2015). *Integration of Building Information Modeling (BIM) and Laser Scanning in Construction Industry*. Paper presented at the Aei 2015.
- Bhargav, D. (2014). A brief introduction to BIM. *A presentation at Aalto University, school of engineering*.
- Bradley, A., Li, H., Lark, R., & Dunn, S. (2016). BIM for infrastructure: An overall review and constructor perspective. *Automation in Construction, 71*, 139-152. doi:10.1016/j.autcon.2016.08.019
- Campbell, B., & Humphrey, T. F. (1988). *Methods of cost-effectiveness analysis for highway projects*.
- 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.
- Dai, J., Goodrum, P. M., & Maloney, W. F. (2009). Construction craft workers' perceptions of the factors affecting their productivity. *Journal of Construction Engineering and Management*. doi:10.1061/(ASCE)0733-9364(2009)135:3(217)
- Dai, J., Goodrum, P. M., Maloney, W. F., & Srinivasan, C. (2009). Latent structures of the factors affecting construction labor productivity. *Journal of Construction Engineering and Management*. doi:10.1061/(ASCE)0733-9364(2009)135:5(397)
- Faniran, O., & Caban, G. (1998). Minimizing waste on construction project sites. *Engineering, Construction and Architectural Management*.
- Feng, Y., & Rangaiah, G. P. (2011). Evaluating capital cost estimation programs; five capital-cost-estimation programs are compared using a set of case studies. *Chemical Engineering, 118*(8), 22-30.
- Forgues, D., Iordanova, I., Valdivesio, F., & Staub-French, S. (2012). *Rethinking the cost estimating process through 5D BIM: A case study*. Paper presented at the Construction Research Congress 2012: Construction Challenges in a Flat World.
- Hendrickson, C., Hendrickson, C. T., & Au, T. (1989). *Project management for construction: Fundamental concepts for owners, engineers, architects, and*

*builders*: Chris Hendrickson.

- Hergunsel, M. F. (2011). *Benefits of building information modeling for construction managers and BIM based scheduling*. Worcester Polytechnic Institute.
- Hoezen, M. E. L., Reymen, I. M. M. J., & Dewulf, G. P. M. R. (2006). *The problem of communication in construction*.
- Holm, L., & Schaufelberger, J. E. (2021). *Construction cost estimating*: Routledge.
- Hsu, G. (2012). *uide To Estimating With Building Information Modeling And Traditional Modeling Using Autodesk Quantity Takeoff*. Albert Nerken School of Engineering.
- Hwang, B.-G., Thomas, S. R., Haas, C. T., & Caldas, C. H. (2009). Measuring the Impact of Rework on Construction Cost Performance. *Journal of Construction and Management*. doi:10.1061/(ASCE)0733-9364(2009)135:3 (187)
- Issa, R. R., & JD, P. *Evaluating the Impact of Building Information Modeling on Construction*. Texas A&M University.
- Li, H., Chan, N. Y. M., Huang, T., Skitmore, M., & Yang, J. (2012). Virtual prototyping for planning bridge construction. *Automation in Construction*, 27, 1-10.
- Marzouk, M. M., & Zaher, M. M. (2015). Tracking construction projects progress using mobile hand-held devices. *5th International/11th Construction Specialty Conference*. doi:10.13140/RG.2.1.1968.7529
- Meadati, P. (2009). *BIM extension into later stages of project life cycle*. Paper presented at the Associated Schools of Construction 45th Annual International Conference.
- Oglesby, C. H., Parker, H. W., & Howell, G. A. (1989). *Productivity improvement in construction*. New York: McGraw-Hill.
- Olofsson, T., Lee, G., & Eastman, C. (2008). Case studies of BIM in use. *Electronic journal of information technology in construction*, 13, 244-245.
- Poon, C. S., Ann, T., & Ng, L. (2003). *Comparison of low-waste building technologies adopted in public and private housing projects in Hong Kong*. Engineering, Construction and Architectural Management.
- Popescu, C. M., Phaobunjong, K., & Ovararin, N. (2003). *Estimating building costs*: Crc Press.

practicalbim.net. What is this thing called LOD. Retrieved from

<http://practicalbim.blogspot.com/2013/03/what-is-this-thing-called-lod.html>

Salman Azhar, A. N., Johny Y. N. Mok, Brian H. Y. Lueng. (2008). *Building Information Modeling (BIM): A New Paradigm for Visual Interactive Modeling and Simulation for Construction Projects*.

Sciences, N. I. o. B. (2007). National building information modeling standard. *Nist*.

Stewart, R. D. (1991). *Cost estimating*: John Wiley & Sons.

Van Nederveen, S., Beheshti, R., & Gielingh, W. (2010). Modelling concepts for BIM. In *Handbook of research on building information modeling and construction informatics: concepts and technologies* (pp. 1-18): IGI Global.

Wass, A. (1972). *Construction Management and Contracting*: Prentice Hall.

Watt, S. (2007). Challenges in estimating costs using building information modeling. *AACE International Transactions*, IT11.

Wong, A. K. D., Wong, F. K. W., & Nadeem, A. (2010). Attributes of Building Information Modelling Implementations in Various Countries. *Architectural Engineering and Design Management*, 6(4), 288-302. doi:10.3763/aedm.2010.idds6

Zayed, T. M., & Halpin, D. W. (2005). Pile construction productivity assessment. *Journal of Construction Engineering and Management*, 131(6), 705-714.

กวี หวังนิเวศน์กุล และ เสกสรร ปัญญางาม. การจัดการขยะที่เกิดจากงานก่อสร้างรถไฟฟ้า (มุมมองของฝ่ายผู้รับจ้าง). *RMUTP Research Journal 2013 Vol. 7 Issue 1 Pages 25-35*

กรมโยธาธิการและผังเมือง. (2012). ความหมายของการประมาณราคาค่าก่อสร้าง. *คู่มือการประมาณราคา*. กรม.

โชคดี ยี่แพ้ว, ต่อตระกูล ยมนาค และ ทิพวรรณ บุญย์เพิ่ม. (2011). การจัดการขยะจากการก่อสร้างเพื่อสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน. *Modern Management Journal*, 9(1), 56-68.

วิเชียร ปัญญาจักร. (2002). *การเขียนแบบโครงการในวิชาการประมาณราคางานก่อสร้าง ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงวิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่*. มหาวิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่.

สมาคมสถาปนิกสยาม. (2009). *รายการประกอบแบบมาตรฐาน ฉบับปี 2552*. สมาคมสถาปนิกสยาม.



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
**CHULALONGKORN UNIVERSITY**

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	เมธาสิทธิ์ จันทร์พิทักษ์
วัน เดือน ปี เกิด	28 เมษายน 2538
วุฒิการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ที่อยู่ปัจจุบัน	333 ม.6 ต.หนองปรือ อ.บางละมุง จ.ชลบุรี 20150



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY